VODA ZLÍN 2022

MEZINÁRODNÍ VODOHOSPODÁŘSKÁ KONFERENCE – HOTEL MOSKVA 10. – 11. 3. 2022

Sborník příspěvků

VODA ZLÍN 2022

Vydal: Moravská vodárenská, a.s., Tovární 41, 779 00 Olomouc
Grafická úprava a litografie: Produkce BPP s.r.o.

1. vydání, březen 2022

Náklad: 280 ks

ISBN 978-80-905716-9-3

POŘADATEL KONFERENCE:

MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ

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 zajišťuje provoz a servis 2 211 km vodovodních a 1 392 km odpadních sítí. Pro kontakt se zákazníky slouží 6 zákaznických center v Olomouci, Prostějově, Zlíně, Uničově, Slavičíně a Konici. Nonstop mohou zákazníci využívat zákaznické linky 840 668 668 a 601 276 276.

Společnost provozuje služby v oblasti pitných vod pro 399 766 obyvatel a v oblasti odkanalizování odpadních vod pro 310 513 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

OBSAH

Poziční dokument vodní hospodářství ČR pro roky 2021 – 2030 6
Miloslav Vostrý

Energetická soběstačnost vodohospodářské infrastruktury – ambice a realita 10
Ondřej Beneš, Radka Rosenbergová, Stanislav Bartoš, Marek Antl

Nakládání s odpadními vodami a kaly na úpravnách vody skupiny Veolia v zóně Střední a Východní Evropa 18
Ladislav Bartoš, Ivana Zatřepálková

Využitie biologických analýz vo vodárenstve 24
Viera Nagyová, Lucia Chomová

Využití liniových dopravních staveb pro převody pitné vody – metodika posuzování v měřítku ČR 30
Ondřej Mašek, Štěpán Zrostlík, Tomáš Hejduk, Petr Fučík

Sledování léčiv ve vodách „Analýza rizik výskytu reziduí léčiv ve vodách“ 36
Taťána Halešová, Zuzana Bílková, Marta Václavíková

Problémy s vydatností pramenišť – náhrada zdrojů 42
Soňa Pilzová, Jakub Průša

Uzavírací mezipřírubové centrické klapky a jejich použití ve vodárenských technologiích v praxi 48
Jaroslav Slavíček

Využití softwarové aplikace při návrhu vzdušníkových systémů v obci Vlastějovice .. 55
Jaromír Sobotka

Pozitivní ekonomické a ekologické atributy potrubí z tvárné litiny v praxi 60
Juraj Barborik

Novinky v sortimentu PE potrubí – vyšší bezpečnost rozvodů pitné vody 66
Daniel Šnajdr

Aplikace regulačních membránových ventilů CLA-VAL na objektech vodojemů a jejich hlavní přínosy pro provozovatele 70
Jiří Ševčík

2 roky provozu nanofiltrace na ÚV Domašov – provozní zkušenosti 75
Adam Fendrych, Marta Urbánková, Tomáš Láska, Michal Dlask

Výskyt siníc vo vodárenských zdrojoch na Slovensku a možnosti ich odstraňovania .. 81
Danka Barloková, Ján Ilavský, Viliam Šimko, Pavol Mikula

Speciální problémy stavebního řešení při dostavbě Filtrace GAU ÚV Želivka 87
Richard Schejbal

Úpravna vody Moravská Nová Ves – rekonstrukce filtrů.....93
Dita Fojtíková, Pavel Dobiáš, Milan Drda

Shaping the Future of Stainless Steels for Water and Wastewater Treatment Applications.....99
Charles David, Tomáš Gottwald, Jaroslav Boráň

Laboratórne skúšky sledovania trihalogénmetánov v modelových vodách dezinfikovaných chlórnanom sodným vyrobeným chemickým postupom a elektrolýzou soľanky.....105
Karol Munka, Katarína Šimovičová, Ján Ilavský, Danka Barloková, Jana Tkáčová, Stanislav Varga, Anna Vajíčeková, Margita Slovinská, Stanislava Kecskésová, Alena Matis

Adsorpcia vybraných liečiv z vody použitím granulovaného aktívneho uhlia.....110
Ján Ilavský, Danka Barloková, Michal Marton

Dokončení rekonstrukcí tří úpraven vody pro SVS a.s. 116
Jiří Kratěna, Richard Schejbal, Lukáš Písek

Modernizace technologie ÚV Hrdibořice s aplikací normy ISO ČSN 27000.....122
Milan Lindovský, Jiří Suchánek, Jiří Kašparec

Hydraulická analýza jako důležitá součást předprojektové přípravy.....128
Tomáš Sucháček, Eva Náplavová

Vyhledávání poruch lokátory šumu ORTOMAT-MTC v praxi.....134
Michal Ričl

Digitalizace procesů ve vodárenství.....139
František Zvoneček

Obnova řadu surové vody Římov-Plav, návrh ocelového potrubí DN 1200.....142
Blanka Anderlová, David Brábník

Trendy rozvoje dispečerského software 2022.....147
Josef Fojtů

Relevantní metabolit 1,2,4-triazol ve vodách.....152
Taťána Halešová, Marta Václavíková

Poziční dokument vodní hospodářství ČR pro roky 2021 – 2030

Ing. Miloslav Vostrý

Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z.s.
Předseda představenstva

Poziční dokument – vodní hospodářství ČR pro roky 2021 – 2030

- Spolupráce nejvýznamnějších vodohospodářských subjektů – SOVAK ČR a SVH ČR.
- Úkolem dokumentu je:
    - Stanovení hlavních cílů vodního hospodářství (VH) pro období 2021 - 2030,
    - Implementace hlavních cílů do strategie MZe na úseku VH,
    - Profesně odborný, apolitický podklad pro sestavování nového programového prohlášení vlády,
    - Dokument pro členy SOVAK ČR a SVH ČR za účelem jednotné komunikace problematiky VH s dotčenými subjekty a partnery.

Základní teze evropské vodní charty

1. Bez vody není života. Voda je drahocenná a pro člověka ničím nenahraditelná surovina.
2. Zásoby sladké vody nejsou nevyčerpatelné. Je proto nezbytné tyto udržovat, chránit a podle možnosti rozhojňovat.
3. Znečišťování vody způsobuje škody člověku i ostatním živým organismům, závislým na vodě.
4. Jakost vody musí odpovídat požadavkům pro různé způsoby jejího využití, zejména musí odpovídat normám lidského zdraví.
5. Po vrácení použité vody do zdroje nesmí tato zabránit dalšímu jeho použití pro veřejné i soukromé účely.
6. Pro zachování vodních zdrojů má zásadní význam rostlinstvo, především les.
7. Vodní zdroje musí být zachovány.
8. Příslušné orgány musí plánovat účelné hospodaření s vodními zdroji.
9. Ochrana vody vyžaduje zintenzivnění vědeckého výzkumu, výchovu odborníků a informování veřejnosti.
10. Voda je společným majetkem, jehož hodnota musí být všemi uznávána. Povinností každého je užívat vodu účelně a ekonomicky.
11. Hospodaření s vodními zdroji by se mělo provádět v rámci přirozených povodí a ne v rámci politických a správních hranic.
12. Voda nezná hranic, jako společný zdroj vyžaduje mezinárodní spolupráci.

Hlavní cíle vodního hospodářství vymezené Pozičním dokumentem

1. Poskytování bezpečných a spolehlivých vodohospodářských služeb

- Kvalitní, zdravotně nezávadná pitná voda z veřejného vodovodu,
- efektivní čištění odpadních vod kontinuálně 24/7,
- připojení všech domácností k adekvátním vodárenským službám, a to do ekonomicky odůvodněné míry.

Tento cíl je primární a klíčový, proto bude potřeba:

- aktualizovat systém financování vodního hospodářství a posílit zajištění zdrojů vody i kapacitu odvětví pitné vody a odpadních vod jako celku,
- zvýšit odolnost vodohospodářských a vodárenských soustav jejich vzájemným propojováním,
- a další…

2. Ochrana vodních zdrojů jako zranitelného strategického zdroje

- Ochrana množství a kvality vodních zdrojů v přírodním prostředí,
- zajištění ústavní ochrany vody,
- vodohospodářský i průmyslový sektor každý den zpracovává miliony metrů krychlových odpadních vod, a tím přispívá k návratu vody do vodního oběhu.

Aktuálně jsou ve vodě v přírodním prostředí i ve vyčištěných odpadních vodách zjišťovány a kvantifikovány mikropolutanty,

- které pitná voda i odpadní vody obsahovaly i v minulosti,
- nebyly však dostupné analytické metody k jejich sledování,
- koncentrace většiny z nich jsou ve vodních zdrojích v současné době velmi nízké. Jejich dopady je nutno popsat, kvantifikovat a teprve s takto získanou znalostí nastavit pravidla a nové podmínky pro ochranu vodních zdrojů a udržení jejich kvality a množství v přírodním prostředí.

3. Podpora hodnoty vodohospodářských služeb k zajištění dlouhodobě udržitelného financování

- Vodárenský sektor musí i nadále účinně spolupracovat se svými zákazníky a dalšími zúčastněnými stranami, aby zajistil lepší porozumění komplexní problematice zajišťované služby.
- Základní hodnota vodohospodářských služeb spočívá:
  - v zajištění zásobování obyvatel pitnou vodou (bod 1.),
  - v podpoře ochrany veřejného zdraví, zlepšování kvality života, bezpečnosti,
  - v zajištění dobrých životních podmínek lidí,
  - v ochraně životního prostředí.
- Zapojení zákazníků a zúčastněných stran.
- Je zcela nezbytné, aby zákazníci pochopili skutečné náklady na dodávky pitné vody a čištění odpadních vod.
- Regulace ceny, kterou spotřebitelé platí za danou službu, musí vždy:
  - nastavovat rovnováhu mezi cenovou dostupností služeb na jedné straně a potřebou zajistit v nezbytné míře údržbu a opravy infrastruktury.
- Regulace ceny za vodohospodářské služby musí zajistit úhradu všech nákladů na:
  - údržbu, opravy a obnovu vodohospodářské infrastruktury bez rozdílu modelu provozování a formy vlastnictví.
- Je zcela nepřípustné, aby cena za vodohospodářské služby byla udržována uměle pod hodnotou skutečných nákladů.
- Nastavení těchto principů, jejich kontrola a plošné vymáhání jsou předpokladem k dosažení udržitelnosti a samofinancování vodního hospodářství v dlouhodobém horizontu.
- Nedílnou součástí naplnění uvedených principů by měla být i aktualizace systému financování vodního hospodářství v ČR, včetně harmonizace vazeb mezi cenou za odběry povrchové vody a výší poplatků za odběr vody podzemní.

• Současně je třeba vycházet z přijatých dlouhodobých koncepčních dokumentů k zajištění dostatečného množství vody zejména pro zásobování obyvatel pitnou vodou.

4. Posun k vodohospodářským službám, které jsou šetrné ke zdrojům a jsou klimaticky neutrální

• Odpovědné užívání vody koncovými uživateli a dostatečná a efektivní dodávka vody jsou základem pro využívání vody jako zcela nenahraditelného strategického zdroje.

Česká republika se zavázala dosáhnout klimatické neutrality v souladu s cíli EU Green Deal. To s sebou nese závazky týkající se:

- energetické účinnosti,
- výroby energie z obnovitelných zdrojů,
- používání chemických látek v procesech úpravy vody pouze v nezbytné míře a snížení emisí skleníkových plynů,
- tzv. nepřímých emisí.

5. Posílení ochrany vodních zdrojů a odolnosti vodohospodářských služeb z hlediska přírodních katastrof, vývoje klimatu, ekonomiky, legislativy a dalších bezpečnostních rizik

Ochrana vodních zdrojů a udržování zabezpečených vodohospodářských služeb jsou základem pro fungování naší společnosti především v krizových situacích.

Zásadní jsou zejména 3 oblasti:

- extrémní hydrologické jevy a přírodní katastrofy,
- bezpečnostní rizika,
- ekonomika a legislativa.

6. Podpora vody v oběhovém hospodářství

Vodohospodářský sektor je ze své podstaty příkladem oběhového hospodářství:

- kal jako produkt čištění odpadních vod,
- vyčištěná odpadní voda,
- produkty z úpravy pitné vody.

7. Motivace k inovaci a inspirování profesionálů ke splnění současných i budoucích výzev

• Vodohospodářské služby a činnosti související se správou povodí poskytují v ČR přes 18 000 stabilních pracovních míst.
• Zavádění nových technologií včetně digitalizace a umělé inteligence.
• Vodohospodářské služby musí navíc doprovázet rozvoj vzdělávání a příležitostí pro mladé profesionály i celoživotní rozvoj prostřednictvím stáží a vzdělávacích programů.

8. Správa dlouhodobých aktiv v rychle se měnícím prostředí

Sektor vodního hospodářství se tradičně zabývá dlouhodobým výhledem při plánování a výstavbě vodních děl, distribučních sítí, sběrných systémů a čistíren odpadních vod.

Zásadní roli zde proto hraje:

- stabilní a předvídatelný vývoj legislativy,
- životnost VH infrastruktury,
- nutná flexibilita legislativy pro proces přípravy a schvalování projektů.

Pro odvětví vodního hospodářství je zásadní mít efektivní dlouhodobé plánování přizpůsobené investičním potřebám, a to s ohledem na místní, regionální i celostátní rozvoj.

Využití Pozičního dokumentu

- AKTUALIZACE hlavních cílů činnosti SOVAK ČR a SVH ČR
- SOVAK ČR a SVH ČR budou usilovat o naplňování jednotlivých tematických oblastí:
    - prostřednictvím komunikace s dotčenými resorty, státní správou i samosprávou,
    - předkládáním konkrétních návrhů řešení a rozpracováním jednotlivých požadavků definovaných Pozičním dokumentem při tvorbě či novelizaci obecně závazných právních předpisů,
    - osvětou o významu VH ČR.

Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z.s. (SOVAK ČR)

Sídlo a korespondenční adresa:
Novotného lávka 5
110 00 Praha 1
Tel.: +420 221 082 207
e-mail: sovak@sovak.cz
web: www.sovak.cz

SOVAK ČR je spolkem sdružujícím právnické a fyzické osoby, činné v oboru vodovodů a kanalizací pro veřejnou potřebu a sdružuje subjekty, jejichž hlavním předmětem činnosti je zajišťování zásobování vodou nebo odvádění a čištění či jiné zneškodňování odpadních vod, a to jak z hlediska provozování a spravování, tak z hlediska vlastnictví, rozvoje a výstavby. V současné době má SOVAK ČR 111 řádných členů a 119 členů přidružených. Řádní členové SOVAK ČR v České republice zásobují kvalitní pitnou vodou přes 9 mil. obyvatel, odvádějí odpadní vody pro téměř 8 mil. obyvatel a přes 98 % těchto odpadních vod čistí.

Energetická soběstačnost vodohospodářské infrastruktury – ambice a realita

Ing. Ondřej Beneš, Ph.D., MBA, LL.M.[1)]; Ing. Radka Rosenbergová[1)]; Ing. Stanislav Bartoš[2)]; Ing. Marek Antl[3)]

1) VEOLIA ČESKÁ REPUBLIKA a.s., Na Florenci 15, 110 00 Praha 1
ondrej.benes@veolia.com, radka.rosenbergova@veolia.com
2) VEOLIA ENERGIE ČESKÁ REPUBLIKA, a.s.
3) Veolia Smart Systems ČR, s.r.o.

Úvod

Žijeme jako lidský druh společně s ostatními prvky ekosystému na planetě Zemi. Samotný strmý nárůst počtu obyvatel na planetě v posledních stoletích dále zvyšuje tlak na využívání existujících zdrojů. Antropogenní vliv člověka na ekosystém planety je nyní nezpochybnitelný (www.faktaoklimatu.cz). Ponechme stranou to, že existuje řada scénářů a prognóz, které vycházejí z vlastních interpretací dat. Důležité je totiž konstatování, že nyní již valná většina studií jasně potvrzuje příčinnou závislost a liší se spíše v tom, jaká je váha příčiníku lidské činnosti či jaké projevy naši planetu čekají. Ani ve vodohospodářském oboru zatím neexistuje ucelený a jasný princip přiznané odpovědnosti, a přitom jde obor energeticky velmi náročný. Například spotřeba elektrické energie pro zajištění vodohospodářských služeb představuje cca 3 % z celkové spotřeby elektrické energie v EU (www.eureau.org). Avšak náš obor, jehož principiálním účelem je zajistit dodávky kvalitní pitné vody a adekvátně zajistit čištění vod odpadních, je oborem progresivním, větví se a propojuje se s dalšími obory (energetika, odpady), a tak udává směr i v řadě dalších oborů. Na čistírny odpadních vod již nebude v budoucnu pohlíženo jako na jednoúčelová zařízení, díky kterým se vrací voda do oběhu, ale jako na multifunkční ekologická centra. V nich bude docházet stejně tak k čištění odpadních vod, jako úpravě vod pro další využití, výrobě energie z obnovitelných zdrojů a případně také využití energeticky bohatých odpadů a jejich společné zpracování. Při vhodné spolupráci s místními municipalitami tak tato „centra“ budou vzorem environmentálního přístupu.
A tento článek představuje jedno možné řešení po druhém.

Energetická soběstačnost

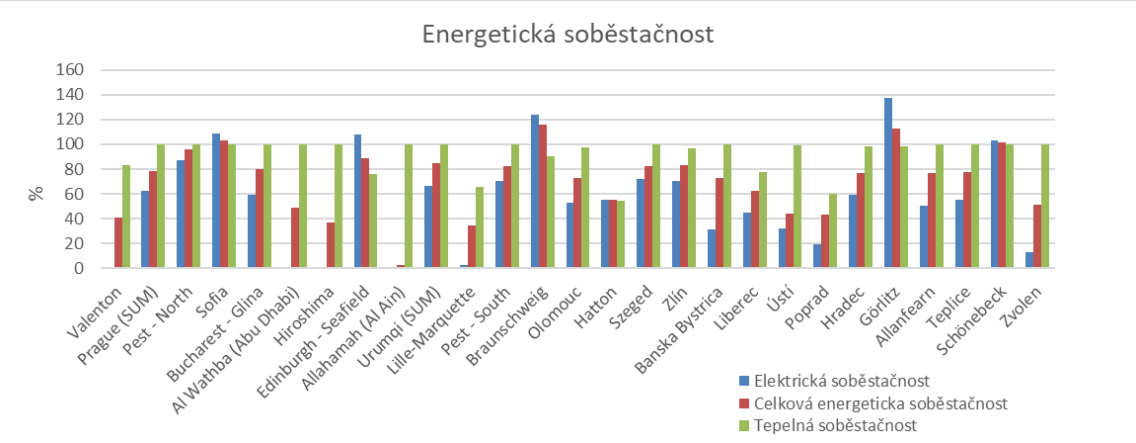
Energetickou soběstačnost v rámci vodohospodářského majetku jsme zvyklí hodnotit zejména na čistírnách odpadních vod (ČOV), což je dáno zejména tím, že na ČOV je produkován jako vedlejší produkt anaerobní stabilizace kalu bioplyn se značným energetickým potenciálem.

Soběstačnost ČOV je pak dána podílem energie vyrobené a spotřebované. Nejčastěji se hodnotí tzv. elektrická soběstačnost, která představuje podíl výroby a spotřeby elektrické energie. Na mnoha čistírnách se optimalizaci tepelného hospodářství na ČOV nevěnovala dostatečná pozornost, minimálně dokud byla produkce tepla v kogeneračních jednotkách alespoň dostatečná pro zimní ohřev vyhnívacích nádrží, protože zejména v letních obdobích bývá část produkce tepla na některých ČOV mařena bez využití.

Tento přístup se však začíná měnit spolu s nástupem technologií, které dramaticky mění celkovou bilanci tepla – jde zejména technologie související s hygienizací kalu (sušení, termofilní režim, termická hydrolýza apod.) a také s technologiemi, které vyrobený bioplyn transformují jinak než v kombinované výrobě elektrické energie a tepla. Do soběstačnosti bude nutné započítat i energii biometanu vtláčeného do sítě. A v případě, že bude upravený kal energeticky využíván (spalování, spoluspalování) měl by i on vstoupit do celkové bilance jako zdroj energie.

V souvislosti s planetární odpovědností zmíněnou v úvodu tohoto článku bude v budoucnu nutné rozšířit hodnocení energetické soběstačnosti nad rámec velkých ČOV a definovat ji tak, aby obsáhla veškerý spravovaný VH majetek. Zdroje energie se totiž nenacházejí pouze na čistírnách odpadních vod, významný potenciál má i voda na ÚV, či ve vodovodních řadech a kanalizacích a také je čas zaměřit se na ČOV s nižší projektovou kapacitou, které občas zůstávají trochu v pozadí.

***Obrázek 1** – Energetická soběstačnost velkých ČOV Benchmarking 2020 (předběžná data k verifikaci)*



Úpravny vod, stejně jako menší ČOV jsou velmi často poměrně rozsáhlá zařízení, kde existuje velký potenciál pro instalaci zcela nových zdrojů energie (typicky FVE). Obdobně lze solární panely umisťovat i na dalších provozní a administrativních budovách provozovatelských společností.

Nadále zůstává v platnosti, že pro zvýšení energetické soběstačnosti je třeba sledovat dvě cesty, první cestou je stále snižování spotřeby, druhou naopak navyšování výroby elektrické energie.

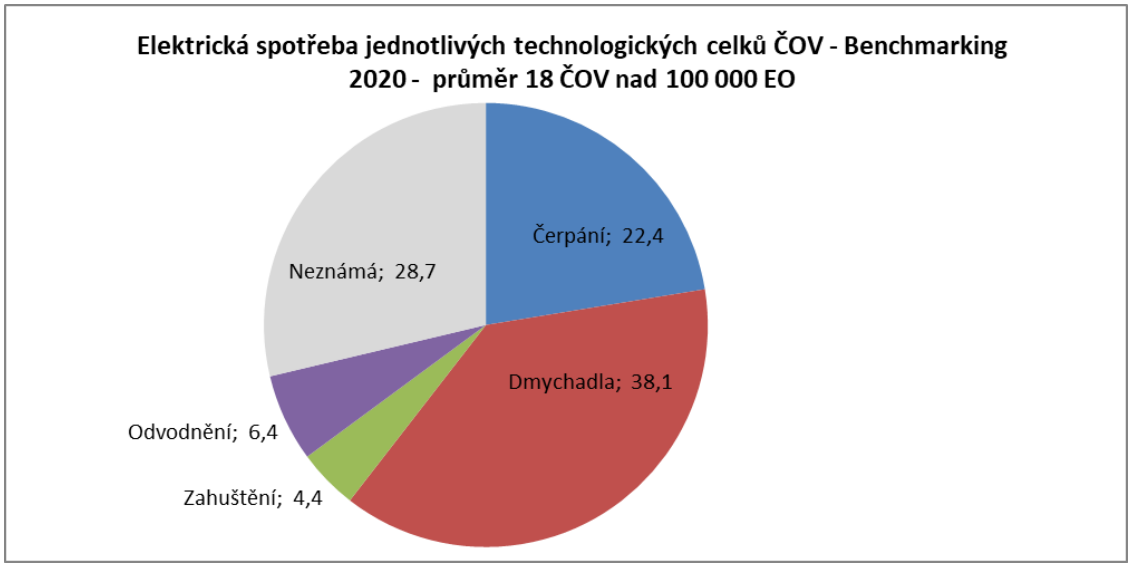
Z pohledu snižovaní spotřeby dává jednoznačně smysl zaměřit se na energeticky nejnáročnější technologické celky provozu. Na ČOV jsou to rozhodně dmychadla. I tyto optimalizace však lze spojit rovnou s instalací nového zdroje energie.

Provoz dmychadel a řízení distribuce kyslíku do aktivace

Distribuce vzduchu do provzdušňovaných zón aktivace je jedním z nejzásadnějších technologických parametrů ČOV a má zásadní vliv na finální kvalitu odtoku. Zároveň jde také o energeticky nejnáročnější proces celé ČOV.

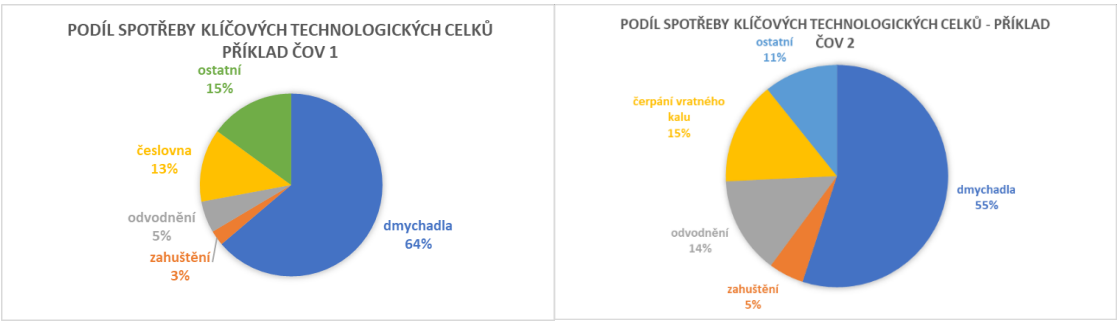
Na obr. č. 2 je znázorněn průměrný podíl spotřeby klíčových technologických celků na ČOV z 18 velkých ČOV nad 100 000 EO s anaerobní stabilizací kalu. Průměrná hodnota je 38 %, přičemž rozptyl těchto hodnot je od 15 po 62 %. Tento velký rozsah pouze potvrzuje, že je nezbytné, každou ČOV posuzovat individuálně.

***Obrázek 2** – Spotřeba el. energie jednotlivých technologických celků ČOV – data Benchmarking 2020, průměr 18 ČOV*



Na obr. č. 3 jsou uvedeny další dva příklady z českých ČOV v kategorii mezi 50 – 100 000 EO, kde byl v nedávné době provedeno měření spotřeb klíčových technologických celků.

***Obrázek 3** – Příklad podílu spotřeby jednotlivých technologických celků na 2 českých ČOV (nad 50 000 EO)*



Zatímco v kategorii ČOV nad 100 000 EO jsou již obvykle systémy distribuce vzduchu včetně jeho řízení optimalizovány, u celé řady ČOV v kategorii nad 50 000 EO je řízení dodávek vzduchu do nitrifikace stále založeno na pevné době chodu dmychadel, v lepším případě je řízení výkonu dmychadel navázáno na koncentraci kyslíku měřenou sondami v jedné části provzdušňované nádrže, a to na základě manuálně nastavené pevné koncentraci O_2. Výjimkou není ani provoz morálně zastaralých, a ne zcela vhodně uspořádaných soustrojí dmychadel s omezenou možností regulace, případně provoz s poškozenými aeračními elementy.

Prvním krokem při hledání úspor ze stávající spotřeby elektrické energie by mělo být tedy právě posouzení tohoto technologického celku.

Z pohledu řízení distribuce kyslíku je prvním krokem jednoznačně doporučení doplnit stávající systém řízení o sledování koncentrace amoniakálního dusíku, protože na rozdíl od řízení přes koncentraci O_2 je systém schopen reagovat na aktuální znečištění odpadních vod, a eliminovat dobu, kdy dochází k neefektivnímu provzdušňování v době s nízkým přitékajícím znečištěním, a naopak k nedostatečnému provzdušnění v době se zvýšeným nárazovým znečištěním. Toto doporučení se týká minimálně ČOV nad 50 000 EO.

Nejpřesnější a nejefektivnější je řízení procesů nitrifikace a denitrifikace na základě kombinovaného měření koncentrací amoniakálního ($N\text{-}NH_4$) a dusičnanového dusíku ($N\text{-}NO_3$) a jejich vzájemnou vazbou. Pro možnost využití tohoto systému je nutné v aktivační nádrži instalovat sondy indikující aktuální koncentraci $N\text{-}NH_4$ a $N\text{-}NO_3$, optimálně i rozpuštěného kyslíku, jako pojistku pro případ poruchy.

Pro větší ČOV doporučujeme moderní způsoby řízení provozu ČOV prostřednictvím RTC (real time control). Jde o kombinované systémy instrumentace doplněné patřičným softwarem, který díky měření hodnot v reálném čase a dopřednému či zpětnovazebnému řízení, reguluje klíčové prvky systému (dmychadla, recirkulační čerpadla, dávkování chemikálií apod.).

Očekávané provozní úspory díky optimalizované regulaci závisí vždy na stavu konkrétní ČOV a míry optimalizace stávajícího řízení, nelze říct obecně (reálně lze očekávat do 20 %).

Rekuperace tepla z dmychadel

Stlačování vzduchu je termodynamický proces, který zahřívá nasávané médium, například vzduch nebo plyn. Z fyzikálního hlediska proces přeměňuje elektrickou energii na tepelnou. Výstupní teplota vzduchu mezi závisí na typu použitých dmychadel a mění se i podle nastaveného výkonu dmychadla, pohybuje se v rozmezí cca 75 – 105 °C.

Logickým přístupem k rekuperaci tepla z procesního vzduchu je použití výměníků tepla. Když jsou výměníky tepla integrovány do proudu vzduchu, může jimi protékat médium, jako je voda, a může být zahříváno na přednastavenou teplotu, přičemž se z proudu vzduchu zároveň odstraňuje teplo. Ohřátá voda může být znovu použita jako procesní nebo servisní voda nebo ji lze vést do systému ústředního topení.

Obrázek 4 *– Úspěšná realizace rekuperace tepla z dmychadel na ČOV Kbely*

Ochlazení toku vzduchu dodávaného do aktivace může mít i přínosný vliv na celkovou potřebu kyslíku v aktivaci, protože při nižších teplotách se zvyšuje rozpustnost kyslíku ve vodě. Tento efekt pak kompenzuje mírně navýšené nároky na spotřebu elektrické energie způsobené tlakovou ztrátou ve výměníku.

Návrh rekuperace tepla může být proveden samostatnou instalací výměníku k stávajícím dmychadlům. Někteří výrobci dmychadel však nabízejí již integrované řešení s výměníky tepla dimenzovanými pro tento účel, které převádějí maximální množství přenositelného tepla s minimální ztrátou tlaku. S tímto faktem je třeba počítat při zadání zakázky na realizaci dmychadel, v případě, že se zadavatel rozhodne realizovat také rekuperaci. Integrované řešení může přinést i investiční úsporu.

Tepelná čerpadla

Další řešení energetické optimalizace v rámci provozu VH infrastruktury se přímo nabízí. Je jím využití tepla a energie vod. A to lze realizovat hned na několik místech provozované vodohospodářské infrastruktury.
Jde o umístění tepelných výměníků na vhodných místech infrastruktury a využití energie vod pro vytápění či chlazení budov v daném místě.

- **Pitná voda**

Nepříznivým faktorem tohoto typu instalace je relativně nízká teplota pitné vody, což znamená, že primární okruh tepelného čerpadla může pracovat jen s malým teplotním spádem – 2–3 °C, a to podle místních podmínek.

Příkladem tohoto typu realizace je moderní budova V-Tower na pražském Pankráci. Tepelné čerpadlo je napojeno na vodovodní přípojku ve vlastní výměníkové šachtě. Výkon tepelného čerpadla pokryje základní potřeby budovy na vytápění a přípravu teplé vody, a to po celý rok. Špičkové odběry tepla jsou pak řešeny dodávkou ze sítě dálkového vytápění. Podíl dodávky tepla je 75/25 ve prospěch tepelného čerpadla. V letních měsících je využíván tento zdroj také pro chlazení objektu.

Umístění systému na vodovodním řadu ovlivnilo z bezpečnostních důvodů i volbu použitého chladiva v primárním okruhu tepelného čerpadla, kterým je zdravotně nezávadný polyethylenglykol, a to přestože je systém proti případné kontaminaci pitné vody několikanásobně chráněn a v případě poruchy by okamžitě došlo k jeho odstavení.

- **Kanalizace**

Umístění tepelných výměníků přímo do kanalizačního systému je velmi lákavé, a to zejména kvůli vyšším teplotám odpadní vody, která ani v zimních měsících obvykle (místní podmínky se mohou lišit) neklesá pod 15–17 °C, což je vzhledem k objemům, které některými kanály tečou již opravdu velký potenciál.

Toto umístění však přináší také největší potenciální problémy, a to vzhledem k charakteru média – splaškové vody nepatří k nejčistším a nejhomogennějším médiím.

Před realizací musí být provedena klasifikace vhodnosti stoky, která vychází z průměru stoky a množství protékajících odpadních vod. U menších profilů je nutné počítat se snížením hydraulické kapacity stoky. Zatímco vodovodní potrubí je konstantně plné u kanalizace je průtok odpadních vod závislý na druhu výstavby (bytová, průmyslová) nad kanalizací a mimo denní špičky nemusí být průtok dostatečný.

S ohledem na dostatečný průtok se umístění tepelného čerpadla nabízí na přítok odpadních vod na ČOV. Zde je však nutné brát v potaz, že optimální teplota pro nitrifikační bakterie je 20–30 °C a při poklesu teploty odpadní vody pod 12 °C se účinnost čištění rapidně snižuje. Instalaci

tepelných čerpadel na přítoku na ČOV tedy nelze doporučit kvůli možným navazujícím problémům při procesu čištění odpadních vod.

Před tepelný výměník na odpadních vodách je zásadně doporučena instalace řezacích čerpadel i samostatného macerátoru. Pro tyto účely je zásadní nesnažit se snížit investiční náklady na úkor kvality instalovaného výměníku, který musí být prost elementů, které by vedly k jeho rychlému zanášení. I tak je třeba počítat s častou údržbou (proplach) neboť u těchto typů instalací dochází k velmi rychlému snížení účinnosti.

Pilotní projekt je realizován na kanalizaci pod budovou Main Point.

- **ČOV – vyčištěná odpadní voda**

Dalším a z našeho pohledu nejvhodnějším umístěním tepelného čerpadla je umístění na odtoku z ČOV. Jde umístění, kde odpadá problém s nečistotami a kde je zároveň vždy dostatečný průtok. Čistírna odpadních vod je zároveň vhodným spotřebištěm vyrobeného tepla.

Využitelnost vyrobeného nízkopotenciálního tepla je pochopitelně dána teplotou. Zatímco pro vytápění administrativních budov je možné počítat s nižšími teplotami, pro ohřev vyhnívací nádrže ve stávajících výměnících však nemusí být dostatečná.

V případě požadavku na vysokou teplotu výstupu topné vody z TČ je nejvýhodnější použít jako chladivo čpavek NH_3. V poslední době jsou na trhu k dispozici jednotky s pístovými kompresory, které dokáží pracovat při tlaku chladiva do 60 bar. Teplotní spád na výstupu topné vody z kondenzátoru se tedy může pohybovat na úrovni 90/70 °C, tj. identicky jako u kogeneračních jednotek.

Celková účinnost navrženého systému tepelného čerpadla je pak definována zejména tzv. topným faktorem COP. Je to číslo, které definuje spotřebu elektrické energie, která je pro výrobu tepla potřeba. COP pro TČ navržená na odtoku z ČOV dosahuje podle místních podmínek hodnoty okolo 3.

Solární energie

Využití energie slunce dává smysl i v našich klimatických podmínkách a spolu se snižujícími se jednotkovými náklady na instalaci m^2 solárního panelu a naopak se zvyšujícími se cenami elektrické energie a tepla, a zároveň spolu s investiční podporou FVE ze strany státu, dává smysl i ekonomický.

Obrázek 5 *– Návrh FVE na ČOV*

Zásadní nevýhodou výroby elektrické energie ve FVE je nerovnoměrnost výroby. Pro pokrytí spotřeb ČOV je instalovaný výkon nutné poměrně hodně naddimenzovat. V takovém případě je třeba poradit si s nadvýrobou, kterou ČOV nebo jiné VH zařízení v době vysokého slunečního svitu není schopné spotřebovat. Pokud jsou v dané lokalitě volné kapacity distribuční soustavy, problém je vyřešen přetoky do distribuční sítě. Alternativně lze nadbytek vyrobené elektrické energie akumulovat v podobě teplé vody a využít např. pro ohřev vyhnívací nádrže (akumulační nádrž vybavená topnými spirálami).

Biometan

Elektrickou energii lze skladovat pouze omezeně. Současný vědecký pokrok umožňuje přímé skladování pouze v akumulátorových bateriích, galvanických nebo palivových článcích. Tyto technologie jsou zatím drahé, prostorově náročné, provozně náročné a s nevyřešenou koncovkou po ukončení životnosti.

Primárním zdrojem energie na ČOV je bioplyn a tradiční je jeho využití k výrobě tepla nebo kombinované výrobě tepla a elektrické energie v kogeneračních jednotkách. Bioplyn je však možné využít i jinak, a to v ruku v ruce s novými zdroji elektrické energie na ČOV (tepelná čerpadla, FVE).

Úpravou bioplynu na kvalitu zemního plynu vzniká biometan, který je vhodný pro vtláčení do plynárenské sítě.

Opakovaně upozorňujeme na to, jakým způsobem se rozvíjí trh s komoditami (EE, ZP a biometan). Výkupní ceny biometanu neustále rostou, a to bez ohledu na chybějící provozní podporu ze strany státu. Díky mezinárodnímu obchodování s biometanem a prodeji certifikátů původu se již pro rok 2022 dostáváme na výkupní ceny biometanu ve výši 22 Kč/m^3. (Při splnění určitých podmínek – původ, nedotovaná výstavba).

Při výrobě biometanu je více než 95 % energie transformováno a v jistém slova smyslu uloženo v biometanu. Na rozdíl od akumulátorových baterií jde o uložení bezpečné. Z pohledu transformace energie jde o nejúčinnější řešení a zároveň je to ekonomicky zcela odůvodnitelné řešení.

Závěry

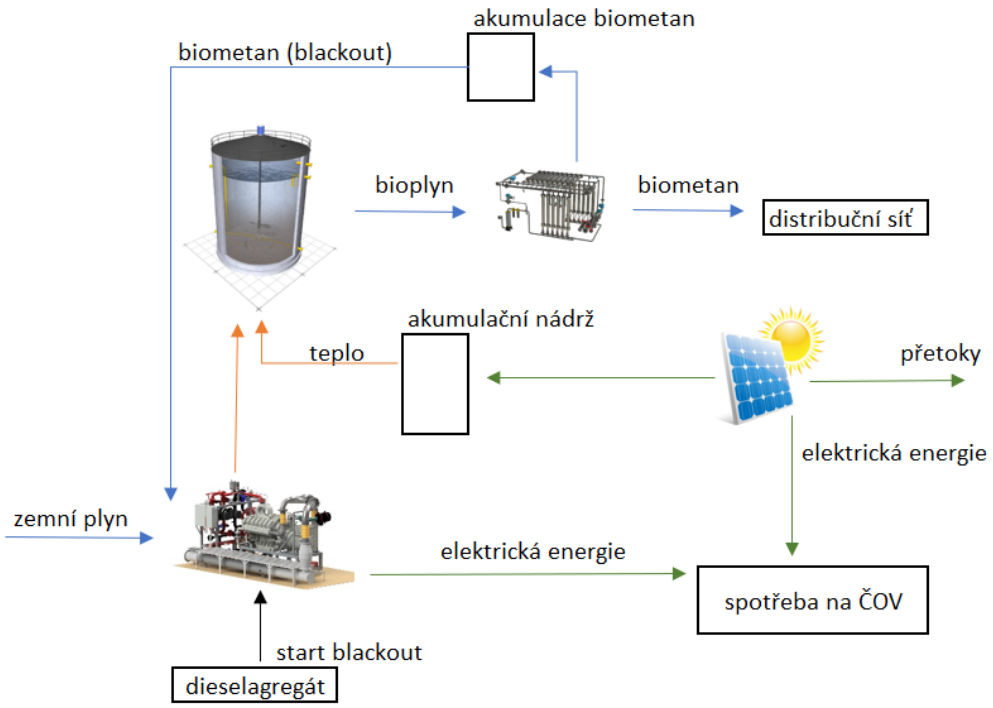
Dříve jsme energetickou soběstačnost hodnotili pouze jako soběstačnost elektrickou, a to zejména na velkých ČOV s produkcí bioplynu. Mantrou provozovatelů ČOV bylo dostat se na elektrickou soběstačnost 100 %, což se ovšem dařilo pouze ve výjimečných případech.

Nový přístup při návrhu energetických optimalizací, který kombinuje níže uvedení možnosti (v závislosti na místních podmínkách ne nutně všechny najednou) však v energetické soběstačnosti ČOV bude znamenat významný skok. Zároveň se hodnocení soběstačnosti nadále bude týkat veškerých provozů související s VH infrastrukturou, a i takové provozy, které byly historicky pouhým spotřebištěm se mohou stát novým zdrojem.

- Úprava bioplynu na kvalitu zemního plynu
- Výroba elektrické energie (případně tepla) ve FVE
- Výroba tepla v tepelných čerpadlech
- Rekuperace zbytkového tepla z dmychadel
- Využití tepelného potenciálu pitných vod ve vodovodním řadu (zejména k chlazení)
- Kombinovaná výroba el. energie a tepla v KGJ na zemní plyn s podporou KVET

Příkladem takové kombinace řešení je návrh energetických optimalizací pro ČOV Příbram na obr. č. 6.

Obrázek 6 *– Příklad kombinace různých zdrojů na ČOV*



Závěry

Tento článek si nebral za cíl představit ucelenou a jedině správnou strategii rozvoje energeticky plně soběstačné vodohospodářské infrastruktury. Naopak představil některé prvky možné skládačky, kterou má k dispozici každý odpovědný vlastník této infrastruktury a do značné míry závisí na managementu těchto subjektů, zda se na cestu optimalizace a získání maximální nezávislosti vydá. Události prosince 2021 v oblasti nárůstu cen silové energie a plynu (řádově o stovky procent) nahrávají této ambici naprosto jasně. Doporučení je tedy připravit projekčně a návazně realizovat takovou diverzifikovanou kombinaci nových zdrojů, která umožní pružně reagovat na měnící se podmínky trhu a samozřejmě se zřetelem na instalaci energeticky úsporných řešení, která snižují spotřebu. Díky moderním technologiím pro je nyní možné hovořit o možnosti překročit magickou hranici 100 % energetické soběstačnosti - a už se nejedná jen o velké ČOV, ale i ostatní provozy, jako jsou úpravny vod či čerpací stanic a administrativní budovy.

Nakládání s odpadními vodami a kaly na úpravnách vody skupiny Veolia v zóně Střední a Východní Evropa

Ing. Ladislav Bartoš, Ph.D.; Ing. Ivana Zatřepálková

VEOLIA ČESKÁ REPUBLIKA a.s., Na Florenci 15, 110 00 Praha 1
ladislav.bartos@veolia.com, ivana.zatrepalkova@veolia.com

Úvod

Skupina Veolia je největší světovou společností zabývající se environmentálními službami pro obyvatelstvo, průmysl, zemědělství a terciární sektor. Uvedené činnosti jsou rozdělené do tří základních divizí (tzv, Business Line) a to Voda, Energie, Odpady. Tyto tři základní pilíře ovšem nefungují separátně, ale naopak se vzájemně prolínají a doplňují tak, aby bylo dosaženo maximální efektivity a maximální kvality služeb pro konkrétního zákazníka. Vzhledem k velikosti koncernu je celkem logické, že se jedná i o největšího provozovatele vodárenské infrastruktury působícím kromě Antarktidy na všech kontinentech. Vodárenské infrastruktura je provozována v rámci snad všech představitelných modelů smluvních vztahů od klasických nájemních smluv, přes servisní smlouvy až po externí technologickou, inženýrskou a technickou podporu vlastníků a provozovatelů obecní infrastruktury a průmyslu. Po celém světě se skupina podílí na provozu několika tisíc úpraven vody a zdrojů.

Z hlediska regionálního rozdělení společnosti existují tzv. zóny, jež jsou zodpovědné za služby v daném regionu resp. geografické oblasti a kopírují tak v podstatě strukturu globální společnosti na menším území. Česká republika je součástí zóny „Střední a Východní Evropa“ kam náležejí dále Slovensko, Polsko, Maďarsko, Rumunsko, Bulharsko, Srbsko, Slovinsko, Chorvatsko, Albánie, Litva, Ukrajina, Rusko, Arménie, Uzbekistán a v budoucnu zřejmě další státy bývalého Sovětského svazu. V uvedené zóně provozuje Veolia 471 úpraven vody a zdrojů s celkovou nominální kapacitou 5 977 549 m^3/den (69 189 l/s). Z uvedeného je 24 úpraven a zdrojů s nominální kapacitou vyšší než 10 000 m^3/den (116 l/s).

Benchmarking úpraven vody zóny CEE

Již od roku 2009 je v rámci zóny Střední a Východní Evropa zpracováván Benchmarking úpraven vody s projektovanou kapacitou vyšší nebo rovnou 100 l/s. Tím jak postupně skupina Veolia přebírala do provozování další a další infrastrukturu, rostl i počet úpraven zařazených do vzájemného technického porovnání. Před několika lety sice došlo ke změně v modelu provozování v Ústeckém a Libereckém kraji, ale novým vedením bylo rozhodnuto o ponechání severočeských úpraven v benchmarkingu. Jednoznačně se jednalo o správné rozhodnutí, které umožňuje sdílet i nadále technické informace napříč zeměmi Zóny, neboť hodnocení benchmarkingu je zpracováváno v českém i anglickém jazyce. Do benchmarkingu je tedy v současnosti zařazeno 24 úpraven v České republice, 6 na Slovensku, 2 v Bulharsku, 3 v Rumunsku a poté, co skupina vyhrála výběrové řízení na provozovatele infrastruktury celé Arménie, přibyly i 2 úpravny právě v této zemi. Uvedené počty již nabízí velmi zajímavý zdroj informací a dat, neboť jsou v souboru zahrnuty úpravny povrchových i podzemních vod využívajících různé zdroje těchto vod. Technologické vybavení je také velmi pestré, kdy se můžeme setkat s technologiemi velmi klasickými, až by se dalo říci zastaralými, po velmi moderní technologie konstruované ze špičkových materiálů.

O rozdílech, účinnostech, výhodách, nevýhodách té či oné technologie vodní linky by se dalo diskutovat velmi dlouho a zcela jistě by došlo k překročení rozumného rozsahu našeho příspěvku. Z uvedeného důvodu se budeme zabývat „pouze“ odpadními vodami resp. kaly, které

při úpravě vody vznikají, technologiemi jejich zpracování, úpravy a dalším nakládáním. To vše nejen z pohledu samotného technického řešení, ale také ve vazbě na další části infrastruktury, životní prostředí, energetickou náročnost, atd.

Produkce odpadních vod a odpadů

S provozem úpraven vod je stejně jako s většinou lidských činností spojena produkce odpadů. Výroba (úprava) pitné vody bez ohledu na zdroj surové vody nebo technologický proces je vždy spojena s negativními dopady na životní prostředí, z nichž jedním z nich je právě produkce odpadů. Snad jedině přímé napojení zdroje bez úpravy přímo do sítě přímé odpady neprodukuje. Ale už pouhá a relativně jednoduchá chlorace chlornanem sodným produkuje určité množství zbytků se sníženou koncentrací aktivního chloru, se kterými se musí „nějak" nakládat. Nelze pominout ani produkci „odpadních" obalů z nichž většinu lze opakovaně využít k dalším závozům čerstvého desinfekčního roztoku. Ale i životnost těchto nádob má nějakou konečnou hodnotu.

Malé množství odpadů vzniká při monitoringu kvality vody i při použití pouze jednoduchých kapesních přístrojů pro měření koncentrace chloru, pH, teploty, atd. Nicméně objemové a hmotnostní množství takovýchto odpadů je marginální ve srovnání s hmotností resp. objemy kalů a odpadních vod vznikajících samotným provozem vodní linky a jejích nedílných součástí. I zde však hraje prim množství produkované samotnou vodní linkou. Z dalších technologických celků je zřejmě největším producentem kalů vápenné hospodářství z něhož odpadají nižší jednotky procent hmotnosti vápna, které je na úpravnu dovezeno. Vesměs se jedná o zbytky nedokonale vypáleného vápence a další anorganické nerozpustné součásti (písky), které je nutné v pravidelných intervalech odstraňovat z rozmíchávacích a rozpouštěcích nádrží resp. sytičů. Tyto kaly jsou buď zpracovávány samostatně nebo se stávají součástí směsi s hlavním odpadním proudem opouštějící úpravnu.

Zřejmě klíčovým ukazatelem nebo poměrně populárním výkonovým kritériem, které nebývá vždy zcela správně manažersky používáno, je spotřeba technologické vody. Velmi jednoduše řečeno se jedná o rozdíl mezi objemem surové vody, která na úpravnu přiteče a objemem vody, která z úpravny odteče do distribuční sítě. Pouhým odečtem vstupního a výstupního měřidla tak poměrně jednoduše získáme číslo, případně jeho podělením objemem surové vody procento technologické vody. A co nám toto číslo řekne? Zjednodušeně, vůbec nic! Bez mnoha dalších dat a doplňujících informací se jedná pouze o číslo, nic víc, nic míň. Je to stejné, jako bychom prohlásili, že je venku třeba 20 stupňů. Abychom tuto informaci vyhodnotili, potřebujeme vědět, jakých stupňů, Celsia, Fahrenheita? Kde těch 20 stupňů je, v Praze, Plzni, Pekingu, Káhiře?

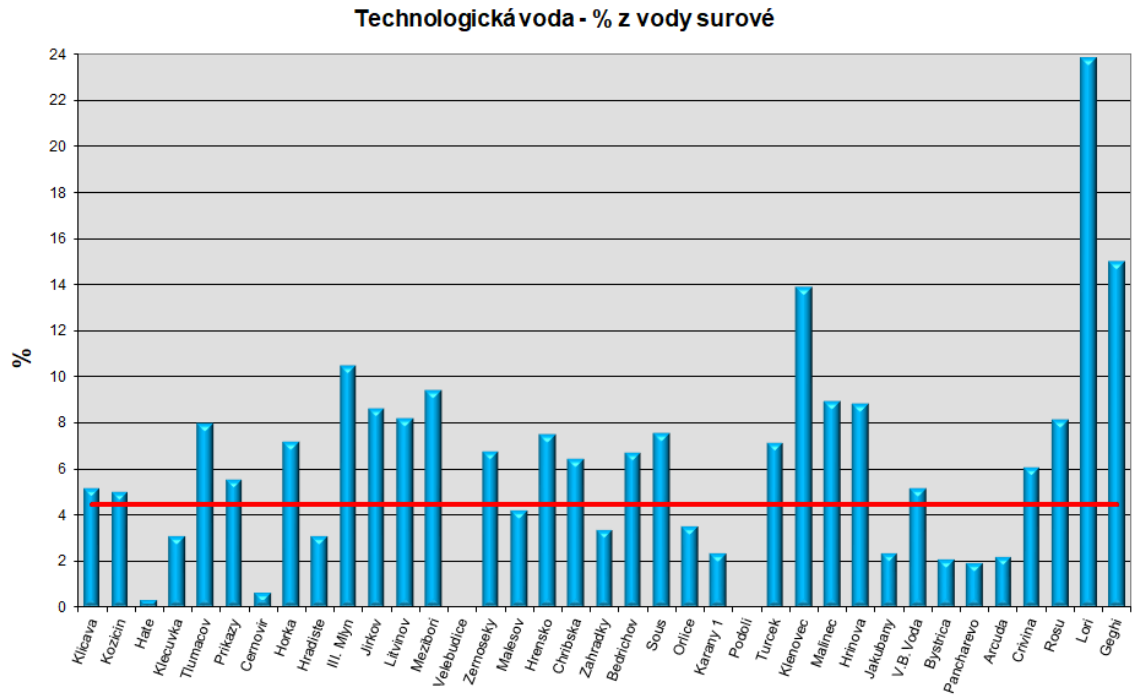
Stejně tak je to s množstvím nebo procentem technologické vody. Vždy je potřeba mít informaci to tom, zda se jedná o úpravnu podzemní nebo povrchové vody. Jaké je zatížení surové vody organickými látkami, zákalem, organismy v případě povrchové vody nebo železem případně manganem v případě podzemní vody. Další a zásadní vliv na spotřebu technologické vody má samotná vodní linka a technologická úroveň jednotlivých technologických stupňů a samozřejmě také jejich počet.

Teoreticky je možné dosáhnout prakticky stejné separační účinnosti jednostupňovou technologií, jako vícestupňovou, ale s tím rozdílem že jednostupňová technologie bude zpravidla výrazně náročnější na spotřebu technologické vody. Sušina odstraněného znečištění (kalů) bude v sumě stejná nebo velmi podobná, ale bude rozptýlena do diametrálně rozdílných objemů.

Určitý vliv na spotřebu technologické vody má samozřejmě i kvalita obsluhy úpravny a technologického vedení. Na jedná straně spektra může ležet úpravna, jejíž technologické parametry nastavil projektant v době její výstavby před desítkami let a toto nastavení se nikdy nezměnilo. Na opačné straně pak bude objekt vedený technologem neustále hledajícím vylepšení provozu, snažícím se vybavit úpravnu nejmodernější technologií monitorovanou nejmodernějšími měřidly fyzikálně-chemických parametrů, kdy jsou tato data soustavně vyhodnocována a proces

optimalizován dle aktuální situace. Ačkoliv technologický pokrok posouvá stav směrem k optimu, stále se ještě najde nemálo objektů provozovaných spíše podle prvního modelu. Naštěstí i na těchto objektech se stav postupně zlepšuje, kdy hlavním motorem je zřejmě ekonomika provozu, konkrétně náklady na nákup surové vody a rostoucí ceny energií.

