

sborník přednášek

z konference
VODA ZLÍN 2018

15. – 16. 3. 2018

blutop

■ SYSTÉM Z TVÁRNÉ LITINY
pro **VODOVODY** malých DN navržen
pro jednotný provozní tlak 25 barů

■ DN/OD 75 až 160 mm

TOPAZ

■ SYSTÉM Z TVÁRNÉ LITINY
pro **KANALIZACE** malých DN navržen
pro jednotný provozní tlak 25 barů

■ DN/OD 75 až 160 mm ■


SAINT-GOBAIN

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 protikorozi 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 protikorozi úprava

○ vrtání přírub dle EN 1092-2

○ dvojitá excentricita

○ šneková převodovka

○ připraveno pro servopohon

○ stupeň krytí IP 68

○ vhodné pro instalaci do země

Sborník příspěvků
VODA ZLÍN 2018

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 2018

Náklad: 250 ks

ISBN 978-80-905716-4-8

Charakteristika oboru vodovody a kanalizace ČR

Barák František -

Historický vývoj organizace a řízení veřejných vodovodů

Kyncl Miroslav 5

Kontrola kvality vody ve světle nové legislativy

Hušková Radka 9

Úprava vody a jej budúcnosť v podmienkach Slovenska

Barloková Danko, Ilavský Ján, Šimko Viliam, Kapusta Ondrej 13

Analýza schopnosti tvorby finančních rezerv z vodného na obnovu vodárenské infrastruktury

Kučera Tomáš, Pavel Marek 19

Ekonomický a ekologický přínos posuzování výstavby a obnovy sítí z celého životního cyklu stavby

Barborik Juraj 25

Projekcia úpravní vôd na Slovensku

Pelikán Pavol -

Rychlost proudění pracovního media v praxi zpětných armatur ve vodárenství

Slavíček Jaroslav 31

Trvalý ochranný účinek vnitřních a vnějších povrchů potrubí z tvárné litiny, opatřených cementovými maltami

Krejčí Petr, Hobohm Stephan, Hausler Florian 35

Elektrické trubky – využití vodivých vrstev u opláštěného PE potrubí pro rozvody pitné vody

Šnajdr Daniel 41

Přechod vodovodu města Vsetín na zásobování pitnou vodou bez použití chemické dezinfekce

Ručka Jan, Korabík Michal, Rajnochová Markéta, Sucháček Tomáš 47

Problematika správy vodních zdrojů na africkém venkově

Faltus Jan 53

Koncepční řešení technologické linky doplněním membránové filtrace pro ÚV Strašice s eutrofním povrchovým zdrojem vody

Hrušková Petra, Brabenec Tomáš, Říhová Ambrožová Jana, Munzar Tomáš, Kosina Jiří 59

Drenážní systémy – dříve a dnes

Drbohlav Josef, Bartoš Ladislav 65

Variantní posílení zabezpečení Vodárenské soustavy východní Čechy (VSVČ)

Studničný Michal, Tomek Martin, Cihlár Jan, Drbohlav Josef 73

Sorpčné materiály pre odstraňovanie bromičnanov z pitnej vody

Ilavský Ján, Barloková Danko, Marko Ivana, Tkáčová Jana 79

Význam ozonizace při odstraňování mikroznečištění z pitné vody

Beneš Jiří 85

Úprava vody Hradec Králové Orlice po provedení III. etapy rekonstrukce Král Pavel, Navrátil Petr, Tomek Miroslav	91
Poznatky z návrhu a provádění rekonstrukcí stavební části vodárenských staveb Schejbal Richard, Parkan Tomáš	97
Výskyt pesticidních látek v povrchové a pitné vodě a jejich sorpce na granulovaném aktivním uhlí Jedličková Zdeňka	105
Vodní zdroj Březová nad Svitavou - dusičnany v podzemních vodách Záhora Jaroslav, Nohel Petr, Vavříková Jana	111
Modernizace filtrace F7-F12 na zdroji pitné vody Káraný Borán Jaroslav, Skalický Marek, Houdková Lucie	117
Úprava pitné vody pomocí flotace SPIDLOW a nerezových drenážních systémů PHOENIX Vachová Petra, Cabejšek Ladislav	-
Modernizace dispečinku pro řízení geograficky rozsáhlých vodárenských systémů Kašparec Jiří, Lindovský Milan, Večeřa Rudolf	123
Zkušenosti s regulačními ventily CLA-VAL a tipy jak snížit pořizovací a provozní náklady Ševčík Jiří	129
Rekonstrukce vodojemu Laurová – vyvložkování vnitřního povrchu nádrží Kubizňák Martin, Klesa Jan	135
Možnosti monitoringu a detekce producentů geosminu a 2-MIB Munzar Tomáš, Říhová Ambrožová Jana, Vejmelková Dana, Kosina Jiří, Hrušková Petra, Brabenec Tomáš	141
Rychlé online detekční systémy indikace mikrobiální kontaminace vod Zuzáková Jana, Říhová Ambrožová Jana, Vejmelková Dana, Effenberg Roman, Ledvina Miroslav	147
Využití smart-meteringu ve světle provozních zkušeností pilotních projektů Fojtů Josef	153
Jaké jsou možnosti zlepšit kvalitu vody při její distribuci? Macek Lubomír	157
Technologie Compact Pipe – sanace přivaděče surové vody Hulín – Kroměříž Modlitba Radim, Holeš Petr	163
Technická normalizace a související legislativa pohledem projektanta Coufal Marek	169
Trendy a nové možnosti v dálkových odečtech Provazník Pavel	-
Experimentální hodnocení výtlačných systémů Šťastný Bohumil, Horký Filip, Švejdová Nikola, Čiháková Iva, Slavíčková Kateřina	175
Poznámky	181
Inzerát Pittsburgh Corning CR	182
Inzerát Grundfos Sales Czechia and Slovakia s.r.o.	183
Inzerát Medmes, spol. s r.o.	184
Inzerát VAG s.r.o.	184

Historický vývoj organizace a řízení veřejných vodovodů

prof. Dr. Ing. Miroslav Kyncl

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Úvod

K významnějšímu rozvoji veřejných vodovodů dochází koncem devatenáctého a začátkem dvacátého století, kdy řada obcí již měla vybudovány nebo budovala městské či obecní vodovody. Začaly se také rozvíjet techniky úpravy vody, převážně z podzemních zdrojů. Jednalo se zejména o odkyselování a desinfekci vody. Byly rovněž zaváděny moderní technologické postupy, jako příklad lze uvést vybudování ozonizace v Mostě v r. 1914. Veřejné vodovody se postupně stavěly v dalších městech a obcích a vývoj až do roku 1945 byl celkem plynulý, ovlivněn byl pouze oběma válkami. Vodovody byly ve vlastnictví příslušných měst a obcí, vodních družstev i jednotlivců. Správu a provoz zajišťovali vlastníci, a to buď přímo, nebo prostřednictvím komunálních podniků. Výstavba byla většinou financována z obecních rozpočtů nebo pomocí půjček.

Po druhé světové válce dochází ke změně politických poměrů, vznikají národní výbory a objevují se snahy o centralizaci. V roce 1950 se vodovody a kanalizace dostávají pod přímé řízení krajskými národními výbory. Další období je charakterizováno častými organizačními změnami. Je zaváděno direktivní řízení a veškerá hospodářská činnost se podřizuje plánu. Plánování vychází z tehdejších politických idejí stálého růstu. Plány se vždy nedaří z objektivních důvodů realizovat. To vede k častým organizačním změnám jak v provozní oblasti, tak i u řídicích orgánů. Každá taková změna vždy přináší na nějakou dobu zbrzdění rozvoje.

Vodovody a kanalizace jsou ze své podstaty oborem pracujícím se zařízeními a investicemi dlouhodobé životnosti. Nejlépe proto fungují ve stabilním právním, organizačním a ekonomickém prostředí.

Vývoj organizační struktury

V roce 1945 se ústředním orgánem, který řídí vodní hospodářství, stalo ministerstvo dopravy, v roce 1947 pak na další dva roky ministerstvo techniky a v letech 1949-1950 ministerstvo stavebního průmyslu. Následují další změny a do roku 1953 je řídicím orgánem ministerstvo stavebnictví. V listopadu 1953 vzniká první samostatný úřad pro problematiku vody, a to Ústřední správa vodního hospodářství. Také tato změna nemá dlouhého trvání. Od roku 1958 se ústředním orgánem stává ministerstvo energetiky a vodního hospodářství. I toto organizační začlenění je velice krátké. V období 1960-1965 patří voda pod ministerstvo zemědělství, lesního a vodního hospodářství. Následuje dvouleté období (1965-1967) samostatné Ústřední správy vodního hospodářství a pak další dva roky ministerstva lesního a vodního hospodářství. Od 1. 1. 1969 je toto ministerstvo po vzniku federálního uspořádání rozděleno na české a slovenské a popsane uspořádání pak trvá až do roku 1990.

Tato zásadní politická změna se projevuje i v řízení vodního hospodářství. Vznikají ministerstvo životního prostředí a ministerstvo zemědělství a výživy. To je později převedeno na ministerstvo zemědělství. Ústřední řízení vodního hospodářství, tedy i vodárenství, zajišťuje od té doby ministerstvo zemědělství.

Na nižším stupni řízení vznikem krajů v roce 1949 vznikají krajské národní výbory (KNV). Jedná se tzv. malé kraje, kterých je 19, a zvláště je řízena Praha a Bratislava. V rámci těchto krajů vznikají vodohospodářské služby. Tyto mají na starost vodoprávní agendu a zajišťují financování z veřejných prostředků. V roce 1950 vznikají krajské vodohospodářské služby (KVS) jako složky KNV a tím se na úseku vodního hospodářství odděluje správní činnost od hospodářské. Od 1. 7. 1951 na tuto organizaci přechází provozování veřejných vodovodů a kanalizací, které do té doby obstarávaly národní výbory, vodní svazy, vodní družstva a komunální podniky. V roce 1952 vzniká Vodohospodářské rozvojové a investiční středisko v Praze s pobočkami v Brně a Ostravě k zajištění rozvoje a investiční činnosti ve vodním hospodářství.

V roce 1954 se KVS rozděluje na Zásobování vodou a kanalizace (ZVAK) a na Správu vodních toků a meliorací (SVTM). V roce 1957 se ZVAK mění na Krajskou správu zásobování vodou a kanalizace a vyčleňují se z nich stavebně montážní složky do Vodohospodářské stavební obnovy. Později se toto vyčlenění ukáže jako nevhodné, neboť tato organizace je v dalších letech převedena pod Inženýrské stavby a stavební kapacita zejména pro výstavbu vodovodů se výrazně omezuje.

Další zásadní změna přichází v roce 1960 s novou územně správní organizací státu. Devatenáct krajů je zrušeno, vzniká deset nových krajů, z toho sedm na území dnešní České republiky, a samostatně hlavní město Praha. Vodní hospodářství se tomuto schématu přizpůsobuje, dochází ke zrušení organizací ZVAK a jejich výrobní činnost přechází na Okresní vodohospodářské správy (OVhS), které jsou přímo řízeny okresními národními výbory. Vedle toho na krajské úrovni vznikají Krajská vodohospodářská rozvojová a investiční střediska (KVRIS) pro zabezpečení rozvoje a investiční činnosti ve vodním hospodářství.

V roce 1966 se z dosavadních struktur vyčleňuje činnost na vodních tocích, jejich správa a údržba do centrálně řízeného Ředitelství vodních toků a na jejich odstěpné závody Správy povodí. K dílčí změně dochází v roce 1967, kdy se část OVhS přejmenovává na Okresní vodovody a kanalizace (OVAK) a KVRIS se v některých krajích mění na Krajská střediska pro vodovody a kanalizace.

V průběhu šedesátých a sedmdesátých let se značně rozšiřuje bytová výstavba, zejména panelového typu. Také požadavky průmyslu na pitnou vodu rostou. Obor vodovodů nestačí dostatečně rychle budovat nové zdroje ani potřebnou infrastrukturu. I když je soustředění na nové investice velké, nestačí rostoucím potřebám. Objevují se potíže v zásobování pitnou vodou, které jsou ještě umocněny dlouhodobým zanedbáváním oprav a údržby. Rovněž situace v oblasti čištění odpadních vod není dobrá. Výstavba čistíren a kanalizací je nedostatečná a to vede k dalšímu zhoršování kvality vody v tocích.

Problémy, které se ve vodárenství a čistírenství hromadí, vedou k další organizační změně, a to od 1. 1. 1976. Systém řízení vodovodů a kanalizací přechází od decentralizace zpět k centralizaci. Jsou zrušeny okresní podniky OVhS i OVAK, na území dnešní České republiky z nich vzniká sedm krajských podniků a v Praze Pražské vodovody a Pražské kanalizace a vodní toky. Jako oficiální důvody pro tuto další zásadní organizační změnu byly uváděny požadavky na zlepšení plánování a řízení oboru. S drobnými změnami tento stav vydržel až do začátku devadesátých let, kdy dochází k odstátnění a vznikají akciové společnosti a další soukromé subjekty.

Vývoj vodohospodářské legislativy

S rozvojem veřejných vodovodů úzce souvisí i vývoj vodohospodářské legislativy. Pro země České, Moravské a Slezské byly v roce 1870 vydány zemské vodní zákony spolu s příslušnými prováděcími předpisy na základě říšského zákona vodního č.j 93/1869 ř.z.

Vycházely z rozdělení vod na veřejné a soukromé a vyžadovaly povolení úřadu k užívání vody nad rámec obecného užívání. Tyto předpisy s úpravami vycházejícími ze změn uspořádání státu v zásadě platily až do konce roku 1954. V roce 1955 vstupuje v platnost Zákon o vodním hospodářství, který je novelizován již v roce 1959. V roce 1973 vstupuje v platnost nový Vodní zákon č. 138/73 Sb. o vodách. Na něj navazuje celá řada nařízení vlády, vyhlášek a směrnic. Z hlediska vodárenství je důležitá Vyhláška č. 144/78 Sb. o veřejných vodovodech a veřejných kanalizacích. Stanovuje zásady správy a provozování, charakterizuje vodovody a uvádí povinnosti provozovatelů a odběratelů. Dále je vydána vyhláška státní arbitráže, kterou se stanoví podmínky dodávky vody.

Zásadnější změny přicházejí po roce 1989. Nejprve jsou řešeny dílčí změny stávajících předpisů, reagující na novou hospodářskou a politickou situaci. V roce 2001 je vydán nový Vodní zákon č. 254/2001 Sb. Na tento zákon navazuje předpis pro veřejné vodovody a kanalizace - zákon č. 274/2001 Sb., dále prováděcí vyhláška a nejméně 8 metodických pokynů.

Vývoj zásobování vodou

Zásobování vodou z veřejných vodovodů je známo z dávné minulosti. Moderní historie je více než stoletá. Podrobnější souhrnné údaje o rozsahu zásobování obyvatelstva pitnou vodou na území dnešní České republiky pocházejí z roku 1928 a roku 1937. Tyto údaje však nejsou úplně a vzájemně srovnatelné. Srovnávat tento stav se stavem v dalších letech je dosti obtížné, neboť v období do konce druhé světové války více než 65 % bytů bylo bez koupelny a pouze 8 % bytů mělo ústřední topení. V celé řadě lokalit nebyly vodovodní přípojky a voda byla odebírána z uličních výtokových stojanů. Ty se v některých lokalitách používaly ještě do začátku šedesátých let.

Po roce 1950 se rozvoj vodovodů ve spojitosti s novou bytovou výstavbou zrychluje. Je odvislý hlavně od toho, ve kterých lokalitách se buduje těžký průmysl. Jsou plánovány vysoké cíle ve zvyšování specifické potřeby vody pro obyvatelstvo (včetně ztrát). Vycházelo se z tehdejší myšlenky, že zvyšování životní úrovně povede k trvalému růstu potřeby vody. Postupně je vydávána celá řada plánovacích dokumentů. Nejprve Státní vodohospodářský plán (SVP 1954), v roce 1975 je vydáván Směrný vodohospodářský plán, který je označován jako druhé vydání SVP. Každých 5 let jsou schvalovány pětileté plány, které počítají se stálým růstem potřeby vody.

Rozvoj veřejných vodovodů na území dnešní České republiky

Ukazatel	měr. jedn.	1937	1948	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Počet bydlících obyvatel	mil.	10,9	8,8	9,0	9,6	9,8	10,3	10,3	10,3	10,5
Počet ob. zásob. z veř. vodovodů	mil.	4,8	4,6	4,3	5,5	6,4	7,6	8,6	8,9	9,8
Podíl zásob. ob. z celk. počtu	%	44,2	52,3	47,8	57,4	65,2	74,3	83	87	93,1
Vyrobená voda celkem	mil.m ³ /rok	228	259	261	430	683	1048	1256	778	641
Specifická potřeba vody	l/ob./den	129	153	168	213	293	375	399	237	180
Délka vodovodní sítě	tis. km	12,6	14,6	17,0	20,5	27,7	37,8	45,2	53,2	73,4

Od roku 1950 se vždy za desetileté období napojí cca 1 mil. nových obyvatel. Specifická potřeba vody stoupla mezi roky 1950 – 1960 o 53 l/os/den mezi roky 1960 – 1970 o dalších 80 l/os/ a mezi roky 1970 – 1980 o dalších 82 l/os/den a v roce 1989 dosáhla maxima 401 l/os/den. Jsou započítány všechny odběry včetně ztrát.

Byl to vývoj extenzivní, oficiálně byl zdůvodňován růstem životní úrovně a zvyšováním podílu vybavenosti domácností. V polovině osmdesátých let hodnotí některé materiály situaci jinak. Upozorňují, že na růstu spotřeby vody se nepodílí jen zvyšování životní úrovně, ale i ne hospodárné využívání vody, nedostatečná údržba a velký počet obyvatel bez měření spotřeby vody. Výrazně také rostou ztráty vody v trubicí síti, celkově překračují 30 % a někde i výrazně více. Investiční výstavba nestačí takovému tempu růstu odebírané vody a v celé řadě oblastí dochází k napjaté bilanci mezi potřebami a zdroji. Uvědomují si to i státní orgány a jsou přijímána opatření ke snížení ztrát (Usnesení vlády ČR 91/1984), všechna však bez významnějších výsledků. Přesto je stále plánován růst potřeby vody. Celková potřeba vody plánovaná v roce 1984 pro rok 2000 byla stanovena na 14.9 mil. m³/rok, což znamenalo průměrnou specifickou potřebu 415 l/os/den. Pro hlavní město Prahu s ohledem na její postavení ve státě byla pro rok 2000 plánována specifická potřeba na 550 l/os/den a pro rok 2030 na 590 l/os/den.

Přechod na tržní ekonomiku po roce 1989 tyto trendy zvrátil. Podařilo se výrazně snížit ztráty vody v trubicí síti a přechod na nákladové ceny přispěl k racionálnímu hospodaření s vodou. Na druhé straně minulé prognózy z roku 1984 předpokládaly zásobování 95 % obyvatelstva pitnou vodou až v roce 2030, tohoto výsledku se dosahuje již v současné době.

Závěr

Obor zásobování obyvatelstva pitnou vodou má v moderní době více než stoletou historii. Za tuto dobu se z obecních vodovodů vyvinulo moderní, v podstatě průmyslové odvětví. Svou podstatou je to obor konzervativní, s dlouhodobou životností zařízení a v zásadě se stejnou činností. Minulý vývoj zejména mezi roky 1950 – 1989 ukázal, že množství zásahů do organizačního uspořádání, řízení i právního rámce nepřináší žádný užitek, ale brzdí rozvoj. Čím déle bude vodárenství ponecháno bez vnějších zásahů, tím plynulejší bude jeho další rozvoj.

Použitá literatura

Roth, J.: Vodárenství 1, SNTL Praha 1956

Šilar, J. a kol.: Soubor vodohospodářských předpisů, SZN Praha 1979

Šembera, J.: Systém řízení vodního hospodářství, SZN Praha 1987

Směrný vodohospodářský plán ČR, publikace č. 18, VÚV Praha 1986

SOVAK, ročenka 2012

Kontrola kvality vody ve světle nové legislativy

Ing. Radka Hušková

Pražské vodovody a kanalizace, a.s., Ke Kablu 971/1, Hostivař, 102 00 Praha 10,
radka.huskova@pvk.cz

1. Úvod

České právní předpisy, které regulují kvalitu pitné vody ve veřejném vodovodu, vycházejí z předpisů Evropské unie pro pitnou vodu. Evropská směrnice 98/83/EC je platná od roku 1998 (dále jen Směrnice) a její přezkum probíhal každých 5 let. Na základě poznatků Světové zdravotnické organizace (dále jen WHO) byla v říjnu 2015 vydána novela Směrnice, resp. byly novelizovány její přílohy. Povinnosti členských států EU bylo implementovat do dvou let novelizované přílohy Směrnice do národních právních předpisů.

2. Jak se k implementaci předpisů EU postavila Česká republika?

V říjnu 2017 byla vydána novela zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví (zákon OOVZ), resp. zákon OOVZ byl pozměněn novelou zákona č. 373/2011 Sb., o specifických zdravotních službách. Došlo ke změně zákona OOVZ pouze v části, která se týká pitné vody. Zákon OOVZ nabyl účinnosti 1. 11. 2017 a tím ČR dostala závazku vůči EU v oblasti právních předpisů pro pitnou vodu.

Zákon OOVZ přináší některé zcela nové požadavky pro provozovatele VaK při sledování kvality pitné vody: povinnost zpracovat provozní řád, jehož součástí je posouzení rizik systému zásobování pitnou vodou a monitorovací program. Podle novely zákona OOVZ a návrhu novely vyhlášky č. 252/2004 Sb. musí provozní řád vodovodu obsahovat:

- Údaje o zdroji a místu odběru vzorků surové vody
- Základní údaje o technologii úpravy vody, používaných chemikáliích
- Údaje o opatřeních nutných pro omezení nepřijatelných rizik (NOVÉ)
- Předpokládaný počet zásobovaných osob
- Monitorovací program (NOVÉ)
- Posouzení rizik (NOVÉ)
- Způsob vedení záznamů o kontrole funkce systému zásobování a o provádění údržby

Posouzení rizik systému zásobování pitnou vodou je nutné dle zákona OOVZ promítnout do aktualizace provozního řádu. Dále je vyžadováno průběžné přezkoumávání a nejméně 1x za 5 let má provozovatel vodovodu povinnost předkládat Orgánu ochrany veřejného zdraví aktualizaci provozního řádu ke schválení.

3. Procesní termíny implementace Směrnice

Zákon OOVZ nabývá účinnost 1. 11. 2017 a provozovatel příp. vlastník vodovodu má povinnost předložit návrh provozního řádu podle § 3c odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., příslušnému Orgánu ochrany veřejného zdraví (dále jen OOVZ) ke schválení nejpozději do 6-ti let ode dne nabytí účinnosti zákona, tedy do 1.11. 2023. Příslušný OOVZ pak vydá osobám, které předložily návrh provozního řádu, Rozhodnutí o tomto návrhu ve lhůtě do 9 měsíců ode dne jeho předložení.

Dle sdělení hlavní hygieničky MUDr. Evy Gottvaldové se do doby zpracování a schválení monitorovacího programu a posouzení rizik při kontrole jakosti pitné vody postupuje podle stávajících právních předpisů resp. krajskými hygienickými stanicemi schválených provozních řádů. To samozřejmě neplatí pro provozovatele vodovodů, kteří chtějí zahájit činnost po datu 1. 11. 2017. Podle § 100 zákona č. 258/2000Sb. je třeba před zahájením činnosti zpracovat a schválit provozní řád již dle novelizovaného zákona OOVZ. Stejně tak je vyžadováno posouzení rizik při aktualizaci provozních řádů vodovodu po datu 1. 11. 2017.

4. Sledování kvality pitné vody po linii MZd i MZe

Ke sledování kvality pitné vody v ČR se váží vyhlášky, které provádějí jak zákon OOVZ, tak zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu (dále jen zákon VaK). Jedná se o vyhlášky č. 252/2004 Sb. (k zákonu OOVZ) a č. 428/2001 Sb. (k zákonu VaK).

Na první pohled je zřejmé, že obě vyhlášky vznikly v tříletém odstupu, a tedy ne zcela vzájemně korespondují. Pro provozovatele vodovodu vznikal náročný úkol – připravit každoročně programy sledování kvality pitné vody tak, aby vyhověly oběma uvedeným vyhláškám.

Při implementaci Směrnice EU bylo nutné novelizovat obě výše uvedené vyhlášky, otevřel se tak prostor k jejich sjednocení a vzájemné provázanosti.

Novela vyhlášky č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu byla vydána v prosinci 2017 a je účinná od 1.1. 2018. Z hlediska sledování jakosti vody jsou platné a účinné novelizované přílohy vyhlášky 428/2001 Sb., č. 9 (Technické ukazatele pro plán kontrol jakosti vod v průběhu výroby pitné vody), č. 10 (Technické ukazatele pro plán kontrol míry znečištění odpadních vod), č. 13 (Požadavky na jakost surové vody), č. 14 (Podmínky měření hodnot ukazatelů jakosti surové vody, kde došlo pouze k úpravě meze stanovitelnosti u parametru „barva“ a ke změně dvou mikrobiologických parametrů). Přílohy 15, 16, 17 zůstávají nezměněny.

Poněkud nejasný výklad se týká platnosti těch částí novelizované vyhlášky 428/2001 Sb., které se odkazují na vyhlášku 252/2004 Sb. Možný výklad je, že z aktuální verze příloh 9, 10, 13, 14 vyhlášky 428/2001 Sb. je možné vyjmout platnost odstavců, které se odkazují na vyhlášku 252/2004 Sb. a posouzení rizik, kde platnost těchto odstavců je vázána na přechodné období zpracování a schválení provozního řádu OOVZ, který zahrnuje výstupy z posouzení rizik. Předpokládáme, že MZe toto upřesní oficiálním sdělením příp. metodikou.

5. Sjednocení kvalitativní kontroly systému zásobování pitnou vodou dle novely prováděcích vyhlášek

Co je novelou vyhlášek MZe a MZd sjednoceno:

- Sledování kvality pitné vody probíhá ve 3 úrovních – provozní, krácené a úplné rozbor;
- Sledování surové vody probíhá ve 3 úrovních – provozní, krácené a úplné rozbor;
- Sledování technologických stupňů úpravy vody případně ad hóc kontrola v kterémkoliv místě vodovodu se řeší provozními rozbor dle uvážení odpovědné osoby provozovatele;

- Krácené a úplné rozborů musí být zajištěny u držitele osvědčení o akreditaci, držitele osvědčení o správné činnosti laboratoře nebo u držitele autorizace; provozní rozborů nikoliv;
- Krácené a úplné rozborů pitné vody z hlediska rozsahu, četnosti a požadavku na metody řeší novela vyhlášky č. 252/2004 Sb.;
- Krácené a úplné rozborů surové vody a provozní rozborů v celém systému řeší novelizovaná vyhláška č. 428/2001 Sb.;
- Jako možnost je uvedeno nahrazení příp. doplnění provozních rozborů kontinuálními analyzátory;
- Provozní rozborů a on-line analyzátory („neakreditované výsledky“) musí být metrologicky navázány na výsledky laboratoře – dle výše uvedené kvalifikace;
- OOVZ zajímá krácený a úplný rozbor pitné vody, posílá se do sw PiVo;
- Provozní rozborů (*ke kontrole stability provozu i dle vyhlášky 428/2001 Sb.*) do sw PiVo se neposílají;
- Mezi místa kontroly distribuční sítě lze začlenit i vodojemy a výstup z úpravny vody (NOVÉ);
- Parametry, které se v průběhu distribuce vody nemění, lze měřit pouze v jednom ze vzorků časově souvztažných (výstup z úpravny X distribuční síť) *např. těžké kovy, specifické organické látky apod.*

6. Nový pohled na vykazování kvality surové vody

Dle novely vyhlášky č. 428/2004 Sb. (§ 21, odstavec 4) se výsledky o kvalitě surové vody předávají: *Krajskému úřadu a příslušnému správci povodí předává provozovatel výsledky rozborů jedenkrát ročně vždy do 31. března za předcházející rok v rozsahu tabulek 1 a 2 přílohy č. 9 k této vyhlášce prostřednictvím databáze spravované Českým hydrometeorologickým ústavem. Ke vkládání výsledků do databáze provozovatel využije elektronickou aplikaci zveřejněnou na internetových stránkách Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).*

Termín pro předání výsledků surové vody za předchozí kalendářní rok je 31. březen, ale v souvislosti s nezbytnou úpravou vstupů do databáze ČHMÚ došlo k posunu termínu předání výsledků o jakosti surové vody za rok 2017, termín je prodloužen do 30. 9. 2018.

Bližší informace jsou dostupné zde: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/pozadavky-na-jakost-vody-k-uprave/>

Otázkou zůstává, jaká data surové se za rok 2017 budou předávat??

Pravděpodobný výklad:

- Za rok 2017 budou předána data v rozsahu vyhlášky č. 428/2001 Sb. platné do 12/2017, nově ale do databáze ČHMÚ
- Za rok 2018 bude surová voda sledována v rozsahu a četnosti dle novely vyhlášky č. 428/2001 Sb. účinné od 1. 1. 2018
- Jak vykazovat podzemní vodu, která má jakost pitné vody (s výjimkou MB parametrů)? Návrh: analýzu podzemní (pitné) vody vykazovat jednak jako vodu pitnou (databáze - PiVo).

7. Další novela Směrnice 98/83/EC o pitné vodě

Dne 1. února 2018 zveřejnila Evropská komise (EK) návrh revize celé Směrnice o pitné vodě (<http://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/>) s deklarovaným cílem zlepšit kvalitu pitné vody a poskytnout veřejnosti lepší informovanost v této oblasti.

Novela Směrnice v mnoha částech reaguje na požadavky první úspěšné evropské občanské iniciativy "*Right2Water*" (Právo na vodu), kdy bylo shromážděno více než 1,8 milionu podpisů a na kterou EK reagovala pozitivně. Iniciativa byla EK předložena v prosinci 2013 a zejména požadovala, aby „instituce a členské státy EU měly povinnost zajistit všem obyvatelům právo na vodu a hygienu“ a aby „EU zvyšovala své snahy o zajištění univerzálního přístupu k vodě a hygieně“. EK se též zavázala přezkoumat Směrnici, a proto ji zařadila do svého Programu pro účelnost a účinnost právních předpisů (REFIT).

Revize Směrnice je také součástí plánu na přechod k oběhovému hospodářství. Revidovaný návrh by měl pomoci členským státům EU hospodařit s pitnou vodou způsobem, který je udržitelný a účinně využívá zdroje, a tím usnadní snižování spotřeby energie a zbytečných ztrát vody. Dále by měl pomoci omezit používání plastových lahví zvyšováním důvěry lidí v pitnou vodu z kohoutku.

EK vyzvala všechny dotčené subjekty ke sdílení názorů na zveřejněný návrh revidované Směrnice do 29. 3. 2018. Poté bude s časovým odstupem návrh předložen k projednání a schválení tzv. spolurozhodovacím procesem dle článku 294 Smlouvy o fungování EU Evropskému parlamentu a Radě EU. Následně bude zveřejněna revidovaná Směrnice a do dvou let od publikování budou mít členské státy povinnost revidovanou Směrnici implementovat do národních právních předpisů.

Literatura:

- [1] Směrnice komise (EU) 2015/1787, kterou se mění přílohy II a III směrnice Rady 98/83/ES o jakosti vody určené k lidské spotřebě
- [2] Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví ve změně zákona č. 373/2011 Sb., o specifických zdravotních službách
- [3] Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, včetně návrhu novely
- [4] Vyhláška č. 448/2017 Sb., kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů
- [5] Revize Směrnice Rady 98/83/ES o jakosti vody určené k lidské spotřebě (přepracované znění ze dne 1. 2. 2018)
- [6] Důvodová zpráva k přepracovanému znění Směrnice Rady 98/83/ES o jakosti vody určené k lidské spotřebě

Úprava vody a jej budúcnosť v podmienkach Slovenska

doc. Ing. Danko Barloková, PhD.¹⁾; prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.¹⁾;
Dpt. Viliam Šimko²⁾; Ing. Ondrej Kapusta³⁾

- 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
 - 3) Stredoslovenská vodárenská spoločnosť, a.s., Partizánska cesta 5, 974 01 Banská Bystrica, kapusta.ondrej@stvs.sk
-

Abstrakt

Článok sa zaoberá problémami vybraných úpravní vôd na Slovensku, ktoré sú spôsobené ich nevyhovujúcim technickým stavom ale i zhoršujúcim sa stavom kvality vody vo vodárenských nádržiach. Vo väčšine prípadov riešenie tejto situácie je modernizácia úpravní tak, aby bol naplnený cieľ smernice 98/83/ES, ktorým je ochrániť ľudské zdravie pred nepriaznivými účinkami akejkoľvek kontaminácie vody určenej na ľudskú spotrebu.

ÚVOD

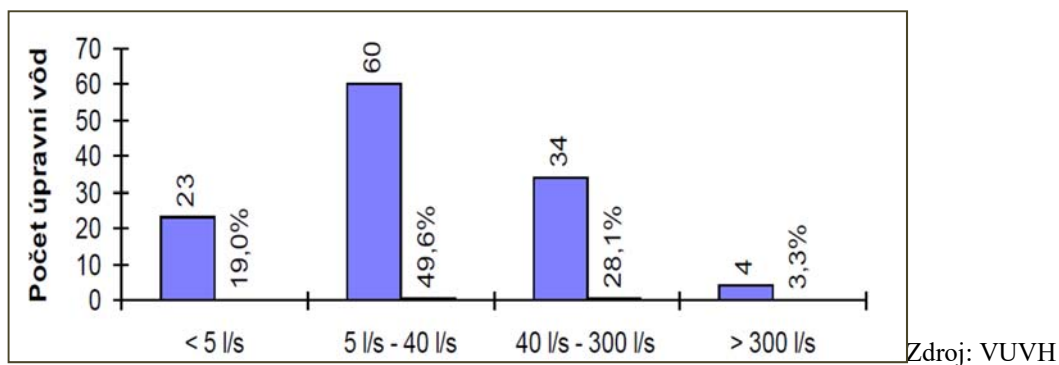
Na Slovensku sú podzemné vody dominantným zdrojom využívaným pre zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou. Približne len 16% z celkového množstva vody dodávanej do verejných vodovodov predstavujú vody získavané z povrchových zdrojov. Na základe kvality odoberanej vody je vodu v mnohých prípadoch potrebné upravovať tak, aby splnila požiadavky kladené na pitnú vodu, ktoré sú uvedené vo Vyhláske MZ SR č. 247/2017. V prípade podzemných vôd je potrebné upraviť len 22 % - približne z celkového množstva - 7 700 l/s týchto vôd využívaných pre pitné účely, čo poukazuje na vynikajúcu kvalitu podzemných vôd, povrchové vody sú upravované v celom odoberanom množstve, čo predstavuje asi 1400 l/s.

ÚPRAVNE VODY NA SLOVENSKU

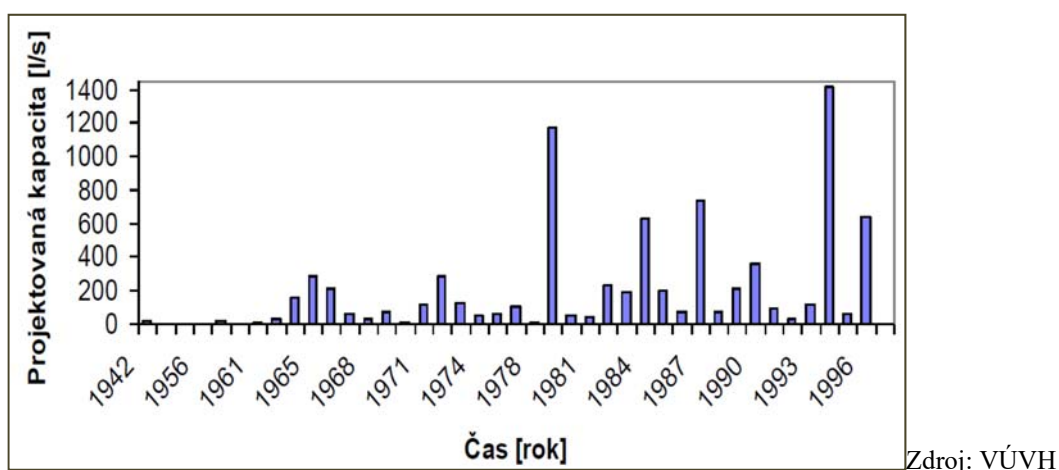
História úpravy vody na našom území sa začala písať v štyridsiatych rokoch minulého storočia. Najstaršou úpravňou, v ktorej je upravovaná podzemná voda je úpravňa vody Vajsove pramene, ktorá bola daná do prevádzky v roku 1942, neďaleko Krupiny. Voda je tu odkysľovaná kontaktnou filtráciou vo filtroch s mramorovou drťou. Súčasný výkon úpravne je 5 l/s. Pred pár rokmi bola úpravňa i s prameňom zrekonštruovaná, a tak viac ako 70 ročný objekt môže konkurovať najnovším zariadeniam tohto typu.

Rozvoj výstavby úpravní vôd súvisel so zvýšenou spotrebou vody v povojnovom období, s rozvojom priemyselnej výroby, v roku 1956 sa začali projekčné práce pre úpravňu vody Hriňová, prvej úpravne pre povrchové vody.

Na Slovensku bolo vybudovaných 121 úpravní vôd, v súčasnosti je v prevádzke 113 úpravní vôd, ktoré upravujú povrchovú i podzemnú vodu na pitnú vodu. Úpravní vôd pre úpravu povrchových vôd je 65 a pre úpravu podzemných vôd 48. Na **obr. 1** sú uvedené pre projektované kapacity počty úpravní, **obr. 2** dokumentuje roky, v ktorých boli úpravne dané do prevádzky.



Obr. 1 Počet úpravni vód podľa projektovanej kapacity



Obr. 2 Roky uvedenia úpravni vód v SR do prevádzky

ÚPRAVA PODZEMNÝCH VÔD

Z hľadiska kvality podzemnej vody využívanjej pre zásobovanie pitnou vodou sú rozhodujúcimi ukazovateľmi obsah železa, mangánu, amónnych iónov, obsah ťažkých kovov (napr. arzén, antimón, meď, olovo), atď. Nie zanedbateľným je obsah CO_2 , sírovodíka a mikrobiologická kvalita vody. V našich podmienkach pri odbere podzemných vôd sa jedná väčšinou, ak je vôbec potrebná úprava o odstraňovanie železa a mangánu. V Slovenskej republike bolo navrhnutých a uvedených do prevádzky 20 úpravni vody s projektovanou kapacitou od 1 l.s^{-1} do 150 l.s^{-1} pre odstraňovanie Fe a Mn.

V **tab. 1** sú uvedené vybrané úpravne vód s technológiou úpravy vody i rokom uvedenia do prevádzky, projektovaná kapacita, resp. súčasný výkon úpravne.

Najstaršia z nich, ktorá je v prevádzke 50 rokov, úpravňa vody Osuské, bola v roku 2015 zrekonštruovaná. Nachádza sa na úpätí Malých Karpát a je významnou súčasťou Senického skupinového vodovodu, ktorý je v prevádzke a majetkom BVS, a.s.. V rámci celkovej rekonštrukcie úpravne vody bola zrealizovaná aj rozsiahla modernizácia štyroch pieskových filtrov, každý o ploche $9,585 \text{ m}^2$. Jestvujúce medzidná filtrov boli nahradené nerezovým drenážnym systémom TRITON, ide o prvú inštaláciu tohto systému v Slovenskej republike. Zrekonštruovaná úpravňa vody bola nominovaná do súťaže Stavba roka 2015, projekt vypracoval Hydroteam, s.r.o.

Tab.1 Vybrané úpravne podzemných vôd

Úpravňa vody	Výkon [l/s]	Rok uvedenia do prevádzky	Technológia	Poznámka
Holíč	100/60	1975	aerácia, dávkovanie vápna, UN, filtre	odstraňovanie Fe a Mn, H ₂ S, NH ₄ , CO ₂
Kúty	80/40	1999	aerácia, dávkovanie vápna, filtre	odstraňovanie Fe a Mn, H ₂ S, CO ₂
Osuské	50/70	1968	dávkovanie flokulantu, prevzdušnenie, filtre	odstraňovanie sírovodíka a sírnych baktérií
Boťany	180/80	1982	aerácia, dávkovanie vápna, UN, filtre	odstraňovanie Fe a Mn

ÚPRAVA POVRCHOVÝCH VÔD

Slovenská republika, i keď sú preferované podzemné zdroje vody, má viac ako 40 malých a stredných úpravní vôd, ktoré upravujú povrchovú vodu na vodu pitnú. Zároveň sa k zásobovaniu obyvateľstva používa voda z vodárenských nádrží, pri ktorých sú vybudované úpravne vody s projektovanou kapacitou nad 200 l/s, štyri z nich majú kapacitu nad 300 l/s.

V **tab. 2** sú uvedené úpravne vôd vybudované pri vodárenských nádržiach s technológiou úpravy vody i rokom uvedenia do prevádzky, projektovaná kapacita, resp. súčasný výkon úpravne.

Tab.2 Úpravne povrchových vôd pre úpravu vôd z vodárenských nádrží

Úpravňa vody	Výkon [l/s]	Rok uvedenia do prevádzky	Technológia	Poznámka
Hriňová	280/140	1965	koagulant Fe, UN, filtre	plynný chlór nahradený chlórdioxidom
Klenovec	460/120	1974, 1991	koagulant Al, jednostupňová úprava !!!	I. etapa-250 l/s II. etapa – 210 l/s
Málinec	230/120	1995	koagulant Fe, UN, dvojmateriálová filtrácia	PM – dierovanými stenami - nefunkčné
Turček	130	1979, 1999	lamelové UN, filtre piesok + antracit	Doplnené o stvrdzovanie
Rozgrund	16	1992	jednostupňová úprava !!!	odstavená v roku 2015, zhoršená kvalita vo VN
Nová Bystrica	700/200	1983	koagulant-Fe, UN, filtre	
Bukovec	410/125	1979	koagulant Fe, UN + filtre	odstraňovanie aj As, Sb,
Stakčín	1000/450	1976, 1984	koagulant Al,, galeriové čiriče, filtre	v prípade priaznivej kvality využívané len filtre

Voda odoberaná z povrchových zdrojov obsahuje jemné nerozpustné častice, ktoré sa prejavujú ako zákal, živé mikroorganizmy, ale aj nežiaduce rozpustené látky, ktoré sa pred vstupom do rozvodnej siete musia z vody odstrániť. Niektoré len z estetického dôvodu (neohrozili by zdravie obyvateľa), niektoré sú pre zdravie škodlivé. Úlohou prevádzkovateľa (dodávateľa pitnej vody) je zabezpečiť kvalitu vody tak, aby nespôsobovala ani pri dlhodobom užívaní následky na zdravie.

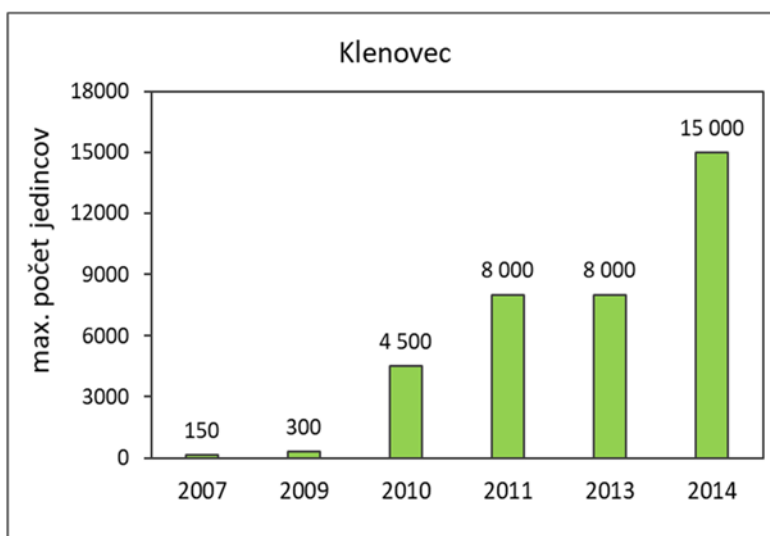
Väčšina malých a stredných úpravní je prevádzkovaná len na princípe občasného dozoru, čím sa stávajú značne zraniteľnými zvlášť v prípadoch náhleho zhoršenia kvality upravovanej vody, ktoré je spôsobené klimatickými podmienkami - príválové dažde, topenie snehu. Mnohé z týchto úpravní vôd sú v týchto kritických situáciách odstavené z prevádzky, nakoľko jestvujúcou technológiou úpravy vody nie je zabezpečená výroba kvalitnej pitnej vody.

Prevádzkované úpravné vôd sú bez väčších zásahov do technologickej zostavy, či strojno-technologického zariadenia v prevádzke 30 až 40 rokov, niektoré i viac, napr. úpravná vody Hriňová viac ako 50 rokov. Je len samozrejmé, že doslova väčšina úpravní vody sú morálne i fyzicky opotrebované. Získavanie kvalitnej vody v týchto úpravniach vody je možné len s veľkým úsilím a vynaložením zvýšených finančných prostriedkov. Dôvodom sú nasledovné skutočnosti:

- ✓ zastaralé a nespoľahlivé technologické zariadenia s vysokými energetickými nárokmi,
- ✓ nízka účinnosť technologických zostáv,
- ✓ zhoršovanie kvality vody odoberanej z povrchových zdrojov.

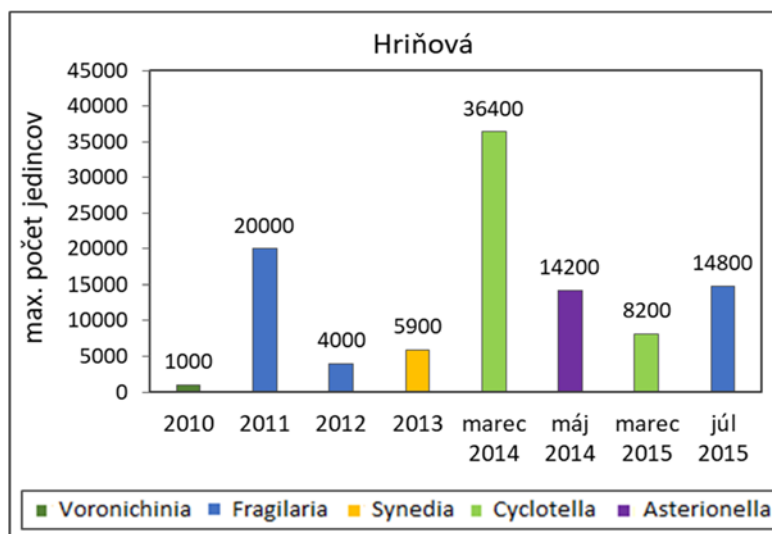
Zhoršovanie kvality vody bolo zaznamenané v posledných rokoch vo vodárenských nádržiach Klenovec, Hriňová a Rozgrund.

Jeden separačný stupeň, ktorým je filtrácia v úpravni vody Klenovec, ktorý bol navrhnutý v sedemdesiatych rokoch a bol vhodný pre kvalitu vody v tom čase, v súčasnosti už nepostačuje na výrobu pitnej vody vzhľadom na zhoršenú kvalitu vody vo vodárenskej nádrži. Oživenie v niektorých ročných obdobiach v ostatných rokoch dosahuje viac ako 20 000 jedincov v 1 ml vody (**obr. 3**).



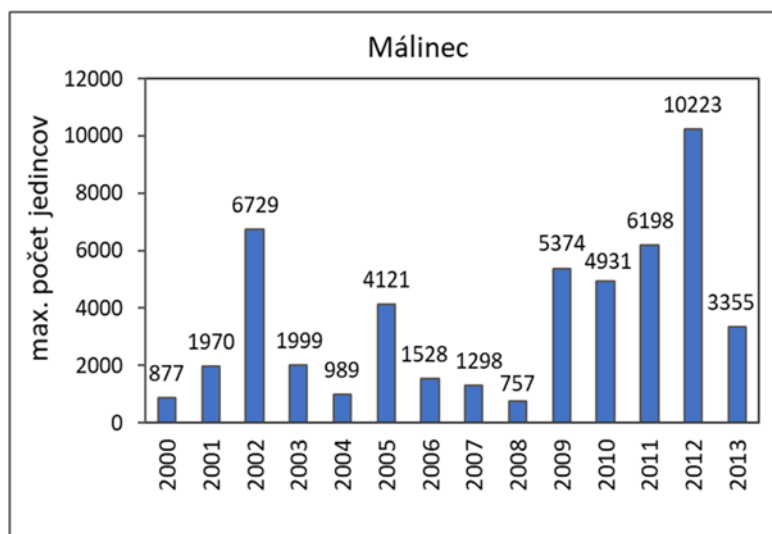
Obr. 3 Obsah živých organizmov vo vodárenskej nádrži Klenovec

Rovnaká situácia je i vo vodárenskej nádrži Hriňová, v ktorej sa v posledných rokoch kvalita vody zhoršila z hydrobiologického hľadiska. V marci v roky 2014 hodnota živých organizmov dosiahla hodnotu až 36 400 jedincov v 1 ml vody. Na **obr. 4** je uvedený pre jednotlivé roky obsah živých organizmov v surovej vode odoberanej do úpravne vody Hriňová.



Obr. 4 Obsah živých organizmov vo vodárenskej nádrži Hriňová

Podobná situácia je i v prípade zhoršenia kvality vody vo vodárenskej nádrži Málinec. Priebeh vývoja kvality vody v predchádzajúcich rokoch je zobrazený na **obr. 5**.



Obr. 5 Obsah živých organizmov vo vodárenskej nádrži Málinec

Vodárenská nádrž Rozgrund, ktorá je našou najstaršou vodárenskou nádržou daná do prevádzky v roku 1744 bola donedávna zdrojom kvalitnej pitnej vody pre mesto Banská Štiavnica. Úpravňa vody Rozgrund, v ktorej bola voda z tejto vodárenskej nádrže upravovaná musela byť na jeseň v roku 2015 odstavená z prevádzky. Dôvodom bola zhoršená kvalita vody v nádrži. V súčasnosti je zásobovanie obyvateľstva Banskej Štiavnice a okolia riešené z vodárenskej sústavy Pohronského skupinového vodovodu, z ktorého je voda niekoľkonásobne čerpaná, čím sa podstatne zvyšujú prevádzkové náklady.

V úpravniach vôd Klenovec, Málinec a Hriňová boli v rokoch 2014-2016 uskutočnené poloprevádzkové odskúšania nových technológií a na základe ich výsledkov pripravené realizačné projekty. Problémom ich realizácie je nedostatok finančných prostriedkov.

V úpravni vody Rozgrund sa v súčasnosti realizujú poloprevádzkové skúšky, ktorých cieľom je, aby sa tento objekt znovu stal súčasťou zásobovania kvalitnou pitnou vodou Banskej Štiavnice. Modernizáciou úpravne sa súčasne zabezpečí i zníženie prevádzkových nákladov – predovšetkým sa zníži spotreba el. energie na čerpanie vody zo skupinového vodovodu PSV, zníži sa poruchovosť a celkovo sa podstatne zvýši spoľahlivosť prevádzky.

ZÁVER

Vzhľadom na súčasný stav, v ktorom sa spomínané úpravne nachádzajú jediným riešením je ich modernizácia. Modernizácia týchto úpravní vôd je jediným spôsobom, ako zachovať ich prevádzkyschopnosť a ako pomocou uplatňovania technického rozvoja zvyšovať kvalitu ich prevádzky. Modernizácia je po všetkých stránkach a pre všetkých účastníkov oveľa náročnejšia na prípravu a realizáciu, ako je výstavba novej úpravne. Z toho dôvodu je potrebné k optimalizácii a modernizácii pristúpiť maximálne zodpovedne a hlavne dôsledne, čo si vyžaduje finančné prostriedky a dostatok času na predprojektovú prípravu.

Vzájomná výmena skúseností je najefektívnejší spôsob ako prekonať ťažkosti, ktoré sú viac, či menej súčasťou každej modernizácie. Toto v plnom rozsahu platí pre všetky úpravne vody, u ktorých je možnosť realizovať modernizáciu. Technický stav mnohých našich úpravní vody je veľmi zlý. Pripraviť modernizáciu tak náročných vodohospodárskych diel si vyžaduje sústredenú prácu tímu špecialistov a dostatok času na riešenie. Bez získania dobrých a overených podkladov môžu byť investičné prostriedky vynaložené neefektívne.

PodĎakovanie

Článok bol pripravený za finančnej podpory projektu VEGA 01/0400/15 a APVV-15-0379.

LITERATÚRA

- [1] Ilavský, J., Barloková, D.: a kol.: Modernizácia veľkých úpravní vôd v podmienkach Slovenska. In: Pitná voda 2015, Zborník prednášok. Trenč. Teplice, SR, 5-8.10.2015. Vodatím s.r.o, Bratislava 2015, s.55-62. ISBN 978-80-971272-3-7.
- [2] Pelikán, P., Buchlovičová, J.: Modernizácia úpravní vôd v Slovenskej republike. In: Sborník XX. mezinárodní konference Voda Zlín 2016, Zlín, ČR, 17.-18.3.2016, ISBN 978-80-905716, s. 47-52.
- [3] Pelikán, P., Buchlovičová, J.: Modernizácia ÚV Hriňová, alebo na ceste od poloprevádzkových skúšok k stavebnému povoleniu. In: Sborník XXI. mezinárodní konference Voda Zlín 2017, Zlín, ČR, 16.-17.3.2017, ISBN 978-80-905716-3-1, s. 99-104.
- [4] Šimko V. a kol.: Modernizácia úpravne vody Hriňová. Záverečná správa. Aktivita 3. Poloprevádzkové skúšky II. Etapa, časť 6, téma 2 Overenie možnosti obohacovať vodu o horčič, december 2015, p. 97.
- [5] Šimko V.: Zásobovanie pitnou vodou v SR – zabezpečenie kvality a technológia úpravy vody. In: Sborník XI. mezinárodní konference Voda Zlín 2007, Zlín, ČR, ISBN 978-80-239-8740-9, s. 23-26.

Analýza schopnosti tvorby finančních rezerv z vodného na obnovu vodárenské infrastruktury

Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.; Ing. Marek Pavel

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí,
Žižkova 17, Brno, tel.: 541 147 723, tomas.kucera@vut.cz

ÚVOD

Tato práce se zabývá cenou vodného v souvislosti s náklady na obnovu vodárenské infrastruktury. Je popsán postup s využitím údajů z majetkové a provozní evidence, kdy je vypočteno, jaká část finančních prostředků by měla být každoročně akumulována z vodného, aby byla udržitelná trvalá obnova vodárenské infrastruktury. Tyto finanční objemy jsou vztaženy jak na celé zásobované oblasti v působnosti jednotlivých společností, tak i na jednotlivé obce. V rámci práce bylo provedeno vyhodnocení u šesti vodárenských společností, přičemž pozornost je věnována pouze vodárenské části infrastruktury, analyzováno je tedy pouze vodné.

METODIKA

Provedená analýza je založena na vyhodnocení dat obsažených v databázích označovaných jako vybrané údaje z majetkové a provozní evidence (dále VÚME, resp. VÚPE) a částečně i veřejně dostupných datech z databáze Českého statistického úřadu.

Jak známo, všechny prvky v těchto databázích mají přidělena svá unikátní kódová označení. Jedná se o identifikační čísla majetkové evidence (IČME) a identifikační čísla provozní evidence (IČPE). Ke každému z čísel jsou pak vypsány požadované údaje. Většina údajů je vedena pouze v jedné nebo druhé z evidencí. Je však několik údajů, které jsou uváděny v obou a mohou tedy pomoci při kontrole během párování údajů. K takovým údajům patří například počet zásobovaných obyvatel a také názvy majetku.

Komplikace nastává, pokud je pod jedním identifikačním číslem provozní evidence sdruženo více prvků majetkové evidence (většinou obcí). V případech, kdy jsou pod jedním IČPE sdruženy dvě nebo tři IČME, je možné tyto údaje dohledat a sloučit. Některé společnosti však mají pod jedním IČPE desítky prvků majetkové evidence a v tu chvíli je obtížné přiřadit potřebné údaje k jednotlivým obcím.

Použitá vstupní data

Pro analýzu byla použita následující vstupní data za rok 2016, opatřena z výše uvedených zdrojů:

- počet zásobených osob v připojených obcích;
- voda fakturovaná pitná přímým odběratelům celkem;
- přepočtená délka vodovodního potrubí;
- hodnota uvedeného majetku (objektů) v reprodukční pořizovací ceně;
- cena pro vodné bez DPH (Kč/m³).

Názvy vodárenských společností, ale i jednotlivých obcí, jsou z pochopitelných důvodů anonymizovány.

Data byla zjišťována jednak na úrovni rozvodné vodovodní sítě (včetně objektů), která se vztahuje k jednotlivým obcím, ale také pro takzvanou společnou infrastrukturu – jedná se například o příváděcí řady, vodojemy a úpravny vod, které jsou v rámci systému dané společnosti využívány pro zásobování všech obcí.

Při stanovení míry opotřebení a výpočtech stanovujících dobu akumulace prostředků vycházíme z následujících životností jednotlivých součástí vodovodů:

- příváděcí řady ... 80 let,
- rozváděcí řady ... 70 let,
- objekty (úpravny vody, vodojemy, ...) ... 45 let.

Uvedené hodnoty životnosti mohou být samozřejmě dosti diskutabilní už jen z důvodu různorodosti použitého materiálu.

Roční úspory na obnovu infrastruktury

Objem těchto rezerv je přímo závislý na uvažované životnosti sítě. Celkové reprodukční náklady jsou dle životnosti rozpočítány na jeden rok s tím, že zde však nejsou nijak zahrnuty náklady na opravy a údržbu a není zohledněno opotřebení sítě. Jedná se čistě o částku teoreticky nutnou na znovuvybudování existující infrastruktury. Míru optimistického či negativního vývoje stavu této infrastruktury můžeme zohlednit právě volbou těchto životností. Při podrobnějších úvahách je možné zvolit životnost pro různé části systému a případně ve shodě se znalostí o životnosti jednotlivých materiálů a technologických prvků, rovněž pro přesnější výpočet by bylo nutné zahrnout i údaje o aktuální stáří, resp. opotřebení infrastruktury. Pro jednodušší úvahy je možné vycházet z tabulkových životností uvedených výše. V rámci této práce jsou voleny hodnoty životností pro situaci spíše optimálního vývoje.

VYHODNOCENÍ

Do analýzy bylo zařazeno celkem 6 vodárenských společností, přičemž výstupy jsou plně anonymizovány. Je zřejmé, že způsob plánování a vynakládání finančních prostředků bude u různých typů společností různý.

Tab. 1 Přehled vodárenských společností

Společnost	Provozní model	Hlavní akcionář	Počet obcí [-]	Počet zásobovaných obyvatel [tis. obyv.]	Největší aglomerace [tis. obyv.]
A	smíšený	města a obce	12	36	29
B	smíšený	města a obce	29	19	12
C	oddílný	privátní	38	28	16
D	oddílný	privátní	40	81	27
E	smíšený	města a obce	52	72	20
F	smíšený	města a obce	86	71	9

Podrobněji budou prezentovány výsledky pro jednu z těchto společností.

Případová studie

Jedná se o společnost smíšeného typu zásobující spotřebiště ve 12 obcích s celkem 36 tis. odběrateli. Největší aglomerace čítá 29 tis. a nejmenší pak pouhých 35 zásobovaných obyvatel. Medián počtu obyvatel je 341. Další údaje podle majetkové a provozní evidenci jsou zřejmé z následující tabulky.

Tab. 2 Základní údaje

Voda fakturovaná za rok celkem:	1897,6 tis. m ³
Cena vodného bez DPH:	33,82 Kč/m ³
Cena sdílené infrastruktury:	1 188 425 700 Kč
Cena RVS celkem:	633 395 130 Kč
Délka RVS celkem:	204,7 km
Celkové roční příjmy z vodného:	64 176 663 Kč
Potřebné roční úspory na obnovu sítě:	23 903 823 Kč
Potřebné roční úspory na obnovu sítě:	37,2 %

Podrobnější údaje k vybraným obcím náležejícím do působnosti vybrané společnosti jsou zřejmé z následující tabulky.

Tab. 3 Přehled obcí

Obec	Počet zásobovaných obyvatel	Voda fakturovaná celkem	Délka sítě (přepočtená)	Pořizovací cena dle ukazatele MZe	Doba obnovy	Vodné bez DPH
	[-]	[tis. m ³ /rok]	[km]	[tis. Kč]	[rok]	[Kč/m ³]
A01	96	4,246	3,560	12 411,0	70	33,82
A03	713	145,552	10,550	57 648,0	70	33,82
A04	35	1,239	0,893	2 961,0	70	33,82
A09	74	2,958	1,536	5 167,0	70	33,82
A11	29 200	1 394,287	126,965	452 738,5	70	33,82

Pozn.: Údaje za rok 2016.

Tab. 4 *Výsledky analýzy*

Obec	Zásobených obyvatel	Spotřeba vody	Příjem z vodného	Předpokládané náklady na obnovu rozvodné sítě / společné infrastruktury		Rozdíl	
	[%]	[%]	[tis. Kč/rok]	[tis. Kč/rok]	[tis. Kč/rok]	[tis. Kč/rok]	[%]
A01	0,3%	0,2%	143,600	-177,300	-33,240	-66,9	-46,6%
A03	2,0%	7,7%	4 922,569	-823,543	-1 139,454	2 959,6	60,1%
A04	0,1%	0,1%	41,903	-42,300	-9,700	-10,1	-24,1%
A09	0,2%	0,2%	100,040	-73,814	-23,157	3,1	3,1%
A11	80,7%	73,5%	47 154,786	-6 467,693	-10 915,175	29 771,9	63,1%

Tab. 5 *Vybrané výkonnostní ukazatele*

Obec	Specifická spotřeba vody	Vytíženost sítě	Specifická délka vedení
	[l/os./den]	[l/m/den]	[m/os.]
A01	121,2	3,268	37,1
A03	559,3	37,798	14,8
A04	97,0	3,801	25,5
A09	109,5	5,276	20,8
A11	130,8	30,087	4,3

Zajímavostí mezi vyhodnocovanými obcemi je obec A03, kde zvýšenou hodnotu specifické spotřeby vody vytváří jeden z významných odběratelů.

Z vyhodnocení vyplývá, že v případě společnosti A by měla být ročně na obnovu infrastruktury vynaložena částka odpovídající 30% podílu z částky vybrané na vodném. Tuto částku je potřeba porovnat s částkou z vodného, která odpovídá odpisům, případně výši nájemného a ziskům. V případě této společnosti je pravděpodobné, že je jako celek schopna ufinancovat průběžně obnovu provozované infrastruktury, avšak v současném stavu. Je však zcela evidentní, že v systému této společnosti se nacházejí obce, kde obnova není finančně udržitelná. Vedle toho je zajímavé srovnání obcí A03 a A11. Jde o obce s řádově rozdílným počtem zásobovaných obyvatel. V obci A03 je napojen významný velkoodběratel, což se projevuje zvýšenou hodnotou specifické spotřeby vody a také ukazatelem vytíženost sítě.

ZÁVĚR

Primárním cílem tohoto vyhodnocení byla snaha vyčíslit schopnost jednotlivých obcí nashromáždit potřebné finanční zdroje na obnovu své vlastní infrastruktury. Je samozřejmé, že při vyhodnocení bude poukázáno na obce, které při současném stavu nejsou schopny zajistit financování obnovy infrastruktury z vodného, a jsou tím pádem dotovány ostatními „členy“ systému, kteří odebírají vodu od stejného provozovatele.

Předložený postup hodnocení schopnosti financovat obnovu infrastruktury může být jistým nástrojem pro vlastníky a provozovatele infrastruktury při vyjednávání ceny vodného. Důrazně však upozorňujeme, že toto téma se nesmí stát politickým nástrojem ve znění: „vy jste malí, vy budete platit více“. Pitná voda musí být brána jako základní lidská potřeba a je zcela správné uplatňovat institut tzv. solidární ceny vodného. Mezi hodnocenými obcemi se vyskytují i takové, které mají podobný počet obyvatel, avšak schopnosti financování infrastruktury je zcela rozdílná.

Snahou tohoto příspěvku bylo především na vzorku několika hodnocených vodárenských společností poukázat na finanční zátěž spojenou s náklady na financování obnovy infrastruktury.

LITERATURA

- [1] Český statistický úřad. Vodovody a kanalizace v České republice [online, cit. 15.2.2018].
- [2] Český statistický úřad. Spotřebitelské ceny vybraných druhů zboží a služeb. [online, cit. 15.2.2018].
- [3] Metodický pokyn pro orientační ukazatele výpočtu pořizovací (aktualizované) ceny objektů do Vybraných údajů majetkové evidence vodovodů a kanalizací, pro Plány rozvoje vodovodů a kanalizací a pro Plány financování obnovy vodovodů a kanalizací. In: Ministerstvo zemědělství, 401/2010-15000.
- [4] Výroční zprávy analyzovaných společností za rok 2016 [anonymizováno].
- [5] Ministerstvo zemědělství ČR. Vybrané údaje z provozní a majetkové evidence vodovodní sítě za rok 2016 [anonymizováno]

Článek byl vytvořen v rámci řešení projektu č. LO1408 "AdMaS UP - Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie" podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I“.

Ekonomický a ekologický přínos posuzování výstavby a obnovy sítí z celého životního cyklu stavby

Ing. Juraj Barborik - *technický manažer*

SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o.

Úvod

Posuzování potrubních sítí z hlediska celého životního cyklu stavby přináší celkové snížení investiční, provozní i ekologické náročnosti potrubních sítí. Pro posuzování obnovy a výstavby potrubních sítí z hlediska životního cyklu stavby jsou nejdůležitějšími parametry praxí ověřená provozní životnost a spolehlivost. Technicko-provozní atributy materiálů potrubních sítí mají přímý vliv na investiční a zejména provozní náklady včetně dopadu na životní prostředí.

Výpočetní software TCO/LCA

Výpočetní software TCO (Total Cost of Ownership) a LCA (Life Cycle Assessment) je nástroj pro výpočet celkových nákladů na vlastnictví potrubní sítě v celém životním cyklu a její environmentální stopy. Nabízí komplexní porovnání jednotlivých potrubních systémů, což odpovídá celkové finanční částce, kterou vlastník a provozovatel bude muset vynaložit během celého životního cyklu potrubí. Tento nástroj byl vyvinut poradenskou společností v oblasti finančních analýz hodnocení životního cyklu QUANTIS společně s týmem odborníků v oboru potrubních sítí. Metodika byla přezkoumána poradenskou a auditorskou společností EY France a University of California, Berkeley USA.

Účel a cíl

Účelem tohoto nástroje je posouzení potrubních systémů z hlediska celkových nákladů životního cyklu a ekologické stopy. Porovnává systémy z tvárné litiny, polyetylen, PVC, sklolaminát a ocel. Slouží k posouzení volby potrubních materiálů a tvorby technických standardů na základě „celkové ceny vlastnictví“ (TCO = celková ekonomická hodnota a náročnost investice v rozsahu celého životního cyklu stavby) a environmentální stopy (LCA = environmentální vlastnosti potrubních systémů). Hodnocení a výpočet se vztahuje na funkční jednotku jako základ pro porovnání různých potrubních systémů: Doprava vody ve vodotěsné trubce po dobu více než 100 let v dané délkové jednotce „x“ metrů, při daném průtoku a tlaku.

Výpočet a hodnocení

Hodnocení životního cyklu je založeno na standardu ČSN ISO 15686-5: Budovy a jiné stavby - Plánování životnosti, Část 5: Posuzování nákladů životního cyklu a posouzení environmentální stopy jednotlivých potrubních systémů. Výsledky jsou prezentovány v grafech a tabulkách. Informace v softwarové databázi jsou veřejné, uživatel musí pouze zajistit jejich aktualizaci podle daných parametrů.

Hodnocení celkové ceny vlastnictví TCO jako ekonomické hodnoty investice v rozsahu celého životního cyklu stavby se vypočte následovně:

TCO = Investiční náklady + Provozní náklady + Náklady na konci životnosti

kde: Investiční náklady = pořízení potrubního materiálu + jeho pokládka, ...
Provozní náklady = provoz + údržba + čerpání + opravy + úniky + škody ...
Náklady na konec životnosti = odstranění + likvidace + příjmy z využití ...

Nástroj zohledňuje i parametry, jako jsou finanční podmínky úvěrů, dotace, diskontní sazba, vývoj cen vody a energie apod. Hodnocení životního cyklu LCA je zaměřeno na posouzení environmentální stopy a porovnání environmentálních vlastností potrubních systémů z různých materiálů jako tvárná litina, polyetylen, PVC, sklolaminát a ocel.

Environmentální ukazatele vyhodnocené v nástroji jsou:

- globální oteplování = uhlíková stopa (vyjádřená v kg CO_{2eq}),
- odběr vody = množství odebrané vody ze zdrojů (vyjádřeno v m³),
- čerpání abiotických zdrojů = množství spotřebovaných fosilních paliv jako ropa, uhlí, zemní plyn apod. (vyjádřeno v MJ).

Funkční jednotka je stejná jako u TCO, hodnocení "od kolébky k hrobu" je založeno na normách o hodnocení životního cyklu ČSN EN ISO 14040: Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova a ČSN EN ISO 14044: Požadavky a směrnice.

Jak pracuje simulace - vstupní data projektu

V první fázi uživatel softwarového nástroje vyplní na první stránce „Vstupní data“. Nástroj pro simulaci je předvyplněn některými navrženými výchozími daty a údaji. Uživatel použije „Navržená výchozí data“ nebo si sám zadá „Uživatelské data“ na základě konkrétní situace/studie. V tom případě budou tato „Uživatelská data“ použita pro výpočet. Nástroj umožňuje vyplnit data pro 4 různé scénáře srovnání návrhů potrubních materiálů na základě konkrétního případu nebo studie.

Vstupní data mají následující strukturu (příklad: tvárná litina Natural DN 150, tvárná litina Blutop DN/OD 160, polyetylen PE DN/OD 160):

Obecné údaje o projektu:

Obecné údaje o projektu	Jednotka	Navržená výchozí data	Uživatelská data	Použitá data
Země	-	-	Czech Republic	Czech Republic
Měna pro sběr dat	-	EUR	EUR	EUR
DN pro PAM řešení	mm	-	150,00	150,00
Délka sítě	m	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Provozní tlak	bar	-	10,00	10,00
Průtok	l / s	17,67	17,67	17,67
Nutnost čerpání?	-	ano	ne	ne
Denní doba čerpání	hodiny / 24 h	-	0,00	0,00
Výškový gradient	m	-	75,00	75,00
Prostředí uložení potrubí	-	-	Urban	Urban

Definice zvolené posuzované funkční jednotky:

Funkční jednotka
Doprava vody ve vodotěsném potrubí DN 150 délky 1000 metrů, provozní tlak 10 bar, průtok 17,67 l/s v provozu po dobu 100 let.