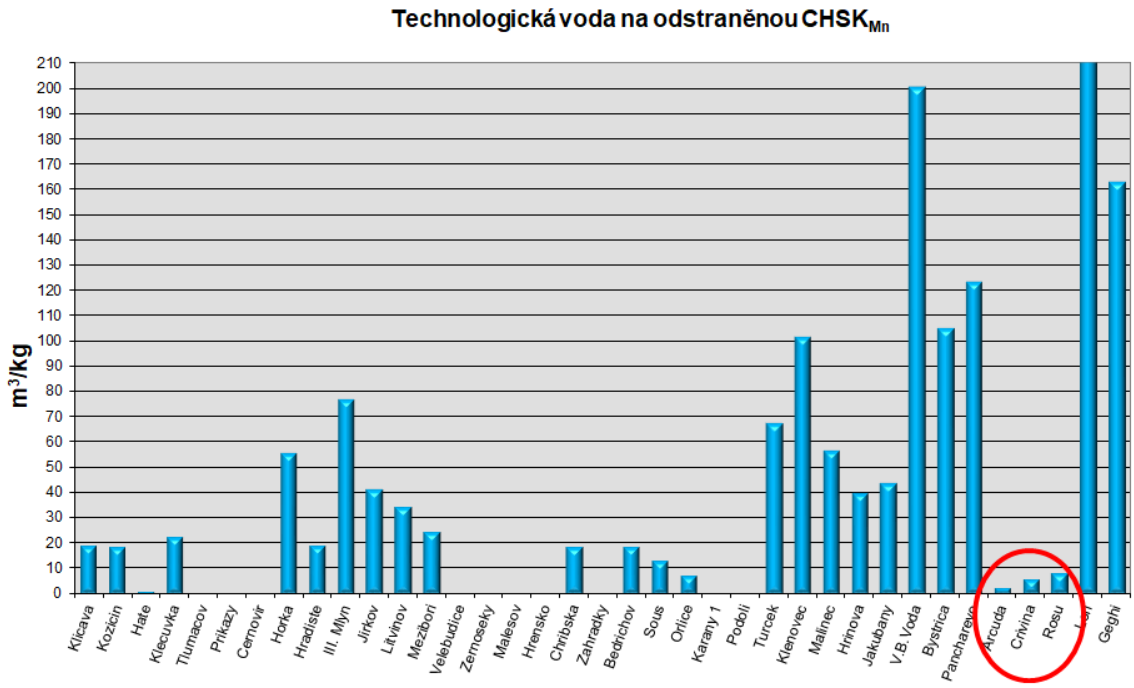
***Obrázek č. 1**: Spotřeba technologické vody jako % z vody surové*



Na obrázku č. 1 je ukázka rozdílů ve spotřebách technologické vody ve sledovaném souboru úpraven. Nelze jednoznačně prohlásit, že ta která hodnota je správná či špatná. Bez dalších souvislostí, znalosti technologického procesu, vybavení, informací o aktuální kvalitě surové vody a dalších dat není možné rozhodovat, nutit obsluhu ke snižování spotřeby technologické vody či jinak zasahovat do řízení úpravny.

Zcela jiný pohled na spotřebu technologické vody nám přinese jiný přepočet a to, spotřeba technologické vody na odstraněné znečištění vyjádřené jako $CHSK_{Mn}$ (obrázek č. 2).

***Obrázek č. 2**: Spotřeba technologické vody na odstraněné znečištění (m^3/kg $CHSK_{Mn}$)*



Na obrázku je pro větší přehlednost přehled pouze úpraven povrchové vody, neboť spotřeby technologických vod úpraven podzemní vody na uvedený parametr jsou nesmyslně vysoké a tato čísla nepřinášejí žádnou zajímavou informaci. Zajímavý může být naopak pohled na rumunské úpravny Arcuda, Crivina a Rosu zásobující hlavní město Bukurešť. Jedná se dvoustupňové úpravny vybavené moderními technologiemi. Již při „pouhém" vyjádření procenta technologické vody z vody surové patří tyto úpravny k těm lepším. Ale přepočtem spotřeby technologické vody na separované znečištění se sávají absolutně nejlepšími. Čím je to způsobeno? Zřejmě nejhorší kvalitou surové vody. Uvedené úpravny odebírají vodu ze silně znečištěných řek v okolí Bukurešti, kdy průměrná hodnota $CHSK_{Mn}$ dosahuje 15-20 mg/l a navíc je doprovázení průměrnou hodnotou zákalu kolem 120 NTU!

Nakládání s odpadními vodami a kaly

Stejně jako je rozmanité technologické vybavení vodních linek jednotlivých úpraven, existují i nemalé rozdíly v postupech nakládání s odpadními vodami a kaly. Rozdíly jsou způsobené regionálními zvyklostmi a legislativou, prostorovými možnostmi, klimatickými podmínkami, případně dalšími vlivy.

„Nenakládání"

Z hlediska dopadů na životní prostředí je toto nakládání nebo spíše nenakládání s odpadními vodami a kaly nejhorší možné. Jedná se totiž o pouhé vypouštění odpadních vod do vodoteče bez jakékoliv další úpravy. S tímto způsobem je možné se setkat celkem běžně poměrně daleko na východ o hranic Evropské unie. Argumentace, že kaly v řece byly, tak se tam jen vrací neobstojí a v rámci skupiny Veolia jsou v případě převzetí provozu takovéhoto objektu připravovány projekty na standardizované řešení běžné v evropských podmínkách. Snad jedinou výhodou tohoto nevhodného nakládání s odpadními vodami je prakticky nulová energetická náročnost.

Vypouštění do kanalizace

Relativně běžným způsobem nakládání s odpadními vodami je jejich přímé vypouštění do kanalizace a přenesení problému na navazující čistírnu odpadních vod. V případě nedostatečné

hydraulické kapacity kanalizace je nutné vyrovnání průtoku. Tímto způsobem nakládají s odpadními vodami např. Podolí (Praha), Orlice (HK), Pancharevo (Sofia), Jirkov.

Negativem tohoto způsobu je zcela jistě hydraulické zatížení čistírny odpadních vod relativně čistou vodou. V případě, že jsou odpadní vody do linky ČOV čerpány, dochází logicky i ke zvýšení spotřeby energie na toto čerpání. Spotřebu energie na čerpání odpadních vod lze snížit částečným zahuštěním odpadních vod na úpravně a vypouštěním kalů s vyšším procentem sušiny (Meziboří, Bedřichov).

Na druhou stanu, existují zde nepopiratelné benefity. Jedním z nich je přítok hlinitého nebo železitého koagulantu do technologie ČOV. Uvedené kovy se účastní srážecích reakcí se sloučeninami fosforu, čímž snižují spotřebu srážecích činidel dávkovaných na ČOV. Dále tyto „vodárenské" koagulanty působí příznivě proti pěnění aktivačních nádrží resp. bytnění kalů. Kromě uvedeného může být výhodou zpracování kalů společně s kaly čistírenskými na sofistikovanějších zařízeních.

Kalové laguny a kalová pole

Zřejmě nejtradičnějším způsobem nakládání s tekutými odpady z úpraven vod je jejich akumulace v kalových lagunách a na kalových polích. Po ověřené době sedimentace je odsazené voda vypouštěna do vodoteče. Po naplnění zásobního prostoru dochází k odstavení dané části technologie a přirozenému odparu vody do doby dosažení sušiny kalu umožňující jeho nakládku a transport.

Jednoznačnou výhodou tohoto způsobu nakládání jsou prakticky nulové energetické nároky na zpracování v místě vzniku. Z pohledu stále přísnějších požadavků na minimalizaci spotřeby energie, především elektrické se jedná o nejlepší metodu nakládání s odpadními vodami a kaly.

I zde je samozřejmě celá řada nevýhod. Tou první je nutnost vybudování poměrně velkých objemů resp. ploch nádrží nebo kalových polí, což je zejména v environmentálně citlivých lokalitách problém. S tím souvisí i dopady na životní prostředí v podobě výroby a dopravy obrovského množství betonu. Další nevýhodou je absolutní závislost na klimatických podmínkách resp. aktuální meteorologické situaci v lokalitě. Zejména v horských oblastech s vyššími srážkovými úhrny je problémem dosažení sušiny kalu umožňující jeho transport. I doprava „suchého" kalu je problémem neboť je často nutné dopravovat kal s nižší sušinou resp. téměř tekutou konzistencí. De facto je tak přepravováno velké množství vody, což zvyšuje náklady na dopravu a zatěžuje životní prostředí zvýšenou produkcí emisí z dopravních prostředků.

Strojní zahuštění a odvodnění

Úpravny, které nemohou být napojené na kanalizaci nebo se nacházejí v nepříznivých lokalitách z hlediska použití kalových lagun (polí), musí být vybaveny poměrně komplikovanou technologií zpracování odpadních vod a kalů (Souš, III. Mlýn, Málinec, Turček, Bystrica).

Obvykle se jedná o vyrovnání průtoku (např. při praní filtrů), jednostupňové nebo vícestupňové zahuštění a následné odvodnění. K zahuštění kalů jsou využívány standardní nádrže, nádrže s lamelovými vestavbami (lamelové separátory) nebo flotace. K finálnímu odvodnění jsou používány opět klasické technologie komorových kalolisů nebo pomaloběžných šnekových lisů. Použití pásových lisů nebo odstředivek známých z čistíren odpadních vod je spíše výjimečné.

Výhodou je vysoká sušina kalů odvážených k likvidaci nebo dalšímu zpracování, která se pohybuje v rozmezí 20-30 %. To s sebou nese minimalizaci nákladů na dopravu. Strojní zpracování dále umožňuje recyklaci vody a to až do výše 100 % a tak v podstatě jediná voda, kterou úpravna opouští v podobě odpadní, je vlhkost kalu.

Nevýhod tohoto způsobu je celá řada. Je to především nutnost instalace poměrně složité technologie vyžadující pravidelnou údržbu. Ve srovnání s předchozími metodami se jedná o technologii energeticky náročnější. V neposlední řadě má další negativní vliv na životní prostředí spotřeba chemických látek v podobě koagulantů a flokulantů.

Závěr

V roce 2020 opustilo sledované úpravny 18 554 075 m^3 odpadních vod (kalů), což je v průměru 588 l/s. Z toho 2 938 461 m^3 (15,8 %) odteklo do vodoteče bez úpravy, 2 910 098 m^3 (15,7 %) odteklo do kanalizace přímo nebo po odsazení části kalu, 11 587 408 m^3 (62,4 %) bylo zpracována na kalových polích a lagunách a zbytek 1 118 108 m^3 (cca 6,1 %) bylo zpracováno sofistikovanou technologií (strojním odvodněním).

Je zřejmé, že minimálně z pohledu objemu, je stále nejpoužívanější „technologií" kalová laguna nebo pole. Což rozhodně nemusí být špatně a zejména v lokalitách s příznivými podmínkami se jedná a zřejmě i bude jednat o efektivní postup.

Až budoucnost ukáže, zda se rozšíří strojní zahuštění a odvodnění vodárenských kalů. Neustálý tlak na snižování materiálové a energetické náročnosti může mít zásadní vliv na rozhodnutí realizovat pokročilejší řešení. V době silně „zelené" politiky v Evropě zaměřené zejména na energie budou čím dál hůře obhajitelné technologie, které jsou ve srovnání s jinými energeticky méně výhodné. Tato nevýhoda pak může zmenšit nebo zcela vyloučit šanci na získání dotační podpory projektu. Bude čím dál složitější hledat argumentaci, která obhájí vyšší investiční, provozní a energetické nároky strojního zpracování kalů.

Jedním z takových argumentů by mohla být v podstatě absolutní recyklace odpadních vod a to zejména v oblastech s deficitem vodních zdrojů. Další proměnnou, kterou je nutné zvážit, je následné využití kalů. V podstatě končí možnost skládkování, ale např. kaly z úpraven povrchové vody by mohly být energeticky využívané podobně jako kaly čistírenské. Blízká budoucnost se tedy jeví poměrně zajímavě.

Využitie biologických analýz vo vodárenstve

RNDr. Viera Nagyová, PhD.; Mgr. Lucia Chomová, PhD.

Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky

Abstrakt

Biologické rozbory majú v súčasnosti nezastupiteľné miesto pri hodnotení kvality vôd. Využívajú sa mikroskopické, toxikologické, kultivačné a molekulárno-biologické metódy. Mikroskopické metódy podávajú rýchle informácie o biologickom oživení vody. Toxikologické testy na živých skúšobných organizmoch sa používajú pri hodnoteniach kvality vody a na zistenie prítomnosti látok nepriaznivo ovplyvňujúcich život vo vodách. Kultivácia sa používa ako doplňujúca metóda pri izolácii organizmov schopných rásť a rozmnožovať sa na špeciálnych pôdach za vhodných podmienok. Moderné molekulárno-biologické metódy sa využívajú na presnú identifikáciu mikroorganizmov. Výsledky biologických analýz informujú o prítomnosti organizmov, ich množstve vo vodách, druhovom zložení, ich fyziologickom stave, o pôsobení chemických látok na živé organizmy a o ich schopnosti rozmnožovania. Výber správnej metódy, resp. kombinácie metód umožní získať relevantné údaje o kvalite jednotlivých typov vôd.

Úvod

Veľká časť problémov vznikajúcich pri hospodárení s vodami má biologický pôvod. Preto súčasťou posudzovania a hodnotenia ich kvality musia byť aj biologické analýzy.

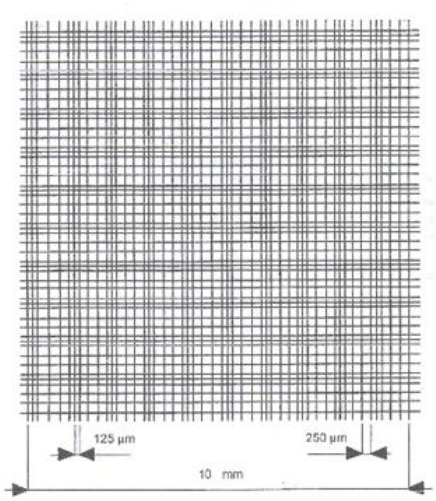
Vyšetrovanie pitných vôd

Podľa zákona č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia nesmie pitná voda obsahovať žiadne mikroorganizmy, parazity a ani látky, ktoré predstavujú riziko ohrozenia zdravia ľudí akútnym, chronickým alebo neskorým pôsobením [1]. Z uvedeného vyplýva, že biologický prístup k otázkam hygieny pitných vôd je pri zabezpečení zdravotnej bezpečnosti veľmi dôležitý.

Biologické metódy vyšetrovania patria spolu s mikrobiologickými, fyzikálnymi a chemickými metódami medzi rozbory, ktoré slúžia na kontrolu kvality vôd určených na ľudskú spotrebu (pitných vôd), vrátane teplých úžitkových vôd. Mikroskopický rozbor pitnej vody podáva informáciu o prítomnosti, resp. neprítomnosti mikroorganizmov, o ich pôvode a dopĺňa ostatné typy rozborov.

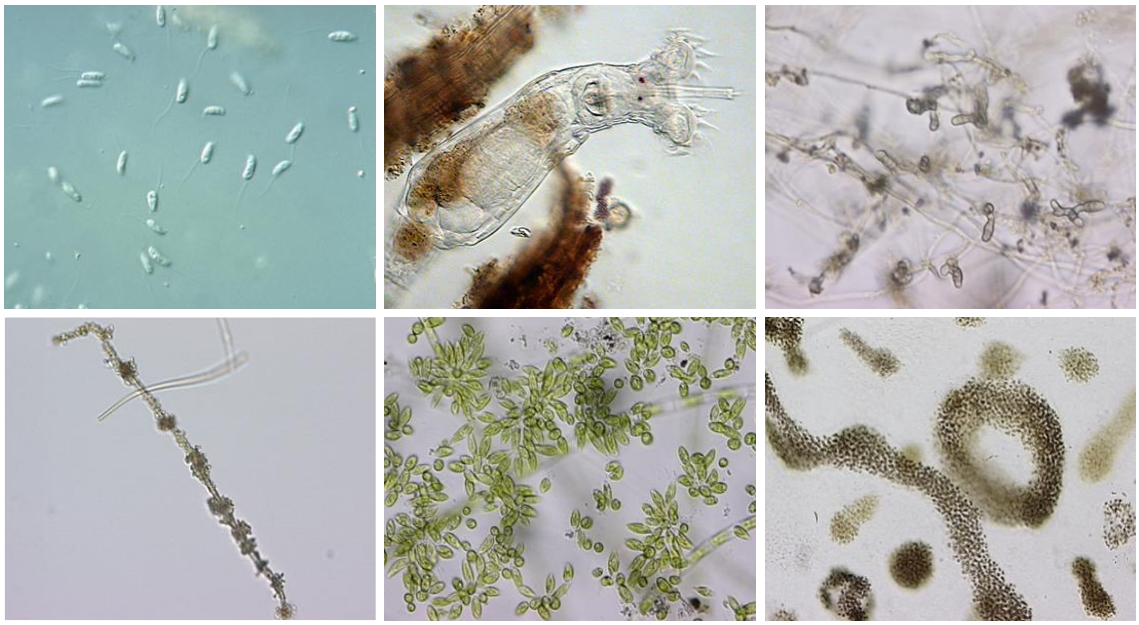
Podstatou všetkých biologických mikroskopických metód stanovenia biosestónu je kvalitatívne a kvantitatívne stanovenie mikroorganizmov vo vzorke vody podľa postupov v technických normách [2, 3, 4]. Princípom metód je homogenizácia a zahustenie väčšieho objemu vzorky vody centrifugovaním, úprava na objem 0,2 ml a prenos do počítacej komôrky Cyrus I (obr. 1). Mikroskopickým vyhodnotením sa zisťuje prítomnosť alebo absencia mikroorganizmov vo vzorke, v prípade pozitívneho nálezu sa stanoví počet prítomných organizmov (jedincov) na mililiter vzorky a ich taxonomické zaradenie. Podľa druhu a počtu identifikovaných organizmov sa zvolí vhodný postup ich kvantifikácie.

Obr. 1 *Počítacia komôrka Cyrus I*



Biologickými ukazovateľmi kvality pitnej vody sú živé a mŕtve organizmy, vláknité baktérie, železité a mangánové baktérie a mikromycéty [5]. V pitných vodách hromadného alebo individuálneho zásobovania sa touto metodikou najčastejšie zistí prítomnosť bezfarebných bičíkovcov, spór alebo hýf, mikromycét, nálevníkov, alebo vírnikov (obr. 2). Prítomnosť týchto organizmov môže poukazovať na organické znečistenie, dôsledky rôznej ľudskej činnosti, kontamináciu odpadovými vodami, presakovanie povrchových vôd do studní a pod.

Obr. 2 *Príklady organizmov v pitných a povrchových vodách - bezfarebné bičíkovce, vírniky, mikromycéty, železité a mangánové baktérie, riasy a cyanobaktérie*



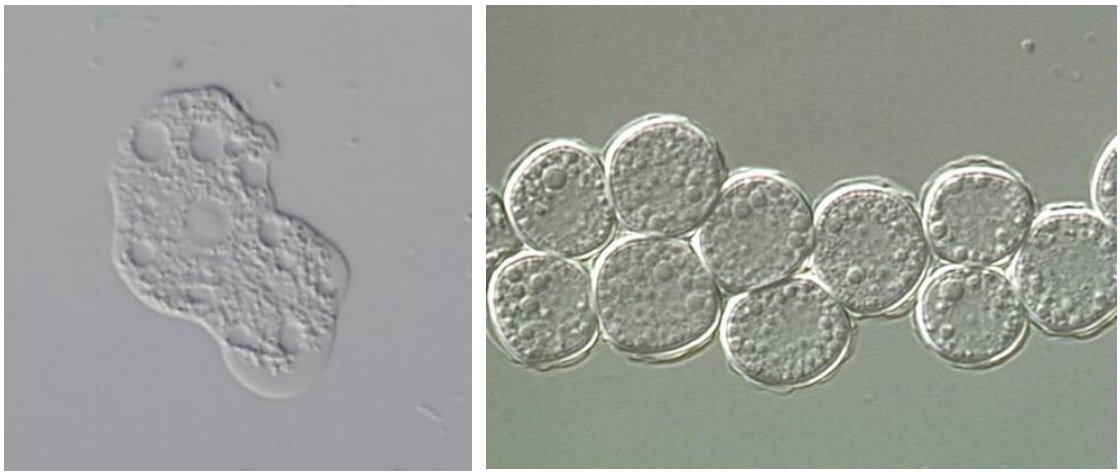
Okrem živej zložky - biosestónu sa v pitných vodách mikroskopicky stanovuje aj neživá zložka - abiosestón. Jeho zloženie a podiel vo vzorke dopĺňa informáciu o kvalite vody, prípadne o pôvode jej kontaminácie. Metodika úpravy vzorky sa zhoduje s metodikou pre stanovenie biosestónu, resp. sa oba ukazovatele môžu stanoviť súčasne. Výsledkom je pokryvnosť zorného poľa mikroskopu abiosestónom v percentách. Abiosestón býva najčastejšie tvorený drobnými časticami piesku, detritu, čiastočkami hrdze, produktami železitých a mangánových baktérií.

Môžu v ňom byť prítomné kryštály minerálov, zrazeniny, peľové a škrobové zrná, prírodné alebo umelé vlákna, či prázdne schránky rozsievok a iných organizmov. Kvalitatívne zloženie abiosestónu môže napovedať o zanášaní rozvodných sietí, chemických vlastnostiach vody, nedostatočnom zabezpečení zdroja, alebo poľnohospodárskej kontaminácií.

Teplé úžitkové vody nie sú určené na pitie a varenie, ale podľa STN 83 0616 Kvalita teplej úžitkovej vody, musia v mikrobiologických a biologických ukazovateľoch spĺňať kvalitu pitnej vody [6]. V súvislosti s výskytom baktérie legionela a ochorením legionelóza je vhodné v nich, okrem ukazovateľov kvality pitnej vody, vyšetrovať aj améby. Améby (meňavky) sú mikroskopické jednobunkovce, ktoré sa pravidelne vyskytujú v potrubiach distribučného systému pitnej vody. Na vnútorných stranách rozvodových potrubí sú súčasťou tzv. biofilmu. Je to slizovitá matrica, v ktorej prežívajú aj baktérie, plesne alebo iné druhy prvokov. Améby majú aktívne pohyblivé štádium - trofozoity a pokojové štádium - cysty. Cysty dokážu prežiť nepriaznivé podmienky v prostredí a zároveň v cystách dokážu prežiť aj rôzne patogénne baktérie alebo vírusy. Považujú sa preto za hostiteľov aj prenášačov zdravotne významných patogénov, ako je napr. legionela, pôvodca vážneho zápalu pľúc u ľudí. Cysty améb sa z vody nedajú odstrániť bežne používanými dezinfekčnými prostriedkami.

Améby ako živé organizmy je možné vo vzorkách vôd zistiť mikroskopicky. Vzhľadom na nenápadnosť a veľkosť týchto organizmov sú však často prehliadané, najmä ak ich vo vzorke nie je veľa. Spoľahlivejšou metódou na stanovenie ich prítomnosti je kultivačná metóda, pri ktorej sa vzorky vôd kultivujú pri rôznych teplotách, v závislosti od ich pôvodu. Vzorky sú očkované na misky s agarovým médiom a špeciálne pripravenou bakteriálnou kultúrou, ktorá slúži amébam ako potrava. Po niekoľkodennej kultivácii v termostatoch sa mikroskopicky sleduje prítomnosť pohyblivých štádií alebo cýst améb (obr. 3).

Obr. 3 *Améby - trofozoit a cysty*



Polymerázová reťazová reakcia (angl. polymerase chain reaction, skratka PCR) je základná metóda molekulárnej biológie, ktorú možno využiť aj na detekciu potenciálnych patogénov človeka, napr. na stanovenie termotolerantných améb rodu *Acanthamoeba* a *Naegleria fowleri* vo vodách. Molekulárnu identifikáciu je možné použiť aj pri planktónových cyanobaktériách.

K vyšetreniu príčin porúch v studniach, vodárňach alebo rozvodnej sieti môžeme použiť ďalšie biologické metódy. Pri pitných vodách ide väčšinou o kvalitatívne metódy a na vyšetrenie môžeme používať vzorky sedimentov, nárastov, väčších organizmov, zoškrabov a pod. [7].

Vyšetrovanie povrchových vôd

Biologické analýzy sú vo vodárenstve využívané v procese výroby pitnej vody z povrchových zdrojov, pre kontrolu kvality surových vôd a v technologických rozboroch pri prevádzkovej kontrole kvality vody. V surových vodách sa podľa legislatívy vyšetrujú živé organizmy a pri technologických rozboroch všetky ukazovatele kvality pitnej vody [8]. S cieľom overiť účinnosť rôznych stupňov úpravy pri výrobe pitnej vody, je biologickými mikroskopickými metódami možné zistiť prítomnosť organizmov, ich schránok a častí tiel, ktoré mohli počas úpravy prejsť zo surovej vody. V súvislosti s účinnosťou stupňov úpravy má veľký význam posúdenie biologického stavu jednotlivých organizmov s využitím fluorescenčných techník pri mikroskopovaní. Pomocou správneho nastavenia a kombinácie filtrov je možné rozlíšiť živé a mŕtve organizmy obsahujúce chlorofyl-a, čiže zástupcov rias alebo cyanobaktérií.

V povrchových vodách určených na odber pre pitnú vodu sa biologickými metódami stanovujú producenty a konzumenty (obr. 2). Sleduje sa počet buniek producentov a počet jedincov konzumentov (živočíchov) v mililitri vody [9]. K producentom patria cyanobaktérie a riasy, pričom vo vodárenskom priemysle sú významné najmä cyanobaktérie. Ich premnoženie vo vodárenských nádržiach spôsobuje nielen technologické problémy pri výrobe pitnej vody, ale aj ohrozenie jej kvality v súvislosti s možným obsahom cyanotoxínov.

Posudzovanie kvality podzemných, povrchových a odpadových vôd môže byť postavené aj na metodike stanovenia sapróbneho indexu [10]. Systém saprobity je založený na princípe, že rôzne druhy organizmov majú rôzne optimálne podmienky pre život vo vode, s rôznym obsahom organických látok. Niektoré žijú len v takmer neznečistených vodách, iné druhy preferujú vody s vysokým organickým znečistením, niektoré dokážu tolerovať obe prostredia. Dobré biologické indikátory saprobity majú úzku sapróbnu valenciu, zlé indikátory majú sapróbnu valenciu širokú, pretože ich výskyt nie je ovplyvnený stupňom znečistenia vody. Chemické rozbory vystihujú len okamžitý stav kvality, ale biologické indikátory sú ukazovateľom dlhodobej kvality vody.

Podstatou stanovenia sapróbneho indexu je kvalitatívny a kvantitatívny hydrobiologický rozbor, správne určenie vyskytujúcich sa druhov a ich množstva vo vzorke, priradenie číselných indexov a prepočet na sapróbny index podľa metodiky v technickej norme [10]. K výpočtu je možné použiť výsledky stanovenia biosestónu, vločiek plávajúcich baktérií a húb, bentosu aj nárastov. Získaná hodnota sapróbneho indexu určí stupeň saprobity vyšetrovanej vody.

Ekotoxikologické skúšky

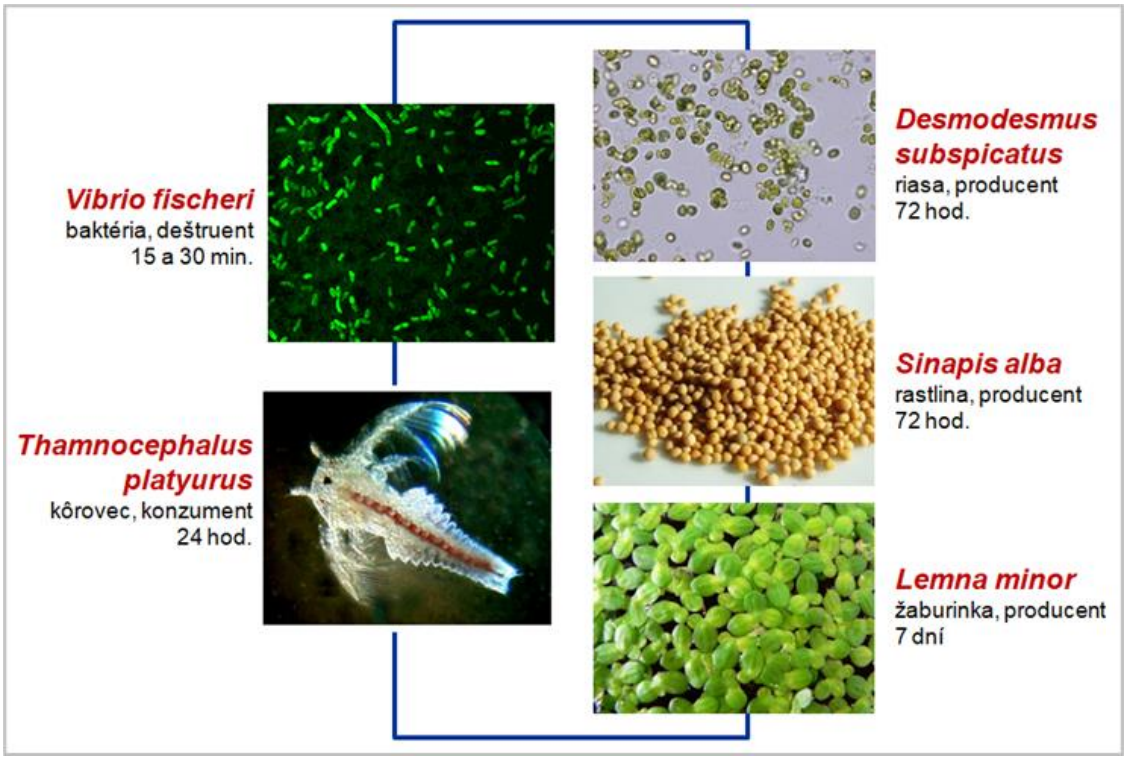
Skúšky ekotoxicity sú založené na princípe expozície živého organizmu v prostredí toxickej látky. Ide o pomerne rýchle nešpecifické metódy, ktorými sa zisťujú celkové toxické účinky všetkých prítomných látok vo vzorkách, avšak bez informácií o ich zložení a chemickej štruktúre. Pri monitoringu nebezpečných látok v životnom prostredí slúžia často ako signál k vykonaniu podrobnejších fyzikálno-chemických analýz.

Skúšky toxicity určujú kvalitatívne a kvantitatívne účinky látok za definovaných experimentálnych podmienok. Testovanie vzoriek sa vykonáva formou predbežných a základných skúšok. Predbežná skúška, označovaná aj ako orientačná, sa skladá z 5 až 10 koncentrácií. Základná skúška sa robí po orientačnej skúške a jej hlavným cieľom je stanovenie hľadaných toxikologických parametrov. Skladá sa rovnako z minimálne 5 a maximálne 10 koncentrácií v rozmedzí, ktoré vyplýva z orientačného testu. Výber musí zabezpečiť, aby sa aspoň u polovice vybraných koncentrácií prejavil na skúšobných organizmoch letálny alebo iný účinok. Skúšky toxicity sa musia vykonávať za presne definovaných podmienok (teplota kultivácie, doba expozície, osvetlenie, kŕmenie skúšobných organizmov, aerácia a pod.).

Akútna ekotoxicita sa stanovuje štandardizovanými metódami na úrovni producentov, konzumentov a deštruentov, t. j. minimálne na troch trofických úrovniach (deštruenty, konzumenty a producenty). Medzi základné štandardizované skúšky pre jednotlivé trofické úrovne patria (obr. 4):

- stanovenie inhibičného vplyvu vzoriek vody na svetelnú emisiu *Vibrio fischeri* (*Photobacterium phosphoreum*) [11] pre deštruenty,
- skúška akútnej toxicity na *Thamnocephalus platyurus* [12] pre konzumenty,
- skúška inhibície rastu sladkovodnej riasy *Scenedesmus subspicatus* (*Chlorococcales* - bunkové zelené riasy) [13], skúška inhibície rastu koreňa vyššej kultúrnej rastliny *Sinapis alba* (horčica biela) [14] alebo skúška inhibície rastu na *Lemna minor* (žaburinka) [15] pre producenty.

Obr. 4 *Skúšky toxicity - skúšobné organizmy*



Priame hodnotenie skúšok ekotoxicity vychádza z metodiky, pri ktorej je potrebné spočítať buď počet uhynutých organizmov alebo uhynutých a imobilizovaných organizmov, resp. meria sa dĺžka koreňa alebo sa meria bioluminiscencia a pod. Citlivosť skúšobných organizmov sa overuje pomocou testov s referenčnými látkami. Požadované toxikologické parametre sú vypočítané matematicko-štatistickými metódami, výsledkom môže byť percento účinku, EC_{50}, IC_{50}, LC_{50} a ďalšie parametre.

Ekotoxikologické skúšky je možné vo vodárenstve používať na zistenie prítomnosti nebezpečných látok vo vodách, napr. pri riešení premnoženia cyanobaktérií vo vodách, vzniku vedľajších produktov dezinfekcie (VPD), a tiež pri mimoriadnych situáciách, resp. bioterorizme. Cyanobaktérie (sinice) sú modro-zelené baktérie schopné produkovať cyanotoxíny. Vo vode sa môžu premnožiť, a preto pri výskyte tzv. vodného kvetu by mala kontrola kvality vôd zahŕňať v rámci stanovenia biologických ukazovateľov aj stanovenie akútnej ekotoxicity. Dezinfekcia chlórom a jeho zlúčeninami je najčastejším spôsobom zdravotného zabezpečovania kvality pitnej vody. Pridanie chlóru však spôsobuje aj celý rad reakcií s nežiaducimi účinkami, napr. vznik toxických vedľajších produktov, pachové a chuťové zmeny a iné. Identifikovaných je už viac ako

600 vedľajších produktov dezinfekcie (VPD), ktoré sú pri určitej koncentrácii a chronickej expozícii pre človeka nebezpečné. V spolupráci s vybranými vodárenskými spoločnosťami boli realizované projekty, ktoré využili ekotoxikologické skúšky ako skríningový nástroj na testovanie prítomnosti VPD vo vode. V rámci pripravenosti na vznik mimoriadnej alebo havarijnej situácie, resp. pri podozrení na chemické ohrozenie zdrojov pitnej vody alebo zásobovacieho systému je možné pre ochranu zdravia obyvateľstva využiť ekotoxikologické skúšanie vzoriek pitných vôd.

Záver

Vo všeobecnosti je možné konštatovať, že biologické analýzy predstavujú rýchly, lacný ale pritom spoľahlivý spôsob zisťovania kvality rôznych typov vôd. Aj napriek špecifickým požiadavkám na odbornosť pracovníkov vykonávajúcich tieto rozbory, ktorí musia nevyhnutné poznať množstvo organizmov a ich ekologické nároky, je výpovedná hodnota výsledkov vysoká a v praxi je z nich možné vyvodzovať komplexné závery. Preto je nevyhnutné, aby aj v budúcnosti boli biologické ukazovatele súčasťou legislatívy pre vyšetrovanie kvality vôd.

Literatúra

[1] Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

[2] STN 75 7711 Kvalita vody. Kvalita vody. Biologický rozbor. Stanovenie biosestónu. SÚTN Bratislava, 2000

[3] STN 75 7712 Kvalita vody. Biologický rozbor. Stanovenie abiosestónu. SÚTN Bratislava, 2000

[4] STN 75 7715 Kvalita vody. Biologický rozbor povrchovej vody. SÚTN Bratislava, 2008

[5] Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou v znení neskorších predpisov

[6] STN 83 0616 Kvalita teplej úžitkovej vody, Úřad pro normalizaci a měření, Praha, 1987

[7] Štěpánek, M. a kol.: Biologické metody vyšetřování vod ve zdravotnictví. Avicenum, Praha, 1982, s. 366-367

[8] Vyhláška MŽP SR č. 636/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch

[9] Nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení neskorších predpisov

[10] ČSN 75 7716 Jakost vod. Biologický rozbor. Stanovení saprobního indexu. Český normalizační institut, Praha, 1998

[11] STN EN ISO 11348-2 Kvalita vody. Stanovenie inhibičného vplyvu vzoriek vody na svetelnú emisiu *Vibrio fischeri* (Skúška luminiscenčných baktérií). Časť 2: Metóda používajúca dehydratované baktérie. SÚTN Bratislava, 2019

[12] STN ISO 14380 Kvalita vody. Stanovenie akútnej toxicity na *Thamnocephalus platyurus* (*Crustacea, Anostraca*). SÚTN Bratislava, 2013

[13] STN EN ISO 8692 Kvalita vody. Skúška inhibície rastu sladkovodných rias s jednobunkovými zelenými riasami, SÚTN Bratislava, 2012

[14] STN 83 8303 Skúšanie nebezpečných vlastností odpadov. Ekotoxicita. Skúšky akútnej toxicity na vodných organizmoch a skúšky inhibície rastu rias a vyšších kultúrnych rastlín, časť 10. SÚTN Bratislava, 1999

[15] STN EN ISO 20079 Kvalita vody. Stanovenie toxického účinku zložiek vody a odpadovej vody na *Lemna minor* (žaburinku). Skúška inhibície rastu. SÚTN Bratislava, 2008

Využití liniových dopravních staveb pro převody pitné vody – metodika posuzování v měřítku ČR

Ing. Ondřej Mašek[1)]; Ing. Štěpán Zrostlík, PhD.[1)]; Ing. Tomáš Hejduk[2)]; Ing. Petr Fučík, Ph.D.[2)]

1) Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. - Nábřežní 90/4, 150 56 Praha 5
2) Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. - Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5 - Zbraslav

Abstrakt

Příspěvek se zabývá zpracováním metodiky a rámcovým vyhodnocením bilance potřeby pitné vody v celorepublikovém měřítku. Základní pracovní jednotkou jsou správní obvody obcí s rozšířenou působností (SO ORP). Hlavním účelem je získání informací o kapacitách jednotlivých vodárenských celků a jejich možnostech z hlediska podpory zabezpečenosti nekapacitních lokálních zdrojů. Pro takto vyhodnocená území budou následně hledány možné trasy propojování skupinových vodovodů s využitím plánovaných dopravních liniových staveb, jako jsou dálnice a silnice I. třídy nebo případně železniční stavby. Tyto stavby svým převažujícím liniovým charakterem a propojující i vzdálené oblasti ČR, k tomu přímo vybízí. Při synergii přípravy vhodných dopravních staveb a přivaděčů pitné vody je očekáváno zefektivnění realizace těchto vodohospodářských řešení, spolu s úsporou veřejných prostředků. Cílovým časovým horizontem je r. 2030 nebo spíše r. 2050. V rámci vyhodnocování je počítáno s různými scénáři zabezpečenosti vodních zdrojů, tak i variantního přístupu k potřebě vody, ve vazbě na projevy změn klimatu i demografického vývoje.

Problematika liniových staveb

Realizace liniových staveb s sebou nese v současném způsobu přípravy, projednávání a tvorbě projektové dokumentace velké nároky na administrativní část. Toto je společné pro všechny druhy liniových staveb. Pro urychlení této přípravy a realizace vnikl takzvaný liniový zákon [1], který má urychlit proces výstavby takového druhu staveb. I přes vznik tohoto zákona je jeho využití pro stavby vodovodů poměrně komplikované. Z tohoto hlediska je výhodné uvažovat o spojení přípravy různých druhů liniových staveb a využití liniového charakteru spojujícího vzdálenější oblasti pro obě stavby.

Tento problém řeší aktuálně řešený projekt s názvem „Vyhodnocení možností využití plánovaných liniových staveb k realizaci převodů vody mezi povodími a mezi vodárenskými systémy“. Uvedený příspěvek prezentuje zvolenou metodiku řešení a průběžné poznatky, které byly v dosavadním řešení získány.

Hodnocení potřeby vody v ČR

Vyhodnocení potřeb pitné vody je prováděno pro cílový rok 2030+. Pro relevantní posouzení potřeb pitné vody je nutno nejprve stanovit výhledový počet obyvatel (PO). Konečný počet obyvatel je stanoven na základě vývoje přírůstků/úbytků počtu obyvatel v jednotlivých SO ORP. Počet obyvatel představuje hodnotu obyvatel v cílovém posuzovaném roce. Z důvodu nejistot v případě prognóz vývoje počtu obyvatel v rámci hodnocené územní jednotky SO ORP je výhledový počet obyvatel uveden v pěti hodnocených variantách. Základní hodnocený scénář vyjadřuje aktuální stav počtu obyvatel v jednotlivých SO ORP. Navazující scénáře vyjadřují maximální a střední variantu poklesu / přírůstku počtu obyvatel v jednotlivých SO ORP. Přesun mezi jednotlivými hodnocenými scénáři odpovídá 5 % - viz Tabulka 1.¨

***Tabulka 1**. Modelové stanovení počtu obyvatel v jednotlivých SO ORP*

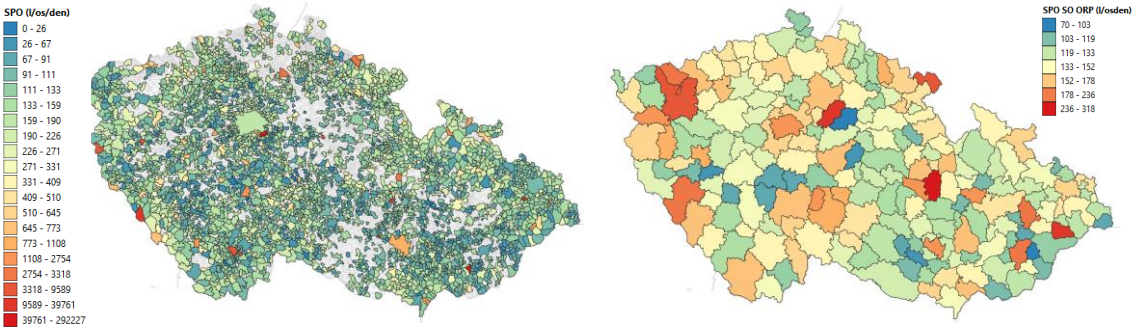
Hodnocený scénář	**% změna**	**vzorové vyjádření SO ORP Tišnov**
Maximální nárůst	+ 10	28 553
Střední nárůst	+ 5	30 139
Stávající stav	**0**	**31 725**
Střední pokles	- 5	33 311
Maximální pokles	- 10	34 898

Na základě výhledového počtu obyvatel byla stanovena denní nerovnoměrnost potřeby vody k_d. Základní územní jednotka pro vyhodnocování byla stanovena jako v případě demografické analýzy v podobě SO ORP. Pro menší jednotku není možno uvažovat o stanovení trendu ve vývoji počtu obyvatel z důvodu přílišné závislosti na místní výstavbě.

Specifická potřeba vody (SPO) byla stanovena pro dva základní scénáře využití pitné vody. První variantou je extrémní případ představující minimální možný odběr pro všechny obyvatele s vyloučením odběrů pro ostatní odběratele, kdy je SPO stanovena na základě vyhlášky určující minimální množství vody pro jednoho obyvatele bez omezení využití na běžné potřeby. Konkrétní hodnota je stanovena na 35 m^3/rok.

Druhou variantou je vypočtení SPO na základě potřeby vody pro obyvatele a ostatní odběratele, a to na základě potřeb uváděných ve Vybraných údajích provozní evidence – VUPE [2]. Takto stanovená SPO vychází ze součtu potřeb pitné vody pro celé hodnocené území SO ORP, kdy je posléze takto stanovený součet vydělen celkovým počtem obyvatel zásobeným v daném SO ORP. Obdobně byla stanovena specifické ztráty vody – SPZ

***Obrázek 1**. SPO obce dle VUPE vlevo, vpravo SPO pro SO*

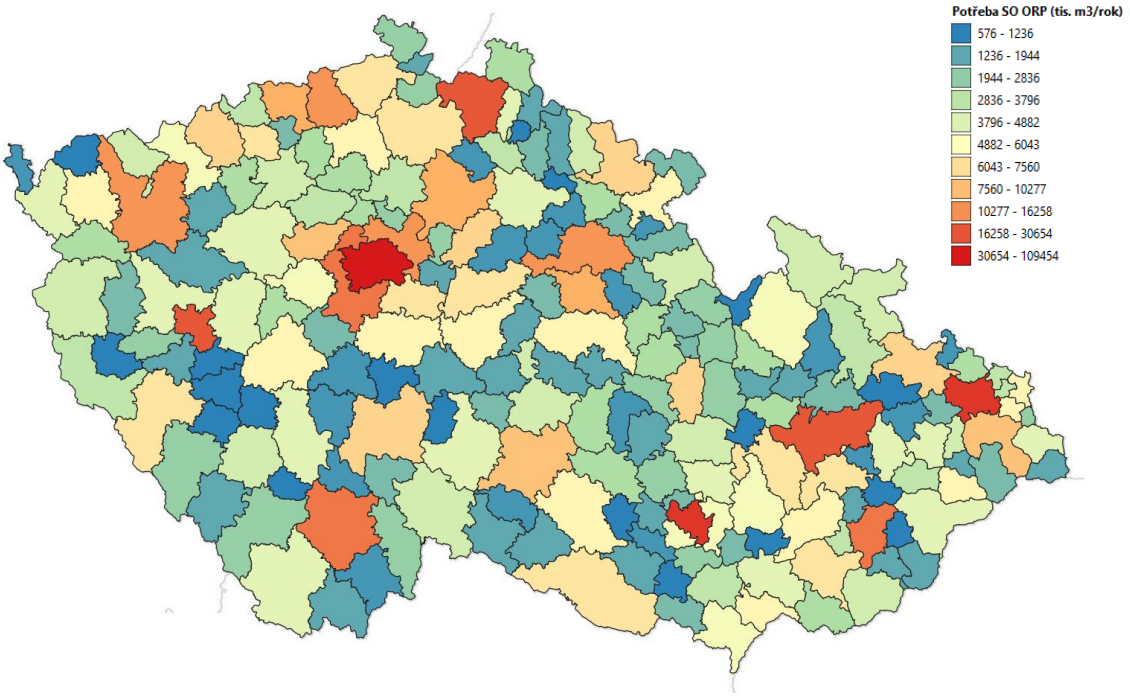


Původní představa stanovit průměrnou ztrátu na přepočtený kilometr vodovodního řadu byla opuštěna z důvodu nemožnosti propojení údajů o přivaděči z VUPE s polohou tohoto přivaděče (neuvádí se obec ani katastr). Proto byla stanovena pro vyhodnocovanou oblast SO ORP pouze průměrná specifická ztráta na obyvatele. Ztráta vody je překontrolována a opravena na maximálních 20 % z průměrné potřeby.

Následný výpočet potřeby vody v SO ORP je prováděn pro dvě varianty SPO a pět variant počtu obyvatel. Výpočet se neliší od standartního přístupu přes průměrnou potřebu Q_p, ztrátu Q_{pz} a denní potřebu vody Q_d.

Q_p = SPO x PO
Q_{pz} = SPZ x PO
$Q_d = Q_{po} \times k_d + Q_{pz}$

***Obrázek 2**. Vyhodnocené potřeby vody pro stávající počet obyvatel a specifickou potřebu vody stanovenou na základě VUPE*

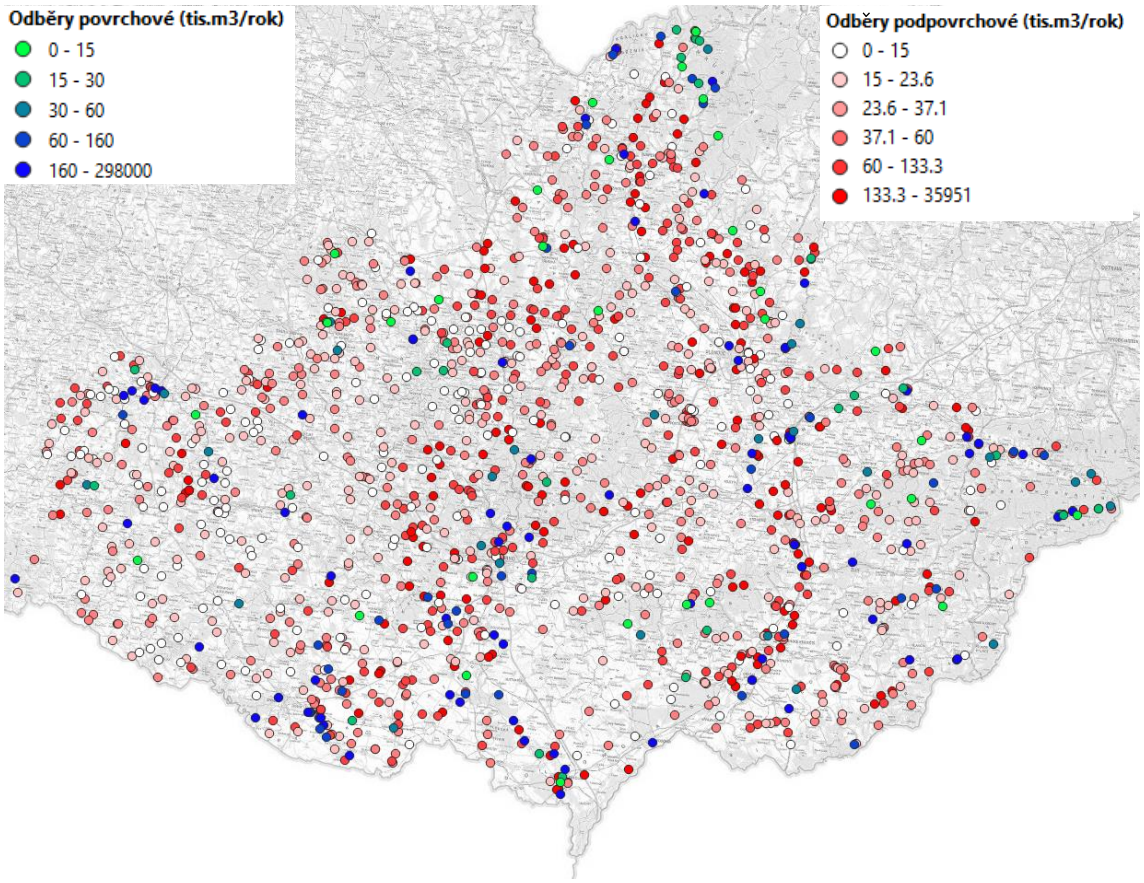


Hodnocení kapacit zdrojů vody

V rámci zpracování projektu byly osloveny státní podniky Povodí o poskytnutí údajů o odběrech povrchových a podzemních vod. Získané podklady [3] byly hodnoceny ve dvou základních atributech. V prvním případě se jednalo o posouzení skutečných odběrů povrchových a podzemních vod, přičemž v druhém kroku byly zpracovány údaje o maximálních povolených odběrech. Pro celistvost analyzovaných dat a pro vypovídající hodnotu s nepříznivým stavem možného odebíraného množství bylo zvoleno využití údajů o maximálním ročním odběru. Tyto odběry byly dle polohy svého umístění nasčítány pro základní výpočetní jednotku v podobě SO ORP.

V rámci zjednodušení zahrnutí klimatických scénářů je variantně přistupováno k selekci zdrojů dle jejich velikosti povoleného odběru. Postupně jsou zdroje vyřazovány od méně kapacitních.

Obrázek 3. *Maximální povolené odběry Povodí Morava*



Hodnocení potenciálu dopravních staveb

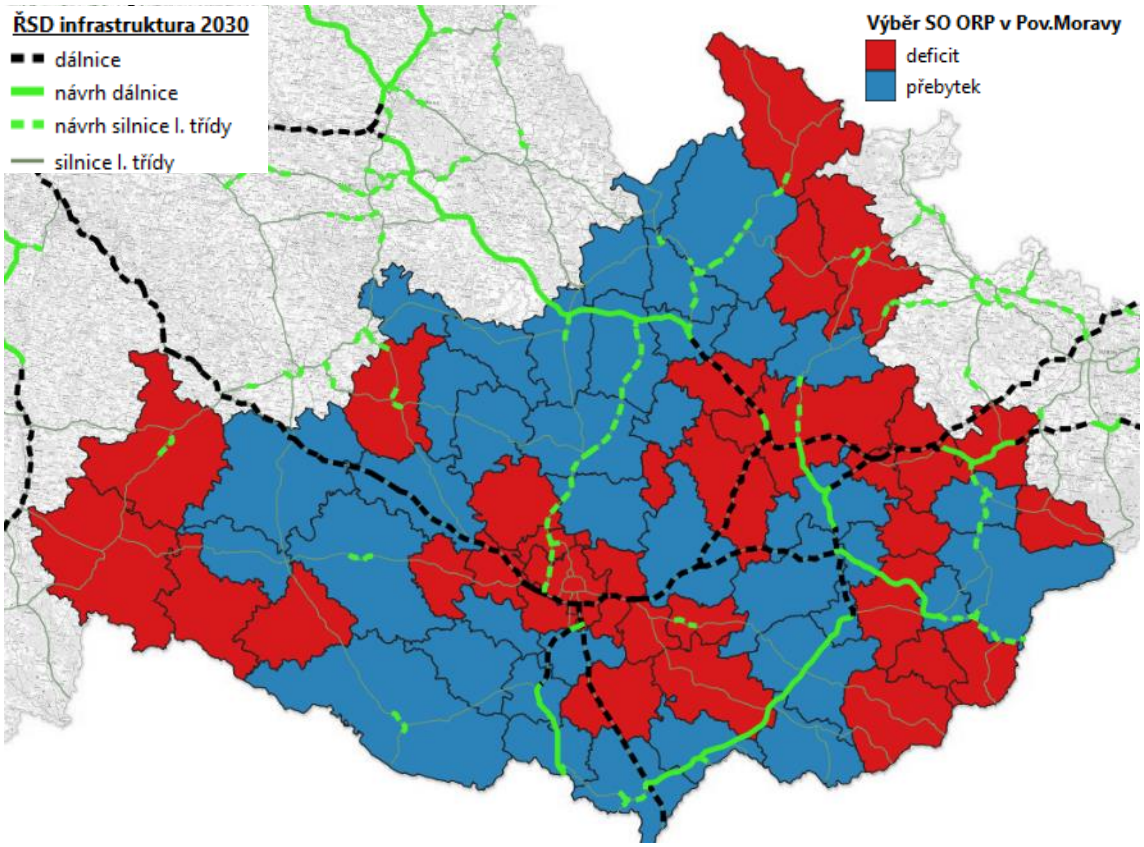
Pro vzájemné propojení dopravních liniových staveb s investiční vodohospodářskou výstavbou lze doporučit dálnice a silnice I. třídy. Rozhodující je v daném případě vlastnictví státu/kraje (správa Ředitelství silnic a dálnic ČR), velikosti koridoru a přímost oproti silnicím nižších tříd. Mezi dopravními komunikacemi bylo zvlášť uvažováno o využití železničních koridorů, jejichž využití se z provedených dílčích analýz ovšem jeví jako méně vhodná. Analýza vytipovaných liniových dopravních staveb z pohledu možného vzájemného propojení s investiční vodohospodářskou stavbou byla posuzována ve spolupráci s Centrem dopravního výzkumu, v.i.i.

Stanovení bilance vody

Samotná bilance potřeby vody je vyhodnocována pro jednotlivé oblasti SO ORP prostým porovnáním velikosti potřeby vody v jednotlivých scénářích s možnostmi zdrojů dle zjednodušeného vlivu klimatické změny. Dále je dle informace o vedení jednotlivých vodovodních řadů přihlíženo k tomu, zda deficitní oblast není již napojena na jinou hodnocenou oblast s kladnou bilancí. Mezi takové oblasti (SO ORP) patří ty, kde je již realizován vodovodní přivaděč o průměru DN125 a větším.

V případě deficitní oblasti bez napojení na jinou oblast je následně ze získaných podkladů o plánovaných liniových dopravních stavbách vyhodnocováno, zda tato plánovaná stavba nespojuje deficitní oblast s oblastí s kladnou bilancí. V tomto případě je stavba vyhodnocena jako potenciálně vhodná pro využití souběhu stavby dopravní a vodohospodářské za účelem převodu vody. Na následujícím obrázku 4 je zobrazen dílčí výsledek připravený pro další analýzu v závislosti na existenci propojení jednotlivých SO ORP skupinovými vodovody.

***Obrázek 4**. Dílčí vyhodnocení bilance potřeby vody v SO ORP se zobrazením plánované dopravní stavby*



Za účelem získání relevantního podkladu o existenci skupinových vodovodech a jejich rozsahu bude dále spolupracováno s majiteli a provozovateli vodárenské infrastruktury.

Závěry ze zpracování

Cílem řešení je definovat podmínky a metody řešení pro efektivní propojování investiční výstavby dopravní a vodohospodářské infrastruktury za účelem pokrytí regionálních nedostatků vodních zdrojů.

Hodnocení potřeby vody pro měřítko celé republiky nese nutnost provedení jistých zjednodušení oproti posuzování lokalit o velikosti obcí či skupinových vodovodů. Obdobné zjednodušení bylo aplikováno i v případě interpretace klimatických změn na povrchové a podzemní zdroje vody.

Při získávání podkladů pro samotné posuzování z takto velkého území je nejdůležitější a nejtěžší získání konzistentnosti podkladových dat, které jsou získávány od různých komerčních společností či subjektů veřejné správy.
Velikost vyhodnocované oblasti SO ORP může být v některých případech příliš hrubá a musí být následně individuálně hodnocena na základě informací od provozovatelů skupinových vodovodů.

Samotná metodika bude dále upravována hlavně za účelem definování vhodných tras, pro které by do budoucnosti spojení výhledových záměrů (investiční výstavby dopravní a vodohospodářské infrastruktury) mělo být využito s ohledem na narůstající deficity vodních zdrojů v určitých regionech.

Relevantnost získaných poznatků bude následně ověřována v rámci demonstračních projektů, které budou zpracovány pro pilotní lokality prováděného výzkumu.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum, projektu číslo QK21010310 „Vyhodnocení možností využití plánovaných liniových staveb k realizaci převodů vody mezi povodími a mezi vodárenskými systémy“.

Literatura

[1] Zákon č. 416/2009 Sb. Zákon o urychlení výstavby dopravní, vodní a energetické infrastruktury a infrastruktury elektronických komunikací (liniový zákon)

[2] Vybrané údaje majetkové evidence (VÚME) a Vybrané údaje provozní evidence (VÚPE) za rok 2019, poskytovatel Ministerstvo zemědělství

[3] Evidence povrchových a podzemních odběrů 2019 - poskytovatel Povodí Moravy, s.p.

Sledování léčiv ve vodách
„Analýza rizik výskytu reziduí léčiv ve vodách“

Ing. Taťána Halešová; Ing. Zuzana Bílková, Ph.D.; Ing. Marta Václavíková, Ph.D.

ALS Czech Republic, s.r.o.

Abstrakt

Díky široké a stále rostoucí spotřebě léčiv jak v humánní, tak ve veterinární medicíně, dochází kontinuálně ke stále se zhoršující kontaminaci životního prostředí těmito látkami a jejich metabolity. Zbytky nespotřebovaných, metabolizovaných léčiv se postupně dostávají do povrchových i podzemních vod, a mohou tak kontaminovat samotné zdroje pitných vod. Dle studie OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj) se Česká republika zařadila na 3. místo (celkově bylo zahrnuto 28 členských států) ve spotřebě léčiv pro humánní účely. Dle EMA (Evropská léková agentura), která se ve své nezávislé studii zabývala problematikou používaných antimikrobik pro veterinární účely, se ČR zařadila na 16. místo z celkových 31 sledovaných, a to se spotřebou 45 tun účinných antimikrobních látek. Obě studie vycházejí z dat za rok 2018. Vysoká spotřeba léčiv oprávněně vzbuzuje obavy. Těmto látkám je tedy věnována čím dál větší pozornost, a to jak s ohledem na jejich dopad na vodní ekosystémy, tak na lidské zdraví. Výskyt léčiv a jejich degradačních produktů ve vodách je dnes možné monitorovat na velmi nízké koncentrační úrovni, řádově v ng/l, především díky možnostem citlivé instrumentální techniky LC-MS. Použitá moderní instrumentace a včasné sledování správného rozsahu látek pomáhají upozornit na problém již v jeho počátku, tak aby se předešlo případným problémům.

Úvod

Léčiva představují rozsáhlou, chemicky velmi různorodou a neustále se rozšiřující skupinu látek. V České republice (ČR) je registrováno přes 1 000 účinných léčivých látek, které jsou distribuovány ve formě léčivých přípravků. Léčiva mohou být klasifikována podle řady kritérií. Podle toho, komu jsou určena, rozlišujeme dvě základní skupiny léčiv – humánní léčiva a veterinární léčiva. Některá léčiva (zejm. analgetika, sedativa, hypnotika a anxiolytika) jsou návyková, tj. při jejich užívání může vzniknout závislost. Taková léčiva řadíme do skupiny návykových látek. Závislost také vzniká užíváním nelegálních drog (např. amfetamin, heroin, kokain, LSD, MBDB, MDA, MDEA, MDMA, metamfetamin, THC).

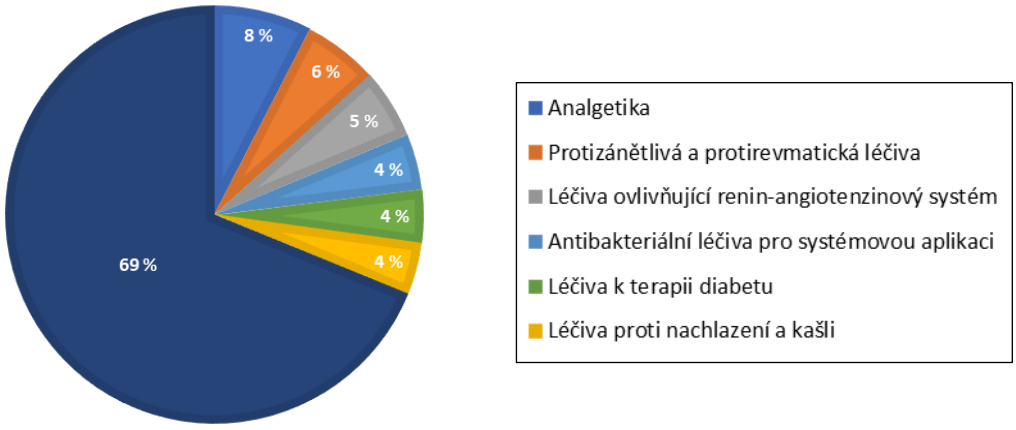
Léčiva a léčivé přípravky jsou charakteristické svým silným účinkem a širokou škálou výhod v určitých oblastech použití. Nicméně i přes své blahodárné léčebné účinky ovlivňují některé léky organismy v životním prostředí a ekosystémech. Z hlediska životního prostředí je to velmi nežádoucí, i když obsažené sloučeniny mají nízkou akutní toxicitu pro člověka. Je známo, že tyto látky narušují hormonální rovnováhu, zvyšují počet vývojových abnormalit a zvyšují mortalitu. Obavy laické veřejnosti ale i odborníků nevzbuzuje jen individuální toxicita, ale i společné působení účinných látek a jejich metabolitů ve směsích. V dnešní době je již snahou eliminovat transport léčiv v životním prostředí, a proto na některých čistírnách odpadních vod (ČOV), jež jsou v případě léčiv jedním z hlavních zdrojů kontaminace, testují moderní způsoby čištění, aby se snížil dopad těchto mikropolutantů na vodní ekosystém. V tomto ohledu není doposud bohužel dostupná žádná konkrétní legislativa pro kontrolu kvality vod na výstupu z ČOV, ani pro zacházení s kalem, kejdou nebo hnojem pro výrobu hnojiv a využití na zemědělské půdě. V důsledku podcenění této kontroly, může docházet ke kontaminaci i zdrojů pitných vod léčivy a jejich metabolity, kde je důležité začít vnímat potenciální riziko jejich výskytu. O výskytu léčiv

ve vodách České republiky prozatím není k dispozici mnoho údajů. Lze proto jen stěží odhadovat, do jaké míry je naše okolí farmaky zasaženo.

Spotřeba léčiv v ČR

Léčiva rozlišujeme podle několika kritérií, nejčastěji se však dělí do skupin podle svého klinického účinku. Tuto klasifikaci využívá mimo jiné i SÚKL (Státní ústav pro kontrolu léčiv) při evidenci distribuovaných humánních léčiv. Dle údajů SÚKL bylo v roce 2019 do zdravotnických zařízení v ČR dodáno celkem 256 mil. balení léčivých přípravků, mezi nejvíce distribuovanou skupinu léčiv patřila analgetika s 19,3 mil. distribuovaných balení (viz. obr. 1). Mezi nejčastěji používané a zároveň již v životním prostředí vyskytující se účinné látky patří z analgetik paracetamol (15 mil. balení) a tramadol (3,2 mil. balení); z antibiotik amoxicilin (1,8 mil. balení), klarithromycin (0,6 mil. balení), azithromycin (0,6 mil. balení) a doxycyklin (0,5 mil. balení); z antidepresiv sertralin (1,4 mil. balení); z antiepileptik gabapentin (0,7 mil. balení) a karbamazepin (0,3 mil. balení); z léčiv k terapii diabetu metformin (5 mil. balení); z diuretik furosemid (1,6 mil. balení); z antitrombotik warfarin (0,8 mil. balení); z nesteroidních protizánětlivých
a protirevmatických léčiv ibuprofen (8,7 mil. balení), diklofenak (3,7 mil. balení), naproxen (0,5 mil. balení) a další.

Obr. 1. *Podíl nejčastěji užívaných léčiv na celkovém počtu balení léčivých přípravků dodaných do sítě zdravotnických zařízení v České republice v roce 2019 (zdroj SÚKL)*



Osud léčiv v životním prostředí

Léčiva jsou antropogenního původu, jsou to biologicky aktivní látky, vyvinuty tak, aby byly do jisté míry schopny před uplatněním zamýšleného terapeutického účinku odolat přirozené metabolické přeměně v organismu. Bohužel právě tyto vlastnosti jsou z hlediska životního prostředí problematické, neboť jsou spojeny s bioakumulací a toxickými účinky na organismy. Životní prostředí má omezenou kapacitu vstřebávat antropogenní odpady. Odpadní látky se v životním prostředí buď rozloží, nebo naředí. Vlivem stále narůstajícího množství odpadních látek dochází k vyčerpání schopnosti životního prostředí nežádoucí účinky látek eliminovat a důsledkem je pak narušení ekosystému.

Testy ekotoxicity jsou součástí metodických postupů, tzv. „quidelines“, při posuzování rizik na životní prostředí a jsou tedy nutné pro registraci humánních i veterinárních léčiv. Skupiny léků vyžadující zvláštní pozornost jsou hlavně hormony (vzhledem k jejich vysoké účinnosti), léky proti rakovině, antibiotika a antiparazitika (všechny navrženy s cílem zabít buňky nebo

organismy) a velkoobjemové léky, jako jsou léky proti bolesti, ß-blokátory a antidepresivní léky. Antibiotika v nízkých koncentracích při chronické expozici vyvolávají větší odolnost u patogenních bakterií. Zatímco většina hodnocení rizik je založena na posouzení jedné látky, realitou je, že živé organismy jsou vystaveny směsi, a to nejen léčiv v životním prostředí. Směsi dvou či více látek mohou mít na organismus kombinovaný vliv. Tyto látky mohou jedna s druhou interferovat (antagonismus), nebo jejich celkový vliv na organismus může být větší, než když působí látka samostatně (synergismus).

Způsobů, jimiž léčiva vstupují do životního prostředí, je hned několik. Mezi hlavní zdroje kontaminace patří odpadní vody z domácností, nemocnic, zdravotnických a sociálních zařízení a z farmaceutického průmyslu. Aktivní látky jsou po užití léku z těla vylučovány buď v nezměněné podobě, nebo ve formě jejich metabolitů prostřednictvím výkalů a moči a odcházejí díky splaškům na čistírny odpadních vod. Čistírny odpadních vod si často s léčivy neumí poradit a umožňují jejich transport do životního prostředí vypouštěním vyčištěných odpadních vod do povrchové vody nebo aplikací stabilizovaného kalu na půdu jako hnojivo. Za další významný zdroj jsou považovány léky, které se do koloběhu dostávají buď formou průsaků ze skládek, nebo díky nesprávné likvidaci léků spláchnutím do odpadů. Dalším zdrojem kontaminace je živočišná výroba (včetně akvakultury), neboť zvířata, stejně jako lidé, vylučují léčiva močí a výkaly. Část exkrementů je navíc použita k výrobě hnoje, který je pak aplikován na půdu jako hnojivo.

Degradace účinných léčivých látek

Léčiva mohou do životního prostředí vstupovat v nezměněné nebo v metabolizované formě. Metabolizovaná forma léčiva je výsledkem přirozené snahy organismu přeměnit hydrofóbní látky na látky polární, které lze snadněji vyloučit. Pro komplexní posouzení výskytu daného léčiva v životním prostředí je nezbytná znalost míry, do jaké léčivo podléhá metabolizaci, stejně jako znalost metabolitů, do nichž je transformováno. Některá léčiva (např. rentgenkontrastní látky, hydrochlorthiazid) jsou stabilní a přeměně nepodléhají. Některá léčiva jsou částečně metabolizována, tj. v životním prostředí se vyskytuje původní léčivo i jeho metabolity (např. karbamazepin se ze 70 % vylučuje v nezměněné formě, tramadol z 30 % v nezměněné formě, ibuprofen z <10 % v nezměněné formě, naproxen z <5 % v nezměněné formě), a některá jsou plně metabolizována, tj. v životním prostředí se vyskytují pouze metabolity, původní léčivo nikoliv. Kromě metabolitů je důležité vzít do úvahy i prekurzory pro výrobu léčiv (např. thebain – morfin, kodein), jejichž výskyt v životním prostředí je rovněž nežádoucí. Do životního prostředí tak nevstupují pouze mateřské účinné léčivé látky, ale také metabolity. Degradace původních účinných látek neznamená vždy eliminaci nebezpečí, o vlastnostech vzniklých metabolitů toho v současné době příliš nevíme.

Legislativní požadavky

Léčiva představují relativně nové polutanty životního prostředí. Zatím nebyly na seznam prioritních látek v oblasti vodní politiky směrnice EP a Rady 2000/60/ES – Rámcová směrnice o vodě zařazeny, ačkoliv to bylo Evropskou komisí v roce 2012 navrženo, a to včetně příslušných norem environmentální kvality (NEK-RP pro vnitrozemské povrchové vody): 0,035 ng/l pro 17α-ethinylestradiol, 0,4 ng/l pro 17β-estradiol a 100 ng/l pro diklofenak (návrh směrnice COM (2011) 876 final). V roce 2013 byl směrnicí 2008/105/ES (ve znění směrnice 2013/39/EU) zaveden pojem sledované látky. Sledovanými látkami se rozumí znečišťující látky, které by podle dostupných informací mohly splňovat definici prioritních látek, ale které nejsou zahrnuty v běžných monitorovacích programech a je tedy potřeba ohledně nich získat více informací. Jak seznam prioritních látek, tak seznam sledovaných látek (tzv. Watch List) podléhá pravidelnému přezkumu (obr. 2).

Obr. 2. *Léčiva uvedená na seznamu sledovaných látek, tzv. Watch Listu*

Verze Watch Listu	Prováděcí rozhodnutí č.	Zahrnutá léčiva
I.	2015/495	17α-ethinylestradiol, 17β-estradiol, estron, diklofenak, makrolidová antibiotika (azithromycin, erythromycin, klarithromycin)
II.	2018/840	17α-ethinylestradiol, 17β-estradiol, amoxicilin, ciprofloxacin, estron, makrolidová antibiotika (azithromycin, erythromycin, klarithromycin)
III.*	2020/1161	amoxicilin, ciprofloxacin, sulfamethoxazol, trimethoprim, venlafaxin a o-desmethylvenlafaxin

*Aktuálně platná verze.

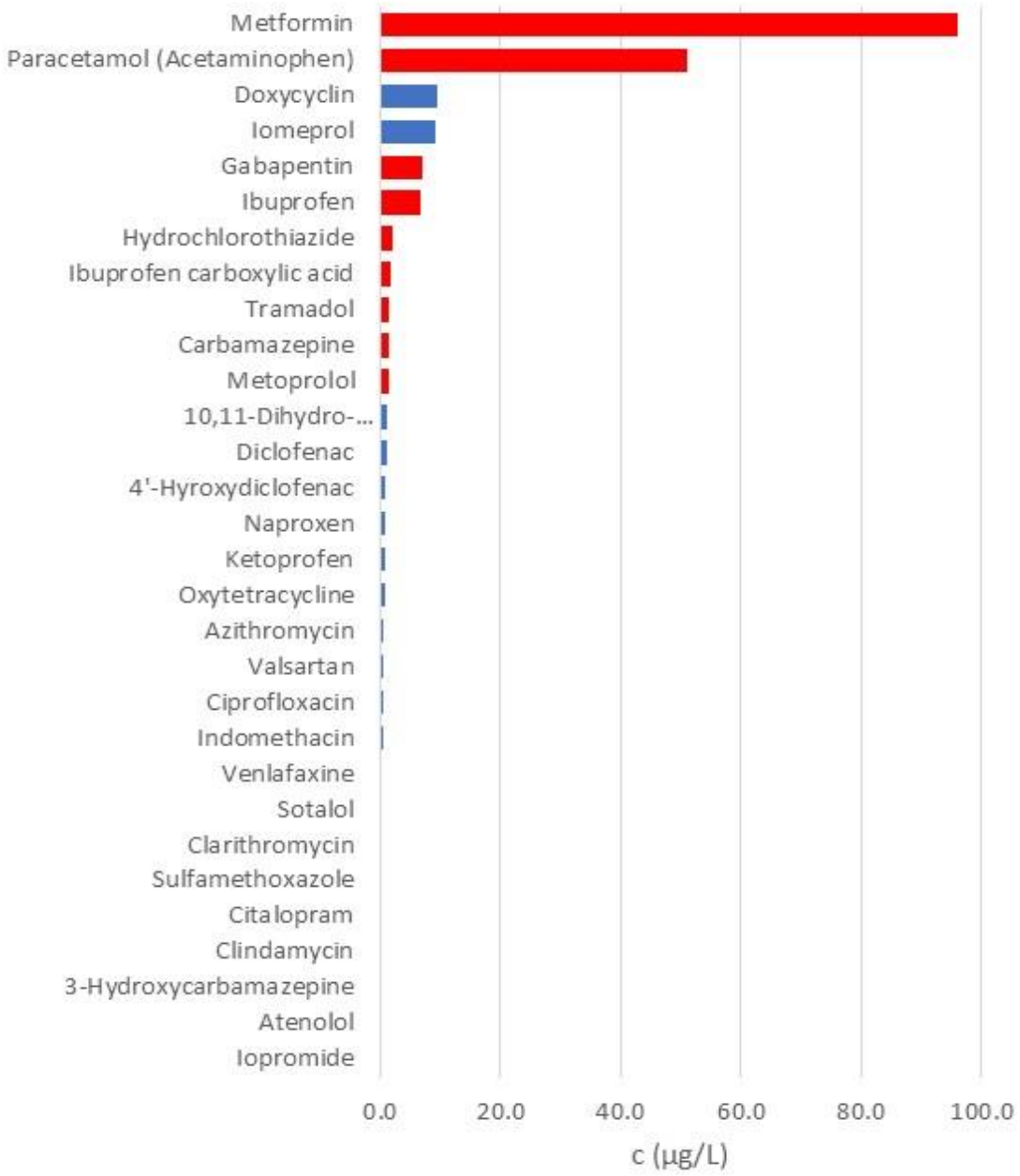
Léčiva taktéž představují látky, na něž je upřena pozornost vědecké komunity. Státní fond životního prostředí České republiky (SFŽP ČR) zveřejnil v roce 2021 v rámci dotační výzvy z Norských fondů (výzva č. 3B „Trondheim“) indikativní seznam látek pro snížení farmaceutického znečištění vodních toků, který uvádí 33 farmaceutických látek, zahrnujících antibiotika a 3 steroidní hormony. I z pohledu vývoje legislativních požadavků lze vidět rostoucí zájem o problematiku kontaminace povrchových, podzemních ale i pitných vod léčivy.

Monitoring léčiv ve vodách

Laboratoř ALS Czech Republic v Praze v roce 2021 uvedla na trh analytickou metodu pro stavení cca 100 léčiv. Původní analytická metoda s 50 parametry byla rozšířena především o antibiotika (41 látek) a vybrané metabolity léčiv. Nový rozsah metody tedy zahrnuje léčiva s nejvyšší spotřebou, léčiva uvedená ve Watch Listu, 30 z 33 léčiv z indikativního seznamu z výzvy Norských fondů a také metabolity léčiv. Díky použití nejcitlivější instrumentální techniky LC-MS je možné nyní provádět analýzy na velmi nízké koncentrační úrovni, řádově v ng/l. Upravená analytická metoda byla použita pro monitoring odpadních, povrchových i pitných vod.

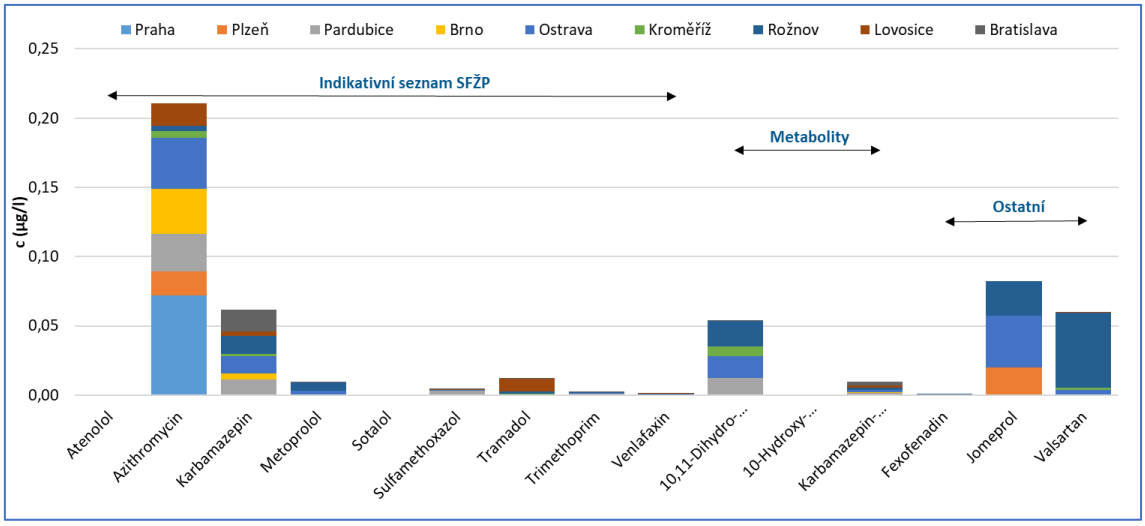
Čistírny komunálních odpadních vod bez terciálního stupně dočištění nejsou obvykle dostatečně účinné při odstraňování mikropolutantů jako jsou léčiva ale i pesticidy, tzn. reziduí polárnějších organických látek v nízkých koncentracích. V monitorovacím testu bylo analyzováno 12 odpadních vod odebraných z konvenčních ČOV v rámci ČR. Pro stanovení farmak byla použita analytická metoda pro stanovení 100 analytů, měřených v rámci jednoho nástřiku. Červeně zvýrazněné látky jsou z indikativního seznamu látek pro snížení farmaceutického znečištění vodních toků výzvy z Norských fondů (obr. 3).

Obr. 3. *Průměrné hodnoty farmaceutik detekovaných ve 12 vzorcích odpadních vod*



Stejná analytická metoda byla použita pro monitoring kohoutkových pitných vod, které byly odebrány na osmi místech České republiky a v Bratislavě. V grafu jsou opět přítomny léčiva z indikativního seznamu výzvy z Norských fondů, ale i tzv. Watch Listu – sulfamethoxazol, trimethoprim, venlafaxin. V 8 z 9 celkově odebraných vzorků, tj. vyjma vzorku ze Slovenska, byl nalezen azitromycin ze skupiny makrolidových antibiotik (obr. 4).

Obr. 4. *Výskyt léčiv v pitných vodách ČR a SK*



Závěr

Léčiva představují chemicky různorodou a stále se rozšiřující skupinu látek, které jsou hojně používány jak v humánní medicíně, tak ve veterinářství. Jde o novou a málo prozkoumanou škálu polutantů, která není tvořena jen účinnými léčivými látkami, ale také jejich ještě méně známými metabolity, které jsou ze své podstaty polárnější, a tudíž v životním prostředí mobilnější, a které mohou představovat pro vodní ekosystém i zdraví člověka stejné nebo i vyšší riziko. Zatímco většina hodnocení rizik zvažuje chemikálie jednu po druhé, realitou je, že vodní organismy i lidé jsou vystaveni směsi nejen léčiv v životním prostředí. Směsi dvou či více látek mohou mít na organismus kombinovaný vliv. Právě z tohoto důvodu je zapotřebí začít přítomnost léčiv i pitných vodách sledovat a v první řadě zjistit, které látky nás nejvíce ohrožují, neboť určení rizika ze směsi látek je mimořádně složitý úkol.

Seznam literatury

[1] OECD.Stat online databáze: https://stats.oecd.org/Index.aspx?ThemeTreeId=9

[2] SANTOS L. H. M. L. M., ARAUJO A. N., FACHINI A., PENA A., Delerue-Matos C., Montenegro M. C. B. S. M. [2010]: Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment. Journal of Hazardous Materials, 175(1–3), p. 45–95.

[3] Státní ústav pro kontrolu léčiv: https://www.sukl.cz/

[4] Ústav pro státní kontrolu veterinárních biopreparátů a léčiv: http://www.uskvbl.cz/

[5] Halling-Sørensen, B.; Nielsen, S. N.; Lanzky, P. F. et al.: Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment - A review. Chemosphere, 36, 1998, s. 357–393.

[6] Kočí V.; Mocová, K.: Ekotoxikologie pro chemiky. 1. vyd., VŠCHT, Praha, 2009

[7] https://go.drugbank.com

[8] Kotyza, J.; Soudek, P.; Kafka, Z. et al.: Léčiva – „nový“ enviromentální polutant. *Chemické Listy*, **103**, 2009, s. 540-547

OBSAH

Problémy s vydatností pramenišť – náhrada zdrojů

Ing. Soňa Pilzová; Ing. Jakub Průša

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.

Abstrakt

Na území České republiky tedy i v zájmových oblastech SčVK přetrvávají nepříznivé klimatické podmínky, tj. sucho, v jehož důsledku se ukazují, nebo jsou katalyzovány problémy s nedostatkem podzemní vody, nebo neefektivní nakládání se zdroji vody. Příspěvek se věnuje snaze nahradit některé problematické zdroje novými jímacími objekty.

Snížení kapacity zdrojů – popis řešení

Vlivem nepříznivé klimatické situace, zejména od roku 2016 do roku 2019 významně klesaly dynamické zásoby (přírodní zdroje) podzemních vod a rostlo procentuální zastoupení jejich využití vodárenskými odběry.

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. provozují kromě skupinových vodovodů také řadu malých vodovodů závislých na lokálních zdrojích. Velmi často jde o zdroje vybudované první polovině dvacátého století. Jedná se o systémy pramenních jímek a jímacích zářezů a sběrných jímek často na poměrně rozsáhlém území. Nedostatek srážek, odlesnění území a další jevy způsobily snížení vydatnosti těchto zdrojů a často značné problémy s kvalitou vody (skokové zhoršení při deštích a jarním tání sněhu, vysoký zákal, barva, mikrobiologie).

V rámci hledání řešení problémů se zpravidla používá následující postup:

1. Shromáždění a vyhodnocení dostupné dokumentace
    a. Projektová dokumentace – pokud byla k dispozici, přidružených podkladů (často poznámky k dokumentaci při realizaci nebo od prvních provozovatelů)
    b. Ostatní dokumenty – stavební povolení, kolaudační rozhodnutí, povolení k odběru vody, rozhodnutí nebo opatření obecné povahy o stanovení ochranných pásem
2. Prohlídka objektu (např. TV kamerou)
3. Ověření aktuální vydatnosti
    a. Podle interního předpisu, měření 4x ročně
4. Shrnutí podkladů a návrh dalšího postupu zpravidla hydrogeologem ve spolupráci s dalšími odborníky.
5. Zásahy na zdroji
   V případě održovacích prací nezbytné kroky ve vztahu k vodoprávním úřadům, vlastníkům pozemků, správcům povodí a zvláštěchráněnch území. Terénní práce: úpravy terénu (např. vyrovnání výmolů, zajištění přístupu k objektům), oprava sběrných objektů a čištění gravitačních sběračů, rozvodů, potrubí apod. s cílem dalšího využití zdroje.
6. Zhodnocení a stanovení dalšího postupu podle základních hledisek:
    a. Potřeba vody ve spotřebišti vs. množství vody ve zdroji
    b. Náhrada zdroje – hledání nového zdroje formou podrobného hydrogeologického průzkumu spojeného se zásahem do pozemku nebo přepojení na jiný zdroj (soustavu apod.).

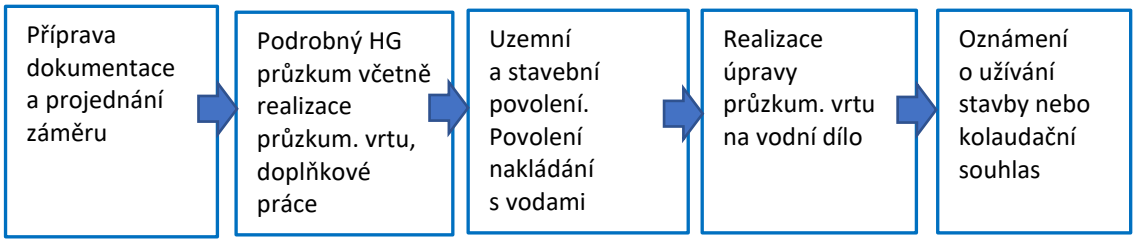
Nejvýhodnější je pro nás jít cestou obnovy původního zdroje. V některých případech, ale není možné navýšit kapacitu zdroje na požadovanou hodnotu a jsme nuceni volit jako řešení náhradu zdroje.

V tom případě se vždy zvažují obě varianty – vybudování nového zdroje příp. napojení na kapacitní vodovod. Hledání nového zdroje může být přijatelnější/výhodnější variantou než přepojení na další vodovod. V takovém případě, proto je to řešení preferované. Přepojení na nejbližší vodovod má své limity nejen finanční, ale i zdrojové (vždy je též nezbytné zhodnotit kapacitu zdoje vody na připojené vodáresnké soustavě).

Hlavním nástrojem pro vyhledání nových zdrojů podzemní vody jsou geologické práce ve smyslu zákona č. 62/1988 Sb., ve znění pozdějších předpisů. K těmto pracím je kromě výchozí dokumentace zajistit souhlas vodoprávního úřadu podle § 17, odst. 1, písm. i). V případě budování vrtů do hloubky větší než 30 m probíhá průzkum v režimu činnosti prováděné hornickým způsobem podle zákona č. 61/1988. Sb., ve znění pozdějších předpisů. Dále je nutné v zákonných lhůtách zajistit další kroky směrem k majitelům/nájemcům dotčených pozemků, krajskému úřadu, místně příslušné obci, získat vyjádření správců sítí, povodí a správců zvláště chráněných území. Nově (2021) existuje též u vodárenských průzkumných vrtů od hloubky 50 m (tj. 25% limitní hodnoty 200 m), které se současně nacházejí v soustavě chráněných území Natura 2000, povinnost oznámení podlimitního záměru podle zákona č. 100/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Odborné posouzení místa pro vybudování nového jímacího objektu zajišťuje oddělení hydrogeologie SčVK, rovněž také podklady pro výběrové řízení na dodavatele vrtných a doplňkových prací, dozor a vyhodnocení průběhu a výsledků průzkumu.

Obrázek 1 *Schéma postupu realizace vrtané studny*[i]



Výběr vhodného místa pro vybudování nového zdroje je vázán na informace o geologických a hydrogeologických poměrech, tj. musí být provedena rešerše a následné odborné posouzení údajů především o: očekávané kvalitě a vydatnosti vody ve zdroji (zdroj ve smyslu přirozené akumulace podzemní vody), přirozené hydrogeologické stratifikaci horninového souboru, prostorovém uspořádání hydrogeologických kolektorů a izolátorů a dále o tlakových poměrech podzemní vody vázané na dotčené zvodněné kolektory. Další podmínkou je dostupnost pozemku a vzdálenost od vodovodní sítě kvůli napojení. V rámci hledání vhodného pozemku zpravidla probíhá dialog s dotčenou obcí.

Průzkumný vrt musí mít parametry odpovídající vyhlášce č. 590/2002 Sb. a s odkazem na §17, odstavec (1) a (2) této vyhlášky se požaduje, aby konstrukce vrtu a zabudovaný vystrojovací materiál odpovídaly vyhlášce č. 409/2005 Sb.

Podrobný hydrogeologický průzkum spojený se zásahem do pozemku byl v posledních letech mj. realizován na následujících lokalitách:

- Mařenice, Horní Světlá (2019),
- Tuhaň, Domašice (2019),
- Dubá, Lhota (2020),
- Dobrná, Brložec (2020-2021),
- Liběšice, Mladé (2021).

Hydrogeologický průzkum Mařenice, Horní Světlá

Mařenice je obec v severní části okresu Česká Lípa v Libereckém kraji, zhruba 10 km severovýchodně od Nového Boru. Samotná obec je zásobena vodou z vrtané studny, jejíž kapacita je dostačující. Součástí obce je členité území s částmi Horní Světlá a Dolní Světlá, které jsou zásobeny z pramenišť se sníženou vydatností.

Po vyhodnocení všech dostupných informací bylo rozhodnuto o náhradě pramenišť. Následně byla připravena příslušná dokumentace a proběhla soutěž na realizaci hydrogeologického průzkumu a vybudování průzkumných vrtů, kterou vyhrála společnost Vodní zdroje, akciová společnost.

Geologické práce byly provedeny v období září 2019 až březen 2020 – vybudování průzkumných hydrogeologických vrtů HS-1 a HS-2 a následující doplňkové práce. Po dokončení průzkumných a doplňkových prací byla zhotovitelem předložena dokumentace o provedené činnosti, která mj. zahrnovala závěrečnou zprávu o činnosti (Vyhodnocení geologických prací HS -1, Vyhodnocení geologických prací HS-2).

Rozsah provedených prací:

1. Vytyčení hydrogeologickéhp průzkumného vrtu HS -1 na příslušném pozemku
2. Přípava dokumentace a její projednání ve smyslu výše nastíneho postupu
3. Vyhloubení dvou průzkumných vrtů do hloubky 52 a 62 m vrtnou souprvaou WIRTH B2A
4. Vystrojení vrtu v parametrech budoucí vrtané studny
5. Ověřovací hydrodynamické zkoušky, odběr a analýza vzorků
6. Ověřovací karotážní měření+kontrolní prohlídka vrtu TV kamerou (po vystrojení)
7. Závěrečné vyhodnocení.

Obrázek 2 *Horní Světlá - Vrtné práce*

V následující tabulce jsou shrnuty základní infrommace o realizovaných vrtech:

Tabulka 1 *Průzkumné vrty Horní Světlá*[ii]

	HS - 1	**HS - 2**
Hloubka vrtu:	62,0 m	52,0 m
Vrtná technologie:	0,0 – 62,0 m p.t.: rotační s příklepem	0,0 – 52,0 m p.t.: rotační s příklepem
Vrtný průměr:	průměr 325 mm: 0,0 - 5,0 m průměr 280 mm: 5,0 – 17,0 m průměr 254 mm: 17,0 – 62,0 m	průměr 325 mm: 0,0 - 14,0 m průměr 280 mm: 14,0 – 22,0 m průměr 254 mm: 22,0 – 52,0 m
Výstroj vrtu:	**pažení vrtu**: ocel d 273 mm: +0,5 m - 17,0 m (odpaženo) **výstroj vrtu**: PVC 160/7,5 mm s hygienickým atestem na pitnou vodu +0,5 – 26 m plná zárubnice 26–34 m perforovaná zárubnice (sw = 3 mm) 34–38 m plná zárubnice 38–58 m perforovaná zárubnice (sw = 3 mm) 58–61 m plná zárubnice (kalník) **délka perforované zárubnice: 28,0 m** **délka plné zárubnice: 33,0 m**	**pažení vrtu**: ocel d 273 mm: +0,5 m - 19,0 m (odpaženo) **výstroj vrtu**: PVC 160/7,5 mm s hygienickým atestem na pitnou vodu +0,5 – 26 m plná zárubnice 26–34 m perforovaná zárubnice (sw = 3 mm) 34–38 m plná zárubnice 38–50 m perforovaná zárubnice (sw = 3 mm) 50–52 m plná zárubnice (kalník) **délka perforované zárubnice: 20,0 m** **délka plné zárubnice: 32,0 m**
Těsnění a obsyp vrtu:	0,0 – 3,0 m zához odvrtaným materiálem 3,0 – 15,0 m cementace 15,0 – 19,0 m těsnění (granulovaný bentonit) 19,0 – 20,0 m pískový přechod 20,0 – 62,0 m obsyp 4/8 mm	0,0 – 3,0 m zához odvrtaným materiálem 3,0 – 17,0 m cementace 17,0 – 20,0 m těsnění (granulovaný bentonit) 20,0 – 21,0 m pískový přechod 21,0 – 52,0 m obsyp 4/8 mm
Zhlaví vrtu:	Ocelové převlečné - 160 mm	Ocelové převlečné - 160 mm
Hladina podzemní vody:	naražená: 20,0 m p. t. ustálená: 4,8 m p. t.	naražená: 12,0 m p.t. ustálená: 15,6 m p.t.

Čerpací zkoušky probíhaly 5 + 25 dní u HS - 1 a 11 + 31 dní u HS -2. Dále byly provedeny stoupací zkoušky a odběr vzorků a následné laboratorní analýzy.

V listopadu 2019 se také uskutečnilo revizní karotážní měření a televizní prohlídka vrtů. Cílem měření bylo zjistit technický stav a posoudit funkčnost vrtu. Dále bylo úkolem karotáže upřesnit litologickou stavbu, objasnit dynamiku vody ve vrtu, zjistit propustné polohy – přítoky vody do vrtu. Karotážní měření bylo provedeno pro zjištění přítoků vody a pro kontrolu funkčnosti výstroje.

Obrázek 3 *Statický snímek z TV prohlídky*[iii]

Cílem TV prohlídky je na základě optického záznamu ověřit aktuální technický stav výstroje (umístění perforace, povrch pažnic, stav pažnicových spojů, sediment na pažnici, opticky přítomnost kolmatace perforačních otvorů, detailní prohlídka případných míst poškozené pažnice, cizorodé předměty ve vrtu a podobně).

Hydrogeologické průzkumné práce na lokalitě Horní Světlá prokázaly provozně využitelnou vydatnost vrtu HS-1 ve výši Q = 0,64 l/s, s předpokladem maximální vydatnosti Q_{max} = 0,7 l/s. Na vrtu HS-2 byla prokázána vydatnost Q = 0,7 l/s, s dobrým předpokladem vydatnosti vyšší (Q_{max} >3 l/s).

Kvalita vody

U obou vrtů byly odebrány vzorky vody, analýzy byly provedeny v rozsahu úplného rozboru včetně radiologie.

Voda ve vrtu HS-1 je málo mineralizovaná a mírně kyselá (pH 6,3). Ve vzorku nebyly zjištěny pesticidní látky, ani zvýšená koncentrace radonu. Voda tedy bude distribuována bez další úpravy, pouze po hygienickém zabezpečení. Ve vrtu HS - 2 byla zjištěna obdobně málo mineralizovaná voda, bez pesticidních látek, ovšem s vysokou koncentrací radonu (314 Bq/l). K vodojemu tak bude postavena kontejnerová úpravna vody se stripováním.

Tabulka 2 *Kvalita vody – vybrané parametry*

Parametr	**Jednotka**	**HS1**	**HS2**
Escherichia coli	KTJ/100 ml	0	0
koliformní bakterie	KTJ/100 ml	4	11
Clostridium perfringens	KTJ/100 ml	0	0
železo	mg/l	0,09	0,08
mangan	mg/l	<0,05	<0,05
barva	mg/l Pt	<5	20
vápník	mg/l	20,5	10,7
hořčík	mg/l	1,42	1,53
vápník a hořčík	mmol/l	0,57	0,33
$CHSK_{Mn}$	mg/l	0,77	<0,05
amonné ionty	mg/l	<0,05	<0,05
dusičnany	mg/l	<2	15,7
dusitany	mg/l	0,018	<0,015
pH		6,3	6,8
zákal	ZF(n)	0,66	4
hliník	mg/l	<0,02	0,03
radon 222	Bq/l	27,4	314

Závěr

Na lokalitě Mařenice - Horní Světlá byl hydrogeologický výzkum s pozitivními výsledky. Podobně je tomu v ostartních výše uvedených lokalitách Domašice, Dubá Lhota a Dobrná Brložec.

Bohužel ve na všech lokalitách dochází k ověření zdroje podzemní vody v dostatečném množství a kvalitě pro vodárenské využití. Například na lokalitě Liběšice, Mladé byla zjištěna nevyhovující kvalita v parametru mangan. Vzhledem k nutnosti úpravy bude přistoupeno k přepojení na jiný zdroj. Z problematických témat je nutné zmínit časově náročné a stále složitější umístění a projednání umístění vrtů a problémy spojené přímo s realizací vrtných prací jako jsou rezervy v personálním, odborném a tecnickém vybavení vrtných firem. Jedná se o stav, na trhu s vrtnými pracemi, známý a těžko obratem napravitelný.

K náhradě zdroje uvedeným způsobem by mělo docházet vždy až po důkladném prověření všech možností záchrany a rekonstrukce zdroje původního.

Systematický přístup a péče o zdroje vody a ochrana jejího množství a jakosti by měla vést k zachování stávajícího způsobu jímání vody.

---

[i] Šeda S.: Metodické doporučení ČAH č. 1/2013 k projektování a provádění vrtaných (trubních) studen v intencích současného vodního a stavebního práva

[ii] Vodní zdroje: Vyhodnocení geologických prací, Praha 2019

[iii] Aquatest: Horní Světlá pod Luží – Karotážní měření pro zjištění technického stavu a funkčnosti nového jímacího objektu s označením HS-1

Uzavírací mezipřírubové centrické klapky a jejich použití ve vodárenských technologiích v praxi

Ing. Jaroslav Slavíček

VAG s.r.o.

Abstrakt

Uzavírací klapky patří mezi nejrozšířenější uzavírací armatury používané v současné době ve vodárenských technologiích. V posledních 25 letech vytlačily z projektů především šoupátka pro menší prostorovou náročnost, jednodušší konstrukci, nižší hmotnost, větší materiálovou rozmanitost a cenovou dostupnost. Na straně druhé armatury, které vyhovují veškerým provozním podmínkám neexistují. Cílem přednášky je ukázat na praktických zkušenostech, jak konstrukční prvky ovlivňují životnost a spolehlivost tohoto typu výrobku.

Normy uzavíracích klapek pro vodárenství

Pokud jsou uzavírací klapky používány ve vodárenství musí splňovat konstrukční požadavky, hydraulické charakteristiky, životnost, těsnost, odolnost vůči předepsaným zkouškám, podle normy ČSN EN 1074 Armatury pro zásobování vodou-Požadavky na použitelnost a jejich ověřování zkouškami. Týkají se jich dvě části Část 1: Všeobecné požadavky, která definuje výčet parametrů a požadavků, podle kterých jsou testovány a Část 2: Uzavírací armatury, která definuje parametry a požadavky, které musí daná skupina splňovat.

Základním parametrem, který zákazníky u každého výrobku zajímá, je jeho životnost. Životnost uzavíracích armatur, tedy i klapek se hodnotí obvykle minimálním počtem provozních cyklů (jeden cyklus otevřeno/zavřeno). Ve výše uvedené normě ČSN EN 1074 - část 2. je předepsána min. životnost pro armatury ovládány ručně 250 cyklů a armatury ovládané pohony 2500 cyklů. Z uvedeného počtu cyklů vidíme, že norma je vůči výrobcům armatur poměrně benevolentní. Především pak pro armatury s pohony. Garance životnosti elektrických servopohonů jsou v desítkách tisících cyklů a u pneupohonů jsou to dokonce miliony cyklů. Hodnotící nůžky mezi životností uzavíracích klapek a pohony, nejsou široce rozevřeny, ale jsou zcela rozlomeny. Na příkladu, kdy uzavírací klapka bude fungovat v režimu 24 cyklů za den, vidíme že je její normovaná životnost je cca 3,5 měsíce. Pokud po této době ztratí schopnost těsnit, bude to stát provozovatele další finanční náklady, jelikož klapku, byť v krátké době od instalace nemůže reklamovat.

Provozovatelé by se měli tedy pro svá výběrová řízení definovat další požadavky na konstrukci, které jim zaručí co nejdelší životnost a bezpečnost v provozu.

Mnohdy je argumentováno, že pro výběr je rozhodující cena, ale i např. v zákoně ve veřejných zakázkách č. 134/2016 Sb. se uvádí v § 114 v odst. 3 je uvedeno, že „Zadavatel nesmí stanovit ekonomickou výhodnost pouze na základě nejnižší nabídkové ceny“.

Zabudování uzavíracích klapek do potrubí

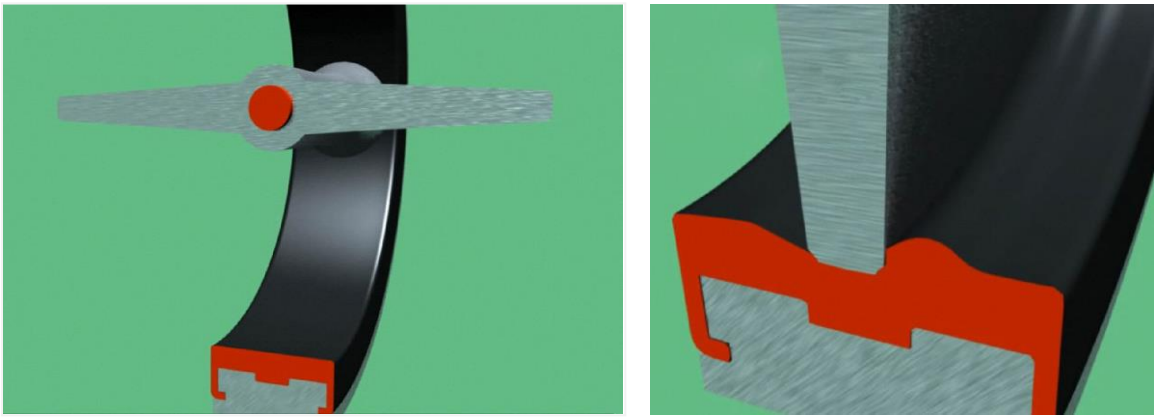
Centrické uzavírací klapky jsou montovány do porubí sevřením mezi připojovací příruby. Jsou dvojí konstrukce. Typ WAFER s průchozími oky je fixován mezi dvě příruby kotevními šrouby. Typ LUG se závitovými oky po obvodu tělesa je fixován šrouby, které jsou vetknuty do závitových ok. Při posuzování z hlediska dlouhodobé životnosti je spolehlivější LUG typ, jelikož spoj vykazuje vyšší tuhost, ale při výběru má tento typ handicap a tím je vyšší cena. Je zajímavostí, že např. pro německý trh převažují dodávky typu LUG, na rozdíl o českého trhu, kde je poměr dodávek opačný ve prospěch WAFER typu.

Obr.1 *WAFER typ a LUG typ*

Uložení disku v manžetě uzavírací klapky

Centrické uzavírací klapky jsou armatury, u kterých se uzavírací segment-disk otáčí kolem osy o 90° napříč proudícím mediem. V poloze otevřeno stojí talíř ve směru proudění a je proudícím mediem obtékán. Z rotačního pohybu nevzniká žádný těsnicí efekt. Plošný tlak potřebný k těsnění je vyvolán pouze přesahem průměru disku vůči vnitřnímu průměru těsnicí manžety. Manžeta zabezpečuje všechny těsnicí úkoly, jedná se o těsnění průtoku, těsnění kolem hřídelů a těsnění vůči přírubám. Manžeta musí být v tělese jištěna, jelikož při otáčení disku vznikají příčné tlaky, které se ji snaží posunovat. Dochází tak k jejímu enormnímu tahovému namáhání a otěru. Zatížení je potom enormní u klapek pro vyšší pracovní přetlaky, jelikož jak bylo již uvedeno, těsnicí funkce je zajištěna pouze přesahem disku vůči manžetě.

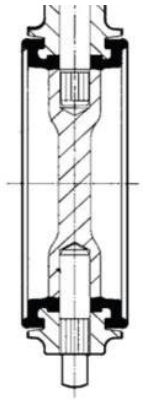
Obr.2 *Přesouvání pryže manžety při pohybu disku*



Eliminaci pohybu manžety výrobci řeší buď navulkanizováním pryže přímo na těleso (nevýměnná verze) nebo je manžeta koncipována jako výměnná a je obvykle jištěna perem na manžetě a uložením v drážkách na čelních plochách tělesa.