Obecné finanční informace:

Obecné finanční informace	Jednotka	Navržená výchozí data	Uživatelská data	Použitá data
Provozní a materiálové ceny				
Diskontní sazba	%	0,00	0,50	0,50
Cena elektřiny	EUR / kWh	0,00	0,15	0,15
Cena vody	EUR / m ³	0,00	1,54	1,54
Cena železného šrotu	EUR / kg	0,00	0,12	0,12
Cena ocelového šrotu	EUR / kg	0,00	0,12	0,12
Předpoklad zvyšování ceny				
Zvyšování ceny elektřiny (prognóza)	% / rok	0,00	0,10	0,10
Zvyšování ceny vody (prognóza)	% / rok	0,00	1,50	1,50
Finanční podmínky				
Část projektu financovaná z úvěru	%	-	0,00	0,00
Roční úroková sazba úvěru	% / rok	-		0,00
Doba trvání úvěru	rok	-		0,00
Dotace od státu	%	-		0,00
Dotace (ostatní)	%	-		0,00

Návrh a popis posuzovaných potrubních systémů:

Návrh potrubí		Návrh potrubí 1	Návrh potrubí 2	Návrh potrubí 3	Návrh potrubí 4
	Jednotka	Použitá data	Použitá data	Použitá data	Použitá data
Popsis potrubí					
Standardní reference	-	PAM - NATURAL	PAM - BLUTOP	PE (EN 12201)	
	-	tvárná litina - EN 545	tvárná litina - EN 545	polyetylen PE100	
Druh materiálu	-	NATURAL	BLUTOP	PE	
Výrobní proces	-	odstředivé liti	odstředivé liti	extruze PE	
	-	EN 545 - ISO 2531	EN 545 - ISO 2531	EN 12201-2	
DN	mm	150	160	160	
Vnější průměr trubky (nominální)	mm	170,00	160,00	160	
Tloušťka stěny trubky (nominální)	mm	4,50	3,40	10,60	
Stavební délka jednotky (trubka nebo návin)	m	6,00	6,00	6,00	
Potrubní spoje	-	STANDARD spoj	BLUTOP spoj	svařovaný spoj	
PFA (dovolený provozní tlak)	bar	40	25	10	
Povlak potrubí	-	Zinalium 400 g/m ² – krycí nátěr (EN 545)	Zinalium 400 g/m ² – krycí nátěr (EN 545)	bez dalšího povlaku	
Tloušťka povlaku (nominální)	mm	0,17	0,17	-	
Doplňková ochrana realizovaná na místě stavby (katodická ochrany, PE rukávec, atd.)	-	ne	ne	ne	
Vyložení potrubí	-	vyložení cementovou maltou EN 545	termoplast DUCTAN	bez dalšího povlaku	
Tloušťka vyložení (nominální)	mm	4,00	0,30	0	
Předpokládaná provozní životnost potrubí	rok	100,00	100,00	60,00	
Finální vnější průměr trubky	mm	170,34	160,34	160,00	
Vnitřní průměr (hydraulický průměr)	mm	153,00	152,60	138,80	
Hmotnost	kg / m	22,61	12,46	4,75	
Cena trubky (s dodáním na místo stavby)	EUR / m	38,70	23,40	7,80	
Růst ceny trubního materiálu (prognóza)	% / rok	2,50	2,50	3,00	

Informace o dopravě, investičních nákladech pokládky a uložení, provozu (poruchovost, ztráty vody ...) a ukončení životnosti (podíl recyklace ...):

Doprava - vzdálenost výroby trubek od místa pokládky	Jednotka	Použitá data
Nákladním autem	km	Pro jednotlivý "Návrh potrubí 1 až 4"
Nákladním vlakem	km	
Nákladním říčním člunem	km	
Nákladní námořní loď	km	

Pokládka	Jednotka	Použitá data
Podmínky a typ uložení	-	Pro jednotlivý "Návrh potrubí 1 až 4"
Cena zemních prací (výkopů a zásypů)	EUR / m	
Cena montáže spojů (pokud není započítána v zemních pracích)	EUR / spoj	
Náklady na kontrolu spoje (US kontrola, rentgenová kontrola, atd.)	EUR / spoj	
Náklady na opravu vnitřního vyložení v místě spoje	EUR / spoj	
Náklady na opravu vnějšího povlaku v místě spoje (termosmrštitelný rukávec, apod.)	EUR / spoj	
Náklady na instalaci doplňkové ochrany (katodická ochrany, PE rukávec, atd.)	EUR / m	
Jiné ostatní náklady (speciální inspekce, kontrola, testy apod.)	EUR / m	

Provoz	Jednotka	Použitá data
Poruchovost (zkušenost, předpoklad)	Poruchy / 10 km / rok	Pro jednotlivý "Návrh potrubí 1 až 4"
Průměrné náklady na opravu	EUR / opravu	
Netěsnost a ztráty vody na konci předpokládané provozní životnosti potrubí	m ³ / km / den	
Roční nárůst nákladů na čerpání	% / rok	
Katodická ochrana- průměrná roční spotřeba elektřiny	kWh / rok	
Katodická ochrana - provozní náklady (bez spotřeby elektrické energie)	EUR / rok	

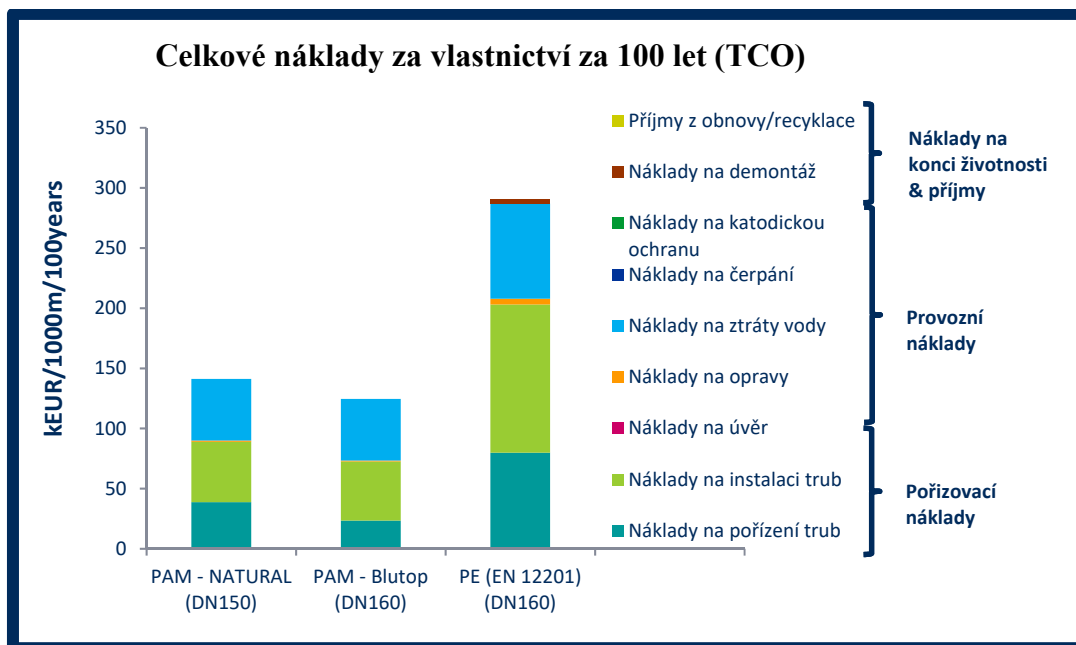
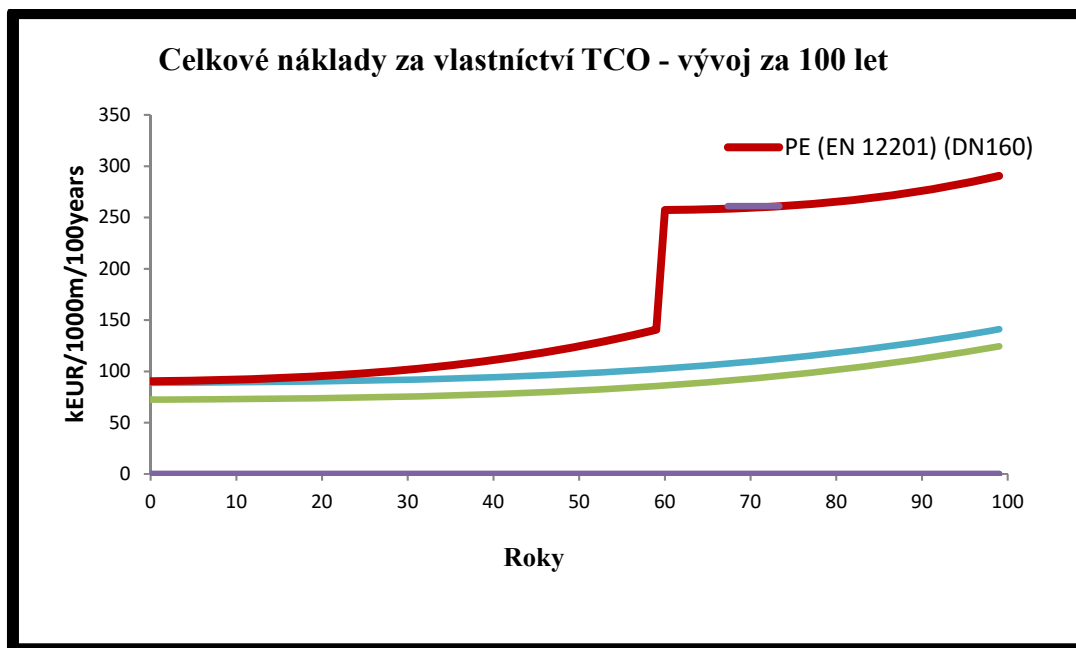
Ukončení životnosti	Jednotka	Použitá data
Procento odstraněného potrubí (z výkopu, půdy)	%	Pro jednotlivý "Návrh potrubí 1 až 4"
Procento recyklovaného potrubí (z odstraněného potrubí)	%	
Náklady na demontáž a odstranění	EUR / m	

Jak pracuje simulace – výsledná data projektu

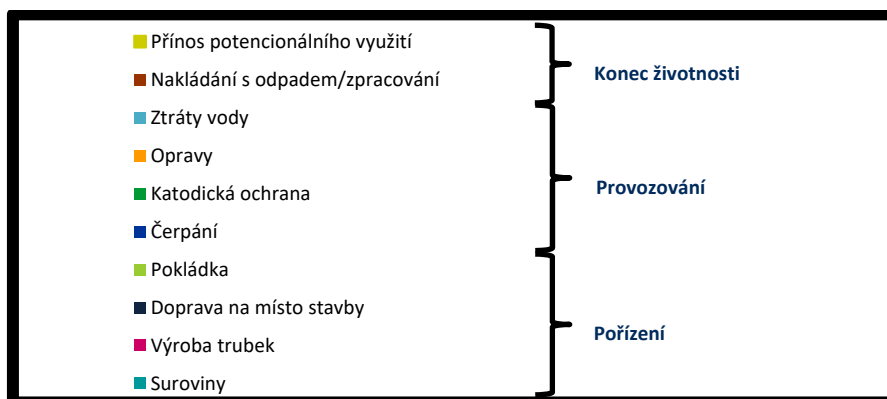
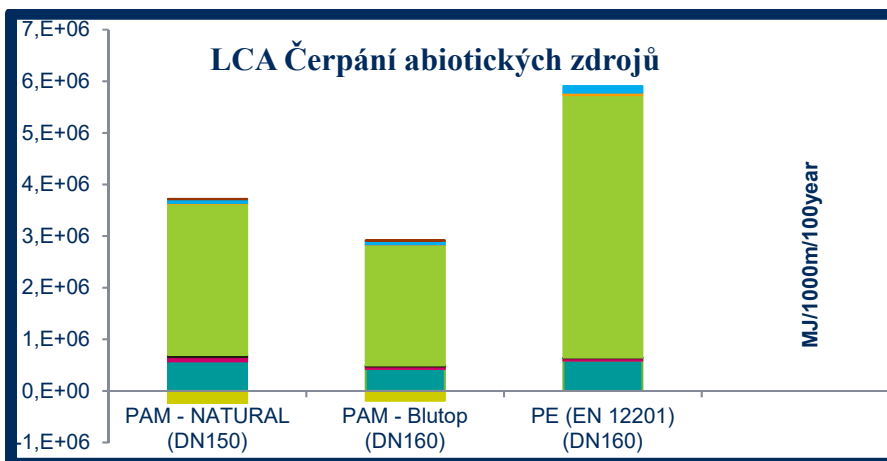
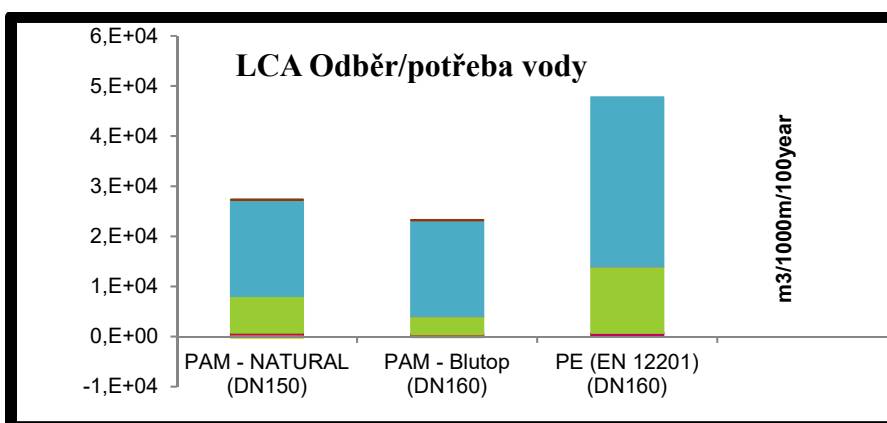
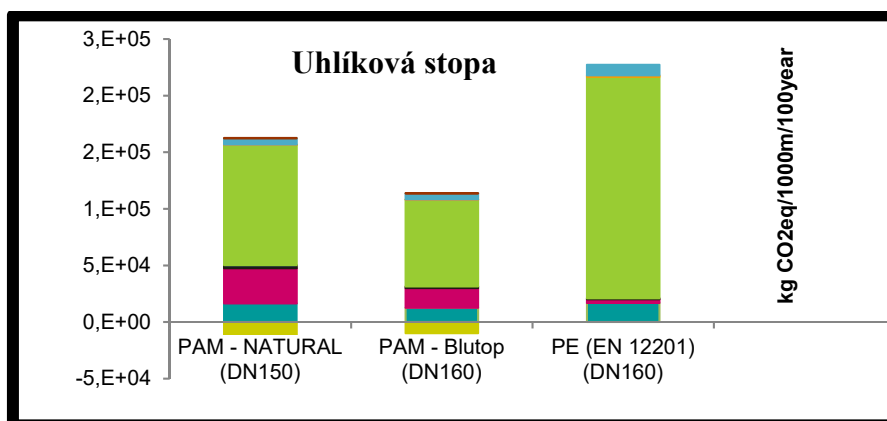
Po dokončení stránky „Vstupní data“ nástroj provede výpočet. Výsledkem jsou tabulky a grafy.

Příklad: polyetylén PE DN/OD 160, tvárná litina NATURAL DN 150, tvárná litina BLUTOP DN/OD 160:

TCO hodnocení celkové ceny vlastnictví jako ekonomické hodnoty nákladů potrubní sítě v rozsahu celého životního cyklu stavby:



LCA posouzení environmentální stopy a porovnání environmentálních vlastností potrubních systémů v rozsahu celého životního cyklu:



Závěr

Celkové náklady a ekologická stopa životního cyklu potrubních systému z tvárné litiny jsou dle praktických případů a simulace příkladových studií nižší než u jiných potrubních systémů (viz příklad plastových potrubí), což je způsobeno zejména:

- vyšší úrovní provozní spolehlivosti potrubí umožňujícího zajistit správnou funkci potrubního systému během celé životnosti s měnícími se provozními podmínkami, například tlak, teplota, průtok, stabilita půdy, atd.,
- delší provozní životností,
- nižší mírou poruchovosti, četností poruch a dalších.

Výpočetní software TCO/LCA je bezplatně k dispozici projektantům, investorům, vlastníkům a provozovatelům s cílem posuzovat technickou, ekonomickou a ekologickou volbu materiálu potrubních sítí, zajistit vhodnou volbu materiálu pro výběrová řízení nebo správnou tvorbu technických standardů simulací celého životního cyklu potrubních sítí.

Informace obsažené v softwarové databázi jsou z veřejně dostupných zdrojů. Vložené parametry a výpočty provedené v tomto nástroji jsou provedeny na základě odborných zdrojů s využitím referenčních hodnot. Výstup výsledků tohoto softwaru je podle uživatelských parametrů zadaných uživatelem.

Praxe i výpočetní software potvrzují, že významný vliv mají parametry spojené s provozem. Jsou to zejména: provozní životnost, čerpání, ztráty, náklady na opravy a údržbu. Tyto hodnoty musí být posuzovány a zadávány pečlivě.

Literatura

QUANTIS, Saint-Gobain PAM: Výpočetní software TCO (Total Cost of Ownership) a LCA (Life Cycle Assessment)

ČSN ISO 15686-5: Budovy a jiné stavby - Plánování životnosti, Část 5: Posuzování nákladů životního cyklu

ČSN EN ISO 14040: Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova

ČSN EN ISO 14044: Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice

Rychlost proudění pracovního media v praxi zpětných armatur ve vodárenství

Ing. Jaroslav Slaviček, *produktový manažer*

VAG s.r.o.

Úvod

Níže uvedený příspěvek vychází z praktických poznatků při řešení vzniklých problémů s funkcí zpětných armatur v potrubních systémech. Tyto problémy obvykle vychází především z nízké rychlosti pracovního media a tím pádem malé hydraulické síly pro otevření uzavíracího segmentu, což je důsledek nesprávně zvoleného typu zpětné armatury nebo jejího nevhodného zabudování do potrubí.

Cílem přednášky není prezentovat teorii fungování zpětných armatur, ale teorii aplikovat jako pomoc pro práci projektantů a provozních pracovníků.

1. Funkce a konstrukce zpětných armatur

Zpětné armatury musí pracovat automaticky. Uzavírací segment je obvyklé volně pohyblivý, tzv. neřízený. Na trhu jsou však i zpětné armatury řízené, jsou to obvykle uzavírací armatury ovládané pohony. Ve vodárenství jsou ve většině případů používány většinou samočinné volně pohyblivé uzavírací armatury. Tyto armatury musí mít následující vlastnosti.

- otevřít při nejnižší možné rychlosti průtoku a při nízkém tlaku
- mít co nejnižší odpor proudění (ztráty tlaku)
- synchronně následovat každou redukci proudění (bez setrvačnosti)
- uzavřít, co nejrychleji při zpětném proudění

Během provozu mají být armatury plně otevřené a mají mít co nejmenší průtokový odpor tzv. místní tlakovou ztrátu.

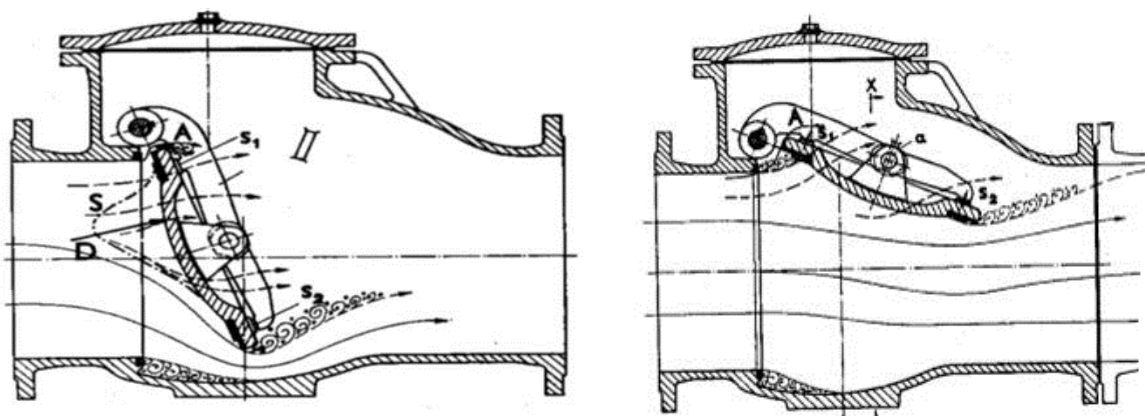
Pokud hovoříme o minimalizaci místní ztráty armatury, je právě je tato dána dvěma atributy, tím prvním je přirozeně vlastní konstrukce použité zpětné armatury. Tím druhým faktorem je rychlost pracovní látky.

2. Rychlost pracovního media v praxi zpětných armatur

Poloha uzavíracího segmentu zpětných armatur vychází z působení sil na uzavírací segment a je tedy závislá na rychlosti pracovní látky.

Jak již bylo zmíněno každá armatura vytváří v potrubí odpor tzv. místní ztrátu. V případě zpětných klapek je vedle vnitřní konstrukce, hlavním důvodem vyšších ztrát v praktických podmínkách nedostatečně otevřený uzavírací segment.

Nedostatečně otevřený uzavírací segment je důsledek nízké hydraulické síly, která je závislá na rychlosti pracovního media. Kruh se tedy uzavírá a z praktického hlediska je pro nás nejdůležitější pracovat při navrhování zpětných armatur především s rychlostí media.



Obr. 1. Schématické zobrazení vlivu polohy disku na hydrauliku proudícího media

Jaké jsou tedy praktické důsledky nízké rychlosti v uzavírací armatuře:

- vyšší místní ztráta v potrubí
- snížená životnost uzavíracího segmentu vlivem kmitání a kavitace
- obtěžující hluk



Obr. 2. Poškozené čepy kmitáním disku



Obr. 3 Poškozený závěs disku vlivem kmitání

Výrobci definují v technické dokumentaci, jaká musí být dosažena minimální rychlost, aby zpětná armatura pracovala v optimálním režimu s minimální místní ztrátou. Důležitý je i údaj o max. rychlosti. Hodnota maximální rychlosti je dána normou ČSN EN 1074 Armatury pro zásobování vodou a je odvislá podle pracovního přetlaku PN. Současně výrobci měřením definují ztrátový součinitel ξ dané zpětné armatury. Z tohoto vzorce si můžeme vypočítat místní ztrátu při dané rychlosti

PFA bar	max. rychlost m/s
6	2,5
10	3
16	4
25	5

Obr. 5 Maximální dovolené rychlosti zpětných klapkek

$$\xi = \frac{\Delta h * 2g}{v^2}$$

Obr. 6 Výpočet ztrátového součinitele

Srovnáme si nasazení dvou typů uzavíracích armatur z produkce ,VAG s.r.o. v Hodoníně RETO-STOP Zpětné klapky a KRV Zpětného ventilu s koulí DN 200, při stejné instalaci za čerpadlo v horizontální poloze s následujícími daty:

	RETO- STOP	KRV
Průměr potrubí DN	DN 200	DN 200
Jmenovitý tlak PN	PN 16	PN 16
Dodávané množství Q s/l	77	77
Rychlost proudění m/s	2,45	2,45
Doporučená rychlost m/s	1,5 - 4	3 - 4
Ztrátový součinitel ξ	0,8	2,8
Místní ztráta Δh m	0,49	1,71

Z výše uvedené tabulky vidíme, že nesprávnou volbou typu zpětné armatury si vytváříme v místě zabudování vyšší místní ztrátu.

Dalším z problémů zabudování zpětných armatur je volba jmenovité světlosti potrubí za čerpadlem, na kterém je uzavírací armatura zabudována. Opět to můžeme demonstrovat na příkladu použití RETO-STOP Zpětné klapky a její zabudování na potrubí DN 200 DN 300.

Vypočítat: ☐ Průřez ☐ Průtok ☒ Rychlost			
☒ Kruhový průřez	☐ Obdélníkový průřez	☐ Průtočná plocha	
d = 0,2 m	a = 0 m	b = 0 m	S = 0,0314 m ²
Průtok potrubím Q = 77 l/s			
Rychlost proudění v = 2,45 m/s			
Hustota média ρ = 990 kg/m ³ (zadáva se pouze při přepočtu na hmotnostní průtok)			

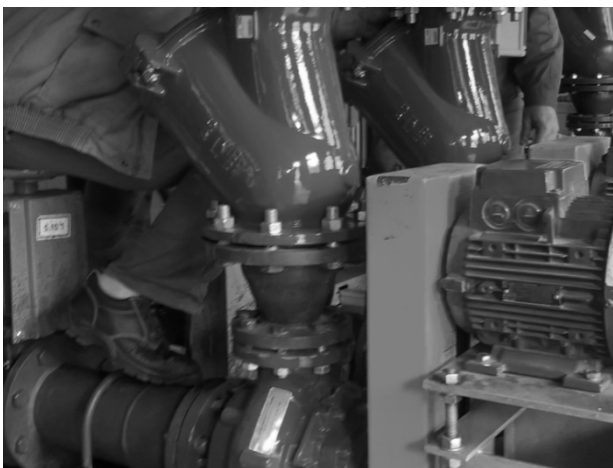
Vypočítat: ☐ Průřez ☐ Průtok ☒ Rychlost			
☒ Kruhový průřez	☐ Obdélníkový průřez	☐ Průtočná plocha	
d = 0,30 m	a = 0 m	b = 0 m	S = 0,0707 m ²
Průtok potrubím Q = 77 l/s			
Rychlost proudění v = 1,09 m/s			
Hustota média ρ = 990 kg/m ³ (zadáva se pouze při přepočtu na hmotnostní průtok)			

Obr. 7, 8 Výpočet rychlosti pro světlost DN 200 a DN 300

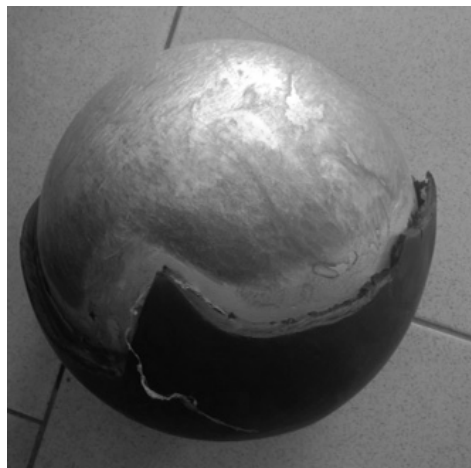
U světlosti DN 300 s dostáváme již pod doporučenou minimální rychlost 1,5 m/s, to bude vést k tomu, že uzavírací disk nebude při této rychlosti plně otevřený. Pokud toto srovnání provedeme u KRV Zpětného ventilu s koulí, kde doporučená min. rychlost je 3m/s, bude velmi pravděpodobné, že koule bude opět oscilovat v průtoku.

Na obr. 9 vidíme, že projektant zvolil při jiném projektu, řešení kdy FFR-kus použil jako potrubní díl napojený přímo na ventil. Byla však snížena rychlost proudění média na průměru DN 150 na 0,68 m/s. Což vedlo k poškození koule. V tomto případě byl problém vyřešen použitím koule s nižší hmotností. Důvodem pro taková řešení je obvykle nedostatek místa v potrubí. Pokud by bylo použito optimální řešení se vzdáleností od čerpadla a montáže na průměr potrubí DN 100 by bylo možné dosáhnout rychlosti 1,58 m/s. I tato rychlost není pro ventil s koulí optimální

Výběr průměru potrubí, na kterém je instalována zpětná armatura za čerpadlem je tedy velmi důležitý.



Obr. 9 KRV Ventil s koulí na FFR 100/ 150



Obr. 10 Poškozená koule



Obr. 11 Kompromisní řešení zabudování zpětné klapky na rozšířeném potrubí

3. Závěr

Na vytváření hydraulické síly má vliv i poloha zabudování zpětné armatury v potrubním systému. Jedná se o to, že na uzavírací element při jeho otevírání musí působit laminární ustálené proudění. Turbulentní proudění za čerpadlem nebo tvarovkami snižuje hydraulickou sílu potřebnou pro otevření segmentu.

Rychlost proudění media má však zásadní vliv na funkci zpětných klapek. Z výkonu čerpadla Q (l/s) a průměru potrubí DN lze tuto rychlost jednoduše vypočítat.

Solidní výrobci dokládají ke zpětným armaturám grafy ztrátových součinitelů a doporučené pracovní rychlosti pro horizontální tak i vertikální polohu zabudování.

To umožňuje vybrat nejvhodnější typ uzavírací armatury. Je zajímavé, že v mnoha případech jsou k čerpadlům vysoké pořizovací hodnoty, montovány zpětné armatury podle ceny, ale ne podle své užitnosti. Tato praxe je poměrně častá, kdy cena čerpadla se následně kompenzuje co nejnižší cenou ochrany. Z výše uvedených řádků vyplývá, že vybrat vhodnou zpětnou armaturu není až složité.

Trvalý ochranný účinek vnitřních a vnějších povrchů potrubí z tvárné litiny, opatřených cementovými maltami

Ing. Petr Krejčí¹⁾; Stephan Hobohm²⁾; Florian Hausler²⁾

1) Duktus litinové systémy s.r.o.

2) Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH

Úvod

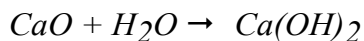
Použití cementové malty jako vnitřní antikorozi ochrany ve vodovodních litinových systémech je známo již téměř 150 let a vedle fyzikálních, mechanických a hygienických hledisek se osvědčil rovněž v oblasti chemické ochrany proti korozi. Od konce šedesátých let minulého století jsou litinové trouby již ve výrobě standardně opatřovány výstelkou z cementové malty. I přes tuto dlouhodobou zkušenost se v praxi stále objevují otázky týkající se cementových výsterek, zejména k možnostem a mezním limitům jejich použití a jejich technické životnosti. Právě na tyto otázky by tento článek měl přinést odpověď. Na příkladu z praxe chceme představit výhody aktivních ochranných systémů.

Výstelka z cementové malty

Před zavedením průmyslově zhotovovaných výsterek z cementové malty (VCM) byly kovové trouby zevnitř opatřovány hrubým nebo jen tenkým krycím povlakem z dehtu nebo bitumenu. Při nepříznivé kvalitě vody docházelo k inkrustacím (obr. 1), k redukci vnitřního průměru trub a tím ke ztrátě hydraulického výkonu. V ojedinělých případech mohla nastat i koroze, kterou můžeme spatřit v podobě rezavé vody při poruchách starých trubních rozvodů.

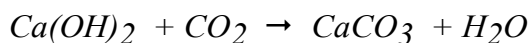
Aby se zamezilo těmto jevům, jsou litinové trouby přibližně 50 let již při výrobě opatřovány výstelkou z cementové malty. U výstelky tohoto typu hovoříme o aktivní antikorozi ochraně. Účinky ochrany spočívají v podstatě ve dvou mechanismech:

- 1) Výstelka z cementové malty (VCM) zabraňuje přímému kontaktu vody s vnitřní stěnou litinové trouby, jedná se o pasivní ochranu. Póry cementové malty však difunduje menší část vody k vnitřnímu povrchu litinové trouby a způsobuje tak druhý ochranný mechanismus.
- 2) Voda (H₂O) difunduje přes ještě nezkarbonatovanou cementovou maltu, reaguje s volným vápnem (CaO) v cementovém slínku a vytváří se hydroxid vápenatý (Ca(OH)₂).



Hydroxid vápenatý je silně zásaditý, v hraniční vrstvě mezi VCM a litinou zvyšuje pH hodnotu až na pH > 12 a tak železo pasivuje. Touto aktivní antikorozi ochranou je působení koroze zcela vyloučeno.

V průběhu času se hydroxid vápenatý přeměňuje vlivem oxidu uhličitého, který je obsažen ve vodě, na uhličitán vápenatý (CaCO_3).



Tím podstatně klesá pH hodnota povrchu cementové výstelky. Na styčné ploše s pitnou vodou je tento efekt přímo žádoucí, neboť pH hodnota pitné vody nesmí být nijak ovlivněna (viz. vyhláška č. 252/2004 Sb. Stanovené mezní hodnoty pH pro pitnou vodu 6,5 – 9,5).



Obrázek 1 Trouba z šedé litiny z roku 1930 s inkrustacemi

Se zřetelem k právě popsanému systému aktivní ochrany by však měla zůstat hodnota pH na styčné ploše mezi VCM a litinou pokud možno co nejdéle větší než 12. Zda a jak dlouho tento efekt působí je předmětem zjištění v následujícím odstavci.

Výstelky z cementové malty pro trouby tvárné litiny se zhotovují podle DIN 2880. Rozlišujeme tři různé způsoby nanášení, prakticky se však používá jen postup I (rotačně odstředivý způsob nanášení) a postup II (odstředivý způsob nanášení), popřípadě kombinace vycházející z obou postupů. Z hlediska očekávaného účinku ochrany jsou oba postupy podle DIN 2880 rovnocenné. Postup II vytváří homogenní strukturu vrstvy, zatímco výstelky zhotovené postupem I se vyznačují vyšší hustotou a nižší porézností. Němečtí výrobci používají pro výstelky trub na pitnou vodu obvykle vysokopecní cement. Podle DIN 2880 popřípadě podle EN 545, lze za jistých podmínek použít i portlandský cement nebo hlinitanový cement. Hlinitanový cement se používá především v oblastech s vodami, které mají vyšší rozpouštěcí potenciál vápníku.

V trubních vedeních pitné vody je povolen obsah rozpouštěcího potenciálu vápníku jen 5 mg/l (ve výjimečných případech 10 mg/l), cementové výstelky na bázi vysokopecního cementu (HOZ) nebo portlandského (TOZ) cementu obecně vyhovují. Se zvýšeným rozpouštěcím potenciálem vápníku se dá více počítat u surových vod.

Od hodnoty cca 15 mg/l by se měl namísto vysokopecního cementu použít cement hlinitanový. Pro všechny tři druhy však platí shodné mechanismy aktivní antikorozi ochrany.

Možné oblasti použití různých cementů jsou uvedeny v tabulce E.1 normy EN 545 a také v odstavci 7 a tabulce 5 normy DIN 2880. Tabulka 1 znázorňuje rozdílné parametry vody z hlediska použití portlandského cementu, hlinitanového cementu a cementu odolného vůči síranům.

Tabulka 1 Parametry dopravované vody dané normou EN 545

Tabulka E.1 – Oblast použití pro vyložení cementovou maltou

Charakteristiky vody	Portlandský cement	Síranovzdorné cementy (včetně vysokopecních cementů)	Cement s vysokým obsahem oxidu hlinitého
Minimální hodnota pH	6	5,5	4
Maximální obsah (mg/l):			
– agresivní CO ₂	7	15	bez omezení
– sírany (SO ₄ ⁻)	400	3 000	bez omezení
– hořčík (Mg ⁺⁺)	100	500	bez omezení
– čpavek (NH ₄ ⁺)	30	30	bez omezení

Ochranný účinek výstelky z cementové malty v praxi

Dosud popsané zkušenosti by se měly potvrdit na odřezku litinové trouby s výstelkou z cementové malty vyrobené v roce 1979. Trouba za sebou měla v okamžiku vyjmutí 35 let provozu v trubním rozvodu pitné vody o jmenovité světlosti DN 125.

Dopravované médium tvořila pitná voda s rovnovážnou hodnotou vápníku a oxidu uhličitého. Rozpouštěcí potenciál vápníku byl tedy roven nule. Obrus nebo opotřebení výstelky z cementové malty bylo velmi nepravděpodobné. Ústrojnost (puferace) vody s hodnotou $m\ 1,35\ \text{mol/m}^3$ byla klasifikována jako nízká až střední. Obsah volného oxidu uhličitého byl kolem 0,5 mg/l a pH hodnota 8,3.

Výstelka z cementové malty byla zhotovena z vysokopecního cementu postupem I. Odřezek trouby s VCM byl zkoumán ve dvou krocích:

1) Optické posouzení:

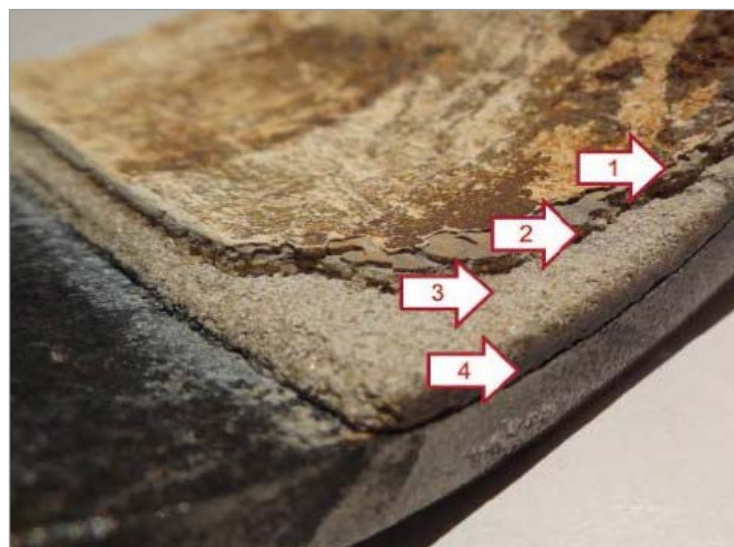
Tloušťka vrstvy cementové výstelky činila 5 až 5,5 mm. Úbytek materiálu v této vrstvě nebyl zjištěn. Usazeniny se prakticky nevyskytovaly, nebo byly jen v zanedbatelných lokálních místech. Po naříznutí odřezku trouby a částečném mechanickém odstranění VCM bylo možné zhodnotit opticky také styčnou plochu mezi litinou a výstelkou. Podrobnou kontrolou povrchu litiny nebyly zjištěny žádné stopy koroze (obr. 2). Přesným posouzením obnaženého vnitřního povrchu se ukázalo, že přídržnost malty ke stěně litinové trouby je vyšší, než vnitřní koheze malty samotné. Nedařilo se bez porušení oddělit vrstvu malty od stěny trouby. Naopak vrstva malty, která je nejbližší styčné ploše s litinou, zůstává na vnitřní ploše trouby pevně přimknuta. Typickým znakem cementových výstelek litinových trub z tvárné litiny je to, že během provozu se přídržnost výstelky k podkladu zvyšuje. Toto chování nebylo u žádného jiného druhu výstelky doposud zjištěno. Výše popsaná zjištění také tento závěr v plném rozsahu potvrdila.



Obrázek 2 Odřezek litinové trouby s částečně odstraněnou výstelkou z cementové malty

2) Laboratorní posouzení:

Dalším krokem posouzení byl jednotlivý odběr čtyř vrstev výstelky z cementové malty (obr. 3) tak, aby bylo možné stanovit stupeň jejich karbonatace a tím stanovit jejich stávající schopnost aktivní antikorozní ochrany.



Obrázek 3 Vrstvy výstelky z cementové malty

Je zřejmé, že stupeň karbonatace směrem ke stěně litinové trouby stále klesá. Vrstva 1 (jemná kalová vrstva) je díky obsahu CO_2 ve vodě plně zkarbonatována. Karbonatací došlo u vrstvy 1 k lehkému nárůstu objemu a tím k rozsáhlému uzavření pórů. Z toho pramení téměř plné odclonění níže položených zbývajících tří vrstev od vody proudící v potrubí a tedy i od CO_2 , který voda obsahuje (pasivní ochrana). Tím se vysvětluje pokles stupně karbonatace. Zatímco vrstva 2 vykazuje ještě mírnou karbonataci, vrstvy 3 a 4 se nacházejí na úrovni nových z výroby odcházejících cementových výstelek. Zde přítomný, stále ještě vysoký obsah volného vápna (CaO) může reakcí s navázanou vodou

v cementové výstelce vytvářet nadále hydroxid vápenatý (Ca(OH)_2) a držet hodnotu pH nad 12. Současně nemůže Ca(OH)_2 ze spodních vrstev přes těsnou uzavřenou vrstvu I proniknout do vody v potrubí a ovlivnit její **hodnotu pH**.

Shrnutí poznatků

Rychlost karbonatace v cementové výstelce směrem od povrchu smáčeného vodou k vnitřnímu povrchu litinové trouby závisí na různých faktorech:

Obsah vlhkosti

Maximální rychlost karbonatace nastává při 50 – 70% vlhkosti betonu. Proto suché betony v interiéru nebo betony umístěné v prostorách chráněných před povětrnostními vlivy karbonatují pomaleji, než betony, které jsou vystaveny přímému působení povětrnostních vlivů. To stejné však platí i pro výstelky z cementové malty, které jsou plně omočené nebo vodou zcela nasycené.

Poréznost betonu

Kvůli většímu povrchu karbonatují porézní betony rychleji než hutné betony. Díky výrobnímu postupu při výrobě VCM (rotačně odstředivý postup podle DIN 2880) a tím velmi vysokému zhutnění směsi je výstelka v litinových troubách téměř bez pórů a karbonatuje proto velmi pomalu.

Vodní součinitel

Nižším vodním součinitelem (poměr vody a cementu) je dána i nižší rychlost karbonatace. Vodní součinitel výstelky z cementové malty při použití vysokopecního cementu je jen kolem 0,35 až 0,40.

Stáří betonu

Rychlost karbonatace se snižuje s přibývajícím stářím betonu, ubývá jí s odmocninou času. To znamená, že s přibývajícím stářím betonu rychlost karbonatace klesá.

V závislosti na těchto čtyřech faktorech se může karbonatace při dosažení určité hloubky zcela zastavit. To také bylo testováním vzorku trouby z roku 1979 v podstatě potvrzeno. Na základě předcházejících poznatků je nutné počítat s tím, že se hloubka karbonatace v průběhu další životnosti nebude již podstatně měnit. Aktivní antikorozi ochrana zůstává prakticky trvale zachována. Souhrnně lze konstatovat, že ochranné účinky cementové výstelky trub z tvárné litiny zůstávají během celé provozní doby potrubních rozvodů aktivní. Aktivní antikorozi ochranné systémy jakým je i VCM, nabízejí v praxi výhody zejména v případech, jakými mohou být řezy na potrubí v případě krácení a vývrty při provádění domovních přípojek, ale také menší trhliny nebo oprýskaná místa. Aktivní ochranné mechanismy oproti pasivním systémům (jako jsou např. termoplastické výstelky) trvale zabezpečují vynikající antikorozi ochranu. Je tak zamezeno podpovrchové korozi, tvorbě rzi a výslednému odlupování a odpadávání ochranného systému. Litinové trouby a výstelky z cementové malty tvoří ideální, těžko překonatelný systém, co se týče účinné a trvalé antikorozi ochrany. Analogicky lze tyto poznatky aplikovat i na vnější ochranu litinových trub s obalem z cementové malty **OCM**. Povrch trubky pod obalem z cementové malty je zde navíc ještě chráněn vrstvou žárového zinkování, což je další účinná ochranná antikorozi vrstva.

Elektrické trubky – využití vodivých vrstev u opláštěného PE potrubí pro rozvody pitné vody

Ing. Daniel Šnajdr

egeplast international GmbH, daniel.snajdr@egeplast.de

Úvod

Vlastnosti různých materiálů jsou zásadně odlišné a dostupné materiály byly vždy navzájem kombinovány. Moderní technologie výroby a pohled mimo standardní aplikace představily řadu inteligentních nápadů pro kombinaci různých materiálů také v oblasti potrubního inženýrství. Význam opláštění PE trubek z materiálu PE 100 RC pro bezvýkopové technologie a pro budoucí bezpečné provozování potrubí již známe. Nejnovější inovace využívají například vodivé vrstvy pod opláštěním pro další užitečné vlastnosti a funkce potrubí. Různé varianty vodivých vrstev mohou mít různé funkce. Například ověření, že nedošlo během instalace bezvýkopovou technologií k mechanickému poškození nebo online monitoring potrubí, napojený na řídicí jednotku a hlásící alarm při jakémkoliv poškození potrubí.

Kombinace materiálů jsou nyní systematicky využívány v mnoha aplikacích. Výhody různých materiálů mohou být tedy přiměřeně spojeny. V dnešní době se většina automobilů a letadel skládá více z materiálů plastových než kovových, což vedlo k významným úsporám jak hmotnosti, tak paliva.

Použití moderních výrobních postupů umožňuje výrobu PE trubek ve vrstvách. Zvýšení požadavků investorů jako motor pro inovace a pro nová řešení, umožnilo vytvořit řadu "inteligentních" konstrukcí potrubí. Světlé vnitřní vrstvy u kanalizačních potrubí pro lepší viditelnost při kamerové prohlídce nebo vnitřní vrstvy s vysokou chemickou odolností proti agresivním médiím, která jsou prostřednictvím nich přepravovány. Plastové trubky s kovovými vrstvami kombinují výhody plastových materiálů – jako je nízká hmotnost, vysoká chemická odolnost, jednoduchá svařitelnost a udržitelnost ve výrobě a instalaci – s pozitivními vlastnostmi kovů jako je nízká permeace a dobrá elektrická vodivost. Potrubí dokonce začalo být vybaveno snímači pro monitoring těsnosti a případných poruch.

Alternativní způsoby ukládání nabízejí velký potenciál úspor. Polyetylenové trubky jsou velmi pružné a díky svařování jsou spoje jistě velmi pevně axiální silou, a proto jsou ideální pro bezvýkopové aplikace. Materiály odolné proti bodovému zatížení RC (odolnost proti trhlinám) a "chytré" vícevrstvé konstrukce potrubí usnadňují jejich použití bez zvýšení rizika pro obsluhu.

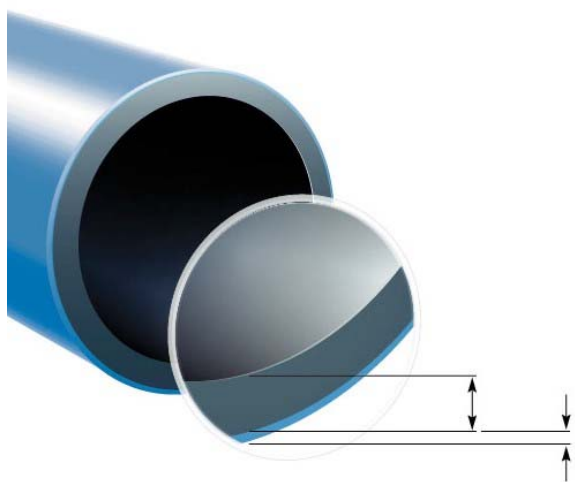
Homogenní vrstvy u PE potrubí

Homogenní vrstvy rozdělují potrubí v rámci původní síly stěny tzv. koextruzí. Polyethylen je běžně stabilizován proti UV záření sazemi, což způsobuje jeho černou barvu. Například u kanalizací musí být potrubí systematicky prohlíženo kamerami pro účely kontroly, a tak se černé trubky kombinují se světle zbarvenou vnitřní vrstvou (obr. 1). V opačném případě jsou černé trubky obvykle opatřeny modrou nebo oranžovou vnější vrstvou (obr. 2), která určuje médium, které je transportováno.

Obr. 1 Kanalizační potrubí se světlou vnitřní vrstvou



Obr. 2 Potrubí pro pitnou vodu s modrou signalizační vrstvou



Ochrana před opotřebením u bezvýkopových technologií

V dnešních době se potrubí stále méně pokládají do otevřeného výkopu a jsou instalovány do země různými bezvýkopovými technologiemi. Tím máme na potrubí daleko větší požadavky. Zejména musí být chráněno před poškrábáním a poškozením během procesu přípravy a instalace. Nejběžnější je instalovat trubky s mechanickou ochranou proti vnějšímu opotřebení (obr. 3). Bezpečné potrubní systémy nepřipouští poškrábání ani do hloubky 10% (hloubka poškození = 0% tloušťky stěny), protože jakékoliv poškrábání a rýhy mohou znemožnit správné provedení svařovaných spojů.

Obr. 3 Potrubí s ochrannou vrstvou s vnějším opláštěním



Obr. 4 PE potrubí během instalace



Nejnovější generace opláštěných trubek je opatřena ochrannou vrstvou z vysoce odolného polyethylenu odolného vůči abrazi. Jednoduchá potrubní konstrukce zjednodušuje manipulaci s potrubím. Největší výhodou je však možnost přímého svařování potrubí na tupo bez odstraňování opláštění a při dodržení parametrů stanovených v pokynech pro svařování [1].

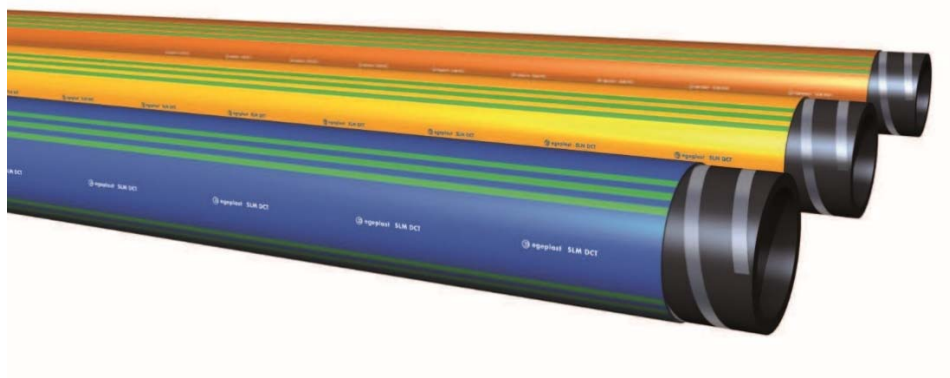
Plastové trubky s kovovými vrstvami

Elektrické vlastnosti kovové vrstvy zabudované do plastové trubky umožňují lokalizovat trasu plastového potrubí v zemi nebo dokonce sledovat jeho provoz. To zvyšuje bezpečnost zejména při přepravě citlivých médií.

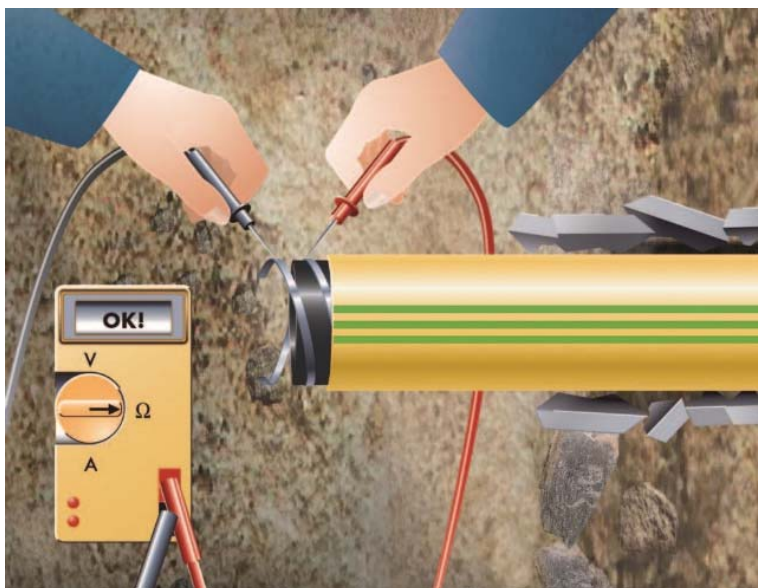
Monitorování instalace prostřednictvím kontroly integrity

Vestavěná kovová vrstva usnadňuje jak lokalizaci uloženého potrubí, tak stanovení hloubky běžnými měřicími zařízeními. Instalace nové trubky do neznámého výkopu s sebou nese riziko poškození nové trubky. Pro kontrolu integrity vnitřního tlakového potrubí (hloubka poškození = 0% tloušťky stěny) během procesu instalace a po něm je postačující jednoduchá kontrola integrity - nepoškození (obr. 6) za předpokladu, že se mezi ochranný plášť a potrubí spirálově navinou elektricky vodivé kovové pásky. Tato trubka je velmi vhodná pro Berstlining starého potrubí, ať už se jedná o litinu, ocel, nebo jiný materiál. Stavební firma prokáže formou protokolu, že během instalace nedošlo k poškození nové instalované trubky.

Obr. 5 Potrubní systém s integrovanými vodivými pásky



Obr. 6 Test nepoškození potrubí po instalaci



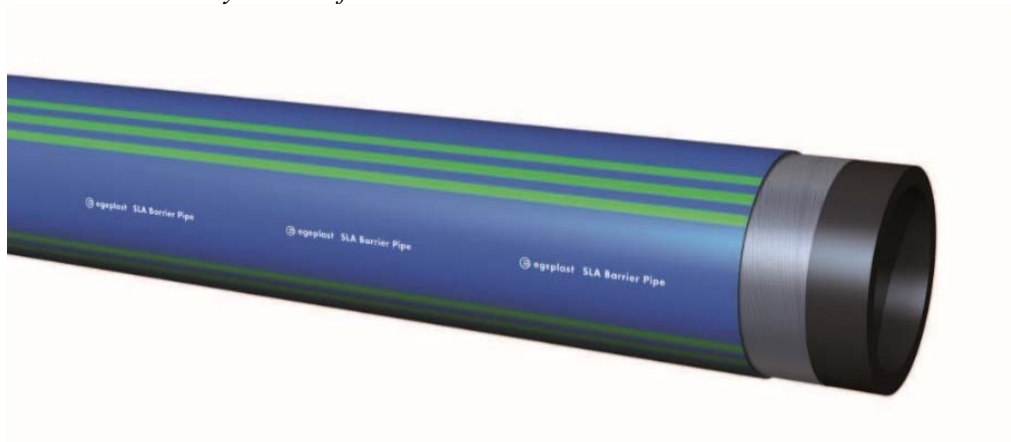
Odolnost proti difúzi a elektrický monitoring

V podstatě všechny plastové trubky (PE, PA, PVC apod.) vykazují větší difúzi pro plyn než kovové materiály, i když v praxi je to zanedbatelná hodnota. Instalace kovové vrstvy do stěny potrubí umožňuje různé efekty. Často se používá hliníková nebo pozinkovaná ocel.

Velká pevnost v tahu kovové vrstvy ve srovnání s plastem může být použita ke snížení tloušťky stěny a pružnosti plastových trubek. Plastové trubky se vždy vrátí k původnímu tvaru, díky paměťovému efektu, kterému lze zabránit kovovou vrstvou. Takové plasto-kovové trubky se často používají v domácích instalacích.

Hliník má mnohem nižší rychlost difúze než plasty a oba materiály lze kombinovat s výsledkem pružné a svařitelné trubky odolné proti difúzi. Zvláště důležitá je difúze zvenčí do média. Následující obrázek znázorňuje systém potrubí pro dodávku pitné vody v kontaminované půdě.

Obr. 7 Potrubní systém s difuzní bariérou



Obr. 8 Instalace potrubí s bariérou technologií frézování

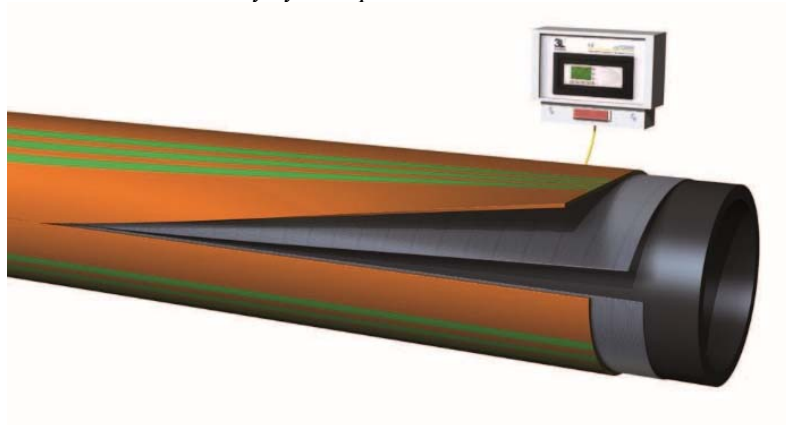


Vnitřní tlakové potrubí z polyethylenu je obklopeno více vrstvami taveného hliníku jako ochrana proti difuzi. Samotná hliníková vrstva je pak obalena ochranným opláštěním odolným proti opotřebení pro bezvýkopové instalace. Příklady použití takových trubek zahrnují aplikace v chemickém průmyslu, intenzivním zemědělství nebo v bývalých vojenských prostorech. Potrubí s bariérou může být také použito pro bezpečný souběh vodovodu a kanalizace ve větší blízkosti, než udává prostorová norma.

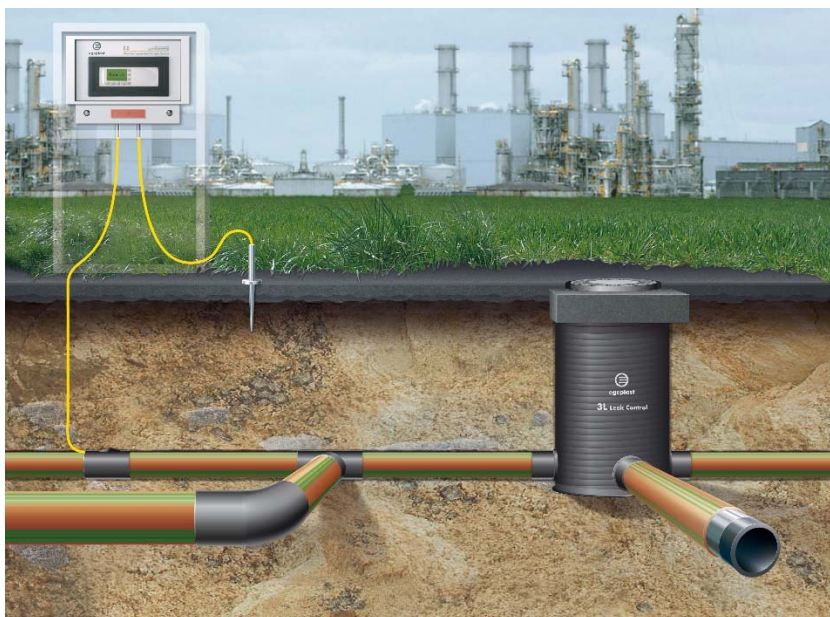
Vícevrstvá trubka pro průběžné sledování netěsností

Potrubí potažené elektricky vodivou hliníkovou vrstvou integrovanou mezi polyetylenovou tlakovou trubku a ochranné opláštění lze také nepřetržitě monitorovat z hlediska netěsností (obr. 9). Hliníková vrstva obdrží elektrický impuls a následně se měří odpor v zemině. Pokud je plastová trubka poškozena, ukáže změna elektrického odporu netěsnosti a následným měřením lokalizuje poruchu s přesností na půl metru. Takové bezpečné potrubí se používá například pro přepravu toxických látek, které jsou nebezpečné pro životní prostředí, ale také pro odvádění odpadních vod z ochranných pásem vodních zdrojů. Tato technologie monitorování nahrazuje řešení dvou trubní kanalizaci a sledování úniků v revizních šachtách.

Obr. 9 Monitorovaný systém potrubí



Obr. 10 Měření odporu



Hliníková vrstva integrovaná do monitorovaného potrubí je připojena adaptérem k monitorovací jednotce. Po instalaci je možné dočasně, v intervalech nebo trvale aplikovat napětí na hliníkovou vrstvu. V případě poškození potrubí se hliníková vrstva spojí elektrickým kontaktem s okolní půdou. Tím se spustí impuls v monitorovacích přístrojích. Upozornění na poškození se může objevit prostřednictvím akustických nebo optických signálů nebo může být odesláno přímo na smartphone.

Shrnutí

Moderní stav vývoje technologií umožňuje přesnou kombinaci různých materiálů v konstrukci potrubí. Pozitivní vlastnosti různých materiálů mohou být účelně využity a přizpůsobeny tak, aby vyhovovaly aplikaci. Přemýšlení mimo standardní způsoby pokládky potrubí vedlo k vzniku dobrých nápadů ve vývoji konstrukce potrubí.

Konstrukce plastových potrubí se začínají používat i pro vysokotlaké systémy a citlivá média v potrubí lze průběžně sledovat, aby nedošlo k nežádoucím únikům. Moderní dokumentace a informační technologie se také stávají všudypřítomnými ve výstavbě potrubí ve věku digitalizace. V budoucnu bude určitě více žádostí o "inteligentní" potrubí, nejen v souvislosti s projekty „smart city“.

Použitá literatura

- [1] Späth, Thorsten, Konert Jörg: Opláštěné potrubní systémy pro bezvýkopové technologie, energetické praxe 10/2014
- [2] Veenker, M.: Plastové trubky v oblasti s vysokým tlakem, 3R international (40) Heft 4/2001
- [3] Wessing, W.; Börgel, R.: Nové plastové potrubní systémy pro aplikace s vysokým tlakem 9/2005
- [4] Späth, Thorsten, Stranz Michael: Vysokotlaké potrubí vyrobené pouze z polyetylénu – plastové trubky nové generace, 3R international (47) Heft 12/2008
- [5] Technické zkoušky DVGW GW 335-A5: Plastové potrubní systémy pro distribuci plynu a vody; Požadavky a zkoušky; Část A5: PE – Vícevrstvé trubky s výztuží (PE tlakové) a přidružené tvarovky a spojky

Přechod vodovodu města Vsetín na zásobování pitnou vodou bez použití chemické dezinfekce

Ing. Jan Ručka, Ph.D.¹⁾; Ing. Michal Korabík, MBA²⁾; Ing. Markéta Rajnochová¹⁾; Ing. Tomáš Sucháček¹⁾

- 1) Ústav vodního hospodářství obcí, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně,
jan.rucka@vut.cz, rajnochova.m@fce.vutbr.cz, suchacek.t@fce.vutbr.cz
2) Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s., michal.korabik@vakvs.cz
-

Abstrakt

Príspevek popisuje prípravné procesy a činnosti, ktoré směřují k postupnému přechodu na zásobování centra města Vsetín pitnou vodou bez použití dezinfekčních činidel na bázi chloru. Přípravná fáze na tento způsob provozování probíhá již rok. Celý proces přechodu proběhne podle předem připraveného schématu a časového harmonogramu. Součástí procesu přechodu je také prvotní posouzení, zda je vodovodní systém pro tento způsob provozování vhodný včetně ověření technického stavu vodárenských objektů. Bude také proveden řízený proplach vodovodní sítě a následný zvýšený monitoring vybraných ukazatelů jakosti vody ve vytípaných místech.

Úvod

První myšlenka na odstavení chlorace pitné vody, která je distribuována veřejným vodovodem ve Vsetíně, se zrodila již v roce 2015. Částečně vlivem podnětů přicházejících z odborných konferencí v ČR i ve světě [2], a také v rámci zvyšování kvality služeb a jakosti pitné vody. Cílem této aktivity je docílit vysoké stability jakosti vody v síti a současně také eliminovat vznik občasných zákalových událostí, které jsou ve vodovodních sítích běžné. Naši snahou je minimalizovat změny v ukazatelích jakosti pitné vody mezi místem, kde voda vstupuje do sítě, a místy, kde je odebrána u spotřebitelů. Pozornost je věnována zejména ukazatelům organoleptickým, které jsou během dopravy vody potrubím ovlivněny významně. Před realizací tohoto kroku, resp. procesu, jehož start je naplánován na přelom dubna a května 2018, však bylo nezbytné provést jistou přípravu, již podrobněji popisuje následující text.

Jakost dopravované vody a problémy způsobené její stagnací v potrubí

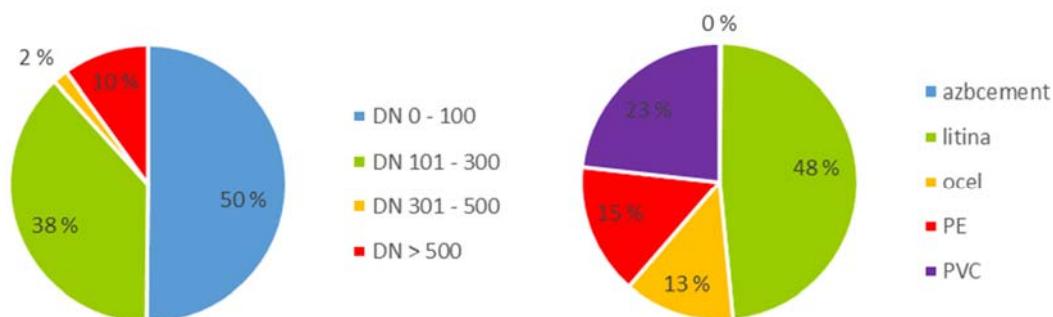
Obecně známými problémy ve všech vodovodních sítích jsou, kromě občasných výskytů zákalových událostí, také snižování jakosti vody v koncových částech potrubí, kde dochází vlivem dlouhé doby zdržení k výraznému zhoršování senzorických ukazatelů. Tento jev bohužel není omezen výhradně na koncové části potrubí, ale vyskytuje se i u okružových sítí. Jedná se o specifické situace, kdy je voda do části sítě (např. do jedné ulice) přiváděna ze dvou směrů rovným dílem. V simulačním modelu pak lze pozorovat, že po délce takto zásobeného vodovodního úseku někdy vznikne místo, kde voda proudí jen velice pomalu a směr proudění se během dne mění. Z hlediska jakosti vody jsou tyto části potrubí problematické, proto je jim věnována pozornost a problematika byla zapracována do celého postupu prací. VaK Vsetín se stal případovou studií výzkumného projektu TAČR Zéta č. TJ01000296 s názvem „Řízení jakosti pitné vody ve vodovodních sítích“, který je řešen od ledna 2018 do prosince 2019 a je zaměřen na optimalizaci

proplachování částí potrubí ohrožených stagnací. Cílem projektu je stanovit vhodný ukazatel jakosti vody pro optimalizaci proplachu, stanovit správný postup a frekvenci proplachu tak, aby se dosáhlo optimální kombinace jakosti vody v potrubí a nákladů na jeho realizaci. Veškeré výzkumné práce budou úzce koordinovány s postupným přechodem na bezchlorový provoz a s řízenými proplachy sítě.

Vodovod města Vsetína

Vodovod města Vsetína zásobuje pitnou vodou přibližně 26 tisíc obyvatel. Celková délka vodovodní sítě je 100,3 km. Vyskytují se zde potrubí od DN50 do DN600. Tvárná a šedá litina tvoří společně 48 % délky, ocel 13 % a plasty společně 28 %. Průměrná spotřeba vody ve městě je $39 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ (2016). Systém je zásobován z vodní nádrže Karolinka s úpravnou vody a částečně také z prameniště Ohrada, které je v údolní nivě řeky Bečvy ve městě Vsetín. Zde je voda jímána systémem jímacích studní a následně je čerpána do VDJ Bečevná, který napájí TP180. V centrální sběrné studni prameniště je voda desinfikována chlornanem sodným na výslednou koncentraci 0,12 až 0,15 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ volného chloru. Z této studny se voda čerpá a před vstupem do příváděcího řádu směrem do VDJ Bečevná je umístěn UV zářič. Naším záměrem je tuto chloraci v prameništi Ohrada během roku 2018 odstavit a vodu zde dezinfikovat pouze UV zářením.

Z prameniště Ohrada je zásobováno centrum města Vsetín – TP180. Jedná se o největší tlakové pásmo tohoto vodovodu o délce 34,55 km, které je napájeno gravitačně pouze z VDJ Bečevná. Průměrná spotřeba vody v pásmu je $19 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ (2016). Z hydraulického hlediska se jedná o izolovanou a relativně jednoduchou vodovodní síť.



Obr. 1 Struktura vodovodní sítě města Vsetín – zastoupení dimenzí (vlevo) a materiálů potrubí

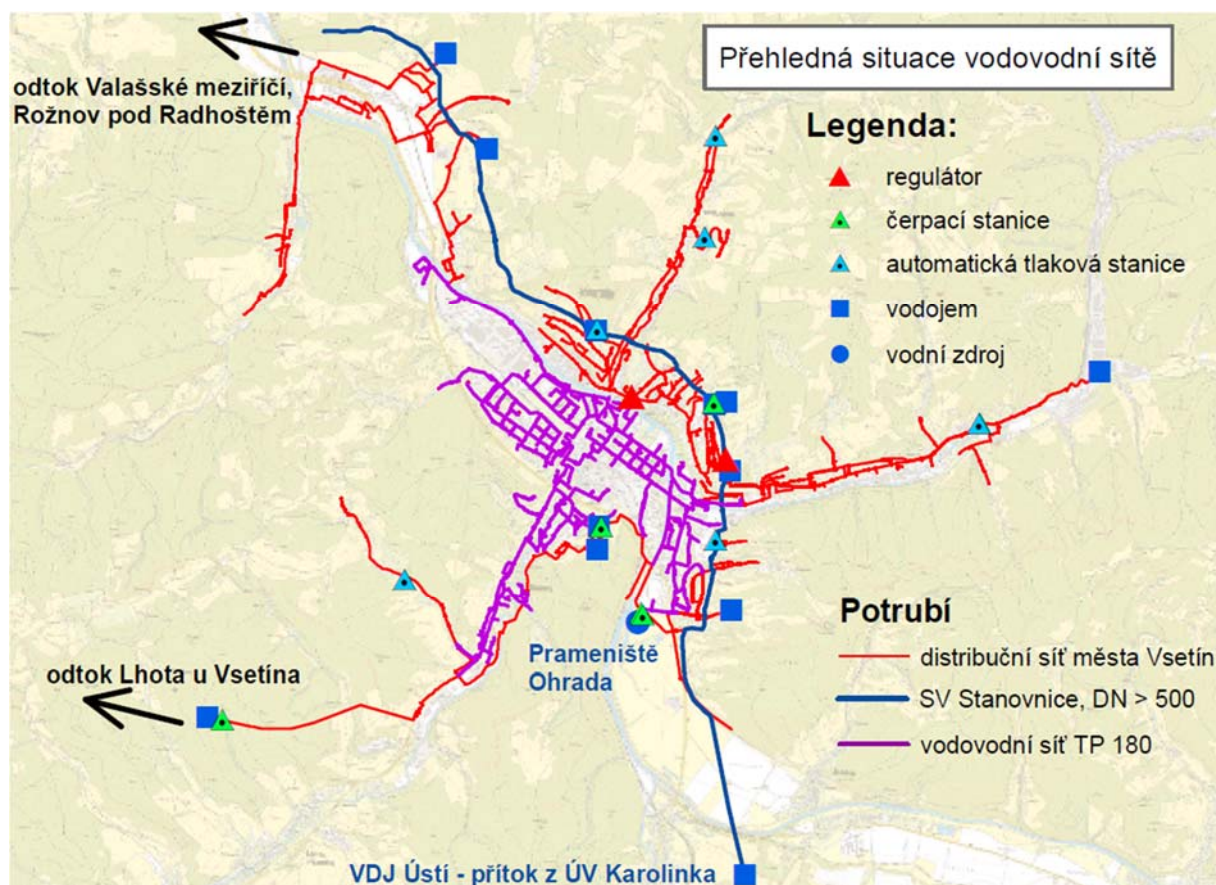
Technická příprava na ukončení chlorace v prameništi Ohrada

Před odstavením chlorace v prameništi Ohrada bylo nezbytné provést prvotní posouzení vhodnosti vodovodu na tento způsob provozování, které spočívá v posouzení technického stavu objektů a potrubí a analýze rizik v systému. Předmětem posouzení byl VDJ Bečevná, který nedávno prošel celkovou rekonstrukcí a je tedy ve velmi dobrém technickém stavu (stavební konstrukce, izolace, armatury, vnitřní povrchy nádrží, ventilace a filtrace vzduchu). Také bylo provedeno posouzení technického stavu potrubí TP180. Byly použity technické ukazatele: průměrné stáří jednotlivých materiálů, poruchovost potrubí a její vývoj v čase, tlaky ve spotřebišti a ztráty vody [6]. Také vodovodní síť byla shledána jako vhodná pro přechod na bezchlorový provoz. Pro

zajímavost uvádíme, že v celém TP180 byly naměřeny minimální noční průtoky pouze $0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, což je mimořádně nízká hodnota a indikuje relativně dobrý stav potrubí. Poruchovost celé vodovodní sítě města Vsetín byla $0,20 \text{ poruchy} \cdot \text{km}^{-1}$ (2015) a procento vody nefakturované v celé síti bylo 9,9 % a ILI v TP180 bylo 0,8 (2016).