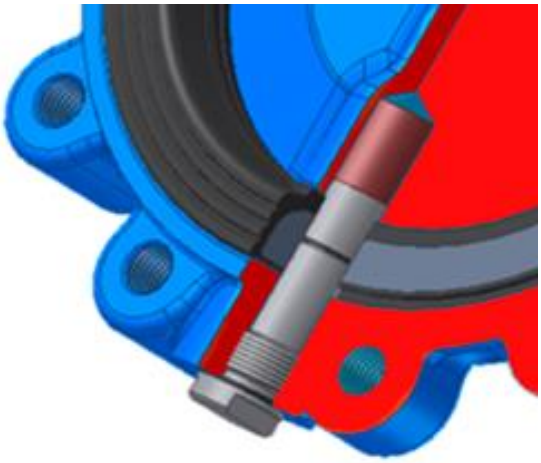
Nabízí se využít kombinaci obou řešení. CEREX 300 Uzavírací klapky z produkce VAG mají na kovový kroužek je navulkanizovánu tenkou vrstvu pryže a následně je manžeta vložena do tělesa klapky. Klapka má výměnou, opravitelnou konstrukci a je garantována vysoká životnost manžety, díky eliminaci přesouvání pryže oproti běžným výměnným konstrukcím.

Obr.3 *Konstrukce vkládaného kovového kroužku s tvrdě na navulkanizovanou pryží a běžná klapka*

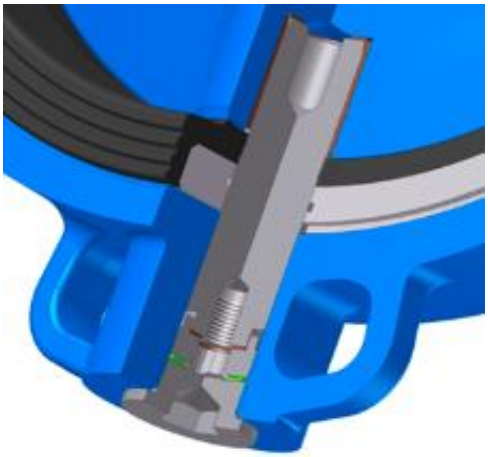


U konstrukce s přímo vulkanizovanou pryží, kde ovládací čep prochází celým diskem, se obvykle hovoří o tom, že klapka je neopravitelná, avšak zapomíná se na jeden důležitý aspekt, a to je fixace polohy disku v průtoku klapky. Otáčením disku jsou enormně zatěžovány těsnicí plochy čepů, pokud není poloha disku fixována, postupem času dochází ke zvýšenému otěru těsnění spodního čepu, čep sesedá a v horní části dochází k netěsnosti. Velmi důležité je to potom u klapek velkých průměrů, kdy disk má hmotnost desítky kilogramů a zatížení spodního těsnění čepu je enormní.

Obr. 4 *Fixace polohy disku pomocí tuhého čepu*



Obr. 5 *Fixace polohy disku pomocí stavitelného čepu vhodná pro velké DN*

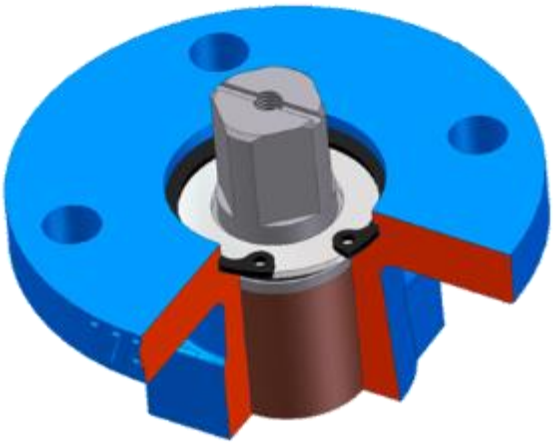


Uložení ovládacího hřídele a čepu v tělese uzavírací klapky

Prodej uzavíracích klapek se stal cenovým konkurenčním bojem. Výsledkem je to, že řada výrobců hledá řešení, která vedou ke snížení výrobních nákladů. Dnešní konstrukce postrádají např. kluzná ložiska. Konstrukční řešení, které se přímo nabízí pro tento typ armatur, především ovládaných pohony s velkým počtem pracovních cyklů. Dalším konstrukčním prvkem je ochrana proti vyfouknutí ovládací hřídele při neodborné manipulaci, pokud je klapka pod tlakem. Obvykle je to demontáž ovládací páky a aretačního kotouče.

Obr. 6 *Příklad použití samomazných kluzných ložisek s teflonovou výstelkou u ovládacího hřídele a čepu klapky*

Obr. 7 *Příklad ochrany Anti Blow Systém proti vyfouknutí ovládacího čepu při neodborné manipulaci*

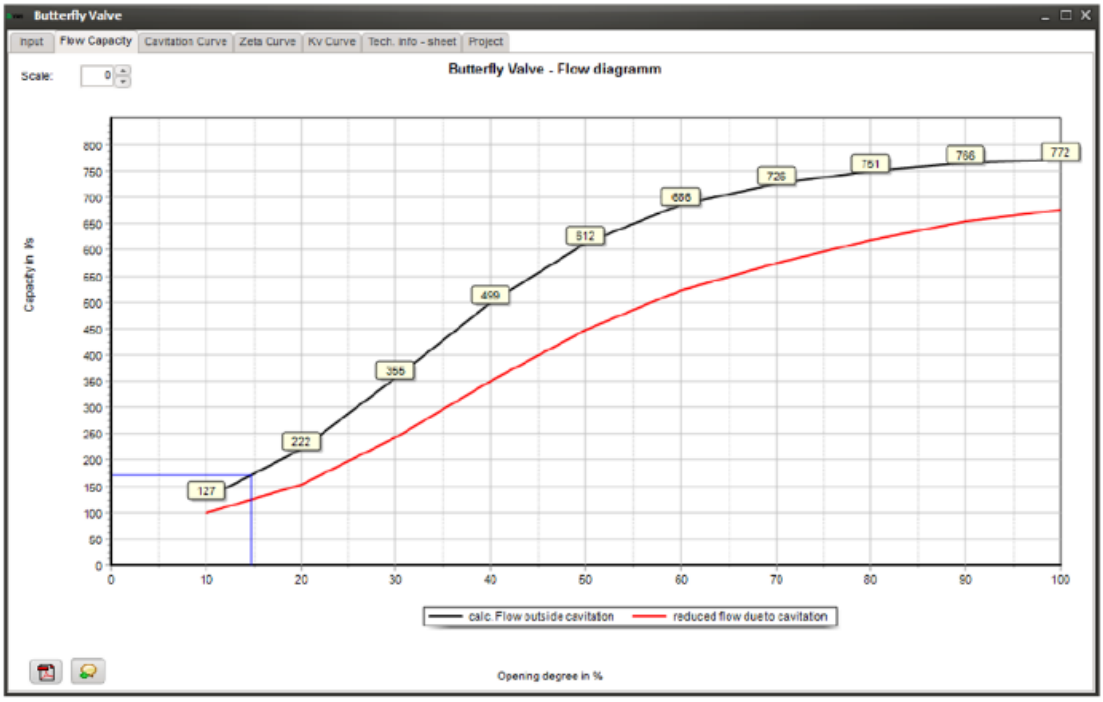


Důsledky použití uzavíracích klapek pro regulaci

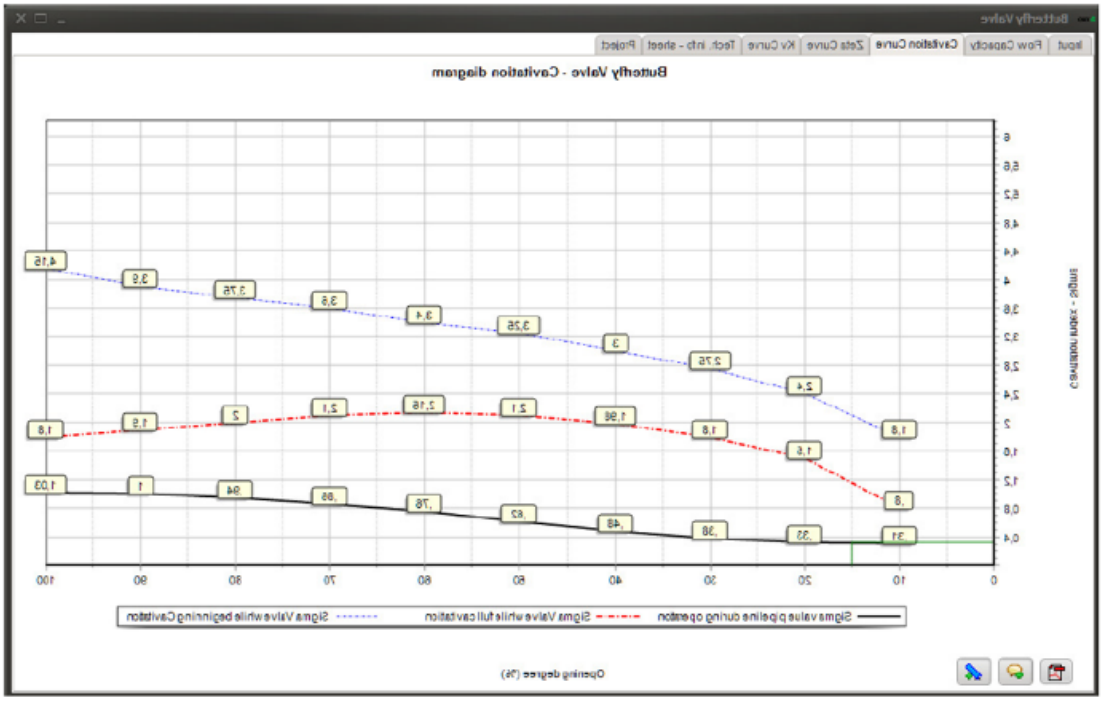
Uzavírací armatury nejsou obecně určeny pro regulaci. Uzavírací klapky jsou určitou výjimkou. VAG s.r.o. má výpočtové programy nejen pro regulační armatury, ale také pro uzavírací klapky, pomocí kterých lze predikovat vazbu požadovaných parametrů na průtokovou charakteristiku a kavitační křivku. Praktickým poznatkem je, že v režimu otevření disku do 10° by se neměly klapky používat vůbec, vzhledem k vysokým rychlostem a nestabilitě proudění. Druhým poznatkem je to, že po otevření disku nad 40° je regulační charakteristika plytká a nemá již takovou dynamiku.

V praxi se klapky seřizují podle potřeby na místě. Výrobci obvykle na uzavírací klapky v režimu regulace neposkytují záruky. Je nutné, aby si provozovatelé uvědomovali, že klapky budou muset v „nějakém“ časovém horizontu vzhledem k poškození kavitací vyměnit. Předejde se řadě nedorozumění. Bohužel stanovit, kdy ke ztrátě funkčnosti dojde je obtížné stanovit. Doporučenou možností je na základě zkušeností s provozováním první instalace, stanovit interval výměny klapky před její ztrátou funkčnosti. Výměna je plánovaná a předejde se havarijní situaci.

Obr. 8 *Příklad modelování průtokové charakteristiky*



Obr. 9 *Příklad modelování kavitačních křivek*



V praxi se regulační klapky seřizují podle potřeby na místě. Výrobci obvykle na uzavírací klapky v režimu regulace neposkytují záruky. Je dobré, aby si provozovatelé uvědomovali, že klapky budou muset v „nějakém“ časovém horizontu vzhledem k poškození kavitací vyměnit. Předejde se řadě nedorozumění. Vlivem působení kavitace dochází k poškození disku nebo manžety. Nejvíce frekventované poškození disku, slangově nazývané „myší vykousání“. vykazuje řadu výseků po obvodě disku, které úplně znemožní její fungování. U manžety je to fatální destrukce části pryže

Obr. 10 *Disk poškozený kavitací*

Obr. 11 *Manžeta poškozená kavitací*

Důsledky chybného dimenzování pohonu na funkčnost uzavíracích klapek

Další oblastí, která je ovlivňována cenovým bojem ve výběrových řízeních je dimenzování ovládacích pohonů. Výslednou cenu kompletu klapky s pohonem až v řádově tisících korunách ovlivňují požadované ovládací moment pohonu. Zjednodušeně se jedná o to, že čím vyšší požadovaný ovládací moment, tím vyšší je i cena. Pracuje se zde s tzv. bezpečnostním koeficientem ovládacího momentu klapky při daném pracovním přetlaku. Tento koeficient postihuje předpokládaný nárůst ovládacího momentu během provozu armatury, který způsobují inkrustace a usazeniny uvnitř armatury. Zde si musí provozovatel ohlídat s jakým koeficientem dodavatel pracuje. Čím nižší koeficient, tím nižší je pořizovací cena kompletu, ale zvyšuje se riziko, že armatura se stane během provozu nefunkční, jelikož dojde k nárustu ovládacího momentu, ten přesáhne nastavené parametry a ztratí schopnost ovládat klapku. Technologický celek přestane fungovat. Společnost VAG používá výhradně bezpečnostní koeficient 1,5, který byl stanoven na základě dlouhodobých zkušeností a sledování jak v Německu, tak i v České republice. Z praktických poznatků se jeví, že ne vždy je výhodné použít disk z korozivzdorné oceli proti disku s nástřikem epoxidu, Rilsanu, které mají hladký nepřilnavý povrch. který ztěžuje usazovaní inkrustů a nečistot.

Obr.12 *Část předpisu společnosti VAG k osazení uzavíracích klapek pohony*

VAG Design Bulletin

VAG

Actuator / Gearbox sizing guideline for Butterfly Valves and Control Valves	Richtlinie zur Getriebe- und Antriebsauslegung von Absperrklappen und Regelventilen
Motorized operation (electric)	**Stellantrieb (elektrisch)**
Actuators shall be sized for a minimum of **1,5** times the drive torque into the gearbox.	Stellantriebe werden mit einer Sicherheit von mindestens **1,5** gegenüber dem Eintriebsmoment in das getriebe ausgelegt.
Standard actuator calculation is defined for S2-15 min. duty.	Die Standard Antriebsauslegung für Elektroantriebe ist für eine Betriebsart S2-15 definiert.

Obr.13 *Disk z korozivzdorné oceli s nárustem průměru vlivem inkrustace o 1 mm*

Závěr

Centrické uzavírací mezipřírubové klapky jsou v dnešních vodárenských technologiích nejvíce používanou uzavírací armaturou. V těchto technologiích je i vysoký podíl automatizovaných armatur pohony. Díky pohonům, mají komplety vysoké pořizovací náklady, které jsou předmětem výběrových řízení. Zde je třeba si uvědomit jednu skutečnost. Vlastní armatura, která v konečném důsledku rozhoduje o funkčnosti technologie, je mnohdy zlomkem ceny kompletu. Markantní je to především u klapek do světlosti DN 200. Stanovit si tedy náročnější konstrukční požadavky na uzavírací klapku pro výběrové řízení zásadním způsobem nezvýší cenu klapek v projektu. Co je však pro uživatele velmi důležité, vytvoří si podmínky pro minimalizaci tzv. budoucích nákladů, které bude muset vynaložit během provozování dané technologie.

Vysoká životnost u klapek s pohony v konečném důsledku nejen šetří provozovateli provozní náklady na výměnu dílů, ale snižuje pravděpodobnost odstávky daných technologií v souvislosti s opravami armatur. To bývá mnohdy závažnější problém ve vztahu k okolí než vynaložené finanční prostředky.

Využití softwarové aplikace při návrhu vzdušníkových systémů v obci Vlastějovice

Ing. Jaromír Sobotka

HAWLE ARMATURY, s.r.o., Jesenice u Prahy, Říčanská 375, 252 42
e-mail: jaromir.sobotka@hawle.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá problematikou návrhu vhodných odvzdušňovacích a zavzdušňovacích ventilů. Volbou optimálního typu a dimenze, na vhodných místech, lze předejít mnoha provozním problémům a omezení vzniku nestacionárních jevů v potrubních systémech. Pro tento konkrétní případ ve středočeské obci Vlastějovice byl použit výpočetní software *,,HAWLE AIRVALVES SOLUTION,,.*

1. Úvod

Obec Vlastějovice se nachází ve Středočeském kraji, na jižní straně kutnohorského okresu, v nadmořské výšce 354 m. n m. Obcí protéká řeka Sázava, tudíž se jedná z velké části o rekreační oblast, mnoho nemovitostí je využíváno jako rekreační objekty. Provozování vodovodních a kanalizačních systémů si obec zajišťuje sama.

Počet zásobovaných obyvatel: 488
Voda fakturovaná: 20.075 m^3/rok

2. Popis vodovodního řadu

- délka řadu 1.691 m
- PE potrubí dn 180/16,4 mm
- napojení na VDJ Kounice (místní část Vlastějovic)
- vodovodní řad prochází celou obcí
- značné převýšení 441 až 345 m n.m.
- ukončení řadu v armaturní šachtě
- navrženy 3 ks vzdušníků, DN 50
- 2x v šachtách, 1x jako zavzdušňovací souprava
- typ HAVENT, PN 0 – 16 bar

3. Finální protokol, navržených vzdušníkových aplikací

NÁVRH A VÝPOČET ZA- A ODVZDUŠŇOVACÍCH VENTILŮ HAWLE

Protokol č.: 88

Hawle armatury, s.r.o.
Bráfova 9a, 616 00 Brno

hawle

Údaje o projektu:

Název akce:	Kounice nad Sázavou - pitná voda
Adresa společnosti:	VOTAS s.r.o. Krchleby 45 286 01 Čáslav
Odpovědná osoba:	Stanislava Hrstková
Vypracoval:	Jaromír Sobotka
Datum:	18.01.2022

Grafické znázornění profilu:

Tabulka umístěných vzdušníků:

Pozice	Staničení [m]	kóta terénu [m.n.m]	kóta dna potrubí [m.n.m]	DN potrubí [mm]	typ vzdušníku	DN vzdušníku	PN vzdušníku
1	442	431	429	150	9871	DN 50	PN 0 - 16
2	831	422	420	150	9825	DN 50	PN 0 - 16
3	1017	407	406	150	9871	DN 50	PN 0 - 16

Seznam vzdušníků:

made for generations.

Vypracoval: Jaromír Sobotka
Datum: 18.01.2022

Veškerá vyobrazení, technické údaje, míry a hmotnosti jsou nezávazné.
Změny sloužící technickému pokroku si vyhrazujeme.

Str. 1/?

NÁVRH A VÝPOČET ZA- A ODVZDUŠŇOVACÍCH VENTILŮ HAWLE

Protokol č.: 88

Hawle armatury, s.r.o.
Bráfova 9a, 616 00 Brno

9871 / DN 50 / PN 0 - 16

Popis: Samočinný dvoustupňový zavzdušňovací a odvzdušňovací ventil s vysokým výkonem a patentovaným mechanismem pro optimální funkci při vysokém provozním tlaku, provozní rozsah PN 0 - 16 bar, konstrukce ventilu umožňuje reagovat již od 0 bar, max. odvzdušňovací výkon 700 m3/h, odvzdušňovací průřez 1500/200 mm2
Materiál: Tělo z nerezové oceli, plovák z pěnového PP, těsnění z elastomeru, ventil a šroub uzávěru z mosazi, výstupní koleno z PE
Médium: Pitná voda
Počet: 2 ks

9825 / DN 50 / PN 0 - 16

Popis: Zavzdušňovací a odvzdušňovací souprava se samočinným dvoustupňovým zavzdušňovacím a odvzdušňovacím ventilem s vysokým výkonem a patentovaným mechanismem pro optimální funkci při vysokém provozním tlaku, provozní rozsah PN 0 - 16 bar, konstrukce ventilu umožňuje reagovat již od 0 bar, max. odvzdušňovací výkon 700 m3/h, odvzdušňovací průřez 1500/200 mm2
Materiál: Tělo z nerezové oceli, plovák z pěnového PP, těsnění z elastomeru, ventil a šroub uzávěru z mosazi, stojanová trubka z nerezové oceli
Médium: Pitná voda
Počet: 1 ks

4. Obrázky z realizace

5. Závěr

Využití počítačového programu pro návrh vzdušníkových aplikací umožňuje:

- Dokonalejší využití zavzdušňovacích a odvzdušňovacích ventilů
- Optimální navržení s využitím nejmodernějších poznatků z provozu ventilů
- Díky grafickému, tabulkovému a obrázkovému výstupu větší uživatelský komfort při projektové činnosti
- Využití dokonalejších a komplexnějších výsledků při navrhování

Pozitivní ekonomické a ekologické atributy potrubí z tvárné litiny v praxi

Ing. Juraj Barborik

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

Abstrakt

Výběr materiálů potrubních sítí má z praktického hlediska dlouhodobý, ekonomický a ekologický dopad. Charakteristické ekonomické, ekologické a technické atributy trubního materiálu z tvárné litiny u vodovodních a kanalizačních sítí přináší úsporu stavebních nákladů využitím PAM-Ekopokládky. Dále z provozního hlediska úsporu nákladů minimalizací poruch. Posuzování jednotlivých materiálu z hlediska životního cyklu přináší úspory investičních prostředků na obnovu. Potrubí z tvárné litiny má pozitivní ekologický a hygienický dopad z hlediska trvalého kontaktu pitné vody s anorganickým přírodním/minerálním materiálem, v protikladu s organickým/uměle vytvořeným materiálem. A to vše v kontextu 100 % recyklace trubního materiálu po dožití sítí nebo se zatížením životního prostředí likvidací a částečnou recyklací organického/umělohmotného materiálu. Nejnovější inovace v oboru potrubních systémů z tvárné litiny mají pozitivní ekonomický a ekologický praktický přínos pro klasickou pokládku, bezvýkopovou instalaci a zejména obnovu. Důkazem jsou praktické aplikace v oboru vodního hospodářství i speciálních použití.

Výběr trubního materiálu

Technické a provozní parametry vodovodních a kanalizačních sítí vedou k pozitivním nebo negativním ekologickým i ekonomickým dopadům. Ekologické zátěže a dopady na životní prostředí je nutné posoudit z hlediska celého provozního životního cyklu stavby. Při posuzování nelze opomenout parametr minimalizace potřeby vody ze zdrojů. K minimalizaci potřeby vody přispívá potrubní sít s nejvyšší mírou těsnosti a nejnižší poruchovostí. Hydraulická plocha daná vnitřním průměrem významně ovlivňuje spotřebu elektrické energie na čerpání vody u vodovodních sítí. U kanalizačních stok je největší ekologickou zátěží znečištění půdního profilu, podzemních a povrchových vod netěsností používaných potrubí. Posouzení celkových nákladů na vlastnictví potrubních sítí a environmentální stopy je dané kvalitou a parametry potrubního materiálu. Výběr potrubních materiálů, popřípadě tvorba standardů, by měly směřovat k posouzení technických atributů jednotlivých materiálů. Zejména takových, které zajišťují těsnost, pevnost a provozní spolehlivost i při krizových stavech statického a hydraulicky nepředvídatelného přetížení. Praktické aplikace a zkušenosti jednotlivých konstrukčních řešení a systémů vodovodních i kanalizačních sítí z tvárné litiny potvrzují nejvyšší ekologický i ekonomický přínos a provozní spolehlivost. Umožňují využití i všech bezvýkopových metod. Trubky z tvárné litiny ve standardním provedení jsou uvnitř vyloženy vrstvou cementové malty. Z hygienického hlediska se jedná o anorganický materiál v kontaktu s pitnou vodou. Kvalita a použití vyložení cementovou maltou je daná druhem cementu.

Současný standard litinových trub

Vývoj v oboru trubního materiálu z tvárné litiny v Evropě se v průběhu 30 let projevil i v České a Slovenské republice širokým praktickým užitím v klasických, bezvýkopových a speciálních aplikacích. V praxi osvědčená venkovní základní aktivní povrchová ochrana žárovým pozinkováním je dnes standardně řešena kvalitativně vyšší venkovní základní zesílenou aktivní povrchovou ochranu žárově nanášeným povlakem slitinou zinku a hliníku bez dalších kovů

(technické patentové označení ZINALIUM®) nebo s příměsí dalšího kovu - mědi (BioZINALIUM®) v minimálním množství 400 g/m^2 s krycí vrstvou (ekologickou vodou ředitelnou barvou). Protikorozní ochrany jsou v našich klimatických podmínkách vhodné pro všechny typy půd a aplikací, vyjma kyselých rašelinových půd, půd znečištěných odpady a půd s výskytem velmi vysokých hodnot bludných proudů. Pro tyto případy, bezvýkopové a speciální aplikace jsou k dispozici trouby se zesílenou speciální ochranou (vrstva polyetylénu, polyuretanu, cementové malty podle příslušných ČSN EN, tepelná izolace). První významné a dosud funkční stavby na našem území byly realizovány z litiny před více než 100 lety. Například výstavba Káranského přivaděče pitné vody pro Prahu DN 1100 mm a Březovského vodovodu pro Brno DN 600 – 650 mm v délkách několika desítek kilometrů. Z technologického a mechanického hlediska nutná tloušťka stěn trub ze šedé litiny byla nahrazena tloušťkou stěny z tvárné litiny vysokých mechanických parametrů se systémem vnitřních a vnějších ochran. Jednotlivé komponenty potrubí z tvárné litiny nejsou posuzovány jednotlivě. Norma ČSN EN 545 a 598 nahlíží na trouby, spoje, tvarovky a příslušenství jako na ucelený vodovodní a kanalizační potrubní systém.

Použití vyložení cementovou maltou

Podle ČSN EN 545 viz příloha E a odborné literatury je rozsah použití vrstvy cementové malty daný typem použitého cementu. Standardně, dlouhodobě používaný a praxí pozitivně ověřený evropskými výrobci litinových trub (od roku 1960) je jako nejlepší síranuvzdorný vysokopecní cementem CEM III/B. Podle ČSN EN 545 Příloha E má velký rozsahem použití u vodovodních sítí a kvalita je zkoušena podle ČSN EN 197-1, deklarovaná označením „CE“. Podle ČSN EN 545 Příloha E má největší rozsah použití cement s vysokým obsahem oxidu hlinitého (hlinitanový cement), ale pro aplikace pro vodovodní sítě nevyhovuje výluhovým testům pro trvalý kontakt s pitnou vodou. V praxi je používán pro kanalizační sítě.

Použití a provozní životnost vyložení cementovou maltou

Při provozní životnosti potrubí z tvárné litiny 100 – 150 let je v současné době těžko odhadovat vývoj provozních podmínek. Volba kvalitní cementové malty v souladu s ČSN EN 545 a zejména kvalita cementu v souladu s ČSN EN 197-1 je opodstatněná. Sdružení výrobců EADIPS FGR ve své příručce a PONT-á-MOUSSON v publikaci COMPENDIUM doporučuje:

- pro vodovody podle ČSN EN 545 vnitřní vyložení cementovou maltou na bázi vysokopecního síranuvzdorného cementu a jako alternativu vyložení polyuretanem,
- pro kanalizace podle ČSN EN 598 vnitřní vyložení cementovou maltou na bázi hlinitanového cementu a jako alternativu vyložení polyuretanem,
- pro průmyslové vody vnitřní vyložení cementovou maltou na bázi hlinitanového cementu a jako alternativu vyložení polyuretanem.

Ekologický přínos krycí vrstvy žárového pozinkování

Z ekologického i technického hlediska výrobci přecházejí z krycích vrstev ze syntetických, epoxidových pryskyřic na realizaci krycí vrstvy z vodou ředitelné akrylátové barvy, např. AQUACOAT®. Vedou je k tomu ekologické důvody odstranění Bisphenolu A (BPA) a dalších skleníkových látek z výroby, které se uvolňují do atmosféry při umělohmotných epoxidových nátěrech krycích vrstev žárového pozinkování litinových trubek. Trubky, např. Natural BioZinalium®, jsou již víc než deset let opatřeny ekologicky šetrnými nátěry vodou ředitelnými barvami Aquacoat®, které jsou VOC free a BPA free. Jejich používání znamená ochranu životního prostředí při výrobě, při aplikaci i pro okolní prostředí v místě finálního uložení trubek. Aby krycí vrstva podporovala funkci aktivní ochrany žárového zinkování vnějšího povrchu trubek, je mikroporézní. Technické přednosti vodou ředitelné barvy Aquacoat®, vůči barvám na bázi

syntetických epoxidových pryskyřicí, je její vyšší přilnavost a vysoká UV stabilita se zachováním stejného odstínu barvy. Na rozdíl od dvousložkového epoxidového nátěru se jedná o jednosložkový nátěr. U krácení trubek na místě stavby nevyžaduje při aplikaci v místě řezu míchání dvou složek a barva rychleji zasychá. Aquacoat® je technologicky vyspělejší krycí vrstva než předchozí krycí vrstva epoxidem, což výrobce dokládá testy a zkouškami.

Praktické aplikace, zkušenosti, technologie pokládky

Podíl tvárné litiny na celkové délce vodovodního potrubí se zvyšuje z 0% v roce 1992 na více než 15% v současné době. Nová výstavba a obnova páteřní vodovodní sítě a hlavních zásobních řadů se realizuje převážně z tvárné litiny. Aplikace potrubí z tvárné litiny vede ke snížení počtu poruch, ztrát vody, úniků odpadních vod a nežádoucím přítokům balastních vod. Mechanické vlastnosti potrubí se časem nemění. Materiál je pružný a pevný s vysokým koeficientem bezpečnosti po celou dobu životnosti bez negativního vlivu tepelné roztažnosti. Potrubní systémy mají vynikající odolnost proti prasknutí, což umožňuje odolávat provozním rizikům (rázy, pohyby, sedání půdy atd.), zvládat změny při a po pokládce z důvodů změny statického a dynamického zatížení, hladiny spodní vod a dalších v současné době nepředvídatelných podmínek v průběhu životnosti, které mohou nastat po instalaci v následujících 25, 50, 75 i více než 100 letech. Potrubí z tvárné litiny plní s rezervou požadavky na všechny typy pokládky vodovodních a kanalizačních sítí. Praktické realizace potvrdily mechanické parametry trub, funkčnost povrchových ochran a spolehlivost konstrukce pružných násuvných těsnících spojů s elastomerovým těsněním a zámkových spojů s jistícími segmenty.

Jeden potrubní systém pro všechny aplikace DN 60 – 2000 mm

Přehled a oblast použití praktických aplikací vodovodních a kanalizačních trub v České a Slovenské republice:

- zásobování vodou do DN 1600 mm
- odvádění odpadních a dešťových vod do DN 1400 mm
- speciální aplikace do DN 2000 mm: potrubí na mostech, potrubí v kolektorech, křížení vodních toků, křížení komunikací, potrubí ve strmém svahu, potrubí na povrchu, potrubí na neúnosném podloží, potrubní akumulace a retence, uložení do toku a vodní plochy, průmyslové rozvody vody, zasněžovací systémy, přivaděče k MVE, požární systémy
- bezvýkopové metody do DN 1100 mm: berstlining, výtlačno-zátažné metody, relining, horizontální vrtání, raketový pluh.

Fotodokumentace z praktických aplikací

- klasická pokládka a speciální aplikace

OBSAH

- bezvýkopové metody pokládky a obnovy

Závěr

V průběhu 30 let bylo instalováno několik tisíců km hlavních, zásobních a rozvodných vodovodních řadů, i kanalizačních stok z tvárné litiny. Potrubní systémy nabízí technické, ekologické a ekonomické komplexní řešení potrubních vodovodních nebo kanalizačních sítí včetně veškerého příslušenství a armatur ze stejně kvalitního materiálu. Výrobci neustále inovují a implementují výsledky vývoje a výzkumu do praktického využití. Vlastnosti tvárné litiny jsou nepostradatelné při ekonomickém a ekologickém budování vodovodních a kanalizačních sítí. Vysoká spolehlivost je daná bezpečnostními faktory ve výrobních evropských normách, které přesahují požadavky standardního provozu vodovodních a kanalizačních sítí. Kvalitní evropští výrobci zvyšují technické a užitné parametry vyráběných litinových trub používáním vnitřního vyložení cementovou maltou z vysokopecního síranuvzdorného cementu a základní zesílené vnější ochrany žárově nanášené vrstvy slitiny zinku a hliníku s dalšími kovy (mědí) nebo bez dalších kovů, s minimální hmotností 400 g/m^2, s krycí vrstvou. Přispívají ke snižování ekologického zatížení životního prostředí 100% recyklace stěny trubního materiálu a používáním vodou ředitelných barev Aquacoat® pro nástřik krycí vrstvy. Standardně a dlouhodobě je používaný a praxí pozitivně ověřený síranuvzdorný vysokopecní cement CEM III/B vyráběny evropskými výrobci podle ČSN EN 197-1. Úsporou provozních nákladů a nákladů na obnovu jsou potrubní systémy z tvárné litiny nejvýhodnější z hlediska celého životního cyklu stavby.

Literatura

1. ČSN EN 545: Trubky, tvarovky a příslušenství z tvárné litiny a jejich spojování pro vodovodní potrubí - Požadavky a zkušební metody,
2. ČSN EN 197-1: Cement – Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití
3. Guss-rohrsysteme č. 49: Florian Häusler a Stephan Hobohm: Praktický příklad udržitelného ochranného účinku vyložení trub z tvárné litiny z cementové malty pro pitnou vodu
4. Příručka Sdružení výrobců EADIPS FGR: Litinové potrubní systémy z trub, tvarovek a armatur z tvárné litiny"
5. PONT-á-MOUSSON: Potrubí z tvárné litiny COMPENDIUM.

Novinky v sortimentu PE potrubí – vyšší bezpečnost rozvodů pitné vody

Ing. Daniel Šnajdr

egeplast international GmbH, Greven, Německo

Inteligentní potrubní systémy od společnosti EGEPLAST navazují na digitalizaci prostupující do oboru vodárenství. Jak zvýšit bezpečnost při monitoringu potrubí za využití moderních technologií? Jednou z odpovědí na tuto otázku jsou bezpochyby inovativní potrubní systémy společnosti egeplast, které prostřednictvím sofistikovaného systému detekce a kontroly umožňují kontrolu potrubí bezprostředně po bezvýkopové instalaci nebo včasnou identifikaci poškození potrubí v provozu ještě předtím, než dojde k úniku vody.

PE potrubí s vyšší bezpečností

Benefity potrubních systémů egeplast jsou zřejmé: vyšší bezpečnost, delší životnost a v neposlední řadě stoprocentní kontrola bezchybného provedení bezvýkopové pokládky potrubí pro investora. Kombinace různých materiálů zvyšuje kvalitu a možnosti využití tradičních výrobků v celé řadě odvětví. Myšlenka kovových proužků nebo vrstev u plastových potrubí vznikla krátce po vzniku technologií výroby vícevrstvých trubek a dodatečného opláštění. V dnešní době nabízí společnost egeplast již 4 potrubní systémy využívající tuto technologii pro aplikace ve vodárenství, plynárenství i průmyslu.

Obrázek 1 *– Čtyři systémy PE potrubí kombinující materiály pro vyšší bezpečnost*

Kovová vrstva pod opláštěním PE potrubí slouží jako difúzní a permeační bariéra. Kovové proužky pak využívají svojí vodivosti ke kontrole těsnosti systému nebo přerušení v případě bezvýkopových technologií. Jako materiál pro konstrukci kovových vrstev nebo proužků se používá hliník. Způsob spojování kovových vrstev i proužků jednotlivých PE trubek funguje stejně dobře jako spojování trubek samotných a svářecí personál to zvládá bez obtíží.

Pitná voda, která je pro nás všechny čím dál vzácnější komoditou, je díky modernímu pojetí potrubních systémů chráněna po celou dobu životnosti potrubí, přičemž jsou spolehlivě eliminovány veškeré netěsnosti způsobující její úniky. Využití moderních potrubních systémů, jaké vyrábí firma egeplast, se tak může stát řešením platným pro nejednu generaci.

Referenční stavba potrubí SLM DCT

V Praze proběhla koncem jara a začátkem léta loňského roku rekonstrukce výtlaku odpadní vody z rekonstruované ČOV Podbabská do ústřední ČOV na Císařském ostrově. Výtlačné PE potrubí d400x23,7 bylo v úsecích bezvýkopové technologie navrženo právě ve variantě SLM DCT s integrovanými vodivými proužky pro kontrolu integrity.

Z důvodu navýšení kapacity výtlaku z ČSOV Roztocká byla provedena instalace dvojice výtlačného potrubí HDPE d400x23,7, včetně vystrojení pětice šachet na ostrově. Celková délka výtlaků je 1053,3 m a 1054,1 m. Trasa byla zčásti vedena bezvýkopově, když překračuje potok i boční plavební kanál Vltavy směrem na Císařský ostrov a dále vede podél obslužné komunikace v sousedství areálu ČOV. Zde byly další dva bezvýkopové úseky podcházející vzrostlé stromy. Výtlak křižuje hlavní vyústění vyčištěné odpadní vody z čistírny a kalovod. Generálním dodavatelem stavby byla společnost ZEPRIS. Bezvýkopovou technologii řízeného vrtání HDD pod korytem řeky Vltavy realizovala společnost TALPA-RPF. Zhotovitel v našem případě nic neuspěchal a po 18 dnech byly obě ramena shybky každá v délce 160 m úspěšně položeny pod řekou Vltavou a zmíněná zkouška integrity potrubí potvrdila plnou funkčnost nového potrubního výtlaku.

***Obrázek 2** – Znázornění trasy potrubí SLM DCT instalované řízeným vrtáním HDD*

Potrubní systém SLM DCT

Pro bezvýkopovou instalaci bylo navrženo potrubí z materiálu PE 100-RC s dodatečným ochranným pláštěm z modifikovaného PEplus značeným třemi zelenými pruhy, které má pod ochranným pláštěm integrované vodivé proužky. Vodivé proužky pod opláštěním mohou sloužit jako signalizační vodič, ale především umožňují test nepoškození po instalaci. Investor tak může zkontrolovat, zda nedošlo k poškození potrubí bezvýkopovou pokládkou. Toto riziko je velmi vysoké zejména u technologií Berstlining a HDD (řízené vrtání). Potrubní systém SLM DCT navazuje na filozofii opláštěného potrubí, které zajistí bezvadný nepoškozený povrch trubek u bezvýkopové instalace, a navíc nabízí jedinečnou možnost kontroly, že k poškození opravdu nedošlo. Jedná se o potrubní systém pro vlastníky a provozovatele, kteří kladou důraz na bezpečnost a spolehlivost.

Obrázek 3,4 *– Kontrola propojení pásků po svaření a příprava pro technologii HDD*

Další inovace PE trubek pro vodárenství

3L Leak Control

- Kanalizační potrubí v ochranných pásmech pitné vody
- Přeprava toxických médií, jako jsou odpadní vody
- Náhrada dvouplášťové kanalizace k ochranně životního prostředí
- Bioplynové stanice a udržitelné zemědělství

SLA Barrier Pipe

- Rozvody pitné vody procházející kontaminovanými oblastmi (skládky, průmyslové zóny, čerpací stanice, vojenské prostory, intenzivní zemědělství)
- Potrubí pro pitnou vodu v blízkosti toků a vodních nádrží
- Souběžná pokládka pitné a odpadní vody

SLM DCS

- Monitoring významných přivaděčů (pitná/surová voda), jejich kontrola v intervalech
- Kanalizační výtlaky mimo ochranná pásma
- Monitoring potrubí v nestabilní oblasti z důvodu pohybu půdy (poddolovaná území, silné povětrnostní podmínky)

Závěr

Budoucnost směřuje k digitalizaci ve vodárenství a monitoringu významných potrubí, které jsou označovány za strategické. Všechny uvedené inovativní systémy se navrhují na míru. Při přípravě a projektování se technické detaily konzultují s výrobcem egeplast international GmbH. V případně zájmu lze navštívit výrobní závod v Německu, provést zaškolení realizační firmy či provozovatele.

Aplikace regulačních membránových ventilů CLA-VAL na objektech vodojemů a jejich hlavní přínosy pro provozovatele

Ing. Jiří Ševčík

HUTIRA
ATJ special, s.r.o.

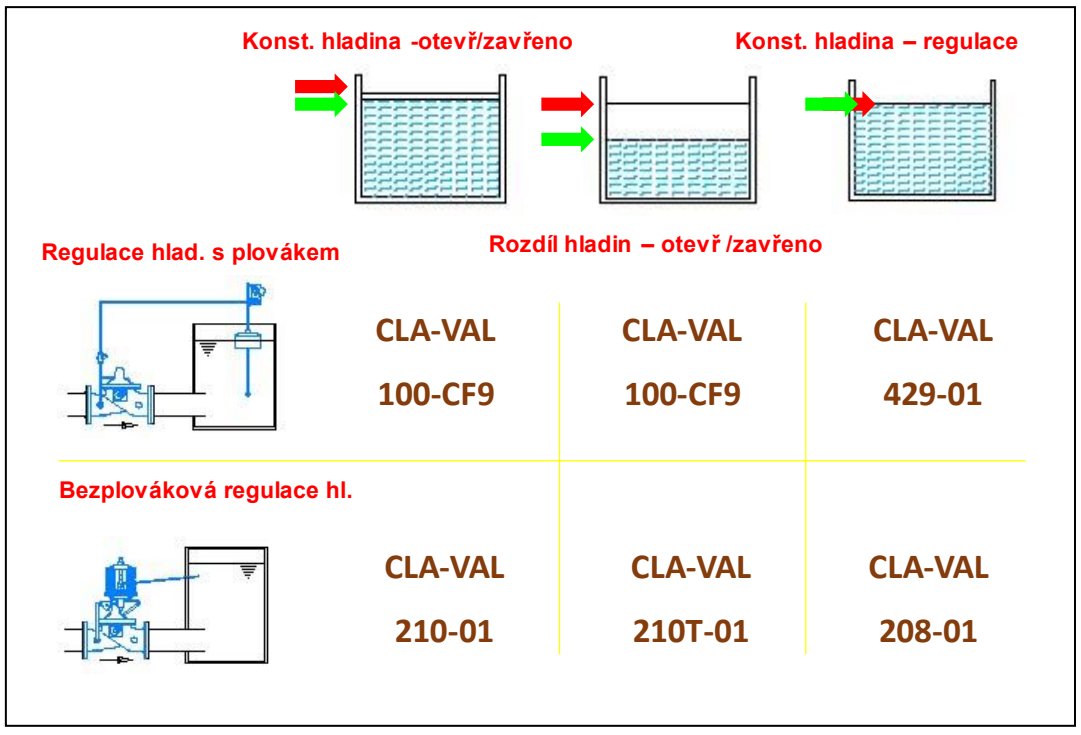
Abstrakt

Využití regulačních ventilů má v oblasti vodárenství své významné místo, v tomto článku se zaměříme na konkrétní objekty vodárenské infrastruktury a to jsou vodojemy.

Díky multifunkčnosti regulačních membránových ventilů a pomocí velkého rozsahu nastavení pružin, které jsou součástí pilotních ventilů Cla-val je možné těmito membránovými ventily řídit nátok do různých zemních vodojemů v kubaturách od 5 m^3 až po vodojemy s objemy řádově v tisících m^3. Pomocí regulačních ventilů lze také řídit nátok do věžových vodojemů nebo různých přerušovacích komor a jiných speciálních objektů. Autor má četné zkušenosti i s nátokem do ATS, které jsou vybaveny malými nádržemi, jež slouží pro zásobování sacích předloh čerpacích agregátů.

Jako jedno z mála řešení lze použít regulační ventil k plnění vyrovnávacího vodojemu, jedná se o vodojem za spotřebištěm a regulační ventil zde funguje jako dvoucestná armatura. V jednom směru doplňuje akumulaci a v případě obrácených tlakových poměrů pak membránový ventil zásobuje opačně spotřebiště (tlakové pásmo) z vodojemu.

Využití regulačních membránových ventilů na objektech vodojemů a jejich celkový přehled znázorňuje níže uvedená tabulka:



Bezplovákový způsob řízení

Tento způsob řízení nátoku do vodojemu se v posledních 20 letech velmi rozšířil a je to opravdu osvědčený systém regulace prověřený na stovkách různých lokalit na celém území ČR a SR. Výhodou tohoto řízení je celková kompaktnost celého zařízení, přiměřená citlivost zařízení a také fakt, že není nutnost vstupovat do vlastní akumulace. Právě absence „ataku“ do vlastního akumulačního prostoru bývá jedním z rozhodujících faktorů, proč investor volí tento způsob řešení a díky tomu pak uspoří nemalé náklady, které by byly spojeny s následným utěsňováním prostupů, dalšími návaznými stavebními pracemi atd.

Důležitým kritériem zda je možné použit tento způsobu regulace je to, že poloha vlastního ventilu musí být výškově minimálně 1,5 m pod maximální provozní hladinou vodojemu. Pokud není tato podmínka splněna, není možné bezplovákovou regulaci použít a zpravidla se využívá plovákový způsob ovládání nebo (pokud to lze) je nutné „spustit“ pilotní ventil na pilotním okruhu pod vlastní ventil do takové úrovně, aby byla splněna podmínka 1,5 m výškového převýšení.

V případě, že se jedná o gravitační systém zásobování a vodojem má zpravidla větší akumulační prostor, pak se obvykle používá systém otevřeno / zavřeno. To znamená, že dopouštění vodojemu se děje periodicky dle poklesu provozní hladiny o 30 cm v.sl.. Tedy ventil je buď zcela otevřen a tím se akumulace dopouští anebo je ventil zcela uzavřen. Tento způsob regulace tedy „mění skokově“ tlak v přívodním řadu a to může být v některých případech nežádoucí faktor. V případě akumulací, které mají více jak 1000 m^3 se tento způsob řízení rozšiřuje o nadstavbu, která umožňuje nastavit tzv. hysterezi hladin. Tedy oněch výše uvedených 30 cm kolísání hladin lze změnit na potřebnou hodnotu až do 2,5 m v.sl. a docílit tak větší výměny vody v akumulaci.

Další možností bezplovákové regulace je její progresivní způsob řízení. To znamená, že regulační ventil stále „škrtí“ nátok vody podle aktuálního odběru z vodojemu. V případě výtlačných systémů nebo malých kubatur akumulací je vhodnější zvolit tento způsob řízení, navíc se tím „zplošťuje“ čára dynamického tlaku a to hraje ve členitém terénu velmi důležitou roli (nehrozí například zavzdušnění potrubí). V případě poruchy nebo v případě, že je některý takový objekt zařazen do systému dálkového řízení, (které sice není jeho primární funkcí, nicméně může být v některých situacích aplikováno), je důležité si uvědomit, že je nutné zamezit následnému přílišnému otevření ventilu právě v době po deaktivaci dálkového řízení. Jinak hrozí příliš velké otevření ventilu a následně s tím spojené problémy se zavzdušněním nebo zakalením vodovodního potrubí atd. V některých oblastech kde je AT stanice umístěna přímo ve spotřebišti se takový způsob regulace také s výhodou aplikuje.

Plovákový způsob řízení

Tento způsob řízení se doposud instaloval v menším počtu než výše zmiňovaný bezplovákový model, nicméně nabízí řadu výhod jako např. nižší pořizovací náklady a také to, že hladina vody ve vodojemu může být prakticky v jakékoliv výšce v porovnání s osou ventilu (případně i nad ventilem samotným).

Doposud se používal tento způsob regulace zejména pro menší vodojemy a to opět jako systém otevřeno / zavřeno v případě gravitačních systémů distribuce anebo pro plnění akumulací, které jsou součástí AT stanic. V tom případě se jedná výhradně o progresivní model 429.

Viz. ***obrázek*** *ATS Svésedlice:*

Dálkové řízení

V případě, že je vzdálenost mezi vlastním ventilem a akumulační nádrží větší a není tedy vhodné využít pro řízení nátoku pomocný tlak, využívá se řízení pomocí proudové smyčky 4-20 mA. Ventil je vybaven servopohonem s malým odběrem elektrické energie a pomocí SCADA signálu řídí nátok do vodojemu na základě hladinové sondy případně lze použít také ruční režim. V případě ztráty signálu 4-20 mA je pak možné navolit na servopohonu nouzový mód tj. do jaké polohy se má automaticky přenastavit.

Viz. ***obrázek*** *VV Moravská Huzová, SITKA Šternberk:*

Kombinace hydraulické funkce ovládání a dálkového řízení

U některých velmi významných vodojemů byl v minulosti požadavek na kombinaci obou stylů řízení. Ovšem vždy se snažíme volit logiku řízení tak, aby hydraulické ovládání bylo prioritou a v případě výpadku napětí, aby ventil pracoval zcela autonomně po neomezenou dobu. To znamená, aby i v těchto provozně nestandardních případech nebylo nutné ihned zapojit lidský faktor a nemít tak obavu z přelivu vody, případně příliš velkého vyprázdnění akumulace. Opět se klade důraz na to, aby dálkové ovládání tj. nyní elektromagnetické ventily měly velmi malou spotřebu elektrické energie a celý způsob ovládání byl co nejjednodušší.

Vyrovnávací vodojemy

Tato poněkud ojedinělá metoda řízení vychází z dvoucestného způsobu plnění / prázdnění akumulace a to díky pouze jedné armatuře (ventilu). Jelikož tento způsob řízení je poměrně neobvyklý (dle informací autora článku je to dáno zejména obavou z horší kvality vody), dosavadní instalace byly provedeny na vodojemech objemu do 100 m^3. Ventil de facto pracuje jako bezplováková regulace, tedy v hlavním směru doplňuje akumulaci až na příslušnou potřebnou maximální hladinu a v případě velkých odběrů spotřebiště reaguje jako zpětná klapka. V těchto případech je důležité použít plnoprůtočný typ ventilu, který poskytuje velmi malou tlakovou hydraulickou ztrátu.

Kombinace plnění vodojemu a řízení napřímo

Tato varianta regulace se používá zejména proto, aby v době čištění vodojemu nebylo nutné hledat náhradní zásobování anebo osazovat druhý tlakově redukční ventil. Ventil je vybaven dvěma pilotními okruhy, které jsou od sebe navzájem odděleny kulovými kohouty. Po dobu plnění vodojemu, ventil pracuje pouze s jedním okruhem (primárním) jako bezplovákový progresivní model. V režimu čištění vodojemu, se ručně aktivuje druhý okruh (sekundární) a ten primární se pak odstaví. Ventil tedy de facto nyní pracuje jako redukční ventil, výstupní tlak bývá do 0,5 bar a to tak dlouho, dokud není čištění vodojemu dokončeno. Poté se zase ručně aktivuje primární okruh a ten sekundární se odstaví a celý režim se takto opakuje.

Závěr

V současné době je k dispozici několik desítek prověřených typů membránových ventilů Cla-val, které se využívají pro plnění různých druhů vodojemů a přerušovacích komor. Vhodný výběr konkrétního membránového ventilu je daný místními podmínkami, danými požadavky / zvyklostmi provozního střediska, důležitostí vodojemu resp. jeho kubaturou, skutečností zda se jedná o rekonstrukci stávajícího vodojemu nebo se jedná o novostavbu. Obecně si dovoluji po mnohaletých zkušenostech říct, že čím menší je vodojem, tím spíše bude vhodnější jeho progresivní činnost (a to ve většině případů bezplováková regulace). Naopak u vodojemů nad 1000 m^3 to zpravidla bývá vždy regulace stylem otevřeno / zavřeno bezplováková regulace, v těchto případech se většinou do ventilu integruje i dálkové ovládání a v mnohých případech také dálkový přenos polohy otevření ventilu.

Z pohledu servisu je důležité si uvědomit, že tyto typy regulačních ventilů jsou složitější než „běžné“ redukční ventily a tak je důležité na nich provádět pravidelně servis v 1 letých intervalech. Firma HUTIRA ATJ special, s.r.o. poskytuje velmi kvalitní servisní činnost a disponuje potřebnými materiálními i lidskými zdroji, tak aby zákazník vždy a v pravý čas měl ventil v perfektním stavu a aby servis byl vykonáván formou prevence. Přestože těchto typů regulací je opravdu velké množství, firma CLA-VAL neustále vyvíjí nové typy, které reflektují potřeby provozovatelů a udávají tak trend v této oblasti vodárenství.

2 roky provozu nanofiltrace na ÚV Domašov – provozní zkušenosti

Ing. Adam Fendrych[1]; Ing. Marta Urbánková[2]; Ing. Tomáš Láska[3]; Michal Dlask[1]

1) VWS MEMSEP s.r.o., Sokolovská 100/94, 186 00 Praha
2) MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.
3) Hydranautics – A Nitto Group Company

Abstrakt

Příspěvek se zabývá provozními zkušenostmi získanými za 2 roky provozu nanofiltrace na úpravně vody Domašov nad Bystřicí. V ČR se jedná o první instalaci svého druhu, a i v rámci střední Evropy jde o unikátní projekt. Nanofiltrace zde slouží jako třetí separační stupeň v případě okálových stavů, kdy na stávající technologické lince není možné dosáhnout kvality upravené vody dané vyhláškou MZ ČR 252/2004 Sb.. Do provozu je uváděna pouze v období zhoršené kvality surové vody, což v roce 2020 činilo celých 100 dní. Vzhledem k vysoké separační účinnosti nanofiltrace nebylo ani v jednom případě nutné náhradní zásobování spotřebiště tak, jak tomu bývalo v minulosti. Příspěvek pojednává o provozních zkušenostech zejména s chemickým čištěním, konstrukcí a účinnosti separace pro jednotlivé ukazatele. Tyto zkušenosti jsou porovnávány z různých úhlů pohledu (projektant, technolog, výrobce membrán a provozovatel), což poskytuje komplexní vhled do problematiky.

ÚV Domašov nad Bystřicí

Úpravna vody zásobuje pitnou vodou obce Domašov n/B., Horní Loděnice, Jívová a Hraničné Petrovice, tedy zhruba 1 500 obyvatel. Současná úpravna je dimenzována na maximální výkon 5 l/s. Průměrný výkon úpravny vody se aktuálně pohybuje okolo 3 l/s. Zdrojem surové povrchové vody je řeka Bystřice. Základní technologická linka se skládá ze dvou separačních stupňů. V prvním stupni je dávkována vápenná voda, manganistan draselný a síran hlinitý. Po homogenizaci dávkovaných chemikálií dochází k flokulaci s rychlým a pomalým mícháním pomocí pádlových míchadel a děrovaných stěn. Vzniklá suspenze je odstraňována v lamelové sedimentační nádrži o rozměrech 4,8 m x 4,8 m s hloubkou 4,2 m. Druhý separační stupeň je tvořen dvojicí pískových otevřených filtrů o půdorysu 3,0 x 2,7 m s mezidnem. Pro dezinfekci upravené vody je použit plynný chlor. Veškeré odpadní vody jsou likvidovány na kalových polích. V roce 2019 byl do technologické linky zařazen 3. separační stupeň – nanofiltrace. Na odtoku filtrované vody, za pískovými filtry, byla provedena odbočka, odkud je v případě potřeby možné vést filtrovanou vodu na technologii nanofiltrace. Ta obsahuje vyrovnávací nádrž (1,2 m^3), podávací čerpadlo, svíčkový filtr (10 µm) a jednotku nanofiltrace o maximálním výkonu 4,16 l/s upravené vody (permeátu). Nanofiltrace je provozována pouze v období, kdy není původní linka schopna plnit požadavky na kvalitu pitné vody. Ve zbývajícím čase je udržována v režimu stand-by pro možnost okamžitého zprovoznění.

Surová voda

Zdrojem vody pro úpravnu Domašov nad Bystřicí je řeka Bystřice. Jedná se o řeku horského charakteru s vysokou odtokovou rychlostí, což se projevuje na vysoké variabilitě kvality i průtoku vody. Ke zvýšení průtoků a zhoršení kvality vody dochází zejména v období okálových stavů, které jsou primárně následkem jarního tání a zvýšených podzimních dešťových srážek, ale také nárazově při letních bouřkách nebo přívalových deštích. V tomto období dochází k zhoršení parametrů v ukazatelích barva, zákal, huminové látky, TOC/CHSK_{Mn}, koncentrace železa, manganu a hliníku.

Kvalita vody je kromě okálových stavů potenciálně ovlivňována i dalšími zdroji znečištění, kterými jsou:

1) intenzivní kalamitní těžba dřeva v okolí řeky Bystřice (splachy huminů, jílů a nejnověji i saponiny)
2) pastva hospodářských zvířat v okolí řeky
3) čistírna odpadních vod nacházející se nad jímacím objektem, která je v technicky nevyhovujícím stavu s diskutabilní kvalitou vypouštěné vody
4) periodické vypouštění odpadních vod z praní filtrů v závodě Ondrášovka (s vysokým obsahem železa, manganu, nerozpuštěných látek a mikrobiologického znečištění)

Vybrané parametry kvality surové vody jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1: *Vybrané parametry surové vody 2020 – 2021*

název	jednotka	průměr	minimum	maximum
pH		7,2	6,5	7,8
teplota	°C	7,1	0,2	18,1
zákal	ZFn	6,7	3	30
železo celkové	mg/l	0,65	0,23	1,5
mangan	mg/l	0,075	0,025	0,203
hliník	mg/l	0,13	0,025	1,13
vápník	mg/l	20,1	12,2	35,2
hořčík	mg/l	3,8	2,2	6,5
huminové látky	mg/l	9,46	0,95	24
absorbance při 254 nm	1 cm	0,33	0,13	1,03
KNK4,5	mmol/l	0,94	0,4	2,14
ZNK8,3	mmol/l	0,11	0,08	0,4
$CHSK_{Mn}$	mg/l	7,5	2,4	25
barva	mg/l Pt	149	54	300

Filtrovaná voda

Vyčiřená filtrovaná voda tvoří vstupní vodu pro nanofiltraci (NF). Na její kvalitě závisí provoz této technologie, a to především z pohledu zanášení membrán. Průměrná kvalita filtrované vody během provozu NF za rok 2020 je uvedena v tab.2.

Tab. 2: *Kvalita vody natékající na nanofiltraci 2020*

parametr	jednotka	průměr	max.
$CHSK_{Mn}$	mg/l	9,6	25
TOC	mg/l	6,8	12,5
barva	mg/l Pt	129,5	430
zákal	NTU	3,4	10
železo celkové	mg/l	0,39	0,84
mangan	mg/l	0,12	0,204

Z výsledků je patrné, že v době okálových stavů není schopna původní technologie plnit limity pro pitnou vodu a pískovou filtrací prochází organické znečištění a zejména nerozpuštěné látky (indikované zákalem vody a železem v nerozpuštěné formě), které způsobují zanášení membrán. Kvalitativní parametry vstupní vody pro nanofiltrační membrány, doporučené výrobcem, jsou:

- zákal ≤ 1 NTU
- SDI[1] ≤ 5

Hodnota zákalu není splněna ani v rámci průměrných hodnot. V případě vstupního zákalu je překračována i hodnota zákalu 5 NTU daná výrobcem membrán jako maximální přípustná. Pro lepší představu lze uvést, že na jiných instalacích s kvalitní předúpravou před nanofiltrací bývají intervaly chemického čištění membrán (CIP – cleaning in place) v řádu měsíců. Bohužel na ÚV Domašov nad Bystřicí bývá v období okálových stavů interval CIP v rámci dnů a/nebo týdnů.

Volba membrány/technologie

Pro ověření vhodnosti jednotlivých typů nanofiltračních membrán byly provedeny nejprve laboratorní zkoušky na dvou typech NF membrán HYDRACoRe 10 a HYDRACoRe 50. Jejich parametry jsou uvedeny v tab. 3. Následně proběhly v období 21.3. – 28.3.2018 poloprovozní zkoušky s membránou HYDRACoRe 50. Na základě výsledků poloprovozních zkoušek vznikl návrh technologické linky s umístěním NF za pískovými filtry. Přímá úprava surové vody z řeky na NF nebyla doporučena [1].

Membrány řady HYDRACoRe byly vyvinuty právě pro odstranění barvy z vodných roztoků (CoRe = Color Removal) a jejich účinnost pro odstranění barvy a organických látek z pitné vody je v provozním měřítku ověřena na mnoha referencích (USA, Norsko). Membrány vykazují silně negativní povrchový náboj (zeta potenciál – 85 mV) a mají velmi hladký povrch (na mikroskopické úrovni), který minimalizuje zanášení nerozpuštěnými látkami. Negativní povrchový náboj membrány má vliv nejenom na repulzi záporně nabitých organických látek a předcházení foulingu (zanášení membrán), ale také zásadně ovlivňuje odstranění rozpuštěných solí. Z hlediska účinnosti separace jednotlivých iontů je zásadní velikost jejich náboje a na jaký protiiont je vázaný. Negativně nabitá membrána bude tedy více odpuzovat anionty s nábojem -2 (např. SO_4^{2-}) než -1 (např. Cl^-). Naopak kationty s nábojem +2 (Ca^{2+}, Mg^{2+}) jsou odstraňovány s nižší účinností než menší kationty s nábojem +1 (Na^+). To přináší pozitivní efekt díky nižší separační účinnosti u vápníku a hořčíku. Tyto esenciální prvky je nezbytné v upravené vodě zachovat v co nejvyšší možné míře. Snižování jejich koncentrace není žádoucí z hlediska zdravotního [2].

Tab. 3: *parametry membrány HYDRACoRe 10 a HYDRACoRe 50*

parametr	jednotka	HYDRACoRe 10-LD-4040	HYDRACoRe 50-LD-4040
membránová plocha	m^2	7,4	7,4
průtok permeátu	m^3/d	11,4	11,9
rejekce NaCl	%	20	50
testovací tlak	MPa	3,4	9,7
MWCO[2]	Da	3 000	1 000

[1] SDI (silt density index) je parametr, který udává potenciál vody pro zanášení membrány nerozpuštěnými látkami. Postup stanovení uvádí standard ASTM D4189-07. Na ÚV Domašov není stanovován, ale z hodnoty zákalu a koncentrací Fe a Mn je zřejmé, že jeho hodnota bude rovněž překročena.

[2] MWCO (molecular weight cut off) je empiricky určená minimální molární hmotnost organických látek, které jsou s 90% účinností zachyceny na membráně.

Způsob provozu nanofiltrace

Technologický stupeň nanofiltrace má za úkol upravovat vodu za stávajícími pískovými filtry v případě, že nelze na předřazené technologii dosáhnout kvality pitné vody. V případě, že je za pískovými filtry překročena hodnota TOC > 3 mg/l, je do provozu uvedena nanofiltrace. Hodnota TOC za filtry je měřena nepřímo jako absorbance při 254 nm a přepočítána pomocí interní kalibrace na analyzátoru Sigrist Color Plus 2. Pro možnost urychleného uvedení NF do provozu, je zařízení udržováno trvale ve stand-by režimu, během kterého jsou v nastavených časových intervalech prováděny automatické preventivní proplachy filtrovanou vodou po hygienickém zabezpečení. Pracovní tlak se při běžném provozu pohybuje v rozmezí 4 – 7 bar dle aktuálního zanešení membrán a teploty vody. Původní návrh počítal s provozem nanofiltrace v období okálových stavů pouze v omezených časových intervalech, řádově 10 – 20 dní za rok. Avšak v roce 2020 bylo nutné nanofiltraci provozovat celých 100 dní. Intenzivní provoz a zhoršená kvalita vody za pískovými filtry vedla k potřebě častého chemického čištění membrán, a to v maximech až 3x týdně. Bez chemického čištění by byla překročena maximální tlaková ztráta na NF, jednotka by neprodukovala dostatek vody a došlo by k nevratnému zanesení a poškození membrán. Tento způsob provozu samozřejmě vedl k nárůstu spotřeby čistících chemikálií a vyšší produkci odpadních vod oproti návrhu. Ve všech případech však byla dodržena požadovaná kvalita upravené vody. Provozně se osvědčilo zahájit nejprve kyselým čištěním (Hydrex 4921) a poté alkalickým (Hydrex 4501).

Provozní výsledky

Jak je vidět z provozních výsledků (viz tab. 4), kvalita vody za pískovými filtry (nátok NF), během provozu NF, přesahuje limity pro pitnou vodu hned v několika ukazatelích. Jen díky provozu nanofiltrace se ve všech případech podařilo dodržet potřebnou kvalitu vyrobené vody a odvrátit potřebu náhradního zásobování spotřebiště.

Tab. 4: *Provozní výsledky nanofiltrace – průměrné hodnoty 2020 – 2021*

parametr	jednotka	nátok NF	permeát NF	účinnost odstranění
$CHSK_{Mn}$	mg/l	9,6	1,2	87,3 %
TOC	mg/l	6,8	0,7	88,5 %
barva	mg/l Pt	120	< 5	> 96 %
Fe	mg/l	0,36	< 0,05	> 87 %
Mn	mg/l	0,11	0,05	54,6 %
Ca	mg/l	20,5	16,4	19,8 %
Mg	mg/l	2,8	2,4	26,3 %
Tvrdost celková	mmol/l	0,63	0,51	19 %

Červené hodnoty v tabulce uvádějí překročení limitů pro pitnou vodu dané vyhláškou MZ ČR 252/2004 Sb.

Dle očekávání je účinnost odstranění organických látek a barvy vody velmi vysoká. Stejně tak u železa. Separace manganu je omezená, jelikož se na rozdíl od železa za filtry vyskytuje částečně v rozpuštěné formě. Malé molekuly a rozpuštěné soli mají na membráně odlišný separační mechanismus. Jako doprovodný efekt lze označit eliminaci bakteriálního a mikrobiologického znečištění vody nanofiltrační membránou. Z hlediska kvality vyrobené vody je jediným negativním jevem nanofiltrace snižování koncentrace vápníku a hořčíku. Účinnost odstranění těchto iontů je zde 19,8 % (Ca) a 26,3 % (Mg). Na ÚV Domašov není koncentrace vápníku a hořčíku dále uměle zvyšována. Bilance úpravny je uvedena v tab.5. Technologie nanofiltrace je v provozu od 5/2019. Je vidět, že rok 2020 byl skutečnou zatěžkávací zkouškou pro provoz nanofiltrace vzhledem k délce jejího provozu a kvalitě vstupní vody.

Tab. 5: *Bilance provozu ÚV Domašov*

	jednotka	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
odebraná surová voda	m^3/rok	104 001	88 436	124 695	123 275	73 990	76 378	72 767
voda vyrobená	m^3/rok	58 136	51 804	69 269	69 246	65 927	62 502	64 741
spotřeba technologické vody	m^3/rok	45 865	36 632	55 426	54 029	8 065	13 876	8 026
vlastní spotřeba vody	%	44,1	41,4	44,4	43,8	10,9	18,2	11
množství vody upravené NF	m^3/rok	-	-	-	-	3 419	20 553	2 841
počet dní NF v provozu	dny	-	-	-	-	12	100	12
počet dní přerušené dodávky PV	dny	0	38	93	0	0	0	0

Vlastní spotřeba vody před rekonstrukcí (2015 – 2018) byla pro danou technologickou linku enormní a pohybovala se v rozmezí 40 – 45 %. To bylo způsobeno především nutností častého praní filtrů v období zhoršené kvality surové vody tak, aby bylo dosaženo požadované kvality upravené vody. V roce 2019 byla NF spuštěna do provozu pouze na 12 dní. Vlastní spotřeba vody na ÚV byla necelých 11 %. V roce 2020 se situace otočila a NF byla v provoze celých 100 dní. To vedlo k nárůstu vlastní spotřeby vody z několika důvodů. Došlo k dlouhodobějšímu zhoršení kvality surové vody, což se odrazilo i na provozu čiření a filtrace. Dále je třeba počítat s tím, že konverze NF je 80%, tudíž 20 % z nátoku na NF je kontinuálně odváděno do kanalizace. Se zhoršenou kvalitou vody za pískovou filtrací souvisí potřeba častého chemického čištění nanofiltrace. I tak je ale procentuálně vyjádřená vlastní spotřeba vody méně než poloviční oproti stavu před zprovozněním NF. Rok 2021 byl poté návratem k obvyklým provozním hodnotám.

Provozní a projekční problematika

Z hlediska použité technologie se jednalo o unikátní instalaci. I přes to, že společnost VWS MEMSEP jako dodavatel technologie má rozsáhlé zkušenosti s návrhem a výrobou stanic reverzní osmózy, která je s nanofiltrací konstrukčně téměř totožná, určité nuance zde jsou. Jedná se především o nižší provozní tlaky, vysoký podíl recirkulace koncentrátu u nanofiltrace a o jejich odlišné primární využití (separace organických látek oproti demineralizaci). Během zprovoznění a provozu technologie nanofiltrace jsme se potýkali s následujícími neduhy:

Likvidace odpadních vod

Odpadní vody z běžného provozu a chemického čištění nanofiltrace jsou odváděny do jímky úkapů (v plnění zákazníka), odkud jsou přečerpávány ponorným čerpadlem na kalové laguny. Vystrojení jímky bohužel nebylo stavěno na podobné zatížení a zejména při chemickém čištění docházelo k nadměrnému pěnění v jímce a k zaplavování suterénu v případě, že kalové čerpadlo nebylo schopné tuto směs pěny a chemikálií vyčerpat. Situace byla vyřešena zvětšením dimenze výtlačného potrubí z DN50 na DN80 a osazením výkonnějšího čerpadla. Problém s pěněním v jímce úkapů během CIP byl provozovatelem vyřešen dávkováním odpěňovače na hladinu v jímce.

Pěnění během CIP

Jednotka nanofiltrace má na rámu integrovanou nádrž pro chemické čištění (300 l). Její objem je pro tuto velikost jednotky dostatečný. Avšak během chemického čištění dochází k silnému pěnění v této nádrži. Jedním z důvodů bylo, že výrobce, navzdory projektové dokumentaci, zakončil vratné potrubí do nádrže pro CIP nad hladinu. To bylo dodatečně upraveno a prostupy

nádrží zatěsněny. Obecnou příčinou pěnění je vysoký podíl zachycených organických látek, které ve spojení se surfaktantem v roztoku pro chemické čištění vytváří značné množství pěny. S rostoucími provozními zkušenostmi obsluhy byly problémy minimalizovány.

Nedostatečné odvzdušnění vyrovnávací nádrže před NF

I když bylo odvzdušnění nádrže řešeno vytažením odvzdušňovacího potrubí nad úroveň hladiny vody v pískových filtrech, docházelo při otevírání armatur na vstupu do vyrovnávací nádrže k problémům s měřením hladiny v této nádrži. Situace byla řešena dodatečnou instalací odvzdušňovacího ventilu.

Časté výpadky proudu

Úpravna se potýká s častými výpadky elektřiny, kdy právě během okálových stavů může být četnost výpadků i 10x za den. Po každém výpadku je však nutné na řídicím panelu nanofiltrace provést ruční reset. Až poté je možné jednotku uvést do automatického provozu. Tento problém byl vyřešen dodatečnou instalací záložního zdroje (UPS).

Ohřev vody pro CIP

Vzhledem k častému chemickému čištění provozovatel doplnil druhý boiler pro ohřev vody pro chemické čištění, aby bylo možné celý proces urychlit a minimalizovat tím dobu odstávky technologie.

Závěr

Úpravna vody Domašov nad Bystřicí je příkladem toho, jak je možné moderními technologiemi řešit obtížně upravitelné povrchové vody, zejména u menších zdrojů pitné vody. Za rekordně krátkou dobu 1,5 roku firma VWS MEMSEP s.r.o. navrhla, laboratorně a poloprovozně otestovala, zkonstruovala a dodala komplexní řešení úpravy pitné vody pomocí membránové technologie. Díky zařazení nanofiltrace do stávající technologické linky úpravny nebylo nutné, ani v době okálových stavů, zajišťovat náhradní zásobování spotřebiště tak, jak tomu bylo v minulosti. Provozní výsledky jen potvrzují data naměřená v rámci pilotních testů. I navzdory tomu, že byla doplněna nová technologie, vykazující výtěžnost 80 %, se podařilo snížit vlastní spotřebu vody ze 43 % pod 20 %. A to hlavně z důvodu snížení četnosti praní pískových filtrů. Cenou za nepřetržité plnění kvalitativních a kvantitativních požadavků na pitnou vodu je snížení koncentrace vápníku a hořčíku o 19,8 % resp. 26,3 % při provozu nanofiltrace, což je však akceptováno Krajskou hygienickou stanicí Olomouckého kraje. Membrány jsou v provozu bez nutnosti výměny od 1.5.2019. Vzhledem k tomu, že nanofiltrace je v ČR v podstatě neznámou technologií úpravy pitné vody, bylo seznámení obsluhy s jejím provozem mnohem náročnější a spoustu věcí bylo nutné se učit za pochodu. Můžeme však konstatovat, že s rostoucími provozními zkušenostmi se povedlo všechny vzniklé potíže vyřešit k vzájemné spokojenosti. Doufáme, že tímto krokem se pro technologii nanofiltrace otevírají dveře i v rámci českého vodárenství a věříme, že další instalace na sebe nenechají dlouho čekat.

Seznam použitých zdrojů

[1] Vachová, P., Kutal, T., Pavlis, I., Urbánková, M.: Moderní trendy rekonstrukce úpraven vody využitím membránové technologie. In: Sborník referátů konference Provoz vodovodů a kanalizací 2018, Brno.

[2] Kožíšek F.: Zdravotní význam „tvrdosti“ pitné vody. Státní zdravotní ústav, Praha, 2000.

Výskyt siníc vo vodárenských zdrojoch na Slovensku a možnosti ich odstraňovania

prof. Ing. Danka Barloková, PhD.[1)]; prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.[1)]; Dpt. Viliam Šimko[2)]; Ing. Pavol Mikula[3)]

1) Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, danka.barlokova@stuba.sk, jan.ilavsky@stuba.sk
2) Vodatech, Račianske mýto 10990/1C, 831 02 Bratislava, Simko.voda@gmail.com
3) Slovenský vodohospodársky podnik, o.z. Piešťany, VHL Kuzmányho 10, 012 05 Žilina, Pavol.Mikula@svp.sk

Abstrakt

Zdravotné obavy z výskytu buniek siníc a ich pridružených metabolitov (cyanotoxíny, chuťové a pachové látky) vo vodných zdrojoch vzrástli v poslednom desaťročí. V niektorých prípadoch sa pohybuje počet siníc vo vodárenských zdrojoch v hodnotách vyšších ako 10000 buniek/ml, čo je podľa Vyhlášky Ministerstva životného prostredia SR č. 636/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch limitnou hodnotou pre kategóriu A3. V takomto prípade je potrebná intenzívna fyzikálna a chemická úprava, rozšírená úprava a dezinfekcia, napríklad koagulácia, flokulácia, usadzovanie, filtrácia, adsorpcia (aktívne uhlie), dezinfekcia (ozón, chlórovanie), prípadne kombinácia fyzikálno-chemických a biologických metód úpravy vody a dezinfekcia. Odstraňovanie siníc si vyžaduje hľadať aj ďalšie možnosti, ako zlepšiť účinnosť technológie úpravy vody, nielen vzhľadom na kvalitu pitnej vody ale aj odpadovej (pracej, kalovej) vody z jednotlivých stupňov úpravy pred ich likvidáciou.

ÚVOD

Pre získanie kvalitnej pitnej vody sú využívané na Slovensku hlavne zdroje podzemných vôd, čo predstavuje viac ako 85% z celkového množstva vody dodávanej do verejných vodovodných sietí. V tých častiach Slovenska, kde nie sú vyhovujúce zdroje podzemných vôd, či už z hľadiska kvality ale hlavne kvantity, sú využívané zdroje povrchových vôd. Pre tento účel bolo vybudovaných 7 veľkých vodárenských nádrží. Na severe Slovenska vodárenská nádrž Nová Bystrica, na strednom Slovensku nádrže Hriňová, Klenovec, Málinec a Turček a na východnom Slovensku nádrže Bukovec a Stariná. Donedávna bola využívaná i vodárenská nádrž Rozgrund, ktorá je z vyššie spomínaných najmenšia, no najstaršia, do prevádzky bola daná v polovici 18. storočia, no vzhľadom ku zhoršenej kvalite vody aj po úprave, prestala byť využívaná pre zásobovanie pitnou vodou Banskej Štiavnice a jej okolia.

Kvalita vody vo vodárenských nádržiach je neustále monitorovaná, nakoľko má rozhodujúci vplyv na technológiu úpravy vody i výslednú kvalitu upravenej vody. Pretrvávajúcim problémom v týchto vodách sú sinice (cyanobaktérie).

Cyanobaktérie (sinice) sú považované za prvé fotosyntetizujúce organizmy na Zemi. Najstaršie fosílne nálezy sú datované z obdobia približne 3,5 miliardy rokov a ich stavba sa od súčasných známych zástupcov prakticky neodlišuje. V súčasnosti obývajú takmer všetky biotopy vrátane veľmi extrémnych (polárne oblasti až horúce púšte, miesta s extrémnym pH, vnútro rastlín a živočíchov, vnútro hornín a pod.). Najstaršie cyanobaktérie (sinice) poznáme zo skamenelín. Prvé cyanobaktérie (sinice) vďaka fotosyntéze výrazne prispeli k zmene zloženia atmosféry Zeme. Podieľali sa na výraznom zvýšení obsahu kyslíka a dodnes sú drobné organizmy fytoplanktónu vo svetových moriach a oceánoch považované za zelené pľúca Zeme. Napriek tomuto označeniu, ich premnoženie vo vodách spôsobuje veľké zdravotné problémy.

Tieto mikroorganizmy významne negatívne zasahujú do vodného hospodárstva. Cyanobaktérie produkujú jedovaté látky – cyanotoxíny, ktoré sa z buniek uvoľňujú najmä pri ich rozklade. Sinicové vodné kvety sú stále aktuálnejším hygienickým problémom vo vodách vodárenských nádrží. Tvoria sa následkom zvyšovania obsahu živín vo vode. Tento proces eutrofizácie môže prebiehať veľmi pomaly prirodzeným spôsobom alebo je urýchľovaný antropogénnou činnosťou [1].

VODÁRENSKÉ NÁDRŽE OHROZENÉ SINICAMI

Vo vodárenskej nádrži Hriňová, ktorá bola budovaná v rokoch 1960-1965 sa zistila prítomnosť siníc (cyanobaktérií) už v 70-tych rokoch, riešili sa možnosti ich eliminácie a to napriek tomu, že v tom čase sa o tvorbe cyanotoxínov nevedelo, resp. bolo len málo informácií. Toxicitou sinicového vodného kvetu a prítomnosťou cyanotoxínov sa zaoberali na Slovensku napr. Horecká a kol. ktorí vo vodárenskej nádrži Hriňová zistili toxicitu ako aj prítomnosť cyanotoxínov. Toxické účinky vody z VN Hriňová a prítomnosť cyanotoxínov sa sledovala v rokoch 2010 a 2011 v rámci projektu Bezpečnosť dodávky pitnej vody pracovníkmi VÚVH [2].

Dlhodobým premnožovaním cyanobaktérií sú na Slovensku ohrozené i vodárenské nádrže Turček, Málinec Klenovec, ktoré sú spolu s VN Hriňová sledované od roku 2007 Úradom verejného zdravotníctva Slovenskej republiky v Bratislave a príslušnými regionálnymi úradmi verejného zdravotníctva v SR [3]. Z výsledkov kvality vody v jednotlivých nádržiach vyplýva, že k zvýšenému oživeniu dochádza v mesiacoch, kedy je relatívne vyššia teplota vody v nádržiach, no v súčasnosti výskyt sinice je pozorovaný i v chladných obdobiach roka. Vo vodárenskej nádrži Turček bolo zaznamenané premnoženie inváznego druhu Planktothrix rubescens, ktorý spôsobil červenú farbu vody a ľadu, hlavne v zimných mesiacoch. Zvýšené počty buniek týchto druhov cyanobaktérií boli zaznamenané aj v horizontoch povrchovej vody určených na odber pre pitnú vodu. Monitorovaniu siníc vo vodárenských nádržiach sa venuje aj Slovenský vodohospodársky podnik, ktorý každoročne spracováva správy o kvalite vody a rozsahu výskytu siníc vo vodách.

Druhové zloženie cyanobaktérií a vodných kvetov v jednotlivých vodárenských nádržiach závisí od viacerých fyzikálno-chemických a biotických faktorov (teplota vody, obsah živín, hlavne fosforu, svetlo, anoxické podmienky, hĺbka nádrže, bahnité dno).

Koloniálne cyanobaktérie, ako je rod Microcystis a Woronichinia, sú našimi najčastejšími dominantnými druhmi vodných kvetov vo vodárenských nádržiach Klenovec, Málinec a Hriňová, sprievodnými sinicami sú niektoré druhy rodu Dolichospermum, Vo vodárenskej nádrži Turček prevládajú naopak vláknité druhy siníc rodu Aphanizomenon, ktorým vyhovujú chladnejšie klimatické pomery.

Problémom výskytu cyanobaktérií je ich schopnosť tvorby rôznych toxínov (cyanotoxínov). Najviac rozšírenými cyanotoxínmi a zároveň aj najviac skúmanými toxínmi siníc sú mikrocystíny. Sú to cyklické heptapeptidy s hepatotoxickými účinkami na ľudí a zvieratá. Ich producentami sú predovšetkým morfotypy rodu Microcystis, ale produkuje ich aj mnoho ďalších planktónových rodov, ako napr. Planktothrix, Dolichospermum/Anabaena a Woronichinia naegeliana. Slovenská legislatíva pre kontrolu kvality pitnej vody určuje stanovovať iba cyanotoxín - mikrocystín LR, ktorý produkujú predovšetkým druhy cyanobaktérií rodu *Microcystis* a *Woronichinia* [3].

SPÔSOBY ODSTRAŇOVANIA SINÍC V PROCESE ÚPRAVY VODY

Najvhodnejším a najúčinnejším spôsobom riešenia problémov masového rozvoja siníc je prevencia prijatím opatrení v povodiach, systémovým chápaním procesov v povodí a v nádržiach, napr. separácia a odstránenie biomasy vodného kvetu z nádrží, využitie účinnosti ultrazvuku na sinice, elektrochemické metódy, flotácia rozpusteným vzduchom, aerácia [4].

Zníženie počtu siníc v surovej vode je možné dosiahnuť správnou voľbou predúpravy, napr. vhodným výberom mikrosít v kombinácii s UV žiarením a následnou koaguláciou, kedy je potrebné dávku koagulantu prispôsobiť množstvu siníc. Klasická úprava vody dokáže odstrániť až 99% siníc. Na odstránenie siníc v kalovej (odpadovej) vode boli odskúšané aj ďalšie možnosti, napr. oxidácia s $KMnO_4$, peroxidom vodíka, UV žiarením.

Požiadavky na kvalitu surovej vody a hraničné hodnoty ukazovateľov kvality vody pre jednotlivé kategórie štandardných metód úpravy surovej vody na pitnú vodu ustanovuje

Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 636/2004 Z.z. V tabuľke 1 tejto vyhlášky sú pre jednotlivé kategórie A1, A2 a A3 stanovené postupy úpravy vody. Kategórie zohľadňujú technologickú náročnosť a účinnosť úpravy.

Požiadavky na kvalitu povrchovej vody a kvalitatívne ciele povrchovej vody určenej na odber pitnej vody určuje Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení neskorších predpisov. V prílohe č. 1, časť A, ktorá určuje požiadavky na kvalitu povrchovej vody, je jediným biologickým ukazovateľom skúška ekotoxicity (Tox_{lim}) s hodnotou 30% účinku, ktorá sa stanovuje v priamej nadväznosti na odvetvia priemyslu špecifikované v prílohe č. 6.. Ukazovateľ ekotoxicity na vodných organizmoch má indikatívny charakter.

Kvalitatívne ciele povrchovej vody určenej na odber pre pitnú vodu uvádza príloha č. 2, v časti A (tabuľka 1). Posúdenie kvality povrchovej vody a jej zatriedenie do jednotlivých kategórií sa vykonáva na základe vybraných ukazovateľov, medzi ktoré patria nasledovné biologické ukazovatele: sapróbny index biosestónu, producenti vrátane cyanobaktérií, konzumenti a chlorofyl-*a*.

Tabuľka 1 *Povrchové vody určené na odber vody pre pitnú vodu*

Ukazovateľ	Jednotka	Kategória A1		Kategória A2		Kategória A3	
		OH	MH	OH	MH	OH	MH
Sapróbny index		1,5		2,2		2,5	
Producenti	bunky/ml		50	3000		10000	
Konzumenti	jedince/ml		5	50		200	
Chlorofyl-α	µg/l		8	25		50	

Poznámka: MH je medzná hodnota ukazovateľa a OH je odporúčaná hodnota. Skúšky akútnej ekotoxicity sa pri analýzach povrchových vôd určených na odber pre pitnú vodu podľa tohto predpisu nevykonávajú.

Kvalita vyrobenej pitnej vody sa sleduje podľa Vyhlášky Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou (ďalej len „Vyhláška č. 247/2017 Z. z.“) [2]. Kontrola vody určenej na ľudskú spotrebu (ďalej "pitná voda") je zameraná na stanovenie 71 chemických, fyzikálnych, mikrobiologických a biologických ukazovateľov (živé organizmy, vláknité baktérie okrem železitých a mangánových baktérií, mikromycéty stanoviteľné mikroskopicky, mŕtve organizmy, železité a mangánové baktérie a abiosestón). V pitnej vode sa prítomnosť a počet cyanobaktérií zisťuje mikroskopickým stanovením biologického ukazovateľa - živé organizmy, pričom jeho medzná hodnota je 0 jedincov v 1 ml vzorky. Súčasťou vyšetrenia je aj zoznam determinovaných taxónov. Chemický ukazovateľ - mikrocystín LR s medznou hodnotou 1 µg/l sa zisťuje v pitnej vode upravenej z povrchových vôd z vodárenských nádrží v období očakávaného zvýšeného výskytu

cyanobaktérií. Za zvýšený výskyt sa považuje počet cyanobaktérií nad 20 000 buniek/ml v povrchovej vode. Mikrocystín LR sa stanovuje metódou kvapalinovej chromatografie.

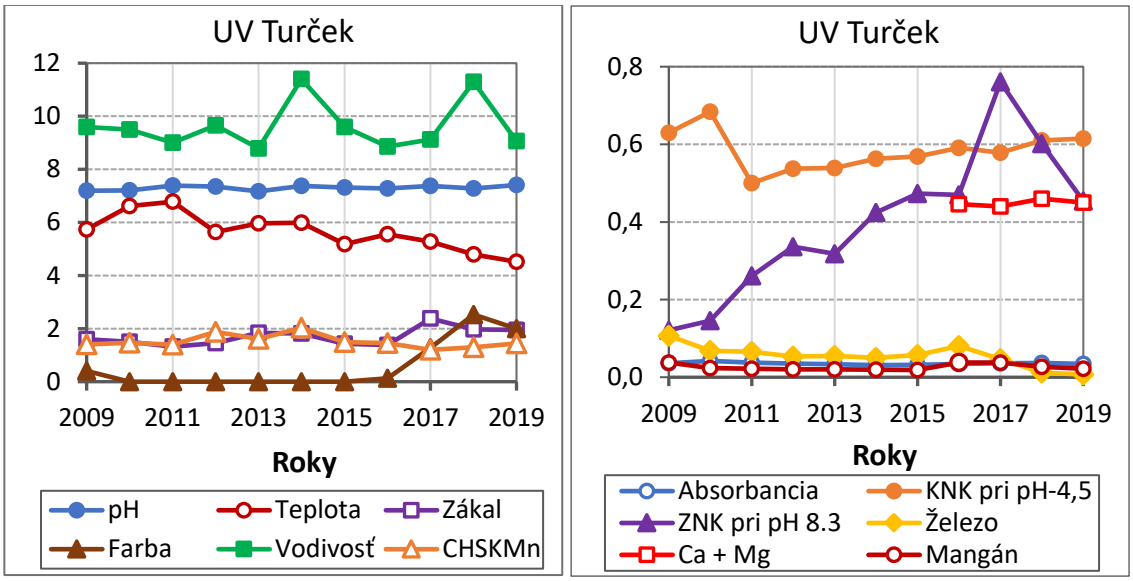
VODÁRENSKÁ NÁDRŽ TURČEK

Vodárenská nádrž Turček je najmladšou vodárenskou nádržou na Slovensku, výstavba začala v roku 1992 a do overovacej prevádzky bola uvedená 15. mája 1996. Nachádza sa na sútoku dvoch riek – Turiec a Ružová. Jej zberné územie má rozlohu 29,5 km^2. Z nádrže sú zásobované pitnou vodou okresy Prievidza a Žiar nad Hronom.

Z pohľadu kvality vzoriek surovej a upravenej vody vyplýva, že ide o nízko mineralizované vody vyznačujúce sa zvýšenou agresivitou, čo znamená, že tieto vody nie sú vo vápenato-uhličitanovej rovnováhe, majú záporný index nasýtenia. Koncentrácia vápnika v upravenej vode (aj po alkalizácii) je na úrovni iba 20 mg/l, čo pri dlhodobej konzumácii takto upravenej vody môže spôsobovať zdravotné problémy.

Kvalita vody v nádrži sa v priebehu rokov výrazne nemenila, chemické zloženie vody je v podstate stále, výrazná zmena nastala v predchádzajúcich rokoch z hľadiska oživenia nádrže. Na obrázku 1 sú priemerné ročné hodnoty niektorých chemických ukazovateľov.

Obr. 1 *Priebeh kvality vody za roky 2009-2019 z hľadiska fyzikálno-chemických ukazovateľov*

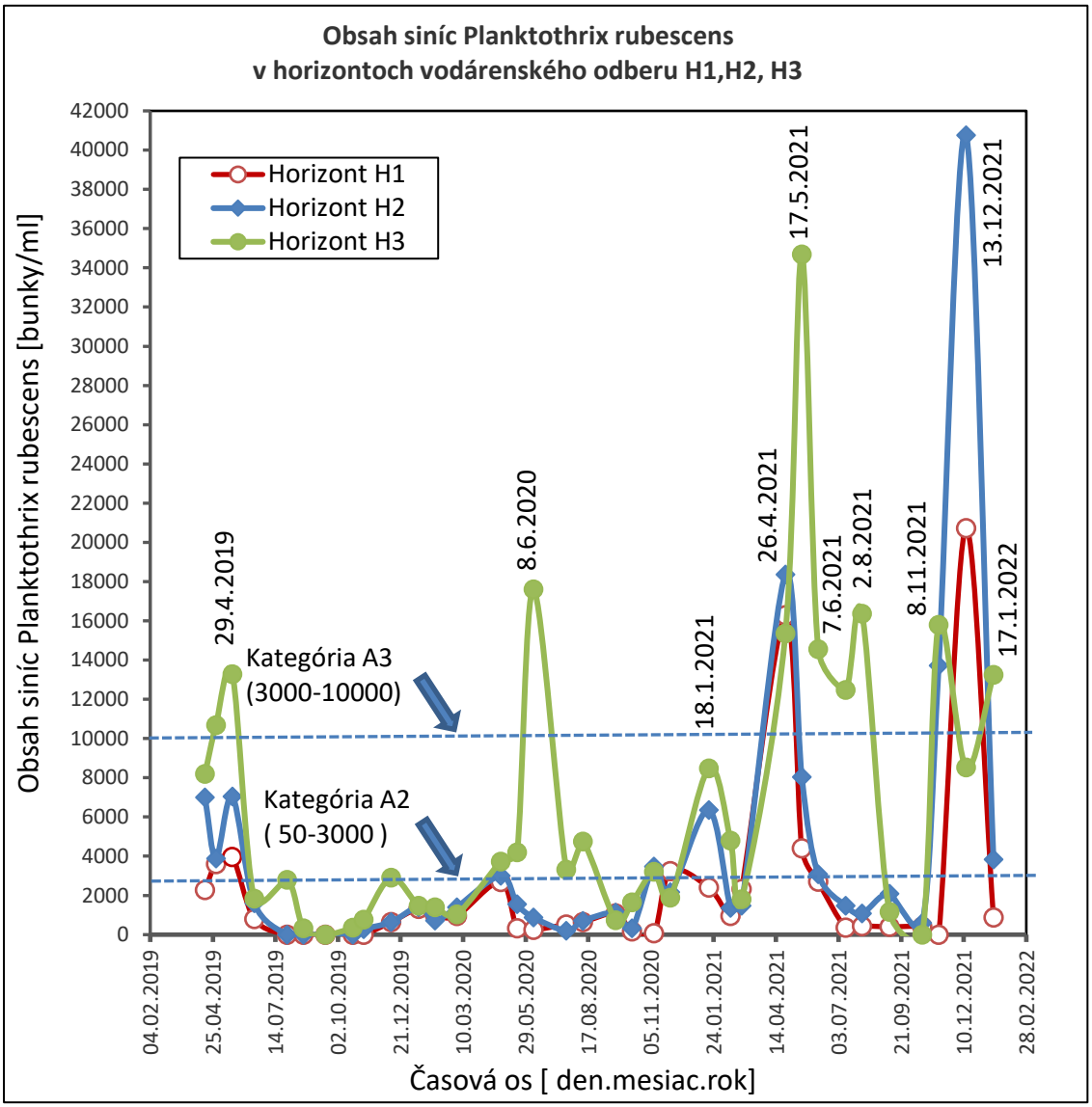


V rokoch 2016 a 2019 bolo zaznamenané premnoženie invázneho druhu *Planktothrix rubescens*, ktorý spôsobil červenú farbu vody aj ľadu. Ide o chladnomilný druh cyanobaktérie, ktorý sa často vyskytuje aj v zimných mesiacoch. Zvýšené počty buniek týchto druhov cyanobaktérií boli zaznamenané aj v horizontoch povrchovej vody určených na odber pre pitnú vodu (obrázok. 2).

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Odstraňovania siníc z povrchovej vody vo VN Turček prebiehalo použitím membránovej filtrácie (bez koagulácie) cez plnoautomatické ultrafiltračné zariadenie s membránovým modulom UA-640 (Microdyn-Nadir) s meraním trans-membránového tlaku, spätným preplachom membrány vodou a vzduchom, s možnosťou chemického prania.

Obr. 2 *Obsah siníc Planktothrix rubescens v horizontoch vodárenského odberu H1,H2, H3 v rokoch 2019-2021 (horizont H1 je v hĺbke 41 m, H2 v 28 m a H3 v hĺbke 13-14 m)*



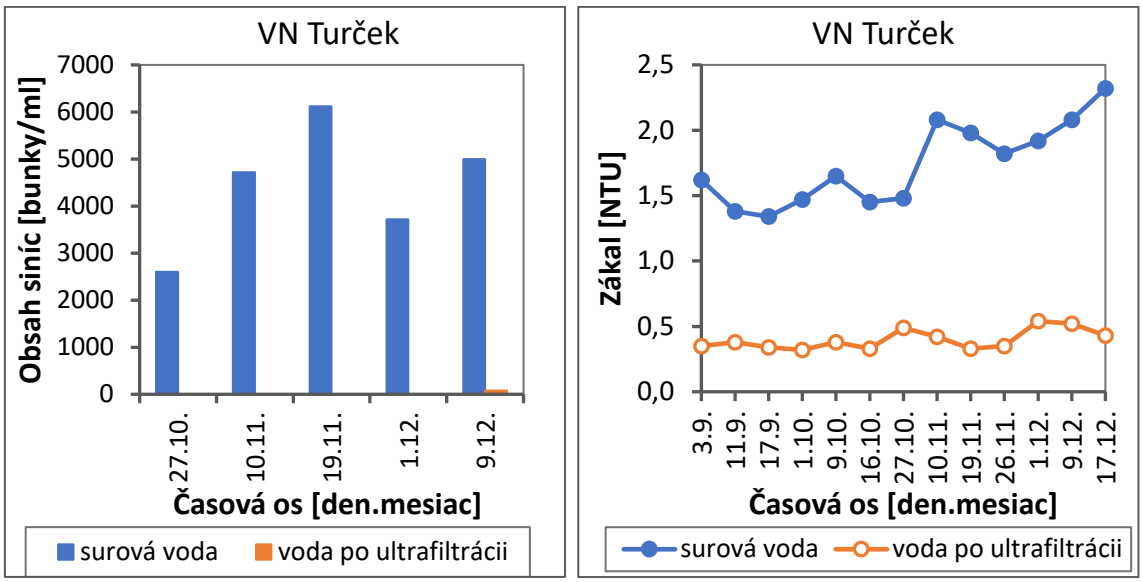
Tabuľka 2 *Špecifikácia modulu ultrafiltrácie UA-640*

Typ membrány	**Modul s dutými vláknami**	**Max. prietok**	**do 1,3 $m^{-3}.h^{-1}$**
Priemer vlákien	OD/ID: 2,1 mm/1,1 mm	Max. trans-membránový tlak	1 bar
Materiál membrány	PAN - polyakrylnitril		
Veľkosť pórov	0,025 µm	Max. tlak modulu	2 bar
Plocha membrány	16 m^2	Priemer modulu	168 mm
Typ filtrácie	priama filtrácia	Dĺžka modulu	1210 mm
Regenerácia	vodou a vzduchom	Max. zákal	300 NTU

Na vyhodnotenie účinnosti ultrafiltrácie boli odoberané vzorky, z ktorých časť bola analyzovaná v akreditovanom laboratóriu SVP v Žiline (stanovenie siníc) a časť vzorky na fyzikálno-chemický rozbor v laboratóriu Katedry zdravotného a environmentálneho inžinierstva. Zariadenie bolo

inštalované priamo v odbernom objekte VN Turček, surová voda bola braná z horizontu H2 (28 m pod hladinou), experiment prebiehal v období september až december 2020, so snahou zachytiť zhoršenú kvalitu vody z hľadiska výskytu siníc. Z tohto dôvodu boli sinice sledované v jednotlivých horizontoch (H1, H2, H3) vodárenskej nádrže. Bola sledovaná kvalita vody pred a po ultrafiltrácii. (po 2-3 hodinách prevádzky ultrafiltrácie). Priebeh odstraňovania siníc a zákalu je zobrazený na obrázku 3.

Obr. 3 *Obsah siníc a zákalu pred a po ultrafiltrácii povrchovej vody z VN Turček*



ZÁVER

Článok sa zaoberá výskytom siníc vo vodárenských nádržiach na Slovensku, experimenty boli uskutočnené na VN Turček v spolupráci s SVP o.z. Piešťany a laboratóriom SVP Žilina, ktoré okrem vykonaných analýz poskytli údaje z monitoringu jednotlivých horizontov za roky 2019-2021 ako aj možnosť uskutočniť experimenty v odbernom objekte VN Turček.

Na experimenty bola použitá ultrafiltrácia, uvedenou technológiou by sa mala dosiahnuť 100% účinnosť odstraňovania siníc. Zároveň sa sledovala aj kvalita upravenej vody z hľadiska chemických ukazovateľov, testovala samotná membrána, materiál membrány, na pranie bol použitý len vzduch a upravená voda (experiment trval 4 mesiace).

Poďakovanie

Článok bol pripravený za finančnej podpory projektov APVV-18-0205 a VEGA 1/0737/19. Poďakovanie patrí aj pracovníkom SVP a v úpravni vody v Turčeku.

Literatúra

[1] Horecká, M.: Úlohy a požiadavky verejného zdravotníctva pri ochrane zdravia pred cyanobaktériami, Zborník z konferencie Sinice 2011, október 2011, Bratislava, str.5-7, ISBN 978-80-970966-9-4

[2] Tóthová, L., Šilhárová, K., Sládkovičova, M.: Cyanotoxíny vo vodárenskej nádrži Hriňová, Sborník konference Pitná voda 2012, s. 187-192. W&ET Team, Č. Budějovice 2012. ISBN 978-80-905238-0-7

[3] Nagyová, V.- Chomová, L. Cyanobaktérie v slovenských vodárenských nádržiach stále aktuálne. In: Zborník prednášok z XVIII. konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda 2019, Trenčianske Teplice, 8-10.10.2019, s. 79-86, ISBN 978-80-971272-7-5

[4] Maršálek, B., Jančula D., Maršálková, E.: Nové metódy a trendy v obmedzení rozvoja sinic, Zborník z konferencie Sinice 2011, október 2011, Bratislava, str.48-57, ISBN 978-80-970966-9-4.

Speciální problémy stavebního řešení při dostavbě Filtrace GAU ÚV Želivka

Ing. Richard Schejbal

SWECO Hydroprojekt a.s.

---

1. Úvod

Vzhledem k tomu, že dostavbě nové filtrace s granulovaným aktivním uhlím na ÚV Želivka byla v loňském roce věnována hned dvě čísla časopisu SOVAK, bude tento příspěvek obsahovat jen stručnou rekapitulaci základních údajů o díle a podrobnější popis vybraných zvláštních řešení užitých v projektu a při realizaci. Projekt vypracovala společnost SWECO Hydroprojekt, a.s., a to postupně ve stupních dokumentace DUR k 10.2016, DSP k 04.2017 a DZS k 30.8.2017. Zde se podotýká, že na zpracování stupně DZS (tedy zadávací dokumentace v prováděcí podrobnosti) pro akci s náklady převyšujícími 1 miliardu Kč byla lhůta fakticky ještě kratší, než 4 měsíce. Akce zahrnovala kromě výstavby nové haly Filtrace GAU ještě rozsáhlé úpravy na Obtokovém kanálu Ozonizace, přestavbu poloviny Provozní čerpací stanice prací vody pro umístění nové ČS na Filtraci GAU, dílčí úpravy na stávající pískové Filtraci F2, nový propojovací kolektor mezi F2 a FGAU, soustavu různých potrubních řadů včetně sání na čerpadla DN 1600, výtlaku na Filtraci GAU DN 1200 a dvojice potrubí filtrátu z FGAU DN 1400, a samozřejmě úpravy na dalších objektech (Budova dávkování D2, Kolektor D2-PČS, komunikace, kanalizace aj.

Vlastní projektové práce předcházela řada prací zahrnujících průzkumy (stavebně technický, inženýrsko geologický a geofyzikální, dendrologický, korozní, kamerový na potrubí atd.), modelové poloprovozní zkoušky a zejména zpracování Studie souboru staveb (11.2014). Ta fakticky definovala řadu parametrů stavby – zejména základní návrhové technologické kapacity: uvažovaný průtok (v rozmezí 1,1 až 3,5 m^3/s), počet a plochu filtrů (16 filtrů s celkovou plochou 1604 m2), filtrační rychlost a dobu zdržení (7,9 m/hod a 13 min. pro 3500 l/s) a výšku náplně GAU (1,7 m). Současně byla předurčena i poloha nové haly ve volném prostoru areálu, její velikost a vazby na další objekty úpravny.

Oproti studii došlo v projektu k jediné významné změně – místem čerpání na Filtraci GAU byl nově určen prostor v jedné z hal PČS, což vedlo i k přeřešení hlavních trubních rozvodů a k celkovému zjednodušení celé koncepce. Ve vyšších stupních dokumentace se pak projekt musel vypořádat s náročnými podmínkami zadání jak ve vztahu k samotné realizaci stavby v krátké lhůtě 24 měsíců, a to za provozu vodárny a při omezené možné dílčí odstávce některých objektů (Ozonizace F2, PČS), tak ve smyslu řešení některých problémů, se kterými se v běžné vodohospodářské praxi setkáváme jen zřídka. Tento příspěvek je psán v době, kdy končí roční zkušební provoz stavby ukončené k 31.1.2021, můžeme zde tedy konstatovat, že dílo splnilo požadavky zadání, a že drobné nedostatky, které při tak rozsáhlé stavbě nutně z různých důvodů vznikly jak v projektu, tak při realizaci, se daří odstraňovat bez dopadu na funkčnost a spolehlivost. V dalším textu se podrobněji věnujeme pouze trojici vybraných, na akci užitých netypických řešení.

2. Spřažené stropy nad hladinami s integrovanými membránami na spodním líci

Projekt i s ohledem na uvažovanou krátkou lhůtu realizace navrhl užití technologie zmonolitněných filigránových panelů pro převážnou většinu stropů jak v objektu Filtrace GAU, tak na Kolektoru a na rekonstruované části tzv. Obtokového kanálu Ozonizace. U stropních desek nad hladinami pak bylo navrženo a při výrobě provedeno osazení fóliové membrány na spodní líc panelů. Fólie typu Proofex Engage je celoplošně zakotvená do betonu pomocí mřížky na svém

rubu a tvoří nejen vodotěsnou ale i difuzně uzavřenou vrstvu. Membrána zamezuje jednak přístupu zbytkového ozonu (O_3) s vysoce korozním účinkem na ocel výztuže, jednak procesu karbonatace vzdušným CO_2. Zbytkový O_3 byl ve vysoké koncentraci dlouhodobě indikován nejen nad hladinami v samotných nádržích Ozonizace (včetně tzv. Obtokového kanálu), ale i v navazujícím Měrném objektu. Riziko působení tedy měla membrána odstranit jak nad Obtokovým kanálem, tak na prvcích v hale Filtrace GAU - jednak na spodním líci středových lávek nad filtry, jednak na stropech kanálů filtrátu a prací vody (viz Obr.1).

Přímým důsledkem užití membrány je možnost snížení krycí vrstvy, při statickém výpočtu není třeba zvažovat mezní stav trhlin, což vede i k úspoře oceli výztuže. Zde chceme uvést fakt, že uvedená membrána byla použita např. i na velké plochy monolitických stropů při rekonstrukcích vodojemů Laurová a Flora (tzv. Podolské komory) v Praze. Na části stropů ve vodojemu Flora byla vlivem technologické nekázně při betonáži relativně velké plochy část membrány znehodnocena vrapy, především v místě styku pásů, a to vedlo k dodatečným nutným opravám. Na panelech použitých při popisované akci Filtrace GAU k takovým problémům prakticky dojít nemohlo zejména pro malé rozměry vyráběných prvků.