Potenciální slabinou TP180 jsou vysoké provozní tlaky, které se ve velké části pásma pohybují v rozmezí 0,6 až 0,7 MPa. Vysoký provozní tlak je příčinou vyšší poruchovosti potrubí a může se projevit až po delší době. Při poruše vodovodu s únikem vody, resp. při její opravě velmi výrazně roste pravděpodobnost kontaminace pitné vody v potrubí půdním materiálem z okolí potrubí. S ohledem na tento fakt je tedy v horizontu příštích let zvažováno vytvoření třech menších redukovaných pásem a zároveň měřících okrsků (DMA) tak, aby se docílilo snížení tlaků na optimální hodnotu 0,35 až 0,45 MPa s ohledem na výšku zástavby.

Dalším krokem přípravy bylo vytvoření kalibrovaného hydraulického simulačního modelu celé vodovodní sítě města Vsetín. Model byl mimo jiné použit pro analýzu stárí vody v síti, analýzu rozpadu volného chloru ve vodě a pro sestavení plánu řízeného proplachu TP180, viz Obr. 2.



Obr. 2 Vodovodní síť města Vsetín – simulační model vodovodu

Přítomnost jemných sedimentů v potrubí způsobuje rychlejší pokles volného chloru [3], zhoršování organoleptických vlastností vody a při resuspendaci také zákalové události [4, 5]. Téměř s jistotou lze předpokládat, že v řádu týdnů po odstavení chlorace budou mikroorganismy, které jsou v sedimentu obsaženy, způsobovat zhoršování jakosti vody v potrubí. Proto byl v rámci přechodu vodovodu na bezchlorový provoz naplánován nejprve řízený proplach vodovodního potrubí celého tlakového pásma TP180, aby se množství sedimentu v potrubí minimalizovalo. Po provedení proplachu bude po dobu dvou měsíců monitorována jakost vody ve vytipovaných místech a následně, pokud nenastanou nežádoucí okolnosti, bude postupně odstavena chlorace vody v prameništi Ohrada.

Obecné zásady pro přechod na zásobování pitnou vodou bez použití dezinfekčních činidel na bázi chloru

Obecně platí, že před vyřazením aplikace dezinfekčního činidla je potřeba zvážit, zda se jedná o vodovodní systém s provozem primární dezinfekce (např. ozon, UV záření, sloučeniny chloru) a zároveň se sekundárním zabezpečením, které vytváří dezinfekční residuum ve vodovodní síti (např. sloučeniny chloru), nebo zda se jedná o systém pouze s provozem sekundárního zabezpečení bez primární dezinfekce. Naprostá absence dezinfekce i sekundárního zabezpečení je možná pouze v těch případech, kde se jedná o dobře chráněný podzemní zdroj, kdy surová voda splňuje mikrobiologické požadavky pro pitnou vodu. Zároveň je nezbytné, aby byla vodovodní síť v dobrém technickém stavu, a aby byla minimální pravděpodobnost následného růstu bakterií v potrubí a objektech [1].

Pokud se jedná o vodní zdroj, kde je pravděpodobné, že surová voda by jen krátkodobě, nesplnila mikrobiologické požadavky pro pitnou vodu, je zapotřebí aplikovat primární dezinfekci. Pokud je navazující vodovodní síť v dobrém technickém stavu a riziko růstu bakterií je minimální, je možné sekundární zabezpečení vynechat [1, 2].

V případě prameniště Ohrada se jedná o kvalitní zdroj podzemní vody, kde je primární dezinfekce prováděna UV zářením. Stávající dávkování chlornanu sodného do sběrné studny před čerpadly se provádí pouze pro zajištění dezinfekčního residua ve vodovodní síti. Tato chlorace má být odstavena z provozu, UV zářič bude ponechán.

Postup odstavení chemické dezinfekce

Odstavení chemické dezinfekce se provádí v následujících krocích:

1) Vyhodnocení dat – provede se vyhodnocení rozborů vody za poslední dva až tři roky zpětně. V případech, kde se jedná o vodovodní systém s úplnou absencí primární dezinfekce, je zapotřebí posoudit také geologické a hydrogeologické podmínky v okolí vodního zdroje s ohledem na jeho ovlivnění povrchovou vodou.

2) Předběžný průzkum – před změnou ve způsobu dezinfekce se doporučuje alespoň po dobu dvou měsíců provádět podrobný monitoring jakosti vody ve vodovodní síti. Cílem je zhodnocení současné situace jakosti vody. Nejdříve musí být vhodně zvolena místa pro odběr vzorků. Prvním odběrným místem by měl být zdroj vody, dále místo, kde je voda upravená (pokud je v systému úprava vody), a to před a po dezinfekci. Další výběr míst by měl být volen s ohledem na různou dobu zdržení vody v síti. Z chemických ukazatelů by měly být sledovány mimo jiné: amonné ionty, fosforečnany, metan, TOC, volný

a celkový chlor. Z mikrobiologických ukazatelů by měly být sledovány: E. Coli, koliformní bakterie, počty kolonií a některé další ukazatele. Za předpokladu, že předběžný průzkum nevykáže žádné mikrobiální abnormality, je možné přistoupit ke změně ve způsobu dezinfekce. Následuje třetí, poslední fáze procesu.

3) Zvýšený monitoring a dozorový program – během tohoto období dochází ke snižování množství dezinfekčního činidla, které se provádí v několika krocích o 0,10 až 0,15 mg·l⁻¹. Postupným snižováním má být docíleno plynulého přetváření biofilmů na vnitřních površích potrubí a objektů s minimálním narušením jakosti vody. Dle zkušeností by nemělo docházet k žádným významným změnám v jakosti vody, lze očekávat pouze přetváření biofilmu [1, 2].

Pokud by výsledky z předběžného průzkumného programu ukázaly, že dezinfekci nelze vyřadit, je potřeba stanovit, zda chemická dezinfekce může být nahrazena primární UV dezinfekcí. Při této změně před snížením koncentrace chloru musí být primární dezinfekce UV zářením již v provozu [1, 2].

Zvýšený monitoring a dozorový program při snižování dávkování dezinfekčního činidla má trvat nejméně dva měsíce. Pokud budou v této době překročeny limity v počtu kolonií, neměla by se znovu zvyšovat koncentrace chloru, ale měla by se prodloužit doba čekání na stabilizaci biofilmu. Po úplném ukončení dezinfekce se dále provádí dozorový program po dobu nejméně dvou měsíců. Pokud se na síti nevyskytnou žádné mikrobiologické abnormality, lze předpokládat, že je možný trvalý provoz bez dezinfekce vody. Rozsah parametrů pro dozorový program je identický s předběžným průzkumným programem [1, 2].

Závěr

Součástí plánu bylo původně také provedení rozsáhlého sociologického průzkumu ve spotřebišti a vyhodnocení ekonomických dopadů těchto změn. Naší snahou bylo získat podrobnější data také o tom, do jaké míry vnímají odběratelé změny jakosti pitné vody, protože dle našeho názoru se jedná o změnu významnou. Tyto činnosti bohužel budou muset být provedeny v podstatně štihlejší podobě, než jsme původně předpokládali. Nicméně díky tomu, že se v rámci této akce podařilo elegantně spojit reálnou potřebu provozovatele vodovodu, získání dotace na aplikovaný výzkum a zpracování dvou disertačních prací na Ústavu vodního hospodářství Fakulty stavební VUT v Brně, budeme schopni celý proces přechodu kvalitně dokumentovat a získaná data následně vyhodnotit a interpretovat. Předpokládáme, že po odstavení chlorace vody ve Vsetíně a stabilizaci její jakosti ve vodovodní síti na toto téma vznikne nejedna odborná publikace.

Poděkování

Článek byl zpracován v rámci řešení projektu Technologické agentury ČR s názvem „Řízení jakosti pitné vody ve vodovodních sítích“, registrační číslo TJ01000296, a projektu „Vybrané problémy systémů veřejného zásobování pitnou vodou“, registrační číslo FAST-S-18-5526, který je financován z programu Specifického vysokoškolského výzkumu Vysokého učení technického v Brně.

Použité literární zdroje

- [1] KORTH A., WRICKLE B. Entwicklung und Überprüfung einer Strategie zur Ablösung der chemischen Desinfektion bei Sicherung mikrobiologisch stabiler Verhältnisse im Leitungsnetz. Abschlussbericht zum DVGW-Forschungsvorhaben W 18/00, 2004
- [2] KOŽÍŠEK, F., KORTH, A., JELIGOVÁ, H., ŠAŠEK, J., PUMANN, P., NITSCHKE, R. Distribuce pitné vody bez zbytkové dezinfekce: zdůvodnění, strategie a případová studie. Časopis Sovak [online]. 2014, (12/2014), 5 [cit. 2016-08-29]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/bez_dezinfekce/Kozisek_SOVAK2014.pdf
- [3] Rajnochová, M. Zásobování pitnou vodou bez použití desinfekčního činidla. Brno, 2017. 104 s., 3 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí.
- [4] RUČKA, J.; KOVÁŘ, J. Řízené proplachy vodovodních sítí. In Provoz vodovodů a kanalizací 2014. SOVAK ČR - Sdružení oborů vodovodů a kanalizací ČR. Líbeznice, ČR: Medim, spol. s r.o., 2014. s. 105-109. ISBN: 978-80-87140-36- 9.
- [5] RUČKA, J.; KOVÁŘ, J. Prevention of discoloration events in water distribution systems. In PROCEEDIA ENGINEERING, volume 70. Procedia Engineering. Exeter, UK: University of Exeter, 2014. s. 1441-1449. ISSN: 1877-7058.
- [6] TUHOVČÁK, L.; KUČERA, T. Hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury jako základ tvorby plánů financování její obnovy. Vodovod.info, 2017, č. 9, s. 1-10. ISSN: 1804-7157.

Problematika správy vodních zdrojů na africkém venkově

Jan Faltus

Člověk v tísni, o.p.s.

Stručný nástin tématu příspěvku

Afrika se obecně potýká s dostupností k nezávadné pitné vodě, což má negativní důsledky na zdraví i ekonomiku místní populace. Situace je ještě markantnější na venkově, kam v poslední době míří nemalé investice do vodní infrastruktury. Kapacity spravovat nově vybudované vodovodní sítě jsou však nedostatečné, řada zdrojů přestává po krátké době fungovat a vložené prostředky tak přicházejí vniveč. Problém se snaží řešit jak domácí, tak i mezinárodní aktéři, mezi nimi i Člověk v tísni.

Úvod

OSN má v rámci boje s chudobou vytyčené milníky, pomocí kterých chce dosahovat měřitelných výsledků. Jedním z milníků byly Rozvojové cíle tisíciletí (*Millenium Development Goals – MDGs*) realizované mezi lety 2000 – 2015. Některé z celkových osmi cílů se podařilo naplnit, u jiných výsledky nebyly zcela uspokojivé a je nutné pokračovat.

Na roky 2015 – 2030 byly stanoveny tzv. Cíle udržitelného rozvoje (*Sustainable Development Goals – SDGs*). Cíl číslo 6 se týká vody, kanalizace a hygieny a má za úkol zajistit dostupnost vody, sanitačních zařízení a udržitelné hospodaření s nimi. Tento cíl má mimo jiné vyřešit problém, že téměř 800 milionů lidí stále nemá přístup k vodě nebo že každý den umírá v průměru pět tisíc dětí v důsledku onemocnění ze závadné vody, nedostatečné hygieny nebo sanitace. V tomto příspěvku se podíváme na konkrétní příklad řešení problému dostupnosti pitné vody v Etiopii, kde nezisková společnost Člověk v tísni, o.p.s. působí od roku 2003.

Popis problému

Index lidského rozvoje (HDI) Rozvojového programu OSN (UNDP) zařadil Etiopii na 174. místo ze 188 sledovaných zemí a stávající hrubý národní důchod na obyvatele (pro rok 2014 1428 USD/ob. stanovený metodou parity kupní síly) činí z Etiopie jednu z nejchudších zemí světa. Země má zhruba 100 milionů obyvatel a tamní vláda investuje v rámci programu dlouhodobého rozvoje (*Universal Access Plan – UAP*) do vodovodní infrastruktury zhruba 250 milionů USD ročně. Značná část investic směřuje i do venkovských oblastí, které jsou obecně nejméně rozvinuté. Například celková gramotnost na etiopském venkově nedosahuje 50 %, ekonomika je zcela závislá na zemědělství a samoobživě a vodovodní infrastruktura je do značné míry decentralizovaná. Hlavním zdrojem pitné vody ve venkovských oblastech jsou povrchové nechráněné zdroje typu kaluží a rybníčků, které jímají dešťovou vodu, dále potoky a řeky. Jejich nestabilita je daná závislostí na příchodu období dešťů a vysoká míra zákalu a znečištění dostupnost pitné vody ještě více snižuje. Je to ale výše zmíněná decentralizace a absence strategického plánování, co je největším úskalím účinné správy vodních zdrojů. Dále neexistuje pasportizace vodních zdrojů, aktualizace a analýzy sbíraných dat.

Drtivá většina vodních zdrojů je v majetku státu a jejich správa spadá pod oblastní a regionální vodovodní úřady podřízené Ministerstvu vodního hospodářství. Etiopie má na 800 oblastních celků, tzv. wored, které jsou nejnižší administrativní jednotkou v zemi. Na území woredy se nachází desítky obcí (bez místní samosprávy, vedené tradičními vůdci) a stovky vodních zdrojů. Jedná se o kopané či vrtané studny, veřejná odběrná místa napojená na distribuční síť či chráněná prameniště s gravitačním rozvodným systémem. Na území státu se nachází přes 170 000 takových zdrojů. Pokrytí oblastí chráněnými vodními zdroji však značně kolísá v závislosti na dostupnosti podzemní vody. Obecně 30 – 40 % vybudovaných vodních zdrojů není v provozu z důvodu blíže nespecifikované poruchy a obyvatelé jsou závislí na nechráněných povrchových zdrojích.

Jedním z příkladů je woreda (obdoba okresu) Alaba, v regionu jižních národů (SNNPR), nacházející se nedaleko hranic s Jižním Súdánem a Keňou. Na rozloze cca 1 000 km² žije v 75 obcích cca 200 000 lidí. Oblast je čistě zemědělská a farmy jsou nerovnoměrně rozesety po krajině, aniž by byly zřejmé hranice či jakákoli centra obcí. V současnosti má přístup k pitné vodě 45 % obyvatel. Hladina podzemní vody se pohybuje v rozmezí od 90 m do 360 m pod povrchem a typicky u většiny vrtů je čerpána z hloubky přes 200 m. V okrese je celkem 45 vrtů s vydatností od 2 do 5 l/s. Z vrtů je voda čerpána do vyvýšených nádrží a gravitací rozváděna do distribučních míst, veřejných odběrných stojanů. Distribuční potrubí má většinou délku ne více než 3-5 km a rozvádí vodu do maximálně 10 stojanů. Není však výjimkou, že vrt zásobuje pouze jeden stojan umístěný přímo u zdroje. Jedno odběrné místo pokrývá průměrně 26,25 km² a teoreticky na ně připadá 4 581 odběratelů.

Všechny zdroje v okrese spravuje okresní vodohospodářský úřad s kapacitou asi 10 techniků. Denní provoz vrtů obhospodařují tzv. vodní komise sestávající se z vybraných obyvatel obcí, na jejichž území se vrt nachází. Ty ovšem mají neoficiální status. Úkolem komise je zajišťovat běžný provoz zdroje a vybírat za vyčerpanou vodu peníze, za které se nakupuje nafta do generátoru pohánějícího čerpadlo. Z těchto peněz je také placena základní údržba, jako je například výměna rozbitých kohoutků, filtrů, oleje atd. V případě větší poruchy komise nahlásí problém a provedení opravy pak závisí na kapacitách okresního nebo regionálního vodovodního úřadu.

Hlavním problémem účinné správy vodních zdrojů je absence strategického plánování a účinného nakládání s daty. Dále to jsou následující témata, která představují hlavní výzvy v efektivním využití zdrojů:

1. Nedostatek prostředků k rychlé a efektivní správě vrtů – a to jak na oblastní tak i regionální úrovni. Regionální vodohospodářský úřad, zodpovědný za vodní zdroje v celém regionu, disponuje pouze omezenou technikou, například má jenom tři jeřáby schopné instalovat čerpadla do hlubinných vrtů. Rovněž chybí na tržních principech fungující distribuční systém náhradních dílů k opravám, a tak v centrálním městě oblasti Alaba nelze sehnat náhradní díly, např. kvůli převinutí motoru čerpadla je nutné cestovat do hlavního města Addis Ababy, což dále prodlužuje dobu opravy vrtů. Přenos informací a komunikační kanály stále nejsou efektivní a závisí na ad hoc kontaktech mezi vodní komisí a oblastním vodohospodářským úřadem. K předávání reportů dochází při cestách místních obyvatel z vesnic do města na trh.

2. Nedostatečná kvalifikace techniků – Vrty jsou často velice vytížené a neprofesionálně, nárazově, provozované – dochází k přetěžování jak čerpacích, tak i pohonných jednotek (generátorů). Čerpadla jsou zapínána nepravidelně a v případě, že jsou poháněna elektřinou ze sítě, tak čelí častým nárazům přepětí, či naopak slabému příkonu. Vrty jsou proto většinou provozovány v noci, kdy je příkon silnější a stabilnější. Dochází rovněž k opěťovaným výpadkům elektřiny. Technický personál zajišťující dodávku elektřiny je nedostatečně kvalifikovaný a disponuje omezeným sortimentem nářadí a náhradních dílů.

3. Nejasný status vodních komisí - Vodní komise provozující vrty jsou mnohdy složeny z negramotných farmářů a potýkají se jak s častou výměnou členů, tak i s nedostatečnou vzdělaností a technickou, finanční a administrativní znalostí. Je proto naprosto nezbytné se doškolení komisí kontinuálně věnovat. Nejasný legislativní status činí problém ještě složitějším, jelikož komise nemají podporu v zákoně, a tudíž ani šanci na podporu ze strany státu.

4. Obsah fluoru ve vodě - Vzhledem ke své poloze na dně Velké příkopové propadliny jsou v Alabě geologicky specifické podmínky. To se odráží i ve vysokém obsahu fluoru v pitné vodě, který ohrožuje v Etiopii celkem asi 8,5 milionu obyvatel regionů Afar, Amhara, Oromia a SNNPR. V oblastech, kde je absence alternativních chráněných vodních zdrojů, jsou lidé závislí na podzemní vodě a vzrůstá riziko fluorózy - onemocnění způsobené nadměrným příjmem fluoridových solí. Způsobuje zbarvení zubů a je vyvolána příliš velkým příívodem fluoru v době mineralizace skloviny. Mezi projevy fluorózy kostí se řadí remodelace kostí, známky osteosklerózy a vystupňování novotvarů a resorpce kostí.

V Alabě zaznamenáváme kombinaci využívání povrchových a podzemních vodních zdrojů. V období dešťů je relativní dostatek dešťové vody shromažďované v rybníčcích či jiných jímácích nádržích. Ovšem v tomto případě vzrůstá nebezpečí bakteriologického znečištění, které může mít ve svém důsledku horší následky na zdraví než voda z vrtů, jež má sice vysoký obsah fluoru, avšak je bakteriologicky nezávadná. Obsah fluoridů se pohybuje mezi 2,6 a 7,00 mg/l. Vláda Etiopie stanovila mezní přípustnou hranici obsahu fluoridů na 3,5 mg/l, přičemž úroveň doporučená Světovou zdravotnickou organizací WHO je 1,5 mg/l.

Na území Alaby stojí několik defluorizačních stanic upravujících vodu metodou Nalgonda za použití síranu hlinitého a oxidu vápenatého - mletého vápence (metoda funguje na bázi flokulace – vločkování a tedy usazování pevných částic vázaného fluoru na dně nádrže a jejich následné odsávání). Nicméně nutnost úpravy podzemní vody nadále zvyšuje nároky na místní vodovodní úřad. Každá stanice navíc upravuje vodu pouze z jednoho vrtu, ze kterého ji odebírá maximálně 5 – 6 000 lidí.

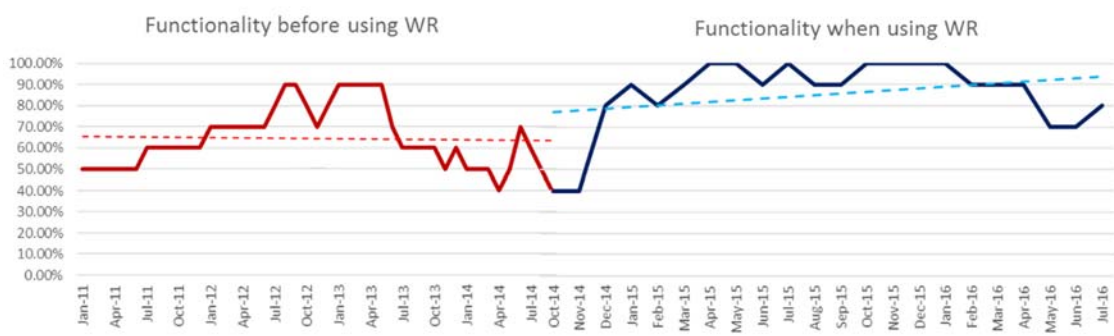
Řešení

Vláda si výše zmíněné nedostatky uvědomuje a snaží se je řešit v rámci programu dlouhodobého rozvoje UAP. Součástí programu je oddíl nesa název „One WASH program“, jenž má za úkol komplexní řešení problémů týkajících se potřeb jednotlivců, komunit, škol a zdravotnických zařízení v oblasti vody, hygieny a sanitace. Limity pro zásobování vodou stanovené etiopskou vládou v rámci programu One WASH činí pro venkovské obyvatelstvo min. 15 l/os/den a pro městské obyvatelstvo min. 20 l/os/den. Tyto limity se však vzhledem k výše zmíněným problémům nedaří naplňovat.

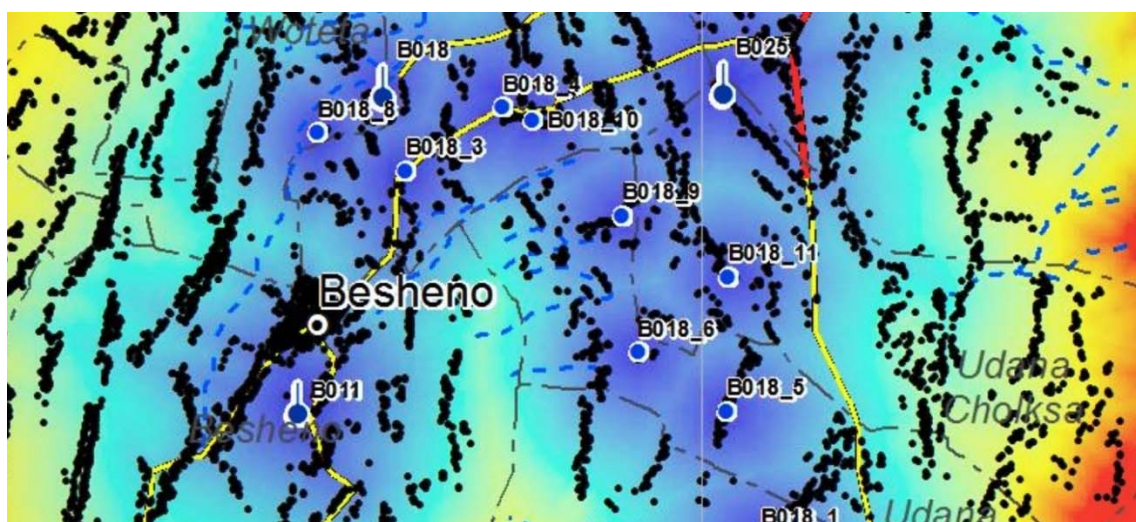
Významným dokumentem ve správě vodních zdrojů v rámci Regionu jižních národů, národností a lidu Etiopie (dále jen SNNPR) je jeho vyhláška n°102/2012 z května 2012, která formalizuje komunitní vlastnictví a správu vodních systémů pomocí ustanovení asociací uživatelů vody na úrovni vodních systémů a federací vodních asociací na úrovni obce.

Budování nových zdrojů jímajících kvalitní podzemní vodu znamená pro obyvatele cílové oblasti nezpochybnitelný pokrok. Je však zřejmé, že s růstem životního standardu se budou zvyšovat i nároky na spotřebu vody a její kvalitu, a tím také nároky na zvýšení počtu zdrojů i zvýšení množství vod jímáných z těchto zdrojů. Pro udržitelné využívání zásob podzemních vod je však nezbytná evidence těchto zdrojů a jejich odběrů, optimalizovaná v kontextu znalostí hydrogeologických struktur a na ně vázaných bilančních zásob. Za tímto účelem je v posledních letech vynakládáno značné úsilí na zvýšení úrovně poznání o hydrogeologických a hydrochemických poměrech území se zaměřením na exploataci zdrojů podzemních vod a rovněž na inventarizaci zdrojů vody obyvatelstva, mj. pro možnost posouzení naplnění limitů programu One WASH a sledování vývoje jejich plnění.

Provedení pasportizace a inventarizace existujících vodních zdrojů jako základního vstupu pro vytvoření systému evidence vodních zdrojů na úrovni okresu umožní nejen rychlou orientaci při vyhodnocování aktuálního stavu a potřeb řešení krizových situací, ale především přispěje k řízenému a udržitelnému využívání dynamických zásob podzemních vod v dlouhodobém horizontu (bez nežádoucího přetěžování hydrogeologických struktur), a stane se tak prostřednictvím databáze nástrojem pro kvalitní řízení hospodaření s vodou. V tomto ohledu byla vytvořena národní databáze vodních zdrojů (*National WASH inventory*). Úskalím databáze je ovšem její aktualizace, která se týká zahrnutí nových zdrojů, ale především informace o okamžité provozuschopnosti daného zdroje. Sběr dat je realizován fyzicky v terénu a klade tak velké finanční a organizační nároky a navíc je náchylný na chybovost. V současnosti probíhá v omezené míře verifikace a ověřování kvality sesbíraných dat, stejně jako vybavování oblastních úřadů výpočetní a měřicí technikou včetně potřebných zaškolení. Jedním z řešení aktualizace dat je jednak elektronické hlášení poruch samotnými odběrateli (vodní komisí) formou textových SMS zpráv posílaných po GSM síti a dále pak zapojení telemetrických stanic a automatických odečtů čerpané a distribuované vody. Oba pilotní přístupy jsou nyní testovány českou neziskovou organizací Člověk v tísni, o.p.s. ve spolupráci s regionálním vodohospodářským úřadem v hlavním městě Regionu jižních národů v Awasse. Na projektu se podílejí i některé české subjekty zabývající se zmíněnou technologií. Na grafu níže je znázorněna funkcionality vrtů v oblasti Alaba před a po zavedení elektronického hlášení poruch (WR) mezi lety 2011 – 2016. Před zavedením hlášení v polovině roku 2014 se funkcionality pohybovala pod 70 % a o dva roky stoupla až k 90 %.



Sesbíraná a aktuální data umožňují mapové analýzy dostupnosti vodních zdrojů pro obyvatele venkovských oblastí. Prostorové analýzy probíhají pomocí geografického informačního systému ArcGIS a soustředí se především na vytipování kritických oblastí, které jsou nejvíce postiženy suchem v případě výpadku pravidelných dešťů. K tomu jsou potřeba statistická data o hustotě a rozložení obyvatelstva v dané oblasti. Prostorové zobrazení lokalit vodních zdrojů spolu s rozmístěním obydlí umožňují přesně zaměřit místa, jež jsou dále než 1,5 km od nejbližšího zdroje. Tato místa jsou pak cílem investic do vodovodní infrastruktury či případně humanitárních intervencí v případě dlouhotrvajícího sucha. Příklad mapové analýzy je znázorněn na obrázku dole, kde je zobrazeno rozmístění veřejných vodovodních stojanů a jednotlivých obydlí spolu s hranicemi obcí.



Dalším řešením nedostatečné správy vodních zdrojů je investice do středního odborného vzdělávání. Jde o podporu oborů vodního hospodářství a elektromechaniky na vodohospodářském oddělení středních odborných škol, a to lepším provázáním teorie a praxe, modernizací osnov a výukových metod. Dále je nutné se věnovat vzdělávání dospělých - tedy zaměstnanců vodohospodářských úřadů, zvyšovat schopnosti správců vodovodních sítí, budování kapacit techniků a operátorů vodovodních sítí působících na úrovni okresů a komunit.

Závěr

Je nutné podotknout, že výše zmíněné postupy nejsou aplikovány na celonárodní úrovni a jejich hybatelem a realizátorem většinou není stát, nýbrž mezinárodní neziskové organizace. Jak bylo uvedeno v úvodu, cílem udržitelného rozvoje je zajistit dostupnost nezávadné vody pro obyvatele nejchudších zemí planety. Samotné investice do budování nové infrastruktury nejsou dlouhodobým řešením. Tím je udržitelná správa již existujících zdrojů. Snižování doby mezi poruchou a opravou jednotlivých zdrojů zajišťuje nepřetržitou dodávku nezávadné vody obyvatelům venkovských oblastí, a tudíž dochází i ke snižování výskytu průjemových onemocnění a to je primárním cílem rozvojové pomoci.

Koncepční řešení technologické linky doplněním membránové filtrace pro ÚV Strašice s eutrofním povrchovým zdrojem vody

Ing. Petra Hrušková¹⁾; Mgr. Tomáš Brabenec¹⁾;
doc. RNDr. Jana Říhová Ambrožová, Ph.D.²⁾; Ing. Tomáš Munzar²⁾;
Ing. Jiří Kosina³⁾

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

2) VŠCHT FTOP ÚTVP Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6, jana.ambrozova@vscht.cz,
munzart@vscht.cz

3) VŠCHT Praha, Centrální laboratoře, Laboratoř hmotnostní spektrometrie, Technická 5, 166 28 Praha 6,
jiri.kosina@vscht.cz

Souhrn

Úpravná vody ve Strašicích zaznamenala v posledních letech významný nárůst mikroorganismů v surové vodě, který způsobuje významné problémy při úpravě vody i při její následné distribuci. Ze strany provozovatele vyvstal požadavek na řešení této situace, a tedy na zpracování kompletního monitoringu povrchových zdrojů surové vody, posouzení jejich kvality, vypracování nápravných opatření v rámci ochrany vodárenského zdroje a možnosti upořádání technologické linky úpravy vody.

Klíčová slova: úprava vody, kultivovatelné mikroorganismy, bioseston, organické látky, membránová filtrace

Summary

In recent years, the Strašice water treatment plant has witnessed a significant increase in microbiological indicators in raw water, which cause significant problems in water treatment and subsequent distribution. Thus, the operator has developed a requirement to solve this situation and thus to process complete monitoring of raw water resources together using a technology based on the principle of ceramic membrane filtration.

Key words: water treatment, cultured microorganisms, bioseston, organic matter, membrane filtration

1. Úvod do problému

Rybníky jsou významnými recipienty znečištění a eutrofizace. Bohužel s tím souvisí zvýšená produkce řasové biomasy, která s sebou přináší mnoho problémů následně řešených na úpravách vody. Pokud je rybníční voda používána jako zdroj surové vody pro úpravu na vodu pitnou, musí se ke zdroji přistupovat, jako ke zdroji vodárenskému. Praxe nám ukazuje, že ne vždy je tento fakt zohledněný a hlavně doceněný.

Co řešíme na takových úpravách vody? Vyjma zvýšeného množství buněk/jedinců v upravované vodě dochází současně i k výskytu vyšších koncentrací organických látek projevujících se zemitými pachy a příchutěmi vody. Do této kategorie patří metabolity, kterými je hlavně geosmin a 2-methylisoborneol (2-MIB), a tyto mají velmi nízké prahové koncentrace senzorického vnímání, v jednotkách $\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$. Po chemické stránce jsou stabilní i odolné biologické degradaci, ve volné vodě mohou přetrvávat velmi dlouhou dobu v rozpuštěné formě, jako rozpuštěné jsou i velmi pomalu mikroorganismy

degradovány za oxických podmínek. Významnými producenty geosminu a 2-MIB ve vodách jsou aerobní vláknité aktinomycety (bakterie rodů *Streptomyces*) a myxobakterie (*Myxococcus xanthus*). Dalšími významnými producenty geosminu jsou sinice.

V posledních letech se na úpravně vody Strašice začaly vyskytovat vyšší počty mikroorganismů, obtížně odstranitelných stávající technologickou linkou, a dále jejich metabolity, které se významně podílejí na organoleptických závadách vody (geosmin a 2-MIB). Bohužel tento stav vygradoval nakonec i v déle trvající problémy, které se nakonec negativně projevily u spotřebitelů pitné vody na kohoutku. Ze strany provozovatele vyvstal požadavek na řešení této situace, kterým by byl cíleně vedený monitoring povrchových zdrojů spolu s vypracováním nápravných opatření v rámci ochrany vodárenského zdroje. Jedním z dalších cílů bylo řešení vhodnějšího uspořádání technologické linky na úpravně vody.

Pro doplnění informací k úpravně vody, úpravna vody Strašice se nachází v severovýchodní části Plzeňského kraje a je zdrojem pitné vody pro Strašice, Dobřív, okrajovou část města Hrádek a především Rokycany. Zdrojem surové vody jsou zdroje vody povrchové - Třítrubecký potok, Klabava, dále pak Horní Padrtský a Dolní Padrtský rybník; a zdroje vody podzemní - prameniště Tři trubky. Podzemní voda se však mísí s upravenou vodou bez úpravy.

Pro doplnění informací k problematice odstranění geosminu a 2-MIB běžnými postupy, je nutné zdůraznit, že díky stabilitě se obtížně oxidují. Proto jsou účinné technologie v odstranění geosminu a 2-MIB většinou založeny na typech filtračních médií, kterými je aktivní uhlí, anebo v poslední době membrány.

2. Hydrobiologický monitoring

Do monitoringu povrchových zdrojů ÚV Strašice v roce 2017 bylo zahrnutou celkem 6 míst, jednalo se o Horní Padrtský rybník (břehová linie, stavidlo), Dolní Padrtský rybník (propoj mezi rybníky, stavidlo), jímání Padrtský potok a jímání Zámeček. Na úpravně vody byla posuzována technologická linka se zařazenou technologií membránové filtrace i bez ní. V jedné ze sérií byl proveden i biologický audit technologické linky (hodnocení založené na stěrech ze stěn zařízení). Na lokalitách byly do speciálních lahví odebírány vzorky pro potřeby fyzikálně chemického rozboru, biologického rozboru (hydrobiologie, mikrobiologie) a stanovení geosminu a 2-MIB.

Biologický rozbor byl zaměřený na stanovení mikroskopického obrazu, stanovení koncentrace chlorofylu-a, kultivační stanovení vybraných mikrobiologických ukazatelů (organotrofní a fekální). Dle ČSN 75 7712 bylo provedeno stanovení mikroskopického obrazu s cílem zjištění kvalitativního a kvantitativního zastoupení taxonů. Dle ČSN ISO 10260 bylo provedeno stanovení koncentrace chlorofylu-a. Z důvodu podchycení zátěže nutrienty a doplnění výsledků hydrobiologického sledování, byl monitoring doplněn o kultivační stanovení indikátorů fekálního znečištění, zde koliformní bakterie a *Escherichia coli*, metodou Colilert dle ČSN EN ISO 9308-2 (výsledky v KTJ/100 ml). S cílem záchytu streptomycet, aktinomycet a myxobakterií, byla prováděna kultivační stanovení na selektivních/obecných médiích a zjištění jejich přítomnosti ve vzorcích.

3. Membránová filtrace

V rámci monitoringu byla na úpravně vody ve Strašicích umístěna poloprovozní jednotka AMAYA 5.2, která je založena na principu keramické membránové filtrace. Tento membránový element má filtrační povrch 25 m², nominální velikost póru 0,1 µm, průměr kanálků 2,5 mm a počet kanálků 2 000.

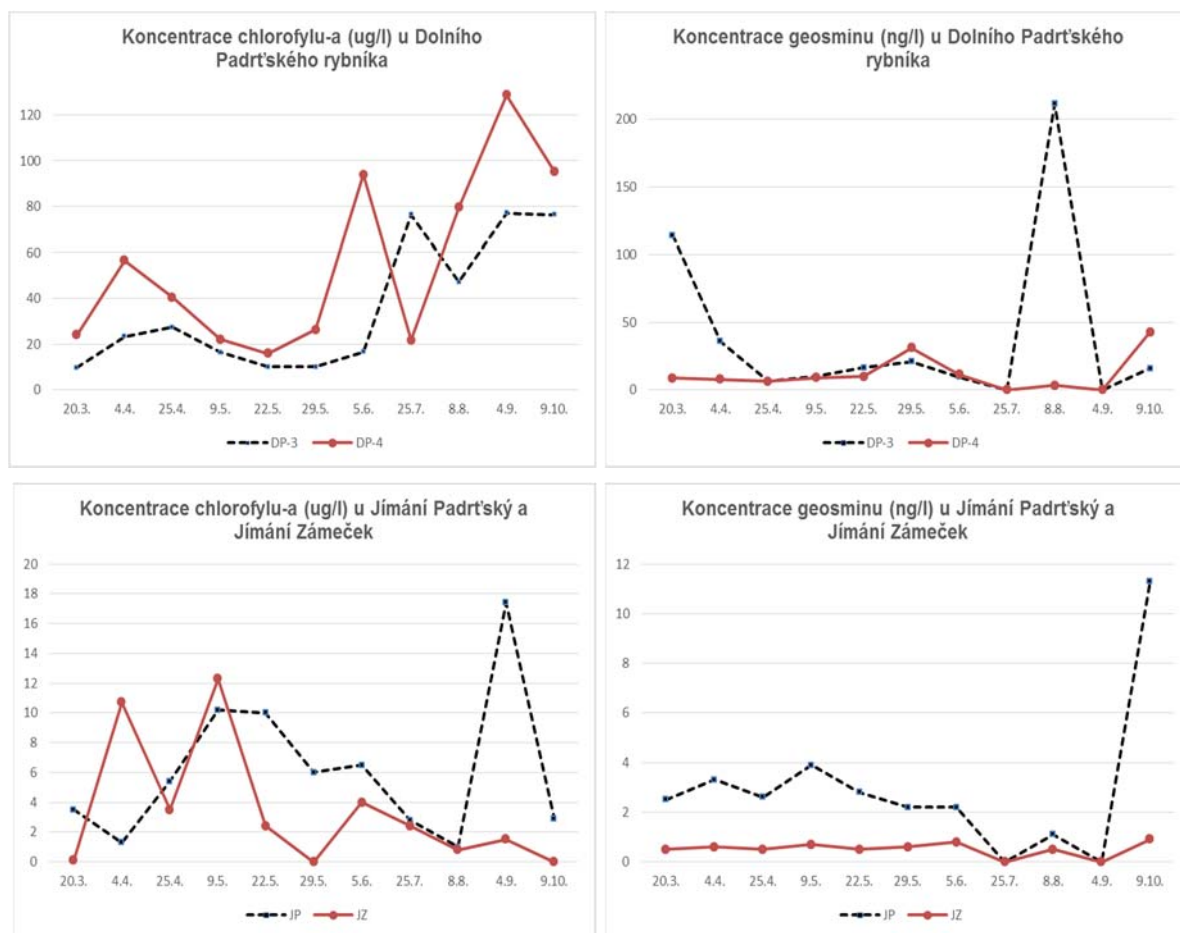
Z provozních zkušeností i z námi uskutečněných testů je patrná velmi výrazná účinnost odstranění organických látek, barvy, zákalu i mikrobiologických parametrů prostřednictvím této technologie. V rámci monitoringu byly do sledování separační účinnosti stávající a doplněné technologické linky zařazeny fyzikálně chemické, hydrobiologické a mikrobiologické ukazatele kvality vody. V případě mikrobiologických ukazatelů kvality vody nás zajímala suma přítomných zástupců kultivovatelných mikroorganismů se specifikací růstu při 22 °C a při 36 °C a z hydrobiologických ukazatelů pak přítomný bioseston (popř. abioseston). Při hodnocení separační účinnosti byly zaznamenány stavy s nižším i vyšším výskytem kultivovatelných mikroorganismů. Testy bylo ověřeno, že i počty organotrofních bakterií v řádech 10³ až 10⁴ KTJ·ml⁻¹ ve vodě natékající na membránu (zaznamenané při zkouškách), nezpůsobují technologické problémy a jejich odstranění je téměř 100%. Úroveň počtu zástupců biosestonu dosahovala až 7 000 jedinců·ml⁻¹, redukce počtu biosestonu byla i v tomto případě téměř 100%. Ani v jednom případě uskutečněných testů nebyly nejen překročeny hygienické limity dle Vyhl. č. 252/2004 Sb., ale nedošlo k přiblížení se k hodnotám limitů, které jsou pro kultivovatelné mikroorganismy se specifikací růstu při 22 °C 200 KTJ·ml⁻¹, pro kultivovatelné mikroorganismy při 36 °C 40 KTJ·ml⁻¹ a pro přítomný bioseston 50 jed.·ml⁻¹. Co se týče snížení koncentrace organických látek prostřednictvím keramické membrány, pak v průběhu pozorování docházelo ke značným výkyvům koncentrací vyjádřených jako CHSK_{Mn}. Hodnoty dosahovaly v surové vodě i přes 20 mg·l⁻¹, a i v tomto případě byla účinnost odstranění touto jednostupňovou technologií téměř 90 % a koncentrace organických látek v upravené vodě byla kolem 1,5 mg·l⁻¹.

4. Výsledky z biologického monitoringu

Hydrobiologické rozbory vzorků demonstrují postupnou změnu ve skladbě společenstva fytoplanktonu, diverzita fytoplanktonu je zcela typická pro eutrofní až hypertrofní vody s množstvím dostatečného a biologicky dostupného fosforu. Celkový počet mikroorganismů, fytoplanktonu a zjm. pak buněk sinic je na hodnocených lokalitách alarmující. Ve vzorcích surové vody z rybníka byly mikroskopicky zjištěny vysoké počty zástupců fytoplanktonu, ze skupin zlativek, rozsivek, skrytěk, chlorokokálních řas a dále pak i sinic, které se podílejí nejen na tvorbě vodních květů a je možné u nich předpokládat produkci cyanotoxinů, ale současně byla u nich zjištěna i produkce látek, způsobující organoleptické závady vody (geosmin). Jedná se například o rody sinic *Anabaena* (*Dolichospermum*), *Microcystis*, *Woronichinia*, *Nostoc*, *Cylindrospermopsis*, *Planktothrix*, *Snowella*, *Cyanogranis*, *Merismopedia*, *Chroococcus* a dále pak drobné (i pikoplanktonní) sinice *Aphanothece*, *Aphanocapsa*. Zlativky, skrytěk, rozsivky a chlorokokální řasy mohou přispívat k projevovaným organoleptickým závadám vody vlastní biomasou. Namátkově byly uskutečněny i stěry z kamenů v místě jímání Padrť (zdroj Padrťské rybníky), kde byly nalezeny opět sinice, nejen planktonní, ale i bentické, o kterých se rovněž v literatuře uvádí schopnost produkce geosminu. Tento nález poukazuje na vyplachování nutrientů a inokula mikroorganismů po proudu k jímacímu objektu. Lze předpokládat, že se takto dostávají organismy do úpravny vody, tedy utržením z podkladu a výplachem při zvýšených vodních stavech (viz obr. 1).

Biologické rozborů vzorků zdrojů surové vody a následně i ze stávající technologie jednoznačně prokázaly jeden nezanedbatelný fakt, který by všeobecně neměli provozovatelé úpraven vod a vodárenských zařízení podceňovat. Touto skutečností je krucální péče ve sledování zdroje surové vody a v případě zjištění významných počtů mikroorganismů, obtížně odstranitelných a problematických při úpravě, zvolit i strategie biomanipulací či nápravných opatření. Rybníční voda, navíc eutrofní, s vysokou koncentrací chlorofylu-a, přítomností indikátorů fekálního znečištění, abundantním zastoupením sinic a řas, s přítomnou rybí obsádkou, je rizikovým zdrojem surové vody pro úpravu na vodu pitnou. Toto je zcela zásadní zvláště při úpravě zdroje, kterým je kaskáda několika úživných rybníků za sebou.

Hodnocením úrovně koncentrace geosminu a 2-MIB ve vzorcích odebíraných v celé sezóně roku 2017 se jako riziková místa projeví nejen samotné rybníky, ale významně propoj mezi nimi. Koncentrace geosminu významně narůstá od dubna až do července, v srpnu graduje. Maximální hodnota, která byla zjištěna u Dolního Padrťského rybníka, dosahovala až $211 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$ (viz obr. 1).



Obr. 1. Průběh úrovně koncentrace chlorofylu-a a koncentrace geosminu v monitorovaném období března–října 2017 na lokalitách Dolního Padrťského rybníka (DP, vzorkovací místo 3 a 4) a Jímání Padrťského potoka (JP) a Jímání Zámeček. Výsledky poukazují na fakt toho, jak je obtížné usuzovat na základě koncentrace chlorofylu-a i o možném promítnutí do hodnot koncentrace geosminu a, dále pak na jev okalových stavů a následně i dramatické zvýšení hodnot geosminu v období s nižším zastoupením biosestonu

Vyšší koncentrace geosminu nemusí být zjištěna v případě vod s vyšším zastoupením indikátorů fekálního znečištění (zde koliformní bakterie a *E. coli*), jsou možné i další možné prediktory zvýšené koncentrace geosminu. Naše sledování a námi prováděný monitoring přináší další zjištění a doplnění informací, že při vyšším zastoupení koliformních bakterií ve vodách eutrofního typu (abundantní fytoplankton), je možné očekávat ve vegetačním období narůstající trend koncentrace geosminu, ale současně je zapotřebí do monitoringu zahrnout i sledování přítomnosti streptomycet (aktinomycet), které se prokázaly v některých hodnocených vzorcích jako klíčové v případné produkci geosminu, viz obr. 1. Mikrobiologickými rozbory byla zjištěna přítomnost nokardioformních aktinomycet, streptomycet a myxobakterií ve vzorcích vody odebraných ze všech hodnocených lokalit povrchových zdrojů a to v nezanedbatelných počtech (misky přerůstaly a byly obtížně kvantifikovatelné již při filtraci 1 ml vzorku).

5. Závěry

Vhodně a cíleně zvolený monitoring může provozovateli poskytnout velmi cenná data, na základě kterých může správně a vhodně nakládat s využitím zdroje pro úpravu tak, aby nebyly na kohoutku u spotřebitele řešeny problémy organoleptických závad. Problematickým zdrojem povrchové surové vody je rybniční voda (Horní a Dolní Padrtův rybník), která funguje jako inokulum biomasy fytoplanktonu a živin (uhlík, dusík a fosfor) pro bakterie (streptomycety, aktinomycety, myxobakterie), které jsou významně aktivní produkcí geosminu na jaře a následně pak na podzim.

Výsledky z hydrobiologického auditu ÚV Strašice poukazují na nutnost zcela zásadního přístupu k řešení technologického uspořádání úpravny vody. Další připomínka se týká i využití rybníků pro rybochovné účely. Zapotřebí bude posílit i komunikaci v tomto směru. Je zapotřebí zajistit monitoring kritických míst včetně hodnocení vlastními zdroji (laboratoře vodárenské společnosti). Sledování by se nemělo omezit pouze na síťový plankton a koncentraci chlorofylu-a, ale postihnout hydrobiologické rozbory v rozsahu mikroskopického obrazu, stanovení biosestonu (kvalitativní a kvantitativní stanovení), v případě přítomnosti sinic pak i jejich stanovení dle platné legislativy. Sinice nejsou ukazatelem, který by byl speciálně uvedený v legislativě směřované na zdroje surové vody pro úpravu na vodu pitnou, ale v tomto případě by měly být sledovány a monitorovány. Zvláště pak, pokud se vyskytují sinice vodního květu s potenciální produkcí cyanotoxinů. Rozhodně tak by bylo i vhodné posílení sledovaných mikrobiologických ukazatelů kvality vody, provádění stanovení koliformních bakterií ve vhodném nominálním objemu, neomezovat se pouze na termotolerantní koliformní bakterie (v 1 ml).

Jednou z možností uspořádání technologické linky úpravny vody je zařazení jednostupňové membránové filtrace jako první separační stupeň, která by sloužila jako téměř absolutní bariéra mikrobiologického oživení, které by dále neprocházelo do technologie, akumulace a distribuční sítě a tím by se výrazně snížilo riziko vytváření biofilmů a jeho následné uvolňování. Jako prevence před možným průchodem geosminu do distribuční sítě je doporučeno do technologické linky zařadit jako druhý separační stupeň filtraci na granulovaném aktivním uhlí, která eliminuje zbytkové organické znečištění, tím bude také sníženo riziko vytváření biofilmů v distribuční síti a budou vylepšeny organoleptické vlastnosti upravené vody.

Použitá literatura

Hrušková P., Brabenec T., Drda M.: ÚV Trnová – první keramická membránová mikrofiltrace ve Střední Evropě. Sborník konference *Voda Zlín 2017*, s. 93-99, Moravská vodárenská, a.s. Zlín 2017. ISBN 978-80-905716-3-1.

Hrušková P., Brabenec T., Paul J., Říhová Ambrožová J., Kosina J.: Provozní výsledky z keramické membránové filtrace na ÚV Strašice a Trnová. Sborník konference *Pitná voda 2017*, s. 109-116. VodaTím s.r.o. Bratislava. ISBN 978-80-971272-5-1.

Brabenec T., Hrušková P.: Využití keramické membránové filtrace při úpravě vody – poznatky z testování a provozní aplikace. Sborník konference *Nové trendy v čistírenství a vodárenství 2017*, s. 51-60. ENVI-PUR, s.r.o. Soběslav. ISBN 978-80-905059-6-4.

Jüttner, F. 1992. Flavour compounds in weakly polluted rivers as a means to differentiate pollution sources. *Water Sci. Technol.* 25:155–164.

Jüttner, F., Watson, S. B. 2007. Biochemical and ecological control of geosmin and 2-methylisoborneol in source waters. *Applied and environmental microbiology*, vol. 73, no. 14, p. 4395–4406.

Říhová Ambrožová, J. 2016. Organoleptické závady pitné vyvolané přítomností geosminu a 2-MIB v surových vodách. *SOVAK* 2016, 25(10), 6/258-9/261.

Wnorowski, A. U. 1992. Tastes nad odours in the aquatic environment: A review. *Water SA* 18:203-214.

You Y.-W. 2012. Sensitive detection of 2-MIB and geosmin in drinking water. Application Note. Agilent Technologies, www.agilent.com/chem.

Drenážní systémy – dříve a dnes

Ing. Josef Drbohlav¹⁾; Ing. Ladislav Bartoš²⁾

¹⁾ Sweco Hydroprojekt, a.s., Tábořská 31, Praha 4, josef.drbohlav@sweco.cz

²⁾ VEOLIA ČESKÁ REPUBLIKA, a.s., Na Florenci 15, Praha 1, ladislav.bartos@veolia.com

Úvod

Současné vědomosti české odborné vodohospodářské obce v oblasti úpravy pitných vod jsou na vysoké úrovni, dané zejména soustavným vzděláváním, účastech na konferencích, odborných výstavách, seminářích a dalších akcích.

Z pohledu příspěvku se výzkumu filtračních procesů historicky věnovala řada odborníků na přelomu 80. a 90. let minulého století jak v laboratořích Výzkumného ústavu vodohospodářského TGM v Praze, tak např. i ve společnosti Hydroprojekt. V řadě vývojových úkolů byl například podrobně popsán proces filtrace ve standardních filtračních materiálech (FP1 a FP2) ve dvouvrstvých filtrech a podrobně byly prověřovány podmínky pro praní filtrů a výsledky studijních prací pak byly aplikovány v projektech a využívány jsou při rekonstrukcích a návrzích úpraven vody dodnes. Přesto je často opomíjen fakt, že velmi významnou roli v účinnosti kroku filtrace hrají přechodové procesy, které se odehrávají během průběhu prací fáze a fáze zapracování. Z těchto důvodů bylo na řadě úpraven vody instalováno zafiltrování, které tyto jevy částečně eliminuje. Podrobné hydraulické modelování takových stavů je prováděno spíše výjimečně a spíše v návaznosti na provozní problémy. Standardem by postupně mělo být i dynamické modelování navržených filtračních systémů směřující k zajištění ideální distribuce jak filtrované vody po zapracování, tak i znalosti chování částic filtračního média a jejich distribuce během fáze praní, kdy sice mohou být dosaženy průměrné hodnoty intenzity praní v celé ploše filtru, ale přesto je distribuce těchto médií nerovnoměrná. V takových případech dochází k nedokonalému vyprání filtračního média a rovněž k nestejně distribuci velikosti částic média v ploše i výšce filtrační náplně.

Zde je nutné zmínit, že již existují dodavatelé filtračních systémů, pro které je detailní ověření dynamického chování hydraulických charakteristik systémů naprosto běžnou součástí nabídkové činnosti (návrh pomocí speciálního SW, testování v hydraulických laboratořích a dotestování na místě pro ověření předchozích kroků) a investor resp. odborně zdatný provozovatel by tak měl vždy očekávat zpracování a předání kompletních výsledků ověření ještě před vlastním rozhodnutím o volbě drenážního systému.

Krátký exkurz do historie

Historie drenážních systémů přímo souvisí s vývojem systémů pro úpravu vody. Od doby, kdy začal vznikat obor vodárenství v moderním smyslu vnímání, byla filtrace jednou z prvních cíleně využívaných technologií kopírující přírodní proces filtrace podzemní vody odehrávající se v horninovém prostředí.

První tzv. pomalé filtry v podstatě kopírují přírodní procesy a ve své podstatě se jedná o tzv. biologickou filtraci, kde dochází k separaci nejen mechanické, ale značný podíl na účinnosti procesu má svrchní vrstva filtrační náplně osídlená příslušnou faunou a florou. I když jsou, ale nemusí být tyto filtry vybaveny drenáží, není tato drenáž určena k praní, ale pouze k odvodu filtrátu z filtru. Z podstaty věci se pomalé biologické filtry neperou

a v pravidelných intervalech se pouze odstraňuje vrchní oživená vrstva, tak aby byl zajištěn dostatečný průtok filtrem.

Požadavkům moderní doby přestaly pomalé filtry vyhovovat z důvodu nízké filtrační rychlosti a tím i produkce filtrátu na jednotku plochy filtru. Z uvedeného důvodu se začaly konstruovat filtry tzv. rychlé, které se vyznačují zejména tím, že se pravidelně pere filtrační náplň a jsou konstruovány na vyšší filtrační rychlosti. U těchto filtrů již výrazně promlouvá do jejich účinnosti a provozní spolehlivosti nejen celková konstrukce filtru, ale klíčový vliv má konstrukce drenážního systému.

V současnosti se ve světě a logicky i v České republice využívají drenážní systémy téměř všech konstrukcí. S tím, že konstrukčně komplikovanější, ale zároveň efektivnější systémy se využívají na západ o našich hranic, a ty řekněme jednodušší a s tím související efektivitou můžeme vidět spíše na Východě.

V našich zeměpisných šířkách vidáme především systémy s mezidnem, které jsou v posledních letech při rekonstrukcích nahrazovány systémy bez mezidna (Aquafilter, Leopold, Phoenix, Triton). Na východě jsou k vidění systémy, které by se také daly nazvat jako systém bez mezidna, ale o nějakém sofistikovaném hydraulickém modelování a optimalizaci proudění pracích médií nemůže být řeč. Zpravidla se jedná o navrtané trubky zasypané kamením a hrubým štěrkem, na který je následně uložen filtrační písek obvykle poměrně velké zrnitosti. O kvalitě takto konstruované filtrace nechť si každý udělá obrázek sám.

Systémy s mezidnem

Systémy s mezidnem jsou bezpochyby klasikou v konstrukci vodárenských filtrů. Běžně se osazovaly v podstatě do všech filtrů pravoúhlé konstrukce bez ohledu na velikost filtrační plochy. Mezidnový systém byl za dobu používání (cca 50 let) natolik standardizován, že byl použit i v typizačních podkladech pro projektování filtrů. V druhé polovině 20. století (do konce 80.ých let) byl realizován prakticky ve všech úpravnách vody na území Československa.

Jak již ze samotného názvu vyplývá, je podstatou konstrukce těchto systémů tzv. mezidno. Jedná se vlastně o jakési „falešné“ patro, které je umístěno nad samotným dnem filtru. Toto mezidno je uloženo a ukotveno na nosných prvcích. Z praktických důvodů je mezidno složeno z několika částí, které jsou k sobě těsně přisazeny. Spáry mezi segmenty jsou vyplněny vhodným tmelem, v době realizace nejčastěji asfaltovou zálivkou. Stejným způsobem je řešeno napojení na stěny filtru. Jedná se o betonové desky s otvory, do kterých jsou vloženy a vlepeny plastové závitě. Do závitů jsou následně zašroubovány trysky, které mají na spodním konci trubičku. Na trubičce těsně pod samotnou hlavicí je otvor, který umožňuje vstup pracího vzduchu při kombinovaném praní vodou a vzduchem.

Dobře vyprojektovaný a také provedený systém s mezidnem je poměrně funkčním systémem především při filtraci podzemních vod s minimálním nebo prakticky nulovým oživením.

Ze zkušeností ale vyplývá, že tento systém čelí celé řadě problémů. Jedním z nich je mechanické namáhání mezidna při zpětném praní vodou a vzduchem. Zatímco při filtraci tlačí náplň a voda mezidno směrem dolů, při procesu praní je pracími médii mezidno naopak zvedáno. Mezidna bylo nutné chránit bezpečnostními smyčkami na prací vodě, což umožňovalo limitovat maximální tlak vody pod mezidnem. Pokud se přidá koroze kotvících prvků držících segmenty na svém místě, dochází k porušení těsnění mezi segmenty s následným vznikem zkratových proudů při filtraci i praní. S tím souvisí i únik

filtrační náplně, kterou je pak nutné složitě vytěžit z prostoru pod mezidnem. Dalším mechanickým problémem je občasné prasknutí resp. odlomení trysky. I zde dochází k výše popsaným důsledkům. Trysky trpí více na úpravnách povrchových vod, kde teplota kolísá od 0 °C až do více než 25 °C s negativním dopadem do mechanických vlastností plastu, ze kterého jsou trysky konstruovány.



Obr.1 – poškozená betonová mezidna (ÚV Plzeň)

Samostatnou kapitolou je rovnoměrnost resp. nerovnoměrnost praní. Vzdálenosti mezi jednotlivými tryskami bývají poměrně velké. Filtrační plocha je pokryta tryskami prací vody z cca 30 – 35 %. Zcela logicky je v prostorách mezi tryskami resp. mezi tryskami a stěnami filtru menší rychlost proudění pracích médií. Důsledkem toho je tvorba tzv. „mrtvých prostor“. Tedy míst, kde k praní dochází špatně nebo vůbec. Důkazem budiž vzorkování náplně speciální jehlou, která umožňuje proniknout skrz celou výšku náplně a prověřit tak její stav z hlediska zastoupení zrnitosti v různých hloubkách. Kromě jiného je možné z jednotlivých vrstev odebrat vzorky pro chemické, mikrobiologické a biologické analýzy. Nejednou se při vzorkování podařilo „napíchnout“ nevyprané místo, kdy zejména mikrobiologický a biologický rozbor dokládající přítomnost mnoha druhů mikroorganismů v doslova obrovských počtech potvrdil domněnku nerovnoměrnosti praní.

Mezidnové systém jsou od počátku 90. let 20. století vytlačovány modernějšími a efektivnějšími systémy bez mezidna. Příčin pro náhradu je několik:

- na začátku 90. let byla ukončena výroba meziden – nové úpravný se nestavěly, nerekonstruovalo se a nová mezidna nebyla zapotřebí,
- zkušenosti s nekvalitou výrobků z 80. let byly tak zásadní, že se začalo hledat jiné řešení. Příkladem může být ÚV Plzeň, která byla dokončena jako jedna z posledních a mezidna bylo třeba vyměnit ani ne po 20 letech provozu,
- na trhu se objevil nový drenážní systém Aquafilter, který řadu výše uvedených problémů neměl, a pro rekonstrukce filtrů byl velmi vhodný.

Dodnes je a zřejmě ještě dlouho bude tato konstrukce využívána ve filtrech kruhového profilu (především tlakové filtry). Důvodem je pokrytí kruhového profilu samostatnými tryskami (scezovacími hlavicemi) ve srovnání se segmenty drenáží bez mezidna, jejich funkce poměrně zásadně závisí na uložení. Systémem od firmy Aquafilter byly v minulosti vybaveny i otevřené kruhové filtry (např. ÚV Tlumačov).



Obr.2 – drenážní systém Aquafilter (ÚV Meziboří)

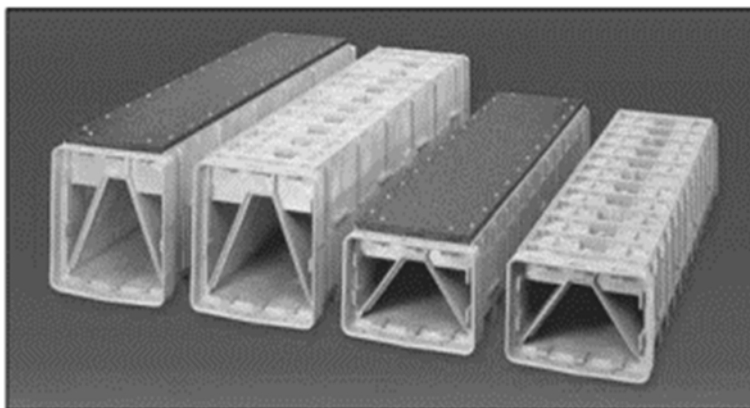
Systémy bez mezidna

Systémů bez mezidna se dnes využívá celá řada. Tyto systémy se skládají ze samostatných v podstatě oddělených systémů (segmentů), kdy jeden každý může fungovat nezávisle na ostatních (za předpokladu zachování přítoku pracích médií). Některé systémy mají oddělenou distribuci pracího vzduchu a prací vody (Aquafilter). Jiné systémy využívají pro distribuci obou médií společnou konstrukci (Leopold, Triton, Phoenix). Zásadní výhodou proti konstrukci s mezidnem je výrazně menší konstrukční výška drenážního systému, což má přímý dopad na celkovou hloubku filtru v případě výstavby nové filtrace a tedy i nižší investiční náklady resp. je při rekonstrukci filtrace získána výška např. pro doplnění další filtrační vrstvy nebo doplnění technologie mezi míchání a filtraci.

Další výhodou těchto systémů je podstatně vyšší pokrytí plochy filtru aktivní drenáží. Výjimkou je systém Aquafilter, kde se pokrytí filtru aktivní drenáží významně neodlišuje od mezidnového systému. Další generaci bezmezidnových systémů (Leopold, Triton a Phoenix) garantuje aktivní pokrytí filtrační plochy v rozmezí 60 – 80 %. Filtrát tak může proudit v podstatě celou plochou filtru a ne jen scezovacími tryskami. Velmi podobná je situace při praní, kdy prací média proudí, resp. měla by proudit také rovnoměrně po celé ploše filtru. Možnou nevýhodou těchto drenážních systémů může být náročnost jejich instalace, kdy je vyžadováno poměrně přesné uložení jednotlivých segmentů, ideálně v absolutní rovině. Funkčnost těchto systémů je na přesnosti instalace přímo závislá. S uvedeným též souvisí optimální nastavení průtoků a tlaků pracích médií tak, aby nedocházelo k „řádování“. V případě, že není nastavení optimální, dá se na horní vrstvě filtračního média tušit rozmístění drenáže na dně filtru.

Jak jsme již zmiňovali prvním drenážním systémem, který byl v České republice k dispozici, byl systém vyráběný původně společností Vodní stavby a následně pak firmou Aquafilter v.o.s. Jedná se o dvoutrubkový systém, kde je oddělena doprava vody a vzduchu v samostatných trubkách. Trubky jsou osazeny scezovacími hlaviciemi obdobného typu jako na mezidnech a trysky jsou osazeny do trubek. V průběhu 90. let 20. století byly tímto systémem osazeny všechny rekonstruované úpravní vody. Největší rekonstrukcí byla Stará filtrace v úpravně vody Podolí, kde bylo rekonstruováno cca 3.000 m² filtrační plochy.

Drenážní systém Aquafilter byl před cca 10 lety vytlačen novým bezmezidnovým systémem od americké společnosti Leopold, který přinesl řadu pozitivních výhod – podstatně větší variabilita technického řešení, jednodušší montáž drenáží, „jednotrubkový“ systém se společným rozvodem vody a vzduchu a výrazně větší aktivní pokrytí plochy filtru na úrovni cca 80 %.



Obr. 3 – drenážní systém Leopold

Se zpožděním několika let se na Českém trhu objevil francouzský drenážní systém Triton společnosti Johnson Screans, který má odlišné konstrukční řešení a materiálově je vyráběn z nerezové oceli. Jedná se opět o „jednotrubkový“ systém, který umožňuje rozvedení vody a vzduchu. V současnosti je tento systém aplikován na řadě úpraven vody v České republice i v zahraničí.

Novinkou roku 2017 byl drenážní systém Phoenix od kanadské společnosti AWI, který byl na Český trh uveden v lednu. Aplikace v České republice nejsou, v Evropě byl realizován na úpravě vody Świdnice v Polsku. Největší počet referencí je v Kanadě a v USA, kde zaujmul dominantní postavení při realizaci rekonstrukcí stávajících úpraven vody a dále se rychle rozšiřuje i do ostatních zemí celého světa díky své bezproblémové instalaci a dlouhodobému stabilnímu provozu.

V lednu 2018 se v nabídce drenážních systémů objevil nerezový systém od firmy Andritz Fiedler GmbH.



Obr. 4 – drenážní systém Triton



Obr. 5 – drenážní systém Phoenix



Obr. 6 – drenážní systém Andritz

Konstrukční řešení filtrů s jednotlivými typy drenáží

Z hlediska využití jednotlivých drenážních systémů je velmi důležitá jejich variabilita z hlediska možnosti řešení konstrukce nových filtrů, v České republice pak především z hlediska řešení rekonstrukce stávajících filtrů.

Všechny tři systémy nabízejí jako základní variantu umístění žlabu ve středu filtračního pole, kterým jsou přiváděna prací média (voda a vzduch) a je odváděna filtrovaná voda. Nevýhodou tohoto řešení je poměrně hluboký kanál s nutností nabetonávky stávajícího dna filtru. Tímto řešením se u rekonstrukce filtrů významně ztrácí efekt bezmezidnového systému, tj. jeho nízká konstrukční výška. U nových filtrů se samozřejmě tato nevýhoda stírá, protože tam je možné potřebnou výšku získat ve vlastní konstrukci filtru.

Na úpravnách vody v České republice jsou velmi rozšířeny filtry se dvěma poli, se středovým žlabem mezi poli pro přivedení a odvedení filtrované vody, přivedení pracích médií a krajními žlaby pro odvedení prací vody. Tyto filtry byly v minulosti standardně konstruovány s mezidny. Při návrhu rekonstrukce se obvykle očekává celkové konstrukční zvýšení prostoru pro filtrační náplň a výšku vody nad filtrační náplň. Obvykle je toto řešení navrhováno s přivedení pracího vzduch shora trubkovým systémem přímo do drenáží. Pro rekonstrukce tohoto typu se v ČR osvědčil systém Leopold, zatímco v USA a Kanadě se jedná o systém Phoenix. Oba systémy je možné připojit přímo na stávající žlaby anebo realizovat mělký paralelní kanál pro zlepšení distribuce prací vody (především pro

dvouvrstvé filtry). Systém Triton si umí s tímto řešením také poradit, ale za cenu hlubšího kanálu pro zajištění distribuce pracího vzduchu.

Systém Leopold pak nabízí i atypická řešení distribuce prací vody a vzduchu, která je možné s výhodou využít pro filtry s extrémně malou konstrukční výškou. Tato řešení byla realizována na úpravě vody Hradiště (dvouvrstvé filtry s klesající filtrační rychlostí) a Mostiště (velmi nízká konstrukční výška filtru) a ukázala se jako funkční. Systém Phoenix a Triton to řešení zatím nenabízí.

Vhodnost drenážních systémů při užití konkrétního typu filtračního média

Zkušenosti z provozu jednotlivých drenážních systémů v České republice a v zahraničí neukazují na to, že by byl některý z drenážních systémů vhodnější nebo méně vhodný pro určitý typ filtračního materiálu. V České republice i v zahraničí je dostatečně ověřeno použití drenážního systému Leopold, Phoenix i Triton pro filtrační písky, granulované aktivní uhlí a dvouvrstvé filtry s vrstvou písku a antracitu. Systém Leopold je úspěšně nasazován i pro filtrační materiál Filtralite. Zkušenost s využitím filtračního materiálu Filtralite na drenážním systému Triton je v ČR jedna, konkrétně ÚV Orlice v Hradci Králové. Vlastní zkušenosti se systémem Phoenix v ČR zatím nejsou, přesto je možné navštívit řadu realizací po celém světě jak pro filtrační písky, tak pro granulované aktivní uhlí.

Materiálové volby drenážních systémů – pro a proti

Mezi odbornou veřejností je často diskutována otázka, zda je lepší plastová drenáž či drenáž nerezová. Zde je zcela jasné hledisko rozhodování dlouhodobosti a stálosti materiálu, které je v případě neagresivních vod výrazně vyšší u kvalitních nerezových materiálů. Plastové materiály mají tendenci i přes kvalitní zpracování a stabilizaci dlouhodobě degradovat. Na druhou stranu v případě agresivních vod se můžeme setkat i s korozí nerezových materiálů a tak je rozhodování vždy vhodné provést dle lokálních podmínek z pohledu kvality upravované vody.

Důležitým parametrem pro porovnání zůstává výška elementů i možnost budoucí demontáže systému. Celkově nejnížší výšky a tedy maximalizaci účinného objemu filtru dosahuje systém Phoenix (7,6 cm). Naopak u systému Leopold je nutné v případě výměny s kompletním vybouráním, pro systémy Phoenix a Triton toto neplatí a představuje to z dlouhodobého pohledu výhodu.

Posledním parametrem je i hydraulická flexibilita, která je vysoká u systému Leopold a systému Phoenix, kde není omezena délka drenážní větve. V každém případě je vhodné preferovat takovou dodávku, která zajistí rovnoměrnost praní s doporučeným koeficientem $\pm 3\%$ a to zejména v případě filtrů s aktivním uhlím, které jsou více a více časté z důvodů narůstající evidence o přítomnosti mikropolutantů.