***Obr.1**: Zastropení kanálů ve Filtraci GAU – detail spodního líce panelů, hotový kanál a celkový pohled*

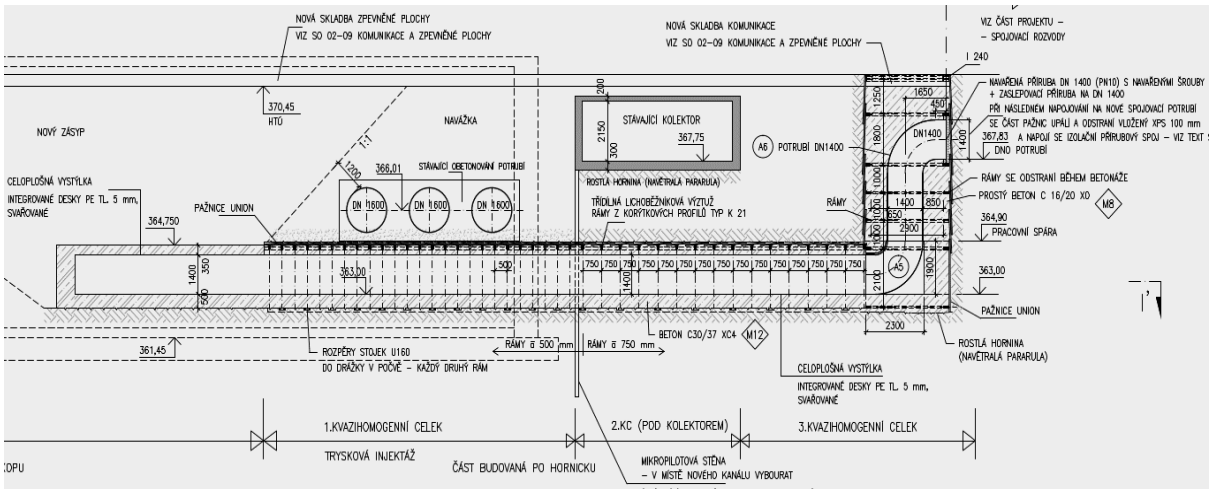
3. Použití vystýlky a ztraceného bednění z PE desek

Celoplošné vystýlky návodního líce se používají obvykle při požadavku úplné vodotěsnosti, který nelze splnit je vlastní betonovou konstrukcí. Na popisované stavbě byla vystýlka, která měla být současně prvkem ztraceného bednění, navržena na líce rozdělovacího kanálu vytvořeného nově v objektu původního Obtokového kanálu (Obr.2), a rovněž na líc dvojice napojených vodorovných kanálů obdélného průřezu Nátokového objektu. Jde o trvale nepřístupné prostory s tlakovým prouděním vody, kde se požadovala úplná vodotěsnost vzhledem k riziku poškození uložení blízkých stávajících potrubí a kolektorů při případném úniku do podloží.

***Obr.2**: Vystýlka v rozdělovacím kanálu – 1.etapa po odbednění, finální extruzní svařování*

V důsledku problémů se zajištěním dodávky atypických přechodových prvků z korozivzdorné oceli na svislé větvi Nátokového objektu na potrubí filtrátu 2x DN 1400 došlo v průběhu realizace k přeřešení celého definitivního vystrojení Nátokového objektu. Bylo rozhodnuto o prakticky jediném dostupném řešení - vodorovné i svislé části potrubí uložené v hornicky prováděném díle byly v rámci DZZS změněny co do tvaru a poté reálně provedeny s užitím desek z PE stočených na truhlářském bednění s průměrem 1400 mm. Jednotlivé dílce vodorovné části včetně segmentových kolen byly spuštěny do vyražené štoly, zafixovány a zabetonovány, poté byla obdobně vystrojena těžní šachta a následně byl prostor opět zabetonován (Obr. 10, 11). Styky dílců z desek v kotevními nopy typu Sure Grip byly z vnitřního líce extruzně svařeny a tím byla zajištěna požadovaná úplná vodotěsnost.

***Obr.3**: Nátokový objekt – celkový podélný řez – hornická činnost a vystrojení*



***Obr.4**: Vystýlka Nátokového objektu – montáž do šachty, uložení a kotvení ve štolové části*

***Obr.5**: Vystýlka šachty – příprava segmentového kolena, finální osazení a fixace pro betonáž*

4. Sanace betonových konstrukcí původního Obtokového kanálu

Obtokový kanál byl vybudován v polovině 80.let jako první etapa a dílčí část objektu Ozonizace. V původním řešení se skládal z hradidlové komory s nadzemním manipulačním objektem a vlastního kanálu s půdorysnými rozměry cca 4,00 x 68 m a s maximální hloubkou vody cca 8 m. Byl navržen podle tehdy platné teorie stupně bezpečnosti, jeho stěny a dno byly masivní prvky tl. 800 mm a zastropení z panelů typu PZD bylo doplněno táhly a zmonolitněním, které zajišťovaly přenášení sil od vodního tlaku.

Kvalita díla provedení byla pod už tak nízkým průměrem doby, což odhalil již stavebně technický průzkum (STP) a následně se potvrdilo při vlastní realizaci. Podélná vnitřní stěna do armaturního prostoru odtoku z Ozonizace tloušťky 800 mm vykazovala netěsnosti již krátce po dokončení a byla ještě během výstavby dotěsňována kombinací injektáží a v té době novou technologií nátěrem s rekrystalizačním účinkem. Jako kuriozitu lze uvést, že v době provádění STP byla shodou okolností za deště prováděna prohlídka vypuštěné nádrže. Obvodovou stěnou v některých místech pod úrovní terénu vtékala dovnitř objektu imperfekcemi v betonu, tedy lokálními netěsnostmi prosáklá dešťová voda, a to v odhadovaném množství až několika l/s! (viz též Obr.6). Podotýká se, že Obtokovým kanálem protékala voda po úplné vodárenské úpravě včetně ozonizace, poté už je dávkován pouze chlór jako hygienické zabezpečení.

Bylo tedy jasné, že kromě standardních sanačních úprav řešících korozní následky dlouhodobého působení vody se zbytkovým ozónem, je třeba věnovat pozornost i utěsnění zjištěných průsaků. Projekt tedy navrhl vícevrstvé provedení těsnící sanace návodního líce a současně reprofilaci i na vnějším líci stěny. Pro možnost provedení vnější sanace byl navržen otevřený výkop v daném místě v rámci budování tzv. Nátokového objektu.

Po odbourání nadzemní budovy i stropu a pilířů hradidlové komory a po snesení nevyhovujících střešních panelů v celé délce kanálu se potvrdily závěry STP o nízké kvalitě betonu z 80.let. Tryskání vysokotlakým vodním paprskem odstranilo dosti mocnou degradovanou vrstvu z povrchu návodního líce a odhalilo hrubou a místy značně porézní strukturu betonu. Vlastní celoplošná reprofilace na adhezní můstek probíhala postupným nanášením dvou vrstev nástřikem, povrch druhé, jemnější vrstvy byl zatažen ručně nerez hladítky. Při provádění byla zvláštní pozornost věnována utěsnění původních dilatačních spár (systémem přetmelení a pásů typu SIKADUR Combiflex) a kontaktu plochy s prostupy ocelových trubek velkých průměrů (3x DN 1600 na přítoku do původní hradidlové komory, nově do suchého prostoru komory rozdělení průtoku; 6x DN 1200 nátoky z linek ozonizace a 3x DN 1600 odtok a propojení do Měrného objektu).

Původní stropní konstrukce byla nahrazena zcela novou s užitím filigránových panelů s integrovanou fólií – viz kap. 2. Zmonolitnění s výztuží propojenou se stěnami vrátilo konstrukci původní statickou spolehlivost.

***Obr.6**: Obtokový kanál – stav betonu po preparaci VVP, finální hlazení plošné reprofilace*

Současně proběhla celoplošná sanace i na vzdušném líci stěny s finálním protiplísňovým nátěrem a sanace spodního líce stropu nad armaturním prostorem – ponechané desky typu PZD byly opatřeny stříkanou reprofilační vrstvou s mechanicky kotvenou inertní výztužnou sítí z čedičových vláken (Armobet BW).

***Obr.7**: Obtokový kanál – sanace stropu a stěny; konečný stav vzdušného líce bez průsaků*

Lze konstatovat, že po dokončení prací, zkoušce vodotěsnosti a uvedení do provozu byly na vzdušném líci zjištěny jen nepatrné a zanedbatelné průsaky a sanace tedy splnila i sekundární účel zvýšení vodotěsnosti.

Další podrobnosti a fotografie i komentář k jiným klíčovým prvkům projektu a výstavby budou součástí prezentace na konferenci.

Úpravna vody Moravská Nová Ves – rekonstrukce filtrů

Ing. Dita Fojtíková; Ing. Pavel Dobiáš, Ph.D.; Milan Drda

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

Abstrakt

Na ÚV Moravská Nová Ves (ÚV MNV), která upravuje vodu z podzemních zdrojů, bylo nutné vyřešit problém s nadlimitními koncentracemi pesticidních mikropolutantů v surové vodě, které byly zároveň detekovány i v upravené vodě. V letech 2020-2021 byla na ÚV MNV provedena rekonstrukce a intenzifikace filtrace přes vrstvu zrnitého materiálu. Důvodem bylo doplnění sorpčního stupně s náplní zrnitého aktivního uhlí bez nutnosti vybudování nového stavebního objektu pro nový separační stupeň. Cílem tohoto příspěvku je prezentace shrnutí procesu přípravy projektu rekonstrukce technologické linky úpravny vody Moravská Nová Ves a jeho následné realizace.

Úvod

ÚV Moravská Nová Ves je s kapacitou 80 l/s druhou největší úpravnou vody provozovanou společností Vodovody a kanalizace Hodonín, a.s. Do provozu byla uvedena v roce 1989. Zdrojem surové vody je podzemní voda z nedalekého prameniště nacházejícího se na pravém břehu řeky Moravy. Úprava vody je dvoustupňová. První stupeň se skládá z provzdušnění, dávkování vápenného mléka, rychlého, pomalého míchání a dvou paralelních sedimentačních nádrží. Původním druhým stupněm byla filtrace s pěti otevřenými vodárenskými filtry s mezidnem a tryskami. Filtrační náplň tvořil filtrační písek. Jeden pískový filtr se skládal ze dvou polí o ploše 1,7×5,45 m (2×9,26 m^2). Celková plocha filtrů byla 92,65 m^2. Před filtry se dávkuje manganistan draselný pro úplnou oxidaci manganu. Upravená voda je hygienicky zabezpečena pomocí chlordioxidu.

Surová voda

Zdroj podzemní vody vykazuje poměrně vysoké koncentrace železa (8 mg/l), manganu (2,5 mg/l) a amonných iontů (0,95 mg/l). Tyto složky byla schopna původní technologická linka bez větších obtíží odstranit. Problémem jsou tzv. mikropolutanty, zejména rozkladné produkty pesticidů acetochlor ESA a acetochlor OA. Obě tyto látky se řadí do skupiny relevantních metabolitů podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Podle této vyhlášky je nejvyšší mezní hodnota pro jednotlivé pesticidní látky 0,1 µg/l a pesticidní látky celkem 0,5 µg/l. Zjištěné koncentrace sledovaných pesticidů v upravené vodě překračovaly nejvyšší mezní hodnotu danou vyhláškou.

Návrh řešení

Hlavním nedostatkem původní technologie byla nízká účinnost odstranění zmiňovaných pesticidů. Na odstranění mikropolutantů je ve vodárenství nejpoužívanějším materiálem zrnité aktivní uhlí (GAU). Technologický návrh intenzifikace technologické linky ÚV MNV spočíval v doplnění GAU do technologické linky bez nutnosti rozšiřovat plochu filtrů.

Investor se proto rozhodl provést rekonstrukci úpravny vody s cílem doplnění dalšího separačního stupně. Byla navržena sorpce na zrnitém aktivním uhlí (GAU). Současně bylo rozhodnuto, že tento nový separační stupeň bude vhodné umístit do stávajících stavebních objektů úpravny vody, a to jak z pohledu investiční náročnosti případné dostavby nového

separačního stupně, tak také z důvodu časové náročnosti přípravy a projednání stavebního povolení pro uvažovanou rekonstrukci.

Poloprovozní zkoušky

V této fázi projektu jsme ve spolupráci s investorem navrhli provést poloprovozní zkoušky, které by měly seriózně odpovědět, zda by doplnění dalšího separačního stupně mohlo být řešeno přestavbou části stávajících pískových otevřených filtrů na otevřené filtry s vrstvou GAU. Pro provedení poloprovozních zkoušek navrhovaného řešení rekonstrukce byla investorem v roce 2018 najata firma W&ET Team České Budějovice. Experimentálně, přímo v provozu ÚV MNV, byly porovnávány jednak různé zrnité filtrační náplně vhodné pro rekonstrukci druhého separačního stupně (filtrace) a jednak bylo dlouhodobým experimentem porovnáváno šest typů zrnitého aktivního uhlí vhodného pro navrhovaný nový sorpční stupeň s cílem vybrat nejvhodnější typ vzhledem k místně specifickým požadavkům plánované rekonstrukce technologické linky ÚV MNV. Výsledkem zhruba osmi měsíců poloprovozních zkoušek byl soubor jednoznačných návrhových podkladů pro rekonstrukci technologické linky úpravny vody Moravská Nová Ves. Díky těmto poloprovozně ověřeným návrhovým parametrům, bylo možné provést návrh rekonstrukce, která splňovala tyto požadavky:

1. Možnost snížit filtrační plochu původních pískových filtrů.
    a. Náhrada původní filtrační náplně (filtrační písek 1-2 mm) za moderní vícevrstvou filtrační náplň Filtralite Mono-Multi Fine (FMMF). Nové filtry s náplní FMMF mohou být provozovány při stejném výkonu technologické linky jako dosud, ale při násobně vyšších filtračních rychlostech. Zároveň bylo prokázáno, že lze dosahovat významně vyšší separační účinnost, než by tomu bylo u jednovrstvého vodárenského filtru, a to při významném prodloužení filtračního cyklu. Což vedle nižší potřeby prací vody pro praní takových filtrů (pro jejich expanzi), vede k úspoře provozních nákladů.
    b. Konstrukční změny v původních nádržích pískových filtrů.

2. Nahrazení dvou původních filtrů filtry s vrstvou zrnitého aktivního uhlí.
    a. Na základě výsledků poloprovozního testování několika typů zrnitého aktivního uhlí byl zvolen typ Norit 1240, protože bylo u něj dosahováno nejvyšší separační účinnosti při odstraňování sledovaných mikropolutantů acetochlor ESA, acetochlor OA a metolachlor ESA a zároveň jeho ověřené hydraulické vlastnosti nejlépe vyhovovaly navrhovanému řešení pro uvažovanou variantu rekonstrukce technologické linky na ÚV MNV.
    b. Konstrukční změny v původním provedení pískových filtrů.

Projekt

Firma ENVI-PUR s.r.o. Praha zvítězila ve výběrovém řízení na zpracování projektové dokumentace podle výše uvedeného zadání.

Technologickým podkladem pro projekt rekonstrukce filtrace byly zprávy zpracované firmou W&ET Team České Budějovice [1, 2]. Před návrhem vrtání otvorů do středového rozvodného objektu ve filtrech F4 a F5 byl zpracován posudek statika [3], který zároveň stanovil konkrétní provedení otvorů.

Vzhledem k tomu, že stávající druhý separační stupeň filtrace na úpravně vody Moravská Nová Ves byl svým stářím na hranici technologické životnosti, projekt zahrnoval i kompletní stavební rekonstrukci stávajících otevřených rychlofiltrů.

Dále projekt řešil zejména využití jen 3 ks ze stávajících pěti rychlofiltrů pro filtraci na zrnitém materiálu Filtralite Mono-Multi Fine. Zbývající 2 ks původních vodárenských filtrů byly využity pro třetí stupeň úpravy vody – sorpce na GAU. V projektu byla navržena změna typové

konstrukce vodárenských filtrů s mezidnem na filtry s drenážním systémem s dvousměrným průtokem pracích médií.

Projektová dokumentace musela obsáhnout kromě provedení technologické a stavební rekonstrukce i rekonstrukci elektrotechnickou.

Základní návrhové parametry rekonstruované technologické linky ÚV MNV

Maximální výkon rekonstruované technologické linky byl navržen na Qmax = 80 l/s.

Filtry s novou dvouvrstvou filtrační náplní (F1, F2 a F3):

Rozměry filtru: délka: 5,42 m, minimální šířka: 3,61 m → plocha 19,54 m^2
Výška náplně zrnitého filtračního materiálu: 1,6 m
Počet filtrů současně v provozu a projektovaná filtrační rychlost:

běžný provoz - 3 filtry	Q = 26,7 l/s	v = 4,92 m/h
režim praní - 2 filtry	Q = 40 l/s	v = 7,37 m/h

Filtry s náplní GAU (F4 a F5):

Rozměry filtru: délka: 5,42 m, minimální šířka: 3,66 m → plocha 19,84 m^2
Výška náplně zrnitého aktivního uhlí: 1,2 m
Počet filtrů současně v provozu:

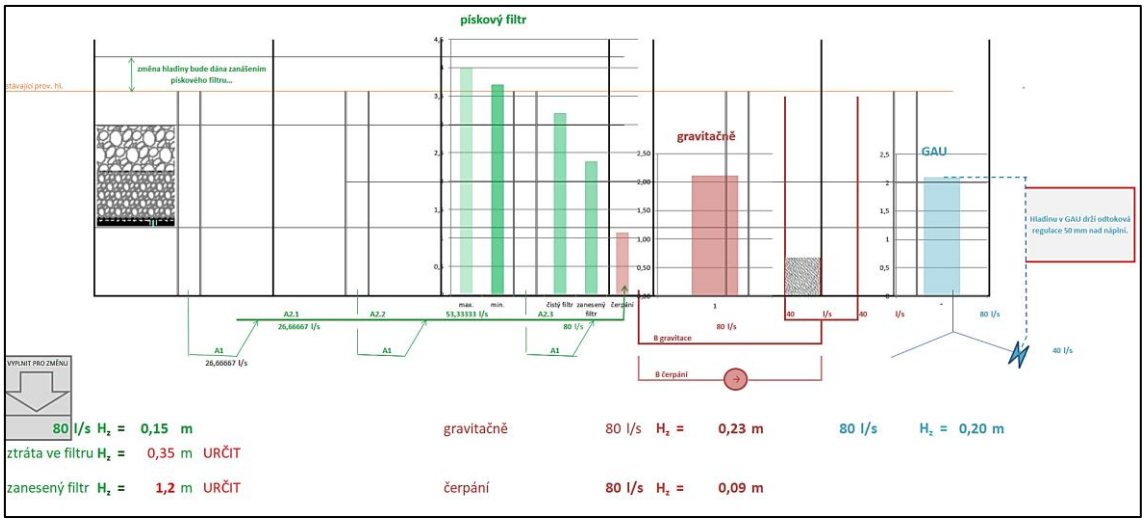
běžný provoz - 2 filtry	Q = 40 l/s v = 7,26 m/h	EBCT = 9,9 min
režim praní - 1 filtr	Q = 80 l/s v = 14,52 m/h	

Tlakové ztráty v potrubí

Velmi důležitým prvkem při zpracování návrhu rekonstrukce a následné projektové dokumentace bylo stanovení tlakových ztrát v potrubí mezi jednotlivými filtračními stupni – filtrace přes vrstvu zrnitého materiálu a sorpčními filtry s GAU.

Bylo stanoveno, že tlakové ztráty v potrubních vedeních filtrů F1 až F3 s dvouvrstvou náplní FMMF při filtrační rychlosti 5 m/h činí 16 cm, tlakové ztráty v potrubních vedeních na F4 + F5 s filtrační náplní GAU Norit 1240 činí 17 cm, obr. 1.

Obr. 1 *Grafické schéma výpočtu ztrátových výšek v profilu navrhovaného uspořádání rekonstruované filtrace na ÚV MNV*



Zelená – mezi filtry:
0,15 m + 0,044 m Leopold a IMS 200 = 0,194 m + 0,16 m FMMF = 0,3 m
Hnědá – nátok na GAU: = 0,23 m
Celkem tlaková ztráta mezi FMMF a nátok na GAU: = 0,53 m
k dispozici celkem 2,335 m, k využití 1,877 m
Modrá – odtok z GAU:
0,20 m + 0,044 m Leopold a IMS 200 = 0,244 m + 0,17 m = 0,414 m,
k dispozici celkem 1,577 m, k využití 1,163 m

Průběh rekonstrukce

V průběhu druhé poloviny roku 2019 byl zpracován projekt, začátkem roku 2020 byl ve výběrovém řízení vybrán zhotovitel rekonstrukce a dne 28. 5. 2020 bylo předáno staveniště k zahájení prací zhotoviteli – stavební firmě MSO servis spol. s r o.

Rekonstrukce byla prováděna za nepřetržitého provozu úpravny. Postupně byly odstavovány filtry F1 až F5. Ve výjimečných případech bylo potřeba úpravnu vody odstavit. Součástí rekonstrukce filtrů F1 až F3 byla i výměna části rozvodu pracího vzduchu. Armatury pracího vzduchu zůstaly původní. Nejprve byl jeden filtr odstaven, byla vytěžena písková náplň, demontováno elektro zařízení, vybouráno mezidno, vybourána horní část nátokového žlabu filtru, vyčištění filtru, sanace poruch vnitřního pláště, nové obklady stěn a žlabu, osazení nového potrubí pracího vzduchu, zkoušky vodotěsnosti, osazení drenážního systému, zkoušky funkčnosti drenážního systému, naplnění filtrační náplně, úpravy odtokového potrubí z filtru, osazení nové měřící a regulační armatury odtokové regulace, připojení zařízení technologické elektroinstalace a MaR, uvedení filtru do provozu, odběr vzorků upravené vody z rekonstruovaného filtru.

Po dokončení rekonstrukce filtrů F1 až F3 a jejich uvedení do provozu byly odstaveny filtry F4 a F5 a bylo navíc provedeno osazení nového přívodního potrubí DN 400, na nové otvory nátoku vody na GAU filtr byly po celé délce filtru nasazeny nerezové mřížky s otvory 0,3 mm pro zabránění vniknutí filtrační náplně při praní do středového žlabu filtru, byla dodána čerpací jímka s posilovacím čerpadlem, osazeno propojovací potrubí DN 250/400 mezi filtry F1 až F3 a čerpací jímkou, osazeno propojení nových regulačních a uzavíracích armatur do řídícího systému, elektro připojení posilovacího čerpadla, úpravy a doplnění řídícího systému filtrů F1 až F5 a posilovacího čerpadla, provedeny komplexní zkoušky, naplněno aktivní uhlí, provedeno vyprání filtrů s GAU. Po dokončení rekonstrukce, byla dne 1. 5. 2021 rekonstruovaná úpravna uvedena do zkušebního provozu.

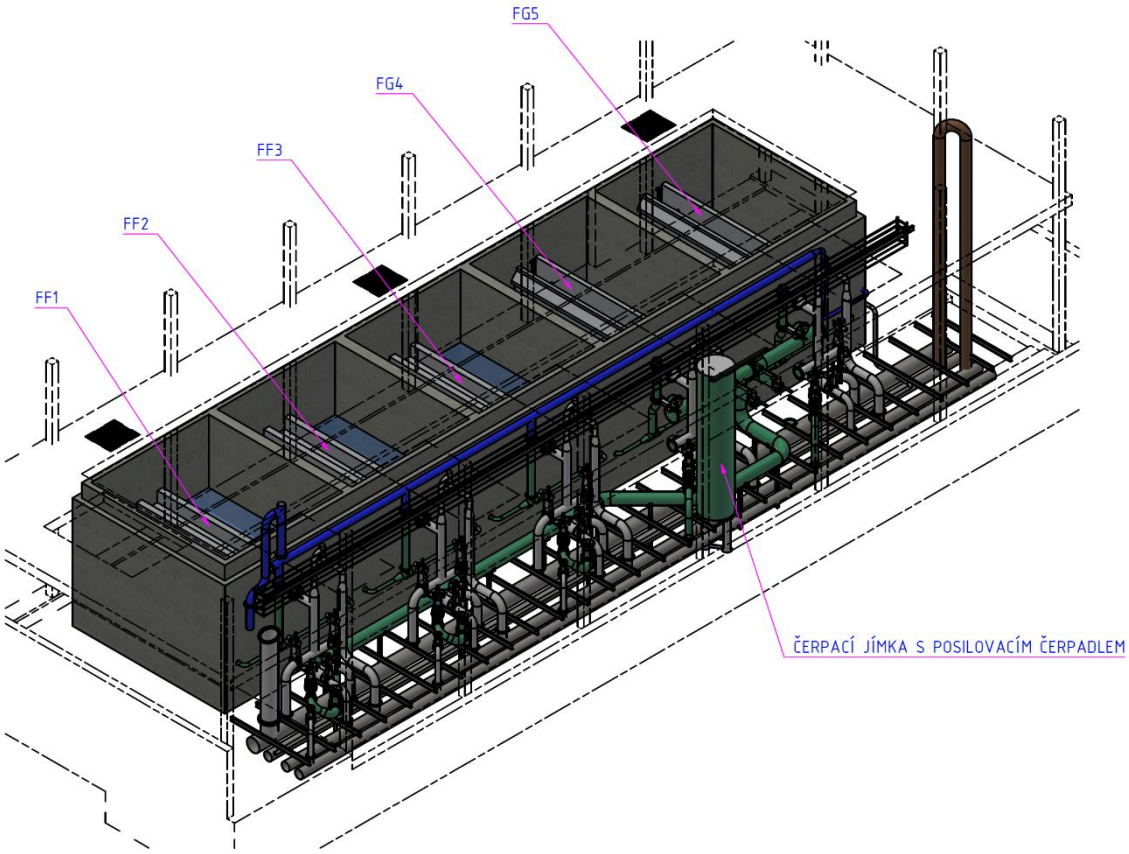
Popis nové technologie

Voda z prvního separačního stupně natéká gravitačně na filtrační stupeň, kde je průtok rozdělován na trojici filtrů F1-F3 s dvouvrstvou filtrační náplní. Náplň filtrů je tvořena novou dvouvrstvou filtrační náplní Filtralite Mono-Multi Fine, která se skládá z frakce Filtralite NC 0,8-1,6 mm v horní vrstvě (hustota cca 1250 kg/m^3) a z frakce Filtralite HC 0,5-1 mm (hustota cca 1800 kg/m^3) ve spodní vrstvě. Jedná se o dvouvrstvou filtrační náplň ze spékaných a vypálených jílů při teplotě 1200 °C s částečně pórovitou strukturou a volitelnou hustotou, která má vysokou odolnost proti obrusu. Výška každé vrstvy je 0,80 m. Filtrační rychlost při kapacitním průtoku úpravnou Q_{max} = 80 l/s činí 4,92 m/h. Filtrační materiály ve dvouvrstvém filtru mají minimální expanzi filtrační náplně 10 % při prací rychlosti 20 m/h při teplotě vody 5 °C.

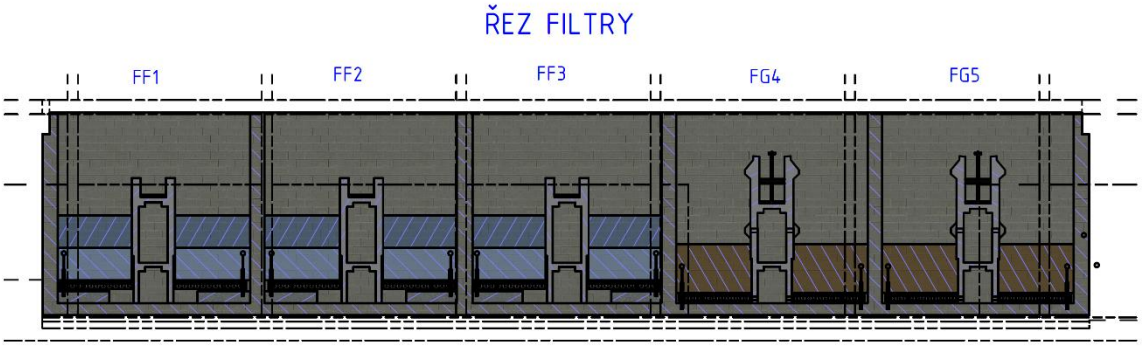
Stávající klasický rozvod betonovým mezidnem s filtračními hlavicemi byl nahrazen drenážním systémem Leopold® s dvousměrným průtokem pracích médií. Nový drenážní systém je tvořený vyztuženými plastovými prefabrikáty, které jsou uloženy přímo na dně nádrže, ke kterému jsou přikotveny proti vyplavání. Nový drenážní systém umožňuje rovnoměrné rozdělení pracího vzduchu po celé ploše dna filtru.

Na obr. 2 je 3D pohled na uspořádání filtrů a čerpací jímky a na obr. 3 je řez nově uspořádanými filtry po rekonstrukci druhého separačního stupně.

Obr. 2 *3D model uspořádání rekonstruovaných filtrů a trubního systému s čerpací jímkou*



Obr. 3 *Rekonstruované filtry (boční řez)*



Na odtoku vody z filtrů F1 až F3 byla osazena nová měřící a regulační armatura odtokové regulace DN 200 BOATRONIC MS-420 (armatury odtokové regulace jsou řízeny signálem ze stávajícího měření hladiny vody ve filtrech F1 až F3). Původní prací čerpadla byla vybavena novým frekvenčním měničem pro řízení výkonu. Filtrát z filtrů F1 až F3 je veden novým potrubím DN 250 (na kterém je instalována uzavírací armatura DN 250 s ručním ovládáním) do nového sběrného potrubí DN 400. Toto potrubí je zaústěno do nové čerpací jímky DN 1100 mm (s vypouštěcím uzávěrem na dně jímky) a výšky 4 727 mm. Uvnitř jímky je proti výtlačnému potrubí z čerpací jímky (DN 400) na spouštěcím zařízení umístěno posilovací ponorné čerpadlo (P = 3 kW, Q = 80 l/s, H= 1,2 m) Flygt PP4220.611. Čerpadlo má integrovaný frekvenční měnič a jeho provoz je řízen od signálu měření hladiny ve filtrech F1 až F3 a blokován/odblokován na minimální hladině v čerpací jímce. Nové výtlačné potrubí DN 400 z čerpací jímky je přes T kus DN 400, za kterým jsou nové uzavírací armatury DN 400 VAG ZETA® s elektropohonem, přivedeno do středového žlabu filtrů F4 a F5. Pro zajištění nátoku vody z čerpací jímky byly do stěny filtrů F4 a F5 vyvrtány nové otvory DN 450 mm (v místě původních prostupů pracího vzduchu) pro potrubí DN 400. Na odtoku vody z filtrů F4 a F5 byla osazena nová měřící a regulační armatura odtokové regulace DN 200 (ovládání regulační armatury odtokové regulace je ze stávajícího signálu měření hladiny ve filtrech F4 a F5). Za touto armaturou je nové odtokové potrubí DN 200 zaústěno do potrubí upravené vody.

Závěr

Rekonstrukce úpravny vody Moravská Nová Ves byla provedena na základě podrobného vyhodnocení možných variant, z nichž ta vybraná byla dlouhodobě poloprovozně odzkoušená. Rekonstruovaná úpravna vody Moravská Nová Ves po rekonstrukci plní požadované limity stanovené projektem rekonstrukce a vyhlášky č. 252/2004 Sb.

Literatura

[1] Dolejš P., Dobiáš P.: ÚV Moravská Nová Ves – Poloprovozní experimenty s filtrací přes vrstvu zrnitého materiálu a sorpcí pesticidů na GAU. Zpráva zpracovaná firmou W&ET Team České Budějovice, 2019

[2] Dolejš P., Dobiáš P.: ÚV Moravská Nová Ves – Ověření sorpce na GAU pro odstranění pesticidů a jejich rozkladných produktů. Zpráva zpracovaná firmou W&ET Team České Budějovice, 2019

[3] Ilčík: SÚ UV MNV FILTRY – STATICKÉ POSOUZENÍ PLÁNOVANÝCH ÚPRAV. Zpráva zpracovaná firmou J2LL CONSULT, s.r.o., 2019

Shaping the Future of Stainless Steels for Water and Wastewater Treatment Applications

Budoucnost nerezových ocelí pro technologie úpravy vody a čištění odpadních vod

Charles David, PhD[1)]; Ing. Tomáš Gottwald[1)]; Ing. Jaroslav Boráň, Ph.D.[2)]

1) Aperam Stainless Europe, Isbergues, FR, www.aperam.com
2) KUNST, spol. s r.o., Palackého 1906, 753 01 Hranice, www.kunst.cz

---

Abstrakt

Čistírny odpadních vod a úpravny vod mohou čelit korozivním elektrolytům, a proto se pro systémy manipulace s vodou (potrubí, ventily, čerpadla atd.) často volí nerezová ocel. Tzv. Lean **d**uplexní korozivzdorné oceli mohou být alternativou k častěji používaným austenitickým ocelím 304L nebo 316L. **Mají nižší náklady na legování a vyšší** mechanické vlastnosti. S cílem definovat meze použití vybraných Lean duplexních ocelí pro čistírny **odpadních vod** a úpravny vod byl zahájen evropský projekt, na němž se podíleli výrobci korozivzdorných ocelí, koncoví uživatelé, korozní a mikrobiologické laboratoře, a to jak pomocí laboratorních **screeningových** zkoušek, tak i expozicí **vzorků v prostředí čistíren odpadních vod**.

Tato studie ukazuje lokální korozní vlastnosti Lean Duplexu 1.4062 a 1.4362 v elektrolytech odpadních vod kontaminovaných chloridy při 35 °C a 50 °C. Výsledky jsou porovnány s austenity 304L a 316L. Testování štěrbinové koroze bylo provedeno pomocí štěrbinových formovačů definovaných v normě ISO 18070:2015. Expozice **vzorků pro sledování** štěrbinové **koroze na** čistírnách odpadních vod byly prováděny po dobu 1 roku v provozu s nízkým obsahem chloridů (Brusel, Belgie) a v provozu s vysokým obsahem chloridů (Cap Sicié, poblíž Toulonu, Francie).

Výsledky ukazují, že Lean Duplex 1.4062 lze použít jako alternativu k 316L v elektrolytech s nízkým obsahem chloridů. Při obsahu 500 ppm chloridů vykazovala nerezová ocel Lean Duplex 1.4362 lepší korozní odolnost než oceli 304L a 316L.

S ohledem na ekonomické náklady, dobrou odolnost proti korozi a **vyšší** mechanické vlastnosti, které umožňují snížení tloušťky, jsou **Lean** duplexní korozivzdorné oceli pro tyto aplikace cenově výhodnějším řešením než běžně používané austenitické jakosti.

Úvod

Již několik desetiletí se na úpravnách vod (ÚV) a čistírnách odpadních vod (ČOV) používají tradiční austenitické nerezové oceli (304L, 316L) [1]. Tento typ materiálu se používá pro velké množství souvisejících aplikací: trubek, nádrží a strojních zařízení pro třídění, praní, zhutňování, odvodňování atd. (obrázek 1). Používá se také v pomocných zařízeních, jako jsou schody a zábradlí [2-4].

Nerezové oceli se staly oblíbeným materiálem pro vodárenství a čistírenství zejména díky své velmi dobré odolnosti proti lokální korozi v přítomnosti chloridů. V odpadních vodách se koncentrace chloridů obvykle pohybuje mezi 50-200 mg/l. V zařízeních umístěných u moře se však průměrně pohybuje v rozmezí 500-3000 mg/l. Při správném použití odolávají korozivzdorné oceli 304L a 316L koncentracím až 200 mg/L, resp. 1000 mg/L [5,6].

***Obrázek 1** - Příklady zařízení z nerezové oceli (zleva doprava): flotační jednotka, anaerobní fermentační věž, dekantér v sile, biodegradátor.*

Byl vyvinut a intenzivně zkoumán nový typ nerezové oceli, který měl snížit nákladovost a zvýšit přínosnost pro daný obor. Duplexní korozivzdorné oceli (DX2205) jsou dvoufázové slitiny, což znamená, že mají dvě metalurgické fáze, austenitickou a feritickou, což umožňuje dosáhnout velmi vysokých mechanických a korozních vlastností, přičemž je zapotřebí méně niklu a molybdenu (oba velmi drahé legující kovy) než u austenitických korozivzdorných ocelí. Z těchto ocelí odvozené „Lean“ Duplex (DX2202 a DX2304) mají ještě méně niklu a molybdenu než „Standard“ Duplex, což je činí ještě konkurenceschopnějšími vůči austenitickým nerezovým ocelím (tabulka 1).

***Tabulka 1:** Přibližný obsah hlavních legujících prvků pro různé třídy korozivzdorných ocelí*

Typ	Třída	Cr%	Ni%	Mo%	N%
Austenitic	304L	18,1	8,1	-	0,07
Austenitic	316L	16,7	10,1	2,1	0,04
Duplex	DX2205	22,8	5,5	3,0	0,17
Lean Duplex	DX2304	22,8	3,8	0,5	0,13
Lean Duplex	DX2202	22,9	2,6	0,2	0,21

Cílem tohoto článku je porovnat odolnost různých typů korozivzdorných ocelí vůči lokalizované korozi a konfrontovat ji s mechanickými vlastnostmi a finančními dopady, aby bylo možné posoudit ekonomickou životaschopnost nahrazení tradičních austenitických korozivzdorných ocelí lean duplexními korozivzdornými ocelemi v aplikacích souvisejících s vodou a odpadními vodami.

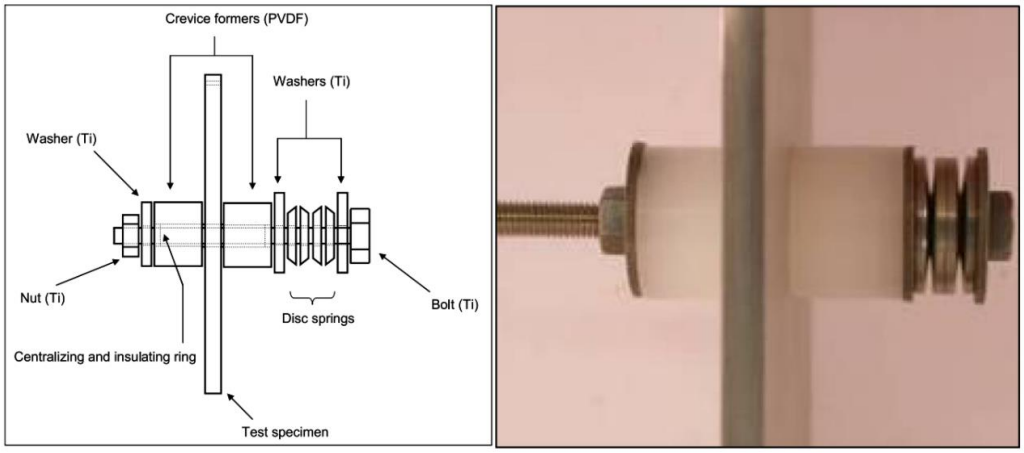
Odolnost proti lokální korozi

Nedávná studie vedená Francouzským institutem pro korozi a společností Veolia, která je jedním z hlavních hráčů v oblasti vodního hospodářství a nakládání s odpadními vodami na celém světě, porovnávala chování Lean Duplexu a tradičních austenitických nerezových ocelí z hlediska lokalizované koroze [7] v prostředí obsahujícím chloridy. Vzorky poskytli různí výrobci korozivzdorných ocelí, mezi nimiž byla i společnost Aperam.

Byly provedeny dva hlavní typy zkoušek. První spočíval v podrobení vzorků laboratorní zkoušce CREVCORR (ISO 18070:2015), která spočívá v simulaci štěrbinové koroze (lokalizované koroze v uzavřeném prostředí) pomocí specifické sestavy (obrázek 2). Sestava byla ponořena do roztoků

obsahujících různé koncentrace chloridů (200 až 3000 mg/l) a při dvou různých teplotách (35 °C a 50 °C). Doba ponoření byla 30 dní. Zkouška byla opakována 5krát pro každou třídu nerezavějící oceli.

Obrázek 2 *- Schematické znázornění štěrbinové sestavy ISO 18070:2015 [7].*



Výsledky ukázaly, že třídy Lean Duplex společnosti Aperam (DX2202 a DX2304) mají podobné nebo lepší vlastnosti než tradiční austenitické třídy 304L a 316L (obrázek 3). Ve skutečnosti se DX2202 choval podobně jako 316L, který byl lepší než 304L. Pokud jde o DX2304, jeho chování bylo výrazně lepší než u všech předchozích tříd.

Druhý test spočíval v ponoření stejných materiálů v provozu čistíren odpadních vod, jedné poblíž Bruselu v Belgii a druhé poblíž Toulonu ve Francii. Doba ponoření činila jeden rok, po kterém všechny vzorky vykazovaly korozi v čistírně umístěné u moře (Toulon), zatímco v Bruselu nevykazoval korozi žádný vzorek.

Obrázek 3 *- Výsledky štěrbinové koroze pomocí zkoušky CREVCORR (ISO 18070:2015). Zelené kolečko = žádná koroze, červený křížek = korozní místa hlubší než 25 mikronů, zeleno-červené kolečko= povrchová koroze [7].*

		35°C				50°C			
		Chloride content [ppm]							
UNS.	Common Des.	200	500	1000	3000	200	500	1000	3000
S30403	304L	0/5 ●	2/5 ✕ 0 25µm	2/5 ✕ 0 43µm	3/5 ✕ 0 109µm	0/5 ●	5/5 ✕ 25µm 41µm	5/5 ✕ 32µm 41µm	–
S31603	316L	0/5 ●	2/5 ◐ 0 15µm	2/5 ✕ 0 34µm	3/5 ✕ 0 121µm	0/5 ●	2/5 ◐ 0 15µm	3/5 ✕ 0 32µm	–
S32101	2101	0/5 ●	3/5 ✕ 0 25µm	3/5 ✕ 0 55µm	3/5 ✕ 0 130µm	0/5 ●	2/5 ✕ 0 36µm	3/5 ✕ 0 46µm	–
S32202	2202	0/5 ●	1/5 ◐ 0 14µm	1/5 ✕ 0 41µm	3/5 ✕ 0 108µm	0/5 ●	3/5 ◐ 0 15µm	2/5 ✕ 0 26µm	–
S32304	2304	0/5 ●	0/5 ●	1/5 ✕ 0 48µm	2/5 ✕ 0 60µm	0/5 ●	0/5 ●	1/5 ✕ 0 27µm	3/5 ✕ 0 68µm
S82441	2404	0/5 ●	0/5 ●	0/5 ●	0/5 ●	0/5 ●	0/5 ●	1/5 ✕ 0 25µm	2/5 ✕ 0 41µm
S31803	2205	0/5 ●	0/5 ●	0/5 ●	0/5 ●	0/5 ●	0/5 ●	0/5 ●	1/5 ✕ 0 31µm

✕ Corrosion
● No corrosion
◐ Superficial corrosion attack (etching)
– Not tested (corrosion at lower concentration)

Number of corroded duplicated → x/5 ✕ y µm z µm ← *Min. corrosion attack* / *Max. corrosion attack*

Mechanické vlastnosti

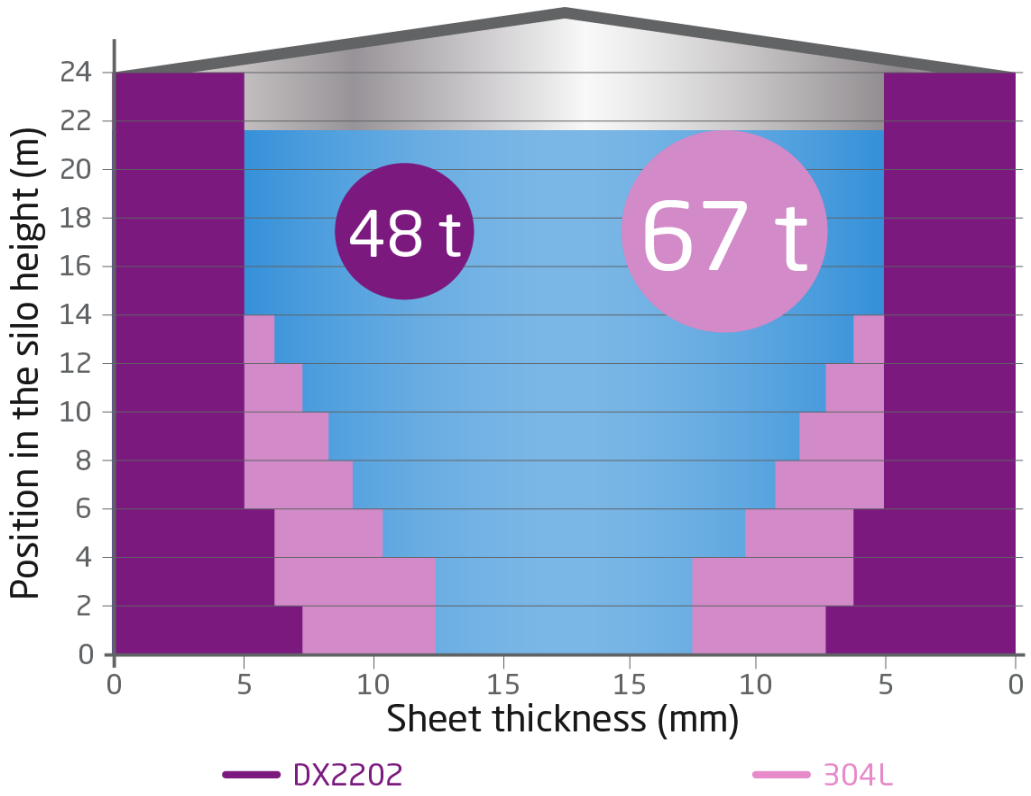
Zatímco mez pevnosti v tahu (UTS) u Lean Duplexu je mírně vyšší než u austenitických materiálů, jejich mez kluzu (YS) je téměř dvakrát vyšší než u materiálů 304L a 316L (tabulka 2). Tažnost je pak u Lean Duplexu nižší, ale stále dostatečně vysoká pro většinu tvářecích procesů (>30 %).

Tabulka 2: *Mechanické vlastnosti austenitických a Lean duplexních nerezových ocelí podle Aperamu*

Třída	YS (MPa)	UTS (MPa)	E (%)
DX2202	530	710	30
DX2304	550	730	30
316L	300	620	52
304L	300	650	54

Skutečnost, že Lean Duplex má tak vysokou YS ve srovnání s austenity, umožňuje snížit tloušťku při použití těchto materiálů jako konstrukčních dílů. Příkladem jsou sila na skladování vody. V takových případech může snížení tloušťky plechu stěny nádrže umožnit celkové snížení hmotnosti přibližně o 30 % (obrázek 4).

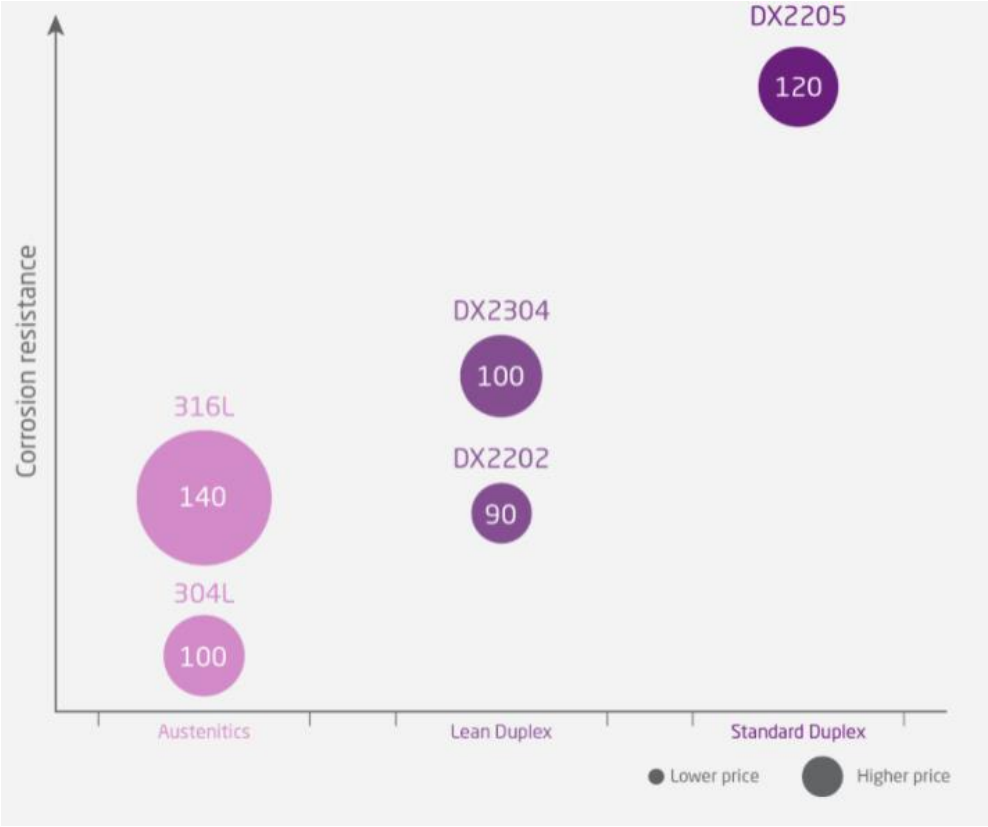
Obrázek 4 *- Nahrazení materiálu 304L materiálem DX2202. Tloušťka plechu vypočtená podle SHELL DESIGN API 650. Případ sila Ø 14 m o výšce 24 m naplněného vodou.*



Cenové úrovně a stabilita

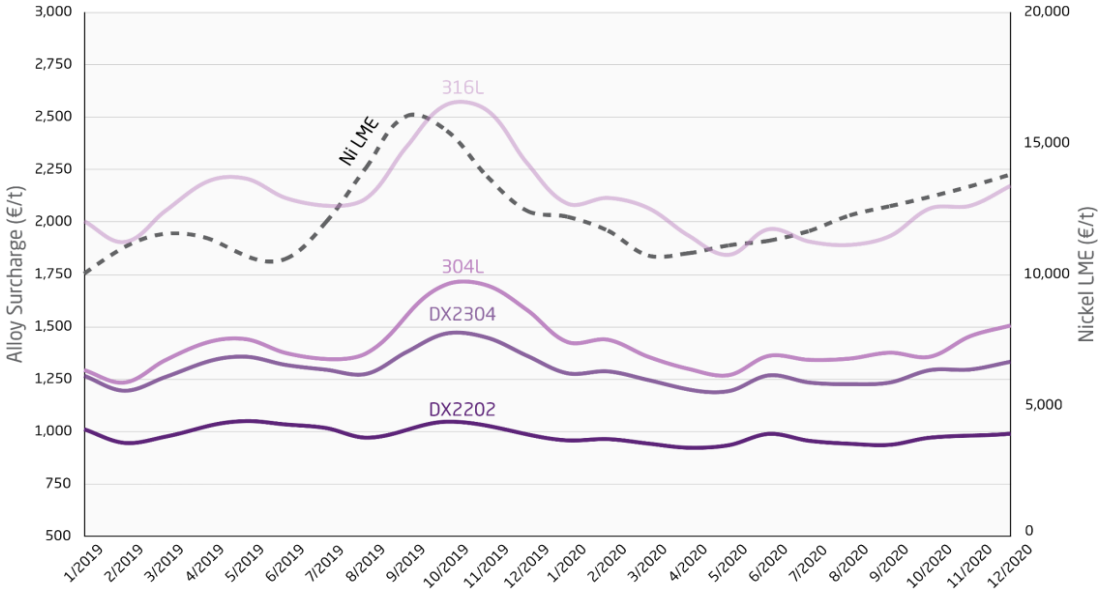
Při zvážení výhod Lean Duplexu z hlediska koroze a mechanických vlastností při použití ve vodárenství a čistírenství by se mohlo zdát, že tyto jakosti jsou ve srovnání s austenity dražší. Vzhledem k jejich nižšímu obsahu legujících prvků, který je umožněn díky jejich dvoufázové austeniticko-feritické mikrostruktuře, tomu tak není. Ceny jakostí DX2202 a DX2304 jsou obecně podobné nebo nižší než u austenitických ocelí (obrázek 5).

Obrázek 5 *- Orientační relativní cena austenitických (304L, 316L), Lean duplexních (DX2202, DX2304) a duplexních (DX2205) nerezových ocelí v EUR/t (vyznačeno v kroužcích). Seřazeno podle jejich přibližné celkové korozní odolnosti.*



Kromě atraktivních prodejních cen je výhodou Lean Duplexu také to, že vykazuje stabilnější ceny než austenitické oceli. To je možné díky jejich nižšímu obsahu niklu, který je zodpovědný za kolísání celkové ceny dané jakosti (obrázek 6). Taková cenová stabilita je klíčovým bodem při zvažování výstavby vodáren a čistíren odpadních vod a umožňuje vyhnout se velkým cenovým změnám mezi fázemi návrhu a realizace projektů.

Obrázek 6 *- Vývoj legovacího příplatku v letech 2019 a 2022 pro austenitické (304L a 316L) a Lean duplexní (DX2202 a DX2304) třídy nerezové oceli. Vývoj je porovnán s cenou niklu.*



Závěr

Nerezové oceli Aperam Lean Duplex (DX2202 a DX2304) vykazují podobnou nebo lepší odolnost proti lokální korozi než tradiční austenitické oceli (304L a 316L) v typickém prostředí čistíren odpadních vod s obsahem chloridů. Výsledky byly potvrzeny ponornými zkouškami, což umožňuje použití těchto ocelí v různých aplikacích souvisejících s vodou a odpadními vodami. Kromě odolnosti proti korozi je výhodou jakostí Lean Duplex také to, že umožňují snížit tloušťku přibližně o 30 %, což znamená, že k výrobě stejného zařízení je zapotřebí méně materiálu. Kromě všech výhod, které Lean Duplex přináší, je jejich cena atraktivní a stabilní, což je klíčový bod při zvažování různých kroků důležitých stavebních projektů. Díky takovým výsledkům je Lean Duplex materiálem, který se hodí pro aplikace související s pitnými a odpadními vodami.