Aktuální stav a zkušenost z referenčních realizací v ČR a v zahraničí

Od roku 1990 byla rekonstruována řada úpraven vody a prakticky u všech byla provedena výměna meziden, za některý z typů bezmezidnového systému. Systém Aquafilter na všech úpravách vody s jedinou výjimkou funguje bezproblémově. Jedinou výjimkou byla úprava vody Meziboří, která byla realizována jako jedna z posledních a drenážní systém vykazoval řadu opakujících se poruch na drenážním systému, které s největší pravděpodobností vznikly nekázní při montáži a následném plnění pískové filtrační náplně do filtrů. Na úpravě vody Meziboří byl proto nově instalován drenážní systém Leopold.

U systémů Leopold a Triton nebyly závažné provozní problémy zaznamenány s jedinou výjimkou a to byla instalace na úpravně vody Hradiště. Hloupou chybou amerického konstruktéra, který při přípravě podkladů pro návrh drenážního systému zaměnil palce s centimetry, došlo k chybnému nastavení hydraulického systému pro souběžné praní vodou a vzduchem. Firma Leopold chybu uznala, zpracovala hydraulický model a navrhla řešení, které pak bylo realizováno českým dodavatelem drenážního systému. V současnosti je systém Leopold s těmito úpravami v provozu více jak 10 let a bez jakýchkoliv problémů. U prvků Triton je zase u některých instalací, zejména v menších nádržích, možné evidovat problémy s řádkováním a naopak u dlouhých nádrží systém naráží na omezení maximální délky elementů tak, aby nedocházelo k nerovnoměrné distribuci pracovního vzduchu a tlaků. U systému Phoenix je možné opřít se o řadu provozních zkušeností, zejména z USA a Kanady, které jsou bezesporu kladné.

Závěry

Jaký drenážní systém vybrat?

Při návrhu vhodného drenážního systému je proto třeba vždy:

- respektovat především požadavky na rekonstrukci filtru a na optimalizaci konstrukčního řešení. Oproti minulosti jsou dnes používány vyšší filtrační náplně. U nejstarších filtrů se setkáváme s filtrační náplní 100 – 120 cm, dnes je doporučováno minimálně 140 cm. S ohledem na minimalizaci podtlakových jevů v závěru filtračního cyklu je doporučována výška vody nad filtrační náplní alespoň 100 cm,
- při volbě filtračního materiálu přihlídnout ke kvalitě surové vody,
- rozhodující bude samozřejmě i cena drenážního systému a schopnost výrobce dodat systém v požadovaných termínech.

Každý kvalitní projektant, který chce navrhovat rekonstrukce úpraven vody, by měl být schopen předložit v průběhu přípravy projektu investorovi variantní řešení pro všechny standardní drenážní systémy, shrnout jejich výhody a nevýhody, doporučit vhodnost určitého typu a samozřejmě nechat na investorovi, aby se rozhodl.

Výše uvedený exkurz do historie drenážních systémů a aktuální praxe odhaluje, že všechny drenážní systémy, které jsou momentálně na trhu (Leopold, Triton, Phoenix) splňují základní technické požadavky pro většinu aplikací a pro dostupné filtrační materiály. Je proto na projektantovi a investorovi, aby vhodný typ řešení zvolil i s ohledem na typ upravované vody a dlouhodobost řešení z pohledu materiálu, případné úpravy/výměny elementů a také z pohledu maximalizace účinného objemu filtrů při zachování požadované míry rovnoměrnosti praní. Problém pro takový postup může představovat omezení zadávacích podmínek z pohledu zákona č. 89/2012 Sb., který svojí konstrukcí a požadavky na zpracování „zadávací dokumentace pro výběr zhotovitele“ ne vždy vede k volbě optimálního technického řešení.

Variantní posílení zabezpečení Vodárenské soustavy východní Čechy (VSVČ)

**Ing. Michal Studničný¹⁾, Ing. Martin Tomek¹⁾, Ing. Jan Cihlář¹⁾,
Ing. Josef Drbohlav²⁾**

1) Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., Nábřeží 4, 150 56 Praha 5

2) Sweco Hydroprojekt a.s., Tábořská 31, 146 16 Praha 4

Úvod

Cílem příspěvku je seznámení s možnými variantami posílení zabezpečení zásobování pitnou vodou Vodárenské soustavy východní Čechy. Možnosti zásobování byly řešeny jako součást akce „Zdobnice, Pěčín, výstavba přehradní nádrže – předprojektová příprava – 1. etapa“ zpracované pro státní podnik Povodí Labe na základě usnesení vlády ČR č. 727 ze srpna 2016 (k přípravám realizace vodních nádrží v regionech postihovaných suchem a rizikem nedostatku vody).

Historie zásobování vodou východních Čech

Rozvoj veřejného zásobování vodou východních Čech začal probíhat ve větším měřítku až ve 20. století. Tento rozvoj lze rozdělit do tří oddělených etap. V úvodní etapě vznikaly první nezávislé vodovody zásobující vždy menší územní celky nebo jednotlivá města. Využívalo bylo místních zdrojů nebo zdrojů v blízkém okolí spotřebiště. Typickými představiteli této etapy jsou například veřejné vodovody v Hradci Králové, Pardubicích a Chrudimi vybudované na přelomu století. S postupným rozvojem měst vznikla potřeba vytvořit vodovodní systém s centrálními vodními zdroji pro několik sídelních útvarů.

Druhá etapa rozvoje veřejného zásobování vodou se vyznačuje vznikem velkých skupinových vodovodů Hradec Králové – Litá - Náchod nebo Chrudim – Pardubice, které byly realizované v sedmdesátých letech 20. století, první návrhy lze však datovat již do let třicátých.

V poslední etapě, po stabilizaci hodnot specifické potřeby vody, ke které došlo v průběhu devadesátých let 20. století, byla dobudována tzv. Vodárenská soustava východní Čechy propojením existujících vodovodů Náchodsko, Hradecko, Pardubicko, Chrudimsko, Novobydžovsko a Přeloučsko.

Vodárenská soustava východní Čechy

Vodárenská soustava východní Čechy zásobuje pitnou vodou podstatné části okresů Náchod, Hradec Králové, Pardubice a Chrudim. Celková délka vodovodních řadů přesahuje 4 000 km a zásobuje pitnou vodou cca 540 tis. obyvatel východních Čech. Vlastnicky se soustava dělí na čtyři části, které spravují jednotlivé vodárenské společnosti. V Náchodské části je vlastníkem a provozovatelem společnost Vodovody a kanalizace Náchod, a.s., v Královéhradecké části je vlastníkem vodárenské infrastruktury společnost Vodovody a kanalizace Hradec Králové, a.s. a provozovatelem Královéhradecká provozní, a.s., Pardubickou část soustavy provozuje a vlastní společnost Vodovody a kanalizace Pardubice, a.s., vlastníkem Chrudimské části je společnost Vodovody a kanalizace Chrudim, a.s. a provozovatelem je Vodárenská společnost Chrudim, a.s.

Hlavními zdroji vody v soustavě jsou podzemní zdroje lokalizované v územích označovaných jako Polická křídová pánev (část Náchod), jímací území Litá, povrchový odběr z řeky Orlice (část Hradec Králové), jímací území Hrobice, písník Opatil, studny Nemošice, ÚV Mokošín (část Pardubice), jímací území Podlažice a odběr z elektrárenského přivaděče v Křižanovicích – ÚV Monako (část Chrudim).

Soustava umožňuje převod přebytků pitné vody z území Náchodsko a Chrudimsko do území deficitních, tedy do aglomerace Pardubicka a Hradecka, a tím optimální využití stávajících zdrojů pitné vody v celé oblasti a zastupitelnost vodních zdrojů při haváriích. Deficit zdrojů vody v královéhradecké a pardubické lokalitě činí cca 20 %.

Vodní dílo Pěčín

V souvislosti se změnou klimatických podmínek po roce 2000, s postupným poklesem vydatnosti podzemních zdrojů a probíhající rebilancí podzemních vod v celém regionu nastal moment, kdy bylo vhodné se vrátit k myšlence výstavby vodárenské nádrže, která zajistí dostatečnou zásobu povrchové vody pro výrobu pitné vody a umožní zajistit výrobu kvalitní pitné vody. Pro posílení zásobení Východočeské vodárenské soustavy, zejména hradecké a pardubické aglomerace, je dlouhodobě zvažováno vybudování centrálního zdroje pitné vody – nádrže Pěčín na řece Zdobnici.

Historie sledování profilu na řece Zdobnici:

- 1902 – Rakousko-Uherské mocnářství – 1. Oficiální záznam – studie hydrografického oddělení zemského úřadu v Praze
- 1947 – Zemský národní výbor v Praze – projekt přehrady na Zdobnici u Pěčina
- 1953 – Státní vodohospodářský plán (vodárenské využití, nadlepšování průtoků, protipovodňová ochrana)
- 1975 – Směrný vodohospodářský plán ČSR (vodárenské využití, nadlepšování průtoků, protipovodňová ochrana)
- 1980 – MLVH schválilo investiční záměr „Vodní dílo Pěčín“
- 1981 – Vyhlášena stavební uzávěra
- 1984 – Hydroprojekt Praha dokončil projektový úkol „Vodní dílo Pěčín“
- 1985 – Vydáno územní rozhodnutí ke stavbě VD Pěčín
- 1991 – Příprava stavby zastavena – zamítnuta žádost VRV Praha o prodloužení platnosti ÚR k VD Pěčín
- 1996 – Skončila platnost rozhodnutí o stavební uzávěře
- 2009 – Plán hlavních povodí ČR a plány oblastí povodí – aktualizace výhledových lokalit v reakci na klimatické změny (přizpůsobení legislativě EU)
- 2011 – Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod (LAPV 2011)
- 2016 – Usnesení vlády ČR č. 727 – k přípravám realizace vodních nádrží v regionech postihovaných suchem a rizikem nedostatku vody -> VD Pěčín

VODÁRENSKÁ SOUSTAVA VÝCHODNÍ ČECHY
PŘEHLEDNÁ SITUACE



Obr. 1 Schéma Vodárenské soustavy
východní Čechy

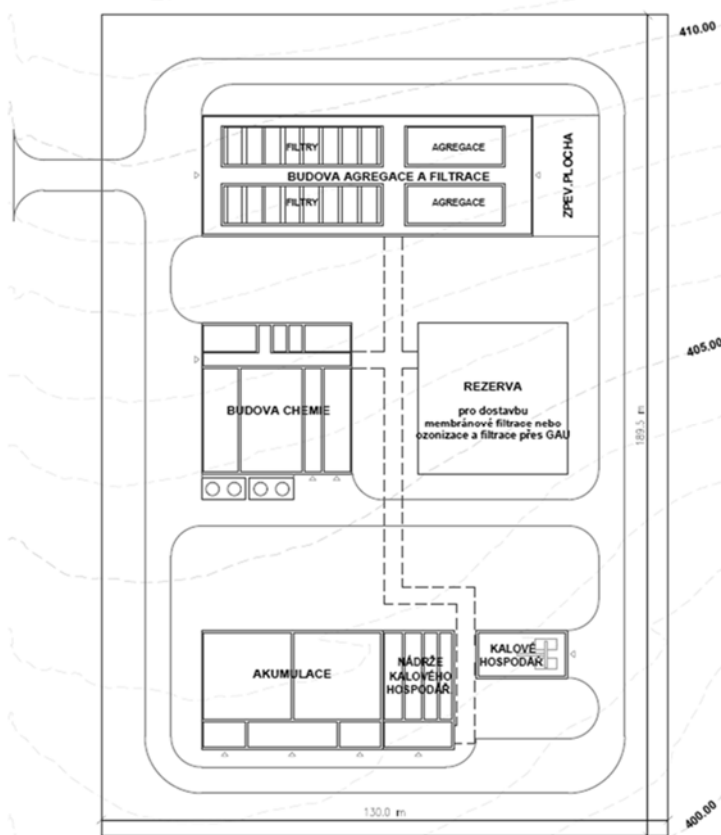
V roce 2015 byla zpracována studie proveditelnosti [1], která řešila ve čtyřech technických variantách hráze vodárenskou nádrž na řece Zdobnici. Variantami byly betonová tížná, betonová klenbová, sypaná kamenitá a sypaná zemní hráz. Z vodohospodářského řešení nádrže provedeného na podkladě syntetické řady průtoků upravených dle klimatického scénáře rSCEN2 pro období 2071–2100 vychází pro objem zásobního prostoru (daný Generelem LAPV) a požadovanou zabezpečeností alespoň 98,5 % maximální možné odběry 420 l/s.

Zásobování vodou z VD Pěčín

Základní podkladem pro návrh systému zásobování vodou z VD Pěčín do územní působnosti VSVČ zpracovaného v rámci předprojektové přípravy [2] byl projekt z roku 1988 „Vodovod z VN Pěčín – II. stavba“ [3]. Původní projekt počítal s kapacitou zdroje Pěčín 1200 l/s v roce 2000, 2400 l/s v roce 2010 – 2030. Nynější návrh uvažuje s maximálním výkonem úpravní vody 410 l/s. Z původního návrhu je převzato z velké části směrové vedení tras, umístění úpravní vody východně od Rychnova nad Kněžnou a umístění přerušovací komory Holice. Návrh zásobování vodou Vodárenské soustavy východní Čechy z VD Pěčín je proveden s ohledem na napojení požadovaných hlavních vodojemů v dotčené lokalitě a převedení potřebného množství vody pro případ havárie na zdrojích, resp. ovlivnění zdrojů vody klimatickou změnou (sucho), předpokládanou vodárenskými společnostmi ve výhledu k roku 2052. Vodojemny plánované pro zásobování z VD Pěčín jsou dle požadavků provozovatelů vodárenské infrastruktury VDJ Nový Hradec Králové (Královéhradecká provozní, a. s.), VDJ Mikulovice, VDJ Kunětická Hora a VDJ Koudelka horní (Vak Pardubice, a. s.), VDJ STS, VDJ Tabulka, VDJ Častolovice a VDJ Šachov (vodojemny po trase přiváděcích řadů mezi ÚV a VSVČ - AQUA Servis, a. s.).

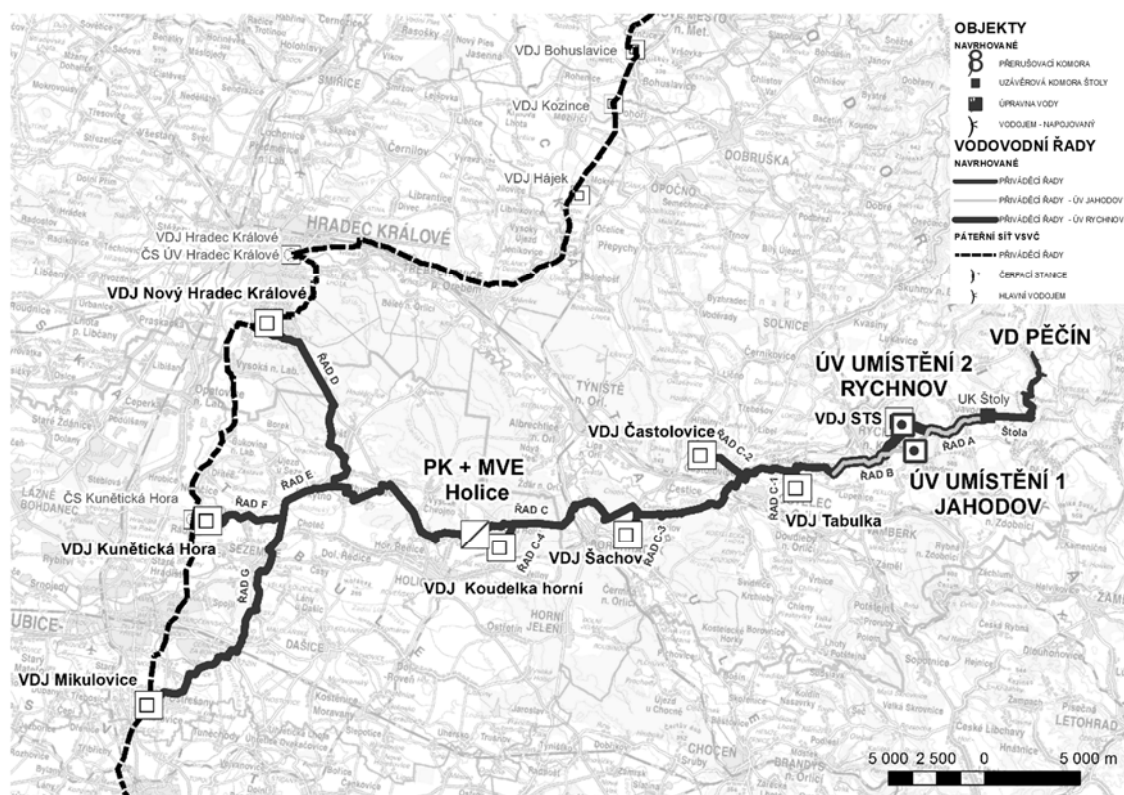
Umístění úpravní vody za štolou z odběrného objektu je navrženo ve dvou variantách. První vychází z projektu z roku 1988, kde byla úpravní voda umístěna východně od Rychnova nad Kněžnou. Alternativně byla vyhledána možnost dalšího umístění, a to jihovýchodním směrem od Rychnova nad Kněžnou nad obcí Jahodov.

Technologie úpravní vody je navržena jako jednostupňová s filtrací a předřazenou přípravou suspenze. Po filtraci bude následovat UV záření, stabilizace vody (ztvrzování dávkováním vápna a oxidu uhličitého) a desinfekce chlorem.



Obr. 2 navrhované dispoziční schéma ÚV

Návrh systému zásobování vodou je gravitační bez potřeby čerpání s dostatečnými tlakovými poměry pro dopravu vody do všech vodojemů požadovaných k napojení. Po trase je nutné snížení maximálního přetlaku v potrubí v přerušovací komoře Holice. Jedná se o přerušovací vodojem umístěný u obce Poběžovice u Holic. V objektu přerušovací komory je možné využití přebytečného spádu vody cca 45 m pro MVE.



Obr. 3 Přehledná situace návrhu připojení VD Pěčín na VSVČ

Odhad investičních nákladů zásobování vodou Vodárenské soustavy východní Čechy z VD Pěčín je cca 3 400 mil. Kč (836 mil. Kč připadá na úpravnu vody). Investice se skládá z přiváděcích řadů z tvárné litiny DN 150 – 800 v celkové délce mezi 88 a 89,6 km, úpravny vody, přerušovací komory a čerpacích stanic u vodojemů Mikulovice, Kozince a Bohuslavice, umožňující zásobování Náchodska a Chrudimska.

Zásobování VSVČ z podzemních zdrojů vody

Další možnou alternativou zásobování pitnou vodou VSVČ je zvýšení odběrů podzemní vody z vhodných hydrogeologických struktur. V rámci předprojektové přípravy [2] byly zhodnoceny geologické a hydrogeologické poměry v celkem 29 hydrogeologických rajónech, které se nacházejí v dostupné vzdálenosti od městské aglomerace Pardubice – Hradec Králové a ze kterých by v případě významnějších přebytků zásob podzemní vody mohla být odebírána podzemní voda v množství stovek l/s, jako alternativa plánované přehradní nádrže Pěčín na Zdobnici [4].

Z posouzení podmínek v jednotlivých hydrogeologických rajónech vyplývá, že celá řada z nich má na základě bilančního hodnocení sice přebytky zásob podzemní vody, většinou se však jedná pouze o omezené množství vody v desítkách l/s, navíc, především v krystalinických a permokarbonských rajónech, je toto množství vody plošně rozptýlené, bez možnosti jeho efektivnějšího centrálního využití. Přesto byly v rámci provedených

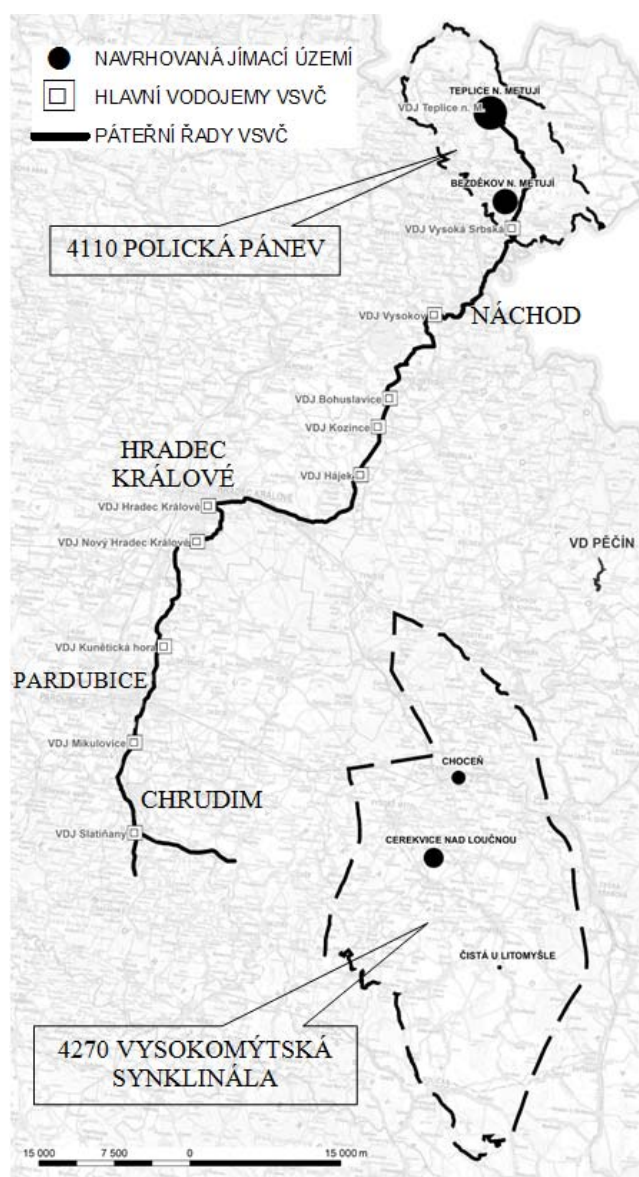
prací definovány dva hydrogeologické rajóny, které je možno hodnotit jako alternativní jímací oblasti ve vztahu k uvažovanému odběru povrchové vody z připravované nádrže Pěčín. Jejich základní charakteristika je následující:

Hydrogeologický rajón 4110 Polická pánev: jímatelné přebytky mimořádně kvalitní podzemní vody, s výrazně nižší mírou zranitelnosti ve srovnání s povrchovou vodou, jsou oceněny ve výši cca 200 l/s ve srovnání se současnými odběry. Tyto přebytky lze v důsledku příznivých strukturně tektonických poměrů jímat ve dvou soustředěných okrscích, a to v oblasti skalského zlomu v severním zvodnělém systému v prostoru obce Teplice nad Metují a v oblasti soutoku Metuje, Židovky a Dřevíče v jihozápadní části jižního zvodnělého systému pod Policí nad Metují. Výhodou oblasti je již existující, byť pro uvedené množství nedostatečně kapacitní, vodovodní propojení rajónu s Východočeskou vodárenskou soustavou. Očekávané náklady na jímání podzemní vody a její přípravu k distribuci lze odhadovat na cca 240 – 360 mil. Kč a náklady na napojení infrastruktury na Východočeskou vodárenskou soustavu jsou odhadovány ve výši 420 mil. Kč.

Hydrogeologický rajón 4270

Vysokomýtská synklinála:

z hlediska množství rovnocenná alternativa odběru povrchové vody z nádrže Pěčín, z hlediska jakosti výrazně lepší jakost vody a její nižší zranitelnost. Jímatelné přebytky podzemní vody jsou oceněny ve výši cca 500 l/s s tím, že v důsledku příznivých strukturně tektonických poměrů je lze jímat pouze ve třech soustředěných okrscích, a to v oblasti Čisté, Cerekvice nad Loučnou a Chocně. Výhodou oblasti je kromě zásadních ukazatelů jako jsou bilance zásob podzemní vody a její jakost, i relativní blízkost městské aglomerace Hradec Králové – Pardubice (cca 50 km) a příznivé výškové poměry, s možností gravitačního dotoku jímané podzemní vody ke spotřebišti. Očekávané náklady na jímání podzemní vody a její přípravu k distribuci lze odhadovat na cca 550 - 825 mil. Kč. a náklady na napojení infrastruktury na VSVČ jsou odhadovány na 2 400 mil. Kč.



Obr. 4 Situace umístění vytipovaných lokalit podzemních zdrojů pro zásobení VSVČ

Závěr

Z analýzy aktuálních požadavků na funkci a účel nádrže zahrnující využití vodárenské, akumulární, retenční a energetické vyplynulo, že nejen ve světle trendu klimatických změn je variantou víceúčelová nádrž s dominantní úlohou zásobování pitnou vodou. Vedlejší funkcí je pak částečná ochrana před povodněmi transformací kulminačních průtoků a zpomalením průchodu povodňové vlny oblastí oddálením doby kulminace, v případě vhodných manipulací lze hovořit o snížení stoletého průtoků na hodnoty odpovídající $Q_{20} \sim Q_{50}$, v případě dvacetileté povodňové vlny pak o úplné transformaci na neškodný odtok pod vodním dílem. Dalším vedlejším účelem nádrže je akumulární funkce ve vazbě na klimatickou změnu, která je zahrnuta částečně ve vodárenském účelu, který uvažuje ovlivnění hydrologického režimu klimatickým scénářem (rSCEN2). Plnění akumulární funkce je zároveň spojeno se zajištěním minimálních zůstatkových průtoků ve vazbě na hydroenergetické využití. Energetický účel využívající nemalý spád představuje nedílnou část výčtu předchozích.

Zpracovaný kvalifikovaný odborný odhad podzemních zdrojů vody je z hlediska věcného zatížení značnou mírou nejistoty a z hlediska finančního pak mírou nejistoty významnou. Pokud bude rozhodnuto o dalším pokračování prací, bude třeba zpracovat kvalitní projekt průzkumných prací v obou rajónech s nezbytnou předprojektovou prospekční částí. Oba hydrogeologické rajony mají významné rezervy i z pohledu zpracované rebilance zásob podzemní vody podle České geologické služby.

Zejména z hlediska zásob podzemní vody tedy alternativy pro VD Pěčín existují. Jejich zvýšené čerpání by se však projevilo na snížení přirozeného odtoku z území. Je předpoklad, že zvýšené užívání podzemních vod bude mít vliv na poklesy hodnot minimálních průtoků ve vodních tocích. Dalším možným rizikem je trend ve vývoji kvality podzemní vody na území ČR. Kontaminace podzemních vod pesticidy je častým jevem. Vzhledem k dlouhé reakční době vodních útvarů podzemních vod a aktuálnímu trendu masivního pěstování řepky olejné a kukuřice lze předpokládat další zhoršení tohoto stavu. Při návrhu případného zvýšení čerpání podzemních vod (jako alternativy k VD Pěčín) je tedy vhodné počítat i s těmito faktory.

Literatura

- [1] Zdobnice, Pěčín, výstavba přehradní nádrže – Studie proveditelnosti a investiční záměr, 10/2015, Společnost „SHDP+VRV“
- [2] Zdobnice, Pěčín, výstavba přehradní nádrže – předprojektová příprava – 1. Etapa, 11/2017, Společnost „SHDP+VRV“
- [3] Vodovod z VN Pěčín – II. Stavba, 1988, Hydroprojekt Praha s.p.
- [4] Posouzení hydrogeologických struktur s dokumentovanými přebytky využitelných zásob podzemní vody v množství min. několika set l/s, v reálném dosahu od aglomerace Hradec Králové – Pardubice, 2017, FINGEO s.r.o.

Kontakt

Ing. Michal Studničný, VRV a.s., tel. 257 110 341, studnicny@vrv.cz

Ing. Martin Tomek, VRV a.s., tel. 257 110 347, tomek@vrv.cz

Ing. Jan Cihlář, VRV a.s., tel. 257 110 296, cihlar@vrv.cz

Ing. Josef Drbohlav, Sweco Hydroprojekt a. s., tel. 261 102 456, josef.drbohlav@sweco.cz

Sorpčné materiály pre odstraňovanie bromičnanov z pitnej vody

prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.¹⁾; doc. Ing. Danka Barloková, PhD.¹⁾;
Ing. Ivana Marko¹⁾; RNDr. Jana Tkáčová, PhD.²⁾

- 1) Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, danka.barloкова@stuba.sk, jan.ilavsky@stuba.sk
- 2) Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava, tkacova@vuvh.sk

Abstrakt

V článku sú uvedené výsledky odstraňovania bromičnanov z vody adsorpciou použitím rôznych sorpčných materiálov (aktívne uhlie, zeolit, Klinopur-Mn, Bayoxid E33, GEH, Read-As a Aktivovaná alumina). Účinnosť vybraných sorpčných materiálov pri odstraňovaní bromičnanov z pitnej vody sa pohybuje od 10 do 40%. Z laboratórnych výsledkov vyplýva možnosť použitia zeolitu pri znižovaní koncentrácie bromičnanov vo vode. Výsledky budú doplnené o kolónové testy s aktívnym uhlím a zeolitom z Nižného Hrabovca..

ÚVOD

Bromičnany sú látky, ktoré sa bežne nenachádzajú v prírodných vodách, môžu sa vyskytovať v morskej a minerálnej vode (do 100 $\mu\text{g.l}^{-1}$). Prítomnosť bromičnanov v pitnej vode je obvykle spojená s dezinfekciou vody. Výnimkou je VZ Dvorníky, ktorý obsahuje 1 až 40 $\mu\text{g.l}^{-1}$ bromičnanov prirodzeného pôvodu. Bromičnany (BrO_3^-) vznikajú ako vedľajší produkt dezinfekcie vody ozónom za prítomnosti brómových iónov (BrO^-). Za určitých podmienok sa bromičnany môžu nachádzať v koncentrovaných roztokoch chlórnanu, používaných na dezinfekciu vody (napr. pri elektrolýze NaCl obsahujúcej ióny brómu, resp. starnutím roztoku). Bromičnany vznikajú aj oxidáciou prírodného brómu za prítomnosti oxidačných činidiel [1,2].

Podľa Vyhlášky č.247/2017 Z.z. je na Slovensku stanovená NMH bromičnanov v pitnej vode 0,01 mg.l^{-1} , čo je v súlade s odporúčaním Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO), Agentúry na ochranu životného prostredia (USEPA) a Smernice Rady 98/83/EÚ. Zisťuje sa najmä pri dezinfekcii chlórnanom sodným a ozónom.

Bromičnany sú nebezpečné látky, ktoré môžu zapríčiniť rôzne ochorenia u ľudí. Agentúra na ochranu životného prostredia (EPA) považuje bromičnan ako potenciálny ľudský karcinogén, hoci jeho účinky boli hodnotené iba v laboratóriách na zvieratách. Bromičnan draselný bol pridávaný do vody v rôznych koncentráciách a podávaný zvieratám po určitú dobu. Po ukončení experimentu na zvieratách boli zistené nádory na viacerých miestach, hlavne boli zasiahnuté obličky, štítna žľaza a pobrušnica [3,4].

Úroveň koncentrácie bromičnanov vo vode bola sledovaná hlavne v Kanade a Anglicku, na Slovensku zatiaľ neexistuje mnoho záznamov o ich prítomnosti vo vodách. Kanaďania už dlhé roky sledujú zastúpenie brómu vo vodách. V roku 1993 bolo odobraných 53 vzoriek pitnej vody a v dvoch z nich bola zistená prítomnosť bromičnanov v rozsahu od 0,2 do 0,5 mg.l^{-1} . Koncentrácia bromičnanov vo vode sa postupne zvyšovala a podľa posledných zverejnených výsledkov z roku 2013 bola zistená v 22 z 23 vzoriek priemerná úroveň koncentrácie 0,62 mg.l^{-1} [5].

Prítomnosť bromičnanov bola zistená aj v Európskych vodách, kde z 36 odobratých vzoriek surovej vody, vrátane riečnej a podzemnej, bola nájdená koncentráciou cca $2 \mu\text{g.l}^{-1}$ v dvoch vzorkách [5]. Vo verejných vodovodoch v Českej Republike bola zistená koncentrácia bromičnanov pohybujúca sa okolo $2,7 \mu\text{g.l}^{-1}$ [2]. Na území Slovenska sa bromičnany prevažne vyskytujú v minerálnych vodách (kúpele Číž a VZ Dvorníky).

V balenej vode bola zistená koncentrácia bromičnanov v rozmedzí od 0,2 do $37,3 \mu\text{g.l}^{-1}$, s priemernou koncentráciou $3,72 \mu\text{g.l}^{-1}$ pre vodu, ktorá nepodliehala ozonizácii a $18,14 \mu\text{g.l}^{-1}$ pre ozonizovanú vodu [2,5].

Existuje niekoľko spôsobov, ktorými je možné minimalizovať prítomnosť bromičnanov v pitnej vode. Dôležitým faktorom pre zníženie koncentrácie bromičnanu je poznanie základných charakteristík vodného zdroja (napr. teplota vody, pH, obsah bromidov, chemické zloženie vody a jej zmeny počas ročných období, dávka ozónu, a pod. [1].

Zníženie tvorby bromičnanov možno dosiahnuť napr. reguláciou hodnoty pH a amoniaku. So zvyšujúcou hodnotou pH sa zvyšuje percentuálne zastúpenie BrO^- , ktorý ľahko reaguje s ozónom a spôsobuje tvorbu bromičnanov. Pri nižšej hodnote pH sa zväčšuje percentuálne zastúpenie HBrO a nedochádza k tvorbe bromičnanov. Amoniak rýchlo reaguje s HBrO a OBr^- a účinne blokuje tvorbu bromičnanov. Pridávaním amoniaku do vody sa dosahuje účinnosť odstránenia bromičnanov 25-60%. Pokiaľ je bromid izolovaný, nedochádza k tvorbe bromičnanov, ale akonáhle sa amoniak úplne zoxидуje, dochádza k tvorbe bromičnanu. Pri niektorých vodných zdrojoch napr. v Holandsku sa na zníženie koncentrácie BrO_3^- do vody pridáva H_2O_2 , pričom účinnosť odstránenia bromičnanov sa pohybuje od 25 do 100% [1,5].

V súčasnosti existuje niekoľko technologických spôsobov, ktorými je možné zabezpečiť odstránenie bromičnanov z pitnej vody: koagulácia, UV žiarenie, membránové procesy, iónomeniče a adsorpcia [1,5].

Odstraňovanie bromičnanov použitím koagulácie [6] ukázalo nízku účinnosť trojmocných koagulantov a vysokú závislosť od pH prostredia (**tab. 1**). Napr. $\text{Al}(\text{OH})_3$ ($\text{Al}^{3+} = 60 \text{ mg/l}$) odstránil z vody len 5% BrO_3^- , naproti tomu koagulant FeCl_3 ($\text{Fe}^{3+} = 60 \text{ mg/l}$) odstránil až 20% bromičnanov. Najvhodnejším koagulantom sa ukázal Fe^{2+} .

Tab. 1 Účinnosť bežných koagulantov pri odstraňovaní bromičnanov z vody

Koagulant	Bromičnany [$\mu\text{g/l}$]					
	0	10	20	30	40	50
Al^{3+}	50	50	48	48	47	47
Fe^{3+}	50	50	46	43	42	39
Fe^{2+}	50	36	25	18	12	ND

UV žiarenie patrí medzi základné fyzikálne spôsoby dezinfekcie vody, ktoré zaručujú vysokú bakteriologickú účinnosť (cca 95 %). Maximálna účinnosť UV žiarenia je dosiahnutá pri vlnovej dĺžke od 260 do 265 nm [7]. Amy a Siddigui (1999) vo svojej štúdii uvádzajú, že efektívnosť odstraňovania bromičnanov z pitnej vody je veľmi odlišná a závisí od kvality vody, UV žiarenia a vlnovej dĺžky. V experimente používali strednotlakové a nízkotlakové UV žiarenie a zistili, že efektívnosť odstraňovania bromičnanov bola vyššia pri stredotlakovom UV žiarení. Pri dávke UV žiarenia $>400 \text{ mW.s/cm}^2$, $\text{DOC} < 2 \text{ mg/l}$ a nízkej alkalite bola účinnosť od 15 do 100 % [6].

Medzi membránové procesy používané na odstraňovanie bromičnanov z pitnej vody patria reverzná osmóza a elektrodialýza [7]. Dosahuje sa viac ako 80% účinnosť odstraňovania bromičnanov.

Iónomeniče sú špeciálne materiály, pri ktorých dochádza k výmene iónov rovnakého náboja medzi vymeniteľným iónom a zachytávaným iónom. Chen et al. v roku 2014 sledovali odstraňovanie bromičnanov z vodného roztoku pomocou iónovej výmeny a zistili, že účinnosť ionexov je silne závislá od hodnoty pH (so zvyšovaním hodnoty pH sa zvyšuje účinnosť odstránenia bromičnanov) [9]. Pri nízkej hodnote DOC a celkových rozpustených solí (TDS) môže účinnosť dosahovať až 100%.

Adsorpcia je separačný proces úpravy vody, pri ktorom sú rozpustené látky odstraňované z vody ich sorpciou na povrch tuhej látky. Adsorpčné procesy sú zvyčajne používané na úpravu pitnej vody, zabezpečujú odstránenie nežiadajúcich látok, ktoré spôsobujú zafarbenie vody, zmenu chuťových a pachových vlastností, látok vznikajúcich pri dezinfekcii vody (THM, prebytočný ozón a chlór). Taktiež sa používajú na odstraňovanie rôznych anorganických a organických látok (humínové látky, pesticídy, fluór, niektorých ťažkých kovov atď. [7].

Sorpčné materiály sú charakterizované schopnosťou veľmi rýchlo a účinne sorbovať organické a anorganické látky. Každý sorbent sa vyznačuje svojím špecifickým povrchom pripadajúcim na hmotnostnú jednotku sorbentu a zložením [8]. Z hľadiska molekulovej adsorpcie rozlišujeme dva druhy sorbentov *polárne* (hydratované oxidy, hlinitokremičitany a silikagél) a *nepolárne* (aktívne uhlie). Polárne sorbenty pozostávajú z disociovaných skupín udeľujúcich ich povrchu elektrický náboj. Nepolárne sorbenty sú charakteristické tým, že neobsahujú náboje a pri adsorpcii využívajú ich veľký povrch a Van der Waalsove sily. Polárne sorbenty adsorbujú látky polárneho charakteru, nepolárne uprednostňujú adsorpciu nepolárnych látok [8].

Existuje niekoľko druhov sorpčných materiálov, ktoré sú rozdelené do skupín podľa účelu odstraňovania látok z vody. Vo vodárenstve sa na odstraňovanie nežiaducich látok z pitnej vody najčastejšie používajú sorpčné (filtračné) materiály ako napr. granulované aktívne uhlie, zeolit (clinoptilolit), Aktivovaná alumina, Bayoxid E33, GEH, Kemira CFH 12 a CFH 18, materiály s vrstvou MnO₂, TiO₂, CeO₂ na povrchu.

Bromičnany patria podľa Vyhlášky č. 247/2017 Z.z. medzi ukazovatele kvality pitnej vody, ako súčasť úplného rozboru vody. Metódy používané na stanovenie rozpustených bromičnanov musia spĺňať požiadavky Smernice Rady 98/83/ EÚ. V súčasnosti existuje sedem metód schválených Agentúrou na ochranu životného prostredia – US EPA, ktoré sa využívajú na stanovenie koncentrácie bromičnanov v pitnej vode. Všetky metódy sú založené na princípe iónovej chromatografie s použitím rôznych detekčných techník (napr. s vodivostným detektorom, s indukčne viazanou plazmou a hmotnostným spektrofotometrom, s postkolonovým činidlom a UV/VIS spektrofotometrom, s potlačenou detekciou vodivosti, a pod.). Odlišujú sa detekčným limitom stanovenia, ktorý môže byť od 0,02 µg.l⁻¹ [5].

Na stanovenie bromičnanov je možné použiť aj izotachoforézu, príp. kombináciou kapilárnej izotachoforézy s kapilárnou zónovou elektroforézou [10]. Coulometria a spektrofotometrické metódy využívajú reakciu bromičnanov s bromidom v silne kyslom prostredí za vzniku brómu, ako farebný indikátor sa používa metylová oranž, príp. fuchsín. Sú menej selektívne (detekčný limit 1 až 5 µg.l⁻¹), vyžadujú časovo náročné predúpravu vzorky, prípravu vždy čerstvých roztokov (nesmú obsahovať voľný chlór, bróm, jód a iné oxidujúce látky), je nutné dodržať pracovný postup, merať kalibračnú krivku a vzorky v ten istý deň, atď. [11].

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Niektoré prírodné zdroje pitnej vody môžu obsahovať zvýšenú koncentráciu bromičnanov v porovnaní s limitnou hodnotou (podľa NV SR č. 354/2006 Z.z.). Na území Slovenska sa nachádza vodárenský zdroj Dvorníky, koncentrácia bromičnanov sa pohybuje v intervale 0,001 až 0,04 mg.l⁻¹. Z tohto dôvodu bola experimentálna časť zameraná na odstraňovanie bromičnanov z vody použitím vybraných sorpčných materiálov.

Experiment bol urobený na Katedre zdravotného a environmentálneho inžinierstva, SvF STU, kde prebiehala príprava (pranie, sušenie) a váženie sorpčných materiálov, príprava modelovej vody a sorpcia bromičnanov z vody. Samotná analýza vzoriek prebiehala vo Výskumnom ústave vodného hospodárstva v Bratislave.

Boli použité tieto sorpčné materiály:

1. GEH (0,6 – 1,6 mm), (hydroxid železitý, GEH Wasserchemie, Nemecko)
2. Bayoxide E33 (0,5 – 2,0 mm), (oxid železitý, Severn Trend, Anglicko)
3. Klinopur Mn (0,6 – 1,6 mm), (povrchovo upravený zeolit s vrstvou MnO₂, Zeocem, a.s.)
4. Read – As (0,3 – 1,0 mm), (oxid ceričitý, Nihon Kaisui Co Ltd, Japonsko)
5. Aktivovaná alumina (1,5 – 2,5 mm), (oxid hlinitý, Čína)
6. GAU - Filtrasorb F 400 (0,42 – 1,68 mm), (Chemivron Carbon, Belgicko)
7. Prírodný zeolit (0,5 – 1,5 mm), Zeocem, a.s. Bystré

Na experimentálnu skúšku bola použitá podzemná voda z vodného zdroja Dvorníky. Chemický rozbor surovej vody je uvedený v **tab. 2**. Vzhľadom na nízku koncentráciu bromičnanov, ako aj za účelom zvýšenia presnosti merania, bol do vzoriek surovej vody z Dvorníkov pridaný štandard bromičnan sodný (NaBrO₃), čím sa koncentrácia bromičnanov v modelovej vode zvýšila na hodnotu 91,3 µg.l⁻¹.

Experiment prebiehal statickou skúškou v laboratóriu. Do 200 ml modelovej vody s pH 7,38 bolo pridaných 2,0 g sorbentu. Vzorky boli priebežne miešané a po 1, 4 a 8 hodinách bolo odobraných 100 ml vody. Na stabilizáciu bromičnanov sme pridali EDA – etyléndiamín (0,1 ml do 100 ml vzorky).

Tab. 2 Chemický rozbor podzemnej vody z vodného zdroja Dvorníky (2.3.2017)

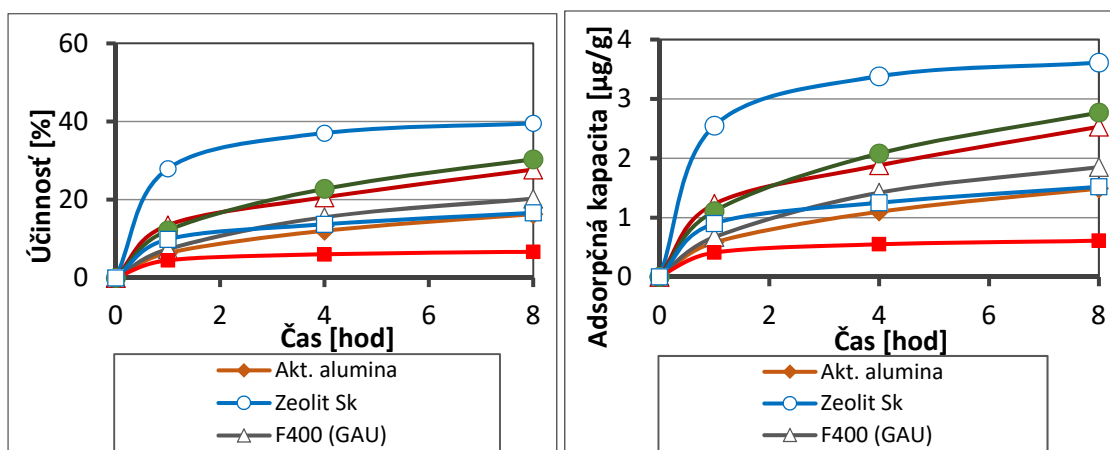
Parameter	Jednotka	SV	Parameter	Jednotka	SV
pH		7,39	Fe total	mg/l	0,02
vodivosť	mS/m	65	Mn	mg/l	0,024
farba	mg/L Pt	2	Na ⁺	mg/l	17,24
zákal	FTU	0	Ca ²⁺	mg/l	102
KNK _{4,5}	mmol/l	5,71	Mg ²⁺	mg/l	25,84
ZNK _{8,3}	mmol/l	0,55	Ca + Mg	mmol/l	3,60
CHSK-Mn	mg/l	0,68	Cl ⁻	mg/l	24,35
RL (105°C)	mg/l	570	NO ₃ ⁻	mg/l	29,21
NH ₄ ⁺	mg/l	0,05	SO ₄ ²⁻	mg/l	98,46

Koncentrácia bromičnanov bola stanovená pomocou prístroja EcaFlow 150 GLP od firmy ISTRAN s.r.o, Slovensko, ktorý pracuje na princípe prietokovej coulometrie a vnútroelektrodových coulometrických titrácií. Pri tejto metóde dochádza v kyslom

prostredí k redukcii bromičnanov na bróm, ktorý sa následne stanoví chronopotenciometricky. Plocha zaregistrovaného signálu – chronopotenciogramu je priamo úmerná koncentrácii bromičnanov vo vode. Na odstránenie rušivých vplyvov chloritanov a ďalších oxidačných činidiel sa ku vzorke pridával Fe^{2+} [12].

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Účinnosť odstraňovania bromičnanov z vody použitými sorpčnými materiálmi bola sledovaná pri pH 7,38, vstupnej koncentrácii bromičnanov $91,3 \mu\text{g.l}^{-1}$ a dobe kontaktu vody so sorbentom po jednej hodine, po štyroch hodinách a po ôsmich hodinách. Výsledky statickej skúšky boli získané vždy z dvoch paralelných meraní vzorky. Pri každej sade analýz bola správnosť meraní kontrolovaná referenčným materiálom s koncentraciou $100 \mu\text{g.l}^{-1}$ a $75 \mu\text{g.l}^{-1}$ bromičnanov. Výsledky sú uvedené na **obr. 1**.



Obr. 1 Priebeh adsorpčnej účinnosti odstraňovania bromičnanov z vody (vľavo)
a adsorpčnej kapacity odstraňovania bromičnanov z vody (vpravo)

Na základe daných výsledkov môžeme konštatovať, že pri pH 7,38 a začiatočnej koncentrácii bromičnanov pred adsorpciou $91,3 \mu\text{g.l}^{-1}$, ani jeden s použitých materiálov nedokázal znížiť koncentraciu bromičnanov pod limitnú hodnotu stanovenú Vyhláškou č. 247/2017 Z.z. ($10,0 \mu\text{g.l}^{-1}$). Ako najúčinnnejší sorpčný materiál sa preukázal zeolit (Clinoptilolit), ktorý po prvej hodine dokázal odstrániť 27,93 % a po ôsmich hodinách 39,54 % bromičnanov z modelovej vody. Adsorpčná kapacita zeolitu sa menila závislosti od doby kontaktu a pohybovala sa od $2,55 \mu\text{g.g}^{-1}$ po prvej hodine až po $3,61 \mu\text{g.g}^{-1}$ po ôsmich hodinách. Účinnosť ostatných sorpčných materiálov bola pomerne nízka, po ôsmich hodinách nebola vyššia ako 30,0%. V literatúre sa často odporúča použitie GAU na odstraňovanie bromičnanov, avšak nie každé aktívne uhlie je vhodné. Niektoré práce uvádzajú 50-80% účinnosť, niektoré sa odvolávajú na špecifikáciu materiálu GAU, niekde je dokonca uvedené, že GAU je neúčinné pre bromičnany.

ZÁVER

Cieľom experimentu bolo v laboratórnych podmienkach sledovať účinnosť vybraných sorpčných (filtračných) materiálov pri odstraňovaní bromičnanov z vodného zdroja Dvorníky, pričom po pridaní štandardu bola výsledná koncentrácia bromičnanov $91,3 \mu\text{g.l}^{-1}$. Na základe statických skúšok bola porovnaná adsorpčnú účinnosť jednotlivých sledovaných materiálov a vypočítaná ich adsorpčná kapacita.

Na základe výsledkov vyplýva možnosť použitia zeolitu z Nižného Hrabovca pri odstraňovaní bromičnanov z vody, čo môže byť spôsobené sorpciou, ale aj iónovýmennou schopnosťou zeolitu. V prípade granulovaného aktívneho uhlia Filtrasorb F400 po 8 hod kontaktu s vodou bola účinnosť odstraňovania bromičnanov iba 20,2 % z celkového množstva bromičnanov vo vode. Z ostatných sledovaných materiálov vykazujú dobrú sorpčnú účinnosť GEH a Read-As ((30% po 8 hodinách kontaktu s vodou). V experimentoch sa bude pokračovať.

PodĎakovanie

Experimentálne merania boli uskutočnené za finančnej podpory projektu APVV-15-0379 a projektu VEGA 01/0400/15.

Literatúra

- [1] Marko, I. (2017). Odstraňovanie bromičnanov z vody. Diplomová práca. Bratislava: Stavebná fakulta, STU, 2017. SvF-5378-56732.
- [2] Pitter, P. (2009). Hydrochemie, 4 vyd., Praha: VŠCHT Praha, 592 s. ISBN: 978-80-7080-701-9.
- [3] WHO (2005). Bromate in Drinking-water. background document for development of WHO guidelines for drinking water quality. World Health Organization, Geneva, Switzerland (WHO/SDE/WSH/05.08/78).
- [4] WHO (2009). Bromate in Drinking-water. background document for development of WHO guidelines for drinkingwater quality. World Health Organization, Geneva, Switzerland (WHO/SDE/WSH/09.01/6).
- [5] Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water Health Canada (2017). Bromate in drinking water. [Online]. (<https://www.canada.ca/en/health-canada/programs/bromate-drinking-water/bromate-drinking-water.html#purpose>).
- [6] Amy, G.L., Siddiqui, M.S. (1999). Strategies to control bromate and bromide. AWWA Research Foundation and American Water Works Association, Denver, Colorado.
- [7] Malý, J., Malá, J. (2006). Chemie a technologie vody. Brno: ARDEC. 331 s. ISBN: 80-86020-50-9.
- [8] Ilavský, J., Barloková, D., Biskupič, F. (2008). Chémia vody a hydrobiológia, Bratislava: STU v Bratislave, 303 s. ISBN: 978-80-227-2930-7.
- [9] Chen, R., Yang, Q., Zhong, Y., Li, X., Liu, Y., Li, X.M., Du, W.X., Zeng G.M. (2014). Sorption of trace levels of bromate by macroporous strong base anion exchange resin: Influencing factors, equilibrium isotherms and thermodynamic studies. Desalination Vol. 344, pp. 306-312.
- [10] Houser, J., Fűrstová, B., Kopčilová M. (2008). Príspěvek ke spektrofotometrickému stanovení bromičnanů. In: Hydrochémia 2008, Slovenská vodohospodárska spoločnosť ZSVTS pri VUVH, Bratislava 14. –15.5.2008, s. 61-70. ISBN 978-80-89062-55-3.
- [11] Moricová, K., Súkeníková, M., Pajtášová, M. (2014). Spôsoby stanovenia bromičnanov v dezinfikovanej vode. In. Zborník Priemyselná toxikológia 2014, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Svit, 18.–20.6.2014, s. 81-84. ISBN 978-80-227-4181-1
- [12] Tkáčová, J., Horváth, M., Kassai, A., Kútniková, D., Božíková, J. (2011) Stanovenie bromičnanov prietokovou coulometriou vo vodách určených na ľudskú spotrebu In: Hydroanalytika 2011. Sborník 4. konference. Hradec Králové, 13.–14.9.2011. ISBN 978-80-9049986-0-0.

Význam ozonizace při odstraňování mikroznečištění z pitné vody

Ing. Jiří Beneš

DISA s.r.o., Barvy 784/1, 638 00, Brno, e-mail: benes@disa.cz

ABSTRAKT

Cílem příspěvku je představení ozonizačního procesu a jeho potenciální role při odstraňování různého mikroznečištění z pitné vody. Pozornost je věnována jak porovnání vlastní ozonizace s alternativní filtrací na granulovaném uhlí, tak přednostem kombinace těchto dvou procesů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ozon, oxidace, AOP, pesticidy, léčiva, geosmin, 2-MIB, GAU, biologická stabilita vody, AOC

ÚVOD

Ozon je jedno z nejstarších dezinfekčních činidel používaných ve vodárenství. První kontinuální ozonizace pitné vody byla zprovozněna již koncem 19. stol. V České republice je jeho nejčastější aplikace při úpravě pitné vody, i když se v poslední době začíná diskutovat i jeho využití na čistírnách odpadních vod. Byť tomu bylo historicky jinak, dnes je ozon využíván spíše pro své oxidační než dezinfekční vlastnosti.

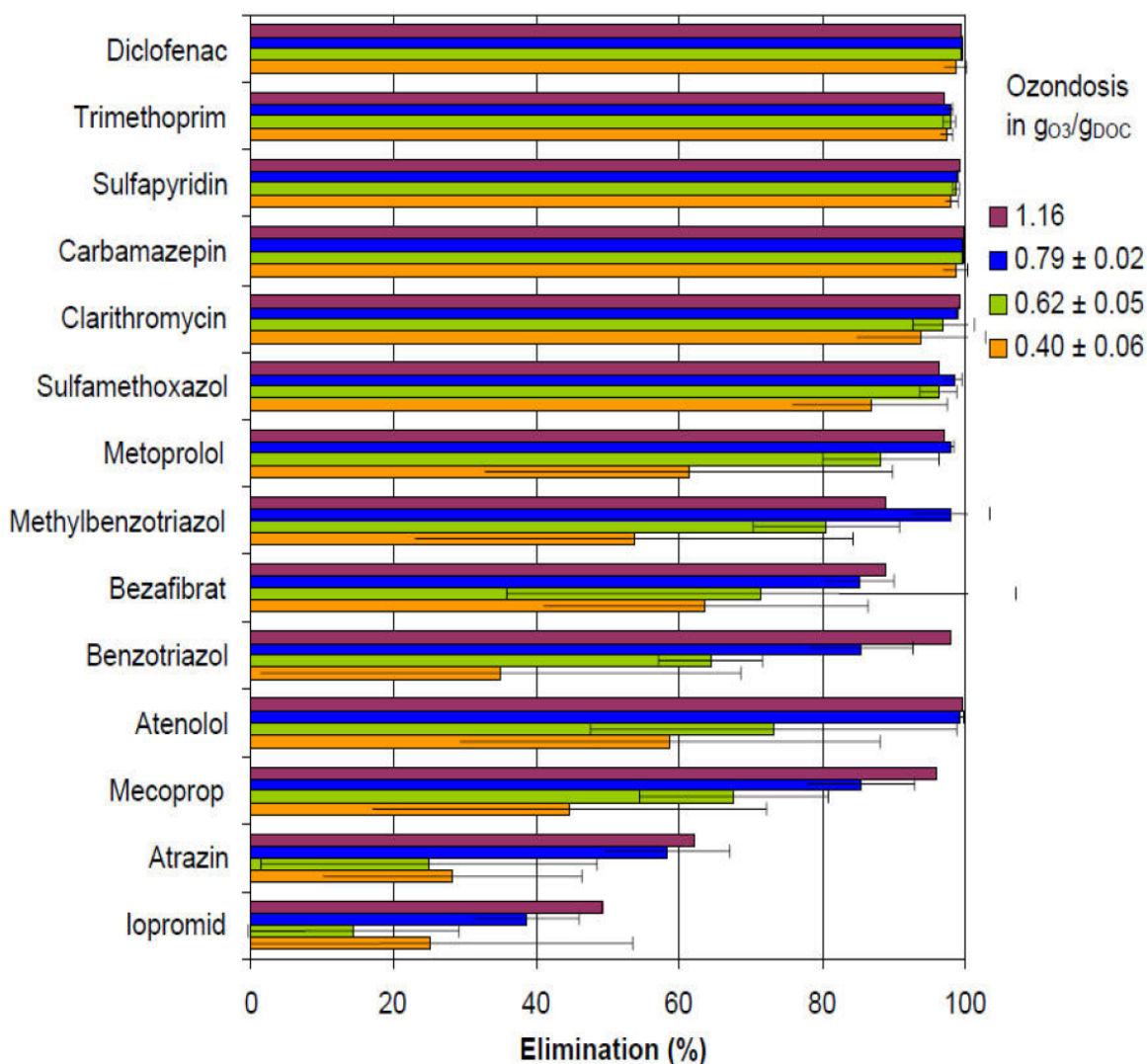
Ozon se řadí mezi nejsilnější oxidační činidla, a proto nachází uplatnění tam, kde jsou ostatní procesy nedostatečně účinné. Jednou z oblastí využití je právě likvidace mikroznečištění. Pojem mikroznečištění/mikropolutant je obvykle označována znečišťující látka, která se ve vodě vyskytuje ve velmi nízkých koncentracích (řádově desítky µg/l a méně). Poslední dobou se věnuje zvýšená pozornost tzv. novým mikropolutantům (Emerging Pollutants). Tyto obvykle dělíme na několik skupin jako jsou:

- a) zbytky léčiv
- b) endokrinní disruptory - látky ovlivňující endokrinní systém
- c) prostředky osobní hygieny a kosmetické přípravky (Personal Care Products).
- d) pesticidní látky
- e) látky ovlivňující senzoriku vody (geosmin, 2-MIB)

Největším zdrojem výše uvedeného mikroznečištění (a-c) jsou komunální čistírny odpadních vod. Uvádí se, že v závislosti na typu léčiva jich projde lidským tělem beze změny 50 - 90%. Z tohoto důvodu se věnuje velká pozornost možnostem likvidace organického mikroznečištění v odpadní vodě na výstupu z klasických ČOV.

S touto problematikou mají největší zkušenosti ve Švýcarsku, kde 1. 1. 2016 vešla v platnost legislativa, která požaduje min. 80% redukci vybraných 12 mikropolutantů (*amisulprid, carbamazepine, citalopram, clarithromycin, diclofenac, hydrochlorothiazid, metoprolol, venlafloxin, benzotriazol, candesartan, irbesartan, methylbenzotriazol*). Z celkového počtu 700 švýcarských komunálních ČOV se tato legislativa vztahuje na vybraných 100 -150 ČOV, jejichž kapacita však představuje ca 50% celkového množství vyčištěné odpadní vody. Jak ukazují mnohé studie, požadavek na 80% redukci není na standardních čistírnách

odpadních vod dosažitelný, a proto je třeba doplnit další stupeň čištění. Nejčastěji se jedná právě o ozonizaci nebo dávkování práškového aktivního uhlí (PAU). V obou případech následuje filtrační stupeň z důvodu separace biodegradabilních oxidačních produktů v případě ozonizace, v druhém případě z důvodu separace PAU.



Graf č. 1: Účinnost odstranění jednotlivých farmak v závislosti na dávce ozonu g_{O_3}/g_{DOC} [1]

Z grafu č. 1 je patrné, že dávka ozonu $0,79 \text{ g}_{O_3}/\text{g}_{DOC}$ zajistí min. 80% redukci všech uvedených mikropolutantů s výjimkou atrazinu a Iopromidu. V těchto dvou případech lze zvýšit účinnost odstranění pomocí AOP (Advanced Oxidation Process) a oxidaci řešit prostřednictvím OH radikálů. Obecně lze říci, že ozon chová k léčivům poměrně vysokou afinitu a to v tomto pořadí:

Estrogeny > Diklofenak, Karbamazepin atp. > Bezafibrat, Ibuprofen > Ketoprofen, kys. Klobfibrová > Kontrastní látky Iopromid, Iopamidol, Iohexol.

Pitná voda

V České republice se je ozonizace pitné vody poměrně rozšířenou technologií. Důvodů pro využití ozonu je vícero, přičemž významný podíl představuje právě likvidace mikroznečištění. Ve většině případů se jedná zejména o redukci pesticidů a zlepšení senzorických vlastností. Příčinou takového znečištění je obvykle zdroj vody pitné vody

ovlivněný zemědělskou výrobou (pesticidy) či eutrofizací (toxiny řas - geosmin, 2 MIB, microcystin). Vodárenské společnosti zatím nemají legislativní důvod snižovat koncentrace léčiv ve vyráběné pitné vodě. Díky rostoucím možnostem detekční techniky nyní víme, že v povrchových vodách se léčiva běžně vyskytují a jejich koncentrace závisí na míře kontaminace vodárenského zdroje vyčištěnou odpadní vodou.

Pro likvidaci organického mikroznečištění se ozonizace obvykle zařazuje z pohledu úpravárenské linky za pískovou filtraci (tzv. postozonizace), za kterou by měla následovat filtrace na granulovaném aktivním uhlí. Tento technologický proces využívají i jedny z největších českých úpraven vod - např. ÚV Plzeň a ÚV Želivka (filtrace na GAU se připravuje), dále ÚV Mostiště, ÚV Hosov, ÚV Hradec Králové.



Obr. 1: Generátory ozonu na ÚV Plzeň



Obr. 2: Generátory ozonu na ÚV Želivka

Pokud připustíme přítomnost léčiv v surové vodě, lze tvrdit, že každá úprava povrchové vody rozumně provozující postozonizaci s dávkou min. 1 g/m^3 bude účinně snižovat jejich koncentrace, zejména hormonů, antibiotik (viz graf č. 1).

Ozonizaci lze využít i v případech spojených se senzorickými problémy, kde mikroznečištění představují látky geosmin a 2-MIB (2-Methylisoborneol). Tyto látky mají velmi nízké prahové hodnoty senzorického vnímání (řádově v jednotkách ng/l). Ve zprávě [2] se uvádí jejich redukce samotnou ozonizací 87% - 95%. Následně zařazené GAU zajistilo redukci o dalších ca 80%, na rozdíl od antracitu, který se ukázal prakticky neúčinný.

Ozonizace vody = mineralizace nebo částečná oxidace a transformace

V běžné provozní praxi na úpravnách vod nelze očekávat kvantitativní mineralizaci organického mikroznečištění a jeho přeměnu na CO_2 a H_2O . Degradace mikroznečištění ozonem je poměrně komplexní proces ovlivněný mnoha parametry (pH, teplota, TOC, TIC). Často identifikované produkty jsou látky polární povahy s menší molekulovou hmotností než měla původní látka, jako například alkoholy, karboxylové kyseliny. Pro příklad lze uvést výsledky studie, která se zabývala ozonizací acetochloru [3]. Zde byly identifikovány tyto produkty: kys. octová, kys. chloroctová, kys. mravenčí, chloridové a dusičnanové anionty.

Tyto produkty jsou poměrně rezistentní vůči ozonu (dead end products), ale snadno biodegradovatelné a vyznačují se nižší toxicitou než původní látky. V práci [3] byl proveden test akutní toxicity užitím *Daphnia magna*. Z tabulky č. 1 je zřejmé, že produkty ozonizace jsou méně toxické ve srovnání s toxickými účinky mateřské látky.

Ozonization time, min	0	30	60
$\gamma_{EC50(24h)}$, mg.L ⁻¹	6,3	16,0	20

Tab. č. 1: *Výsledky testu akutní toxicity na Daphnia magna[3]*

Lze tedy formulovat základní myšlenku, že správně vedenou ozonizací organického mikroznečištění (pesticidy, toxiny řas, léčiva) dochází k jeho podstatné redukci, ke ztrátě jeho fyziologických vlastností, snížení toxicity, ale současně k tvorbě menších biodegradabilních oxidačních produktů.

Ozonizací tak může být snížena biologická stabilita pitné vody, což se může projevit následným oživením pitné vody v distribučním systému - zejména v parametru počty kolonií. Biologická stabilita se obvykle hodnotí podle parametru AOC (Assimilable Organic Carbon). Vyšší hodnota AOC souvisí s větším množstvím biologicky využitelných organických látek a tudíž je typické pro biologicky méně stabilní vody. Studie [2] se zabývala i vlivem biofiltrace ozonizované vody na snížení parametru AOC. Testována byla média antracit a aktivní uhlí. Výsledky uvedené v tabulce č. 2 ukazují, že obě filtrační media zvládnou redukovat hodnotu AOC cca o 50%. Zařazením takové filtrace za ozonizační stupeň je zajištěna produkce biologicky stabilní pitné vody (AOC<50µg/l)

Name of Phases	N=	BAF EBCT [min]	Water Source	AOC concentration in water [µg/L acetate-C equivalents]		% AOC Removal	
				Ozone inlet	BAF inlet	Anthracite	GAC
Mature Phase	5	10	Sand Filtrate	20.1 - 33.6	33.3 - 45.4	35.5 ± 3.3%	40.8 ± 8.7%
	3	13		14.4 - 47.9	99.3 - 108.5	58.1 ± 1.1%	63.0 ± 3.4%
	4	16		12.1 - 19.3	65.1 - 87.0	44.2 ± 6.2%	62.0 ± 3.4%

* AOC concentrations in water samples are determined by Lab (standard method 9217)

Tab. č. 2: *Průměrné koncentrace AOC ve vodě před a po ozonizaci a míra jejího snížení díky biofiltraci (antracit/granulované uhlí - BAF). Vstupní voda: TOC:2,4-3,2 mg/l. [2]*

Možnost likvidace organického mikroznečištění na GAU

Sorpce organického mikroznečištění na GAU funguje výborně. Minimálně ze začátku, kdy je aktivní uhlí nové. Pokud provozovatel úpravy chce snižovat organické mikroznečištění v co největší míře - jak kvalitativně, tak kvantitativně, je otázkou jak bude původní účinnost s dobou provozu klesat. Mnohé se dá pochopitelně ovlivnit typem a množstvím GAU, nicméně v některých případech je třeba měnit GAU z důvodu snížení účinnosti po relativně krátké době (několik měsíců). Obecně platí, že časem dochází k poklesu účinnosti odstranění u jednotlivých polutantů až na nedostatečně nízkou úroveň, kdy je potřeba GAU vyměnit/reaktivovat.

Ne alternativa, ale kombinace Ozon + biologicky aktivní GAU

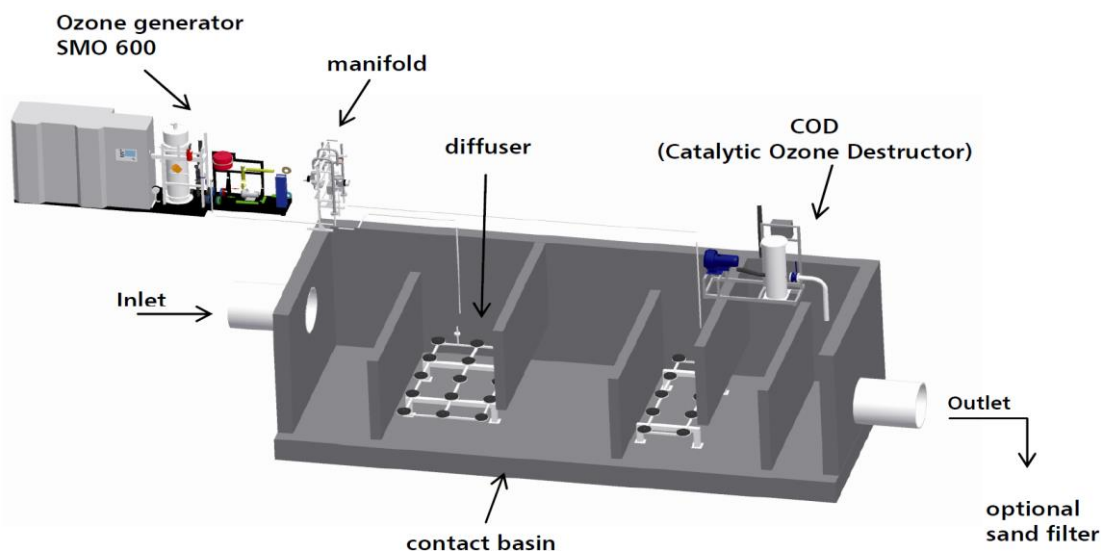
Oba procesy (chemický a biologický) spolu dobře spolupracují: biologicky těžko rozložitelné látky (např. aromáty) se snadno ozonizují za tvorby ozonizačních produktů (nízkomolekulární organické kyseliny), které jsou snadno, nebo alespoň více biodegradabilní než původní organické látky a současně těžko dále oxidovatelné ozonem. Fyzikální adsorpce na GAU je tak doplněna biodegradací, což vede k prodloužení životnosti GAU díky tomu, že biodegradabilní podíl organických látek (OL) bude odstraněn biologicky a nesníží kapacitu GAU.

Kombinací ozonizace a následné filtrace na GAU získáme tyto výhody:

- 1) Vyšší míru redukce organického mikroznečištění díky příspěvku obou procesů
- 2) Prodloužení životnosti GAU díky biodegradaci, lepšímu využití povrchu GAU a nižším nárokům na míru odstranění
- 3) Produkci biologicky stabilní pitné vody prosté mikroznečištění.

Popis ozonizační sestavy

Ozonizace vody neznamena jen pořízení generátoru ozonu, ale jedná se o komplexní systém, který je schematicky popsán na obr. 3.



Obr. č. 3: Schéma ozonizační sestavy

Ozonizační sestava obvykle zahrnuje:

- zdroj kyslíku (okolní vzduch, zásobník kapalného kyslíku)
- generátor ozonu
- chlazení generátoru (dostupná chladicí voda nebo autonomní chladič)
- systém pro vnos plynného ozonu do vody (difuzory, injektory, GDS Statiflo)
- nádrž poskytující potřebnou dobu reakce (min. 20 min.)
- destruktor zbytkového ozonu zpětně uvolněného z vody
- bezpečnostní prvky - detekce úniku ozonu do ovzduší

Provoz ozonizace se řídí automaticky podle požadavků provozu. Dnes je běžná regulace od požadované dávky ozonu nebo požadované hodnoty rozpuštěného ozonu v daném místě reakční nádrže. V druhém případě lze při znalosti hydraulické doby zdržení vypočítat jednu s klíčových provozních hodnot ozonizačního procesu - CT hodnotu ($\text{mg.l}^{-1}.\text{min.}^{-1}$).

Kolik provoz ozonizace stojí?

Příklad:	pitná voda po pískové filtraci (povrchový zdroj)
Účel ozonizace:	likvidace mikroznečištění o min. 80% (léčiva)
Nominální průtok:	200 l/s
Dávka ozonu:	2 g/m^3 (max. kapacita generátoru ca 1,5 kg/hod. O_3)

Předpokládané ceny pro kalkulaci provozních nákladů byly použity z úpravny vody stejné kapacity, jak vzhledem k průtoku, tak vzhledem k velikosti generátoru ozonu

Náklady na kyslík: 4,81 Kč/kg + 13 500Kč měsíční nájem zásobníku LOX
Náklady na el. energii: 2 Kč/kWh

Provozní náklady tvoří:

el. energie: 18 kWh x 2Kč = 36 Kč/hod.
kyslík: 8,3 Nm³/h x 6,87 Kč + 13 500Kč/720 = 78 Kč/hod.
údržba: odhad 18 000 Kč/ročně, tj. 2 Kč/hod.
celkové hodinové náklady pro výrobu 1,5 kg O₃: 116 Kč/hod.

při průtoku 720 m³/h se jedná o náklady ca 0,16 Kč/m³ pitné vody

Pozn.: Do kalkulace provozních nákladů se uvažoval vnos ozonu pomocí GDS Statiflo a chlazení generátoru upravenou pitnou vodou vypouštěnou zpět před pískovou filtrací.

ZÁVĚR

Ozonizace pitné vody nabízí při odstraňování organického mikroznečištění z vody zajímavou alternativu, která nabízí:

- vysokou účinnost odstranění
- prodloužení životnosti GAU
- spolehlivý provoz s automatickou regulací
- nízké provozní náklady: 0,16 Kč/m³ pitné vody

Úpravný již nyní provozující ozonizaci s následnou filtrací na GAU mají v rukou nejlepší dostupnou technologii pro odstranění organického mikroznečištění a vyrábí pro své zákazníky biologicky stabilní pitnou vodu nejvyšší kvality.

SEZNAM LITERATURY

- [1] BAFU EAWAG et al : "Ozonung von gereinigtem Abwasser, final pilot trial report" June, 2009
- [2] Wang, J. et al: *Production of micro-pollutants free and bio-stable drinking water*, full paper from pilot testing, Singapore's national water agency, 2016
- [3] M. Kene, J. Kurnik: *Ozonization of Acetochlor: Kinetics, By-Products and Toxicity of Treated Aqueous Solutions*, Chem. Biochem. Eng. Q 18(3) 241-247 (2004)
- [4] Eggen R., Hollender J., Joss A., Schärer M., Stamm Ch.: (2014): *Reducing the Discharge of Micropollutants in the Aquatic Environment: The Benefits of Upgrading Wastewater Treatment Plants*, Environ. Sci. Technol. 2014, 48, 7683-7689
- [5] Ried, A.; Scheideler, J.: *Advanced Oxidation Process (AOP) in water treatment*, IOA Ozone Symposium, Wasser Berlin, 2017
- [6] Urs von Gunten et al.: *Oxidation of Pharmaceuticals during Ozonization of Municipal Wastewater Effluents: A Pilot Study*, IOA 17th World Ozone Congress, Strasbourg, 2005

Úpravna vody Hradec Králové Orlice po provedení III. etapy rekonstrukce

Ing. Pavel Král, Ph.D.¹⁾; Bc. Petr Navrátil¹⁾; Ing. Miroslav Tomek²⁾

¹⁾ Královéhradecká provozní, a.s., Víta Nejedlého 893, 500 03 Hradec Králové, pavel.kral@khp.cz

²⁾ Projektant elektro, Tř. 1. máje 1727, 753 01, Hranice, tomek.elektro@seznam.cz

Abstrakt

Úpravna vody Hradec Králové prošla zásadními rekonstrukcemi v několika etapách a to v letech 2010-2012 (chemické hospodářství, ozonizace), 2012-2014 (flokulace a flotace, otevřené filtry a GAU filtrace) a 2016-2017 (mechanické předčištění a jímání, čerpací stanice pitných vod). Akce se svým rozsahem dotkly všech separačních stupňů. Při poslední etapě rekonstrukce (III. etapa), která byla v roce 2017 úspěšně dokončena, byl modernizován objekt jímání a hrubé filtrace surové vody a zejména pak provozní soubor určený pro čerpání pitné vody na centrální vodojemy NHK – tzv. Nová strojovna. Tento příspěvek popisuje rekonstrukci a detailně se zaměřuje na III. etapu – zejména rekonstrukci čerpacích stanic Litá a ÚV a vyhodnocení jejího dopadu.

Úvod

Úpravna vody Hradec Králové využívá jako zdroj surové vody řeku Orlici. Ta je vzhledem k dolnímu toku řeky význačná velkou nestabilitou kvality surové vody, doznává velikých výkyvů a to zejména v parametrech oživení organismy, zákal a teplota.

Úpravna vody na Orlici v Hradci Králové byla kolaudována v roce 1962. Od té doby na ní probíhaly až do roku 1991, kdy byla doplněna ozonizace, pouze údržba a opravy. Po delší předprojektové a projekční přípravě prošla úpravna v letech 2012 až 2014 zásadní rekonstrukcí. Došlo ke kompletní rekonstrukci všech separačních stupňů. Na prvním separačním stupni byla provedena výměna nevyhovujících galeriových čiričů za dvojici flotačních jednotek. I druhý separační stupeň doznal změn významných - původní pískové filtry s mezidny byly rekonstruovány osazením drenážního filtračního systému Triton, na který byla umístěna náplň Filtralite MonoMulti. Rekonstrukci si vyžádal také třetí stupeň - tlakové filtry s granulovaným aktivním uhlím. Příprava této části rekonstrukce, její průběh i provozní zkušenosti získané při garančních testech flotační jednotky byly již prezentovány na několika významných konferencích v posledních letech ([1],[2],[3]). Projektantem celé stavby byla společnost VODING Hranice. Vítězem výběrového řízení pro tuto rekonstrukci ÚV se stalo sdružení Úpravna Hradec, reprezentované společnostmi KUNST, spol. s r.o., VCES, a.s. a Královopolská Ria, a.s. Mezi hlavní subdodavatele patřily společnosti ENVI-PUR, s.r.o., CESA, a.s. a GDF, s.r.o. Celkové náklady na rekonstrukci se pohybovaly kolem 130 mil. Kč. Rekonstrukce probíhající od léta 2012 do konce roku 2014 byla prováděna na výkon $150 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Rekonstrukce navazujících celků – jímacího objektu, hrubé filtrace surové vody a čerpacích stanic pro čerpání upravené vody společně s vodou podzemní z pánve Litá proběhla v rámci tzv. III. etapy v roce 2016 – 2017.

Popis jednotlivých separačních stupňů

1. stupeň – flokulace a flotace

Voda po nadávkování chemikálií (a možné před-ozonizaci) je vedena na dvě linky flokulace a flotace s maximálním výkonem každé linky $75 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Je instalována flotační jednotka firmy Leopold. Tato jednotka byla pro tuto úpravnu dimenzována na základě poloprovozních modelových testů provedených v roce 2010. Jednotka byla vložena do betonových nádrží původních galeriových čističů, které byly pro tuto novou funkci stavebně upraveny. Z provedených testů vyplynuly následující návrhové parametry linek flotace: [1]

Tabulka 1. Návrhové parametry flotačních linek na ÚV Hradec Králové

návrhový parametr	rozměr	hodnota parametru
povrchové zatížení	m/h	10–16
Počet míchaných agregačních reaktorů	ks	2
sřední rychlostní gradient v prvním a druhém agregačním reaktoru	s^{-1}	50 – 175
doba zdržení v agregační zóně	min.	15
recirkulační poměr	%	10

Díky tomu technologie garantuje následující účinnost separace znečištění, které byly ověřeny v garančních testech [2]:

- Odstranění CHSK – 60%
- Odstranění organismy – 95 % (zimní voda a okalový stav 90 %)
- Odstranění koagulantu – 90 % (zimní voda 85 %)
- Odstranění zákalu při okalovém stavu – 80 %

2. stupeň – otevřené filtry s náplní Filtralite a drenážním systémem Triton

S ohledem na obecně doporučené filtrační rychlosti došlo k rekonstrukci čtyř filtračních jednotek – jsou užívány 4 ks filtrů o celkové filtrační ploše 100 m^2 . Byla provedena celková modernizace trubních rozvodů, armatur a odtokové regulace. Byl osazen filtrační drenážní systém TRITON, který umožňuje využití hloubky filtru a jeho rovnoměrné praní. Došlo ke kompletní výměně filtrační náplně. Byl doplněn filtrační materiál Filtralite MonoMulti – tzn. filtrační materiál pórovité struktury na bázi hlinitokřemičitanu, jenž obsahuje zrna dvojí velikosti a hustoty v celé výšce filtrační náplně. Nově byla navržena filtrace s klesající filtrační rychlostí, u které probíhá regulace jen na společném potrubí filtrované vody (pouze jedna regulační klapka). Za každým filtrem je měřen průtok filtrátu a zákal. [3]

Technické údaje:

- Maximální výkon $Q = 150 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, minimální výkon $Q = 90 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$
- Počet rekonstruovaných filtrů – 4 ks
- Plocha jednoho filtru cca 25 m^2 , celková plocha filtrů cca 100 m^2
- Filtrační systém TRITON
- Filtrační médium FILTRALITE typ MonoMulti HC 0,8 - 1,6 (výška 0,6 m)
a NC 1,5-2,5 (výška 0,6 m)

3. stupeň – ozonizace a GAU filtrace

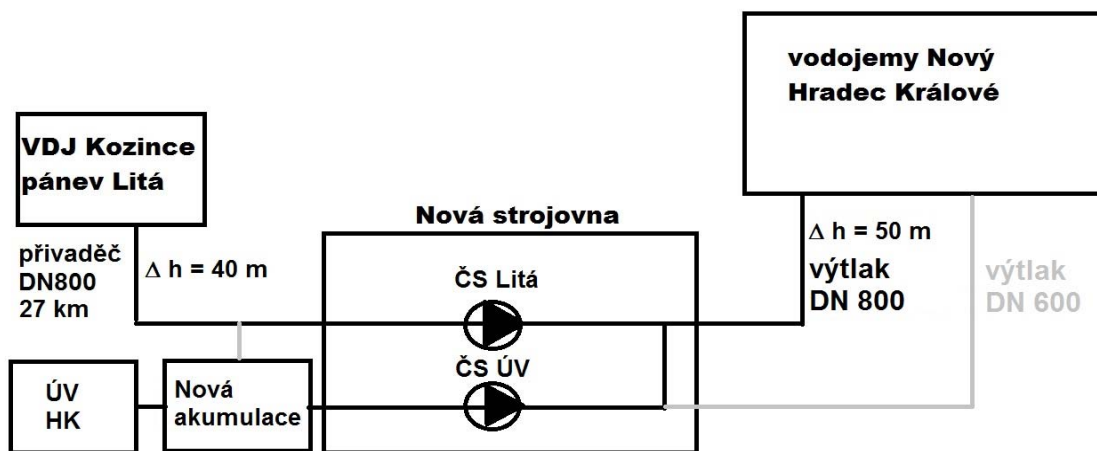
Po filtraci následuje ozonizace vody, jejímž cílem je kromě hygienizace vody, zejména pachová a chuťová úprava vody. Dávkování ozonu se řídí od průtoku surové vody.

Obvyklé dávky ozonu se pohybují mezi 1,0 – 3,0 g O₃·m⁻³ vody. Součástí rekonstrukce stávajících tlakových filtrů s GAU byla modernizace trubních rozvodů, armatur, prvků měření a regulace, elektro. K dispozici jsou 4 ks tlakových filtrů o průměru 3,0 m a ploše 4 x 7,0 m², tj. celkem 28 m². Výška filtrační náplně granulovaného aktivního uhlí je 150 cm. Filtry GAU jsou regenerovány jen prací vodou.

Popis III. etapy rekonstrukce

Tato etapa se sestávala ze dvou oddělených provozních celků. V první řadě se jednalo o **rekonstrukci jímacího objektu na břehu řeky Orlice a vlastního objektu hrubého předčištění**, kde došlo ke kompletní stavební rekonstrukci objektů a výměně česlí (automaticky i ručně stírané) a všech navazujících souborů. Tento celek nebudeme dále podrobněji popisovat. Druhým provozním celkem byla **rekonstrukce tzv. Nové strojovny**, kde se nachází 2 provozní soubory čerpacích stanic - ČS Litá a ČS ÚV. Tyto čerpací stanice dopravují pitnou vodu na centrální vodojemy Nový Hradec Králové s rozdílem čerpací výšky mezi Novou strojovnou a vodojemy cca 50 m.

ČS Litá slouží k čerpání podzemní vody z pánve Litá a vody převzaté od VAK Náchod, jenž jsou společně přiváděny přivaděčem DN800 Litá dlouhým 27 km z provozně významného vodojemu Kozince. Převýšení VDJ Kozince je oproti ČS Litá na Nové strojovně cca 40 m. Původní čerpací technika čerpacích stanic byla navržena pro tzv. oddělené čerpání. Voda v přivaděči Litá byla posilována účinkem ČS Litá a čerpána výtlakem DN800 na centrální VDJ NHK (využití hydrodynamického potenciálu vody v přivaděči Litá). Upravená pitná voda z ÚV HK byla dříve převážně akumulována v prostorách Nové strojovny a čerpána ČS ÚV do původního výtlaku DN600 na centrální VDJ NHK. Separátní využívání dvou výtlaků však provozně nebylo žádoucí a vhodné, přistoupilo se proto k čerpání do jednoho společného výtlaku - primárně DN800. Vzhledem k neexistujícímu fyzickému propojení výtlaků DN600 a DN800, k nedostatečnému výkonu čerpacích agregátů a požadavku mísení obou proudů vod přímo na Nové strojovně, bylo vždy nutné přerušit hydrodynamický potenciál vody v přivaděči Litá, vodu z pánve Litá napouštět do místní akumulace vody upravené a pak společně ve směsi s vodou upravenou čerpat na vodojemy Nový Hradec Králové prostřednictvím ČS ÚV. Úkolem projektanta tzv. III.etapy tak bylo tento problém řešit a zejména volit vhodnou konfiguraci čerpací techniky ČS Litá a ČS ÚV, která by byla schopna společného souběžného čerpání do výtlaku DN800 bez tlakových ztrát a dalších nežádoucích jevů. Technické schéma této situace je na následujícím obrázku.



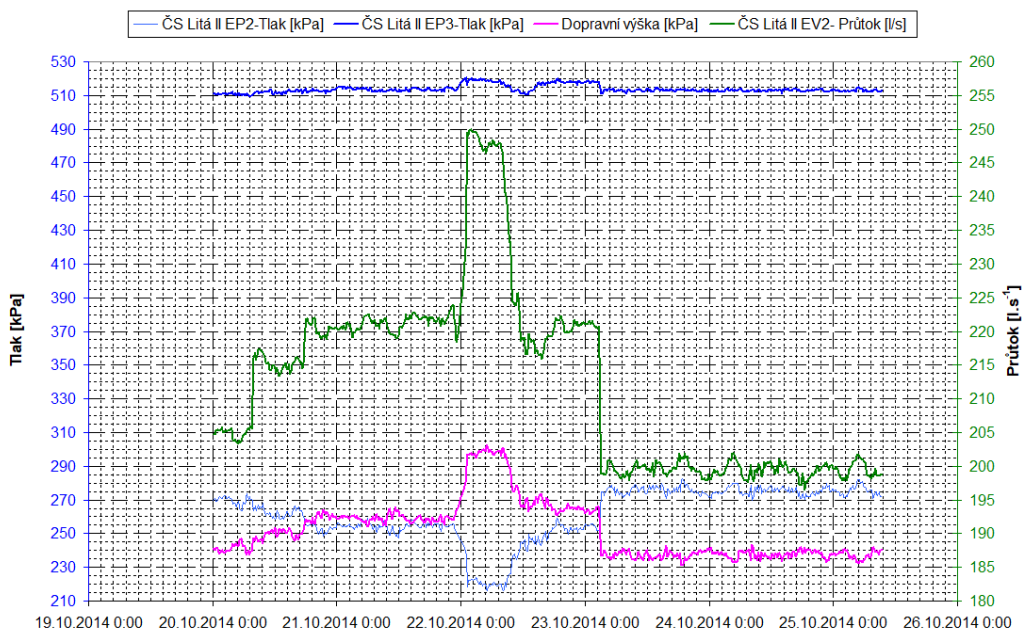
Obrázek 1: Problematika čerpání z pánve Litá a ÚV Orlice do společného výtlaku – technické schéma (šedé potrubí a potrubní spojení se ve finálním stavu neužívají)

Problematika čerpání z tzv. Nové strojovny na vodojemy Nový Hradec Králové – společné čerpání ze dvou míst do jednoho výtlaku – projekční řešení problému

Úkolem projektanta bylo vybrat a sladit čerpadla tak, aby zabezpečovaly požadované množství vody ze 2 různých zdrojů s výrazným tlakovým rozdílem na sání. Dále zabezpečit, aby požadované množství vody bylo dopravováno jak samostatně z každého směru, tak v souběhu s nastaveným poměrem směšování vody. Čerpadla upravené vody (ČS ÚV) čerpají vodu z akumulace. Rozdíl na sání cca 2 m způsoben kolísáním hladiny v akumulaci. Dvě ze tří původních vertikálních odstředivých čerpadel se demontovala včetně trubních rozvodů. Třetí čerpadlo zůstalo v provozu (až 180 l.s^{-1}) a společně se čtvrtým ponorným čerpadlem v tlakovém plášti (až 70 l.s^{-1}) zůstávají jako rezerva pro případ neočekávaných situací. Obě stávající dvě čerpadla jsou nově spouštěna pomocí soft-startu pro zabezpečení plynulého rozběhu i doběhu a minimalizaci tlakových rázů v potrubí. Náhradní způsob dílčí korekce čerpání vody u stávajícího vertikálního čerpadla lze provést škrcením uzavírací armatury na výtlaku. Na uvolněné místo v suterénu je osazena dvojice nových horizontálních jednostupňových kozlíkových čerpadel o výkonu 150 l.s^{-1} , $H = 54 \text{ m}$, s el. motorem 110 kW , 400 V , 50 Hz . Tato jsou spouštěna a regulována frekvenčními měniči a zabezpečují tak v souběhu s ČS Litá požadovaný společný čerpací výkon.

Čerpání pitné vody z prameniště Litá (ČS Litá) do vodojemu NHK bylo řešeno třemi čerpadly - jedním stávajícím čerpadlem KSB, typ Omega 250-370B, $Q = 250 \text{ l.s}^{-1}$, $H = 25 \text{ m}$, el. motorem 90 kW , 400 V , 50 Hz , r.v. 2007 a dvojicí původních horizontálních odstředivých čerpadel Sigma. Tlakový rozdíl na sání z prameniště Litá se pohybuje v rozsahu až 15 m . Tento velký rozdíl je způsoben dlouhým přivaděčem. Ze stávajícího čerpadla KSB byl demontován elektromotor a nahrazen novým pro provoz s frekvenčním měničem. Stará čerpadla Sigma byla demontována včetně trubních rozvodů. Na uvolněné místo byla po stavebních úpravách stávajících bloků osazena nová horizontální odstředivá čerpadla o výkonu $Q = 150 \text{ l.s}^{-1}$, $H = 26 \text{ m}$, s el. motorem 55 kW , 400 V , 50 Hz , pro provoz na frekvenční měnič. Čerpadla z prameniště Litá jsou s otáčkovou regulací pro zabezpečení požadovaného průtoku pro různé tlakové poměry v přivaděči vody. Při čerpání v souběhu s ČS ÚV se udržuje požadovaný průtok.

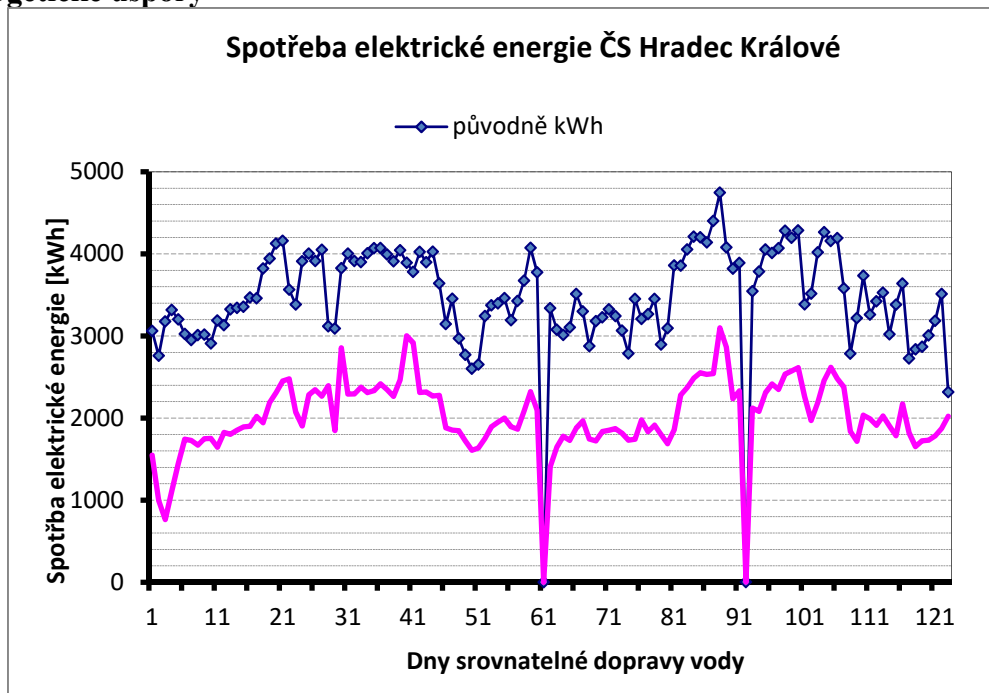
Čerpání z prameniště Litá



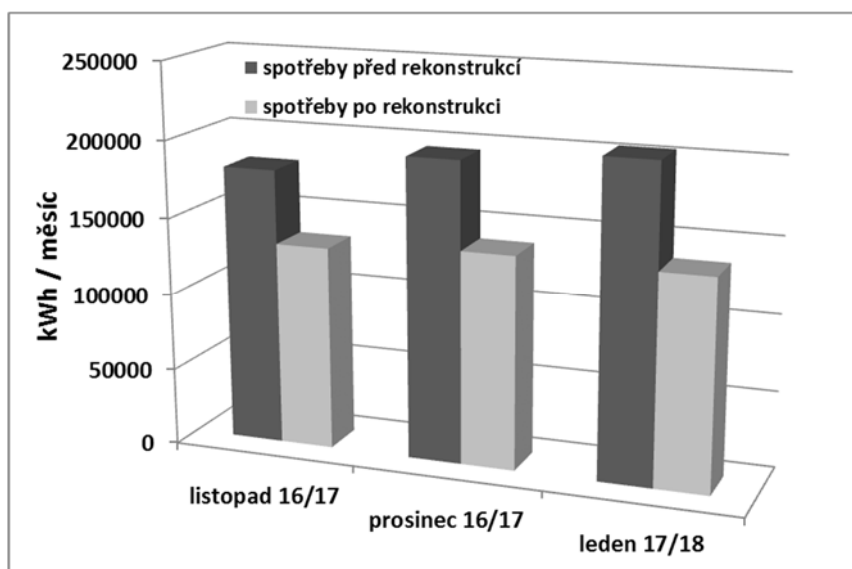
Obrázek 2: Čerpání z prameniště Litá

Pro všechna nová čerpadla byly instalovány 4 - pólové motory (do 1 490 ot. min⁻¹/ IE3) zaručující vysokou účinnost. Provoz je řešen s regulací frekvenčním měničem - úspora elektrické energie oproti regulaci škrcením. Souběh ČS ÚV a ČS Litá do společného výtlaku umožňuje srovnatelný tlak na výtlaku při regulaci čerpadel. Větší požadované průtoky a čerpání v havarijních situacích je možné čerpat i stávajícími čerpadly (vertikální + ponorka v tlakovém plášti). Jedná se o robustní spolehlivé konstrukce čerpadel s předpokládanou dlouhodobou životností. Projektant doporučil investorovi zvolit čerpadlo s nejvyšší účinností s přihlédnutím k pořizovací ceně a unifikaci strojního zařízení provozovatele. Provoz po rekonstrukci ukázal, že výměna čerpací techniky se vydařila. Společné čerpání do jednoho výtlaku je bezproblémové.

Energetické úspory



Obrázek 3: Spotřeba elektrické energie na ČS Hradec Králové – srovnání



Obrázek 4: Spotřeba elektrické energie v areálu ÚV Hradec Králové – srovnání

Instalací nových čerpadel regulovaných frekvenčními měniči a využití tlaku v přiváděči z prameniště Litá, došlo, mimo jiné, k významné úspoře elektrické energie. Na základě vyhodnocení provozu je snížena energetická náročnost na dopravu jednoho m³ vody do VDJ Nový Hradec Králové o 0,038 kWh. Toto malé číslo však představuje denní úsporu cca 730 kWh, což v měsíčním vyúčtování za elektrickou energii je při teoretické pořizovací ceně 1,0 kWh úspora cca 50.000,-Kč (1,0 kWh = 2,15 Kč).

Poslední provozní zkušenosti s ohledem na výkyvy v kvalitě surové vody

Velké výkyvy v kvalitě surové vody jsou trvalou výzvou pro technologii rekonstruované úpravný. Zatímco na jaře a v létě je hlavním problémem oživení surové vody, které dosahuje až několika desítek tisíc organismů v mililitru, v dalším období provoz ovlivňují okalové stavy po letních přívalových deštích či po zimním tání sněhu. Díky technologii tří separačních stupňů však úpravna trvale dosahuje výborných výsledků v kvalitě vyrobené pitné vody. Na mnoho parametrů by stačily jen dva separační stupně, některé chemické parametry spolehlivě upraví i samotná flotace. Zejména však s ohledem na oživení surové vody organismy jsou tři separační stupně v případě ÚV Orlice nutností. Pozitivem třetího separačního stupně je kromě separace zbylých organismů také ošetření pachových a chuťových vlastností vody a likvidace speciálních polutantů (léčiva, pesticidy atp.). [3]

Poslední provozní období – provoz od září 2017 do dneška je charakteristické zejména velmi častými zimními okalovými stavy. V prosinci 2017 a zejména lednu 2018 přišlo za sebou hned několik vln zhoršené kvality surové vody. Ty byly trochu netypicky pro řeku Orlici charakteristické nejen vysokým zákalem, ale také vysokou CHSK_{Mn} surové vody. Surová voda totiž obsahovala poměrně velké množství huminových látek z Orlických hor. Například dne 11. 1. 2018 byl zákal surové vody kolem 80 NTU a CHSK_{Mn} okolo 6 mg/l. Přesto bylo dosaženo výborné kvality vyrobené pitné vody a to s využitím více separačních stupňů. Grafické výsledky provozu a srovnání účinnosti separačních stupňů během těchto okalových stavů budou součástí prezentace.

Závěr

Úpravna Hradec Králové – Orlice je po kompletní rekonstrukci, která byla rozdělena do tří etap. Klíčovou částí poslední III. etapy rekonstrukce byla výměna čerpací techniky v tzv. Nové strojovně. Tato čerpací technika umožňuje společné čerpání upravené vody z úpravný s podzemní vodou pánve Litá do jednoho výtlačku, kterým je dopravována na centrální vodojemy. Provoz po rekonstrukci ukázal, že výměna čerpací techniky se vydařila. Společné čerpání do jednoho výtlačku je bezproblémové a navíc výměna čerpadel přinesla nemalé energetické úspory.

Použitá literatura

- [1] Drda M., Dobiáš P. (2013). Projektování a realizace flotace na úpravně vody Hradec Králové, Zborník prednášok z konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda 2013, Trenčianské Teplice, s. 111 – 118, VodaTím s.r.o, 2013.
- [2] Král P., Dobiáš P. (2014). Garanční zkouška flotační jednotky na ÚV Hradec Králové, konference Pitná voda 2014, 26.- 29.5., Tábor.
- [3] Boráň J., Novotný V., Humený D., Adler P., Král P. (2014). ÚV Hradec Králové – návrh, dodávka, montáž a zprovoznění drenážního systému Triton, konference Voda Zlín 2014, 13. – 14.3., Zlín.
- [4] Král P. (2016). ÚV Hradec Králové Orlice – provozní zkušenosti dva roky od rekonstrukce, časopis SOVAK, ročník 25, 2016 (10), str.1-5.

Poznatky z návrhu a provádění rekonstrukcí stavební části vodárenských staveb

Ing. Tomáš Parkan, Ing. Richard Schejbal

SWECO Hydroprojekt a.s., Tábořská 31, 140 00 Praha 4

1. Úvod: praxí ověřená řešení

Během téměř 30 let jsme byli svědky masivního nástupu nových, vesměs zahraničních materiálů a technologií na náš trh, a to i s výrazným uplatněním v oboru vodárenských staveb. Se změnou vlastnické a provozovatelské struktury došlo k přesunu priorit a v souvislosti s ostatními změnami na trhu k přechodu z extenzivního rozvoje oboru na efektivnější využívání existujících zdrojů. Objevily se u nás nové technologie úpravy vody (např. flotace, membránová filtrace, reverzní osmóza) a zároveň se rozšiřuje spektrum látek, které se považují za škodlivé a mají být z pitné vody odstraněny (např. pesticidy, antibiotika, mikropolymery aj.). Současně se s jistým odstupem projevíly zásadní nedostatky socialistického stavebnictví i podceňování údržby a oprav existujících staveb. To vše vede k soustředění zdrojů do rekonstrukcí a oprav.

Tento příspěvek se zaměří na několik oblastí navrhování a provádění, v nichž, alespoň podle našeho názoru, došlo k takovému vývoji, který si zaslouží bližší pohled a jistou reflexi. Vycházíme ze zkušeností nabytých při přípravě, projektování a ve formě autorského dozoru i při realizaci celé řady rekonstrukcí vodárenských a širěji vodohospodářských staveb v průběhu celého zmíněného období. Soustředíme se přitom, tam, kde to je možné, na taková řešení, která byla opakovaně úspěšně použita a jejich kvalita obstála i po delší době provozování.

2. Navrhování nosných konstrukcí

2.1 Vliv zavedení Eurokódů – betonové konstrukce

Z pohledu projektanta – statika je nejdůležitější změnou paradigmatu během posledních cca 20 let přechod na navrhování podle Eurokódů, tedy podle soustavy evropských norem pro spolehlivost stavebních konstrukcí. Zde cítíme potřebu uvést, že dřívější postupy podle soustavy československých technických norem a využívající teorii mezních stavů nebyly v žádném případě horší nebo méně vhodné pro navrhování. V řadě případů tomu bylo naopak. Problémem norem řady EN je jistě nutnost jejich konsenzuálního přijetí všemi členy CEN, stává se tedy, že pro odpor některé ze zemí se jistě potřebné údaje ve znění EN neobjeví a musí být relativně složitě zaváděny např. v podobě národních příloh, změn nebo doplňkových norem. Dalším problémem je i častá aktualizace norem EN – jako odstrašující příklad může sloužit EN 206, která byla během 10 let změněna na úrovni CEN 4x a v ČR byla za tutéž dobu aktualizována třemi změnami a nejnověji doplňkovou normou. Tato norma je přitom zásadní pro určování vlastností a výrobu betonu jakožto základní hmoty současného stavebnictví, včetně staveb VH. Někdy naopak aktualizace trvá neúměrně dlouho – u základní normy pro navrhování betonových konstrukcí, tedy EN 1992, se ví již téměř 10 let o nevhodnosti (a možná i nesprávnosti) řešení určitých výpočtových partií, změna ale nepřichází a uživatelé jsou nuceni postupovat buď fakticky chybně, nebo s použitím nekompatibilních postupů.

Pokud jde o konkrétní dopady zavedení Eurokódů do praxe ve vodárenství, zmíníme příklad navýšení požadované pevnosti. Při návrhu betonových nádrží podle dřívějších ČSN jsme dlouhá léta standardně používali betony značky HV4 B20, kde číslovka 20

reprezentuje hodnotu pevnosti betonu v tlaku. Stavby takto provedené slouží spolehlivě i více než 40 let, problémy, které se u nich projevují, mají souvislost spíše s nesprávným konstruováním, např. s nedostatečnou tloušťkou krycí vrstvy, ale prakticky nesouvisí s pevností. Při současném značení to odpovídá betonu třídy C16/20. Ovšem při návrhu podle Eurokódů se při stejných podmínkách požaduje použití betonu C30/37, tedy až o tři pevnostní třídy vyšší kvality. Normotvůrce nevzal v úvahu speciální podmínky použití ve VH, zejména vliv omezení vynucených přetvoření v raném stádiu zrání betonu, kdy zvýšení pevnosti, běžně dosahované i zvýšením množství cementu ve směsi, je kontraproduktivní. Při mechanické aplikaci požadavků EN hrozí riziko vzniku a rozšíření smršťovacích trhlin v mladé konstrukci a tedy problémy s vodotěsností.

Ověřeným řešením problému je tomto případě využití souhrnu několika opatření. Rozhodujícím požadavkem je omezení právě raných objemových změn a cestou, jak toho dosáhnout, je především snížení množství cementu v receptuře a pokud možno současně užití cementu s nižším vývojem hydratačního tepla. V obecné rovině byly tyto požadavky včleněny do doplňkové (někdy se užívá pojem „zbytkové“) normy ČSN 73 1208. V konkrétní podobě to znamená, že projekt by měl předepsat např. použití betonu s užitím vlastností po delší době, než je standardních 28 dní. Z praxe ve VH je evidentní, že užití devadesátidenních pevností běžně spolehlivě odpovídá době skutečného vnesení zatížení, takový předpis pak prakticky znamená snížení požadované pevnosti o jednu třídu a tím automatické snížení dávky cementu. Druhým paralelním krokem je tvorba správné technické specifikace betonu pro danou akci. V jejím rámci se omezí maximální množství cementu ve směsi (požadavek byl v ČSN 731208 převzat právě ze starších ČSN), současně se omezí množství záměsové vody (další snížení objemových změn – autogenního smršťování) a pokud to je možné předepíše se užití cementu s nízkým vývojem hydratačního tepla. Pro omezení vzniku povrchových trhlin je pak vhodné uplatnit použití drenážní fólie do bednění pro odvedení přebytečné vody z povrchových vrstev. Vítaným doprovodným jevem užití drenážní fólie je dosažení hutného povrchu bez dutinek a nadměrných pórů a tedy zlepšení vlastností z hlediska rizika oživení v nádrži. Popsaný soubor opatření musí být pochopitelně dodržen při realizaci ruku v ruce se správnými technologickými postupy výroby, dopravy, ukládání a ošetřování betonu, současně musí být správně navržena a konstruována i výztuž prvků a další dílčí detaily jako pracovní a dilatační spáry apod. Výsledkem byla na řadě akcí realizace kvalitní konstrukce, s výrazným omezením problémů se vznikem trhlin a s minimálními budoucími nároky na čištění a údržbu návodních liců. Popsané postupy jsme použili nejen při výstavbě nových nádrží (např. vodojemy v rámci ISPA Plzeň) ale i při rekonstrukcích a vestavbách řady nádrží různých úpraven vody.

2.2 Vliv zavedení Eurokódů – geotechnika a zakládání

I v rámci rekonstrukcí vodárenských staveb je běžné navrhování dílčích výkopů, o rýhách pro potrubí nemluvě. Aktuálně platné znění EN 1997, tedy Eurokódu pro navrhování geotechnických konstrukcí, ovšem neobsahuje žádná použitelná vodítka tak, jak jsme je znali ze zrušených ČSN, tedy tabulky s vlastnostmi zemin, doporučené sklony výkopů apod. Při striktním dodržení dikce Eurokódu by pro každý sebemenší výkop byl potřebný podrobný inženýrsko geologický průzkum, který by určil vlastnosti zemin a hornin v rámci akce a současně doporučil základní parametry návrhu, tedy např. včetně sklonu svahů. Uživatel norem, v užším smyslu projektant, je pak postaven před dilema – buď bude dodržovat literu i ducha platné normy a buď bude vyžadovat po investorovi, nebo dokonce sám zajistí potřebný IGP, nebo bude postupovat bez ohledu na znění Eurokódu, využije např. starší již neplatné normy a podstoupí riziko s tím spojené. Výsledek je obvykle jasný – druhá možnost! Nutno podotknout, že i při

provedení IGP leží plná zodpovědnost za návrh na projektantovi, nikoliv na zpracovateli průzkumu.

Zde se bohužel nenabízí žádné osvědčené řešení, podle diskusí neformálně vedených s řadou kolegů je sice nespokojenost se stavem obecná, lobbistická síla zástupců geotechniky ale brání i jen dílčímu návratu k dřívějšímu stavu.

3. Problém neúplných podkladů a požadavků kladených na konstrukce

V tomto případě se nejedná o nový problém – se stejným jsme se potýkali již před desítkami let, nutno podotknout, že jsem to často ani netušili. Dodnes přetrvává mýtus o intaktnosti betonových konstrukcí na účinky prostředí ve vodárenství, mýtus vycházející z chybného chápání chování betonu v suchu a ve vodě. I bez zabíhání do teoretických základů je patrné, že v dřívějších dobách byl často fatálně podceněn vliv těch nejběžnějších účinků prostředí, kterými je synergické působení karbonatace a vysoké vlhkosti ve vodárenských provozech. Důsledky známe všichni – nedostatečné krytí výztuže vedoucí v relativně krátké době k projevům koroze, nutnosti nákladných sanací a v extrémních případech i k odstranění poškozené konstrukce a její totální náhradě.

Bohužel se s obdobným nedocenením vlivu prostředí setkáváme i v současnosti. Mluvíme přitom o běžné situaci i v oboru renomované společnosti. I zde přetrvává podcenění skutečného působení prostředí na stavební konstrukce a tedy na jejich životnost a použitelnost. I nadále se v rámci projektů vypracovávají tzv. protokoly o prostředí, které ovšem hodnotí situaci výhradně z hledisek elektrotechnických. Praxe ovšem ukazuje, že obdobné určení vlivu prostředí by bylo v řadě případů potřebné pro běžné návrhové situace, stavební konstrukce a pro stavebně-fyzikální výpočty.

Jako příklad podcenění uvádíme vliv chlóru ve vzduchu nad hladinami ve vodárenských provozech. Projektant stavby by měl mít k dispozici informaci o tom, že hrozí riziko přítomnosti chlóru a jeho agresivního působení, a to i v situacích, kdy to normálně neočekává. Např. v prostorách běžných pískových filtrů, kde dochází k separaci ze surové vody a kdy se chlór pro hygienické zabezpečení dávkuje daleko za tímto technologickým stupněm. Pokud ale dochází k praní filtrů vodou z akumulace, která je až za místem dávkování Cl_2 , je nutné s únikem chlóru do ovzduší uvažovat a přizpůsobit tomu materiálové řešení.

Vzhledem k tomu, že ve vodárenství se dávkuje celá řada chemikálií, v různých koncentracích a různých podmínkách, musí projektant stavební části dostat všechny relevantní informace, které mohou správný návrh ovlivnit. Opět jako příklad lze uvést, že běžný koagulant - tekutý síran hlinitý – byl dovážen z výroby v cisternách při teplotě až 60 °C, při které byl stáčen do uskladňovacích betonových nádrží s příslušnou chemicky odolnou vystýlkou. Projektant navrhující nádrže ovšem nebyl seznámen s těmito teplotními účinky, konstrukce tedy nebyla správně navržena a důsledkem byl vznik řady trhlin s dopadem na těsnost a životnost a s potřebou opravy na prakticky nové konstrukci.

4. Zkušenosti s dostupnými podklady STP a IGP

Problematicke stavebně technického průzkumu a diagnostice betonových konstrukcí byl věnován samostatný příspěvek na jednom z předcházejících ročníků této konference. Zde se tedy soustředíme jen na nové poznatky a zkušenosti.

V souvislosti se zdokonalující se technikou diagnostiky a i díky kvalitnějšímu vybavení laboratoří se ve stále vyšší míře daří nalézat na vzorcích odebraných z existujících konstrukcí příznaky alkalické reakce kameniva se složkami cementového tmelu. Na řadě staveb se v minulosti používalo těžené kamenivo, které mohlo obsahovat minerály

k takové reakci náchylná, a to v různém množství. Problém samozřejmě nelze zlehčovat, přesto je na místě jistá rezervovanost při vyhodnocování rizika, které alkalická reakce přináší. Vždy je třeba zvažovat jak míru postižení, tak podmínky, ve kterých příslušná konstrukce nebo jen dílčí prvek působí.

Rovněž ověřeným poznatkem je, že na STP je třeba klást požadavky, které jsou závislé na druhu, stáří a významu posuzované konstrukce. U běžných vodárenských staveb je obvykle rozhodujícím kritériem poměr mezi hloubkou karbonatace betonu a krytím výztuže, doplněné zkouškou na obsah chloridových iontů. To rozhoduje jak o hodnocení aktuálního stavu, tak o principech sanace. Je ale třeba zabývat se i jinými skutečnostmi. Již v několika případech bylo při průzkumu např. zjištěno, že dutiny stropních panelů typu SPIROLL nad nádržemi vodojemů jsou zcela nebo zčásti vyplněny vodou. Není vždy jasné, zda jde o vodu vzniklou kondenzací par difuzně prostupujících z vnitřního prostředí, nebo naopak o důsledek prosakování nedokonalými hydroizolačními vrstvami. V každém případě je na místě uplatnit požadavek na takové zjištění při plánování STP na objektech s tímto typem zastřešení. Současně se nabízí otázka, zda by nebylo vhodné provést při detekci vody v dutinách i její mikrobiologický rozbor.

U konstrukcí vodojemů, které byly realizovány podle běžného typového řešení Vodních staveb v 70. až 90. letech a které mají rovněž stropy skládané ze Spirollů na prefabrikovaných průvlacích, je pak na místě požadovat od STP zjištění korozního stavu skrytých prvků, kterými byly např. táhla zabetonovaná ve spárách mezi panely. Tyto jednotlivé pruty plní nezastupitelnou statickou úlohu táhel pro případy návrhových situací s plnou nádrží bez vnějšího obsypu. Jejich korozní stav je silně závislý na kvalitě obetonování, které byla často, bohužel, velmi ošizené a nahrazené např. málo kvalitní maltou, která ani nekryla celý povrch prutů. Obdobně je třeba zjistit skutečný stav svařované horní výztuže průvlaků a její napojení na zhlaví stěn, které má stejnou funkci jako táhla ve spárách v druhém směru.

Upozorňuje se i na to, že STP by měl diagnostikovat nejen stav nosných, většinou železobetonových, konstrukcí. Stejně důležité pro správný návrh rekonstrukce jsou i znalosti o stavu povrchových úprav jako jsou dlažby, obklady a omítky, hydroizolací a tepelných izolací a dalších nenosných prvků stavby. Zpracovatel průzkumy by nejen měl dostat správně formulované zadání, měl by současně znát i podmínky, které konstrukce dosud ovlivňovaly, a pro správné doporučení sanačního zásahu i podmínky, které budou na konstrukci působit v budoucnu, pokud se od stávajících budou lišit.

Inženýrsko geologický průzkum je sice při rekonstrukcích ve vodárenství méně častý, přesto je zejména při přístavbách nebo významných změnách zatížení nutný. Výše uvedené výhrady vztahující se k náplni platných Eurokódů pro oblast geotechniky platí i zde. IGP by tedy měl obsahovat podrobné údaje o zastižených zeminách a horninách a laboratorně určené parametry jejich pevnosti, např. smykové, a přetvárných vlastností. A rovněž zde platí požadavek, aby projektant znal a v návrhu zvažil všechny relevantní návrhové situace, které mohou při provozování díla nastat.

5. Pláště objektů s otevřenými hladinami

Prostředí, které se vyskytuje ve vodárenských objektech, patří k méně obvyklým, ve stavební praxi se s obdobným setkáme např. u objektů plaveckých bazénů, místy v potravinářském nebo papírenském průmyslu. Vysoká relativní vlhkost vzduchu nad otevřenými hladinami v kombinaci s poměrně nízkými vnitřními teplotami způsobují ve skladbách značnou difúzi vodní páry s velkými parciálními tlaky, které extrémně zatěžují všechny vrstvy obvodových plášťů. U významné části vodárenských objektů dochází k difuzi oběma směry, tedy ne jen z interiéru do exteriéru, ale vzhledem k nízkým

vnitřním teplotám v letních měsících i opačným směrem, tedy z exteriéru do interiéru. Tyto skutečnosti je tak potřeba zvážit v návrhu stavebních konstrukcí a skladeb pláštů.

5.1 Střechy

V halách s otevřenými nádržemi osciluje relativní vlhkost vzduchu mezi 60% až 90%, vnitřní teploty se pohybují mezi cca 5°C až cca 15°C. Vzhledem k tomu, že v případě střech je nutné řešit jejich hydroizolaci, která tvoří zároveň bariéru pronikání těchto par, Je tedy nutné řešit otázku kondenzace vodních par ve skladbě střechy, zejména proto, aby nedocházelo k degradaci tepelné izolace. Odborná literatura nad prostory s takovými parametry vnitřního prostředí uvádí jako vhodné řešení pouze tři druhy střech: dvouplášťové provětrávané, jednoplášťové zelené střechy bez tepelné izolace, kde tuto funkci plní dostatečná vrstva zeminy (běžné pro zemní vodojemy), a konečně jednoplášťové střechy s tepelnou izolací z pěnoskla.

Dvouplášťové střechy byly v minulosti na stavbách vodního hospodářství používané poměrně často. Často byly tvořeny příhradovými prefabrikovanými vazníky, kde horní plášť byl proveden z žebírkových panelů a dolní plášť s tepelnou izolací byl proveden jako podhled buď z keramických vložek typu HURDIS, či úzkých dutinových panelů. Tyto konstrukce byly navrhovány tak, že se předpokládá, že vodní pára volně projde prvním pláštěm s tepelnou izolací do vzduchové mezery, kde se smíchá se sušším vzduchem, který se posléze vyvětrá do exteriéru. Tepelná izolace je zde součástí spodního pláště a ke kondenzaci tak zde po většinu roku nedochází. Pakliže k ní dojde, v následujícím období prostor opět vyschne. Krytina horního pláště pak tvoří finální hydroizolaci. Dvouplášťové střechy byly a jsou poměrně funkční, pakliže jsou dodrženy určité zásady:

- a) Ve vzduchové mezeře musí spolehlivě probíhat výměna vzduchu. Pokud tomu tak není, je i zde relativní vlhkost poměrně vysoká a dochází k degradaci tepelné izolace a/nebo i vlastní konstrukce.
- b) Horní plášť by měl být navržený na tzv. minimální tepelný odpor, který zajišťuje, aby na spodním líci tohoto pláště nedocházelo k nadměrné kondenzaci a skapávání vody do tepelné izolace.

Dvouplášťové střechy vedle řady výhod mají ovšem i nevýhody v náročnějším prostorovém řešení, vzniká zde často nepřístupný a obtížně kontrolovatelný prostor a díky dvojí nosné konstrukci nejde o hospodárné řešení. I z těchto důvodů se při návrhu častěji volí jednoplášťové souvrství.

Tam, kde to lze, jako například na střechách vodojemů, je výhodné používat zelené střechy bez tepelné izolace. Je pouze nutné správně volit výšku zásypu s ohledem na klimatické podmínky v místě stavby, aby nedocházelo k opakovanému promrzání konstrukce a na tu navrhnout nosnou konstrukci. Hydroizolace by pak měla být náležitě ochráněna proti prorůstání kořenů. Spíše než fóliové izolace, se osvědčily celoplošně natavované pásy, které neumožňují migraci případné vlhkosti ve spáře mezi hydroizolací a nosnou konstrukcí.

V ostatních případech prostorů s otevřenými hladinami se osvědčily skladby s pěnovým sklem. První velká realizace pochází již z počátku 90. let, kdy byla tato skladba užita na rekonstruované střeše haly Filtrace I ÚV Želivka, následovala řada dalších staveb. Zásadním důvodem pro použití je chování skladby i ve výše zmíněném letním období, kdy se směr difúze vodní páry obrací a pára je tlačena z exteriéru do interiéru. U jiných skladeb není možné správně umístit parotěsnou zábranu tak, aby nedocházelo ke kondenzaci páry v tepelné izolaci a ke ztrátě tepelně-izolačních vlastností. Izolace z pěnoskla je totiž sama o sobě dokonale parotěsná, a pro oba směry difúze. Jednou z výhod je i fakt, že vrstva pěnoskla je celoplošně natavená do horkého asfaltu a odpadá

tak problém, jak celý střešní plášť kotvit. V případě konvenčních parozábran by nebylo možné mechanické kotvení tepelné izolace do konstrukce, tím by se při vysokých interiérových vlhkostech stala parozábrana nefunkční. Je tedy nezbytné použít přitěžování, což například u řady stávajících konstrukcí není možné a u nových by přineslo prodražení masivnější nosné konstrukce, spolu s vrstvou parozábrany to pak prakticky eliminuje cenový rozdíl mezi konvenčními izolacemi a pěnosklem. Je ovšem třeba zmínit nutnost pokládky proškolenými pracovníky, s užitím správných technologických postupů při vhodných podmínkách realizace.

5.2 Obvodové pláště

Problematika obvodových plášťů je o něco méně komplikovaná, ovšem i v tomto případě je není možno navrhovat podle běžných postupů realizovaných v pozemním stavitelství. Samozřejmě je stále nutné zachovat pravidlo, že ze směru od interiéru do exteriéru by měl difúzní odpor klesat tak, aby proniknuvší vodní pára mohla pokračovat dále. V tomto smyslu jsou problematické především kontaktní zateplovací systémy, kde lepidla aplikovaná na vzdušný líc tepelných izolací mají významně vyšší difúzní odpor než použité tepelné izolace a hrozí tedy kondenzace vodních par v izolaci. (U pozemních staveb k tomuto jevu dochází jen výjimečně, dotace vodními parami není tak masivní jako staveb VH a případná zkondenzovaná vlhkost stačí v průběhu roku odvětrat). Výhodnější proto jsou provětrávané fasády, kde problém lepidel odpadá. Povrchy v prostorech s otevřenými hladinami by měly být "tvrdé" a s minimální nasákavostí, aby co nejlépe odolávaly vlivům případné vysrážené vlhkosti. Naopak tepelná izolace by měla být difúzně otevřená, mechanicky kotvená. Pro druhý plášť si již můžeme vybrat z široké škály výrobků od trapézových plechů, přes obklady až po nejružnější panely.

Zcela specifickým prostorem jsou pak obvykle nevytápěné prostory vodojemů, kde je prvořadým úkolem návrhu zabránit promrzání nosné konstrukce. Vzhledem k tomu, že jde často o velmi malé prostory s nadměrnými vlhkostními zisky, kde jsou konstrukce neustále dotovány vodou, není možné uvažovat pláště bez zateplení a to ani v případech použití mrazuvzdorných betonů. Mrazuvzdornost totiž znamená, že beton vydrží jen vyšší počet zmrazovacích cyklů než obyčejný beton, ovšem i tak omezený. Je tedy nutné kondenzaci a mrznutí vody ve skladbě předcházet a tzv. "nulový" nebo rosný bod situovat bezpečně do tepelné izolace. I v případě kontaktních zateplovacích systémů je možné volit alternativu s pěnosklem, kde díky jeho uzavřené struktuře nedochází ke kondenzaci uvnitř tepelné izolace a není tak možný pokles tepelného odporu. Správně navržená skladba pak zajistí, aby byl rosný bod situován do tepelné izolace, takže v těchto skladbách vůbec ke kondenzaci nedochází. Na druhou stranu je ovšem třeba poznamenat, že kontaktní zateplovací systémy s pěnosklem jsou oproti běžným řešením natolik drahé, že se používají ve velmi omezené míře.

6. Problém povrchových úprav

V posledních letech se zvyšují požadavky na výslednou kvalitu pitné vody, ty se pak propagují nejen do technologie její úpravy a kontroly, ale také do vyšších požadavků na kvalitu jejího skladování a dopravu ke spotřebiteli. Tu ovlivňuje vedle trubních vedení především kvalita povrchů konstrukcí ve vodojemech. Snahou je dosáhnout co nejhladšího a nejkompaktnějšího povrchu. U rekonstruovaných nádrží ve většině případů dochází k celoplošným sanacím stěn a sloupů. Výrobci materiálů nabízí širokou škálu výrobků nejružnějšího materiálového provedení. Ne všechny materiály jsou ale pro sanace těchto typů konstrukcí vhodné. Materiály pro sanace vodojemů lze v zásadě rozdělit do několika málo skupin:

a) Polymerní materiály

Čistě polymerní materiály se aplikují v tloušťkách do 3mm a mají tu výhodu, že tvoří de facto membránu proti pronikání vody. Je nutné brát s velkou rezervou proklamace některých výrobců, že tvoří dokonalou izolaci. Vlastnosti těchto materiálů jsou uváděny obvykle při 20°C, tedy při teplotách, které ve vodojemech nejsou. S klesající teplotou, klesá i jejich schopnost překlenutí trhlin a jsou-li ve vodojemu aktivní trhliny, zcela jistě se budou propagovat i do této vrstvy sanace. Vysoký difúzní odpor je pak problematický při transportu vlhkosti směrem do vodojemu, kdy na styku s těmito membránami dochází k velkým parciálním tlakům, které jsou několikanásobně vyšší než hydrostatický tlak v nádrži a také vyšší než přídržnost materiálu, takže velmi často dochází k delaminaci a vzniku puchýrků. Dalším riziko hrozí při vlastní aplikaci, kdy v důsledku vlhkosti a při nízkých teplotách nedojde k tzv. zasiťování polymerů a ty pak zůstávají měkké a nesplňují požadovanou odolnost. S problematikou nanášení pak souvisí i výsledná struktura povrchu. Tyto materiály bývají obvykle nanášeny stříkáním, s výslednou strukturou tzv. pomerančové kůry, případně při nanášení štětcem vznikají velmi tenké vrstvy s jasnými tahy. V obou případech je povrch sice v mikrostruktuře kompaktní, ovšem zahlazení do makrostrukturní rovinatosti je prakticky neproveditelné. V nerovnostech povrchu může docházet k mikroorganickému oživení, s čímž se pojí další nevýhoda polymerních vrstev, a sice že jsou živnou půdou pro růst bakterií. Poslední nevýhodou může být i to, že tato skupina polymerů bývá obvykle nasákavá a díky této sorpci se snižuje jejich modul pružnosti a pevnost, čili pod vodou dochází k jejich "měknutí" a ztrácí jednak přídržnost a dále odolnost vůči mechanickému namáhání, což se může projevit např. při čištění vodojemů. Setkáváme se tedy s příklady, kdy se po několika letech tyto vrstvy odlupují.

b) Polymercementové materiály

Polymercementové materiály předchozí negativní vlastnosti podle podílu cementové a polymerní složky částečně snižují, ovšem nikdy zcela neeliminují a lze tedy konstatovat, že u nich hrozí většina z výše popsaných jevů, snad s výjimkou struktury povrchů, kde lze povrch upravit hlazením. Výhodu polymercementových materiálů, která se ale v rámci teplotně stálých prostředí ve vodojemech neuplatní, je, že velmi dobře přenáší teplotní namáhání konstrukcí.

c) Epoxidové materiály

Epoxidové materiály se pro sanaci vodojemů v minulosti používaly poměrně hojně. Řada stávajících akumulací je dnes stále laminovaná a tyto povrchové úpravy jsou stále funkční. Výhodou byl velmi intaktní hladký povrch a takřka dokonalá vodotěsnost. V současnosti se ale tato technologie prakticky nepoužívá. Je to hlavně z důvodu, že běžné epoxidy není možné aplikovat na vlhký podklad a vysychání těžko větratelných akumulací probíhá velmi dlouho. Na trhu jsou sice epoxidy, které lze aplikovat na vlhký podklad, ale ty jsou zase poměrně drahé a leckdy i hůře dostupné. I v jejich případě platí, že tvoří v obou směrech bariéru nejen pro vodu ale i pro vodní páry, které tak na styku mezi betonem a epoxidem mohou způsobovat delaminaci. Vzhledem k tomu, že epoxidy v nízkých teplotách už nejsou dostatečně pružné, dochází k oddělování větších celků, za nimiž se pak akumuluje vysrážená voda, v mnoha případech pak dochází k porušení vrstvy a voda zadržovaná v dutinách pak může kontaminovat vodu v nádrži.

d) Epoxidcementové materiály

Epoxidcementové materiály se v materiálech pro rekonstrukce vodojemů prakticky nepoužívají. Jedná se sice o velmi kvalitní materiály, jejichž výhodou je velká mechanická a chemická odolnost, velmi dobrá přídržnost k podkladu, vodotěsnost a houževnatost, ovšem tomu pak odpovídá také cena, která vzhledem ke spotřebě výrazně převyšuje ostatní materiály. V oblasti pitné vody je pak velkou nevýhodou

opravdu náročná zpracovatelnost, kde je takřka nemožné dosáhnout požadované hladkosti povrchu, a, samozřejmě, problematika vhodnosti pro styk s pitnou vodou.

e) Čistě minerální materiály na cementové bázi

Jestliže hledáme ideální materiál sanace nádrží pro pitnou vodu, stačí se podívat v podstatě do minulosti, respektive na vodojemy z první poloviny 20. století, které byly opatřené tzv. kletovanými omítkami v tloušťkách od 8 do cca 25 mm. Jednalo se tehdy o velmi kvalitně vypracované, uhlazené cementové omítky s velmi hutným povrchem, který cca v 80% případů odolává veškerým degradačním procesům až do dnešní doby. Těmto omítkám se dnes blíží právě čistě minerální materiály na cementové bázi. Jejich výhodou je, že jsou v prostředí pitné vody prakticky intaktní, při dobrém zpracování jsou odolné vůči procesům čištění a lze jejich povrch velmi dobře vyhladit. Mezi nevýhodami jsou obvykle zmiňovány menší schopnost překlenout trhliny a sklon k tvorbě mikrotrhlin. Tvorbu mikrotrhlin je možné omezit příměsí inertních obvykle skelných vláken, zatímco trhliny v podkladu je nutno eliminovat v nosné konstrukci. Tato nevýhoda je svým způsobem i výhodou - jestliže dojde někde k trhlíně, propaguje se v tomto typu sanace přímo v místě a nedochází tak k migraci kapaliny pod sanací. Další nevýhodou také je, že k dosažení požadované kvality povrchu je nutná poměrně velká pracnost a dodržování technologických postupů prací. Zatímco polymerní materiály se dají nastříkat během několika málo hodin, zde je nutné po aplikaci (ruční či strojní) několik hodin počkat na zavadnutí a pak teprve povrch zahlazovat, čemuž se dodavatelé obvykle snaží bránit.

f) Vystýlky

V poslední době se i u nás začaly prosazovat na trh nejrůznější formy vystýlek. Je důležité podotknout, že ty jako jediné mohou zaručit stoprocentní vodotěsnost nádrže, pakliže je požadována a mají velmi dobrou kvalitu povrchu, snadno čistitelnou a odolnou vůči tlakové vodě. V minulosti byly prováděny například ze skla, či pryžových svařovaných či lepených materiálů, nyní se nejčastěji využívají plastové a nerezové svařované vystýlky. Pochopitelně i ty jsou velmi citlivé na kvalitu provedení a důležité je i zmínit, že neřeší degradaci stávajících konstrukcí, které je tak nutno sanovat běžnými sanačními metodami. Neméně podstatné je i kvalitní kotvení k podkladu tak, aby odolávaly negativnímu tlaku vody. Tyto vystýlky je výhodné využívat především u velmi narušených konstrukcí s možnými úniky vody do dalších konstrukcí, či podzákladí, či naopak tam, kde hrozí kontaminace pitné vody z vnějšku.

Literatura

1. ČSN EN 206. Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda., duben 2008 až únor 2018
2. ČSN P 73 2404 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda - Doplnující informace
3. ČSN EN 14944-1 Vliv cementových výrobků na vodu určenou k lidské spotřebě – Zkušební postupy – Část 1: Vliv průmyslově vyráběných cementových výrobků na organoleptické vlastnosti.
4. ČSN EN 14944-3 Vliv cementových výrobků na vodu určenou k lidské spotřebě - Zkušební postupy - Část 3: Migrace látek z průmyslově vyráběných cementových výrobků
5. Vyhláška č.409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody
6. Schejbal: Speciální problémy navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských staveb. Kloknerův ústav ČVUT, Praha, 1990

Ing. Richard Schejbal

Tel.: 261 102 458

Mobil: 606 485 800

e-mail: richard.schejbal@sweco.cz

Ing. Tomáš Parkan

Tel.: 261 102 452

Mobil: 606 613 501

e-mail: tomas.parkan@sweco.cz

Výskyt pesticidních látek v povrchové a pitné vodě a jejich sorpce na granulovaném aktivním uhlí

Ing. Zdeňka Jedličková

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s., Soběšická 820/156, Lesná, 638 00 Brno

Na řece Dyji se nacházejí dvě nádrže Znojmo a Vranov, z těchto nádrží je čerpána surová voda k úpravě na vodu pitnou. Povodí nádrží se rozprostírá v České republice a v Rakousku. Jelikož jako provozovatel úpraven vod nemáme informace o aplikaci pesticidních látek v povodí, zvýšili jsme v roce 2015 rozsah sledovaných pesticidních látek a některých nerelevantních metabolitů v surové a upravené vodě na úpravárnách vod.

VN Znojmo se nachází pod nádrží Vranov. Plocha celého povodí nádrže Znojmo činí 2 464,1 km², z toho je 1 411,3 km² v České republice. Ostatní část povodí leží v Rakousku. V ČR povodí zasahuje do čtyř okresů – Znojmo, Třebíč, Jihlava, Jindřichův Hradec a tří krajů - Jihomoravského, Jihočeského a Vysočiny.

Pozemky v povodí této nádrže jsou na území ČR využívány především jako zemědělská půda a lesní porosty.

V mezivodí nádrží Vranov a Znojmo, podél toku Dyje, se nachází Národní park Podyjí. Mezivodí má rozlohu cca 252 km². Vodárenská nádrž Znojmo byla uvedena do provozu v roce 1966, zatopená plocha činí 53,3 ha, objem ovladatelného prostoru je 4,290 mil. m³. Nádrž Vranov byla postavena ve 30-tých letech minulého století, vodárensky začala být využívána až od roku 1982. Ovládaný prostor vodního díla Vranov tvoří 132,696 mil. m³.



Obr. 1 Umístění nádrží Vranov a Znojmo na řece Dyji.

Surová voda čerpaná z vodárenské nádrže Znojmo je upravována v úpravně vody ve Znojmě, jejíž maximální kapacita je 200 l/s. Podle aktuálních podmínek kvality surové vody lze vodu upravovat na prvním separačním stupni tvořeným usazovací nádrží nebo čířiči s hydraulicko – mechanickým vznosem vločkového mraku. Druhý separační stupeň obsahuje otevřené rychlofiltry s náplní filtračního písku a hydroatracitu. Třetím stupněm jsou otevřené rychlofiltry s náplní granulovaného aktivního uhlí o mocnosti 150 cm. Celková plocha filtrace s GAU je 84,32 m². Při průtoku 130 l/s je zajištěn kontakt vody s náplní po dobu 15 minut, lineární rychlost je 5,6 m/h. Na odtoku z filtrace GAU jsou instalovány dvě středotlaké lampy. Dezinfekce vody je prováděna chloraminací.

V surové vodě čerpané na ÚV Znojmo a v pitné vodě vyráběné na ÚV Znojmo jsou od roku 2015 pesticidní látky sledovány v rozsahu prováděném Zdravotním ústavem v Ostravě. U správce vodárenské nádrže Znojmo - společnosti Povodí Moravy, s.p. bylo požádáno o dodání rozborů pesticidních látek v povrchové vodě za období 2015 až 2017. Byly poskytnuty rozborů za rok 2015 a 2017 v rozsahu prováděném laboratorii Povodí Moravy, s.p., a to z odběrného profilu Znojmo - přítok (Devět Mlýnů), říční km 142,50. Rozsah stanovených ukazatelů byl v roce 2015 a 2017 odlišný. U některých ukazatelů došlo ke změně nejistoty stanovení.

Kontrolou předložených rozborů bylo v roce 2015 zjištěno překročení limitní hodnoty 0,1 µg/l stanovenou pro většinu pesticidních látek vyhláškou č. 252/2004 Sb. jen jedenkrát, a to u nerelevantního metabolitu alachloru ESA. Průměrná hodnota alachloru ESA byla v tomto roce 0,05 µg/l. Doporučená hodnota pro tento metabolit uvedená na internetových stránkách Ministerstva zdravotnictví ČR pro pitnou vodu je 1 µg/l. Ostatní sledované pesticidní látky a nerelevantní metabolity v surové vodě v místě odběrného profilu Znojmo - přítok (Devět Mlýnů) v roce 2015 nepřekročily hodnotu 0,1 µg/l. V roce 2017 nebyly sledovány vybrané metabolity pesticidních látek, k překročení hodnoty 0,1 µg/l v surové vodě došlo u účinné látky isoproturon. Průměrná hodnota v tomto roce činila 0,18 µg/l, maximální byla analyzována 14.8.2017 – 0,363 µg/l. Účinná látka isoproturon patří do skupiny herbicidů na bázi aromatických karbamátů a močovin. Patří mezi selektivní herbicidy, je používán při pěstování obilovin a máku.

Tab. č. 1 ÚV Znojmo - rozbor ZÚ, průměrné hodnoty metabolitů, surová/upravená voda

	acetochlor ESA	alachlor ESA	metazachlor ESA	metolachlor ESA	metazachlor OA	metolachlor OA
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
DH		• 1	• 5	• 6	• 5	• 6
2015	0,82/0,046	0/0,002	0,46/0,31	0,054/0,01	0,007/0	0,031/0
2016	0,037/0,036	0,038/0,025	0,565/0,469	0,069/0,045	0,017/0	0,092/0,014
2017	0/0	0,066/0,051	0,343/0,329	0,03/0,03	0/0	0,089/0

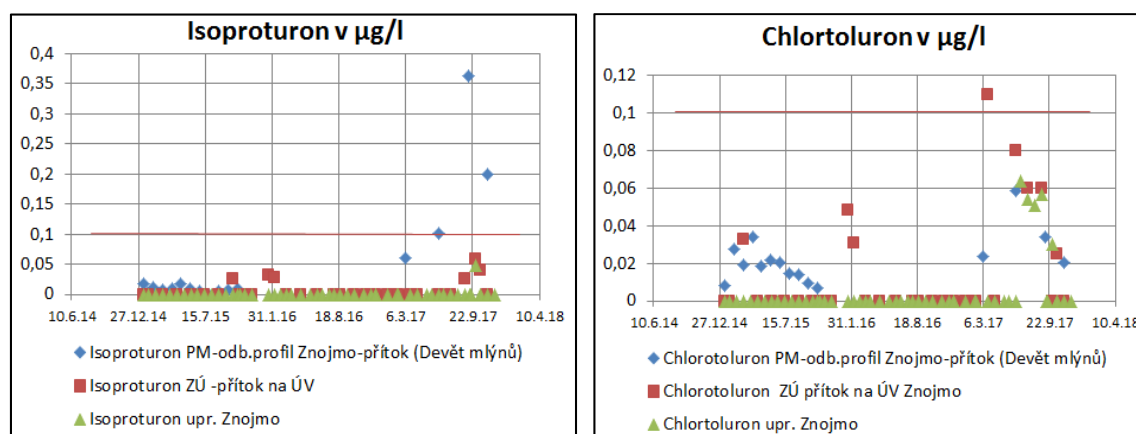
- Za předpokladu, že hodnota mateřské látky bude menší než 0,1 µg/l

Z rozborů provedených laboratorii Zdravotního ústavu za období 2015 až 2017 vyplynulo, že surová voda, ze které je vyráběna pitná voda mírně překročila hodnotu 0,1 µg/l v březnu 2017 (0,11 µg/l) jen u ukazatele chlortoluron. Jedná se o postřikový herbicidní přípravek určený k hubení chundelky metlice, psárky polní a dvouděložných plevelů v ozimé pšenici, ozimém ječmeni, v máku a žitě. U dalších sledovaných účinných pesticidních látek k překročení limitní hodnoty v surové vodě nedošlo.

V tabulce č. 1 jsou uvedeny roční průměrné hodnoty metabolitů pesticidních látek, které byly v surové a upravené vodě stanoveny laboratorii ZÚ. Surová voda je od září 2015 upravována na třech separačních stupních. Třetím stupněm jsou filtry s granulovaným aktivním uhlím. V upravené vodě nedošlo v období roku 2015 až 2017 k překročení limitní hodnoty 0,1 µg/l u pesticidních látek, rovněž nebyly překročeny doporučené hodnoty u nerelevantních metabolitů.

Filtry s GAU jsou instalovány především na úpravny povrchových vod nacházející se v oblastech se zvýšeným rizikem kontaminace surové vody organickými sloučeninami. Granulované aktivní uhlí snižuje ve vodě hodnoty kontaminujících organických látek (např. pesticidů, chlorovaných rozpouštědel, olejů) adsorpcí v pórech materiálu. Na GAU jsou zachycovány rovněž příchutě a pachy sloučenin a jsou odstraňovány prekursor trihalogenmethanu. Na některých úpravnách vod se používá i k odstranění oxidačních činidel, především ozonu.