Reference

[1] J.-M. Rovel, P. Mouchet, L. Andriamirado, Water Treatment Handbook, 7th ed., Degrémont Suez, Lavoisier 2007.

[2] Stainless Steel in Sewage Treatment Plants: A Clean Solution for Pure Water, International Stainless Steel Forum, Brussel, Belgium 2010.

[3] A. H. Tuthill, S. Lamb, Stainless Steel in Municipal WasteWater Treatment Plants, NiDi Tech. Ser. No. 10076, Nickel Development Institute, Toronto, Canada 1998.

[4] M. Andrus, Met. Finish. 2010, 108, 47.

[5] U. Heubner, Performance of Stainless Steels in Waste Water In-stallations, 13, Euro Inox, Düsseldorf, Germany 2010.

[6] Corrosion of Stainless Steels in Supply (Drinking) and Waste (Sewage) Water Systems, Br. Stainless Steel Assoc. Stainless Steel Advis. Serv. 2001.

[7] N. Larché, B. Emo, A. Allion, E. Johansson, D. Thierry, Localized corrosion of (lean) duplex stainless steels in immersion units of urban wastewater treatment plants, Materials and Corrosion, 2021.

Laboratórne skúšky sledovania trihalogénmetánov v modelových vodách dezinfikovaných chlórnanom sodným vyrobeným chemickým postupom a elektrolýzou soľanky

Ing. Karol Munka, PhD.[1)]; Ing. Katarína Šimovičová, PhD.[1)];
Prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.[2)]; Prof. Ing. Danka Barloková, PhD.[2)];
RNDr. Jana Tkáčová, PhD.[1)]; Dpt. Stanislav Varga[1)]; Ing. Anna Vajíčeková, PhD.[1)];
Ing. Margita Slovinská[1)]; Ing. Stanislava Kecskésová, PhD.[1)]; Mgr. Alena Matis[1)]

1) Výskumný ústav vodného hospodárstva,
Nábrežie arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava; karol.munka@vuvh.sk
2) Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU Bratislava,
Radlinského 11, 813 68 Bratislava; jan.ilavsky@stuba.sk

Úvod

Trihalogénmetány (THM) predstavujú skupinu organických látok odvodených od metánu, v ktorom sú tri atómy vodíka viazané na atóm uhlíka, nahradené tromi atómami halogénu (chlór, bróm, jód). V pitných vodách môžu tieto látky vznikať ako vedľajšie produkty dezinfekcie, najmä pri použití dezinfekčných činidiel na báze chlóru, ale aj iných silných oxidačných činidiel, ich reakciou s organickými látkami prirodzene sa vyskytujúcimi v zdrojoch vody. V Slovenskej republike je monitorovanie trihalogénmetánov v pitnej vode zakomponované vo vyhláške MZ SR č.247/2017, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou. Trihalogénmetány sú v tejto vyhláške zaradené medzi „Ukazovatele, vyšetrované pri dezinfekcii a chemickej úprave pitnej vody“ s limitnou hodnotou 100 µg/l (NMH). Zo skupiny trihalogénmetánov sa stanovujú: chloroform, brómdichlórmetán, dibrómchlórmetán a bromoform. Limitná hodnota predstavuje súčet koncentrácií všetkých trihalogénmetánov stanovených vo vzorke vody.

Stanovenie trihalogénmetánov v pitnej vode

Pri stanovení trihalogénmetánov v pitnej vode sa vychádzalo z normy STN EN ISO 10301 Kvalita vody. Stanovenie vysoko prchavých halogénovaných uhľovodíkov. Plynovochromatografické metódy. Trihalogénmetány vo vodnej vzorke sme stanovovali plynovochromatografickou metódou na prístroji Agilent Technologies 7890A GC Systems v spojení s MS detektorom MSD 5975C Agilent Technologies na analytickej kapilárnej kolóne DB-624 (60 m x 0,32 mm x 1,8 µm) po separácii THM z vodnej vzorky extrakciou kvapalina-plyn tzv. statický „headspace“, ktorý využíva ustálenie rovnováhy medzi kvapalnou a plynnou fázou. Na kvantitatívne vyhodnotenie sme použili program ChemStations G1701EA E.02.00.493. Z chromatografického záznamu sme na základe retenčných časov a plôch jednotlivých píkov vypočítali koncentráciu THM podľa vnútorného štandardu 4-brómfluórbenzénu a fluórbenzénu, ktorý bol pridaný ku každej vzorke v koncentrácii c = 50 µg/l. Detekčná metóda bola programovaná v SIM móde, zohľadňujúc tri charakteristické ióny pre každý analyt.

Podmienky analytického stanovenia

Parametre pre GC:

- teplota injektora: 200°C
- teplotný program: 35°C – 4 min., teplotný gradient: 55°C/min., 85°C – 5 min., teplotný gradient: 27,5°C/min., 140°C – 8 min., teplotný gradient: 25°C/min., 180°C – 10 min.
- nosný plyn: He
- prietoky nosného plynu: cez kolónu 1 ml/min.
- split mode, splitovací pomer: 1:10

Parametre pre Headspace Autosampler:

- teplota ohrevného priestoru: 85°C
- teplota slučky: 95°C
- teplota transferlinu: 120°C
- časový program headspace: GC cyklus 39 min., doba ohrevu vialky: 20 min., tlakovanie 0,30 min., preplach ventila: 0,2 min., EQ čas 0,05 min., injekt 2 min.

Touto metódou sme dosiahli pre jednotlivé THM limity kvantifikácie na úrovni 0,5 µg/l. Dosiahnuté výsledky sú v súlade s požiadavkami definovanými vo vyhláške č.247/2017 Z.z.

Metodika testov potenciálnej tvorby trihalogénmetánov

Trihalogénmetány sa tvoria v dôsledku vzájomného pôsobenia medzi prírodnými organickými látkami (prekurzory tvorby THM) a dezinfekčnými prostriedkami. K základným faktorom ovplyvňujúcim tento proces možno zaradiť:

- typ prekurzora tvorby THM
- koncentrácia prekurzora tvorby THM vo vode
- typ dezinfekčného prostriedku
- dávka dezinfekčného prostriedku
- pH vody
- teplota vody
- doba kontaktu dezinfektantu s vodou.

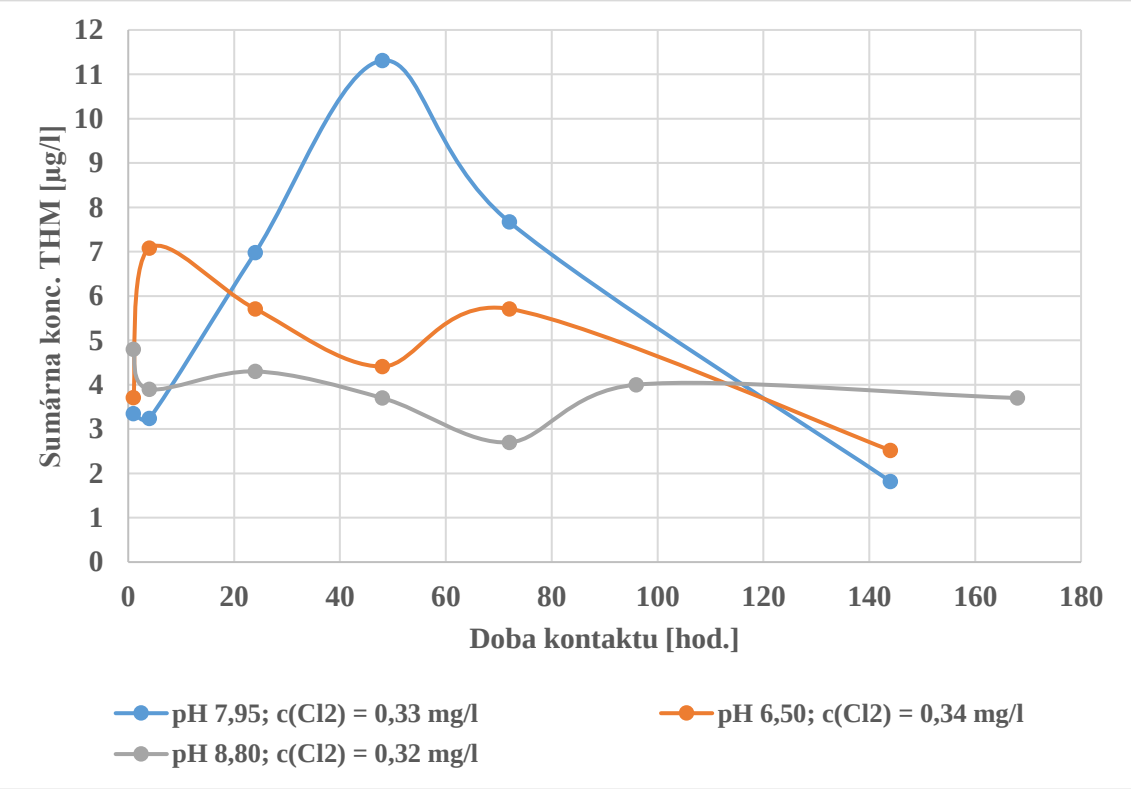
Ako prekurzor tvorby THM bol použitý rašelinový výluh, v ktorom bola koncentrácia humínových látok c(HL) = 197,5 mg/l. Rašelinový výluh bol zmiešaný s podzemnou vodou v takom pomere, aby koncentrácia humínových látok v takto pripravenej modelovej vode bola c(HL) = 4,7 mg/l. V STN 75 7111 Pitná voda patrili humínové látky medzi fyzikálno-chemické ukazovatele s medznou hodnotou 2,5 mg/l. Prekročenie tejto hodnoty indikovalo možnú prítomnosť trihalogénmetánov u vôd zdravotne zabezpečovaných chlórom a bolo dôvodom k rozhodnutiu o stanovení chloroformu príp. ďalších THM. Koncentrácia humínových látok v modelovej vode bola teda približne 2-násobne vyššia ako bola limitná hodnota uvádzaná pre tieto látky v STN 75 7111.

Ako dezinfekčný prostriedok boli použité dva rôzne roztoky chlórnanu sodného, pričom prvý roztok chlórnanu bol vyrobený bežným chemickým postupom a druhý roztok chlórnanu bol vyrobený elektrolýzou soľanky. Dávky roztokov použitých chlórnanov sodných, vo vyjadrení koncentrácie voľného chlóru, sa pohybovali v rozsahu 0,32-0,34 mg/l. Hodnota pH modelovej vody bola na pH 6,50 upravená prídavkom 0,1 M HCl, na hodnotu pH 8,80 bola upravená prídavkom 0,1 M NaOH a bez úpravy pH (podzemná voda v prirodzenom stave) mala pH 7,95. Pri všetkých testoch boli vzorky modelových vôd v kontakte s dezinfekčným prostriedkom pri teplote 10°C (vzorky uložené v termoboxe) a doby kontaktu sa pohybovali od 1 hodiny po 168 hodín.

Výsledky a diskusia

Výsledky testov potenciálnej tvorby THM sú v grafickej forme znázornené na obr. 1 a 2. Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať, že pri uvedených experimentálnych podmienkach, pri ktorých na podzemnú vodu obohatenú o humínové látky na koncentračnej úrovni 4,7 mg/l pri hodnotách pH 6,50; 7,95 a 8,80 a pôsobenia dvoch rôznym spôsobom vyrobených chlórnanov (chemický postup a elektrolýza soľanky) s koncentráciou voľného chlóru v rozmedzí 0,32-0,34 mg/l, neprekročila sumárna koncentrácia THM (chloroform, brómdichlórmetán, dibrómchlórmetán, bromoform) koncentráciu 11,6 µg/l, čo predstavuje 11,6 % z limitnej hodnoty (100 µg/l) pre THM uvedenej vo vyhláške č.247/2017 Z.z. Priebeh tvorby THM pri rovnakých hodnotách pH modelových vôd bol veľmi podobný pre obidva použité dezinfekčné prostriedky.

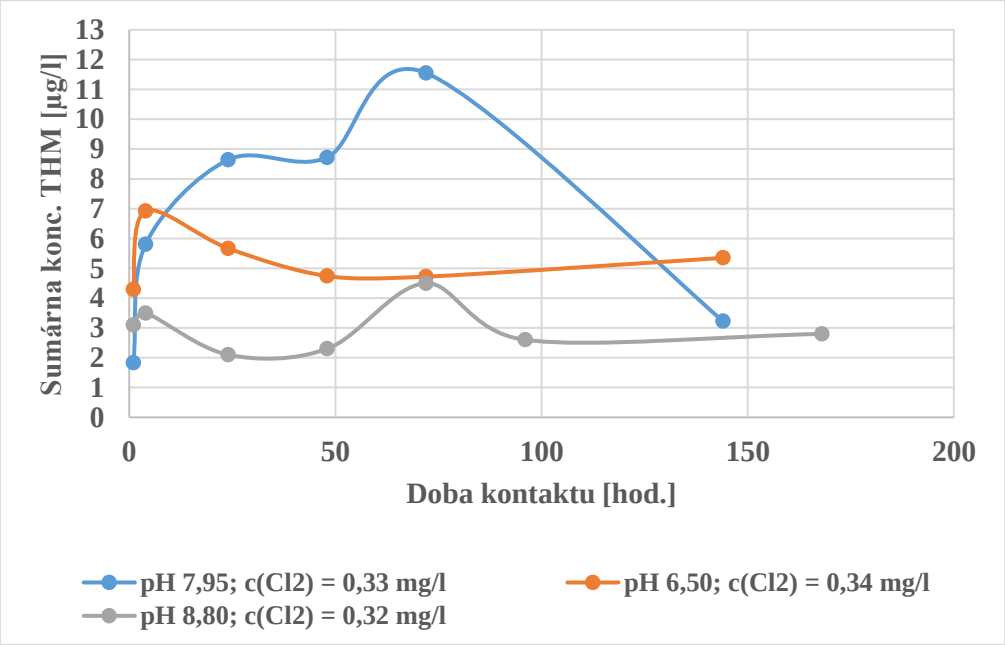
Obr. 1. *Tvorba THM (sumárna koncentrácia 4 THM) v závislosti od doby kontaktu chlórnanu sodného (výroba-chemický postup) s modelovými vodami s hodnotami pH 6,50; 7,95; 8,80 a s koncentráciou humínových látok 4,7 mg/l, koncentrácia voľného chlóru 0,32-0,34 mg/l.*



Najrýchlejšia tvorba THM bola zaznamenaná pre najnižšiu hodnotu pH 6,50, kedy pri dobe kontaktu 4 hodiny bolo vytvorených 6,9-7,1 µg/l, čo zároveň predstavovalo aj maximálnu koncentráciu THM pri tomto pH. V ďalšom priebehu testov pri hodnote pH 6,50 už dochádzalo iba k poklesu ich koncentrácie, pričom na konci testu po 144 hodinách dosahovali sumárne koncentrácie THM 2,5 µg/l (výroba NaClO-chemický postup) resp. 5,3 µg/l (výroba NaClO-elektrolýza soľanky).

Pri hodnote pH 6,50 bola zaznamenaná najvyššia tvorba pre chloroform, a to súčasne pre obidva použité dezinfekčné prostriedky, keď jeho koncentrácie sa pohybovali v rozmedzí 2,0-5,6 µg/l resp. 3,3-5,3 µg/l. Pri tejto hodnote pH predstavovala koncentrácia vytvoreného chloroformu 77-80 % zo sumárnej koncentrácie THM pre obidva dezinfekčné prostriedky. Pri hodnote pH 6,50 pre obidva dezinfekčné prostriedky nedochádzalo k žiadnej tvorbe dibrómchlórmetánu a bromoformu a koncentrácie brómdichlórmetánu neprekročili 1,6 µg/l.

Obr. 2. *Tvorba THM (sumárna koncentrácia 4 THM) v závislosti od doby kontaktu chlórnanu sodného (výroba elektrolýzou soľanky) s modelovými vodami s hodnotami pH 6,50; 7,95; 8,80 a s koncentráciou humínových látok 4,7 mg/l, koncentrácia voľného chlóru 0,32-0,34 mg/l.*



Tvorba THM pri hodnote pH 7,95 nebola v časovom intervale 1-4 hodiny najrýchlejšia, avšak pri tejto hodnote pH boli zaznamenané pre obidva použité dezinfektanty najvyššie koncentrácie THM. Pre NaClO vyrobený chemickým postupom dosiahla koncentrácia THM maximum (11,3 µg/l) po 48 hodinách a pre NaClO vyrobený elektrolýzou soľanky dosiahla koncentrácia THM maximum (11,6 µg/l) po 72 hodinách. Po dosiahnutí maximálnej koncentrácie THM nasledoval výraznejší pokles ich koncentrácie, pričom na konci testu dosahovali ich koncentrácie 1,8 resp. 3,2 µg/l.

Aj pri hodnote pH 7,95 bola zo štyroch analyzovaných THM zisťovaná najvyššia tvorba pre chloroform pre obidva použité dezinfekčné prostriedky, keď jeho koncentrácie sa pohybovali v rozmedzí 1,7-9,6 µg/l resp. 1,8-10,3 µg/l. Pri tejto hodnote pH dosahovala koncentrácia vytvoreného chloroformu 85-91 % zo sumárnej koncentrácie THM pre obidva použité dezinfekčné prostriedky. Rovnako ako pri hodnote pH 6,50, tak ani pri hodnote pH 7,95 nedochádzalo pri obidvoch dezinfekčných prostriedkoch k žiadnej tvorbe dibrómchlórmetánu a bromoformu a koncentrácie brómdichlórmetánu neprekročili 1,7 µg/l.

Jednoznačne najnižšia tvorba THM bola zaznamenaná pre obidva dezinfekčné prostriedky pri hodnote pH 8,80. Sumárna koncentrácia THM sa v priebehu testov pohybovala v rozmedzí 2,7-4,8 µg/l (výroba NaClO-chemický postup) a 2,1-4,5 µg/l (výroba NaClO-elektrolýza soľanky).

Rovnako ako pri hodnotách pH 6,50 a pH 7,95 bola aj pri hodnote pH 8,80 zo štyroch analyzovaných THM zisťovaná najvyššia tvorba pre chloroform, a to pre obidva dezinfekčné prostriedky. Pri hodnote pH 8,80 koncentrácie vytvoreného chloroformu neprekročili hodnotu 5,0 µg/l a jeho tvorba bola úplne dominantná, pretože nedochádzalo k žiadnej tvorbe nielen dibrómchlórmetánu a bromoformu, čo bolo preukázané aj pri hodnotách pH 6,50 a pH 7,95, ale pri hodnote pH 8,80 nebola zaznamenaná ani žiadna tvorba brómdichlórmetánu, pričom pri hodnotách pH 6,50 a 7,95 boli zistené koncentrácie brómdichlórmetánu, aj keď na nízkej úrovni. To znamená, že pri hodnote pH 8,80 predstavovala koncentrácia vytvoreného chloroformu 100 % zo sumárnej koncentrácie THM pre obidva použité dezinfekčné prostriedky.

Záver

Na základe uskutočnených laboratórnych testov potenciálnej tvorby THM, pri ktorých na podzemnú vodu obohatenú o humínové látky na koncentračnej úrovni 4,7 mg/l pri hodnotách pH 6,50; 7,95 a 8,80, pôsobili dva rôznym spôsobom pripravené chlórnany (výroba chemickým postupom a elektrolýzou soľanky) s koncentráciou voľného chlóru 0,32-0,34 mg/l, možno konštatovať, že získané výsledky nepreukázali výraznejšiu tvorbu štyroch THM (chloroform, brómdichlórmetán, dibrómchlórmetán, bromoform). Najvyššia tvorba THM bola zaznamenaná pri hodnote pH 7,95, kedy po 48 resp. 72 hodinách boli dosiahnuté maximálne koncentrácie 11,3 resp. 11,6 µg/l, čo predstavovalo 11,5 % z limitnej hodnoty pre THM (100 µg/l) uvedenej vo vyhláške č.247/2017 Z.z. Najnižšia tvorba THM bola zisťovaná v alkalickom prostredí pri pH 8,80, keď ich sumárna koncentrácia neprekročila hodnotu 5,0 µg/l.

Pri všetkých sledovaných hodnotách pH bola zo štyroch analyzovaných THM zaznamenaná jednoznačne najvyššia tvorba pre chloroform. Pri hodnote pH 6,50 sa koncentrácie chloroformu pohybovali v rozmedzí 2,0-5,6 µg/l, pričom nebola zaznamenaná žiadna tvorba dibrómchlórmetánu a bromoformu a koncentrácie brómdichlórmetánu neprekročili 1,6 µg/l. Pri hodnote pH 7,95 dosahovali koncentrácie chloroformu rozmedzie 1,7-10,3 µg/l, pričom nedochádzalo k žiadnej tvorbe dibrómchlórmetánu a bromoformu a koncentrácie brómdichlórmetánu neprekročili 1,7 µg/l.

Pri hodnote pH 6,50 dosahovala koncentrácia vytvoreného chloroformu 77-80 % zo sumárnej koncentrácie THM, pri hodnote pH 7,95 predstavovala koncentrácia chloroformu 85-91 % zo sumárnej koncentrácie THM a pri hodnote pH 8,80 dosahovala koncentrácia chloroformu až 100 % zo sumárnej koncentrácie THM pre obidva použité dezinfekčné prostriedky.

Na základe získaných výsledkov možno konštatovať, že neboli zaznamenané významnejšie rozdiely v tvorbe THM pri dezinfekcii podzemných vôd kontaminovaných humínovými látkami obidvomi dezinfekčnými prostriedkami (chlórnan vyrobený chemickým postupom a elektrolýzou soľanky).

Poďakovanie

Táto práca bola uskutočnená za finančnej podpory projektu APVV-15-0379 „Vývoj metód správnej aplikácie dezinfekčných prostriedkov pre zdravotne bezpečnú pitnú vodu“.

Literatúra

Záverečná správa o riešení projektu „Vývoj metód správnej aplikácie dezinfekčných prostriedkov pre zdravotne bezpečnú pitnú vodu“
Evidenčné číslo projektu: APVV-15-0379
Zodpovedný riešiteľ projektu: Slovenská technická univerzita v Bratislave
Partner projektu: Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava

Symons, J.M.-Stevens, A.A.-Clark, R.M.-Geldreich, E.E.-Love, O.T.-DeMarco, J.: Treatment techniques for controlling trihalomethanes in drinking water. EPA/600/2 – 81/156,september 1981

Batchelor, B.-Fusilier, D.-Murray, E.H.: Developing haloform formation potential tests. Research and technology, Journal AWWA, january 1987

Reckhow, A.D.-Edzwald, J.K.: Bromoform and jodoform formation potential tests as surrogates for THM formation potential. Research and technology, Journal AWWA, may 1991

Thurman, E.M.-Malcolm, R.L.: Aquatic. terr. humic matter. Sel. PAP, Symp., Ann. Arbor., Sci Michigan, USA 1985, p.1-23

Doré, M. et al.: Reactivity of halogen with aqueous micropollutants: a mechanism for the formation of trihalomethanes. Jour. AWWA, 74:2:103, february 1982

Adsorpcia vybraných liečiv z vody použitím granulovaného aktívneho uhlia

prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.; prof. Ing. Danka Barloková, PhD.; Ing. Michal Marton

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

Abstrakt

V článku je porovnávaná účinnosť odstraňovania vybraných liečiv z pitnej vody pomocou granulovaného aktívneho uhlia od dvoch výrobcov (Calgon Carbon, Eurocarb). Experimenty boli realizované v laboratórnych podmienkach s rôznym pH vody (7,8 alebo 6,5), pri laboratórnej teplote a rovnakom množstve pridaného sorbentu (Filtrasorb 400 a WG12). Na experimenty bola použitá pitná voda s prídavkom štandardov s výslednou koncentráciou sledovaných liečiv 0,44-0,55 µg/l. Vzorky sa odoberali po 30, 60, 120 a 240 minútach kontaktu sorbentu s vodou. Analýzy sledovaných liečiv boli vykonané v laboratóriu ALS Praha. Na analýzu liečiv vo vzorkách vody bola použitá LC-MS prístrojová technika. Adsorpčná účinnosť odstraňovania vybraných liečiv z vody a adsorpčná kapacita granulovaného aktívneho uhlia pre dané liečivá závisí od času kontaktu vody s materiálom. Účinnosť adsorpcie pre dva rôzne typy granulovaného aktívneho uhlia sa pohybuje od 13 do viac ako 90 %. pH vody ovplyvňuje sorpčné vlastnosti GAU.

Úvod

V poslednom desaťročí boli vo vodnom prostredí zaznamenané stopy liečiv, typicky v koncentráciách od nanogramov až po mikrogramy na liter, vrátane povrchových vôd, odpadových vôd, podzemných vôd a v menšej miere aj v pitnej vode. Pokroky v analytickej technológii boli kľúčovým faktorom ich zvýšenej detekcie.

Farmaceutiká sú syntetické alebo prírodné chemikálie, ktoré sa nachádzajú v liekoch na predpis, voľne predajných terapeutických liekoch a veterinárnych liekoch [1-4]. Ich prítomnosť vo vode, dokonca aj pri týchto veľmi nízkych koncentráciách, je potenciálnym rizikom nielen pre ľudské zdravie v dôsledku vystavenia sa účinkom liečiv v pitnej vode, ale aj pre vodné organizmy a ďalšie zložky životného prostredia.

V Európskej Únii sa v humánnej medicíne používa asi 3000 rôznych látok, ako sú analgetiká a protizápalové lieky, antibiotiká, betablokátory, regulátory lipidov, psychoaktívne látky a mnoho ďalších. Veľké množstvo liečiv sa používa aj vo veterinárnej medicíne, medzi nimi napríklad antibiotiká a protizápalové lieky. Farmaceutické prípravky sa po aplikácii vylučujú z tela v pôvodnej (nezmenenej) forme alebo ako metabolity a vstupujú do vodných systémov rôznymi cestami [5]. Z environmentálneho hľadiska je najväčší problém pri užívaní farmaceutických výrobkov ich perzistencia a kritická biologická aktivita.

Reziduá farmaceutických výrobkov môžu do životného prostredia preniknúť počas ich výroby, používania a zneškodňovania. Liečivá sa do životného prostredia dostávajú najmä odtokom z čistiarní komunálnych odpadových vôd, odpadových vôd z výrobných závodov, odpadovými vodami z nemocníc, aplikovaním čistiarenského kalu na polia, vplyvom veterinárnej medicíny, aplikáciou živočíšneho hnoja, priesakovými vodami zo skládok, nesprávnou likvidáciou liekov po expirácii, nesprávnym skládkovaním nepoužitých liekov a kontaminovaného odpadu [6].

Liečivá, ktoré sa v procese čistenia odpadových vôd neodstránia sa vypúšťajú do recipientov, čo vedie ku kontaminácii riek, jazier a niekedy aj podzemných a pitných vôd.

Publikované články a štúdie ukázali, že koncentrácie liečiv v zdrojoch povrchových a podzemných vôd ovplyvňovaných vypúšťaním odpadových vôd sú nižšie ako 0,1 µg/l a koncentrácie v upravenej pitnej vode sú zvyčajne nižšie ako 0,05 µg/l [7,8].

Na základe monitorovania výskytu vybraných liečiv a ich metabolitov v povrchových vodách na Slovensku bolo zistené, že najčastejšie sa vyskytujú liečivá ako valsartan, venlafaxín, telmisartan, metoprolol, tramadol, klindamycín, erytromycín, karbamazepín a diklofenak.

Farmaceutické výrobky ako erytromycín, diklofenak, telmisartan, karbamazepín alebo kofeínový stimulant sa našli napríklad aj v tatranských plesách [9].

Spôsoby odstraňovania liečiv z vody

Klasické ČOV majú v technologickej linke zaradenú biologickú degradáciu pomocou aktivovaného kalu, zatiaľ čo moderné, resp. väčšie ČOV z hľadiska počtu ekvivalentných obyvateľov, používajú zariadenia a procesy terciárneho čistenia, ako je reverzná osmóza, ozonizácia a pokročilé oxidačné technológie, ktoré vo všeobecnosti môžu dosiahnuť vyššiu mieru odstraňovania liečiv (až 100 %) v porovnaní s klasickými procesmi [10-15].

Farmaceutiká sú rozmanitou skupinou chemikálií s rôznymi fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami. Účinnosť odstraňovania závisí od ich fyzikálnych a chemických charakteristík (napr. hydrofóbnosti), ich reaktivity voči rôznym procesom odstraňovania, koncentrácie liečiv, teploty vody, hydraulických podmienok.

Odstraňovanie liečiv počas úpravy vody do značnej miery závisí od ich fyzikálnych a chemických vlastností, a preto je možné procesmi úpravy dosiahnuť len určitú úroveň odstránenia v závislosti od liečiva.

Účinnosť klasickej úpravy pitnej vody je podľa dostupnej literatúry nízka, väčšinou do 30% [7]. Literatúra [16] uvádza zaujímavé výsledky odstraňovania niektorých liečiv (diklofenak, ibuprofén, bezafibrát, karbamazepín a sulfametoxazol) z vody chemickou koaguláciou. Koagulačné testy sa robili vo vode MilliQ, vo vode z jazera a v komerčných roztokoch humínových kyselín s použitím síranu hlinitého (pH 6) a síranu železitého (pH 4,5). Koncentrácie liečiv v študovaných vzorkách vody boli stanovené HPLC analýzou a UV detekciou. Pri koagulácii vody MilliQ boli liečivá zle odstránené (< 10 %) s výnimkou diklofenaku, ktorý bol odstránený s účinnosťou 66 % použitím síranu železitého. Diklofenak bol tiež jediným liečivom odstráneným (30 %) počas koagulácie vody z jazera síranom železitým. V prítomnosti rozpustených humínových látok je možné diklofenak, ako aj ibuprofén a bezafibrát odstrániť koaguláciou síranom železitým s účinnosťou max. 77% v prípade diklofenaku, 50% v prípade ibuprofénu a 36% pri bezafibrátu. Vysoké množstvo NOM s vysokou molekulovou hmotnosťou zlepšilo odstraňovanie ionizovateľných liečiv. Neionizovateľné zlúčeniny, karbamazepín a sulfametoxazol, neboli ovplyvnené študovanými koagulačnými procesmi, účinnosť ich odstránenia bola nízka. Uvedené podmienky koagulácie (vysoký obsah humínových kyselín, nízke koagulačné pH, železitý koagulant) mohli zvýšiť odstraňovanie určitých iónových liečiv, na druhej strane možno dospieť k záveru, že koaguláciou nie je možné úplne odstrániť liečivá z vody.

Biodegradácia na pomalých pieskových filtroch alebo na GAU môže tiež znížiť hladiny niektorých liečiv prítomných v zdrojoch pitnej vody [7,17].

Granulované aktívne uhlie (GAU) a práškové aktívne uhlie (PAU) sa stále častejšie používajú pri úprave pitnej vody na odstránenie pesticídov, liečiv, na zlepšenie chuti a zápachu. Ich účinnosť je vysoká, v niektorých prípadoch až 98%, avšak neplatí to vo všeobecnosti, účinnosť závisí od povahy odstraňovanej organickej látky, pH vody a prítomnosti látok ktoré ovplyvňujú sorpciu (napr. humínové látky, zákal).

V prácach uskutočnených na VUT v Brne sledovali účinnosť odstraňovania ibuprofénu z pitnej vody (pri koncentrácii 1,02 ug/l) [18] a diklofenaku (pri koncentrácii 1,28 ug/l) [19] použitím sorbentov Filtrasorbu F100, Bayoxide E33 a GEH. Merania prebiehali v kolóne s vnútorným priemerom 4,4 cm a výškou náplne 70-80 cm, odber vzoriek 1 až 6 minút od spustenia experimentu. Zároveň sa sledovala zmena kvality vody ovplyvnená použitým materiálom (pH, teplota a zákal). Účinnosť odstraňovania ibuprofénu sa pohybovala od 71 do 88% v prípade F100, 85-92% pri Bayoxide E33 a 81-85% pre GEH v prvých dvoch minútach, následne došlo k desorpcii. V prípade diklofenaku najlepšiu adsorpčnú účinnosť dosahoval materiál GEH (99%), potom Filtrasorb F100 (92-99%) a Bayoxide E33 len 24-50% v závislosti od času odberu 1 až 6 minút.

Zdroje podzemnej vody, ktoré sa používajú na vodu pitnú, majú spravidla nízky obsah pevných častíc a organických látok. Preto je úprava pitnej vody väčšinou dezinfekciou bez viacnásobných bariér na úpravu. Práca [7] uvádza vysokú účinnosť odstraňovania liečiv dezinfekčnými činidlami, napr. voľný chlór je schopný odstrániť až 50 % skúmaných liečiv, zatiaľ čo chlóramíny majú nižšiu účinnosť odstraňovania. Medzi zlúčeniny, ktoré vykazovali vysoké odstraňovanie voľným chlórom, ale nízke odstraňovanie chlóramínmi, patria antibiotiká, ako je sulfametoxazol, trimetroprim a erytromycín. Vysokú účinnosť odstránenia vykazuje aj chlórdioxid a ozón [7,20-25].

Úprava vody membránovou technológiou (reverzná osmóza, nanofiltrácia) ako aj pokročilé oxidačné techniky sú vysoko účinné pri odstraňovaní liečiv z vody a účinnosť odstraňovania je funkciou fyzikálnych a chemických vlastností, ako sú molekulová hmotnosť, hydrofóbnosť, polarita, chemická povaha a veľkosť pórov membrán. Účinnosť sa pohybuje nad 90%. [26,27].

Liečivá použité v tomto výskume

Dodaná štandardná zmes obsahovala tieto druhy liečiv: protizápalové látky (diklofenak, indometacín, ketoprofén, naproxén, paracetamol), antibiotiká (metronidazol, sulfametazín, sulfametoxazol, trimethoprim), kontrastné látky (iomeprol, iopamidol, iopromid), látky obehového systému (hydrochlorothiazid, valsartan, warfarin) a ostatné (bezafibrát, fluoxetín, ifosfamid, karbamazepín, kofeín). Napr. karbamazepín je antikonvulzívny liek, ktorý sa používa predovšetkým na liečbu epilepsie a neuropatickej bolesti. Používa sa pri schizofrénii spolu s inými liekmi a ako prostriedok druhej línie pri bipolárnej poruche. Kofeín je stimulant centrálneho nervového systému (CNS) zo skupiny metylxantínov. Ide o najrozšírenejšiu psychoaktívnu drogu na svete. Koncentrácie kofeínu v povrchových vodách boli detegované v rozmedzí 0,1 - 6,9 µg/l.

Bezafibrát je liečivo používané ako látka znižujúca lipidy na liečbu hyperlipidémie. Fluoxetin je liek používaný hlavne pri liečení depresie. Ifosfamid je chemoterapeutický liek používaný na liečbu mnohých typov rakoviny. Patrí sem rakovina semenníkov, sarkóm mäkkých tkanív, osteosarkóm, rakovina močového mechúra, malobunkový karcinóm pľúc, rakovina krčka maternice a rakovina vaječníkov.

Výskyt farmaceutík, ich metabolitov a produktov transformácie v životnom prostredí sa stáva predmetom výskumu z hľadiska toxicity, monitoringu a analytického stanovenia. V mnohých vzorkách zložiek životného prostredia na celom svete boli detegované rôzne liečivá. Ich výskyt bol zaznamenaný v odtokoch a kaloch z čistiarní odpadových vôd, povrchových vodách, morskej vode, podzemných vodách, pôde, sedimentoch, ale už aj v pitných vodách. Preto cieľom nášho výskumu bolo overiť účinnosť granulovaného aktívneho uhlia pri odstraňovaní vybraných liečiv z vody, porovnať dva rôzne GAU, ako aj vplyv pH vody na ich účinnosť.

Experimentálna časť

Farmaceutický štandard bol zakúpený od spoločnosti ALS Praha, ktorá nám tiež poskytla vzorkovnice a stanovila liečivá vo vzorkách. Štandard obsahoval 20 rôznych liečiv Granulované aktívne uhlie WG12 bolo dodané firmou ENVI-PUR a Filtrasorb F400 firmou Jako s.r.o. Základné vlastnosti použitého granulovaného aktívneho uhlia sú v tabuľke 1.

Tabuľka 1 *Vlastnosti aktívneho uhlia WG12 a F400 [28,29]*

	WG12	F400
Jódové číslo [mg/g]	min. 1000	min. 1050
Veľkosť častíc [mm]	1.0-1.5	0.42-1.68
Špecifický povrch (BET) [m^2/g]	min. 1000	min. 1100
Prevádzková hustota [g/cm^3]	450±30	425
Koeficient uniformity	max. 1.3	max. 1.9
Tvrdosť [–]	min. 95	min. 95
Oter [–]	min. 85	min. 75
Vlhkosť [hmotn.%]	max. 2	max. 2

Analytické štandardy liečiv boli získané od spoločnosti Neochema. Zásobný roztok liečiv s počiatočnou koncentráciou 0,44-0,55 µg/l bol pripravený zmiešaním 50 ml štandardnej zmesi s 5 litrami pitnej vody. Experimenty sa uskutočnili v Erlenmeyerových bankách s počiatočným objemom 400 ml modelovej vody. Do baniek sa pridalo 400 mg granulovaného aktívneho uhlia (Filtrasorb F400 a WG12). Tieto banky sa potom miešali počas 4 hodín pomocou OHAUS Orbital Shaker pri 400 otáčkach za minútu. Počas tejto doby sa z baniek odoberali vzorky v časových intervaloch 0, 30, 60, 120 a 240 minút. Vzorky sa odobrali do sklenených vialiek s objemom 40 ml, v ktorých bola konzervačná látka (0,32 ml 1% tiosíranu sodného).

Analýzy vybraných liečiv boli vykonávané v laboratóriách ALS v Prahe. Vzhľadom na citlivosť kvapalinovej chromatografie a prístroja UPLC-MS/MS boli skúmané vzorky vody (po 10 ml) iba odstredené a mikrofiltrované pred ich priamym vstreknutím do chromatografického systému.

VÝSLEDKY

Cieľom tejto štúdie bolo použitím statických testov porovnať adsorpčnú účinnosť rôznych typov granulovaného aktívneho uhlia (WG12, F400) na vybrané liečivá pri odstraňovaní z vody. Účinnosť použitých sorpčných materiálov bola monitorovaná pri pH 7,8 a 6,5, pri laboratórnej teplote (22-23 °C), pri počiatočnej koncentrácii liečiv 0,44-0,55 µg/l a dobe kontaktu vody a sorbentu 30 až 240 minút.

V tabuľke 2 sú uvedené účinnosti pre každé granulované aktívne uhlie po 30 minútovom kontakte vody s použitým materiálom.

Tab. 2 *Účinnosť (v %) odstraňovania liečiv z modelovej vody po 30 minútovom kontakte s materiálom WG12 a F400*

Farmaceutikum	WG12		F400	
	pH 7.8	pH 6.5	pH 7.8	pH 6.5
Bezafibrát	8.86	8.41	**53.64**	37.95
Diklofenak	35.09	45.45	54.00	**56.91**
Fluoxetín	63.19	48.72	**95.97**	86.63
Hydrochlorothiazid	15.72	**35.85**	21.70	**35.85**
Ifosfamid	15.92	**21.02**	15.71	**21.02**
Indometacín	30.51	29.03	**89.41**	77.97
Iomeprol	8.03	4.13	8.94	**22.71**
Iopamidol	6.24	2.77	10.75	**26.69**
Iopromid	4.42	6.80	**7.82**	6.12
Karbamazepín	23.76	23.76	**48.51**	44.95
Ketoprofén	14.81	9.05	**28.81**	26.34
Kofeín	16.28	6.47	**23.80**	21.71
Metronidazol	22.10	21.20	19.93	**23.19**
Naproxén	9.68	21.62	25.00	**26.13**
Paracetamol	13.06	17.79	15.99	**22.07**
Sulfametazín	15.78	18.55	27.93	**36.25**
Sulfametoxazol	12.68	14.11	15.95	**24.54**
Trimethoprim	44.58	53.45	**83.83**	79.49
Valsartan	7.88	14.88	34.57	**35.23**
Warfarin	18.53	18.90	33.94	**37.61**

Záver

Z porovnania výsledkov v tabuľke 1 je vidieť, že Filtrasorb F400 dosahoval vyššiu účinnosť odstraňovania liečiv z vody ako materiál WG12. Z výsledkov zároveň vyplýva rozdielna účinnosť jednotlivých liečiv, preto je potrebné overiť použitie granulovaného aktívneho uhlia priamo pre konkrétny kontaminant a kvalitu upravovanej vody. Pri niektorých liečivách zohráva dôležitú úlohu aj pH vody a doba kontaktu vody s GAU. Čím bude doba kontaktu vyššia, tým bude stúpať aj výsledný efekt použitej metódy.

Poďakovanie

Článok bol pripravený za finančnej podpory projektov APVV-18-0205 a VEGA 1/0825/21.

Literatúra

[1] Rosenfeld P., Feng L.: Risk of Hazardous Wastes. Elsevier Inc., USA, p. 472, 2011.

[2] Bolong N., Ismail A. F., Salim M. R., Matsuura T.: Desalination 239, 229, 2009.

[3] Luo Y., Guo W., Ngo H. H., Nghiem L. D., Hai F. I., Zhang J., Liang S., Wang X. C.: Sci. Total Environ. 473-474, 619, 2014.

[4] Yang Y., Ok Y. S., Kim K-H., Kwon E. E., Tsang Y. F.: Sci. Total Environ. 596–597, 303, 2017.

[5] Fent K.: Ecotoxicology of human pharmaceuticals. Aquat. Toxicol. 76(2), 122-159, 2006.

[6] Európska komisia (2019). Oznámenie komisie európskemu parlamentu, rade a európskemu hospodárskemu a sociálnemu výboru. Strategický prístup Európskej únie k liekom v životnom prostredí [Online].

Available: https://eur-ex.europa.eu/legalcontent/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019DC0128&from=IT

[7] WHO. Pharmaceuticals in drinking-water. WHO Press, Geneva, Switzerland, 2012.

[8] Verlicchi P., Zambello E.: Sci. Total Environ. 538, 750, 2015.

[9] Mackuľak T., Czölderová M., Grabic R., Bodík I., Vojs-Staňová A., Žabka D., Horáková I.: Priemyselná toxikológia *2018*, 38th International Scientific Symposium, conference proceedings. 13.–15.6.2018, Svit, Slovakia, ed. Spektrum, STU Bratislava, pp. 91, 2018.

[10] Jelic A., Gros M., Ginebreda A., Cespedes-Sánchez R., Ventura F., Petrovic M., Barcelo D.: Water Res. 45, 1165, 2011.

[11] Baresel C., Ejhed M. Ek, H., Allard A.-S., Magnér J., Dahlgren L., Westling K., Wahlberg C., Fortkamp U., Harding S. S. M., Fång J., Karlsson J.: Water Sci Technol. 79 (3), 537, 2019.

[12] Licona K. P. M., Geaquinto L.R. de. O., Nicolini J. V., Figueiredo N. G., Chiapetta S. C., Habert A. C., Yokoyama L.: J Water Process Eng, 25, 195, 2018.

[13] Wang J., Bai Z.: Chem. Eng. J. 312, 79, 2017.

[14] Cuerda-Correa E. M., Alexandre-Franco M. F., Fernández-González C.: Water 12, 102, 2020.

[15] Mackuľak T., Mosný M., Grabic R., Golovko O., Koba O., Birošová L.: Environ Toxicol Pharmacol. 39, 483, 2015.

[16] Vieno, N.; Tuhkanen, T.; Kronberg, L. (2006). Removal of Pharmaceuticals in Drinking Water Treatment: Effect of Chemical Coagulation. Environmental Technology, 27(2), 183–192.

[17] Snyder S. A., Adham S., Redding A. M., Cannon F. S., DeCarolis J., Oppenheimer J., Wert E. C., Yoon Y.: Desalination 202, 156, 2007.

[18] Kabelíková E. Sledování účinnosti vybraných adsorbentů na odstraňování mikropolutantů z pitné vody. Diplomová práca. VUT Brno, 2019.

[19] Moravčíková S.: Sledování účinnosti odstraňování léčiva z vody vybranými adsorbenty. Diplomová práca. VUT Brno, 2020.

[20] Crittenden J. C., Trussell R. R., Hand D. W., Howe K. J., Tchobanoglous G.: *MWH's Water Treatment: Principles and Design*. 3rd Edition. John Wiley and Sons, p. 1901, 2012.

[21] Vieno N. M., Härkki H., Tuhkanen T., Kronberg L.: Environ. Sci. Technol. 41, 5077, 2007.

[22] Arya V., Philip L.: Removal of Pharmaceuticals from Water Using Adsorption (Chapter 9), F. Kurisu et al. (eds.), *Trends in Asian Water Environmental Science and Technology*, Capital Publishing Company, New Delhi, India, pp. 105-114, 2017.

[23] Nam S. W., Choi D. J., Kim S. K., Her N., Zoh K. D.: J. Hazard. Mat. 270, 144, 2014.

[24] Ternes T. A., Meisenheimer M., Mcdowell D., Sacher F., Brauch H-J., Haist-Gulde B., Preuss G., Wilme U., Zulei-Seibert N.: Environ. Sci. Technol. 36, 3855, 2002.

[25] Katsigiannis A., Noutsopoulos C., Mantziaras J., Gioldasi M.: Chem. Eng. J. 280, 49, 2015.

[26] Garcia-Ivars J., Martella L., Massella M., Carbonell-Alcaina C., Alcaina-Miranda M., Iborra-Clar M.: Wat. Res. 125, 360, 2017.

[27] Karmani M., Akbari A., Yunessnia lehi A.: J. Environ. Chem. Eng. 6, 583, 2018.

[28] Envi-pur 2021: doc_108_granulovane_aktivni_uhli_wg12_cz.pdf

[29] https://www.calgoncarbon.com/app/uploads/DS-FILTRA40019-EIN-E1.pdf

Dokončení rekonstrukcí tří úpraven vody pro SVS a.s.

Ing. Jiří Kratěna PhD; Ing. Richard Schejbal; Ing. Lukáš Písek

SWECO Hydroprojekt a.s., Táborská 31, Praha 4

Úvod

V průběhu roku 2021 byly dokončeny práce na rekonstrukci tří úpraven vody v majetku SVS a.s. – ÚV Malešov, ÚV Vlastislav a ÚV Holedeč. Každá slouží pro zásobování pitnou vodou jiné oblasti, rozdílné bylo jak stáří, tak stav úpraven před zahájením prací. Společným znakem těchto úpraven je přes rozdílné výkony typ zdroje surové vody – podzemní voda z lokálních vrtů. V současnosti probíhá na všech úpravnách vody roční zkušební provoz, myslíme si ale, že ačkoliv ještě není dokončen, lze konstatovat, že rekonstrukce splnily stanovené cíle. Projektovou dokumentaci ve všech stupních pro každou z těchto úpraven (pro ÚV Vlastislav ve spolupráci s projekcí SčVaK) zajišťovala společnost SWECO Hydroprojekt, a.s., jejíž pracovníci se rovněž podíleli na výkonu autorského dozoru. Podotýká se, že od roku 2021, rovněž dle projektů SHDP a pro stejného investora a provozovatele, probíhá úplná rekonstrukce další dvojice úpraven (Vrutice a Brníkov) a připravuje se další etapa rekonstrukce ÚV Žernoseky. Tento příspěvek může s ohledem na omezený rozsah jen stručně popsat základní parametry každé z úpraven a zmínit některé specifické problémy při rekonstrukci. Další informace pak zazní při prezentaci na konferenci.

1. ÚV Vlastislav

Úpravna vody Vlastislav je součástí vodovodu Třebívlice – Lovosice a byla postavena v polovině 70 let minulého století. Je situována v blízkosti stejnojmenné obce v centru Českého středohoří (cca 7 km západně od Lovosic) a upravuje surovou vodu z podzemních zdrojů v okolí. Rozhodující objem upravené vody je gravitačně dodáván do vodojemu Třebenice, ze kterého je zásobováno spotřebiště, a dále může být voda gravitačně předávána do vodojemu Čížkovice a přes něj dále do vodojemu Sulejovice, z něhož mohou být zásobovány Lovosice. Malé objemy vody (méně než 1 l/s) jsou z úpravny čerpány do vodojemů Skalka a Lipá, z nichž jsou přímo zásobována drobná spotřebiště. V těsné blízkosti úpravny vody Vlastislav se nachází vodní zdroj „Kaple“, ve kterém voda vyvěrá z podzemí. Voda z tohoto zdroje byla původně dezinfikována chlornanem sodným v blízkosti „Kaple“ a odváděna do řadu „A“, kterým je společně s vodou upravenou v úpravně dopravována do vodojemu Třebenice. Odpadní vody vznikající při úpravě vody jsou odváděny na kalové laguny v blízkosti úpravny, odsazená voda z lagun byla původně pouze vypouštěna do říčky Modly.

Původní koncepce jednostupňové úpravny se nemění, principem úpravy vody je převedení rozpuštěných sloučenin železa a manganu na nerozpuštěné a jejich následná filtrace na pískových filtrech. Navržena bylo ovšem výrazná redukce objemu budovy. Při tom je i ve zmenšeném objemu ponechána prostorová rezerva pro případné budoucí doplnění dalších technologií při zhoršení jakosti surové vody (reverzní osmóza, sorpce na granulovaném aktivním uhlí). Součástí projektu byla i výstavba čerpací stanice a trubních propojů, které umožní čerpání vody ze zdroje „Kaple“ do úpravny, což před rekonstrukcí nebylo možné. Navrženo bylo umístění této nové čerpací stanice do prostoru kalových lagun, které rovněž byly předmětem rekonstrukce a budou nadále využívány, a to i s nově doplněnou recirkulací.

Původně v 60. letech dvacátého století projektovaný výkon úpravny vody cca 40 l/s se během provozu ukázal jako silně nadhodnocený – vrty nebyly schopny toto množství vody poskytnout. Skutečný využívaný výkon úpravny vody klesl až na průměrných cca 6 l/s. Po roce 2014 se výkon úpravny postupně zvýšil až na hodnotu mírně nad 10 l/s před zahájením projektu. Následující

tabulka uvádí návrhové hodnoty výkonu ÚV v l/s. Počítá se s tím, že trvale bude upravována voda z vrtů s tím, že v případě potřeby (např. zhoršení jakosti surové vody) bude do úpravny vody čerpána i voda ze zdroje „Kaple“. Za většiny provozních stavů bude ovšem voda z „Kaple“ i nadále dopravována přímo do Třebenic, bez čerpání do úpravny vody.

Tab. 1: *Návrhový výkon úpravny vody (upravená voda)*

	Minimum	Průměr	Maximum
Celkově	11.9	23.8	34
Z toho zdroj „Kaple“	5.95	11.9	17

Jedním z rozhodujících faktorů pro návrh rekonstrukce byl faktický stav stavebních prvků původní úpravny a současně její nadbytečný objem. Původní železobetonové filtry s atypickým mezidnem i střecha filtrace s žebírkovými panely byly prakticky nerekonstruovatelné. Celé třetí nadzemní podlaží nad původní strojovnou zabíral již řadu let nevyužívaný byt pro obsluhu, součástí členité budovy byly i další „mrtvé“ prostory. Po dohodě s investorem navrhl projektant odstranění celé budovy Filtrace i se spojovacím krčkem a současně odbourání nevyužívaných prostorů včetně podlaží s bytem u Strojovny. V nově přistavěné části prostorově i vizuálně sladěné se zbylou částí stavby je nově umístěna technologická linka tvořená čtveřicí nových pískových filtrů s drenážním systémem Leopold, pod kterými je nová nádrž Akumulace. V této nové části stavby je umístěna i rozvodna a prakticky celé strojně technologické vystrojení úpravny. V zachované části stavby („Strojovna“) bylo navrženo rozdělení původní akumulační nádrže na dvě, s novou stropní konstrukcí umožňující případné budoucí umístění doplněné technologie (GAU, reverzní osmóza apod.). Nově byly upraveny velín a další místnosti pro obsluhu, celý objekt byl zateplen kontaktním fasádním systémem.

Obr. 1: *Původní stav úpravny a tentýž pohled po rekonstrukci*

Závěrem je nutné zmínit, že v průběhu realizace byly pro zachování výroby vody řešeny dočasné stavy řadou provizorních opatření. Zásadní bylo použití dvojice válcových plastových filtrů umístěných v lehké přístavbě před strojovnou v době po vybourání původních filtrů a před zprovozněním nových.

2. ÚV Malešov

Úpravna vody Malešov zásobuje města Ústí nad Labem, Litoměřice, Terezín, Štětí a přilehlé obce pitnou vodou. Zdrojem surové vody pro úpravnu Malešov jsou podzemní vody v oblasti potoka Obrtka, které jsou v současné době jímány soustavou vrtů poblíž obcí Hubenov, Radouň a Pavličky. Úpravna vody byla uvedena do provozu v roce 1985.