Grafy účinných pesticidních látek analyzovaných laboratorii PM, ZÚ

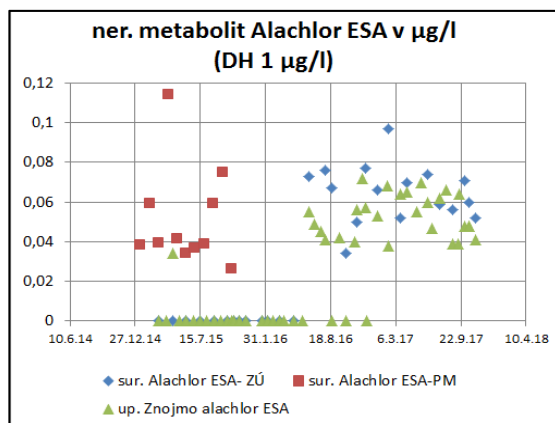
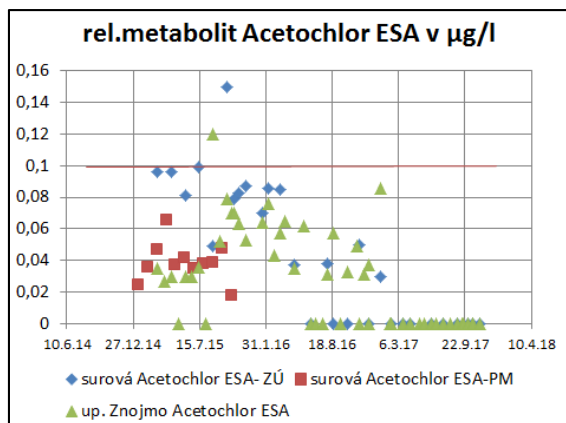


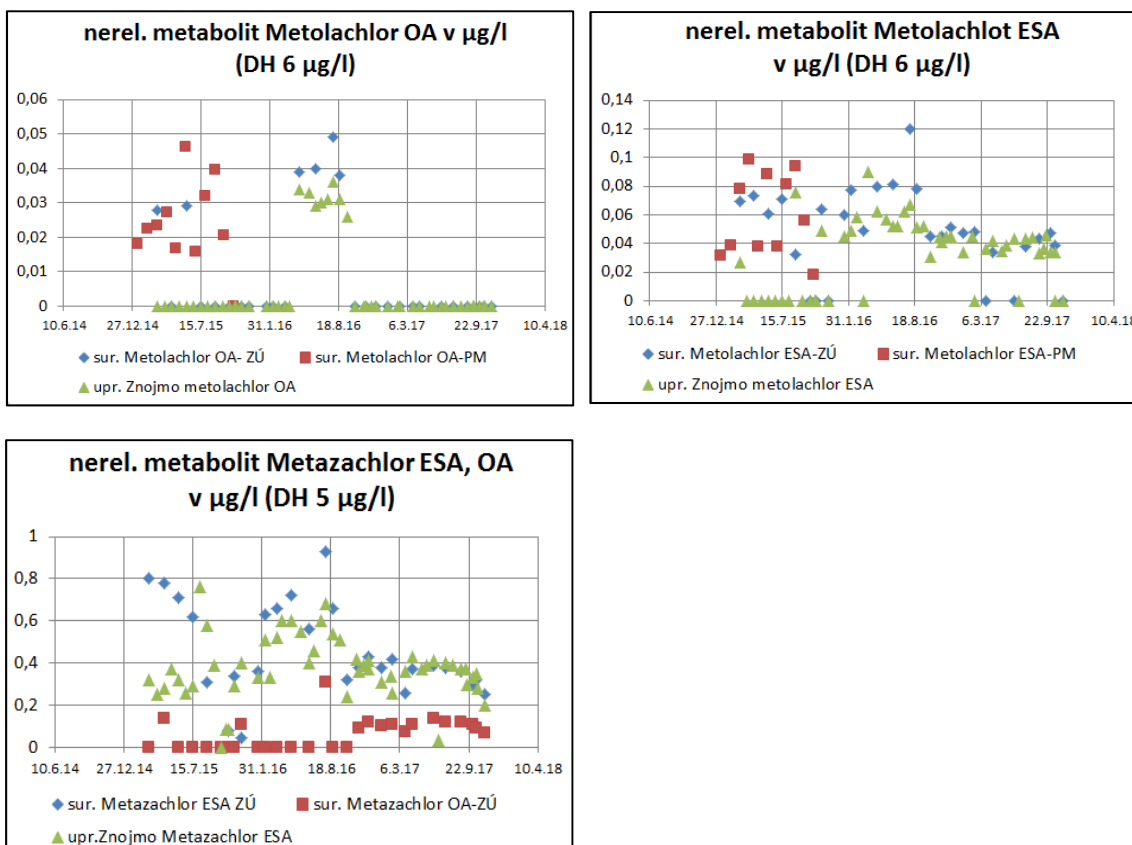
V tabulce č. 2 jsou uvedeny hodnoty ukazatelů $CHSK_{Mn}$, UV absorbance při 254 nm a zákalu za roky 2015 až 2017 na vstupu do ÚV Znojmo, za druhým separačním stupněm a na výstupu z úpravy vody. Dále je pro surovou a pitnou vodu distribuovanou z ÚV Znojmo vytvořen seznam pesticidních látek a nerelevantní metabolitů, jejichž hodnoty byly stanoveny laboratorii ZÚ nad mezí stanovitelnosti 0,025 µg/l.

Tab. č. 2

ÚV Znojmo				
	přítok na ÚV	za pís. filtry	odtok z ÚV	
CHSK-Mn (mg/l)	3,5-9,1(prům.4,63)	1,35-2,74 (prům. 1,93)	0,8-2,97 (prům. 1,65)	
zákal (ZFt)	1,2-234(prům.7,89)	0-3,2 (prům.0,0223)	0-1,4 (prům. 0,0201)	
Absorbance (254 nm, 1cm)	0,044-0,32 (prům. 0,145)	0,046-0,08 (prům. 0,0593)	0,033-0,07 (prům. 0,0477)	
pesticidní látky a nerelevantní metabolity (µg/l)	Chlortoluron		chlortoluron	pod 0,1 µg/l nebo pod DH
	Isoproturon		isoproturon	
	Metazachlor		terbutylazin	
	Terbutylazin		atrazine-hydroxy	
	Metolachlor		acetochlor ESA	
	Dimethenamid-P		alachlor ESA	
	Quinmerac		metazachlor ESA	
	MCPA		metolachlor ESA	
	MCPP		metolachlor OA	
	Antazine-hydroxy		metazachlor OA	
	dimethachlor			
	acetochlor ESA			
	alachlor ESA			
	metazachlor ESA			
	metolachlor ESA			
	metolachlor OA			
	metazachlor OA			

Grafy metabolitů účinných pesticidních látek





Z rozborů pesticidních látek a nerelevantních metabolitů v surové a upravené vodě je patrné, že GAU nadále splňuje svoji úlohu – snížení hodnot organických látek.

Granulované aktivní uhlí je doporučeno vyměnit za nové nebo jej regenerovat v době, jakmile jsou nízké adsorpční vlastnosti GAU stanovené pomocí jodového čísla nebo koncentrace ukazatelů odstraňovaných látek v upravené vodě dosáhne předem stanovené úrovně, např. dojde k nárůstu hodnot pesticidních látek v upravené vodě nad limit stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb., v platném znění.

Regenerace GAU jodové číslo obnovuje – zvyšuje, závisí však na kvalitě vyčerpaného GAU. Některé společnosti, které regeneraci GAU provádějí, se zavazují, že jodové číslo se regenerací zvýší o 300 jednotek. V normě ČSN 75 5715 se uvádí, že jodové číslo regenerovaného GAU nesmí být nižší než 600 mg/l.

GAU na ÚV Znojmo bylo již třikrát testováno různými společnostmi. V tabulce č. 3 jsou uvedeny hodnoty vybraných ukazatelů – jodového čísla a popela GAU v různém termínu. Součástí tabulky je uvedení množství upravené vody na GAU k termínu odběru vzorku GAU pro provedení testu. Hodnoty jodového čísla vycházejí u různých společností odlišně. Je doporučováno provádět testování granulovaného aktivního uhlí jednou společností.

Tab. č. 3 Testy granulovaného aktivního uhlí

		Filtr 5			Filtr 6		
		jod. č.	popel	množství v.	jod. č.	popel	množství v.
		mg/g	%	m3	mg/g	%	m3
nové - A	listopad/2015	1025	8	1 363 155	1025	8	1 363 155
test 1- B	leden/2016	744	7,1	1 560 085	742	7,2	1 560 085
test 2 - A	září/2016	780	7,2	2 416 209	775	7,4	2 416 209
test 3- C	červen/2017	656	6,57	3 212 253			3 212 253

Závěr

Životnost granulovaného aktivního uhlí je omezená, jeho adsorpční kapacita se postupně snižuje. Datum vyčerpání adsorpční kapacity GAU se nedá přesně stanovit. Velkou roli hraje jakost upravované vody především ve složení a koncentraci organických látek, typ granulovaného aktivního uhlí, kontaktní doba upravované vody s náplní GAU, filtrační rychlosti a další způsoby úpravy vody např. ozonizace.

Granulované aktivní uhlí je doporučeno vyměnit za nové nebo jej regenerovat v době, kdy jsou zjištěny nízké adsorpční vlastnosti GAU.

Použitá literatura

1. Povodí Moravy, s.p. - rozbor surové vody na řece Dyji, profil Znojmo – přítok (Devět mlýnů)
2. Provozní evidence VODÁRENSKÉ AKCIOVÉ SPOLEČNOSTI, a.s.
3. ČSN EN 12915, výrobky používané pro úpravu vody určené k lidské spotřebě – granulované aktivní uhlí
4. Internetové stránky MZ ČR
5. Internetové stránky Povodí Moravy, s.p.

Vodní zdroj Březová nad Svitavou - dusičnany v podzemních vodách

Ing. Jaroslav Záhora, CSc.¹⁾; Ing. Petr Nohel²⁾; Ing. Jana Vavříková¹⁾

1) Mendelova univerzita v Brně; Zemědělská 1665/1, Brno 613 00, zahora@mendelu.cz

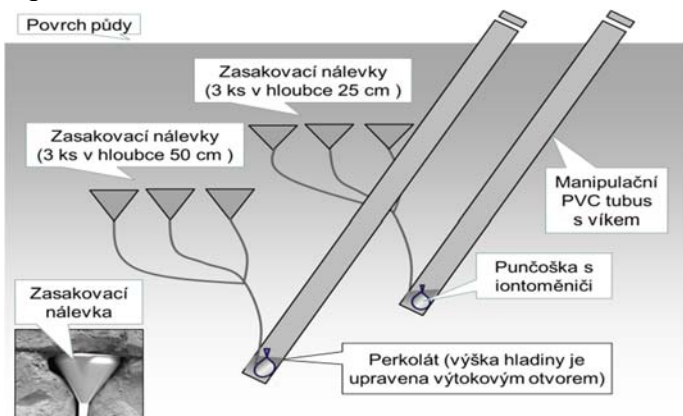
2) Brněnské vodárny a kanalizace, a.s., Pisárcecká 555/1a, Brno 603 00, pnohel@bvkc.cz

Úvod

Vodní zdroj Březová nad Svitavou je největším zdrojem podzemní pitné vody v ČR. Je využíván dvěma březovskými přivaděči, které přivádí kvalitní pitnou vodu pro brněnskou aglomeraci a další napojené obce v celkovém objemu 27 mil. m³/rok. Jelikož se koncentrace dusičnanů v jímané vodě svrchní zvodně začala blížit hodnotě 45 mg/l, byla před více jak 10 lety navázána vzájemná spolupráce BVK, a.s. s Mendelovou univerzitou v Brně s cílem zjištění cest a podmínek úniku dusičnanů ze zemědělských půd do podzemí. O únicích minerálního dusíku z půd různých ekosystémů jsme informovali na konferenci již v roce 2008 a následně v roce 2011.

Výzkumný projekt

V letech 2012 až 2016 následoval projekt zaměřený pouze na ornou půdu, který byl realizován také ve spolupráci s Centrem výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i. a za podpory Ministerstva zemědělství ČR. V rámci projektu byly sledovány úniky minerálního dusíku z cílové plodiny (ozimá pšenice) při 3 rozdílných dávkách minerálního dusíkatého hnojiva (0, 35, 69, 138 kg N.ha⁻¹rok⁻¹ čemuž odpovídá značení variant - procentuální dávky hnojení N0, N25, N50, N100). Jedním z výstupů tohoto projektu bylo vytvoření funkčního vzorku soupravy pro záchyt minerálního dusíku v půdním roztoku ve dvou horizontech.



Obr. 1

Schématické znázornění záchytu perkolátů a časové prodlevy na dně manipulačního tubusu pro efektivnější výměnu minerálního dusíku na zrnech selektivních iontoměníčů. Na konci období monitorování (např. na konci období vegetačního klidu) se prostě vymění váček s iontoměníči.

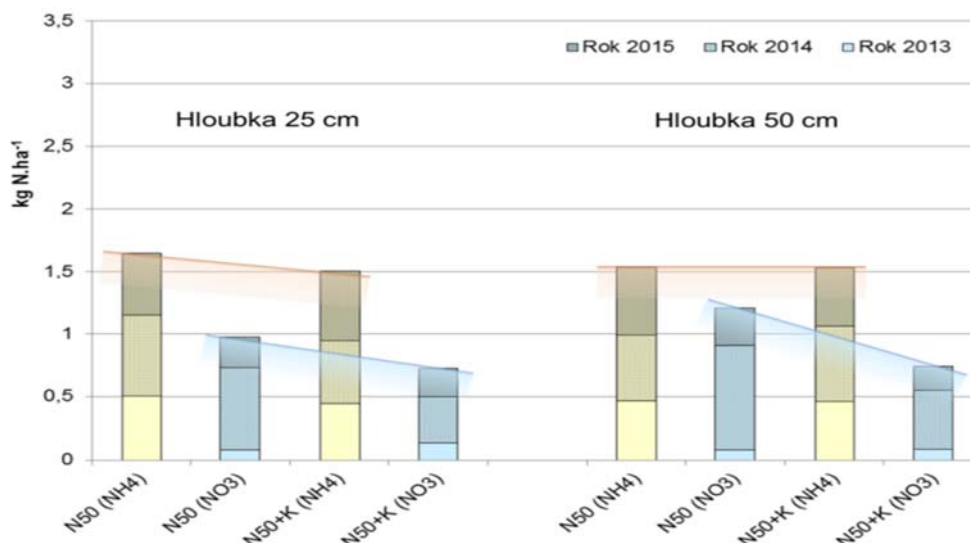


Obr. 2

Na fotografii je souprava pro záchyt minerálního dusíku při instalaci (jinak je vše pod povrchem půdy a nad povrchem je pouze ústí manipulačních tubusů).

Měření a výsledky

Kontinuální záchyt iontů minerálního dusíku z půdního roztoku přímo v terénu umožnil sledovat například snížení jeho úniků po aplikaci kompostu (50 tun/ha) na obr. 3.



Obr. 3 Snížení úniků minerálního dusíku po aplikaci kompostu v obou sledovaných hloubkách 25 a 50 cm (kompost byl aplikován pouze ve variantě N50+K). Zobrazen je kumulativní tříletý záchyt amonného a nitratového dusíku.

Jakmile se minerální dusík dostane hlouběji do půdního profilu, už se jenom velmi obtížně dostává zpět do koloběhu dusíku a z klíčové živiny pro rostliny a mikroorganismy se stává nepříjemný kontaminant podzemní vody.

V roce 2016 byla provedena fyzikální analýza půdy (tab. 1). V případě obsahu humusu byla nejvyšší hodnota změřena v případě varianty N50+C (varianta s přidavkem lignohumátu /uhlíku/) a nejnižší N100. V případě fyzikálních vlastností lze konstatovat, že tyto vlastnosti jsou dosti neuspokojivé a lze říci, že půda je výrazně degradována. Fyzikální charakteristiky ukazují zejména na porušení vzdušného a vodního režimu půdy a nadměrné utužení. Je však nutné dodat, že na objemovou hmotnost má pozitivní vliv snižující se dávka N. Tento vliv lze vypočítat i u některých dalších fyzikálních vlastností. Bohužel i navzdory krátkému období experimentů došlo ve variantách s nejvyššími dávkami hnojení minerálním N k pozorovatelnému poklesu stability půdních agregátů. Z výsledků těchto rozborů byl publikován článek v odborném recenzovaném časopise zařazeném do databáze SCOPUS: Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis

	Obsah humusu	Momentální vlhkost (% obj.)	Nasáklivost (% obj.)	Vlhkost 30ti minutová (% obj.)	Maximální kapilární vodní kapacita (% obj.)	Retenční vodní kapacita přibližná (% obj.)	Měrná hmotnost (g*cm ⁻³)	Objemová hmotnost redukovaná (g*cm ⁻³)	Provdzdušenost (% obj.)	Pórovitost (% obj.)
N0 mix	2,61	35,44	44,60	42,71	35,39	27,94	2,56	1,78	14,99	40,45
N0	2,08	39,72	42,53	40,71	35,21	27,01	2,52	1,77	14,19	40,84
N25	1,85	38,36	42,12	41,88	35,56	28,58	2,55	1,61	14,17	40,91
N50	1,86	37,75	43,40	41,58	36,87	28,35	2,58	1,53	13,79	41,39
N100	1,84	36,39	43,47	41,17	34,91	25,85	2,56	1,44	14,96	42,28
N50 + K	2,20	37,48	42,09	39,00	34,76	26,54	2,53	1,49	14,44	43,84
N50 + C	2,62	36,34	42,75	42,52	36,99	25,45	2,55	1,50	14,79	40,01
N100 + C	2,57	38,71	42,62	39,97	35,19	26,54	2,55	1,42	14,99	39,40

Tab. 1 Fyzikální analýza půdy



Obr. 4 a 5 Fotografie výzkumných ploch Babička a Čarodějnice

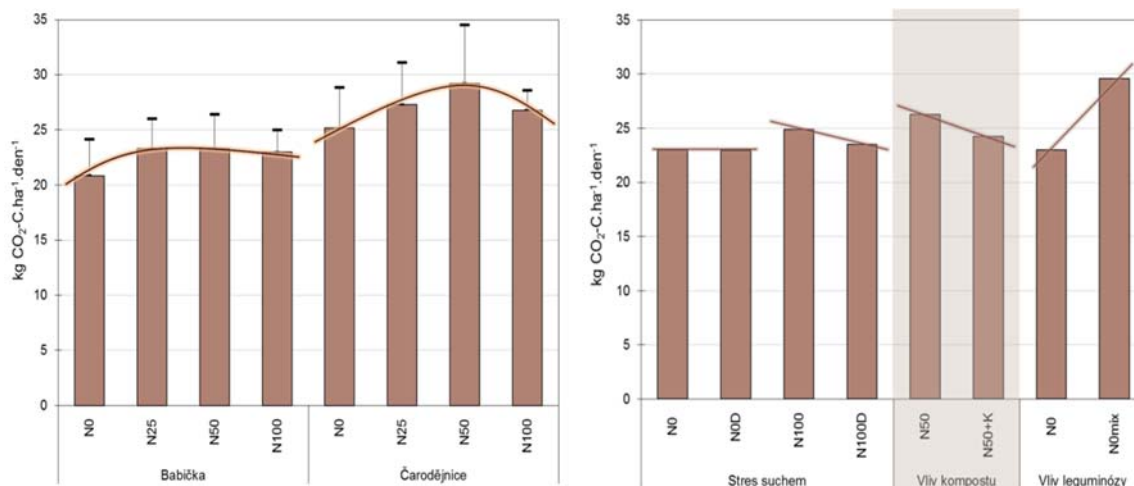
Po celou dobu výzkumu probíhalo vždy v průběhu vegetační sezóny stanovení kumulativní produkce $\text{CO}_2\text{-C}$ přímo na jednotlivých experimentálních parcelkách. Pro měření byla použita upravená metoda s využitím sorpce CO_2 na natrokalcit. Zvyšování dávek dusíkatého hnojení nezpůsobilo rovnoměrné zvýšení půdní respirace.

Nejvyšší půdní respirace byla zaznamenána na obou lokalitách při dávce N50, přičemž navýšení proti kontrole s absencí dusíkatých vstupů (varianta N0) bylo nepatrné, statisticky neprůkazné, v rozmezí 12% - 16%. Při dalším zvýšení dávky dusíku na N100 však půdní respirace poklesla; na lokalitě „Čarodějnice“ statisticky významně. Uměle navozeným stresem sucha nedošlo ke změně půdní respirace; nicméně nepatrně (o 5,5%) se snížila respirace ve variantě s plnou dávkou hnojení N100. Přídavek kompostu vedl ke snížení půdní respirace (opět statisticky nevýznamně o 7,7%). Důvody lze hledat v zefektivnění transformací půdní organické hmoty spojené s narůstající úlohou mykorhizních kolonizací v dalších letech po odeznění přímého vlivu kompostu.



Obr. 6 a 7
Měření půdní respirace.
Fotografie otevřené a hermeticky uzavřené kapsle s natrokalcitem.

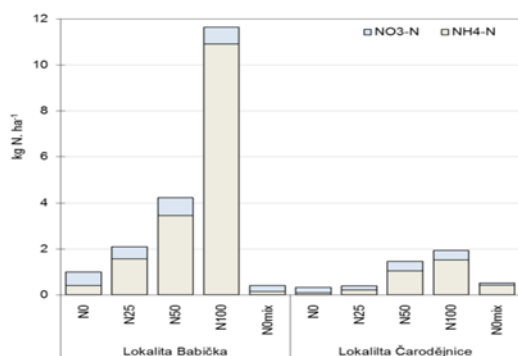
Příměs luskoviny k cílové ozimé pšenici měla nejvýznamnější a statisticky významný vliv na zvýšení půdní respirace (až téměř o 30%). Na tomto zvýšení se projevilo pravděpodobně také vynechání jedné dávky herbicidu proti dvouděložným plevelům a to jak přímo, kdy nedošlo ke snížení aktivity půdních mikroorganismů po aplikaci biologicky účinné látky, tak nepřímo zvýšením vstupů kořenových depozic z dvouděložných rostlin.



Obr. 8 Průměrné hodnoty půdní respirace z obou lokalit zohledňující vlivy zvyšování dávek dusíkatého hnojiva a stresu suchem (D jako suchá varianta), přidavku kompostu (K) a pěstování ozimé pšenice ve směsi s leguminózou (N0mix).

Dalším výstupem projektu bylo stanovení aktuálního množství amonného a nitrátového dusíku v orné půdě v hloubce 0 - 25 cm po čtyřech letech pěstování ozimé pšenice a v odstupňovaném režimu hnojení minerálním dusíkem N0 - N100. Jak je patrné z obrázku 9 na lokalitě „Babička“ byl aplikovaný minerální dusík zjevně využíván hůře, jeho přítomnost se prokazatelně zvyšovala se zvyšující se aplikační dávkou. Ve variantě N100 byla v půdním roztoku na vrcholu vegetační sezóny stále přítomná téměř jedna desetina z aplikovaného množství. Podle očekávání bylo nejméně minerálního dusíku zjištěno v nehnojených variantách N0.

Alarmující je, že když byly o den později odebrány a analyzovány vzorky půdy z okolních konvenčně obhospodařovaných polí s pšenicí ozimou, bylo v 10 vzorcích z 34 zaznamenáno aktuální množství minerálního dusíku vyšší než 20 kg N.ha⁻¹, což by teoreticky odpovídalo množství dusíku aplikovaného v daném roce ve vyšší míře, než dovoluje Směrnice Rady 91/676/EHS, o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů.

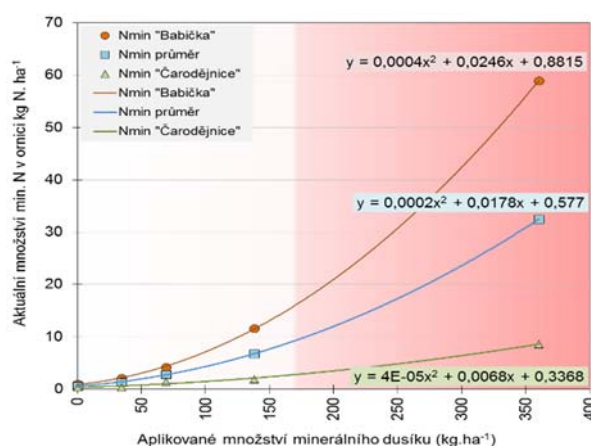


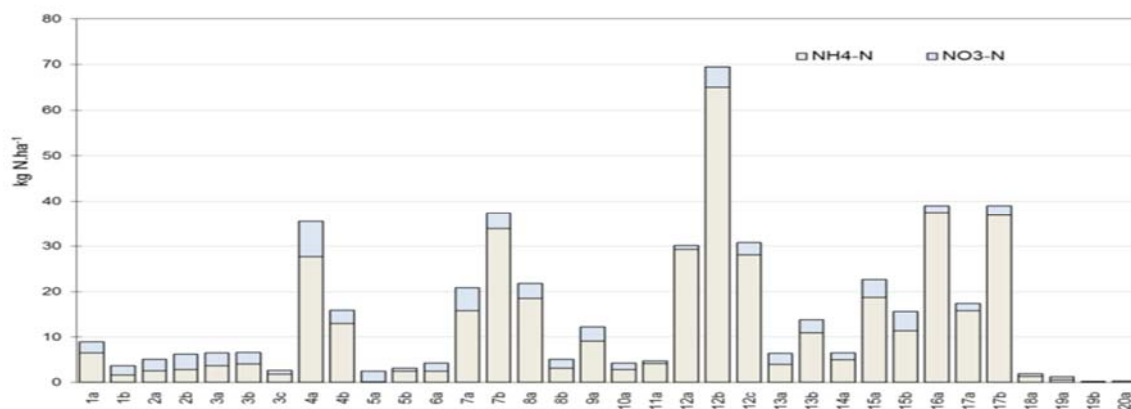
Obr. 10

Extrapolace teoreticky aplikovaného množství dusíku v okolních orných půdách se stejnou cílovou plodinou pomocí rovnic trendů, znázorněných proložením známých hodnot z experimentálních parcel. Stupňující se odstín pravé části grafu zvýrazňuje míru aplikace minerálního dusíku nad doporučenou prahovou hodnotou „nitrátové směrnice“.

Obr. 9

Souhrnné množství minerálního dusíku v půdě ornice na lokalitě „Babička“ a na lokalitě „Čarodějnice“ na hektar (odběr 17.5.2016). Jako N0 MIX je označena nehnojená varianta směsné kultury ozimé pšenice s ozimou peluškou. Znázorněny jsou pouze průměrné hodnoty.





Obr. 11

Souhrnné množství minerálního dusíku v konvenčně obhospodařovaných orných půdách s identickou cílovou plodinou (ozimou pšenicí) v okolí experimentálních ploch v katastrech obcí Banín a Radiměř ve vrcholu vegetační sezóny v hloubce 0-25cm (odběr 18.5.2016).

Na obrázku 12 a 13 je dokumentováno ztuhlé podorníčí na okolních pozemcích v konvenčním zemědělství. Podstata tohoto jevu je známá a doložená. Spočívá v rozpadu půdních agregátů a v pohybu nejjemnějších půdotvorných jílovitých a prachovitých částic s prosakující srážkovou vodou ve vertikálním směru. Na povrchu podorníčí se pohyb těchto částic zastavuje a dochází k ucpávání gravitačních pórů, posléze i pórů s menším průměrem.



Obr. 12 Ztuhlé podorníčí odkryté po plošném smyvu ornice přívalovou srážkou (foto 29.5.2016)



Obr. 13 Obnažené smykové plochy ztuhlého podorníčí obnažené přívalovou srážkou (foto 29.5.2016)

Proces sekundární **karbonatizace** zpevňuje nově vytvářenou vrstvu a blokuje vydatnější infiltraci srážkových vod. Kulturní plodiny mohou „operovat“ pouze v mělkých povrchových vrstvách a situace se zhoršuje ještě výrazněji.

V rámci projektu byly také realizovány maloobjemové (laboratorní) a velkoobjemové (terénní) nádobové pokusy pro testování využití kompostu jako prostředku pro zlepšení fyzikálně-chemických vlastností půdy a zároveň jako prostředku pro snížení množství vstupujícího a vystupujícího minerálního dusíku z daného půdního prostředí. Výsledky výzkumu vlivu přídatku kompostu a minerálních hnojiv prokázaly, že nejnižší úniky minerálního dusíku byly zaznamenány ve variantách se zvýšenou dávkou kompostu (200 % doporučené dávky kompostu). To poukazuje na ochuzení půdy o organický podíl, který by jinak sloužil jako zdroj energie pro půdní mikroorganismy v případě vnosu minerálních živin ve formě minerálních hnojiv.

Současnost a výhled

Od roku 2017 je společný výzkum BVK, a.s. a MENDELU zaměřen na přidavek organické hmoty. Na výzkumných parcelkách je zachováno odstupňování hnojení minerálním dusíkem a jednotlivé varianty jsou dále rozděleny na variantu s přidavkem kompostu (+k), s přidavkem kompostovaného biouhlu (+kb) a s přidavkem biouhlu (+b). Ze zachycených úniků minerálního N na iontoměničích se po jednom roce projevuje vliv +kb jako nejpříznivější. Při aplikaci tohoto materiálu dochází k zadržení minerálního dusíku i při zvýšené dávce minerálního hnojení.

Díky Brněnským vodárnám a kanalizacím, a.s. pokračuje společný výzkum i v roce 2018 a předpokládá se, že v obdobném duchu bude prováděn i v letech následujících.

Shrnutí a závěr

Z výsledků dosud provedených experimentů lze usuzovat na pozvolný nástup degradačních změn v půdním profilu způsobený dlouhodobým používáním minerálních dusíkatých hnojiv za současného snižování dodávek organické hmoty do půdy. Rovněž lze na některých polích usuzovat na překračování povolených dávek minerálního dusíkatého hnojení. Degradační změny se projevují nepříznivými změnami fyzikálních charakteristik a půdně biologických aktivit. Tyto jevy vedou v souhrnu ke zhutnění podorničí, k obtížnému prokořeňování plodin do větších hloubek, k deformaci kořenového systému a k větší citlivosti pěstovaných rostlin k suchu. **Jedinou alternativou** ke stávajícímu konvenčnímu zemědělskému hospodaření je, jak potvrzují i provedené experimenty, **organické zemědělství** s výrazným, ne-li úplným omezením minerálního hnojení, včetně přípravků na ochranu rostlin.

Naším cílem je, přes veškerá ochranná opatření směrnic, dotací apod., dosáhnout opravdové změny v přístupu k zemědělské výrobě a podstatnému snížení úniku minerálního dusíku do pozemních vod, především v infiltrační oblasti vodního zdroje Březová nad Svitavou. Snahou je dospět přinejmenším k účinnému řešení v ochranném pásmu vodního zdroje, které by v nejlepším případě mohlo být aplikovatelné obecně pro veškerá OPVZ v ČR.

Při této příležitosti je dobré zdůraznit, že konvenční zemědělci nedaleko od naší jižní hranice, přestože nemají živočišnou výrobu, postupně přechází bez dotací a státních pobídek na promyšlený systém se zařazením vícedruhých meziplodin do osevního postupu, kterým jsou schopni pokrýt dusíkaté nároky cílových plodin, pěstovaných v druhém sledu. Chovají se jako správní hospodáři s úctou k půdě.

Poděkování

Výzkum byl a je prováděn za výrazné podpory Brněnských vodáren a kanalizací, a.s. a obětavé práce výzkumných pracovníků Mendelovy univerzity. Poděkování patří také vlastníkům pozemků s výzkumnými lokalitami.

Modernizace filtrace F7-F12 na zdroji pitné vody Káraný

Ing. Jaroslav Boráň, Ph.D.¹⁾; Mgr. Marek Skalický²⁾; Ing. Lucie Houdková, Ph.D.¹⁾

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

2) Vodárna Káraný, a.s., Žatecká 110/2, 110 00 Praha 1

Abstrakt

Príspevok pojednáva o rekonstrukci šesti otevřených rychlofiltrů na ÚV Sojovice, která je součástí zdroje pitné vody Káraný a zajišťuje mechanické předčištění surové vody z řeky Jizery před jejím následným zasakováním do horninového podloží. Rekonstrukce filtrů F7 až F12 proběhla unikátním způsobem, kdy byly běžně užívané obklady nahrazeny nerezovými vanami, do kterých byl následně instalován drenážní systém TRITON.

1 Úvod

Hl. město Praha a centrální část Středočeského kraje jsou zásobovány pitnou vodou ze tří úpraven vody. Nejstarší z nich je ÚV Káraný, která dodává 25 % pitné vody. Většinu spotřeby (75 %) pokrývá ÚV Želivka a jako záložní zdroj slouží ÚV Podolí. ÚV Káraný byla do provozu uvedena v roce 1914 a zdrojem surové vody je kvalitní podzemní voda (artéská a z břehové infiltrace) vyžadující pouze hygienizaci. V letech 1964 až 1968 byla kapacita ÚV Káraný zdvojnásobena vybudováním umělé infiltrace, přičemž vydatnost břehové infiltrace je 900 l/s a vydatnost umělé infiltrace činní dalších 900 l/s. Umělá infiltrace zahrnovala vybudování jezu na Jizeře, čerpací stanice surové vody, ÚV Sojovice, 15 vsakovacích nádrží o celkové ploše 70 000 m² a radiálních a vrtaných trubních studní. Povrchová voda z řeky Jizery je čerpána na rychlofiltry instalované na ÚV Sojovice. Takto filtrovaná voda je dále čerpána do vsakovacích van, kde se vsakuje přes vrstvu štěrkopísku do horninového podloží a získává tak charakter podzemní vody. Po zhruba 50-ti denním zdržení je voda odčerpávána pomocí systému vrtaných studní a vedena gravitačním řadem do hlavní čerpací stanice ÚV Káraný. Směs vody ze všech zdrojů je hygienicky zabezpečena chlorem a čerpána třemi výtlačnými řady do dvou vodojemů v Praze (Flora a Ládví). [1]

2 ÚV Sojovice

ÚV Sojovice zajišťuje mechanické předčištění povrchové vody z řeky Jizery před jejím čerpáním do vsakovacích van. Surová voda je zbavena hrubých nečistot pomocí hrubých česlí s průlinou 150 mm a automaticky stíraných jemných česlí s průlinou 5 mm a je čerpána na ÚV Sojovice, kde je hlavním cílem snížit koncentraci částic menších než 1 mm, aby nedocházelo k zanášení horninového podloží mechanickými nečistotami. Odstraňování nerozpuštěných látek bylo do roku 2012 zajišťováno filtrací na pískových filtrech, které byly do provozu uvedeny v roce 1968. Jednalo se o 24 otevřených rychlofiltrů s mezidnem a scezovacími hlavicemi, které jsou umístěny ve dvou halách (filtry F1 až F24). Filtrační náplň byla tvořena 130 cm filtračního písku FP 2. V roce 2012 byla uvedena do provozu šestice filtrů (F1 až F6), které prošly v letech 2011 až 2012 rekonstrukcí. V rámci rekonstrukce byla v těchto filtrech nahrazena mezidna drenážním

systémem Leopold, byla provedena sanace a obložení železobetonových stěn, byly vyměněny původní ocelové rozvody za nerezové, byla osazena nová čerpadla a dmychadla pracího vzduchu a byla vyměněna jednovrstvá písková náplň za dvouvrstvou (písek/antracit).

V roce 2017 byla do zkušebního provozu uvedena další šestice filtrů (F7 až F12), při jejich rekonstrukci byla využita světově unikátní aplikace nerezového drenážního systému TRITON do nerezových van filtrů. Filtrační náplň tvoří Filtralite Momo-Multi Fine v celkové výšce 160 cm. V rámci rekonstrukce filtrů došlo také k výměně původního ocelového potrubí za nerezové, jedná se o rozvody surové vody a pracího vzduchu, odvod filtrátu a odpadní vody z praní, a to včetně příslušných armatur. [2],[3]

2.1 Postup rekonstrukce filtrů F7 až F12 – nerezová vana filtru

Rekonstrukce filtrů byla rozdělena na část stavební a část technologickou. V rámci stavební části byla rekonstrukce každého filtru (původní stav je patrný z obr. 1) zahájena vytěžením starého filtračního písku a následnými bouracími pracemi.

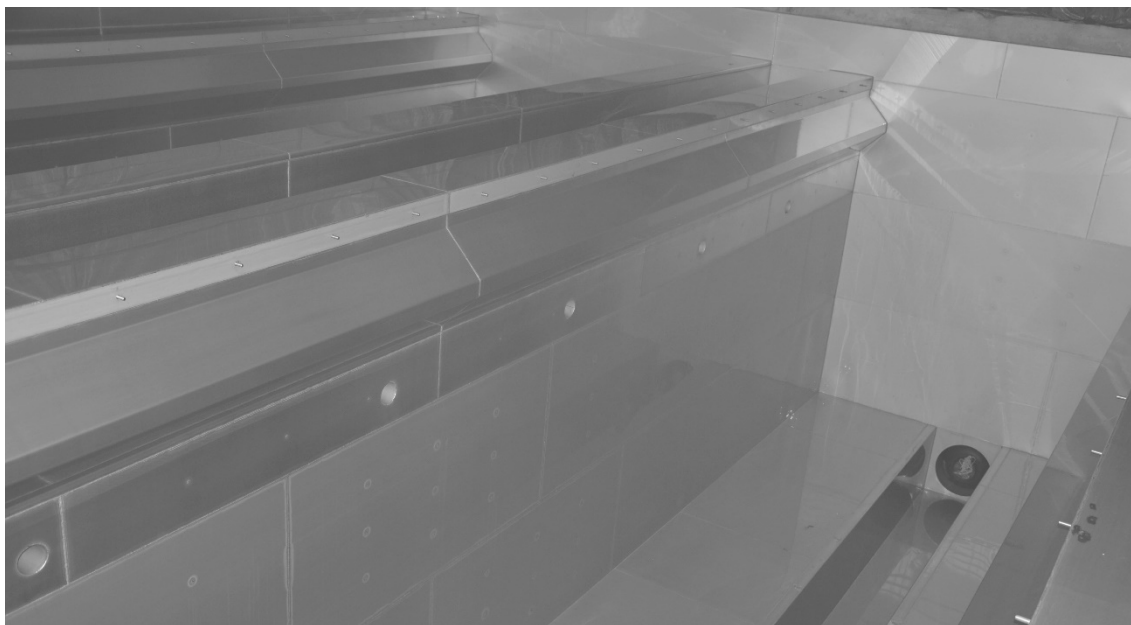


Obr. 1 Původní stav filtrů F7 až F12



Obr. 2 Realizace nosné konstrukce pro oplechování

Byly odstraněny obklady a vybourána mezidna. Rovněž bylo nutno ubourat zkosené části přelivných hran. V takto stavebně připravených filtrech byla zahájena první část technologických prací, v rámci které byly realizovány nosné ocelové konstrukce dna filtrů. Následovalo zabetonování dna a realizace nosné ocelové konstrukce stěn a žlabů (viz obr. 2). Poté následovaly další stavební práce (reprofilace stěn, provedení armování stěn, a bednění stěn, betonáž žlabů a stěn). Těmito pracemi byly filtry připraveny na vlastní oplechování. Jednotlivé plechy byly svařovány na místě, čímž vznikla vodotěsná nerezová vana, jak je patrné z obr. 3. Nedílnou součástí byla důkladná kontrola svarů v průběhu celé rekonstrukce. Závěrečnou fází byla celková pasivace nerezové vany pro zvýšení korozní odolnosti.



Obr. 3 Montáž vodotěsné nerezové vany

2.2 Postup rekonstrukce filtrů – drenážní systém TRITON

Drenážní systém TRITON je nerezový a sestává z vlastních drenážních segmentů s vinutým drátem ve tvaru V, distribučního kanálu a desek překrývajících distribuční kanál, jak je patrné z obr. 4. Konstrukce a výhody drenážního systému TRITON byly detailně popsány např. v [4] a [5]. Technické parametry jednoho filtru sestávajícího ze dvou komor jsou následující:

- rozměry: 9 900 mm x 3 000 mm (délka x šířka jedné komory)
- filtrační plocha filtru (dvou komor): 59,4 m²
- počet drenážních segmentů TRITON v komoře: 30 ks
- délka jednoho segmentu: cca 2 950 mm
- šterbina mezi vinutým drátem: 0,3 mm

2.3 Parametry filtrů F7 až F12 po rekonstrukci

Plocha rekonstruovaných filtrů F7 až F12 činí 356,4 m² a celkový filtrační výkon těchto filtrů je 360 až 570 l/s filtrátu. Změnou filtračního systému a při použití kvalitnějšího filtračního materiálu dojde ke zlepšení ukazatelů předčištěné surové vody před jejím vsakem do horninového podloží, kde dochází k její finální úpravě na vodu pitnou. Zejména se očekává menší zákal a menší biologické znečištění, což by mělo být potvrzeno zkušebním provozem.



Obr. 4 Instalace drenážního systému TRITON

3 Závěr

Rekonstrukce filtrace F7-12 je svým technickým pojetím unikátní vodohospodářskou stavbou, na kterou byla poskytnuta dotace z OPŽP. Běžně používané obklady byly nahrazeny vyvložkováním nerezovým plechem. Díky tomu, že plechy byly svařovány přímo na místě pod dohledem svářečského technologa, vznikla v každém filtru vodotěsná nerezová vana, která zamezí nežádoucímu prosakování vody. Instalace drenážního systému TRITON pak přináší následující výhody:

- Hladký a masivní povrch, bez rizika ucpávání
- Vylepšenou účinnost zpětného praní
- Nižší spotřebu elektřiny
- Snížení nákladů na odstávky

4 Literatura

- [1] <http://www.pvk.cz/o-spolecnosti/technicka-a-vyrobní-data/zakladni-informace/upravny-vody/>
- [2] Herčík L., Verfel M.: Rekonstrukce ÚV Sojovice. *Sborník konference Pitná voda 2012*, s. 119-122. W&ET Team. Č. Budějovice 2012. ISBN 978-80-905238-0-7
- [3] Tláskalová B., Verfel M., Herčík L.: Rekonstrukce filtrace na ÚV Sojovice – zkušenosti z ročního zkušebního provozu. *Sborník konference Pitná voda 2014*, s. 299-304. W&ET Team. Č. Budějovice 2014. ISBN 978-80-905238-1-4
- [4] Boráň J., Novotný V., Humený D., Adler P., Král P.: ÚV Hradec Králové – návrh, dodávka, montáž a zprovoznění drenážního systému Triton. *Sborník příspěvků Voda Zlín 2014*, s. 121-124. Moravská vodárenská. Zlín 2014. ISBN 978-80-905716-0-0
- [5] Boráň J.: Nerezový drenážní systém TRITON pro úpravný vody. *Vodní hospodářství* č. 8/2013, s. 263. ISSN 1211-0760

Modernizace dispečinku pro řízení geograficky rozsáhlých vodárenských systémů

Ing. Jiří Kašparec¹⁾; Ing. Milan Lindovský, PhD., MBA¹⁾; Rudolf Večeřa²⁾

1) VAE CONTROLS Group, a.s. Ostrava

2) ČEVAK, a.s.

Úvodem

Společnost ČEVAK a.s. je provozovatelem vodárenské a kanalizační infrastruktury ve více než 300 městech a obcích v Jihočeském kraji a částech krajů Plzeňský a Vysočina. Provozuje více než 5000 km vodovodních řadů a téměř 3000 km kanalizačních řadů a samozřejmě technologické objekty na sítích. Celkově zajišťuje zásobování pitnou vodou a odkanalizování pro více než půl milionu obyvatel.

Vývoj vodárenského dispečinku

V období transformace vodárenské společnosti v 90. letech minulého století bylo také rozhodnuto o vybudování nového dispečinku, jako základního nástroje pro řízení složitých vodárenských systémů, která společnost provozovala. Moderní vodárenský dispečink, jehož jádrem se stal SW systém SCADA SCX5 byl nasazen v roce 2002, a to pro tehdejší společnost Vodovody a kanalizace Jižní Čechy, a.s (VaKJČ, a.s.). Systém, kromě centrálního SCADA systému zahrnoval také 6 podružných dispečinků. V roce 2010 došlo, spolu s vodárnami 1. JVS, které provozovaly vodárenskou síť města České Budějovice, k transformaci na jedinou společnou vodárenskou společnost ČEVAK, a.s.

Vodovodní a kanalizační síť ve městě České Budějovice je řízena původním samostatným systémem, který je zcela oddělený od ostatních provozovaných systémů včetně toho, že mezi ním a ostatními systémy neprobíhá žádná výměna dat. Na systém je napojeno cca 50 objektů.

Vodovodní a stokové sítě v dalších městech a obcích jihočeského regionu jsou řízeny systémem SCADA SCX. Převážná většina objektů je vybavena telemetrickými stanicemi (přes 240 ks) a připojena přes rádiové datové spoje nebo přes mobilní síť GSM. Tyto objekty je možné monitorovat a také ovládat z centrálního dispečinku. Část menších objektů je vybavena datalogery, jejichž data jsou stahována do samostatného serveru. Tyto objekty, na rozdíl od objektů vybavených standardními telemetrickými stanicemi, není možné dálkově ovládat.

Zcela odděleně a bez vazeb na ostatní systémy je provozován monitoring klimatických podmínek v podzemním kolektoru v Českém Krumlově. Má však společné dispečerské pracoviště jako systém společnosti ČEVAK, a.s. a proto považujeme za vhodné jej alespoň zmínit.

Vodárenská soustava Jižní Čechy, která je páteřním vodárenským systémem pro celý region, je řízena stejným systémem SCADA SCX. Je však provozována společností Jihočeský vodárenský svaz a.s. (JVS). Mezi tímto systémem a systémem provozovaným ČEVAKem je vytvořeno rozhraní pro výměnu důležitých technologických dat.

Systém SCADA SCX5

Původně instalovaný systém SCADA SCX5 splňoval všechny funkční požadavky provozovatele. Zajišťoval nejen monitoring a řízení objektů, ale také další související funkce, jako třeba vazbu na GIS a na podnikový informační systém, pomůcky pro detekci skrytých úniků vody, možnost dálkové parametrizace telemetrických stanic a další. V dnešní době doslova raketového rozmachu informačních technologií však přestal systém SCX5 splňovat požadavky na kompatibilitu s moderními operačními systémy. V případě ČEVAKu bylo stejně jako u řady dalších provozovatelů rozhodnuto v roce 2017 o provedení upgrade na verzi SCX6, která je moderní platformou splňující veškeré požadavky na kompatibilitu. Obsahuje řadu nových funkcí při zachování funkcí stejných, jako u systému SCX5. Licenční politika výrobce navíc umožňuje provádět průběžně (obvykle 1 - 2 krát ročně) tzv. update na poslední aktuální verzi, která obsahuje opravy případných chyb a také nové, resp. vylepšené prvky zabezpečení proti kybernetickým útokům.

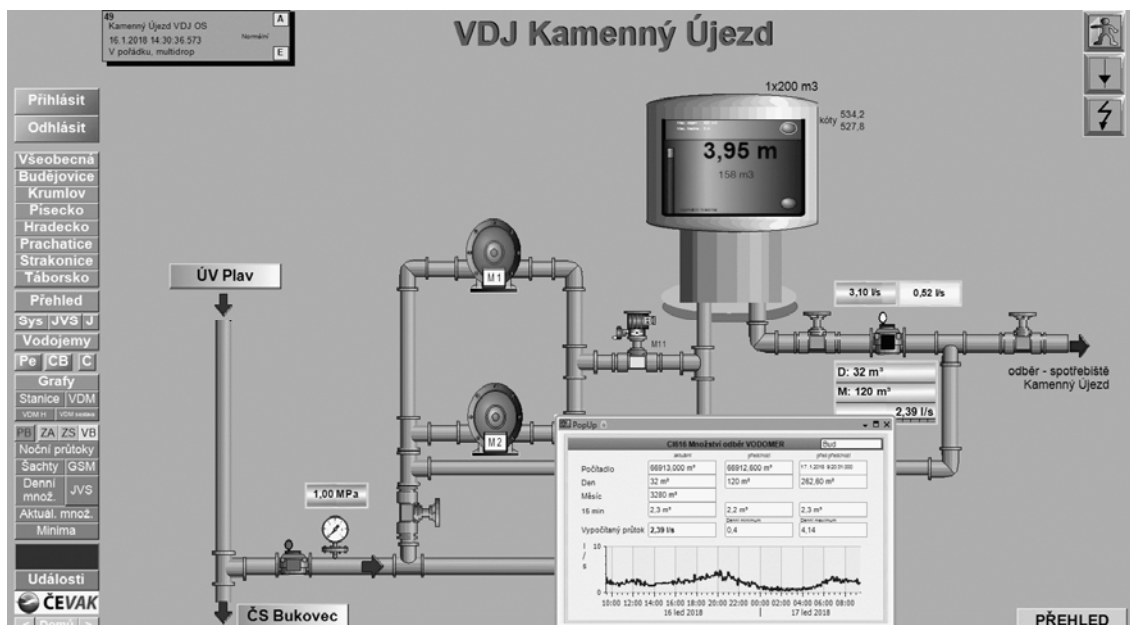
Je nutno podotknout, že původní systém SCX5 byl provozován více než 15 let k plné spokojenosti provozovatele. To v dnešní době překotného rozvoje IT technologií svědčí o nadčasovosti jeho koncepce.

Systém SCADA SCX6

SCADA SCX6 je integrovanou platformou, kterou tvoří komunikační server, realtime databáze, zabudovaný historian, webový server, modul pro přesměrování alarmů (formou emailu nebo SMS zpráv) a tzv. reportovací klient. Díky vícenásobné redundanci, objektově orientované struktuře s podporou DMZ a výkonového serveru je tento systém předurčen pro náročné telemetrické průmyslové aplikace s vysokými požadavky na funkčnost a spolehlivost. Systém podporuje řadu standardních průmyslových rozhraní včetně SQL a .NET. Pomocí těchto zabezpečených rozhraní lze zpřístupnit realtime databázi, alarmy, události i data z historianu dalším aplikacím, např. reportovacím nástrojům, podnikovým systémům MES či ERP, apod.

Důležitou součástí systému představuje systém alarmů. SCX6 má zabudovány nástroje pro eskalaci alarmů na základě řady konfigurovatelných parametrů. Pokud není doručení alarmu do určité doby potvrzeno operátorem na dispečinku, může být automaticky eskalováno a přesměrováno na další osoby (například mistra nebo pracovníka údržby) formou SMS nebo e-mailu.

Základní vlastností telemetrických systémů je možnost centralizovaného dohledu a dálkového řízení vzdálených technologií, které jsou rozmístěny v geograficky rozlehlé oblasti. Díky moderním komunikačním technologiím lze informace přenášet v reálném čase, prakticky bez ohledu na vzdálenost. Telemetrické aplikace umožňují jejich uživatelům výrazné zvýšení efektivity vlastního provozu. Na druhé straně se mohou telemetrické systémy stát terčem kybernetického útoku. Proto je potřeba při budování a rozvoji řešení věnovat problematice kybernetické bezpečnosti mimořádnou pozornost. Přispět k tomu mohou i funkce samotného SCADA systému.



Obr. 1: Typická vizualizace jednoduchého monitorovaného objektu v systému SCX6. V dolní části je vidět vyskakovací okno s historií průtoku.

Systém SCX6 může být vybaven integrovaným zabezpečením komunikace. Zabezpečení AGA12 využívá technologii krytování a veškerá přenášená data tak před odesláním zašifruje pomocí dynamického klíče a podpisu. Opačný postup je použit na straně příjemce zprávy. Další možnost ochrany dat představuje autentifikace, která se používá v případě komunikačního protokolu DNP3 „Secure Authentication“. Umožňuje zabezpečení všech kritických operací – např. ovládání technologického procesu nebo změnu programu v telemetrické stanici. Přenášená data nejsou šifrována, ale před provedením každé kritické operace musí proběhnout ověření (autentifikace) uživatele. Další možností je (u nás velmi populární) využití privátního protokolu Proteus, jehož přesnou strukturu zná pouze výrobce a na jeho rozklíčování by muselo být vynaloženo mimořádného úsilí. V dnešní době požadavků na otevřenost komunikačních rozhraní má toto řešení pro uživatele kouzlo vysoké bezpečnosti při minimálním úsilí.

Funkce dispečinku ČEVAK

Dispečink ČEVAK je důležitou součástí celé organizace, kde se sbíhají informace z mnoha zdrojů a jsou samozřejmě dále distribuovány, ať už automaticky nebo ručně.

Jednou z hlavních činností je samozřejmě **trvalý dohled nad objekty** osazenými telemetrickými stanicemi, které v případě překročení mezních hodnot, výpadků, poruch, případně narušení objektu zasílají okamžitě informace do SCADA systému, případně SMS zprávy na mobilní telefony pracovníků příslušného provozního střediska a pohotovostní služby. Poruchy a alarmové stavy zobrazené na pracovišti dispečinku jsou dispečerem vyhodnocovány a v případě možností systému i okamžitě napraveny tak, aby nedošlo ke škodě. V případě, že se jedná o událost, kterou není schopen dispečer pomocí řídicího software vyřešit, neprodleně toto hlásí pracovníkům údržby popř. pohotovostní služby.

Objekty vybavené telemetrickými stanicemi jsou řízeny automaticky podle vlastního řídicího algoritmu, případně ve vazbě na související objekty (např. čerpací stanice - vodojem). Operátoři dispečinku **mohou objekty ovládat i ručně** prostřednictvím intuitivního uživatelského rozhraní SCADA systému.

Další funkcí dispečinku je **součinnost s ostatními organizačními jednotkami** společnosti. Jsou to zejména pracovníci provozu, s nimiž se koordinují zásahy na objektech. Pracovníci ostatních organizačních jednotek jsou povinni informovat pracovníky dispečinku o veškerých změnách na vodovodních a kanalizačních sítích či zařízeních, jejichž nastavení ovlivňuje činnost zařízení vodárenského dispečinku. Plánované úkony se pak koordinují s činností dispečinku.

Kontrolu stavu a údržbu zařízení vodárenského dispečinku provádí příslušný provozní technik, v případě potřeby ve spolupráci s dodavatelskou firmou.

K zásadním činnostem přitom patří zejména:

- pravidelná kontrola prvků telemetrického systému;
- návrhy oprav a rekonstrukcí el. zařízení na objektech;
- zajišťování veškerých změn, oprav či kontrol monitorovacích zařízení.

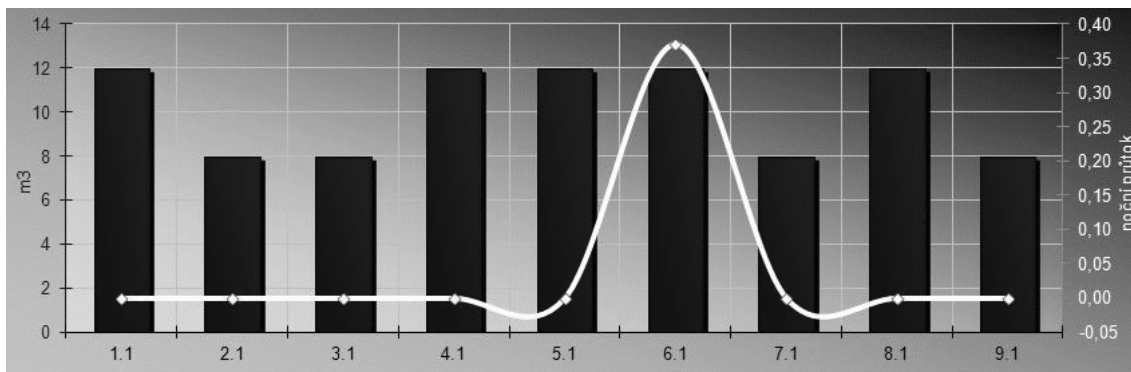
Pracovníci dispečinku provádějí prostřednictvím systému SCADA SCX6 opatření definovaná provozním řádem vodovodu pro provoz vodovodu **v mimořádných situacích** s cílem zajistit bezpečný a spolehlivý provoz vodohospodářských objektů. Společně s provozním střediskem následně zpracovávají analýzy mimořádných stavů.

V mimopracovní době je zřízena **pohotovostní služba**. Pracovníci jsou vybaveni technikou pro servis systémů, včetně základních náhradních dílů. Pohotovostní zásahy se dějí na základě alarmů z telemetrických stanic či telefonické výzvy dispečera.

Poruchová služba spočívá v příjmu telefonických, e-mailových a jiných oznámení o poruchách na vodovodní a kanalizační síti za účelem jejich následné likvidace ve spolupráci s provozním úsekem, včetně vedení souhrnné evidence o všech zásazích na provozovaných zařízeních. Oznámení o poruchách jsou evidována v samostatném systému, jehož prostřednictvím mohou být přímo zveřejněna na webu provozovatele.

Rozšiřování, doplňování a úpravy zařízení a softwarového vybavení vodárenského dispečinku je také nedílnou součástí činností. Je nutné zajistit nejen technické řešení, ale i předpokládaný investiční plán a návrh postupu uvedení předmětného návrhu do provozu.

Pracovníci dispečinku se podílejí i na **zjišťování skrytých úniků** ve vodovodní síti. Za tímto účelem byly vyvinuty speciální reporty porovnávající noční minimální průtoky v daných sekcích. Tyto reporty jsou vyhodnocovány denně a přispívají k rychlému odhalení skrytých úniků.



Obr. 2: Grafický výstup reportu pro odhalování skrytých úniků. Zjišťuje se korelace mezi celkovým denním množstvím a minimálním nočním průtokem.

Kybernetická bezpečnost

Vodárenské společnosti musí být v souladu se zákonem č. 181/2014 Sb. o kybernetické bezpečnosti a zákonem č. 240/2000 Sb. 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 efektivního řešení mimořádných situací vzniklých na vodárenském systému je přitom existence jednotného systému řízení vodárenské společnosti. Pro zavedení tohoto jednotného systému je nutné, v rámci společnosti, vytvořit organizační a řídicí strukturu tvořenou:

- určeným managementem, tj. krizovým štábem řešícím 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) tvořící telemetrický dispečerský systém v navrženém rozsahu;
- podnikovým informačním systémem (ERP), geografickým systémem (GIS), SCADA systémem dispečinku;
- informační a datovou podporou - manipulační řády, plány krizové připravenosti, projektovou dokumentací, 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;
- kvality operativního řízení provozu;
- účinnosti monitoringu;
- unifikace a adaptability informačního systému;
- efektivní zvládnutí řešení vzniklých mimořádných situací.

Z výše uvedeného je zřejmé, že vodárenský dispečink a jeho pracovníci jsou nedílnou součástí opatření nutných pro zajištění kybernetické bezpečnosti. Dispečerský a telemetrický systém se pochopitelně také může stát objektem kybernetického útoku ať už cíleného nebo náhodného. Systém SCADA SCX6 zajišťuje v rámci svých možností vysokou úroveň bezpečnosti a to mimo jiné díky:

- širokým možnostem konfigurace práv pro různé kategorie uživatelů;
- logování veškerých zásahů do systému;
- využití šifrovaných, autentifikovaných a privátních přenosových protokolů;
- možnosti pravidelných update a patchů systému odstraňujících zjištěné zranitelnosti.

V podmínkách ČEVAK je zpracována metodika řízení kybernetické bezpečnosti. Z hlediska fyzické bezpečnosti objektů jsou rozhodující vodárenské objekty sledovány samostatným strážným systémem napojeným na pult centralizované ochrany. Tím jsou vytvořeny předpoklady pro bezpečný provoz celé vodárenské sítě společnosti.

Závěr

Po provedení upgrade na systém SCADA SCX6 je telemetrický systém pro řízení vodárenských a kanalizačních sítí společnosti ČEVAK, a.s. na vysoké technické a organizační úrovni. Odpovídající pozornost je věnována i zabezpečení objektů, kybernetické bezpečnosti i řízení vztahu s dodavateli klíčových komponentů systému. Tento postup lze jen doporučit dalším i menším provozovatelům. Zejména je žádoucí nepodceňovat koncepční a přípravné činnosti a vyvarovat se využívání technologií, které nejsou určeny pro náročné průmyslové aplikace. Ne náhodou je zabezpečení dodávek pitné vody a odvedení odpadních vod součástí národní kritické infrastruktury a je tedy nezbytně nutné využívat technické prostředky odpovídající jejímu významu.

Literatura

- [1] Fürth V., Rytíř F., Lindovský M., Kašparec J.: Adaptabilita dispečerského systému v procesu transformace vodárenské provozní společnosti, sborník příspěvků konference Voda Zlín 2013. ISBN 978-80-260-3739-2
- [2] Kašparec J., Lindovský M.: Dopad zákona o kybernetické bezpečnosti na řízení stokových sítí a ČOV, sborník semináře Nové metody a postupy při provozování čistíren odpadních vod, 2016, ISBN 978-80-86020-82-2
- [3] Lín T., Křena M.: Komplexní řešení pro telemetrii – od samotných snímačů až po připojení na systém ERP, časopis CONTROL ENGINEERING ČESKO, duben 2013
- [4] Webové stránky www.cevak.cz

Zkušenosti s regulačními ventily CLA-VAL a tipy jak snížit pořizovací a provozní náklady

Ing. Jiří Ševčík

ATJ special s.r.o.

Úvod

Regulační membránové ventily si ve vodárenských provozech zajistily během posledních 20 let pevné postavení a jsou využívány pro téměř dvě stovky různých aplikací. Mezi hlavní přednosti v porovnání s konvenčními armaturami patří zejména: lineární vztah mezi otevřením a průtokem, spolehlivost a nízká opotřebitelnost při rychlostech proudící kapaliny až do 5 m/s, při regulaci velmi šetrně mění tlak případně přímo tlumí rázové děje, schopnost manipulace při jednostranném zatížení, možnost kombinací několika funkcí, autonomní hydraulický provoz, možnost doplnění o elektrické ovládání, nízká hlučnost, zachování plné funkčnosti pod vodou, a v neposlední řadě také přijatelná cena.

Regulační membránové ventily lze využít prakticky na všech místech vodárenského provozu od zdroje, na úpravě vody, v čerpací stanici, ve vodojemu a ve spotřebišti. Jejich přínos je zcela jednoznačný. Velmi uznávané jsou modely, které jsou multi funkční a tak provozovateli velmi podstatně usnadňují provoz. Snižují tak pořizovací náklady, nároky na prostor a v neposlední řadě také náklady provozní.

Prakticky se regulační membránový ventil skládá z těla a z pilotního okruhu. Tělo ventilu CLA-VAL je buď v provedení přímém nebo rohovém a provedení přímé je v provedení plnopřůtočném nebo redukovaném. Redukované provedení je levnější a parametry odpovídá ISO normě. Nevýhodou je však nižší průtočnost o cca. 30 % v porovnání s plnopřůtočným typem. Plnopřůtočné provedení zajišťuje naproti tomu vyšší průtočnost a používá se zejména při malých tlakových diferencích např. při plnění vodojemů.

Poškození kavitací trpí ve větší míře redukované provedení. V případě velkých tlakových poměrů (např. 20/1 a více) se používá speciální antikavitační mechanismus v těle ventilu.

Pilotní okruh je důležitou součástí membránového ventilu, díky němu lze dosáhnout velmi citlivé regulace a také enormně snížit místní hydraulickou ztrátu. Pilotní okruh

s řídicím prvkem dává hydraulické povely komoře hlavního ventilu a ta v důsledku toho mění objem a tlak nad membránou. Otevření hlavního ventilu je tedy závislé na správné reakci řídicího prvku pilotního okruhu, zpoždění mezi otevřením hlavního ventilu a povelům z řídicího prvku pilotního okruhu je potom jedním z kritérií přesnosti a spolehlivosti celého ventilu. Jednotlivé části pilotního okruhu je možné za přijatelných nákladů modifikovat a to bez nutnosti výměny celého pilotního okruhu a přímo na místě bez nutnosti demontáže celého ventilu!

Velmi oblíbené jsou membránové ventily vybavené komunikační řídicí jednotkou s vlastním napájením turbínou (řada Smart), která umožňuje velmi sofistikované řešení např. při napájení chlorovacích dávkovacích čerpadel.

Vybrané případové studie

Ze své dlouholeté praxe jsem vybral zajímavé aplikace, kterými nás inspiroval samotný provozní život. Níže přikládám vybrané a provozem prověřené řešení:

1. Benešov – přivaděč



Bezplavákový progresivní ventil je dodatečně doplněn omezovačem průtoku z důvodu ochrany přivaděče před nadbytečným otevřením a enormním snížením tlaků v přivaděči. Díky tomuto hydraulickému řízení je v případě průtoku $Q = 150 \text{ l/s}$ ventil zajištěn v mezipoloze a nedovolí další otevírání ventilu. V případě nutnosti je možné hodnotu omezovacího průtoku přestavit v libovolném směru. Výhodou tedy proti klasickým omezovačům je, že nedochází k mechanickému opotřebení hřídele a také nedochází k nadbytečným tlakovým ztrátám, tak jak je to běžné u škrťících clon.

2. VaS a.s. divize Blansko



Plovákový ventil dodatečně doplněn dálkovým uzavřením pro možné ovládání z dispečinku. Jedná se o poměrně používaný a jednoduchý způsob jak zcela hydraulické ovládání doplnit, aby vyhovovalo potřebám dispečera. Výhodou je to, že doplnění proběhlo za provozu a bez nutnosti odstávky vody.

3. VDJ Medlov



Z důvodu velmi malého rozdílu mezi pozicí maximální hladiny vody ve vodojemu a polohou osazení regulačního ventilu, byl řídicí okruh speciálně upraven tím, že pilotní ventil byl osazen zvlášť a níže než je tělo hlavního ventilu. Tím pádem bylo možné akceptovat rozdíl mezi hladinou a ventilem, který byl reálně menší než 1,0 m. Tento způsob řešení se úspěšně aplikoval zejména u přerušovacích komor s objemem do 20 m³.

4. Zlín – VDJ Val. Klobouky



V době rekonstrukce armatur a s ní spojené nutné odstávky akumulací vodojemu byl stávající bezplovákový ventil na místě doplněn o okruh pro přímou redukci tlaku. Tato redukce tlaku pak byla po dobu cca. 30 dnů aktivována a po celkové rekonstrukci byl celý ventil opět manipulován do původní funkce bezplovákového plnění vodojemu.

5. Kladno – Buštěhrad úprava protirázové ochrany



Původní model ventilu nepočítal se situací kdy dojde k poruše výtláčného řadu. Tím pádem nebyla od počátku vyřešená situace kdy může dojít ke snížení tlak ve výtlaku vlivem poruchy a v tomto důsledku došlo k permanentnímu otevření ventilu a velkým ztrátám vody. Z toho důvodu byl ventil upraven tak, aby jeho zrychlená reakce byla závislá pouze na přetlaku a tím se eliminovalo nežádoucí otevření v době mimo rázovou špičku.

6. Brno – Presslova



Na tlakově redukčním ventilu DN 600 byla provedena úplná revize po jeho 5 letech v provozu. Ventil byl ve velmi dobrém stavu.

7. ÚV Senica – Osuské



V roce 2015 byla provedena rekonstrukce objektu ÚV Osuské na západním Slovensku. V rámci této rekonstrukce byly osazeny čtyři regulační ventily DN 100 na odtokovém potrubí přefiltrované vody. Celý systém byl zautomatizován. Ventily pracují s přesností do 2 cm a jsou vybaveny možností dálkového uzavření v případě potřeby praní filtrů. Jinak je ovšem celý systém nezávislý na zdroji elektrické energie.

8. VDJ Bánovce SK



Systém ovládání nátoky podle aktuální potřeby do vodojemu pro Nitrú byl po 8 letech korektního provozu doplněn možností přímého odečtu průtoku a také doplněn o komunikační jednotku, která umožňuje ovládání a přenášení dat a také možnost dálkově změnit nastavení přes webové rozhraní. Navíc se jedná o kombinaci ovládání pomocí servopohonu a jako záložní zdroj slouží dálková regulace solenoidními ventily. V případě ztráty přenosu je ventil vybaven hydraulickým uzavřením v případě dosažení maximální hladiny ve vodojemu.

9. Osazení ventilu s IP turbínou



Původní bezplovákový ventil byl v roce 2013 doplněn Francisovou mikroturbínou, která napájí akumulátor 7Ah a ten pak přenáší veškeré informace z objektu vodojemu do dispečinku v Olomouci. Mikroturbína má konstantní výkon 1,5 A při výstupním napětí 12 V DC. Průtok turbínou je cca. 1 l/s. Z důvodu prodloužení životnosti akumulátoru byla zvolena turbína s přerušovaným chodem tj. průtok turbínou se automaticky zastaví při dosažení napětí na akumulátoru na hodnotě 13,6V.

10. Repase ventilů po 15 a více letech v provozu



Na přítoku do akumulace vodojemu ve Velké Bíteši byla po cca. 17 letech provozu provedena repase ventilu a to za plného provozu objektu bez odstávky. Důvodem byla netěsnost na pilotním plovákovém ventilu, který byl postupem času nahrazen novějším typem.

Tipy a zkušenosti servisního technika

Tip č. 1

V případě tlakových diferencí nad 10 bar (1MPa) není nutné použít sériovou instalaci ventilů, je vhodné osadit antikavitační mechanismus, tím dojde k úspoře pořizovacích nákladů o 30-40%.

Tip č. 2

Použití novějšího bezplovákového ventilu typ CDS-7 je vhodné pouze pro hystereze minimálně 65 cm. Navíc je zde nutné dodržet výškově minimálně 1,5 m mezi polohou ventilu a minimální hladinou.

Tip č. 3

Z důvodu nebezpečí poškození těla kavitací v menších profilech, doporučujeme použít plnopřůtokový typ – to platí zejména pro DN 80.

Tip č. 4

V případě větších tlakových diferencí není nutné použít za redukčním ventilem pojistný ventil, stačí zvolit takový redukční, který je vybaven integrovaným pojistným ventilem. Tím dojde k úspoře pořizovacích nákladů o 30% a navíc nehrozí vytopení redukční šachty přebytečným množstvím vody.

Tip č. 5

Kombinace tlakové nádoby a pojistného ventilu je vhodná zejména tehdy pokud se jedná o dlouhý podélný řad relativně velké světlosti a má stále stoupající charakter bez výrazných lomových bodů. Použití regulačního ventilu ve funkci protirázové ochrany je také výhodná, pokud je výtlak v tlakové třídě PN 25, zde jsou totiž pořizovací náklady na tlakovou nádobu 3-4x vyšší než v tlakové třídě PN 16, ovšem rozdíl v ceně regulačního ventilu mezi PN 16 a PN 25 je do 10%! Obecně větrník velmi špatně tlumí rázový vzestup tlaku a je zde tedy výhodné použít pojistný ventil a tím významně omezit velikost tlakové nádoby případně docílit i její absence. Jinými slovy řečeno, kdyby následný maximální rázový tlak byl příliš velký, je osazení pojistného ventilu vždy rozumnou alternativou místo zvětšení objemu tlakové nádoby anebo místo asymetrického škrcení větrníku.

Tip č. 6

Pro případ čištění vodojemů (např. jednokomorových) je výhodné použít bezplovákový ventil, který kromě své hlavní funkce doplňování hladiny slouží také jako redukční ventil a lze jej použít právě v době odstavení akumulace.

Tip č. 7

Pokud použijete filtr s vrchním čištěním síta místo klasického Y-filtru, zvýšíte tím průtočnost pro DN 100 o 25%.

Tip č. 8

Omezovač zdvihu ventilu je vhodné použít tam, kde hrozí nebezpečí příliš velkého otevření ventilu – to je zejména v případech kdy první vlna dosahuje velmi prudkých poklesů tlaku a ventil je tak vystaven velké potřebě otevření, v tomto stavu však hrozí „zaseknutí“ ventilu a jeho neschopnost opětovného uzavření. Díky omezovači zdvihu se tento nežádoucí stav eliminuje a navíc test na místě prokáže jeho případné doladění.

Tip č. 9

Inkrustace na ventilu se projevuje zejména ve víku ventilu a na hřídeli. Aby byl ventil stále v perfektním stavu, doporučujeme provádět pravidelný servis nejdéle po 2 letech provozu. V případě střídání ventilů (1 záložní ventil), pak je vhodné provádět servis každoročně nebo nechat v provozu oba ventily současně.

Tip č. 10

V případě, že je regulační ventil také vybaven elektronikou nebo solenoidními ventily a současně hrozí nebezpečí zatopení šachty, použijte třídu krytí IP 68. Veškeré elektronická aplikace řady „Smart“ jsou v třídě krytí IP 68 a jsou testovány zatopením 2 m vody! V případě použití „běžných“ redukčních ventilů však není nutné řešit třídu krytí.

Závěr

Téměř 20 let zkušeností s touto problematikou nám ukázalo obrovské možnosti využití membránových regulačních ventilů a také prověřilo jejich spolehlivost a funkčnost. Z celkového počtu téměř 3 tisíc doposud osazených ventilů jsou všechny stále v provozu a ty osazené před rokem 2000 proběhly repasí. Tyhle úspěchy by však nebylo možné dosáhnout bez kvalitního a pravidelného servisu, který je pro dlouhodobé využití tohoto typu armatur nezbytný. Vždyť každým rokem náš servisní tým absolvuje více jak 800 revizí v terénu.

Nové trendy v elektronice za použití mikroturbín odhalují další možnosti využití membránových ventilů a udávají stále výrazněji směr, kterým se firma CLA-VAL v posledních letech vydává.

Rekonstrukce vodojemu Laurová – vyvložkování vnitřního povrchu nádrží

Ing. Martin Kubizňák, Ing. Jan Klesa

SMP CZ, Divize 5, Vyskočilova 1566, 140 00 Praha 4, Kubiznak@smp.cz

Základní údaje o stavbě

Název stavby: Sanace komor VDJ Laurová, Praha 5
Místo stavby: K Vodojemu, Praha 5
Investor: Pražská vodohospodářská společnost, a.s.
Autorský dozor: Sweco Hydroprojekt, a.s.
Zhotovitel: SMP CZ, a.s.
Provozovatel: Pražské vodovody a kanalizace, a.s.
Investiční náklady: 96 mil. Kč
Realizace: 06/2015 – 12/2016
Parametry ČS: 660 l/s
Kapacita vodojemu: $3\,900\text{ m}^3 + 2\,900\text{ m}^3 = 6\,800\text{ m}^3$



Obrázek 1 Celkový pohled na vodojem Laurová před zahájením rekonstrukce

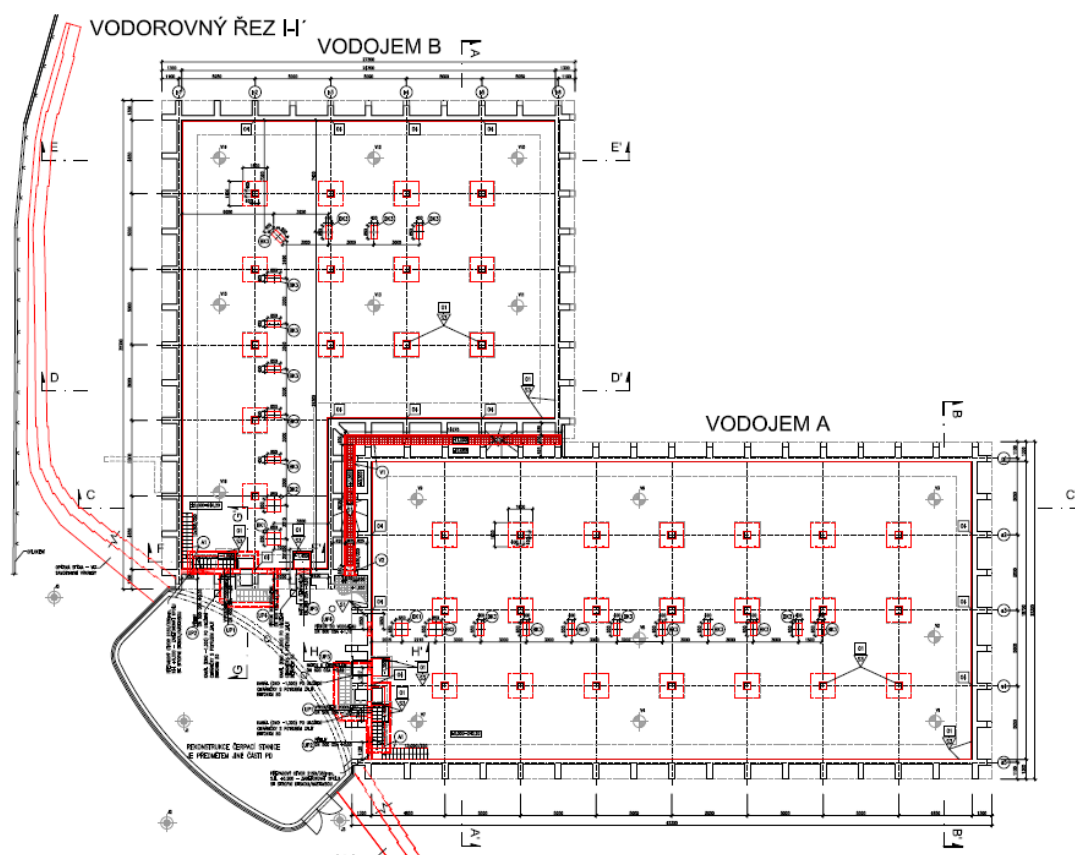
Účel stavby

Čerpací stanice slouží pro přečerpávání pitné vody z vodojemu Laurová do vodojemu Malvazinky. Pitná voda je do vodojemu Laurová přečerpávána z čerpací stanice upravené vody z úpravny vody Podolí. Vodojem, který je funkčně spjatý s čerpací stanicí slouží v době přečerpávání pro vyrovnání rozdílů mezi přečerpávaným průtokem z vodárny Podolí a čerpaným průtokem z vodojemu Laurová do vodojemu Malvazinky. Ve výhledu má vodojem sloužit pro zásobování dolní části Smíchova.

Stav vodojemu před rekonstrukcí

Stavební konstrukce čerpací stanice, armaturního prostoru a vodojemu byly z roku 1928. V roce 1963 byla realizována trafostanice, přístavba rozvodny a byla osazena čerpadla s příslušnými potrubími a armaturami. Čerpací stanice s armaturním prostorem a přílehlou rozvodnou byla funkčně i stavebně spojena s vodojemem. Armaturní komora s čerpací stanicí byla od vodojemu oddělena dilatací. V areálu jsou dvě komory vodojemu o celkovém objemu $6\,800\text{ m}^3$, k nim přiléhala trojúhelníková armaturní komora a na ní navazovala budova čerpací stanice osazena třemi čerpadly. K boku vodojemu přiléhá

budova rozvodny, která je propojena s prostorem čerpací stanice. Provedený geologický průzkum potvrdil, že stávající budova čerpací stanice je založena na mocné vrstvě navážek.



Obrázek 2 Situace vodojemu Laurová – nový stav

Navrhované řešení rekonstrukce

Vzhledem ke špatnému stavu stavebních konstrukcí čerpací stanice a armaturní komory a současně evidentnímu statickému poškození stavebních konstrukcí vlivem přetvoření podloží (sedání a posun), byla navržena demolice stavební konstrukce čerpací stanice a armaturní komory. Vzhledem ke stavu stropní konstrukce vodojemu bylo navrženo její vybourání, včetně nosných sloupů. Vnitřek vodojemu byl vyložkován plastovými deskami.



Obrázek 3 Demolice stropu a sloupů stávajícího vodojemu

Stavební řešení

Čerpací stanice

Nová konstrukce, jejíž základ tvoří monolitická železobetonová deska založená na pilotách, je dilatačně nezávislá na ponechávaných původních nádržích vodojemu. Obvodové stěny jsou železobetonové monolitické s kontaktním zateplením a odvětrávaným pláštěm z vertikálních lamel. Stropní konstrukce v čelní části čerpací stanice je ve tvaru segmentu podepřena prefabrikovanými železobetonovými nosníky.



Obrázek 4 Betonáž průčelí nové čerpací stanice

Konstrukce střechy v čelní části uložené na prefabrikovaných trámech je z trapézových plechů zmonolitněných železobetonem s izolací z pěnoskla. Hlavní trám, který nese jednotlivé nosníky je půdorysně ve tvaru oblouku a odděluje navazující násyp. Od trámu směrem k vodojemu je strop tvořen monolitickou železobetonovou deskou, která nese násyp zeminy.



Obrázek 5 Čerpací stanice vodojemu Laurová po rekonstrukci

Vodojem

Stávající vodojem tvořila monolitická železobetonová konstrukce. Stěny byly vyztuženy monolitickými žebry. Strop byl tvořen železobetonovou deskou uloženou na trámech a průvlacích podepřených sloupy. Z venkovní strany byly stěny vodojemu kryty z části zemním násypem, z části byly obezděné. Byla provedena nová železobetonová stropní deska, vč. podpěrných sloupů. Celoplošně byly sanovány vnitřní líce stěn stávajících konstrukcí vodojemu, včetně dna, kde došlo k jeho nadbetonování.

Dále byly sanovány odkryté části venkovního líce obvodových stěn vodojemu. Obvodové stěny jsou z vnější strany nově zcela kryté násypem. V místech kde není dostatečný prostor pro svahy násypu, je násyp ukončen gabionovými opěrnými stěnami. Strop vodojemu je izolován modifikovanými asfaltovými pásy krytými betonovým potěrem a násypem z hlinitopísčité zeminy. Zevnitř je ve vodojemu provedeno vyvložkování dna, stěn a stropů svařovanými plastovými deskami. Při betonáži nového stropu byly do bednění vkládány plastové desky.

Stávající stěny byly obloženy svařovanými plastovými deskami. Obklad z plastových desek zajistí vodotěsnost vodojemu a prodlouží životnost železobetonové konstrukce.



Obrázek 6 Stávající strop a podpěrné sloupy vodojemu



Obrázek 7 Pohled na armování stropní desky vodojemu, jsou zde vidět položené plastové desky do bednění



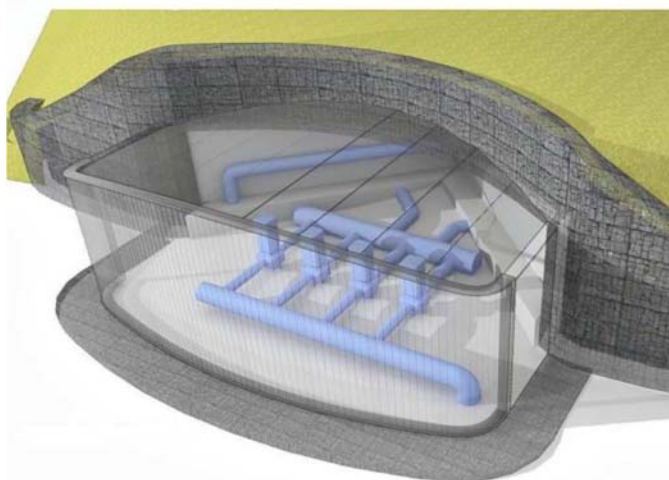
Obrázek 8 Montáž plastové vystýlky



Obrázek 9 Montáž potrubí ve vodojemu

Technologické řešení

Veškerá stávající technologická zařízení a potrubní rozvody byly vybourány. Výkon nové čerpací stanice je navrhován na průtok 660 l/s. Tento výkon je realizován pomocí čtyř čerpadel, každém o výkonu $Q = 220 \text{ l/s}$, $H = 68 \text{ m}$. Čerpadla v provozu pracují v režimu 3+1. Nově osazované potrubí je osazeno z nerezové oceli.

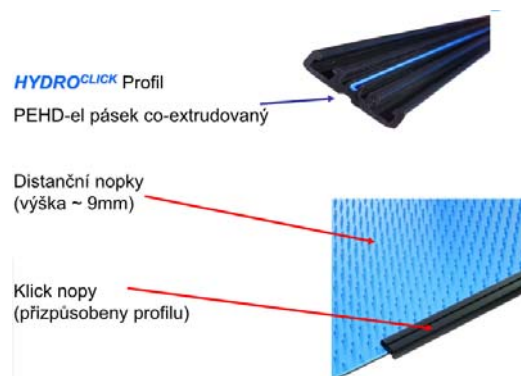


Obrázek 10 Vizualizace nové čerpací stanice

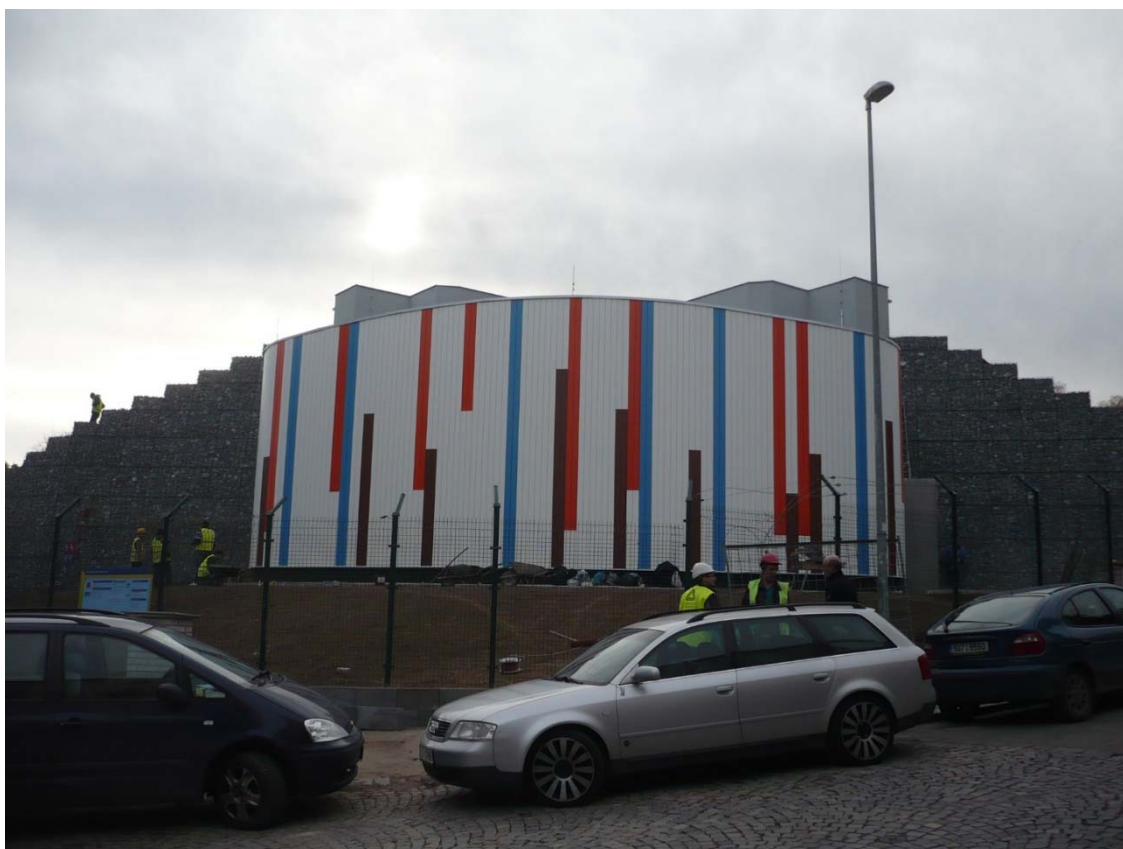
Specifikum stavby

Tato stavba je specifická tím, že nádrže vodojemu byly vyvložkovány plastovou výstýlkou tvořenou svařovanými plastovými deskami. Na stropní desce byly použity plastové desky vkládané do bednění a zalité do betonu. Na sloupy byly použity plastové trouby, které tvořily ztracené bednění, do něhož byla vložena výztuž. Stěny a dno bylo obloženo plastovými deskami, které byly uchyceny do předem namontovaných lišt v daném rastru. Všechny spáry a styky plastových dílů byly zavařeny extrudrem. Výhodou použití plastové výstýlky je hladký povrch, jeho minimální znečištění a možnost snadného čištění, vyšší odolnost desek vůči vodě a agresivním látkám v ní.

Dále pak fakt, že desky jsou absolutně těsné a nedochází k žádnému prostupu vody z nádrže, popřípadě ani do ní. Také životnost desek je delší oproti běžným nátěrům a stěrkám. Nevýhodou je požadavek na vysokou technologickou kázeň při svařování plastových desek a dílů, zejména pak při složitých tvarech. Dále je potřeba dát pozor na rozdíly teplot při montáži.



Obrázek 11 Systém uchycení plastových desek na dno a stěny



Obrázek 12 Pohled na dokončenou rekonstrukci vodojemu Laurová

Použité podklady

- [1] Sweco Hydroprojekt – Realizační dokumentace stavby - Sanace komor vodojemu Laurová, Praha 5, číslo akce 1/4/E20/00, 2015
- [2] Prezentace Agru HYDROCLIC

Možnosti monitoringu a detekce producentů geosminu a 2-MIB

Ing. Tomáš Munzar¹⁾; doc. RNDr. Jana Říhová Ambrožová, Ph.D.¹⁾;
Ing. Dana Vejmelková, Ph.D.¹⁾; Ing. Jiří Kosina²⁾; Ing. Petra Hrušková³⁾;
Bc. Tomáš Brabenec³⁾

- 1) VŠCHT FTOP Ústav technologie vody a prostředí, Technická 5, 166 28 Praha 6, zuzakovj@vscht.cz, jana.ambrozova@vscht.cz, dana.vejmelkova@vscht.cz
 - 2) VŠCHT Praha, Centrální laboratoře, Laboratoř hmotnostní spektrometrie, Technická 5, 166 28 Praha 6, jiri.kosina@vscht.cz
 - 3) ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4, Praha 6, 160 00, hruškova@envi-pur.cz, brabenec@envi-pur.cz
-

Souhrn

Příspěvek je zaměřený na problematiku monitoringu povrchových zdrojů, u kterých se pravidelně vyskytují organismy ovlivňující organoleptické vlastnosti vody. U spotřebitele na kohoutku se významně projevuje zemitý zápach vody tehdy, jsou-li využívány pro úpravu na vodu pitnou zdroje povrchových vod s výrazným mikrobiálním oživením. Proto je prezentován postup monitoringu spolu s vybranými parametry (biologické, mikrobiologické, chemické) a kritickou analýzou řešeného problému, vhodná metodika a interpretace výsledků pro následnou optimalizaci ve využití zdroje až po řešení vhodného technologického uspořádání linky pro úpravu vody.

Klíčová slova: organoleptické závady; geosmin; 2-MIB, SPME, GC/MS, PCR

Summary

Paper deals with the problems of monitoring of surface waters with occurred microorganisms that caused organoleptic problems in water (taste and odours). The crucial problem there is usage of surface waters as source for water treatment, because in drinking water are solved odours and tastes by consumers. Primary it is very important prepared schedule of monitoring, choosing of evaluated parameters (biological, microbiological and chemical), appropriate methods and there by interpretation of results to the optimization and management of water treatment plants.

Key words: organoleptic problems; geosmin; 2-MIB; SPME, GC/MS, PCR

1. Úvod do problému

Ve vodním ekosystému, s různou úrovní trofie a přítomností nutrientů, se vyskytuje mnoho mikroorganismů podílejících se na ovlivnění pachu a příchutě vody. Tento problém nastává hlavně v těch případech, kdy se surová povrchová voda upravuje na vodu pitnou a u spotřebitele na kohoutku je následně řešen problém silně zapáchající a mnohdy i nepoživatelné pitné vody. S přihlédnutím k projevům eutrofizace a působení změn v krajině, v hospodaření a nakládání s vodami je nutné konstatovat, že tento problém bude stále aktuální a bude na některých úpravnách vody do budoucna významněji a zásadně řešen.

Senzorické závady nemusí být nutně spojeny s riziky a zdravotní závadností pitné vody. Nicméně, v případě zápachu a zvláštní chuti vody bohužel vzrůstá nedůvěra spotřebitelů v kvalitu vody, spotřebitelé jsou nespokojeni a stěžují si. Na každém provozovateli vodárenské sítě je, aby začal řešit, proč tomu tak je, co způsobuje onu závadu a jak ji lze

operativně a popř. i preventivně napravit. Otázkou je, zda se jedná se o stav přechodný, který vyřeší aktuálně odebraný vzorek nebo důkladně provedený monitoring (audit) distribučního systému anebo se jedná o déletrvající záležitost, která si vyžádá větší investiční náklady v technologii a distribuci pitné vody.

V současné době se naše pozornost zaměřuje na pachotvorné metabolity (methyamin, putrescin, kamfen, mucidon, geosmin, methylisoborneol) produkované mikroorganismy, kterými jsou aktinomykety (bakterie), sinice, řasy a houby. Ve vodách se výše uvedené metabolity vyskytují většinou v takových koncentracích, které nemají na člověka žádný cytotoxický nebo genotoxický účinek, nicméně jsou smyslově negativně vnímány a ovlivňují konečnou konzumaci vody spotřebitelem. Dosti diskutované jsou geosmin a 2-MIB, jejichž silně zemitý (zatuchle/bahnitý) zápach je řešen i odstávkou zásobované oblasti i na delší dobu.

Expertní skupina pro zkoušení způsobilosti na SZÚ každoročně pořádá v rámci programu zkoušení způsobilosti i senzorickou analýzu, při které se hodnotí pach a chuť na místě odběru a v laboratoři. Hodnocení se mohou účastnit laboratoře, provádějící stanovení postupem podle TNV 75 7340 *Metody orientační senzorické analýzy vody* nebo podle ČSN EN 1622 *Jakost vod – Stanovení prahového čísla pachu (TON) a prahového čísla chuti (TFN)*, tyto pak výsledek předávají ve formě slovního vyjádření odpovídajícího požadavkům vyhlášky č. 252/2004 Sb. - (ne)příjemný/á pro odběratele. Na místě je jistě nutné zmínit legislativní předpisy, které v ohledu ukazatel „pach“ a jeho limit, jsou uvedeny v příloze č. 3 vyhlášky č. 252/2004 Sb. Zde je uveden jako tzv. příjemný pro odběratele a v případě pochybností se za příjemné považují stupně 1 a 2 při stanovení podle normy ČSN EN 1622. Stupeň 3 znamená už nepříjemný pro odběratele. V sumě ukazatele pachu, stupně 1 a nebo 2, může být ve své podstatě zastoupeno cokoli, co se na pachu vody podílí. Není přesněji specifikováno, co onen pach způsobuje, i když by to nejen v ojedinělých případech bylo žádoucí. Bohužel víc v tomto ohledu legislativně, ve smyslu specifikace ve vyhl. č. 252/2004 Sb. a její chystané revize v roce 2018, není možné udělat. Proč? Není dost dobře jednoduše uchopitelné tzv. natvrdo uvést koncentrace a limity jednotlivých pachotvorných látek a toto pak striktně od provozovatelů a dodavatelů pitné vody vyžadovat. Navíc by takto tvrdý limit a přímo stanovený zápašný produkt vedl k některým nesmyslným reakcím a protireakcím, jak ze strany hygieny, tak i technologů a provozovatelů vodovodních sítí (doplnění technologie i tam, kde to není potřeba). Z toho důvodu má smysl a svou výhodu, aby organoleptické závady byly uvedeny nepřímo ve skupinovém stanovení všech možných pachotvorných látek (viz ČSN EN 1622, příloha G a příklady deskriptorů příslušných charakteristických chutí/pachů: chlorid sodný = slaná; sacharóza = sladká; kofein = hořká; kyselina citronová = kyselinová nebo kyselá; 2-methylisoborneol = plísňová; geosmin = zemitá; 2,6-dichlofenol = medicínální).

Nabízí se tudíž další otázka, tak proč se tedy pachy zabývat a proč je řešit? Z praxe se nám opakovaně potvrzuje, že je klíčová správná identifikace pachu vody, ne vždy je typ pachu akreditovanými laboratořemi provádějící zkoušky dle ČSN EN 1622 a TNV 75 7340 správně identifikován. Co nastává? **Nesprávná identifikace pachu vede k nesprávnému uchopení řešení celé situace, nesprávně je určeno nápravné opatření a učiněné řešení problému se může zásadně minout účinkem.** Pro doplnění rešerše a zamyšlením se nad problémem uvádíme jednu pozitivní informaci, která se týká vhodnějšího uchopení metody stanovení pachů a příchutí vody, a tou je návrh na revizi TNV 75 7340 a její zařazení do soustavy ČSN, aniž by její znění rozporovalo ČSN EN 1622 (informace ze zasedání TNK 104 Kvalita vod v lednu 2018).

Když o tomto problému podílu mikroorganismů na organoleptických závadách vody jako biologové víme, pak máme jedinečnou možnost při zpracovávání rizikových analýz anebo při monitoringu zdrojů a auditů technologických vodárenských zařízení tuto problematiku správně uchopit a případné projevy nepříjemného pachu, ať už sporadicky anebo pravidelně se vyskytující *in situ*, včas ošetřit. Zajímá nás, co onen typ pachu způsobuje, odkud pochází, jak mu předcházet technologicky (preventivní a nápravná opatření) apod.

Naše pracoviště mělo možnost spolupracovat na problematice senzorycké závady pitné vody u spotřebitele způsobené vyšší prahovou koncentrací geosminu a 2-MIB (methylisoborneol). Tato spolupráce nakonec vyústila v širší monitoring na několika významných a z hlediska výroby a dodávky pitné vody strategických zdrojích surové vody. Jak již bylo zmíněno v předchozí části textu a je detailněji prezentováno v příspěvku Ing. Hruškové a kol. v tomto sborníku, jsou metabolity - geosmin a 2-MIB, které mají velmi nízké prahové koncentrace senzoryckého vnímání, a to v jednotkách $\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$.

2. Stručné připomenutí charakteristiky sledovaných látek

Sinice a řasy produkují různé organické látky, které jsou zodpovědné za často řešené problémy spojené s dosažením vhodné kvality pitné vody. Může se jednat o těkavý dimethylsulfid s bažinným zápachem, zlativky *Synura petersenii* produkují trans-2, cis-6-non-adienal s okurkovým zápachem, rybí zápach způsobuje *Uroglana americana* produkci (E,E)-2,4-heptadienal a (E,Z)-2,4-heptadienal. Rody sinic *Oscillatoria*, *Anabaena* a *Microcystis* byly identifikovány jako producenti geosminu, 2-MIB, β -cyclocitralu, seskviterpenů, 3-methyl-1-butanolu a 6-methyl-5-hepten-2-onu. Speciálně pak byla produkce 2-MIB zjištěna u sinic *Oscillatoria curviceps*, *Oscillatoria tenuis*, *Oscillatoria geminata*, *Oscillatoria limnetica*. Produkce geosminu byla zjištěna u sinic *Anabaena scheremetievi*, *Anabaena macrospora*, *Oscillatoria amoena*, *Oscillatoria splendida*, *bornetti*, *Oscillatoria agardhii*, *Oscillatoria agardhii* var. *isothrix*, *Oscillatoria chalybea*, *Aphanizomenon flos-aquae*. Dynamika produkce geosminu a 2-MIB se liší nejen mezi jednotlivými rody a druhy, ale i mezi jednotlivými kmeny stejného druhu. Některé sinice mohou vylučovat jednu nebo obě látky během celého růstu, jiné druhy si vytváří intracelulární zásobu těchto látek a uvolňují je až během stárnutí a lyzi buněk [1, 2, 3].

U bakterií byla zjištěna produkce dvou skupin látek způsobujících organoleptické závady, a to pyraziny a terpenoidy, kterými jsou geosmin a 2-MIB. Mezi nejčastěji izolované rody aktinomycet ze sladkovodního prostředí jsou rody *Actinoplanes*, *Micromonospora*, *Rhodococcus*, *Thermoactinomyces* a *Streptomyces*. Mnoho aktinomycet je schopno tvořit spory, které jim umožňují přežívat v nepříznivých podmínkách, dále pak se jimi distribuují do dalších částí ekosystému, a za příznivých podmínek se začínají dělit, růst a metabolizovat. Již zmiňovaný rod *Streptomyces* je zástupcem saprofytických bakterií vyskytujících se v půdě a následně ve vodě, pomocí extracelulárních enzymů rozpouští organické látky. U streptomycet má vliv na produkci geosminu i jejich růstová fáze, kdy v případě neschopnosti tvořit spory či vzdušná mycelia, k tvorbě geosminu nedochází. Na produkci geosminu má vliv přítomnost substrátu v prostředí, sírany mědi zvyšují produkci biomasy i geosminu, naproti tomu mangan, hořčík, železo, kobalt, nikl a zinek mají pouze nepatrný vliv. Zatímco sinice jsou aktivní v nádržích a ostatních rezervoárech, kde jsou vystaveny přímému světlu, jsou streptomycety naopak aktivní spíše v sedimentech a biofilmech. V distribučním systému pak může sekundárně nastávat výrazný problém s jejich eliminací. Produkce geosminu byla zjištěna i u myxobakterií, druhu *Myxococcus xanthus*, u kterého se syntéza uskutečňuje zejména na začátku růstu nebo krátce po něm [5].

Po chemické stránce jsou geosmin a 2-MIB látky stabilní a odolné biologické degradaci, ve volné vodě mohou přetrvávat velmi dlouhou dobu v rozpuštěné formě. Mikroorganismy jsou jako rozpuštěné velmi pomalu degradovány za oxických podmínek. Významnými producenty geosminu a 2-MIB ve vodách jsou aerobní vláknité aktinomycety (bakterie rodů *Streptomyces*) a myxobakterie. Dalšími významnými producenty geosminu jsou sinice [1]. Produkce geosminu a 2-MIB je ovlivňována mnoha environmentálními faktory, kterými jsou např. nutrienty, skladba přítomných společenstev, počasí, roční období, složení vody, morfologie povodí apod. Naším sledováním byly potvrzeny i některé výstupy z již prováděných studií, namátkově studie 2007AR164B [4], zjišťujeme, že se ve vodách nejprve objeví geosmin, který je později následován 2-MIB. Významně, kde dochází k nárůstu koncentrace geosminu a 2-MIB, zjišťujeme v podmínkách vod, kde ve skladbě společenstev fytoplanktonu dominují penátní rozsivky (*Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Synedra*, *Navicula*) nebo centrické rozsivky (*Aulacoseira*), zlativky (*Chrysococcus*) apod. (uvedené informace se neomezují jen na zmíněné taxony, jejich uvedení je ve vztahu k monitorovaným lokalitám). Samozřejmě nesmíme opomíjet všudypřítomné sinice, zjm. pikoplanktonní, které mnohdy unikají pozornosti. Z uvedeného textu nemůžeme usuzovat na tom, že právě přítomné druhy rozsivek a zlativek jsou odpovědné za přítomnost geosminu a 2-MIB, spíše bychom měli na tyto informace z rozborů nahlížet tak, že se biomasa a metabolická aktivita rozsivek (zlativek, apod.) v časném jarním období významně podílí na dotaci vodního sloupce organicky dostupným uhlíkem a dusíkem, které se stávají zdrojem živin pro přítomné bakterie. Řasy jsou rovněž významnými původci organoleptických závad ve vodách, ale produkce geosminu a 2-MIB u nich dosud nebyla potvrzena. Většinou se jedná o produkci látek, které mají podobný rybí, zemitý, hnilobný či okurkovitý zápach [5].

Díky stabilitě je geosmin i 2-MIB obtížně oxidovatelný běžnými postupy používanými ve vodárenství. Pokud se uvažuje o zavedení ozonizace vody, je nutné počítat s tvorbou vedlejších produktů (ketonů), které způsobují další organoleptické závady a zvyšují biologickou nestabilitu v distribučním systému (vyšší biologická aktivita na trase, uvolnění biomasy, pozitivní nálezy mikroorganismů, které v pitné vodě nechceme). Proto se po ozonizaci vody doporučuje následná filtrace na aktivním uhlí. Pozor ale na koncentraci ozonu, při úvaze aplikace koncentrace ozonu více než $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ dochází k degradaci algogenní organické hmoty vedoucí k tvorbě karboxylových kyselin se schopností stabilizace koloidů a znesnadňující účinnost flokulace. Účinné technologie v odstranění geosminu a 2-MIB jsou většinou založeny na typech filtračních médií, kterými je aktivní uhlí [1].

3. Metody biologického monitoringu

Metody biologického rozboru se v běžné praxi omezují na legislativně ošetřené ukazatele stanovené na základě mikroskopického obrazu a mikrobiologického rozboru.

Na případně projevující se organoleptickou závadu nelze stoprocentně spoléhat z výsledků pravidelně prováděných mikroskopických rozborů, ale jeví se nám, že správně a detailně prováděné mikroskopické rozboru (ČSN 75 7712) mohou být použity jako určitý nástroj nastavení meze/limitu, od kterého by měl být provozovatel ostražitý a významně sledovat situaci na zdroji tak, aby včas zasáhl v technologii úpravy vody. Výsledky mikroskopického rozboru lze, do jisté míry, využít jako případnou predikci stavu, že v brzké době je možné očekávat zvýšený přísun geosminu a 2-MIB do vody. Po gradaci produkce těchto látek dochází k útlumu v mikrobiální aktivitě. Tento stav přibližně trvá 4 týdny (s ohledem na charakter sezóny). Jistým přiblížením je např.

vykazovat abundanci organismů v počtech buněk, které lze velmi jednoduchým způsobem převést na objemovou biomasu. Takto je možné se reálněji přiblížit k případné predikci obsahu geosminu a 2-MIB ve vodách, protože velikost objemové biomasy souvisí s aktivitou jí degradujících mikroorganismů. Koncentrace chlorofylu-a, používána při monitoringu trofie vody, není reálným ukazatelem problému, což jsme měli možnost při našem monitoringu zjistit.

Mikrobiologickými rozbory byla zjištěna přítomnost nokardioformních aktinomycet, streptomycet a myxobakterií ve vzorcích vody odebraných ze všech hodnocených lokalit povrchových zdrojů a to v nezanedbatelných počtech. Výsledky mikrobiologických rozborů, zaměřených na jednoduchou a snadnou proveditelnou detekci streptomycet, poskytují mnoho informací. Obecně u kolonií streptomycet v průběhu řešení projektu byla zachycena určitá variabilita v jejich vzhledu (velikost, zabarvení, vrůstání do média a přerůstání jinými mikroorganismy). Pokud jsou streptomycety přítomny, projeví se růstem kolonií i na médiu, které je v laboratořích klasicky používáno pro detekci kultivovatelných mikroorganismů dle ČSN EN ISO 6222 (agar s kvasničným extraktem). Sice zjištěný počet vykultivovaných kolonií není možné korelovat s případně stanovenou koncentrací geosminu, ale je možné predikovat případný masivnější nárůst. Klasické a abundantní kolonie streptomycet se zcela typicky vyskytují na značně nutričně úživných médiích, která byla při řešení tohoto projektu použita, a při vhodně zvoleném aplikovaném objemu vzorku a teplotě kultivace, je možné tento postup kultivace použít, jako paralelní, k uzančně v laboratoři používané metodě (v případě potřeby).

Z našeho sledování se potvrzuje víceméně hypotéza, že vyšší koncentrace geosminu nemusí být zjištěna v případě vod s vyšším zastoupením indikátorů fekálního znečištění (zde koliformní bakterie a *E. coli*), jsou možné i další možné prediktory zvýšené koncentrace geosminu. Naše sledování a námi prováděný monitoring přináší další zjištění a doplnění informací, že při vyšším zastoupení koliformních bakterií ve vodách eutrofního typu (abundantní fytoplankton), je možné očekávat ve vegetačním období narůstající trend koncentrace geosminu, ale současně je zapotřebí do monitoringu zahrnout i sledování přítomnosti streptomycet (aktinomycet), které se prokázaly v některých hodnocených vzorcích jako klíčové v případné produkci geosminu. Rozhodně tak by bylo i vhodné posílení sledovaných mikrobiologických ukazatelů kvality vody, provádění stanovení koliformních bakterií ve vhodném nominálním objemu, neomezovat se pouze na termotolerantní koliformní bakterie (v 1 ml).

Dále se nabízí i detekce přesných typů mikroorganismů a detekce genu zodpovědného za syntézu geosminu (*geoA*) pomocí molekulárně biologické metody PCR. Na této problematice je zapotřebí ještě zapracovat, výsledky, které byly na několika vzorcích získány, dokazují jasnou přítomnost skupiny aktinomycet, mezi které streptomycety patří, nicméně je zapotřebí optimalizace postupu, na kterém v současné době v laboratoři pracujeme.

Z praxe jsou známy případy zvýšené heterotrofní aktivity mikroorganismů přítomných v systému, a hlavně biofilmů, jejichž tenká povrchová vrstva (struktura) se vlivem turbulence a proudění vody v rozvodném systému naruší a je vyplavována do pitné vody. Často je produkce geosminu a 2-MIB doprovázena při změně technologie a vodárenských procesů, při úpravě povrchu vnitřního smáčeného pláště potrubí, kdy se degradují již vytvořené biofilmy následně zodpovědné za zápach. Z této informace se nabízí vhodné řešení a uchopení problému ze strany provozovatele, a to včasné vyčištění distribučního systému včetně vodojemů a dalších rizikových míst na provozované síti. Jedině tak se může významně předejít kumulaci biomasy a významnému projevu organoleptické závady.

4. Závěry

Problematika organoleptických závad ve vodárenství je dlouhodobě řešenou, proto má optimalizace provozu úpravy vody v praxi mnoho dobrých a uspokojivých řešení. I přes znalost problému nás organoleptické závady nemile a někdy i neočekávaně překvapí. Naším cílem je, hlavně v době, kdy se uplatňují zásady rizik a rizikové analýzy ve vodárenství, tuto problematiku správně uchopit a s určitým rizikem jejího projevu počítat, anebo ji vhodně i predikovat. Při predikci a monitoringu nemusíme být zrovna skeptičtí v tom, že jsme omezeni pouze na biologické nástroje, kterými je přítomnost a počet organismů (jedinců), a nebo přítomnost organotrofních bakterií a indikátorů fekálního znečištění.

Data, která poskytuje monitoring, je v zásadě potřeba vhodně uchopit a patřičně na ně zareagovat. Když máme k dispozici data z výsledků z pravidelně prováděných mikroskopických rozborů a z historie víme, že při určitém počtu jedinců v 1 ml (určitého druhu organismu) došlo k projevu organoleptické závady a současně máme i výsledky ze stanovení koncentrace geosminu a 2-MIB, pak můžeme tzv. od mikroskopu řídit predikci toho, co se bude v technologii dít. Můžeme si stanovit mez počtu jedinců v 1 ml, která bude pro nás mezí varovnou, my budeme obezřetní, zvýšíme četnost sledování a včas technolog na provozované úpravě vody zareaguje (doplnění vrstvy aktivního uhlí, změna režimu praní apod.).

Jelikož se nám potvrzuje, že aktivita bakterií, které výrazně odpovídají za produkci geosminu a 2-MIB se projevuje tam, kde je určitá doba zdržení a významný přísun živin, je žádoucí eliminovat biofilmy v technologii i na trase v distribučních sítích. Streptomycety mají totiž jednu vlastnost, tzv. *Quorum sensing*, tj. určité fyziologické vnímání koncentrace přítomných buněk. Bakterie čekají na vhodnou příležitost, a když se namnoží na určitou koncentraci, projeví se organoleptickou závadou. Tato skutečnost byla v literatuře popsána, proto, když o ní víme, můžeme jejich projev minimalizovat a eliminovat optimalizací provozu vodárenské soustavy.

Poděkování: Příspěvek vznikl za velmi významné finanční podpory vodárenských organizací, Vodohospodářské společnosti Sokolov, s. r. o. a SČVK, a.s. a firmy ENVI-PUR, s.r.o., která se podílela na zajištění vzorků z provozu Rokycany (ÚV Strašice).

Použitá literatura

- [1] Říhová Ambrožová, J. 2016. Organoleptické závady pitné vyvolané přítomností geosminu a 2-MIB v surových vodách. *SOVAK 2016*, 25(10), 6/258-9/261.
- [2] Munzar T., Říhová Ambrožová J., Kosina J. 2017. Geosmin a 2-MIB: Častí původci organoleptických závad pitné vody. Sbor. konf. *Vodárenská biologie 2017*, Praha 1. - 2. 2. 2017, s. 34-39, ISBN 978-80-86832-98-2
- [3] Munzar, T. 2017. Optimalizace metod detekce organoleptických závad v pitných vodách. Diplomová práce VŠCHT Praha.
- [4] Report as of FY2007 for 2007AR164B. Source of geosmin and MIB in drinking water: Identifying the source and mechanisms of taste and odor compounds at Baever Reservoir, northwest Arkansas. [http://water.usgs.gov/wrri/07grants/progress/2007 AR164B.pdf](http://water.usgs.gov/wrri/07grants/progress/2007%20AR164B.pdf) [on line: staženo 4. 4. 2016]
- [5] Wnorowski, A. U. 1992. Tastes and odours in the aquatic environment: A review. *Water SA* 18:203–214.

Rychlé online detekční systémy indikace mikrobiální kontaminace vod

Ing. Jana Zuzáková¹⁾; doc. RNDr. Jana Říhová Ambrožová, Ph.D.¹⁾;

Ing. Dana Vejmelková, Ph.D.¹⁾; Ing. Roman Effenberg, Ph.D.²⁾;

Ing. Miroslav Ledvina, CSc.²⁾

1) VŠCHT FTOP Ústav technologie vody a prostředí, Technická 5, 166 28 Praha 6,

zuzakovj@vscht.cz, jana.ambrozova@vscht.cz, dana.vejmelkova@vscht.cz

2) VŠCHT Praha, Ústav chemie přírodních látek, Technická 5, 166 28 Praha 6;

miroslav.ledvina@vscht.cz, roman.effenberg@vscht.cz

Souhrn

Vlivem různých faktorů, např. selháním procesu úpravy, lidského faktoru, havárií v distribuční síti apod., může dojít k mikrobiální kontaminaci pitné vody. Pokud k takovéto události dojde, je nezbytná včasná identifikace znečištění, aby mohl být zvolen vhodný postup dekontaminace. V současné době jsou standardně používány kultivační techniky založené na detekci indikátorových organismů fekálního znečištění a stanovení celkového počtu mikroorganismů. Tyto metody jsou však limitovány pouze na kultivovatelné organismy, kterých je v prostředí pouze nízké procento, a jsou celkem časově náročné. Z tohoto důvodu se výzkumníci již desítky let snaží najít alternativní metody, které by v určitých situacích zastoupily metody kultivační. V rámci projektu *FV10312 Biosenzory pro detekci bakteriální kontaminace pitné vody* byla již řada biosenzorů syntetizována a otestována jejich specifita k buněčnému povrchu bakterií *Escherichia coli*.

Klíčová slova: monitoring; pitná voda; mikrobiální kontaminace; alternativní metody; biosenzory

Summary

Microbial contamination of drinking water can be caused by various factors, i.e. failure of the treatment process, the human factor, the defect in the distribution network, etc. Currently culture techniques based on the detection of fecal pollution indicator organisms and determining the total number of microorganisms are used as "golden" standard. These methods, however, are limited only to culturable organisms which comprise only a small percentage in the environment, and are quite time consuming. For this reason, researchers have been trying already for decades to find alternative methods, which in certain situations could substitute cultivation methods. Within the project *FV10312 Biosensors for detection of bacterial contamination of drinking water*, a number of biosensors ("sensor molecules") have been synthesized and tested for their specificity to the cell surface of *E. coli*.

Key words: monitoring; drinking water; microbial contamination; alternative methods; biosensors

1. Úvod do problému

Mikrobiologická kvalita pitné vody je dána platnou legislativou (vyhl. č. 252/2004 Sb.), což zajišťuje její zdravotní nezávadnost pro spotřebitele. V důsledku doby zdržení vody v distribuční síti může dojít vlivem různých faktorů, např. selhání procesu úpravy,

lidského faktoru, havárie v distribuční síti apod., k mikrobiální kontaminaci. Rizikovým faktorem při mikrobiální kontaminaci pitné vody je přítomnost patogenních mikroorganismů, tj. organismů, které mohou způsobit onemocnění. Pokud k takovéto události dojde, je **nezbytná včasná identifikace znečištění, aby mohl být zvolen vhodný postup dekontaminace.**

Uvedená problematika nabývá zcela zásadně na významu s vyskytujícími se a medializovanými epidemiemi z pitné vody, řešenými v průběhu několika let (Praha Dejvice – srpen 2014, Praha Újezd nad Lesy – září 2014, Praha Dejvice – květen 2015, Trnová – 2014 až 2015, Okrouhlá - srpen 2015, Nový Bor – srpen 2015, Prachatice – říjen 2015 apod.) [1].

Na místě je nutné konstatovat jednu zcela zásadní skutečnost a tou je, že rychlý a varovný systém, který by byl cíleně zaměřený na hygienickou závadnost pitné vody, bohužel naše vodárenství postrádá. Reakcí na zmíněné havárie a případy epidemií z pitné vody byla spolupráce naší laboratoře VŠCHT ÚTVP Praha s laboratoří PVK, a.s. v roce 2016 [2,3]. Výsledky z této spolupráce nás nasměrovali ve výzkumu na vývoj citlivého biosenzoru pro monitorování mikrobiální kontaminace pitné vody v reálném čase v systému on-line [4].

2. Přehled metod detekce mikrobiální kontaminace

Věrohodnými ukazateli mikrobiologické nezávadnosti pitné vody jsou koliformní bakterie a *Escherichia coli*, intestinální enterokoky a klostridia, přičemž jako indikátorové organismy (ve smyslu fekální kontaminace a nebezpečí) lze označit bakterie *E. coli*. *E. coli* jsou fakultativně anaerobní nesporeující termotolerantní koliformní bakterie, produkující indol z tryptofanu při teplotě 44 °C během 24 h kultivace, její nalezení ve vzorku značí fekální kontaminaci vody. Pro doplnění, průkaz přítomnosti koliformních bakterií nemusí nutně znamenat fekální kontaminaci, v mnoha případech se většinou jedná o problémy v distribučním systému, které jsou třeba okamžitě řešit, např. přítomnost živin, které podporují růst mikroorganismů, nedostatečná koncentrace dezinfekčního prostředku nebo dlouhá doba zdržení vody v distribuční síti apod. Na základě významnosti indikace fekální kontaminace pitné vody a častou přítomností bakterií *Escherichia coli* a koliformních bakterií při haváriích a technologických zásazích na distribuční síti jsme jednoznačně zvolili jako sledovaný indikátorový mikroorganismus bakterii *Escherichia coli*.

Pro detekci indikátorových organismů, konkrétně pro stanovení *E. coli* a koliformních bakterií, v pitných vodách je používáno více metod. Tradiční metody detekce zahrnují membránovou filtraci s následnou kultivací na různých specifických médiích s různými podmínkami kultivace a navazujícími konfirmačními testy. Tyto metody jsou **limitovány dobou inkubace, nedostatkem specifičnosti** a navíc se **obtížně detekují pomalu rostoucí nebo nekultivovatelné mikroorganismy**. Výsledky získané těmito metodami se pohybují v rozmezí 1 až 2 dnů. Kultivační stanovení *E. coli* a koliformních bakterií je možné alternativně nahradit IDEEX stanovením, tzv. metodou definovaného substrátu, kdy je možné výsledek získat již po 18 h [5].

Z hlediska rychlé identifikace mikrobiální kontaminace a hygienické závadnosti pitné vody je zásadní právě výše zmiňovaná a ve vodárenské praxi dost diskutovaná doba kultivace indikátorového organismu. Namísto klasických kultivačních metod se pro potřeby detekce indikátorových organismů uplatňují i jiné zástupné popř. alternativní metody. Bohužel ne vždy, i když mají dobrou reklamu výrobcem a distributorem, poskytují opravdu data, která lze vztáhnout k reálným podmínkám na distribuční síti.

Mikrobiální kontaminaci pitné vody lze v současné mikrobiologické praxi monitorovat kromě klasických kultivačních metod i metodami alternativními. Příkladem některých alternativních metod, které se využívají v praxi na různých úrovních, jsou metody zaměřené na biochemickou aktivitu (metoda ATP - adenosintrifosfát, H₂S strip test), mikroskopické metody využívající fluorescenčního značení (DAPI, FISH) anebo fluorochromy atakující struktury vitálních i mrtvých buněk bakterií (LIVE/DEAD™), dále metody molekulární biologie založené na bázi PCR.

Naše pracoviště VŠCHT Praha se ve spolupráci s laboratořemi PVK, a.s. zabývalo testováním vybraných alternativních metod pro případnou rychlou identifikaci mikrobiální závadnosti pitné vody [2,3]. Výstupy, kromě jiného, byla následující zjištění. Metoda měření ATP je metoda citlivá a může se uplatnit při monitoringu mikrobiologické kvality pitné vody v distribučním systému. Je možné ji považovat i za test znečištění, protože detekuje nejen mikrobiální znečištění, ale i přítomnost organické hmoty, sloužící jako substrát pro následné zachycení a pomnožení mikroorganismů. Systém měření pomocí LuciPacW je možné využít i v terénu, pokud je k dispozici přenosné filtrační zařízení s ruční vakuovou pumpou a jednorázově balené filtry. Varovným signálem přítomné kontaminace ve 100 ml přefiltrovaného vzorku je již úroveň RLU 50 (hodnota vychází z námi uskutečněných testů se vzorky vody uměle obohacené mikrobiální kontaminací v řádech 10² až 10³ KTJ v ml). Při zvýšené kontaminaci je možné usuzovat i na hodnotě RLU 25 zjištěné ze stěru při filtraci 10 ml vzorku. I tato úroveň je pouze ilustrační a rozhodně nemusí ve všech případech znamenat, že pokud je detekováno RLU 25 v 10 ml vzorku (po filtraci na membránovém filtru) anebo RLU 50 ve 100 ml (po filtraci na membránovém filtru), pak se jedná přímo o výskyt patogenních a hygienicky významných mikroorganismů v pitné vodě. S tímto systémem a nastavením rizik je potřeba pracovat velmi opatrně, ostatně jak tomu nasvědčují zjištěné výsledky měření. Metoda H₂S strip test je metoda velmi jednoduchá a účinná ve zjištění přítomnosti fekálního znečištění vody, nicméně je nevhodná z pohledu operativního přístupu v řešení přítomného mikrobiálního znečištění v distribučním systému. Po 18 h je potvrzena kontaminace metodou Colilert dokonce i kvantitativně. Metoda využívající LIVE/DEAD kit je metoda vyžadující nejen laboratorní zázemí, ale i dostatečně vybavený fluorescenční mikroskop a zkušenosti s barvicími metodami a mikroskopickou kvantifikací. PCR se jeví jako citlivá metoda pro zjištění bakteriální kontaminace pitných vod, ale její provádění je směřována na opravdu erudované pracoviště, nikoliv běžné provozní laboratoře. Některé z výše jmenovaných metod jsou účinně používány na vzorky odpadních vod, sedimentů, biofilmů apod. V případě pitných vod může nastat komplikace v podobě nutnosti zakoncentrování vzorku, proto se pro věrohodný a jednoznačně mikrobiální kontaminaci identifikující monitoring zatím nedoporučují.

3. Biosenzory jako účinné nástroje včasného monitoringu kontaminace

Naše pracoviště se ve spolupráci s Ústavem chemie a přírodních látek podílí na řešení projektu *FV10312 Biosenzory pro detekci bakteriální kontaminace pitné vody*, jehož snahou je vyvinout a zavést již zmíněný online měřicí systém zaznamenávající mikrobiální znečištění v reálném čase.

Co si představit pod biosenzorem? V podstatě se jedná o přístrojový systém tvořený dvěma částmi, první je biologický element – senzorová biomolekula, pro kterou je definovaná specifická afinita; a druhou částí biosenzoru je transduktor, který převádí vazebný signál na veličinu, kterou je možné fyzikálně měřit.

V projektu se zabýváme vývojem a aplikací ultracitlivých elektrochemických biosenzorů, které budou selektivní vůči buněčnému povrchu různých bakteriálních kmenů. Jelikož je bakterie *Escherichia coli* indikátorový organismus v hygieně vody, byla zvolena jako modelový organismus pro vývoj biosenzoru. Tato bakterie na vnější buněčné membráně obsahuje bílkovinu intimin, která je faktorem virulence bakterie. Tuto biomolekulu lze pak následně i využít pro případnou interakci se specifickou protilátkou. Pro detekční účely *E. coli* jsou perspektivní sensorové molekuly glykosidů odvozených od L-fukózy, D-manózy a D-galaktózy a peptidy.

V současné době se projekt nachází ve fázi testování specifity připravených preparátů sensorových molekul. Ty biomolekuly, jejichž citlivost a specifita bude dostatečná, budou dále využity pro sestavení kompletního biosenzoru a ten nakonec použit k testování v reálném prostředí. Cílovým organismem je bakterie *Escherichia coli* (kmeny CCM 3954; patogenní *E. coli* O157:H7 CCM 4787), pro kterou se fluorescenčně značené molekuly (Bodipy, Cy5) sacharidů a peptidů připravují a následně testují (mikroskopické vyhodnocení signálu na epifluorescenčním a 3D konfokálním mikroskopu).

Testované biosenzory označené fluorescenčním barvivem Cy5 se při mikroskopických zkouškách s čistými kulturami *Escherichia coli* CCM 3954 a CCM 4787 bohužel neosvědčily. Zkoušely se různé způsoby přípravy preparátů, včetně použití tzv. negativní kontroly postupu, kterou byla bakterie *Staphylococcus aureus* CCM 3953, aby se eliminovala případná chyba v metodice. Nakonec se potvrdilo na 3D konfokálním mikroskopu, že afinita biomolekul označených barvivem Cy5 je k buňkám bakterií nulová a vznikající vazby jsou značně nespecifické. Proto byly tyto biomolekuly vyhodnoceny jako nevhodné k dalším postupům.

Biosenzory označené pomocí Bodipy poskytovaly pozitivní signál v přítomnosti obou testovaných kmenů *Escherichia coli*. Tyto biosenzory budou námi intenzivněji testovány za účelem eliminace falešně pozitivních signálů.

4. Závěry

Řešený projekt představuje značný potenciál pro uchopení řešení problému nejen rychlé detekce mikrobiální kontaminace, ale i online zjištění stavu kvality dodávané pitné vody v souladu s Rizikovou analýzou (HACCP, Water Safety Plans). Online biosenzor v detekci kontaminace bude možné velmi efektivně využít při provozním monitoringu, při odstávce, opravách, manipulacích a haváriích na distribuční síti. Před jeho uvedením do vodárenské praxe bude muset proběhnout ještě mnoho testů a zkoušek, které se týkají vývoje biosenzorů a interpretace zjištění výsledků, pozitivních signálů a jejich aproximaci na výsledky z laboratořemi rutinně prováděných kultivačních stanovení. Důležité je připomenout, že online systém tohoto typu, detekuje přítomné buňky bakterií, jejichž počet, detekovaný v odebraném vzorku (objem 10 ml nebo 100 ml) nemusí rozhodně odpovídat (a nebude) počtu skutečně vykultivovaných kolonií na specifickém médiu. V mikrobiologické praxi je tento fakt rozhodující a v případě relevantního zástupného parametru bude jeho definování a limit pro správné a vhodné použití přístroje s online detekčním biosenzorem stěžejním a kritickým bodem.

V následujícím roce bude probíhat optimalizace postupu a přípravy těchto biosenzorů a fixace vzorků. Zkoušeny budou dostupné sacharidy a nové peptidy označené BDP.

Do budoucna jsou plánovány laboratorní testy se směsnou kulturou *E. coli* a *S. aureus*, testy s mrtvými a živými buňkami i zkoušky se surovou pitnou vodou

(přítomnost/nepřítomnost dezinfekčního činidla) a testy s pitnou vodou odebranou z reálného prostředí vodovodního řadu (přítomnost dezinfekčního činidla, organotrofních bakterií, korozních produktů apod.).

Do zkoušek budou zařazeny i kultivační metody s cílem verifikace postupu a zjištění určité korelace mezi zjištěnými počty cílových buněk bakterií (zde *E. coli*) v nominálním objemu a počty KTJ skutečně vykultivovaných kolonií bakterií. Tímto se chceme vyvarovat i případnému nesprávnému použití zařízení a interpretaci výsledků, jak tomu někdy bývá u metod založených na průtokové cytometrii.

Poděkování: Publikace byla vypracována v rámci projektu FV10312 Biosenzory pro detekci bakteriální kontaminace pitné vody. Autoři děkují za pomoc při mikroskopování na 3D konfokálním mikroskopu Ing. J. Zelenkovi, Ph.D.

Použitá literatura

- [1] Kožíšek F. 2016. Mediálně známé havárie a epidemie na vodovodech v ČR v období 2014-2015: Jaké jsou jejich příčiny a co nám mají říci. Sbor.konf. Vodárenská biologie 2016, 3.-4.února, Praha ČR, Říhová Ambrožová J., Pecinová A. (Edit.), 34-41
- [2] Vejmelková D., Říhová Ambrožová, J., 2016: Alternativní přístupy k rychlé detekci mikrobiální kontaminace pitných vod. Sbor. konf. *Vodárenská biologie 2016*, Praha 3.-4.2. 2016, s. 42-50, ISBN 978-80-86832-90-6
- [3] Vavrušková L., Kolář K., Kabátová J., Vejmelková D., Říhová Ambrožová J. 2016: Možnosti řešení alternativních metod při řešení výjimečných stavů mikrobiální kontaminace. Sbor. konf. *Pitná voda 2016*, Tábor 23.5.-26.5.2016, 241-246, ISBN:978-80-905238-2-1
- [4] Ledvina M. 2017. Biosenzory jako nástroj pro monitorování bakteriální kontaminace pitné vody v reálném čase. Sbor.konf. Vodárenská biologie 2017, 1.-2.února, Praha ČR, Říhová Ambrožová J., Pecinová A. (Edit.), 30-33
- [5] Říhová Ambrožová, J., Vejmelková, D.; Čiháková, P.; *Technická mikrobiologie a hydrobiologie*. 1 ed. Praha: VŠCHT, 2017 165, ISBN: 978-80-7080-986-0

Využití smart-meteringu ve světle provozních zkušeností pilotních projektů

Ing. Josef Fojtů

QLine a.s., fojtu@qline.cz

Letošní rok je již třetím v řadě, kdy je zde na půdě vodárenské konference ve Zlíně referováno o využití internetu věcí pro řešení sítí „chytrého měření“ ve vodním hospodářství. Od prvotní informace o rodících se technologiích IoT se postupně dostáváme k praktickým poznatkům. V minulém roce totiž řada vodárenských společností a spolupracujících dodavatelů získala vlastní provozní zkušenosti na pilotních projektech a je zde tedy prostor se nad těmito poznatky zamyslet.



Jaké řešení IoT zvolit

Při návrhu firemní strategie využití IoT pro automatizaci dálkových odečtů je potřeba zvážit odpovědi na tyto základní otázky:

- 1) Chceme budovat vlastní odečtovou síť nebo využít služeb operátorů IoT ? Tato otázka je relevantní po finanční stránce vzhledem ke struktuře nákladů a po technické stránce vzhledem k pokrytí sítě. Protože při využití externích služeb operátorů IoT se provozovatel téměř jistě dostane do situace, kdy skupina odběrných míst nebude pokryta sítí externího operátora a provozovatel nemá prakticky žádné technické možnosti, jak pokrytí zajistit. Pomocí může doplňková měřicí síť. V případě využití vlastní sítě je vyřešení problému s pokrytím kompenzováno na druhé straně potřebou jednak investičních nákladů a jednak zabezpečením procesu údržby a provozuschopnosti odečtové infrastruktury jako takové.

- 2) Jaký bude provozní účel dálkového odečtu? Potřebujeme pravidelně odečítat data pro fakturaci koncovým zákazníkům nebo chceme monitorovat chování sítě z pohledu provozu? Tyto otázky mají významný dopad na parametry technického řešení – např. četnost odečtů, potřebu snímání více veličin (okamžitý průtok, čítač průtoku, tlak) a energetický management odečtového zařízení.

Při úvahách nad koncepcí mohou být nápomocny následující kapitoly.

Hlavní technické novinky minulého období.

Všichni operátoři přenosových sítí IoT oznamují výrazné rozšíření pokrytí. Například společnost Simplecell (technologie Sigfox), která je dosavadním tahounem rozvoje mezi novými operátory ohlásila ke konci roku 2017 dosažení pokrytí 92% území. Podobné výrazné zlepšení prezentují i České radiokomunikace se sítí LoRaWAN. Nicméně praktická zkušenost, nás vede přistupovat k těmto informacím s jistou obezřetností a s technickou pokorou. Je třeba si totiž připomenout, že se stále jedná o radiové síť s nízkým výkonem vysílání a zákony fyziky nepozbyly platnosti. Na šíření radiových vln má vliv řada faktorů zejména kmitočtové pásmo, charakter zástavby, přírodní prostředí a zde se výrazně uplatňují místní prostorové podmínky v dané lokalitě, které mohou výrazně zhoršit obecně deklarované pokrytí. Současné síť IoT nejčastěji používají volný kmitočet 868 MHz, který je bohužel významně tlumen zeminou i konstrukčními materiály, což je důležité vzít do úvahy v případě vodárenských objektů. Poněkud lépe se s touto překážkou vyrovnávají přenosové síť pracující ve 160 MHz pásmu.

Vítaným oživením současné situace je vstup dalšího operátora do praktické sféry IoT. Je jím společnost Vodafone, která ohlásila spuštění komunikační platformy využívající technologie NB IoT (NarrowBand IoT). Tento krok lze v širším kontextu chápat jako reakci telekomunikačních operátorů na výzvy IoT.

Narrow band IoT je úzko-pásmová přenosová technologie speciálně vyvinutá pro internet věcí, využívající podobné fyzikální principy jakou jsou uplatněny u sítě Sigfox. Největší její předností je možnost nasazení v pásmech GSM a LTE. Technologie Narrow Bandu je založena na mobilní technologii podobnou LTE, která byla vytvořena speciálně pro potřeby LPWA (Low Power Wide Area), a která používá licencované spektrum v několika možných pásmech. Nabízí o 20dB silnější pokrytí, což odpovídá asi sedminásobně lepšímu pokrytí ve srovnání s GSM, výdrž jedné baterie až 12-15 let (při odečtu 1x denně a optimální teplotě prostředí), nízké náklady na zařízení, kompatibilitu se stávající infrastrukturou mobilních sítí a stejnou úroveň zabezpečení jako LTE.

Mezi výhody NB-IoT patří vysoký prostup signálu do budov, nízká cena koncových zařízení, energetická nenáročnost a provoz na licencovaných kmitočtech s nízkým rušením a garantovanou komunikační kapacitou.

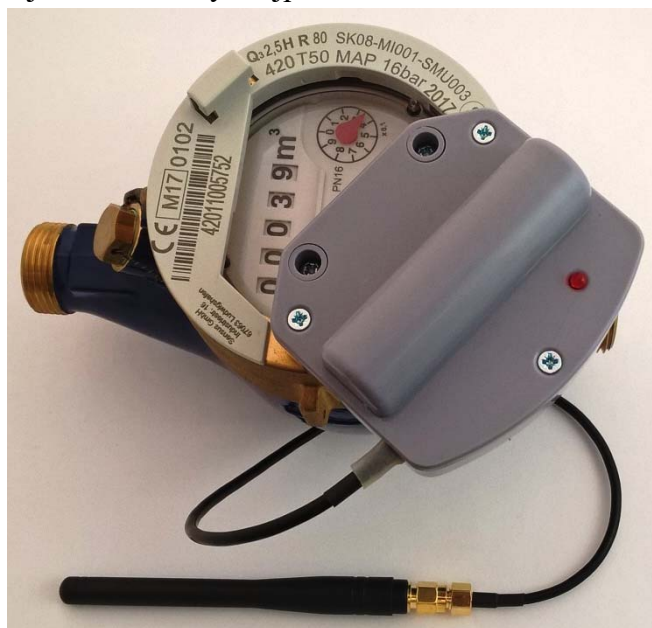
Spolehlivost metod měření impulzů.

Metody snímání impulzů z vodoměrů jsou dlouhodobě známé, včetně jejich nedostatků a ani nové technologie internetu věcí ve srovnání s dosavadní platformou M2M-GSM nic nového nepřinášejí. Pro spolehlivost odečtených hodnot je v této oblasti klíčové, v jakém prostředí se měřidlo nachází. To znamená, zda hovoříme o vodoměrech umístěných v budovách v relativně suchém a teplém prostředí a nebo se jedná o vlhké a studené armaturní komory a šachtice. Na kvalitu prostředí jsou citlivé zejména odečtové metody založené na optickém principu, které díky zarosení senzorů ve vlhkém prostředí vyžadují

častou údržbu, což při uvažovaném velkém množství nasazených měřidel je provozně náročná a kritická činnost. Senzory s indukčním principem snímání jsou v tomto směru odolné a lze se na ně spolehnout i v obtížném korozivním prostředí vodoměrných šachet. Vůbec nejspolehlivějším prostředkem je dálkový odečet přímo z datového rozhraní hlavice vodoměru, např. sběrnice M-Bus. Zde je 100% jistota korektního odečtu.

Na příkladu výběru IoT jednotek CODEA můžeme dobře ilustrovat aktuální technickou úroveň a možnosti chytrých měřidel. V prvé řadě je to otázka mechanického provedení odečtové jednotky – zda zvolit oddělené nebo kompaktní provedení. Pro vodárenskou praxi u domovních a průmyslových měřidel se prospěšným ukazuje možnost umístit anténu do místa s dobrou dostupností přenosové sítě, protože signál je ve většině případů šachet a sklepních prostorů na hranici pokrytí. Toho lze efektivně docílit dvěma cestami, buď kompaktním nebo odděleným provedením odečtové jednotky.

Kompaktní provedení na hlavici, je mechanicky nejprostším řešením. Odečtová jednotka s integrovaným snímačem impulzů je přizpůsobena pro přišroubování přímo na hlavici vodoměru. Pro kvalitní komunikaci má na propojovacím kabelu umístěnou anténu, tak aby mohla být upevněna v optimálním místě. Odečtová jednotka má krytí IP67 a nevadí ji tak ani občasné zatopení pod vodou. Protože uchycovací otvory jsou na hlavících různých výrobců rozmístěny různě, jsou tyto hlavice určeny zpravidla pro jeden typ vodoměru – sensus nebo itron. Některá provedení lze ale umístit na více typů.



Oddělené provedení skýtá větší variabilitu technického řešení, je ale náročnější na montáž. U odděleného provedení není snímač impulzů vodoměru součástí odečtové jednotky ale je k jednotce připojen kabelem stejně jako anténa. Takto lze jednotlivé komponenty umístit optimálně, aby provoz byl spolehlivý. Snímače jsou ve vodárenské praxi doporučeny buď na indukčním principu (Sensus Hri, Cyble) nebo kvalitnější zařízení mají v sobě zabudované datové rozhraní MBus, což je výhodné zejména pro průmyslové vodoměry. Optické snímače nejsou v šachticích spolehlivé. Krytí odečtové jednotky je u kvalitnějších zařízení stejné jako u kompaktního provedení – tzn IP67. Levnější zařízení jsou použitelná pouze do suchých prostor.

Použití datových hlavice. Využití přímého napojení odečtové jednotky IoT např. k Hri hlavici nebo Cyble MBus vodoměru dosud bránily technické překážky plynoucí z různých energetických úrovní obou typů zařízení (hlavice – jednotka). Výrobce CODEA již tento problém úspěšně vyřešil a tím se využití IoT technologie posunulo na vyšší technickou úroveň srovnatelnou s možnostmi M2M. CODEA má dlouhodobé zkušenosti s výrobou odečtových jednotek nejprve pro technologie M2M-GSM a nyní

jsou tyto dlouhodobé poznatky využity i v rámci IoT. Konstrukce jednotek FLX je navržena tak aby byla odolná i proti agresivnímu prostředí vodárenských šachet. V tomto parametru hledají zařízení FLX jen obtížně konkurenci.

Odečtové jednotky s více senzory jsou zajímavým řešením zejména pro oblast průmyslových měřidel třeba pro monitoring vodovodní sítě. Například v kombinaci souběžného měření průtoku a tlaku s přenosem pomocí IoT. Pro přenos více měření je ale limitem kapacita datové zprávy, která je například u sítě Sigfox 12B. Pokud v sestavě s datovou hlavicí snímáme souběžně čítač průtoku tam, čítač zpět, okamžitý průtok a tlak společně se vstupem do objektu tak jsme už nad tímto rozsahem. V těchto případech musíme využít jinou přenosovou síť – třeba NB IoT.

Komunikační varianty

Jak je uvedeno v úvodu příspěvku není reálné očekávat, s ohledem na charakter vodárenské infrastruktury, plné pokrytí provozního území jedinou odečtovou sítí. Zde přichází do hry i ochota operátora k dalšímu rozšíření komunikační infrastruktury. Dle zahraničních zkušeností, zůstává zpravidla 5% a více odečtových míst, které jsou technicky nepokrytelné prostředky dálkového odečtu. Do úvahy tak přicházejí další technické varianty – kombinace několika sítí dálkového odečtu s různým kmitočtem nebo principem přenosu, případně s dokrytím pochůzkovým systémem. A nabízí se tak široká škála možných provozních modelů založená na kombinaci služeb operátorů IoT, vlastních prostředků a provedení odečtů externím dodavatelem na klíč. Např. hlavní část měřících míst pokryjeme sítí dominantního operátora a zbývající ostrovy dokryjeme pomocí odečtové sítě na jiném kmitočtu případně využije pochůzkový systém. Vhodné řešení bude vždy ušito na míru pro jednotlivé vodárenské společnosti dle jejich technických priorit a ekonomické strategie.

Závěr

Počáteční nadšení nad novými technologickými možnostmi IoT v minulých letech je korigováno poznáním fyzikálních i provozních limitů v běžné praxi. Z výše uvedených poznatků je rovněž zřejmé, že ideálu 100% pokrytí nelze v současnosti dosáhnout jedinou odečtovou sítí a je třeba počítat buď s kombinovaným pokrytím několika měřícími sítěmi nebo doplněním o poloautomatický pochůzkový odečet.

Společnost QLine je dlouhodobým partnerem vodárenských společností skupin Aqualia, Veolia, Ondeo, Energie AG. Kterým pomáhá při realizaci řady aplikací technologických informačních systémů a uvádění nových řešení dispečerské a automatizační techniky do provozu. V příspěvku jsou využity zkušenosti z této praxe.

Kontakt

Tel.: +420 604 223 671, e-mail: fojtu@qline.cz, www.telemetry.cz

Jaké jsou možnosti zlepšit kvalitu vody při její distribuci?

Ing. Lubomír Macek, CSc., MBA

Aquion, s.r.o.

Úvod

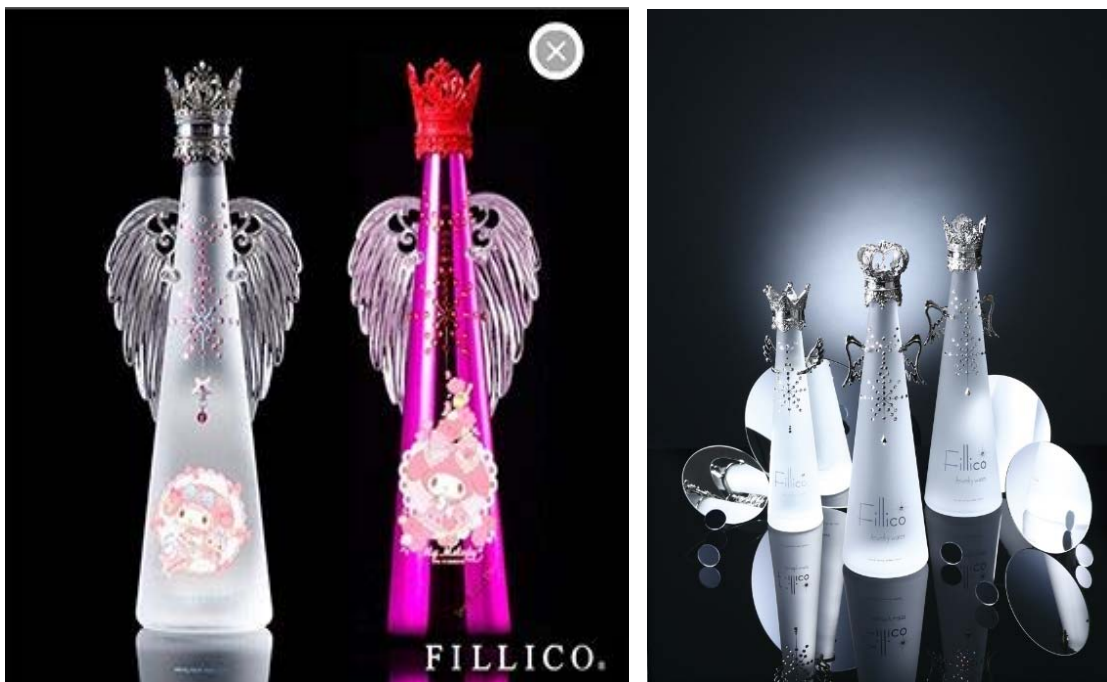
Ve svém příspěvku se zaměřuji na možnosti zlepšení kvality vody při její distribuci v rozvodné vodovodní síti. V našich úpravárnách vody vyrábíme vysoce kvalitní vodu, kterou i dopravujeme na dlouhé vzdálenosti a nejslabším místem, co se týká kvality vody, je její rozvod. Na začátku příspěvku se zabývám pohledem na to, jak je chápána kvalita vody v podání nápojového průmyslu, pokusil jsem se sestavit žebříček kvality vody obecně a zjistil, jak se projevuje v případě vodovodů. Dále se zabývám možnostmi jak zlepšit kvalitu vody při její distribuci. Je to možné změnou okružové sítě na větvenou, upravením struktury sítě tak, aby voda tekla jedním směrem a vytvořením okružků. Další možností ke zlepšení kvality vody je pravidelné proplachování vodovodní rozvodné sítě, vyšší stabilita upravené vody a lepší dezinfekce vody.

Jaký je pohled na kvalitu vody?

Při průzkumu názorů na kvalitu vody na Internetu jsem narazil na velké množství pitné vody v lahvích. Návrhář Fernando Altamirano navrhl láhev na vodu, která je naplněna směsí artézské hlubinné vody z Fiji a vody z ledovce z Islandu. - Aqua di Cristallo „Tribute to Modigliani“. Lahve jsou vyráběny pozlacené, pozlacené matné, postříbřené, postříbřené matné, z křišťálového skla a v různých dalších variantách. Nejvyšší cena za lahev s pitnou vodou Aqua di Cristallo „Tribute to Modigliani“ je možné zaplatit za provedení v ryzí zlatě a to 65 000 USD. Láhev z modrého krystalického skla je k dostání za 3 500 USD (viz obr. 1).



Obr. 1 Aqua di Cristallo „Tribute to Modigliani“ (luxurylaunches.cz, 180102)



Obr. 2 *Voda Fillico* (www.fillico.com)

Další voda Fillico representuje značku vysoce kvalitní přírodní minerální vody, jež je vytvořena za pomoci dokonalé japonské řemeslné zručnosti pro hosty z celého světa. Návrh lahve je inspirován tvarem kamenných staveb za sucha kladených z italského města Alberobello, součástí světového kulturního dědictví a současně štíhlou a elegantní siluetou ženy. Složitý tvar lahve Fillico znamená příslib lásky, oddanosti a představuje nejlepší dárek pro vaše milované. Lahev je zdobena krystaly Swarovski. Název Fillico kombinuje tři italská slova: Acromatico (průzračnost), Filo (sympatie) a Ricco (bohatství).

Voda Fillico pochází z Kobe, Japonsko. Jedná se o vysoce kvalitní přírodní vodu s vysokou kvalitou a s jemnou a osvěžující chutí. Kobe se nachází téměř v centru Japonska, poblíž Osaky. Místo, kde se lahve plní vodou se jmenuje Nunobiki. V Japonsku je tato voda používána pro výrobu saké ve známém centru Nada. Voda pochází z pohoří Rokko, prochází žulovým masivem, kde se po dlouhou dobu rozpouštějí do vody minerální látky a voda absorbuje kyslík z čistého vzduchu po své cestě, až se z ní stane voda měkká, příjemná k pití (volná citace marketingových materiálů).

V prezentaci uvádím žebříček balených vod s nejvyšší cenou. Při průzkumu jsem zjistil, že výrobci významných a kvalitních přírodních minerálních lahvových vod jsou uvedeny na portálu FineWaters (finewaters.com), z českých firem tam nemáme žádného zástupce. Při dalším prohledávání webu jsem jednoho zástupce našel a to Bílinskou kyselku.

Na portále Fine Waters je možné vodu dělit podle zdroje – pramenitou, ze studně, artézskou, dešťovou, což jsou běžné zdroje vody i u nás a dále pak na vodu z horských ledovců (glacier), plovoucích ledovců (iceberg) a hlubokomořskou vodu (deep sea). Pokusil jsem se vznést dotaz na Quora, ale dostal jsem jen odpovědi na otázky typu nejdražší voda, na otázku nejlepší voda pro pití jsem dostal dvě odpovědi: jakákoliv voda a voda co nejvíce přírodní.

Jaké jsou úrovně kvality pitné vody?

Přehled balených vod a jejich cen mně inspiroval k vytvoření žebříčku kvality vody, viz. tab. 1. Tento žebříček vychází z toho, že pokud je vody na pití nedostatek, je dobrá jakákoliv voda a se zvyšujícím se dostatkem vody stoupají naše nároky na vodu.

Tab. 1 Žebříček kvality pitné vody

1	Přírodní voda vysokého stáří, která nepřišla do styku s antropogenním znečištěním, neupravovaná
2	Přírodní voda nízkého stáří, neupravovaná
3a	Voda upravovaná - přírodě blízké postupy, materiály a chemikálie
3b	Voda upravovaná - umělé technologie, materiály a chemikálie
4	Voda recyklovaná
5	Jakákoliv voda

Pozn. Žebříček by šlo dále rozčlenit na upravovanou vodu podzemní a povrchovou

V nedávné době jste mohli zachytit docela bouřlivou diskuzi o „Raw water“, surové vodě k pití, zda je vůbec vhodná ke konzumaci apod. V podstatě se ale jedná o využití vod z bodu 1 a 2 tab. 1, která vyhovuje svou kvalitou požadavkům na vodu pitnou.

Čím lepší pitná voda, tím méně přijde do kontaktu s umělým znečištěním životního prostředí a umělými materiály. K tomuto žebříčku mně inspiroval popis různých úrovní léčebné péče od Clemense Kubyho, kde odzdola nahoru se jedná o mechanickou – chirurgickou léčbu a přes farmaceutickou a homeopatickou se dostává až k pouhému přenosu informace a vytvoření informace k sebeléčení.

To může mít přesah i do rozvodu vody – materiály, které jsou blíže přírodě, budou zřejmě mít na vodu lepší vliv, než materiály umělé a znamená to také, že personál zajišťující provoz vodovodní sítě by měl být striktně oddělen od těch, kteří zajišťují provoz kanalizační sítě a ČOV atd.

Možnosti zlepšení kvality vody během jejího rozvodu

Ke zlepšení kvality vody během její distribuce může přispět několik technických, resp. technicko - organizačních opatření. Prvním důležitým faktorem je kvalita vody, vstupující do rozvodné sítě, tato voda by měla být co možná nejstabilnější.

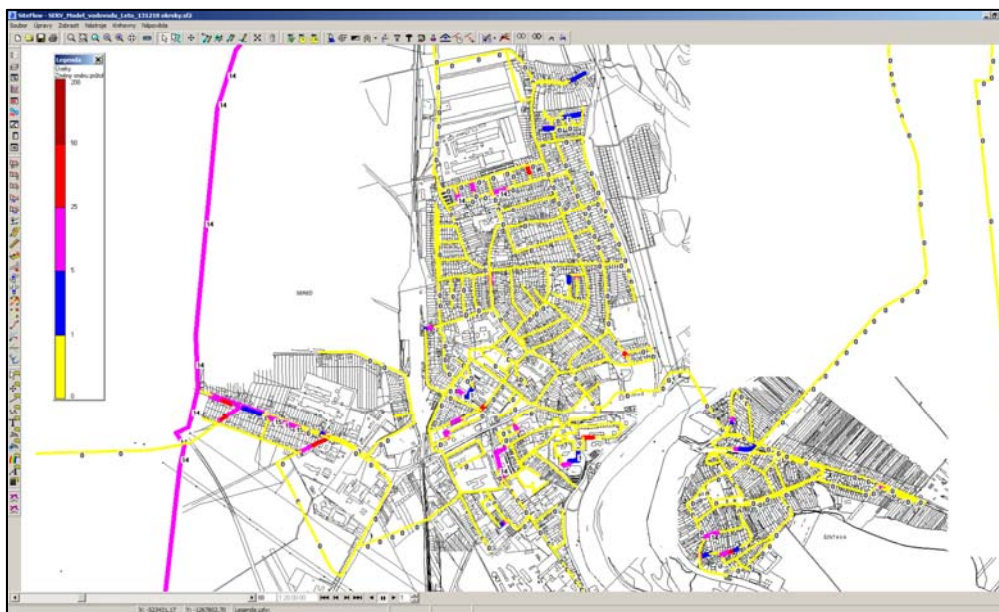
Zjednosměrnění průtoků a snížení doby zdržení

Jedním z mýtů, které stále přežívají, je, že díky zokruhování rozvodné sítě dojde ke zlepšení její kvality. Opak je pravdou. Zokruhování vodovodní sítě slouží ke zvýšení její hydraulické kapacity a ke snížení kolísání tlaku, pokud je síť přetěžována nadměrnými odběry. Zokruhování vodovodní sítě může způsobit vznik mrtvých, byť zokruhovaných, úseků potrubí, odkud voda neodtéká. To zvyšuje její stáří a snižuje kvalitu vody. A v případě, že dojde k náhlé změně ve směru proudění vody, což může být například větší odběry po zimním období nebo sezónní odběry, může dojít k vyplavení této staré vody k odběratelům.

Další možností, jak můžeme vylepšit kvalitu vody, a což je běžně známá věc, je zamezit nadměrným změnám směru proudění. V okružové síti je to obtížné a mohou se vyskytovat úseky potrubí, kde tyto změny směru přispívají k prodloužení doby zdržení vody v síti a tím může docházet ke snižování její kvality.

Další možností, byť složitou, je zamezit náhlým změnám směru proudění, např. V případě sezónních odběrů. To může mít za následek zvednutí sedimentů v potrubí, což ovlivní vnímání kvality vody u koncových odběratelů.

Ideálním způsobem, jak zamezit změnám směru proudění v rozvodné síti je, pokud je vodovodní síť dostatečně kapacitní, využít existující uzávěry k rozdělení zvláště slepých konců zokruhované sítě. To přispěje k tomu, že voda poteče pouze jedním směrem, od zdroje ke spotřebiteli, bude jasně definovaná doba zdržení vody a případné sedimenty, pokud se vznesou, vodovodní síť opustí nerychlejším možným způsobem.



Obr. 3 Změny směru proudění v rozvodné síti, čím tmavší, tím více změn

Vodojem před spotřebištěm, eliminace vodojemu za spotřebištěm

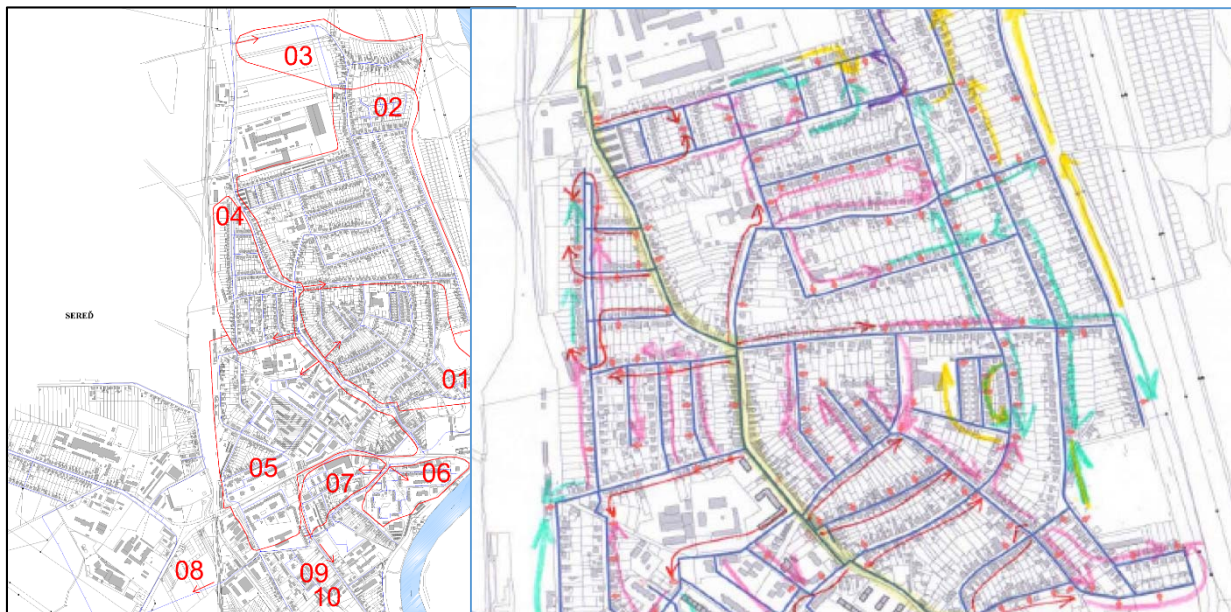
Dalším faktorem, který může způsobovat problémy s kvalitou vody, je umístění vodojemu za spotřebištěm. Pokud je vodojem umístěn před spotřebištěm, jedná se o průtočný vodojem s jasně definovaným stářím vody a s možností ovlivňovat dobu zdržení vody například zmenšením nádrže či snížením hladiny. Vodojem za spotřebištěm představuje vlastně jakousi analogii mrtvého konce zokruhované sítě. Voda do něj někdy vtéká, a někdy z něj vytéká a je možné, že se v něm tvoří mrtvé prostory, v extrémním případě může docházet k tomu, že se do vodojemu vrací stará voda. Pokud je vodojem takto umístěn, doporučuji ho přebudovat na vodojem před spotřebištěm nebo vyřadit z funkce (viz Macek 2016).

Poprvé, když jsme simulovali proudění ve vodovodu s vodojemem za spotřebištěm, jsme si mysleli, že máme chybu buď ve výpočtech, nebo při zpracování výsledků. Bylo to ovšem dobře, protože používané jednoduché simulační modely dávají do každého zdroje vody počátek času pro výpočet doby zdržení. Projevovalo se to tak, že voda v rozvodné síti byla různě stará, pohybovaly se v ní dávky vody různého stáří.

Vytvoření okrsků rozvodné sítě

Další možnosti, jak snížit dobu zdržení vody a snížit výskyt změn směru proudění, je vytvoření okrsků rozvodné sítě. Okrsky se často diskutují v souvislosti s bojem proti únikům vody, kdy je měřený přítok vody do jednotlivého okrsku, což dává dobrou informaci a případném navýšení odběru vody a usnadňují a urychlují vyhledávání úniků vody.

Vytvoření okrsků má také význam pro snížení výskytu změn směru proudění. Uvnitř okrsku, v závislosti na kapacitě potrubí, je možné vytvořit větvenou síť, nebo rozdělit ty části okruhové sítě, které by přispívaly k prodlužování doby zdržení nebo k častým změnám směru proudění.



Obr. 4 Návrh okrsků a návrh proplachování stávající vodovodní sítě

Pravidelné proplachování rozvodné sítě

V některých oblastech, zejména v USA a Kanadě, se považuje pravidelné proplachování vodovodní sítě za způsob péče o stav vnitřního povrchu potrubí. Na potrubí větších průměrů, do 300 mm, se osazují větší hydranty než je u nás běžně zvykem a to typu A, aby bylo možné docílit vyšších rychlostí v potrubí.

Významné je provést proplachování vodovodní sítě před zvýšením odběru v jarním období. Proplachování je nutné provádět postupně ve směru od zdroje vody ke konci rozvodné sítě. Podrobnější informace můžete nalézt v Macek, L. a Škripko, J. (2014).

Možnosti využít dezinfekční prostředky jiných vlastností

Další možností je využít technologií, které mají příznivější vliv na kvalitu vody - například nahradit konvenční dezinfekci vody plyným chlorem nebo nakupovaným chlornanem sodný za na místě vyráběné produkty, vyráběné elektrolýzou – ať se jedná o chlornan sodný nebo lépe o směsné oxidanty. Směsné oxidanty jsou po nadávkování mnohem stabilnější, zbytkový volný aktivní chlor je možné naměřit i po relativně velké dopravní vzdálenosti nebo dobu zdržení. Současně dochází k eliminaci biofilmu na stěnách potrubí, což přispívá k dalšímu zlepšení kvality vody (Macek, 2016).

Alternativní přístup k zlepšování kvality vody při rozvodu vody

S odkazem na tabulku 1 v tomto článku se můžeme zamyslet nad alternativním přístupem ke zlepšování kvality vody. Pokud vyjdeme z toho, že kvalita vody je tím lepší, čím méně se dostává do styku s umělými materiály a antropogenním znečištěním životního prostředí znamenalo by to, že jsou pro rozvod vody vhodnější anorganické materiály, tj. například tvárná litina s cementovou vystýlkou. To samé platí i pro ostatní používané materiály.

Dalším důležitým bodem je oddělení personálu provozu vodovodů a provozu kanalizací a ČOV. U nejmenších provozovatelů je toto velmi obtížně řešitelné. Za důležité to můžeme považovat z toho důvodu, že pracovníci pracující v určitém prostředí mají na a ve svém těle mikroorganismy odpovídající tomuto prostředí. Proto bychom měli izolovat personál kanalizací od personálu vodovodů.

Pokud se na to podíváme do důsledku, tak v Německu jsou někdy provozovatele vodovodů a provozovatele kanalizací a ČOV odděleny jako separátní firmy. S ohledem na tento alternativní přístup je to asi vhodné řešení.

Závěr

V příspěvku sumarizujeme možné postupy ke zlepšení kvality vody při jejím rozvodu. Jedná se zejména o snížení doby zdržení, co největší eliminaci míst, kde dochází ke změnám směru proudění a vytvoření takové struktury sítě, která povede vodu jedním směrem k odběrateli, v ideálním případě se tedy jedná o větvenou síť. Ke zlepšení kvality vody může přispět také vytvoření okrsků vodovodní sítě nebo eliminace vodojemu za spotřebištěm. Další možností jak zlepšit kvalitu vody při jejím rozvodu, je používat prostředky pro dezinfekci a hygienické zabezpečení vody takové, které zajistí větší stabilitu vody, eliminaci organicko-anorganického biofilmu či inkrustů a zajistí zbytkový volný aktivní chlor na dlouhou vzdálenost. Pro zlepšení kvality vody může být vhodné také pravidelné proplachování rozvodné sítě.

Literatura

Kuby, C. (2007): Na cestě do sousední dimenze. Eminent, Praha, 283 s.

Macek, L. a Škripko, J. (2014): Jak nejlépe proplachovat rozvodné vodovodní sítě? Sborník přednášek konference Voda Zlín.

Macek, L. (2016): Jak vylepšit kvalitu vody pomocí elektrochlorace – nové možnosti, Sborník přednášek konference Voda Zlín.

Macek, L. (2016): Jak vodojem za spotřebištěm ovlivňuje kvalitu vody a jaké jsou možnosti vylepšení, Sborník přednášek konference Voda Zlín.

Technologie Compact Pipe – sanace přivaděče surové vody Hulín – Kroměříž

Radim Modlitba¹⁾; Ing. Petr Holeš²⁾

1) WAVIN Ekoplastik s.r.o., radim.modlitba@wavin.com

2) WOMBAT, s.r.o., p.holes@wombat.cz

Úvod

Sdružení společností Wombat, s.r.o. a Vodohospodářské stavby Javorník - CZ s.r.o. bylo ve výběrovém řízení vybráno jako generální dodavatel stavby „Zkapacitnění prameniště a zvýšení jakosti pitné vody z prameniště Hulín“. Investor se rozhodl pro technologii instalace předtvarovaného plastového potrubí HDPE 100 RC. Výrobce potrubí Compact Pipe pro sanaci přivaděče byla společnost WAVIN GmbH, dodavatelem firma WAVIN Ekoplastik s.r.o.

Potřeba renovace a vyšší kapacity vodovodu

Prameniště Hulín bylo vybudováno v 70. letech minulého století. Jímací území tvoří soustava vrtů, akumulční nádrž s armaturní komorou a čerpací stanice. Z vrtů je voda čerpána potrubími DN 150 do armaturní komory a akumulční nádrže, odkud je potom vedena přes čerpací stanici do úpravny vody v Kroměříži. Stav vodovodního přivaděče z ocelového potrubí DN 300 i všech částí prameniště byl před sanací již na pokraji životnosti a provozovatel musel stále častěji řešit celou řadu závad a poruch. Zároveň se, vzhledem k dlouhodobému suchu v posledních letech, z prameniště Hulín stal jeden ze zásadních zdrojů vody pro celý okres Kroměříž, z čehož vyplývá i potřeba vyšší kapacity. Všechny tyto aspekty vedly investora k rozhodnutí o modernizaci celého systému, tedy jak výtlačných potrubí surové vody na jímacím území, tak i čerpací stanice s armaturní komorou včetně armatur a vodovodního přivaděče.



Obrázek 1: Instalace potrubí Compact Pipe

Výběr správné metody renovace

Projekt požadoval minimální zásahy do krajiny, omezení výkopových prací a instalace takového potrubního systému, který zaručí maximální kvalitu pitné vody a minimální dopad stavby na okolí. Nakonec bylo rozhodnuto o využití inovativní technologie zatažení předtvarovaného plastového potrubí, která umožňuje sanovat potrubí s minimálními zásahy do terénu. Z tohoto důvodu je vhodné tuto metodu využít všude

tam, kde je hustá síť inženýrských sítí, především v místech městské či průmyslové výstavby, anebo v krajinářsky chráněných či zemědělsky obdělávaných oblastech. Princip metody je založen na zatažení „složeného“ PE potrubí se zmenšeným vnějším průměrem do původního potrubí. Prohřátím celého úseku parou, a díky paměťovému efektu polyetyleny se průřez trubky vrací zpět do kruhového tvaru a těsně dosedne k vnitřní stěně stávajícího potrubí. Staré potrubí nadále slouží jako chránička a opora pro novou trubku, díky které se zvyšuje odolnost proti vnitřnímu tlaku a vnějšímu zatížení. Výsledkem je zvýšení životnosti a bezpečnosti celého potrubního systému.

Volba správné technologie byla prvním z těžkých úkolů tohoto projektu. Záměrem investora bylo realizovat sanaci vodovodního přivaděče zatažením plastového potrubí HDPE 100 RC. Z několika možných technologií (relining, výměna otevřeným výkopem atd.) připadaly v úvahu zejména dvě technologie - berstlining a Compact Pipe. Faktory s hlavním vlivem na volbu technologie lze rozdělit na tři kategorie:

Technické:

- Průtoková kapacita nového potrubí:

plánovaný maximální průtok $Q=100$ l/s je s rezervou dodržen i při instalaci potrubí DN309 z HDPE 100 RC SDR 17, PN 10. Není tedy třeba zachovat průtočný profil v plné míře, nebo jej navyšovat.

- Míra využití původního potrubí:

původní potrubí je vhodné využít jako ochranu pro nové, samonosné potrubí. Výhodou sanace metodou Compact Pipe je, že ocel, ze které je původní potrubí vyrobeno, bude ještě dlouhá desetiletí plnohodnotnou chráničkou pro potrubí z plastu. Zároveň při instalaci nemůže dojít k poškození zatahovaného potrubí ani okolních sítí a jiných produktovodů.

- Rozměr a poloha montážních a instalačních jam:

jámy potřebné k provedení montáže potrubí Compact Pipe jsou prostorově poměrně nenáročné. Ideálním rozměrem je cca 4 m x 2.5 m. Za sníženého komfortu lze potrubí instalovat i menšími jámami. Tento faktor je výhodný především v místech výskytu dalších produktovodů nebo sítí, zejména v intravilánu. Oproti tomu jámy nutné k instalaci technologií berstlining jsou pevně dané rozměry instalačního zařízení a prostorem potřebným ke svařování a zavedení trub. V některých místech na přivaděči by mohlo dojít k problematickému umístění technologie a zařízení.

- Doba potřebná k sanaci:

z počátku se investor domníval, že doba odstavení přivaděče a prameniště z Hulína může být téměř libovolně dlouhá. Vzhledem k nízké hladině podzemní vody v roce 2017, která má, bohužel, dlouhodobě sestupnou tendenci, bylo nutné zkrátit termín rekonstrukce na minimum, aby se zabránilo přetížení ostatních pramenišť na Kroměřížsku. Technologií Compact Pipe jsme schopni sanovat i ohyby do cca 30°.

Trasa potrubí vede v souběhu s potrubím DN500. V některých místech se potrubí přibližovala, což bylo řešeno koleny na stávajícím potrubí DN300. Použití technologie berstlining by znamenalo navýšení montážních úseků a tím prodloužení termínu dokončení stavebních prací.



Obrázek 2: Proces zatahování potrubí Compact Pipe z cívky.

- Náklady na sanaci:

investor Vodovody a kanalizace Kroměříž, a.s. vybíral tak, aby zvolil co nejlepší řešení při zachování přiměřené ekonomické náročnosti. Projekt byl spolufinancován z fondů Ministerstva zemědělství ČR.

Krajinářské:

- Ovlivnění zemědělské činnosti výkopovými pracemi a pojezdem techniky:

Kroměřížsko je velmi úrodným krajem, investor proto vybíral z bezvýkopových metod sanace potrubí tak, aby krajina utrpěla co nejméně. Volba technologie Compact pipe oproti berstliningu zaručila nižší počet menších instalačních jam.

Veřejnoprávní:

- Nutnost stavebního povolení:

provedení sanace vodovodu ve stávající trase nevyžaduje stavební povolení. Toto splňují obě technologie.

- Možnost dohody s majiteli pozemků:

provádění bezvýkopových metod je pro majitele dotčených pozemků přijatelnější než akceptovat na parcele rýhu pro instalaci nového potrubí. Komunikace s nimi je tedy zpravidla jednodušší a rychlejší.

Komentář produktového manažera společnosti WAVIN Ekoplastik s.r.o. Radima Modlitby k výběru technologie:

„Volba moderní bezvýkopové technologie Compact Pipe byla v tomto případě jednoznačná. Na rozdíl od jiných metod umožňuje menší rozměry montážních výkopů a jednodušší a rychlejší instalaci. Přínosem je tedy nejen ekonomický dopad, ale především ohleduplnost a šetrnost k životnímu prostředí. Navíc se tato technologie osvědčila již u mnoha podobných projektů v ČR i v zahraničí a získala dokonce několik významných ocenění.“

Průběh rekonstrukce

Potrubí privaděče bylo odstaveno 13. února 2017. Vzhledem k tomu, že přepravovaným médiem je surová voda, byl předpoklad, že se v potrubí může nacházet značná inkrustace. Naše domněnka byla potvrzena, a především na prvních třech kilometrech od ČS dosahovalo znečištění potrubí abnormálních hodnot. K čištění jsme používali sadu škrabáků a mechanické vrátky od společnosti Bagela v součinnosti s tlakovými vozy Aquatech a IBOS. Vyšší počet cyklů potřebných k vyčištění potrubí způsobil na začátku drobné zdržení, po krátké době jsme ale proces optimalizovali a oproti předpokládané době realizace jsme postupovali velmi rychle. Největší překážkou výstavby byl velmi těžký pohyb v podmáčeném terénu polí, i s pomocí zemědělské techniky jsme ale dokázali manipulovat s používanými technologickými zařízeními i cívkami tak, aniž by došlo k výraznému poškození povrchu zemědělských ploch.

Celá stavba probíhala bez problémů. Krom drobných směrových odchylek jsme se oproti projektu museli odchýlit pouze v místě, kde bylo třeba kvůli geometrii původního potrubí vykopat jámu v těsné blízkosti silnice. Bylo tedy nutné jámu pažit štetovnicemi larsen. Na třech místech byly lokalizovány nepředpokládané lomy na potrubí, které nebylo možno potrubím Compact Pipe bez rizika sanovat. Byly tedy vykopány jámy, původní potrubí bylo vyřezáno tak, aby nové plastové potrubí bylo zataženo a následně expandováno do volného prostoru. To je postup, který technologická metodologie bez problémů umožňuje, protože nové potrubí je plnohodnotně samonosné.



Obrázek 3: Stav potrubí před čištěním, po čištění a po sanaci metodou Compact Pipe

Základní údaje o stavbě

Počet úseků: 54

Celková délka sanovaná pomocí Compact Pipe: 7248,5 m

Zahájení stavby: 13.2.2017

Příjezd prvních cívek: 24.3.2017

První zatažený úsek: 27.3.2017

Poslední zatažený úsek: 15.8.2017

Celková doba rekonstrukce přivaděče: 116 dnů

Průměrný počet m instalovaných za 1 den: 62,48 m



Obrázek 4: Slavnostní spuštění přivaděče 27.9.2017

Závěr

Plánovaným termínem dokončení prací byl listopad 2017. Ke spokojenosti investora byly práce na přivaděči dokončeny již v srpnu s tříměsíčním předstihem a potrubí bylo uvedeno do provozu.

Technická normalizace a související legislativa pohledem projektanta

Ing. Marek Coufal, Ph.D.

Projekt 2010, s.r.o., marek.coufal@projekt2010.cz

ABSTRAKT

Technická normalizace bývá označována technická činnost, která se zabývá tvorbou dokumentovaných technických předpisů a norem, a byla zavedena za účelem maximalizovat kompatibilitu a kvalitu řešení, bezpečnost, opakovatelnost postupů atd. Jde o průběžně probíhající proces ve všech technických oborech, který v důsledku technického pokroku i legislativních změn prakticky nikdy nekončí. Technické normy lze tedy definovat jako dokumentované dohody, které zajišťují pravidla pro standardizaci technických řešení pro jejich opakované použití. V souvislosti s obecným názvem „norma“ se v současné době můžeme setkat se spoustou výrazů a zkratk – (ČSN, EN, ISO, TNV, DIN atd.) i jejich různými kombinacemi (ČSN EN, ČSN ISO, ČSN EN ISO, ČSN IEC atd.). Článek se zabývá principy současné technické normalizace a problematikou s tímto související pohledem projektanta.

STRUČNÁ HISTORIE NÁRODNÍ TECHNICKÉ NORMALIZACE

Již v dávných dobách byly doloženy pokusy standardizovat některé oblasti lidské činnosti. Ve starověkém Římě byly předepsány např. rozměry připojení k veřejnému vodovodu a tak i při vykopávkách v Pompejích se pod nánosy sopečného popela našly standardizované otvory městských rozvodů vodovodu a kanalizace. První doložené předpisy na území dnešní České republiky zmiňuje již Kronika země České, vydaná v roce 1698. Tato kronika zmiňuje předpis vydaný králem Přemyslem Otakarem II., který stanovil druhy, velikost a názvy jednotek pro měření délek, ploch a objemů, jednotky pro stanovení hmotnosti, předepisoval cejchování dutých měr na obilí a také určoval sankce za nedodržování předpisů.

Technická normalizace na národní úrovni tehdejšího Československa začala být organizována na začátku 20. století. V roce 1919 byl založen Elektrotechnický svaz československý (ESČ), který začal vydávat první soubory předpisů a norem pro elektrotechnický průmysl. V roce 1922 byla založena celostátní nezisková společnost pro všeobecnou normalizaci – Československá společnost normalizační (ČSN). Normy byly dobrovolné, přesto však všeobecně dostatečně uznávané a autoritativní. V roce 1928 Československá společnost normalizační stála u zrodu mezinárodní normalizační společnosti – Mezinárodní federace normalizačních organizací ISA. K výrazné změně došlo během druhé světové války, kdy ve válečném hospodářství protektorátu Böhmen und Mähren byly upřednostňovány normy německé. Československé normy byly přejmenovány na českomoravské, a nové normy pak byly vydávány jako prosté překlady norem německých. V roce 1942 navíc byla ukončena činnost Mezinárodní federace normalizačních organizací ISA. V poválečných letech byla na relativně krátkou dobu obnovena činnost ČSN i ESČ. V roce 1948 proběhla změna číslování norem ČSN z pořadového na třídicí. Nové třídicí číslování bylo založeno na šestimístním kódu, který rozlišoval třídění podle oborů. V roce 1951 převzal řízení technické normalizace prostřednictvím nově založeného Úřadu pro technickou normalizaci stát. Tím se změnil

i právní charakter technických norem a normy se staly ze zákona závaznými. Úkolem technických norem pak zejména bylo při neexistenci tržních principů regulovat jakost výrobků na znárodněném trhu.

Výrazným milníkem v zaměření technické normalizace bylo uzavření asociační dohody s Evropskou unií v porevolučním období. Tato dohoda znamenala závazek přebírat evropské normy do národní soustavy za současného rušení konfliktních ustanovení národních norem. Kromě norem evropských pak byly do naší normalizační soustavy přebírány také normy mezinárodní, což je stav, který průběžně trvá až do současnosti.

NORMALIZAČNÍ ORGÁNY

V současné době je struktura systému technické normalizace tvořena třemi úrovněmi – mezinárodní, evropskou a národní. Mezinárodní úroveň normalizace představují normalizační organizace ISO, IEC a ITU. Činnost mezinárodní organizace IEC (International Electrotechnical Commission) je zaměřena na všechny oblasti elektrotechniky, činnost ITU (International Telecommunication Union) se zabývá oborem telekomunikací, proto se v našem oboru setkáváme zejména s normami vydávanými ISO (International Organisation for Standardization). Evropská úroveň je podobně jako ta mezinárodní tvořena třemi normalizačními orgány - CEN (Evropský výbor pro normalizaci - Comité Européen de Normalisation), CENELEC (Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice - Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) a ETSI (Evropský ústav pro telekomunikační normy - European Telecommunications Standards Institute). Národní úroveň v případě České republiky tvoří Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

NORMY VYDÁVANÉ JEDNOTLIVÝMI NORMALIZAČNÍMI ORGÁNY

České technické normy (ČSN) jsou platné na území České republiky. V současné době je tvorba a vydávání ČSN v kompetenci Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ). České technické normy se vytváří se pouze v oblastech, ve kterých neexistují normy mezinárodní nebo evropské. Dle Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví tvoří tvorba původních ČSN v současné době pouze velmi malou část (cca 5-10 %) roční produkce vydávaných nových ČSN. Většina (tzn. zbylých 90-95 %) vydávaných nových ČSN, jsou převzaté evropské a mezinárodní normy, na jejichž tvorbě se ovšem prostřednictvím ÚNMZ více či méně podíleli i odborníci z České republiky.

Mezinárodní normy (ISO) jsou platné celosvětově. Vydavatelem těchto norem je Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organisation for Standardization). Převzetí norem mezinárodních není pro povinné a řídí se zejména národními potřebami jednotlivých států.

Evropské normy (EN) jsou platné především na území států Evropské unie, a dále pak států harmonizujících legislativu s EU. Jejich vydavatelem je Evropská komise pro normalizaci (někdy překládáno také jako Evropský výbor pro normalizaci - Comité Européen de Normalisation). Převzetí evropských norem je v členských státech EU povinné a vyplývá ze členství v Evropské unii a v evropských normalizačních organizacích. Znamená to, že každá evropská norma je převzata ve 34 zemích (členské země EU a země harmonizující legislativu s EU) a liší se pouze její písmenné označení, které je závislé na zemi, ve které je norma převzata.

V praxi to znamená, že např. evropská norma *EN 805 Water supply - Requirements for systems and components outside buildings* je převzata v České republice s označením *ČSN EN 805 Vodárenství - Požadavky na vnější sítě a jejich součásti* (na titulní straně normy je pak uváděn i originální název normy v angličtině); ve Spolkové republice Německo *DIN EN 805 Wasserversorgung - Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden*, na Slovensku pak *STN EN 805 Vodárenstvo - Požiadavky na systémy a súčasti vodovodov mimo budov atd.* Pro zajímavost, v rámci probíhajících harmonizací národních legislativ některých nečlenských států EU s legislativou Evropské unie je tato norma platná např. v Norsku (*NS EN 805 Vannforsyning - Krav til systemer og komponenter utenfor bygninger*), v Makedonii (*MKC EN 805 Снабдување со вода - Барања за системи и компоненти надвор од зградите*) nebo v Turecku (*TS EN 805 Su temini - Bina dışı bileşenler ve sistemler için özellikler*).

Harmonizované normy se tedy označují původním označením, před něž je v případě českého prostředí přidána zkratka ČSN. Normě dále bývá přiřazen třídící znak ve formě tradičního šesticiferného označení podle třídy ČSN. V našem prostředí se jedná především o:

ČSN ISO - Česká technická norma, která zavádí do soustavy českých norem mezinárodní normu ISO. Jak bylo zmíněno výše, zavedení mezinárodních standardů do národních norem členských států je dobrovolné. Označuje se číslem normy ISO, třídícím znakem české technické normy a názvem, např.: *ČSN ISO 5667-5 Jakost vod - Odběr vzorků - Část 5: Návod pro odběr vzorků pitné vody z úpraven vody a z vodovodních sítí*

ČSN EN - Česká technická norma, která zavádí do soustavy českých norem evropskou normu. Evropské normy se přebírají do ČSN ve většině případů překladem, tyto ČSN EN se proto v žádných ustanoveních neliší od originální evropské normy. Zavedení evropských norem do norem národních je pro členy CEN povinné označuje se číslem evropské normy, třídícím znakem české technické normy a názvem, např. výše zmiňovaná *ČSN EN 805 (75 5011) Vodárenství - Požadavky na vnější sítě a jejich součásti*

ČSN EN ISO - Česká technická norma, která zavádí do soustavy českých norem evropskou normu identickou s mezinárodní normou ISO. Označuje se číslem evropské normy (identickým s číslem normy ISO), třídícím znakem české technické normy a názvem, např. *ČSN EN ISO 9001 Systémy managementu kvality - Požadavky*

Oborové normy (ON) byly zákonem č. 142/1991 Sb. zrušeny.

Podnikové normy (PN) – jsou vydávány jednotlivými výrobci pro vlastní potřebu

Evropské a mezinárodní normy jsou přejímány do soustavy ČSN několika způsoby:

- **překladem** – tzn. vydáním ČSN obsahující národní titulní stranu, národní předmluvu, úplný překlad originálu přejímané normy a národní přílohu (je-li potřebná);
- **převzetím originálu** – tzn. vydáním ČSN obsahující národní titulní stranu, národní předmluvu, přetisk anglického (popř. i francouzského) originálu normy a v případě potřeby také národní přílohu;
- **schválením k přímému používání** - tzn. vydáním obálky s českým názvem a označením převzaté normy, do které je vložen anglický originál přejímané normy.

V dnešním silně globalizovaném prostředí se můžeme v technické praxi setkat i se zkratkami některých jiných států. Zejména se jedná o:

DIN – německé technické normy, v našich podmínkách asi nejčastěji odkazované (*Deutsche Industrie-Norm*). Německé technické normy vydává Deutsches Institut für Normung, který byl založen roku 1917, od roku 1975 je DIN oficiálním německým národním normalizačním orgánem se sídlem v Berlíně

STN – Slovenská technická norma. Slovenské normy vydává Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky se sídlem v Bratislavě.

ÖNORM – Rakouská technická norma (vydává Österreichisches Normungsinstitut)

BS – Britské národní normy (British Standard; vydává British Standards Institution)

UNI – Italská norma (Norma Italiana; vydává Ente Nazionale Italiano di Unificazione)

SS – Švédská norma (Svensk Standard; vydává Swedish Standards Institute)

NF – Francouzská norma (Norme Francaise; vydává Association Française de Normalisation)

PN – Polská norma, (Polska Norma; vydává Polski Komitet Normalizacyjny)

ZÁVAZNOST NOREM V ČESKÉ REPUBLICE

Legislativně je pozice technických norem upravena v zákoně č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky. Tento zákon výslovně uvádí, že **česká technická norma není obecně závazná**, což je formulace často citovaná zejména subjekty, jejichž technické řešení normami dané podmínky nesplňuje. Na tomto místě je však nutno podotknout, že mimo samotný zákon č. 22/1997 Sb. může závaznost norem vyplývat také z jiných právních aktů. Povinnost dodržovat požadavky uvedené v technických normách může tedy vyplývat z právních předpisů (tzn. zákonů, vyhlášek atd.; pro náš obor vodního hospodářství jsou pak normy hojně odkazovány např. vyhláškou č. 428/2001 Sb. kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu), rozhodnutí správních orgánů nebo smluv. Pokud je tedy součástí smlouvy o dílo na zpracování projektové dokumentace i požadavek, že daná dokumentace bude zpracována v souladu s normami, stávají se tyto normy závaznými.

PŘÍSTUPNOST TECHNICKÝCH NOREM

Poměrně velké diskuse mezi odbornou veřejností vyvolávala otázka zpoplatnění/volné přístupnosti norem koncovému uživateli. V současné době jsou normy přístupné pouze komerčně. Do nedávné doby byly normy přístupné online přímo na webovém portálu Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, nebo pak v tištěné podobě u specializovaných prodejců norem. Od 1. 1. 2018 došlo k organizačním změnám Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, který zajišťoval online přístup k ČSN. Na základě zákona č. 265/2017 Sb., kterým se mění zákon č. 90/2016 Sb., o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh, a zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví zřídil Českou agenturu pro standardizaci, která od 1. 1. 2018 přebírá od ÚNMZ všechny činnosti související s tvorbou, vydáváním a distribucí technických norem.

V dřívějších dobách přístupnost technických norem upravoval přímo ve Stavebním zákoně §196 odst. 2 následujícím ustanovením: „*Pokud tento zákon nebo jiný právní předpis vydaný k jeho provedení stanoví povinnost postupovat podle technické normy (ČSN, ČSN EN), musí být tato technická norma bezplatně veřejně přístupná*“. Ministerstvo pro místní rozvoj zveřejnilo na svém webovém portálu jedinou normu (ČSN 73 6110 *Projektování místních komunikací*), s odkazem že povinnost postupovat dle této normy je stanoven §20 odst. 5 písm. a) vyhlášky č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území. Od 1. 1. 2015 navíc došlo k výraznému zdražení přístupu k normám. Ministerstvo financí ČR tehdy vzneslo požadavek na zvýšení příjmů z prodeje norem (jako důvod bylo uvedeno udržení prezentovaného schodku státního rozpočtu). Následně došlo k úpravám cenové vyhlášky, které prakticky zdvojnásobily ceny přístupů k elektronickým formám norem. V roce 2015 došlo k události, která znamenala dočasný obrát v systému placených přístupů k technickým normám. V soudním sporu tehdy uspěl člen České pirátské strany Jakub Michálek se žalobou na Český úřad pro technickou normalizaci, který mu normy odmítal poskytnout. Soud navíc rozhodl, že normy mají být dle stavebního zákona bezplatně a veřejně přístupné. Tuto situaci ovšem brzy změnila ve prospěch zpoplatnění přístupu k technickým normám novela č. 91/2016 Sb., kterou se změnil zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, a která vstoupila v platnost 15. dubna 2016. Součástí novely bylo také ustanovení, kterým se ve stavebním zákoně vypuštěním §196 odst. 2 zrušila povinnost poskytovat veřejnosti bezplatně normy, na něž se tento zákon nebo jiný právní předpis vydaný k jeho provedení odkazuje. Zpoplatnění technických norem trvá dodnes, byť je tento stav mnoha odbornými organizacemi (včetně České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě) kritizován.

ZÁVĚREM

Z pohledu technika účastníčího se projektové přípravy staveb se lze plně sloučit s názorem ČKAIT, že technické normy by neměly být předmětem komerčního podnikání. Technická normalizace zahrnuje širokou škálu oblastí a problematik z různých oborů, stanovuje parametry na výrobky a zkušební metody, technická řešení různých celků, pomáhá chránit zdraví a bezpečnost pracovníků i veřejnosti v neposlední řadě dává pravidla pro ochranu životního prostředí. Technické normy jsou také důležitým nástrojem vzájemné kompatibility. Mimo vlastní tvorbu norem je pak důležitá i jejich

bezproblémová přístupnost odborné veřejnosti, aby byla příslušná standardizace co možná nejjednodušeji přenášena do praxe.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ:

- VERNER, Pavel. Dějiny technické normalizace v českých zemích. *EURO Portál* [online]. 2003 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/dejiny-technicke-normalizace-v-ceskych-zemich-864906>
- VERNER, Pavel. Technická normalizace jubilující. *ELEKTRO, časopis pro elektrotechniku* [online]. 2002 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/technicka-normalizace-jubilujici--14840>
- KUBEŠ, Petr. *Technické normy pro vaše podnikání: Jak profitovat z užívání technických norem při vašem podnikání a jak se zapojit do aktivit technické normalizace* [online]. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví v edici Sborníky technické harmonizace ÚNMZ, 2014
- Technická normalizace: Často kladené otázky. *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví* [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/test/casto-kladene-otazky-technicka-normalizace>
- KOPÁČKOVÁ, Dagmar. Změna cenové vyhlášky pro prodej českých technických norem. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2018-02-20]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/12164-zmena-cenove-vyhlaskey-pro-prodej-ceskych-technickych-norem>
- *Tisková zpráva ČKAIT 7/2015: Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě odmítá kroky zhoršující přístup k českým technickým normám*. 19. 6. 2015.
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 22/1997 Sb., Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů
- Zákon č. 91/2016 Sb., kterým se mění zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony
- Zákon č. 265/2017 Sb., kterým se mění zákon č. 90/2016 Sb., o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh, a zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 142/1991 Sb., o československých technických normách
- Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů

Experimentální hodnocení výtlačných systémů

**doc. Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D.; Ing. Filip Horký, Ph.D.; Bc. Nikola Švejdvová;
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, nikola.svejdova@cvut.cz

Abstrakt

Príspevek je zaměřen na problematiku experimentálního posouzení výtlačných systémů před jejich plánovanou rekonstrukcí. Prověření stávajícího stavu z technických a ekonomických a bezpečnostních hledisek je totiž velmi důležitý podklad pro správné provedení rekonstrukce, která povede kromě zlepšení technického stavu a bezpečnosti výtlačných systémů také ke zvýšení jejich účinnosti a celkové optimalizaci provozních nákladů.

Key words: pump, suction and discharge pipe, measurement, efficiency optimization

1. ÚVOD

Na katedře zdravotního a ekologického inženýrství FSv ČVUT v Praze se dlouhodobě zabýváme optimálním návrhem vodárenských a balneotechnických provozů s cílem nalézt úsporná opatření vedoucí ke snižování provozních nákladů a zvýšení jejich bezpečnosti. V oblasti vodárenství bývá nejčastějším problémem provozování čerpacích stanic s nesprávným návrhem výtlačných systémů, a s tím spojenou nízkou účinností čerpadel. V oblasti bazénových provozů je nejčastějším problémem návrh recirkulačního systému bazénových vod, a to především ve spojitosti s předimenzováním recirkulačních čerpadel, nízkou účinností celého systému a nedostatečnou bezpečností sacích a výtlačných trysek. V současnosti, ať už u vodárenských nebo bazénových provozů, je snaha nalézt energetické úspory a snížit provozní náklady. Toho lze docílit zpravidla několika způsoby. Například regulací systému, instalací frekvenčního měniče, popřípadě výměnou čerpadel apod. Jako podklad pro optimální návrh rekonstrukce je vhodné posoudit stávající provozní podmínky, vyhodnotit funkčnost a účinnost celého stávajícího systému a jeho jednotlivých částí.

2. VÝTLAČNÝ SYSTÉM

Výtlačný systém se obecně skládá ze sacího potrubí, čerpadla, výtlačného potrubí a systému řízení. Celý výtlačný systém by měl být navržen tak, aby splňoval požadavky, pro které je určen, tedy aby v předepsaném čase přepravil předepsané množství vody z bodu A do bodu B, a to za minimálních finančních nákladů. Vždy by mělo být nejprve optimálně navrženo sací a výtlačné potrubí z hlediska bezpečnosti a hydraulických ztrát a teprve potom navrženo čerpadlo, které bude mít pro daný systém a jeho provozní podmínky pracovní bod na vrcholu křivky účinnosti. Nejistotu při návrhu čerpadel představují především provozní podmínky, které se mohou měnit jak v dlouhodobém horizontu, tak krátkodobě oscilovat kolem určité hodnoty. V dlouhodobém horizontu je to například zvyšování dopravní výšky vlivem poklesu hladiny podzemní vody u podzemních zdrojů či změny drsnosti potrubí a stárnutí čerpadla, v krátkodobém horizontu například kolísání dopravní výšky s ohledem na stav hladiny ve vodojemu či zvyšování hydraulických ztrát na filtru. Ideální stav je provozní podmínky dlouhodobě monitorovat se stálým osazením měřicí techniky, případně alespoň umožnit krátkodobě

měrné kampaně přípravou měrných míst a v pravidelných intervalech výtlačné systémy proměřovat.

3. MĚŘENÉ PARAMETRY A POUŽITÁ MĚŘICÍ TECHNIKA

V rámci experimentálního hodnocení výtlačných systémů jsou z ekonomického hlediska ve vodárenství a balneotechnice měřeny průtoky a tlaky v sacích a výtlačných potrubích, dále měřena dopravní výška a příkon čerpadel a následně dopočítávána jejich účinnost. V balneotechnických provozech jsou kromě zmíněných parametrů navíc z bezpečnostního hlediska měřeny a testovány sací a vtokové trysky. Měření jsou rychlosti na vtoku a výtoku, a dále podtlaky na sacích tryskách, ze kterých je následně dopočítávána sací síla při zakrytí trysek. Testovány jsou pak otvory sacích trysek z hlediska zachycení částí lidského těla (prsty, ruce, nohy) a měřeny sací síly při zachycení vlasů pomocí siloměru. K měření jednotlivých parametrů ve vodárenství a balneotechnice jsou používány následující přístroje:

Přenosný ultrazvukový průtokoměr TTFM100-HH-NG

Příložený průtokoměr společnosti BM Technologie Industriali měří průtok pomocí ultrazvukového signálu. Rychlost průtoku je měřena pomocí kalkulace času ultrazvukové vlny v tekutině, která cestuje po směru a proti proudu toku média v potrubí. Systém se skládá z páru ultrazvukových senzorů, akusticky spojených na vnější stěně potrubí a centrální jednotky vyhodnocující signál, který senzory vysílají a přijímají. Centrální jednotka je vybavená procesorem pro zpracování digitálního signálu, který řídí celkový proces. Přesnost měření je cca 1% naměřených hodnot. Rozsah použití tohoto přístroje je pro průměr potrubí od 15 mm do 1000 mm.

Anemometr GREISINGER GMH 3350

Přístroj je určen nejen pro měření rychlostí proudění vody a vzduchu, ale také teploty a vlhkosti. Přístroj obsahuje datalogger. Výrobce udává přesnost přístroje pro měření proudění je +/- 0,1 % při jmenovité teplotě 25 °C. Rozlišení hodnot se udává ve dvou desetinných místech (0,01 m/s). Pro měření rychlostí proudění vody je použita sonda STS 005, který se skládá z výměnné měřicí hlavice a teleskopické tyče, která je hloubkově nastavitelná v rozpětí 1 metru. Rychlost proudění je měřena pomocí anemometru s oběžným kolem. Měřicí rozsah snímání rychlosti je v rozsahu 0,05 až 5,00 m/s s přesností +/- 3% z měřených hodnot při jmenovité teplotě 25 °C.



Obr. 1 Přenosný ultrazvukový průtokoměr a přístroj GMH 3350 se sondou STS 005

Tlakoměr GREISINGER GMH 5155 a snímače tlaku MSD 10 BRE a MSD -1/3 BRE

Ruční vodotěsný tlakoměr s možností připojení dvou výměnných snímačů. Přístroj je vhodný nejen k tlakovým zkouškám kapalin, ale i pro měření vakua, vytápění,

klimatizace, vzduchotechniky a všeobecně pro měření absolutního a relativního tlaku. Tlakoměr je vybavený alarmem, dataloggerem a analogovým výstupem. Zobrazovací jednotky tlaku jsou volitelné (bar, Pa, kPa, mH₂O a další). Výrobce udává frekvenci záznamu tlakových špiček činí 4 nebo 1 000 měření za sekundu s přesností $\pm 0,1 \%$. Použité snímače tlaku jsou řady MSD z nerezové oceli a jsou určeny pro měření přetlaku, podtlaku, diferenčního a absolutního tlaku u agresivních plynů a vody. Senzor typu MSD 10 BRE měří s rozsahem 0 až 10 barů relativního tlaku a MSD -1/3 BRE měří s rozsahem -1 až 3 bary relativního tlaku. Přesnost měření je výrobcem udávána v rozmezí $\pm 0,2 \%$.

Souprava pro měření podtlaků na sacích tryskách

Souprava pro měření podtlaků na sacích tryskách se skládá z tlakoměru GMH 5155 a sacího zvonu. Sací zvon je zařízení pro měření sacího prvku (trysky) a umožnění vytvoření podtlaku na sacím otvoru. Pro lepší přilnutí k podkladu a utěsnění otvoru je zvon po obvodu opatřen těsněním. Zvon umožňuje měřit podtlaky sacích prvků do průměru cca 40cm, s možností měření podtlaků ve dvou zónách (ve středu a po obvodu zvonu). Tím lze dosáhnout přesného měření i pro malé otvory sacích trysek. Sací zvon je k tlakoměru připojen pomocí průhledné flexibilní hadice délky cca 15m.



Obr. 2 Tlakoměr GMH 5155 s tlakovou sondou MSD -1/3 BRE a souprava pro měření podtlaků na sacích prvcích

Analyzátor výkonu Lutron DW-6092

Třífázový analyzátor výkonu s možností datového zápisu v reálném čase na SD paměťovou kartu, a s dobou vzorkování 2 s. Napěťový rozsah je 10 – 600 V AC, proudový rozsah je 0,2 – 1200 A AC. Přístroj umožňuje zaznamenávat aktuální hodnoty následujících veličin: napětí na jednotlivých fázových vodičích a protékající proud těmito vodiči, dále výkonové veličiny spotřebiče jako: činný výkon $P\S$, zdánlivý výkon $S\S$ a jalový výkon $Q\S$, činná elektrická práce WH, zdánlivá elektrická práce SH, reaktivní elektrická práce SH, účinník a dlouhodobý účinník $P\S$, PFH a frekvenci FREQ.

Ostatní přístroje

Dále pro hodnocení vnitřního prostředí strojoven používáme vlhkoměr s data-loggerem, luxmetr, hlukoměr a laserový teploměr. Pro zaměření strojoven a výtlačného systému využíváme laserový dálkoměr či nivelační přístroj. Mezi dalšími využívanými přístroji můžeme uvést siloměr, či snímač otáček a snímač tloušťky laku. V případě potřeby je průběh jednotlivých zkoušek zaznamenáván pomocí časosběrné či rychloběžné kamery a samozřejmě je pořizování fotodokumentace.



Obr. 3 Třífázový analyzátor výkonu Lutron DW-6092

4. PŘÍKLADY MĚRNÝCH KAMPANÍ

Vyhodnocení hydraulických ztrát ve výtlačném systému a ověření účinnosti čerpadla

Pro ověření stávajícího stavu výtlačného systému je nejprve provedena vizuální kontrola sacího a výtlačného potrubí, kde kromě jeho technického stavu je věnována pozornost především směrovému vedení potrubí, a to z hlediska zbytečných hydraulických ztrát, které by mohly být odstraněny vhodnějším návrhem. Současně je nutné zvolit nejvhodnější místa pro osazení snímačů tlaku a umístění sond ultrazvukového průtokoměru.



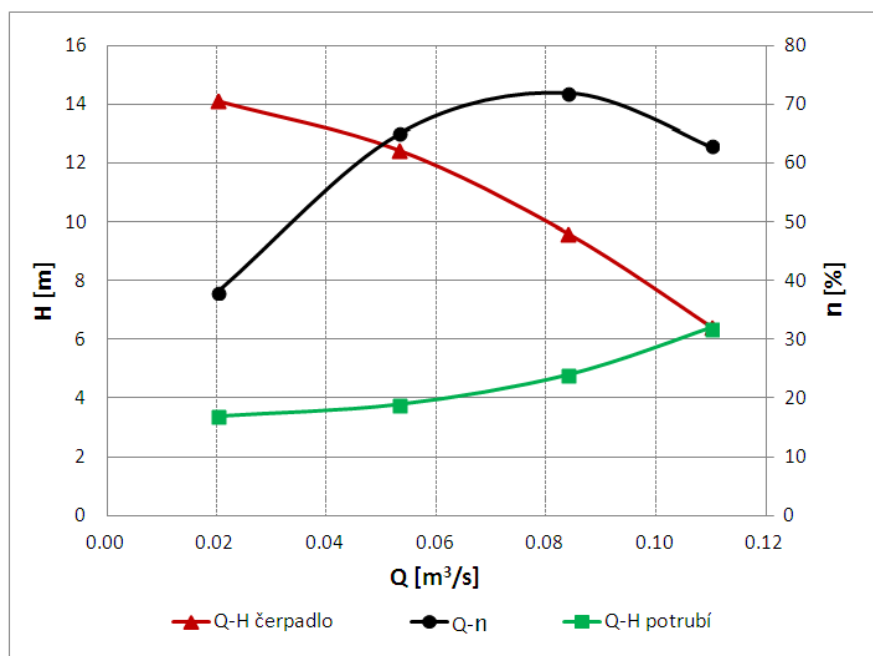
Obr. 4 Sací potrubí čerpadla s množstvím směrových lomů a osazení sond ultrazvukového průtokoměru a snímače tlaku.

Následně jsou měřeny tlaky v potrubí při současném měření průtoků pro sestavení charakteristiky potrubí. Pro ověření účinnosti čerpadla je nutné současně měřit příkon čerpadla, průtok a dopravní výšku čerpadla a z naměřených hodnot následně dopočítat výkon čerpadla a porovnat ho s příkonem. Na následujících obrázcích je patrné osazení tlakových čidel a umístění měřicích kleští analyzátoru výkonu.



Obr. 5 Příklad měření dopravní výšky a příkonu čerpadla pro vyhodnocení účinnosti

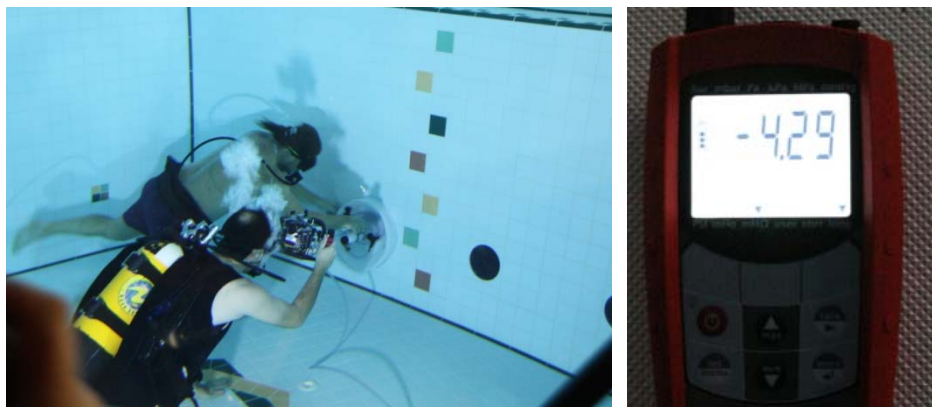
Vyhodnocení pracovního bodu čerpadla je v grafu na následujícím obrázku (obr. 6), kde je vynesena změřená charakteristika potrubí, změřená křivka čerpadla $Q-H$ a dopočítaná křivka účinnosti čerpadla ($Q-\eta$). Z grafu je patrné, že pracovní bod se nenachází v oblasti s nejvyšší účinností čerpadla. Vlivem nevhodného návrhu čerpadla tak došlo v tomto případě ke zvýšení provozních nákladů o cca 18,5 tisíc Kč/rok při denním provozu 12 hodin a ceně 3,2 Kč za 1 kWh.



Obr. 6 Vyhodnocení $Q-H$ křivky čerpadla a jeho účinnosti

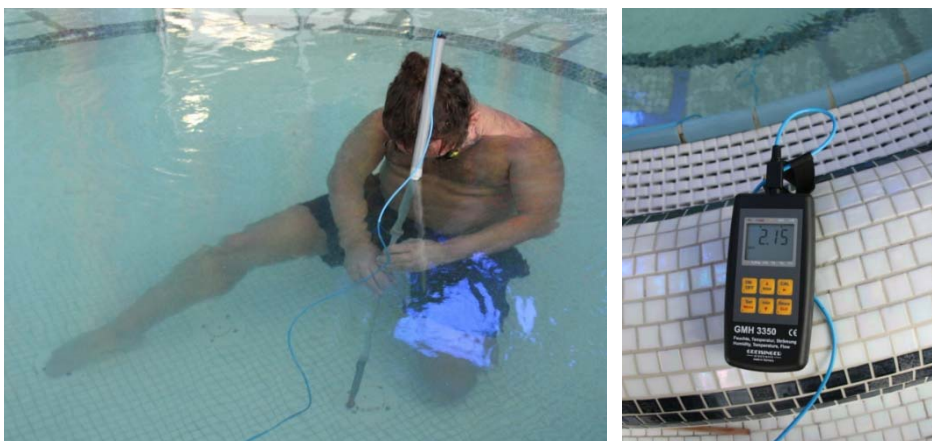
Ověření sacích a výtlačných trysek z hlediska rychlostí a sacích sil

V balneotechnických zařízeních jde kromě snižování provozních nákladů u výtlačných systémů především o zajištění bezpečnosti celého systému. Rizikové jsou především sací a vtokové trysky, pro které jsou dle normy ČSN EN 13451 předepsané dovolené vtokové a sací rychlosti a maximální sací síly. Na následujících obrázcích je vidět měření podtlaku na sacím otvoru v bazénu a změřený maximální podtlak při jeho úplném zakrytí. Výsledná síla na sacím otvoru v tomto případě činí 752,3 N což je ekvivalent 75,2 kg. Normou dovolená mezní sací síla je 300 N, tedy více jak 2x nižší.



Obr. 7 Měření podtlaků na sacích otvorech výtlačného systému

Na následujících obrázcích je vidět měření rychlostí na sacím otvoru. Mezní dovolená rychlost dle ČSN EN 13451 je 0,5m, což je překročeno více jak 4x.



Obr. 8 Měření rychlostí na sacím otvoru

5. ZÁVĚR

S ohledem na výsledky a zkušenosti z jednotlivých měření lze konstatovat, že podrobné vyhodnocení stavu a funkčnosti výtlačných systémů není dobré podceňovat. U výtlačných systémů je vhodné po jejich realizaci ověřit jejich návrh z hlediska funkčnosti a účinnosti a poté proměřovat v pravidelných intervalech tak, aby byla trvale zajištěna jejich bezpečnost a efektivnost provozních nákladů. Za tímto účelem doporučujeme, aby již v samotném návrhu systému bylo počítáno s místy pro osazení měřicích sond.

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován s podporou projektu SGS16/204/OHK1/3T/11

Kompaktní střechy FOAMGLAS® nad vodárenskými provozy

Ochrana pro Vaši vodárnu

Vlhké a chladné vnitřní prostředí vodárenských objektů způsobuje střídání směru difúze vodní páry přes jejich střechy. Vodní pára je v zimním období „pumpována“ přes střechu z interiéru do exteriéru a v letním období naopak. Proto nelze nad vodárenskými objekty bezpečně navrhnout střešní pláště se standardní parozábranou, neboť by tato vrstva byla vždy podstatnou část roku na přesně opačné straně tepelné izolace, než jí je zapotřebí.

Pro tento typ střech je ideálním řešením použití dokonale parotěsné tepelné izolace FOAMGLAS®, která se aplikuje v takzvané kompaktní skladbě a dokonale zabráňuje vnikání vodní páry a to ve všech směrech. Kompaktní skladba z pěnového skla FOAMGLAS® je navíc velmi bezpečná a má dlouhou životnost a trvale konstantní izolační vlastnosti. Tepelná izolace FOAMGLAS® již chrání řadu střech nad úpravami vody, vodojemy a ČOV v České republice i celé Evropě.

www.foamglas.cz

FOAMGLAS®
Building



FOAMGLAS® – Insulation for lifetime.



BEZPEČNÁ, FLEXIBILNÍ A ÚSPORNÁ Dávkovací čerpadla SMART Digital XL pro výkony 0,075 až 200 l/h

Digitální dávkování

Dávkovací čerpadla SMART Digital XL DDA a DDE s výkonnými servomotory přivádí nejmodernější technologii k dokonalosti. Patentovaný systém FlowControl nastoluje budoucí standardy pro dávkovací čerpadla. Tradiční technologie, jako jsou nastavování délky/frekvence zdvihu nebo frekvenční měniče s asynchronními pohony, se stávají minulostí.

Snadný výběr, pouze několik variant, inteligentní řešení

Čerpadlo SMART Digital XL má široký rozsah dávkování (1:800) a vysokou přesnost dávkování.

Tři velikosti čerpadla (60-10, 120-7, 200-4) pokrývají rozsah dávkování od 0,075 l/h do 200 l/h. Díky široké škále možností napájení (100-240 V, 50/60 Hz) může být čerpadlo SMART Digital XL využíváno po celém světě. Splňuje všechny mezinárodní certifikáty.

Čerpadlo může být použito i pro dávkování zplyňujících chemikálií (chlornan) a vysoce viskózních kapalin (až 3000 mPas). Dávkovací hlava je dostupná v různých materiálech vhodných pro všechny kapalně chemikálie.

S pouhými dvěma modely DDE (Eco) a DDA (pro náročné aplikace) lze čerpadlo SMART Digital XL snadno integrovat do všech aplikací dávkování.

Vynikající přesnost dávkování

Přesnost dávkování je +/- 1,5 % z aktuální požadované hodnoty. Tím je umožněno přesné dávkování chemických látek i při malém dávkovaném množství (poměr 1:800).

Dávkovací čerpadlo SMART Digital XL je schopné dávkovat koncentrované chemikálie, které nemusí být předem naředěny. Můžete tak ušetřit chemikálie, snížit náklady na dopravu a používat menší dávkovací nádrže. Navíc díky přesnému množství dávkované látky je snížena i spotřeba těchto chemikálií.

Dávkování je téměř bez pulzací, není tedy potřeba žádné další příslušenství. Díky vysoké přesnosti je zajištěna ochrana proti nadměrné spotřebě chemikálií, stejně tak se tím zlepšuje ochrana životního prostředí a zdraví.

Integrovaný průtokoměr snižuje náklady na instalaci.

Externí průtokoměr již není potřeba. Integrovaný objemový průtokoměr (DDA-FCM) měří přesně dávkovaný objem na jeden zdvih a vestavěný ovladač automaticky upravuje chod čerpadla. Teplota, protitlak, viskozita nebo vzduchové bubliny nemají žádný vliv na přesnost dávkování.

To znamená plnou kontrolu nad procesem dávkování jak na sací tak výtlačné straně, automatickou korekci poruch, detekci vzduchových bublin a spuštění automatického sacího programu.

Bezpečné dávkování s automatickou korekcí poruch

- Zkrácená doba provozu
- Zvýšená bezpečnost systému
- Vysoká spolehlivost procesu



ČIŠTĚNÍ KANALIZAČNÍCH SBĚRAČŮ
KOMBINOVANÝMI VOZY AQUATECH



DIAGNOSTIKA PODZEMNÍCH TRUBNÍCH
VEDENÍ TV - KAMEROU



SCHEMA INSTALACE VYSTÝLKY
KAWO DO PORUŠENÉHO POTRUBÍ



SPECIÁLNÍ METODY VÝSTAVBY
A RENOVACE TRUBNÍCH VEDENÍ

www.wombat.cz



SAVNACE BEZVÝKOPOVOU TECHNOLOGIÍ
OMEGA LINER



PRÁCE KANALIZAČNÍM ROBOTEM KAWO
PRO LOKÁLNÍ OPRAVY POTRUBÍ



SAVNACE VODOVODNÍCH POTRUBÍ
TECHNOLOGIÍ P SYSTEM



ÚPRAVA NAPĚLENÍ DOMOVNÍCH KANALIZAČNÍCH
PŘÍPOJEK NA HLAVNÍ ŘÁD - TZV. KAWO - KLOBOUK



SAVNACE POTRUBÍ NÁSTRÍKEM
TECHNOLOGIE SS SYSTEM



SAVNACE LOKÁLNÍCH PORUCH POTRUBÍ
TECHNOLOGIÍ QUICK LOCK



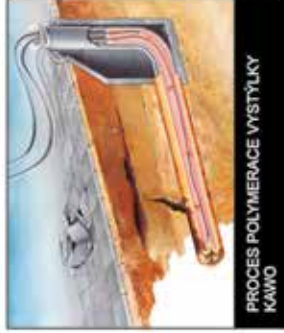
SAVNACE VODOVODNÍCH POTRUBÍ
TECHNOLOGIÍ KAWEX



SAVNACE POTRUBÍ EPOXIDOVÝM
NÁSTRÍKEM - TECHNOLOGIE M SYSTEM



SAVNACE KANALIZAČNÍCH SBĚRAČŮ
BEZVÝKOPOVOU METODOU KAWO UV



PROCES POLYMERACE VYSTÝLKY
KAWO



SAVNACE PRŮŘEZNÝCH PROFILŮ
NAVLEČNOU TECHNOLOGIÍ SPR - SYSTEM



technologie pro život



Čerpadla a čerpací
stanice



Kamerové systémy
do potrubí



Chlorová dezinfekce



Ozonizace

Detekce plynů



Vřetenová čerpadla



UV dezinfekce



Přísušování potrubí a sítí

DISA s.r.o.

Barvy 784/1 | 638 00 Brno

☎ 548 141 211 ☎ 545 222 706

www.disa.cz | info@disa.cz

Společnost MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s., člen skupiny Veolia Česká republika, je provozovatelem vodohospodářské infrastruktury pro města, obce a průmyslové podniky v okresech Olomouc, Prostějov a Zlín, kde zásobuje téměř 400 tisíc obyvatel, má 462 zaměstnanců a provozuje celkem 30 úpraven vod, 158 vodojemů a 27 čistíren odpadních vod a zajišťuje servis pro 2 167 km vodovodních a 1 302 km odpadních sítí. Pro kontakt se zákazníky slouží 6 zákaznických center v Olomouci, Prostějově, Zlíně, Uničově, Valašských Kloboukách a Konici. Nonstop mohou zákazníci využívat zákaznickou linku 840 668 668 a také mobilní zákaznickou linku 601 276 276.

Společnost provozuje služby v oblasti pitných vod pro 399 078 obyvatel a v oblasti odkanalizování odpadních vod pro 315 507 obyvatel, ve všech regionech svého působení. Neustále se snaží hledat nové způsoby, jak zvýšit efektivitu práce a své úsilí zaměřuje na zlepšování výkonů ve všech oblastech, aby byla synonymem pokroku a vyspělosti, a to nejen v oblasti inovací a zlepšování technologií, ale i závazků vůči svým zákazníkům. V oblasti ekologické usiluje o minimalizaci svých negativních dopadů na okolí ve vztahu k životnímu prostředí a veřejnosti a v oblasti bezpečnosti práce dbá o zajišťování bezpečnosti a ochrany zdraví svých zaměstnanců.

Od 1. ledna 2015 je skupina Veolia v České republice řízena jednotně. Vznikla jednotná struktura řízení aktivit vodárenství, teplárenství a odpadového hospodářství pod společnou značkou Veolia. Celá skupina se aktivně řídí společnými hodnotami, mezi které patří odpovědnost, solidarita, respekt, inovace a orientace na zákazníka.



MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.
Tovární 41, 779 00 Olomouc
Zákaznické linky 840 668 668; 601 276 276
www.smv.cz; smv@smv.cz