Úpravna vody byla dimenzovaná na maximální výkon 350 l/s. V dnešní době je dlouhodobě provozována na cca 50 % instalovaného výkonu a to především v souvislosti s omezenou vydatností podzemních zdrojů. Klíčovým prvkem technologické linky úpravy vody je šestice stávajících pískových filtrů umístěných ve dvou paralelních betonových vanách, o celkové filtrační ploše 290 m^2. Dnes je převážně využívána pouze polovina filtrace. Upravená voda je jímána v akumulaci upravené vody o celkovém objemu 2200 m^3. V technologickém procesu je využíván chlor jako oxidační činidlo pro proces odželeznění surové vody a síran amonný s chlorem pro hygienické zabezpečení upravené vody. Z úpravny vody je voda čerpána do čtyř směrů – vodojemů Markus, Malešov, Zahořany a Na Stráži. Odpadní voda z technologické linky, především z praní pískových filtrů, je zachytávána ve dvou kalových lagunách se střídavým provozem, které byly rovněž rekonstruovány. Odsazená voda z lagun je spolu s ostatními neznečištěnými vodami odváděna kanalizací do Úštěckého potoka.

Původní koncepce jednostupňové úpravy vody se zaměřením na separaci železa nebyla měněna. K drobné úpravě bylo přistoupeno v rámci dávkování chlóru a to pro oddělený proces oxidace a dále spolu s dávkováním síranu amonného pro zajištění hygienické stability vyrobené pitné vody.

Návrh řešení rekonstrukce byl zaměřen především na odstranění nevyhovujícího technického stavu jak stavebních konstrukcí objektu, tak technologického zařízení. Zásadními stavebními úpravami prošla celá budova úpravny vody. Bylo nutno kompletně zrekonstruovat polovinu stávajících pískových filtrů, v rámci, které byl odstraněn systém meziden a nahrazen moderním drenážním systémem. Stávající jednokomorová nádrž akumulace upravené vody byla vybudováním dělící stěny rozdělena na dvě nezávislé komory, současně do jedné z nich byla vestavěna nátoková komora umožňující rozdělení přítoku vody do obou komor za současného zajištění bezpečného dávkování chloru do vody. V rámci celého objektu bylo nutno sanovat většinu povrchů betonových konstrukcí. Klíčovou otázkou bylo řešení statických poruch v zásadních nosných prvcích objektu a to jednak poruch známých, zjištěných již v rámci projektové přípravy a provedeného stavebně technického průzkumu, tak nově odhalených v průběhu výstavby. Stávající nevyhovující zastřešení celého objektu bylo nahrazeno vhodnějším typem, plášť budovy byl doplněn o tepelnou izolaci. Zcela odstraněna byla již déle nefunkční technologie provzdušnění a díky tomu mohla být odbourána příslušná nadzemní část jižních modulů stavby. Pro zajištění optimálního prostředí uvnitř všech částí objektu bylo nově řešeno větrání a vytápění objektu s využitím tepelné energie vody. Celkově bylo zrekonstruováno napájení objektu elektrickou energií, včetně VN části.

Stávající strojně-technologická zařízení (čerpadla, dmychadla, armatury) a trubní rozvody byly nahrazeny novými. Současně byla úpravna vody dovybavena prvky pro automatizaci řízení provozu.

S ohledem na závislost zásobované oblasti pitnou vodou z ÚV Malešov byl vznesen jednoznačný požadavek provozovatele na zajištění výroby pitné vody v průběhu celé doby rekonstrukce. Byl definován minimální výkon v průběhu rekonstrukce (100 l/s), maximální doba trvání odstávek a časový odstup mezi nimi. Pro tato kritéria byl navržen postup jednotlivých fází rekonstrukce.

Klíčovým prvkem, který zásadně ovlivnil postup rekonstrukce a určil požadavky na budování provizorních opatření v průběhu celé stavby, byla rekonstrukce jediné jednokomorové akumulace upravené vody a nutnost jejího celkového odstavení z provozu. Pro tuto situaci bylo nutno najít adekvátní provizorní náhradu, podstatným hlediskem byla úspora investičních nákladů a tedy co nejmenší zásah nad rámec navrhovaných stavebních úprav. Byla provedena bilance potřeb vody, a to jak pro vlastní spotřebu technologické linky (především pro praní pískových filtrů vodou), tak pro zajištění čerpání vody do jednotlivých spotřebišť, resp. vodojemů. Jako vhodná provizorní nádrž byla vybrána vana trojice pískových filtrů určených k celkové rekonstrukci. V rámci prací byla uvedena do provozu částečně odstavená druhá paralelní linka pískové filtrace. Filtry určené jako provizorní akumulace byly částečně

zrekonstruovány až do fáze před osazením drenážního systému. Byla vybudována související provizoria zahrnující přečerpávání z kanálu upravené vody za funkční linkou pískové filtrace do vany provizoria, dočasná potrubí umožňující společné plnění provizorních nádrží (využity byly budoucí přívody pracího vzduchu), společný odběr vody z nádrží pro dopravu do hlavní čerpací stanice (využilo se budoucí potrubí filtrátu). V rámci tohoto provizoria bylo nutné s ohledem na omezené akumulační prostory „sladit“ množství přiváděné surové vody, čerpání do provizorních nádrží a celkovou potřebu vyrobené vody tak, aby byly minimalizovány případné ztráty vyrobené vody odváděné dočasnými bezpečnostními přelivy. Současně bylo nutno toto klíčové provizorní opatření ve fázi rekonstrukce akumulace upravené vody funkčně navázat na postupnou celkovou rekonstrukci čerpací stanice (do 4 směrů) zahrnující i výměnu čerpadel prací vody. Potrubní trasy provizorií byla vedena napříč celým objektem úpravny vody a to v dimenzích DN300 – DN600. Po dokončení stavebních prací v akumulaci upravené vody a po odstranění souvisejících provizorních opatření byla dokončena druhá fáze rekonstrukce pískové filtrace.

Současně byly prováděny práce související s úplnou rekonstrukcí střechy v celé ploše objektu (cca 3000 m^2). Před demontáží stropních panelů byly provizorně zakryty obě linky pískových filtrace i suterén strojovny čerpací stanice.

Obr. 2: *Původní stav haly čerpací stanice a tentýž pohled po rekonstrukci*

Navrhovaný postup rekonstrukce byl v rámci projektové dokumentace ve stupni DVZ detailně popsán v osmi fázích, kde byly definovány klíčové milníky a požadované výkonové parametry pro jednotlivé provozní stavy a doplněn přehlednými grafickými schématy. Lze konstatovat, že stavba se v průběhu rekonstrukce neodklonila od navrhovaného postupu. Tento fakt lze přičíst i proaktivní spolupráci zástupců provozovatele a investora v rámci častých výrobních výborů při zpracování projektové dokumentace.

3. ÚV Holedeč

Úpravna vody Holedeč byla uvedena do provozu v roce 1933. Je situována jižně od Žatce v blízkosti stejnojmenné obce. Zdrojem surové vody pro úpravnu vody je jedenáct vrtů umístěných v okolí úpravny vody z nichž je v současně době využíváno devět. Upravenou vodou

jsou přímo z výtlačného potrubí zásobovány obce Holedeč a Holedeček, dále je voda přiváděna do vodojemu Žatec STP. Další výtlačný řad vede upravenou vodu do vodojemu Skalka pro obce Hřivice, Kluček. Úpravna vody zásobuje rovněž vodojem pro obec Měcholupy.

Původní technologie úpravy vody na ÚV Holedeč nebyla pro daný typ surové vody zcela vyhovující a bylo ji nutné doplnit. Surová voda se vyznačuje zejména vysokým obsahem železa a manganu. Před rekonstrukcí byla úprava podzemní vody jednostupňová se separačním stupněm tvořeným pískovou filtrací. Podstatou rekonstrukce bylo především doplnění prvního separačního stupně (lamelového separátoru), náprava nevyhovujícího technického stavu stavebních konstrukcí objektů, náhrada stávajících dožilých technologických zařízení a zvýšení automatizace dávkování chemikálií a provozu úpravny vody. Rozhodnutí o doplnění lamelového separátoru bylo provedeno na základě poloprovozních testů provedených před zahájením projektových prací. Doplněním prvního separačního stupně bylo dosaženo snížení zatížení pískové filtrace, která po rekonstrukci slouží jako druhý separační stupeň.

Tab. 2: *Návrhový výkon úpravny vody (surová voda)*

	Minimum	Průměr	Maximum
Výkon ÚV (l/s)	15	30	60

K oxidaci železa na separovatelnou trojmocnou formu se využívá oxidace vzdušným kyslíkem. Proces odmanganování je zajištěn oxidací manganatých iontů manganistanem draselným.

Po rekonstrukci technologická linka úpravy vody sestává z oxidace surové vody vzdušným kyslíkem, flokulace, separace na lamelovém separátoru, filtrace na pískových filtrech a hygienického zabezpečení vody. Upravená voda je jímána v rekonstruované akumulaci. Rekonstrukcí také prošly čerpací stanice do jednotlivých vodojemů, které byly přemístěny z přízemí do suterénu stávajícího objektu strojovny.

Pro vlastní návrh technického řešení rekonstrukce (dispozičního uspořádání) a postupu rekonstrukce byl požadavek na zachování provozu úpravny vody po dobu rekonstrukce. Vhledem k tomu, že nový první separační stupeň úpravy tvoří dvě linky tvořené vždy flokulační nádrž, lamelovým separátorem a provzdušněním typu Bubla, bylo nutné přistavit k úpravně vody nový objekt. Během rekonstrukce byly využívány stávající technologie do doby, než byl dobudován nový objekt. Vybudování tohoto prvního separačního stupně pak dovolilo rozdělení rekonstrukce pískové filtrace na dvě etapy, kdy bylo možné provozovat pouze polovinu filtrační plochy. V případě rekonstrukce chemického hospodářství bylo potřebné vyřešit provizorní dávkování vápenného hydrátu, polymerního flokulantu, chloru a manganistanu draselného. Toto bylo po dobu stavby řešeno pomocí dvou kontejnerů, ve kterých bylo osazeno provizorní zařízení pro dávkování chemikálií.

Velikou výzvou a současně komplikací jak pro projekt, tak pro následnou realizaci, bylo faktické řešení prvního separačního stupně. V prvé řadě bylo nutné vyřešit výškové uspořádání linky úpravny vody. Zdrojů surové vody, vrtů, se rekonstrukce netýkala. Bylo tedy nutné nový objekt a technologické vystrojení navrhnut tak, aby nebyly omezeny výkony stávajících čerpadel ve vrtech. Při návrhu umístění nového objektu musely být zohledněny prostorové možnosti v areálu úpravny, s nutností minimalizace rozměrů a obestavěného prostoru. Právě poslední podmínka komplikovala vlastní realizaci, kdy nová technologie byla postupně instalována do jen zčásti hotového objektu. Vzhledem k rozměrům flokulačních nádrží a lamelového separátoru nebyla možná instalace vraty, montáž musela probíhat pomocí mobilního jeřábu před zastřešením objektu.

Obr. 3: *Původní objekt akumulace a pískové filtrace a stav po přístavbě nového objektu prvního separačního stupně*

Obr. 4: *Postup výstavby prvního separačního stupně*

Kromě výše popsaného objektu byla předmětem akce rekonstrukce jak ostatních objektů v areálu (Filtrace, Kompresorovna, Akumulace, Strojovna a inženýrské objekty), tak objektů ležících mimo vlastní areál, tedy Trafostanice s rozvodnou a Kalových lagun.

Závěrem lze konstatovat, že jak při zpracování návrhu úpravy vody, tak během rekonstrukce, se potvrdila správnost provedení testů na poloprovozním zařízení. Zprovoznění nového prvního separačního stupně bylo provedeno v relativně krátké době po ukončení prací na novém objektu, kdy bylo potřebné optimalizovat velikosti dávek a místa zaústění chemikálií. Díky aktivními přístupu investora a provozovatele se také postup prací významně nelišil od postupu prací uvedeného v projektové dokumentaci.

Modernizace technologie ÚV Hrdibořice s aplikací normy ISO ČSN 27000

Ing. Milan Lindovský, PhD, MBA[1)]; Ing. Jiří Suchánek[2)]; Ing. Jiří Kašparec[3)]

1) VAE CONTROLS Ostrava
2) Moravská vodárenská a.s. Olomouc
3) VAE CONTROLS Ostrava

Úvodem

Hlavní význam kritické infrastruktury je v zajištění bezpečnosti státu, fungování ekonomiky, výrobních a nevýrobních systémů a služeb, fungování veřejné správy a zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva státu. Její narušení, tj. omezení činnosti, provozu, služeb by mělo negativní dopady hospodářské, politické, sociální, psychologické a ekologické na fungování státu.

Oblastmi kritické infrastruktury ČR jsou energetika, vodní hospodářství, potravinářství a zemědělství, zdravotní péče, doprava, komunikační a informační systémy, bankovní a finanční sektor, nouzové služby a veřejná správa.

Zařazení mezi strategická odvětví kritické infrastruktury českého státu nese s sebou řadu povinností, mimo jiné i plnění požadavků zákona o kybernetické bezpečnosti. Tyto požadavky mohou být naplněny i certifikaci společnosti dle norem řady ČSN ISO 27000.

V současné době probíhají na vodárenských společnostech v oblasti čisté vody audity NÚKIB (Národní úřad kybernetické bezpečnosti) a dochází, či bude docházet k zařazování vodáren do režimu zákona O kybernetické bezpečnosti č. 181/2014 Sb. s nutností aplikace normy ISO ČSN 2700 o kybernetické bezpečnosti.

Tento v čase nevyhnutelný administrativní proces byl vyvolán řadou kybernetických útoků na různé obchodní a strategické společnosti nejen ve světě, ale i u nás v Česku, a dokonce už i vůči vodárenským společnostem.

Přednáška seznamuje účastníky konference tedy nejen se samotnou modernizací technologie ÚV Hrdibořice, ale dopadem výše uvedených skutečností do samotného řízení úpravny vody.

Kybernetická bezpečnost vodárenských sítí

Pro nikoho z vás není zvláštní chránit vodárny před povodněmi, výpadky energie, zloději železa. Ale stále ještě si neumíme dostatečně uvědomit, jak je důležité chránit vodárnu i před kyberútokem na její informační síť a řídící systémy, bez kterých už se teď žádná vodárenská společnost neobejde.

Vodárenské provozovatelské společnosti, jak již bylo zmíněno v úvodu, procházejí auditem NUKIB a postupně jsou „povinně zařazovány“ mezi subjekty kritické infrastruktury státu, kde ze své podstaty stejně patří, jako poskytovatel základních služeb obyvatelstvu. Nemusí zde však být zařazeny všechny vodárny. K tomuto posouzení je nutno brát do úvahy vyhlášku č. 437/2017 Sb. O kritériích pro určení provozovatele základní služby, která definuje provozovatele základní služby pro oblast vodárenství následovně.

Speciální kritéria:

- Výroba, dodávka nebo distribuce pitné vody
- Čistírna odpadních vod
- Úpravna vody
- Provoz vodovodu nebo kanalizace

Vybraná dopadová kritéria - dopad kybernetického bezpečnostního incidentu v informačním systému nebo síti elektronických komunikací, na jejichž fungování je závislé poskytování služby, může způsobit:

- závažné omezení druhu služby postihující více než 50 000 osob
- závažné omezení či narušení jiné základní služby nebo omezení či narušení provozu prvku kritické infrastruktury
- nedostupnost druhu služby pro více než 1600 osob, která není nahraditelná jiným způsobem bez vynaložení nepřiměřených nákladů
- a další...

Z uvedených kritérií je zřejmé, že tyto parametry **zahrnují celou řadu tuzemských vodárenských společností** a tyto jsou povinny řídit se zákonem O kybernetické bezpečnosti č. 181/2014 Sb. (ve znění novel 104, 183 a 205/2017 Sb.) - dále jen „ZKB“ a potažmo prováděcí vyhláškou č. 82/2018 Sb.

ISO 27000 - Systém řízení bezpečnosti informací

ISO/IEC 27001 je mezinárodně platný standard, který definuje požadavky na systém managementu bezpečnosti informací, především pak řízení bezpečnosti a důvěrnosti informací pro zaměstnance, procesy, IT systémy a strategii firmy. Norma ISO 27001 podle nejnovější verze z roku 2013 zaručuje soulad s aktuálními legislativními požadavky platnými v ČR.

Většina firem a organizací již dnes provádí opatření na zajištění bezpečnosti informací. Bez systematického řízení informační bezpečnosti jsou však obvykle tato opatření spíše náhodně zvolená, řešící vždy jen konkrétní zjištěný problém a výsledek bývá tedy poměrně chaotický. Často bývají zcela zanedbány části, které se přímo netýkají IT (tištěné dokumenty, know-how, apod).

Normy řady ISO 27000 definují požadavky na informační bezpečnost v nejširším slova smyslu a kladou požadavky na management, aby zajistil systematické vyhledávání a posuzování informačně – bezpečnostních rizik, možných hrozeb, zranitelností a jejich následků. Stejně jako u dalších ISO norem, dotýká se jejich implementace doslova každého zaměstnance společnosti. Čistě teoreticky je možné vyčlenit pro certifikaci jen některou část společnosti (výrobní jednotku, odloučené pracoviště), ale vzhledem k současné informačně – technologické provázanosti celého světa je to v praxi dost těžko realizovatelné.

Při posuzování konkrétního systému z hlediska kybernetické bezpečnosti je možné jednotlivá zjištění rozdělit do příslušných oblastí, tak aby odpovídala zadání. V každé zkoumané oblasti jsou identifikována zjištění, která byla při analýze nalezena a ke každému takovému zjištění je přiřazeno označení závažnosti. Jednotlivá zjištění jsou klasifikována dle jejich závažnosti.

Stupnice pro jejich hodnocení je následující:

Neshoda: Vysoká závažnost

Neshoda indikuje nefunkční procesní či technické opatření. Neshoda indikuje nesoulad s požadavky ZKB, řídicí dokumentace, legislativy, příslušných norem. Tento typ nálezu zásadně ohrožuje provozuschopnost a/nebo bezpečný chod analyzovaných systémů a je třeba jej řešit s nejvyšší prioritou, pokud možno okamžitě. Vzniklé škody by mohly mnohonásobně převýšit náklady na odstranění neshody.

Nedostatek: Střední závažnost

Středně závažný typ zjištění, který je nutno řešit – minimalizovat v krátkodobém nebo nejvýše střednědobém časovém horizontu (s výhledem max. několika měsíců).

Doporučení: Nízká závažnost

Jedná se o typ zjištění, který je třeba brát v úvahu, zabývat se jím a na základě zvážení všech okolností rozhodnout, zda se bude řešit v dlouhodobějším časovém horizontu, nebo se rozhodne, že se řešit nebude s vědomím a přijetím příslušných rizik, které by neřešením tohoto doporučení mohly vzniknout. Řešení se však přirozeně přijímá až po odstranění nedostatků vyšší úrovně. Ve výjimečných a odůvodněných případech (např. z finančních či organizačních důvodů) je možné tento typ zjištění ponechat neošetřený, přijmout dočasně jiná opatření, případně se mu věnovat v dlouhodobém výhledu.

Z výše uvedeného vyplývá, že řešení celé problematiky kybernetické bezpečnosti v návaznosti na normy ISO ČSN 2700 je procesně, administrativně a personálně náročný proces, vyžadující průběžnou pozornost nejenom vedení společnosti, ale především všech jejich pracovníků.

Bohužel, jak se ukazuje, doba otevřených konceptů komunikačních systémů, jako např. Průmysl 4.0, cloudové služby, IoT, eGoverment a podobně, se začal až příliš spojovat s pojmy jako kyberšikana, kyberzločin, kyberútok, kyberšpionáž.

Proto je nutné této problematice věnovat patřičnou pozornost ve všech stupních probíhajících projektů řešící modernizaci nejenom technologických procesů vodáren, ale i procesům řídicí a informační struktury vodárenských společností.

A z tohoto pohledu byla věnována pozornost probíhající rekonstrukci ÚV Hrdibořice.

Modernizace úpravna vody Hrdibořice

ÚV Hrdibořice je součástí skupinového vodovodu Prostějov a slouží k zásobování města Prostějova a přilehlých obcí pitnou vodou.

Doporučený výkon úpravny vody je 90 l/s. Surová voda se čerpá ze 3 pramenišť.
Původní úpravna vody byla vybudována v 70. letech 20. století. K jejímu rozšíření došlo v 90. letech.

Technologie úpravny je navržena k snížení hodnot železa, manganu a k dezinfekci vody. Technologie spočívá v oxidaci železa a manganu se separací vysrážených látek na pískových filtrech.

Současná rekonstrukce probíhá ve třech etapách:

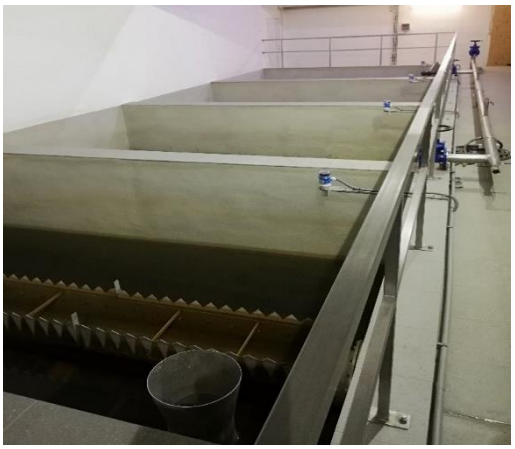
- ve změně způsobu oxidace
- ve změně technologie pískových filtrů
- technologie čerpání

Surová vody byla vedena na 3 aerační věže, které byly vyplněny náplní. Vzduch byl do věží nasáván ventilátory. Provzdušněná voda odtékala na reakční nádrž. Nově zahrnuje aerace pět aerátorů, které pracují na principu prstencového vodního skoku. Z pěti aerátorů natéká částečně provzdušněná voda do tří kaskádových nádrží. Každá kaskádová nádrž se skládá z pěti sekcí, které jsou od sebe odděleny stěnami s přelivnými hranami. Z kaskádových nádrží odtéká voda do reakčních nádrží. Původní pískové rychlofiltry s mezidnem byly nahrazeny pískovými filtry bez mezidna s drenážním systémem Triton.

Technologicky zastaralá čerpadla na výtlaku jsou nahrazena čerpadly s frekvenčním měničem. Provoz ÚV je plně automatizovaný s možností ovládání z centrálního dispečinku umístěném v provozní budově Prostějov.

Obsluha úpravny spočívá v údržbě, doplňování provozních hmot čištění zařízení a provádění prací mimo ÚV.

Filtry před rekonstrukcí



Filtry po rekonstrukci

Pitná voda je distribuována sítí vodojemů a čerpacích stanic do města Prostějov, 7 obcí patřících do správy VaK a dalších vodovodních systémů obcí, které jsou ve správě jiných provozovatelů, z nichž nejvzdálenější je vzdálená přes 30 km. Na této vodě je denně závislých cca 65 tis. obyvatel.

Je tedy zřejmé, že se jedná o strategicky významný vodárenský objekt. Narušení jeho funkce by mělo zásadní dopad na život desítky tisíc obyvatel. Je tedy nutné věnovat velkou pozornost jeho provozní a teď již i také kybernetické bezpečnosti.

Posouzení kybernetické bezpečnosti ŘS ÚV

Prvotní posouzení aktuálního stavu konfigurace a zabezpečení SCADA systému bylo provedeno na základě konzultace a návštěvy v objektu ÚV.

Bylo provedené následující posouzení:

- fyzické zabezpečení samotné budovy ÚV
- konfigurace a přístupy ke SCADA systému a řídicímu PLC systému
- zhodnocení stavu řídícího systému z pohledu kybernetické bezpečnosti

Na základě provedených posouzení byly provedeny korekce projektu části ASŘ, které se promítly do následné realizace. Některá systémová zjištění budou řešena následně po dokončení modernizace ÚV v tomto roce.

Popis jednotlivých metod a průběhů posouzení a jejich závěry nejsou v tomto textu z důvodu stanoveného rozsahu přednášky uveřejněny.

Řídící systém ÚV a jeho odolnost proti kyberútoku

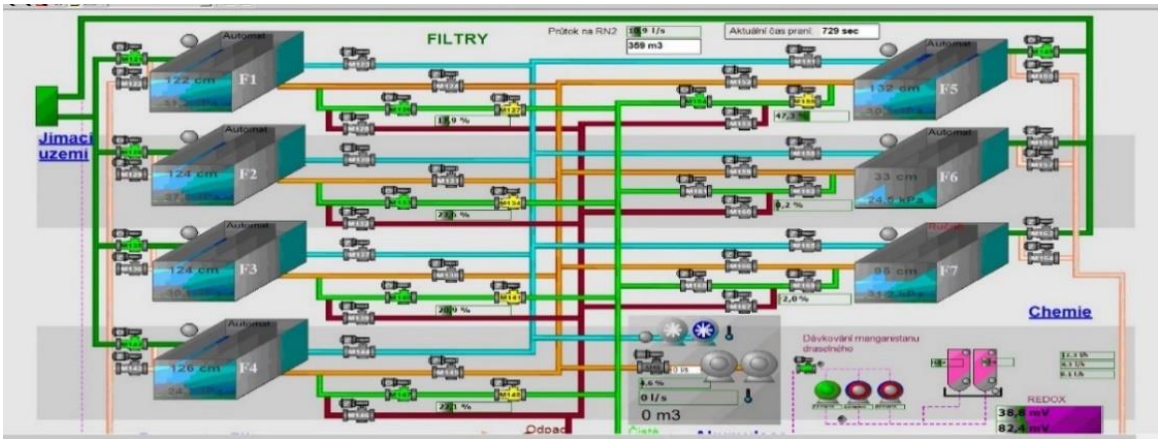
Řízení úpravny vody Hrdibořice je řešeno dvouúrovňově. Veškerá polní instrumentace je řízena programovatelným automatem PLC. Už tato „první úroveň“, ještě donedávna považovaná za naprosto bezpečnou, má svá kybernetická rizika. Komunikace mezi jednotlivými zařízeními pracují na bázi veřejných nezabezpečených protokolů, a pokud potenciální útočník pronikne do úrovně PLC, může zcela ochromit funkci technologie. V případě oddělení technologické sítě Ethernetu a SWITCH oddělovačů je prakticky možné napadnout tuto část nějakým záškodným virem pouze ze strany nadřazeného řídícího systému SCADA a příslušného dispečerského PC.

To však neplatí pro případy použití technologie IoT nebo Průmysl 4. (robotizace), kde tyto lokální zařízení již přímo komunikují s předem definovaným systémem výrobce a je zde možnost napadení těchto datových vnějších komunikací nějakým hackerem. Tato řešení však nejsou na ÚV instalována.

„Druhou úroveň“ tvoří systém SCADA SCX6, který plní zejména funkci operátorského rozhraní, sběru a ukládání technologických dat, alarmování a předávání vybraných dat dále. Jedná se o vysoce sofistikovaný systém, který poskytuje uživateli celou řadu zabezpečení a vysokou míru ochrany proti kybernetickým útokům. To vše za předpokladu, že je správně chráněna celá IT síť, a i navazující sítě, s nimiž systém komunikuje.

Vybraná data z ÚV se přenášení na centrální dispečink do provozní budovy VaK Prostějov.

Příklad vizualizace technologie – filtrace



Provizorní pracoviště operátora ÚV

Systém SCX6, který je instalován na ÚV je vybaven integrovaným zabezpečením komunikace, tzv. zabezpečení AGA12, které využívá technologii kryptování 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 používaná u 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 uživatele. Další možností je (u námi dodávaných systémů velmi populární) využití privátního „uzavřeného protokolu“ (v našem případě Proteus RT), jehož přesnou strukturu zná pouze výrobce a na jeho rozklíčování by muselo být vynaloženo mimořádné hackerského úsilí.

Závěr

Z výše uvedeného je patrné, že ÚV Hrdibořice je strategickým vodárenským objektem a je nutno věnovat vysokou pozornost jeho zabezpečení i z hlediska kybernetické bezpečnosti. Jednou z možných cest jak toto zabezpečení „právně legalizovat“ je následná certifikace společnosti dle norem řady ISO 27000. Nejedná se ovšem o jednorázovou akci. Podobně jako u certifikace podle jiných ISO norem se jedná o trvalý proces procházející napříč celou společností. Jeho přínosem je ale jednak splnění zákonných povinností subjektu kritické informační infrastruktury a celkové zvýšení provozní bezpečnosti celé společnosti, tedy nejen dodávek pitné vody, odvodu a likvidace odpadních vod ale i veškerých souvisejících činností. A jak je z této přednášky zřejmé, provozovatel i majitel ÚV Hrdibořice se vydal správnou cestou.

Literatura

[1] International Electrotechnical Commission: ISO/IEC 27001 - Systém managementu bezpečnosti informací

[2] National Institute of Standards and Technology: NIST SP800-82 - Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security

[3] International Society of Automation: ISA 62443 – Industrial network and system security

[4] Sbírka zákonů ČR: Zákon č. 181/2014 Sb. „Zákon o kybernetické bezpečnosti a o změně souvisejících zákonů“

[5] Lindovsky Milan and Krocova S. *Water System management in Emergency Situations*, Journal of Geological Resource and Engineering, Number 3, May-June 2015 (Serial Number 8), p. 150-162, USA ISSN 2328-2193

[6] 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

[7] Sedláček Jiří: Kybernetická bezpečnost, časopis SOVAK, 9/2020, str. 11, ISSN 1210-3039

[8] Webové stránky www.smv.cz

Hydraulická analýza jako důležitá součást předprojektové přípravy

Ing. Tomáš Sucháček, Ph.D.; Ing. Eva Náplavová

AquaSmart Solutions, s.r.o.

Abstrakt

Příspěvek se zabývá především hydraulickou analýzou vodovodu s použitím hydraulického simulačního modelu („HSM“) a optimalizačních postupů. Příspěvek poukazuje na důležitost provedení hydraulické analýzy ve fázi předprojektové přípravy staveb pro dopravu vody. Součástí je případová studie. Je uveden přehled a zjednodušený popis použitých postupů, tj. definici nutných vstupů. Navazuje popis postupu pro sestavení HSM a ověření jeho věrohodnosti. Dále pak návrh řešení v rámci případové studie a posouzení okrajových podmínek („OP“) za pomoci HSM. Následně jsou vyhodnoceny alternativy řešení, které poukazují na výrazný dopad implementace výše uvedeného.

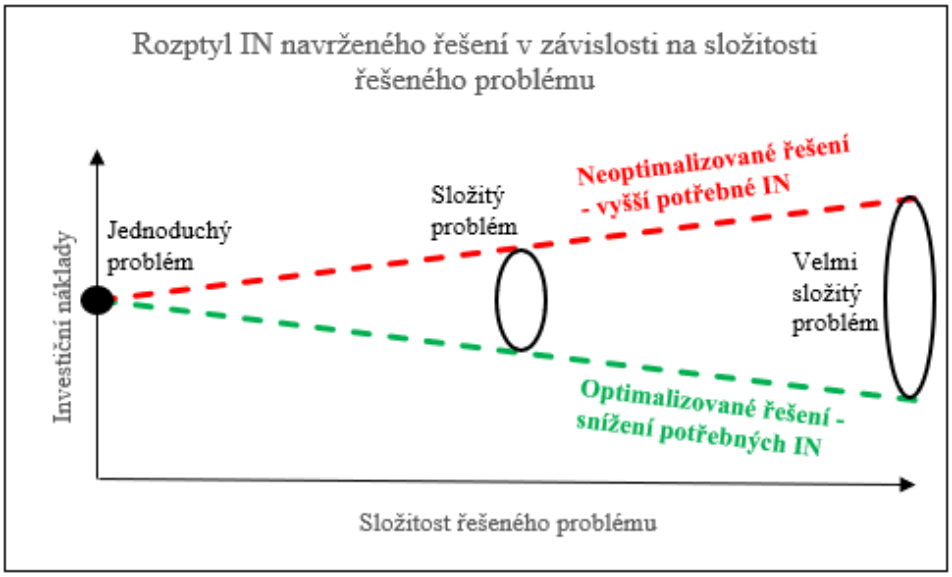
Úvod

Každá významnější stavba v zásobování vodou vyžaduje nemalé finanční prostředky, a proto je žádoucí důsledně analyzovat všechna možná řešení. Jinak řečeno, jak dosáhnout stanoveného cíle při maximálně efektivním vynaložení finančních prostředků. Je však potřeba zdůraznit, že se to musí stát při dodržení všech požadovaných OP. Celý tento proces je možné nazvat optimalizací.

V závislosti na tom, jak je řešená situace (stavba) složitá, se zvyšuje rozptyl investičních nákladů jednotlivých řešení dané situace (výše IN je nejčastěji používaná účelová funkce – respektive to, co má být minimalizováno). To znamená, že u velmi jednoduchého problému z hlediska optimalizace (například prodloužení koncového vodovodního řadu o několik metrů) budou investiční náklady bez rozdílu. Naproti tomu u složitějších problémů (například při řešení dopravy vody přes spotřebiště dále) mohou být rozdíly v investičních nákladech mezi jednotlivými řešeními značné. Obecně lze říci, že se zvyšující se složitostí řešené situace roste rozptyl mezi jednotlivými řešeními. Toto je možné zjednodušeně graficky vyjádřit viz Obr. 1.

Celý proces optimalizace je možné ideově rozdělit na dvě části. První část je možné definovat jako „expertní část“. V rámci této části jsou nejprve navržena technicky možná řešení (alternativy) pro danou situaci. Například v situaci, kdy má být dopravena voda z výše položeného vodojemu do níže položeného vodojemu, mezi nimiž je však malý výškový rozdíl. Alternativně je tak možná gravitační doprava (potrubí velkých dimenzí, kde bude docházet k malým hydraulickým ztrátám) a také pomocí čerpací stanice („zvýšení výškového rozdílu“, což umožní menší dimenze potrubí).

***Obrázek 1** – Rozptyl investičních nákladů v závislosti na složitosti řešeného problému*



Na expertní část navazuje „matematická část“. Zde dochází k samotné optimalizaci navržených řešení (optimalizovaným parametrem jsou dimenze potrubí) – tedy že je hledáno optimální řešení z pohledu účelové funkce (minimalizace investičních nákladů), které zabezpečí dopravu požadovaného množství vody do níže položeného vodojemu.

V rámci matematické části je vyvinuto velké množství (zejména zahraničních) optimalizačních postupů návrhu, ať už vodovodního potrubí, úpravny vody, čerpacích stanic nebo mnoha dalších vodohospodářských objektů, například (Bolognesi, 2014; Marques, 2014). Základem těchto postupů je definice účelové funkce a její optimalizace. To obvykle znamená účelovou funkci maximalizovat či minimalizovat nebo dosáhnout předem definované konkrétní hodnoty. Součástí je také matematický aparát nutný k řešení dané optimalizační úlohy. V úlohách zabývajících se distribucí vody je velmi často nutné propojení s HSM (u okruhových sítí je výpočet hydraulických parametrů bez HSM velmi těžce proveditelný), aby se ověřila přípustnost daného řešení. Přípustnost znamená splnění OP. Pro výše uvedený příklad to může být, že při dané dimenzi potrubí (nebo kombinacích dimenzí) je zabezpečena doprava požadovaného množství vody a zároveň v potrubí nebude vyšší nebo nižší tlak než jeho předem stanovená hodnota.

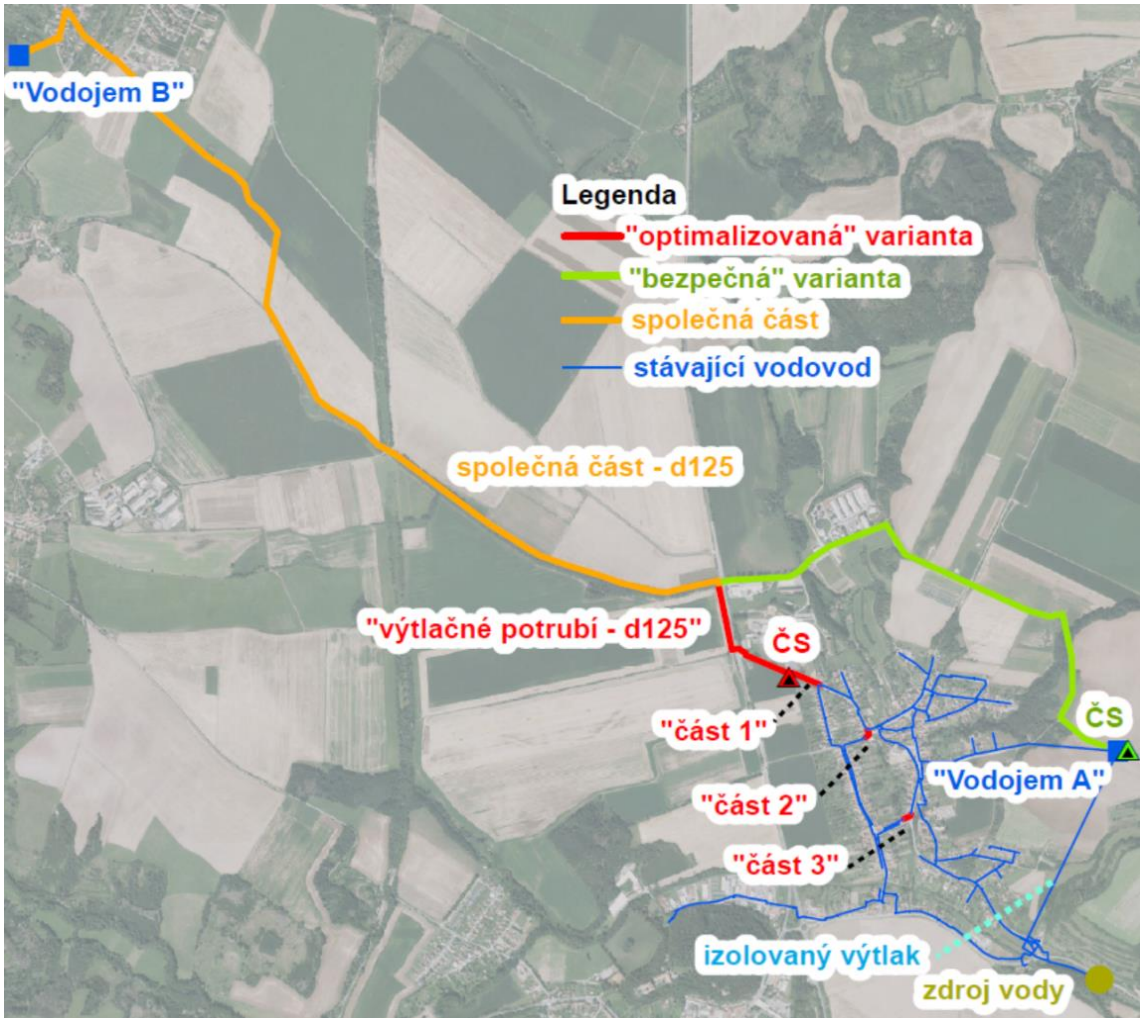
Případová studie

Tento článek se zabývá optimalizací způsobu propojení dvou skupinových vodovodů (dále jen „SV“). To spočívá v dopravě vody z vodojemu „A“ do vodojemu „B“ (viz následující obrázek). Případová studie kopíruje výše uvedené tj, že byly nejprve navrženy dvě ideově odlišné alternativy. Jedna z nich byla navržena jako takzvaná bezpečná varianta, která nemůže ovlivnit stávající odběratele, jelikož se jedná o izolované potrubí mimo stávající spotřebiště. Na druhé straně je patrné, že je potřeba vybudovat delší trubní trasu a není naplno využita kapacita stávající infrastruktury. Druhá varianta byla navržena jako „optimalizovaná“ varianta, kdy je voda dopravována do vodojemu „B“ s využitím stávající distribuční sítě. Na druhou stranu tímto vzniká závazek splnit stanovené omezující podmínky. Ty jsou vytyčeny tím, že nesmí být omezeni odběratelé a nesmí dojít k omezení rozvoje vodovodu. To znamená, že musí být i po propojení SV dostatečná kapacita pro nové rozvojové plochy. Toto řešení tedy vyvolalo potřebu použití HSM jako softwarového nástroje pro provedení hydraulické analýzy. Bez výsledků, které poskytuje HSM, by bylo nutné usuzovat, zda dopravované množství vody do nově připojeného SV ovlivní stávající a výhledový stav distribuční sítě (tj. že budou zajištěny dostatečné tlakové poměry), pouze na základě odborného úsudku a empirie. Takový postup

OBSAH

by nebyl exaktní ani příliš zodpovědný. Následně byla provedena také optimalizace tohoto řešení (to znamenalo minimalizaci dimenzí potrubí části 1, 2 a 3). Dimenze výtlačného potrubí nepodléhala optimalizaci, ale byla stanovena s ohledem na maximální dosahované tlaky v potrubí (aby nebyla překročena hodnota PN potrubí).

***Obrázek 2** - Schéma řešeného propojení SV*



Metodologie

Jak je patrné již z Obr. 2, základem je maximálně efektivní využití stávající infrastruktury (distribuční sítě) tak, aby byla plně využita její přenosová schopnost, tj. že v současnosti je stávající hydraulická kapacita distribuční sítě využita například pouze z 30 %. Nejprve byly stanoveny technické požadavky, které nesmí být ve stávajícím ani výhledovém stavu porušeny. Výhledovým stavem je myšlen stav dlouhodobého rozvoje sítě do všech rozvojových ploch daných platným územním plánem. Tímto byly definovány OP pro návrh „optimalizované“ varianty a tím skončila „expertní část“ procesu optimalizace.
Následující text ve zkratce vystihuje logické posloupnosti nezbytné pro dosažení finálního návrhu.

1. Ideový návrh alternativního řešení k „bezpečné“ variantě
2. Stanovení OP vlastníkem a provozovatelem stávající distribuční sítě:
    a. při maximálním zatížení sítě a současném odběru pro nově napojený SV musí být minimální hydrodynamický tlak v síti v oblasti přípojek 0,25 MPa (respektive 0,15 MPa pro maximálně dvoupodlažní zástavbu),

b. při maximálním zatížení sítě a současném odběru pro nově napojený SV musí být v každém místě sítě rozdíl hydrodynamického a hydrostatického tlaku maximálně 10 m. v. sl.,

c. při náběhu čerpadel pro dopravu vody do nově připojeného SV nesmí docházet ke vzniku zákalových událostí.

3. Analýza stávajícího stavu:
    a. analýza spotřeby vody – stanovení stávajícího maximálního zatížení sítě,
    b. dynamické zkoušky – vyvolání dostatečně vysokých rychlostí proudění v distribuční síti, které budou reprezentovat výhledový stav; zároveň ověření bodu 2.c,
4. Analýza potřeb
5. Posouzení vlivu odběru nově připojeného SV vzhledem k výhledovém stavu:
    a. simulace a posouzení maximálního zatížení sítě stanoveného dle bodu 4. a současného odběru pro nově napojený SV dle bodu 2.a a 2.b,
    b. optimalizace – definice trubních úseků pro optimalizaci, vzhledem k rozměrnosti byla úloha programována pro posouzení všech kombinací viz předcházející bod, ohodnocení variant
6. Vyhodnocení a výběr finální varianty

Výsledky

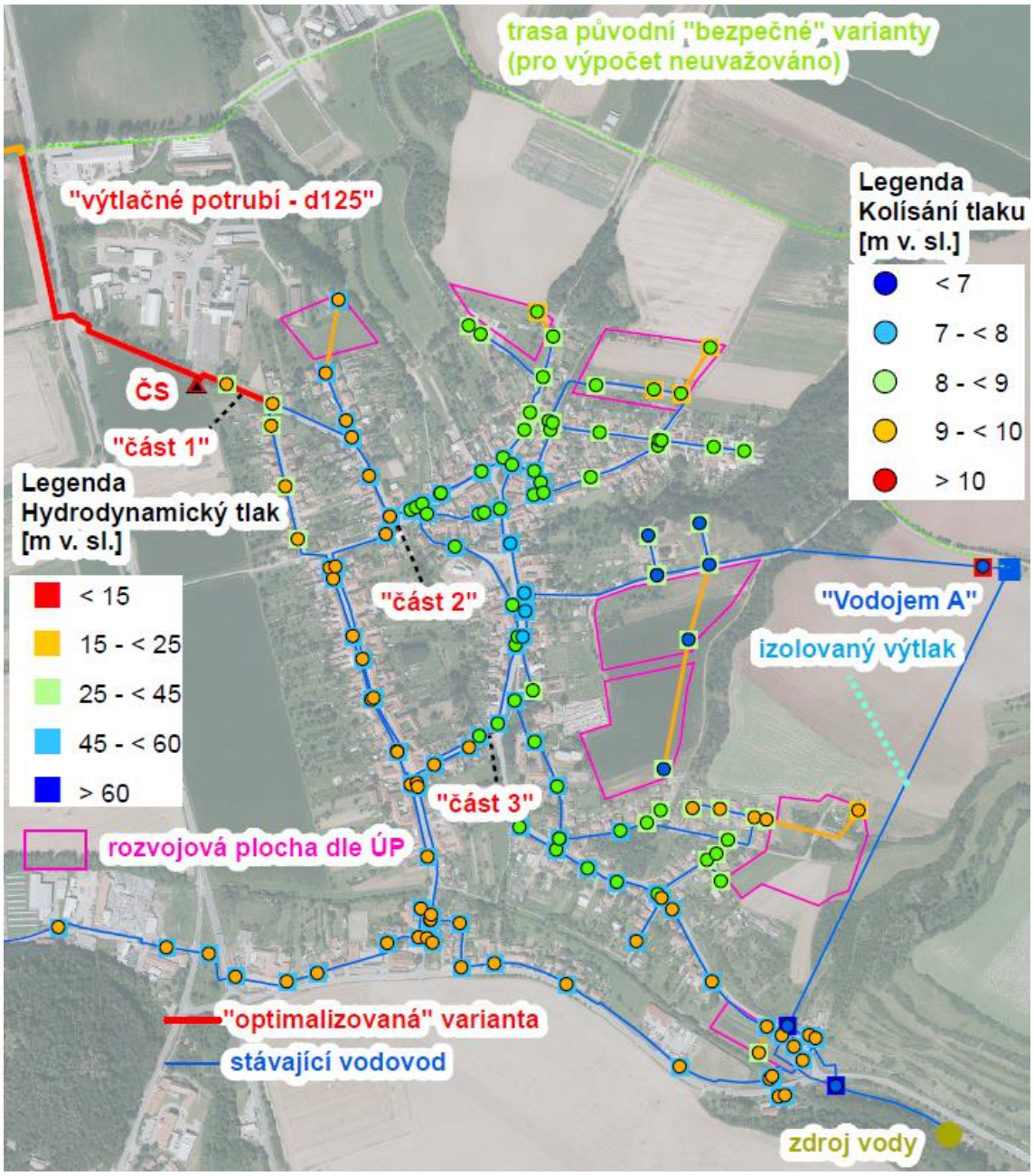
Na Obr. 2 je schématické znázornění celé situace. Cílem je doprava vody z dostatečně kapacitního zdroje (SV) do „Vodojemu B“ nově připojeného SV. K této dopravě je zapotřebí kromě trubního propojení také vybudování čerpací stanice. V rámci „bezpečné“ varianty je čerpací stanice (dále jen „ČS“) umístěna ve „Vodojemu A“ a v případě „optimalizované“ varianty se jedná o ČS bez předřazené akumulace umístěné na okraj spotřebiště tak, aby neohrozila budoucí rozvoj sítě. Oranžová část na Obr. 2 je společná pro obě varianty. Jelikož není možné prezentovat zde všechny výsledky dle výše uvedeného postupu, jsou zde uvedeny pouze vybrané nejzajímavější výsledky.

Během dynamických testů bylo zapotřebí ověřit, zda nebude docházet ke vzniku zákalových událostí odběrem vody do nově připojeného SV. Přestože nebyla stávající distribuční síť nikdy řízeně propláchnuta a vypouštěné množství vody převyšovalo budoucí odběr nově připojeného SV o 70 %, nebylo zaznamenáno zvýšení zákalu vypouštěné vody nad legislativně povolenou hodnotu ani stížnosti odběratelů.

Po kalibraci HSM stávajícího stavu, provedení analýzy potřeb a dopracování HSM výhledového stavu byla provedena optimalizace řešení – jednalo se o úseky označeny na Obr.2 jako „část 1“, „část 2“ a „část 3“. Pro každý úsek se obor hodnot skládal z plastového potrubí SDR 11 {d63; d75; d90; d110; d125; d140; d160; uzavřeno}. Hodnota “uzavřeno” nebyla uvažována pro “část 1”, jelikož by nebylo možné dopravovat vodu do nově připojeného SV. Celkem se jednalo o 448 kombinací, přičemž cílem bylo minimalizovat investiční náklady, což v tomto případě znamenalo vybrat investičně nejméně náročnou variantu, která splní OP dle bodu 2.a a 2.b.

Na Obr.3 je pak patrné, že i ve výhledovém stavu jsou zabezpečeny požadované tlakové poměry v celé síti i v hydraulicky nejnepříznivějších (respektive nejvyšších) místech nově připojovaných ploch. Obdobně je patrné na Obr. 3, že i ve výhledovém stavu není překročena hodnota maximálního rozdílu tlaku 10 m v. sl.

Obrázek 3 *- Minimální hydrodynamické tlaky a kolísání tlaku – výhledový stav*



Výsledná optimalizovaná kombinace dimenzí z pohledu investičních nákladů je pro „část 1“ – d125, „část 2“ – d90 a „část 3“ – d90. Porovnání investičních nákladů na „bezpečnou“ variantu a „optimalizovanou“ variantu jsou v Tab. 1. Porovnání je zde uvedeno pouze pro odlišné části celkového řešení (oranžová část na Obr. 2 je společná a náklady na tuto část jsou stejné pro obě varianty).

Ceny jsou uvedeny bez DPH. Jednotkové ceny jsou stanoveny jako vážený průměr jednotkových cen dle (Ministerstvo pro místní rozvoj, 2019) a dle délky potrubí s odpovídajícím povrchem terénu. Aktuální cenová hladina se již může oproti použitým cenám lišit, avšak cílem je poukázat zejména na rozdíl mezi variantami, který se nebude ani při změně cenové hladiny příliš lišit.

Tabulka 1 *Porovnání investičních nákladů jednotlivých variant (mimo společnou část):*

"bezpečná" varianta							
Položka	Počet MJ [-]	MJ [-]	asfalt	nezp.	Cena MJ [Kč.MJ^{-1}]	Potrubí	Cena [Kč]
Výtlačné potrubí	2 290	m	15%	85%	3 939	PE d125	9 019 165
ČS ve "Vodojem A"	1	ks	---	---	650 000	---	650 000
						celkem	9 669 165

"optimalizovaná" varianta							
Položka	Počet MJ [-]	MJ [-]	asfalt	nezp.	Cena MJ [Kč.MJ^{-1}]	Potrubí	Cena [Kč]
Výtlačné potrubí	500	m	5%	95%	4 032	PE d125	2 016 000
"část 1"	130	m	20%	80%	4 148	PE d160	539 240
"část 2"	35	m	95%	5%	6 803	PE d90	238 088
"část 2"	45	m	90%	10%	6 595	PE d90	296 775
ČS vč. stavebního objektu	1	ks	---	---	1 650 000	---	1 650 000
						celkem	4 740 103

Závěr

Výsledkem celého procesu je finální návrh dimenzí potrubí (viz výše), který splňuje omezující podmínky dle bodu 2. Investiční nároky na tuto „optimalizovanou“ variantu jsou přibližně o **5 mil. Kč** (bez DPH) nižší než na „bezpečnou“ variantu navrženou „konvenčním způsobem“, tj. bez použití HSM a optimalizačních postupů. Zároveň je třeba připomenout, že tato úspora se projeví také kontinuálně každý rok v nižších generovaných prostředcích na obnovu. Například při životnosti 80 let je zjednodušeně možno vyčíslit úsporu jako 62 500 Kč.rok^{-1} (IN : životnost). Jak je patrné na tomto konkrétním příkladu, fázi předprojektové přípravy je velice žádoucí věnovat velkou pozornost. Je zřejmé, že při použití optimalizačního přístupu jsou prostředky a úsilí do této fáze vložené vysoce rentabilní.

Reference

[1] BOLOGNESI, A., C. BRAGALLI, C. LENZI a S. ARTINA. Energy Efficiency Optimization in Water Distribution Systems. *Procedia Engineering* [online]. 2014, 70, 181-190 [cit. 2021-03-15]. ISSN 18777058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2014.02.021

[2] MARQUES, J., M. CUNHA a D.A. SAVIĆ. Decision Support for Optimal Design of Water Distribution Networks: A Real Options Approach. *Procedia Engineering* [online]. 2014, 70, 1074-1083 [cit. 2021-03-15]. ISSN 18777058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2014.02.119

[3] MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ. PRŮMĚRNÉ CENY DOPRAVNÍ A TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY OBCÍ: Aktualizace 2019 [online]. Brno, 2019 [cit. 2021-03-18]. ISBN 978-80- 87318-79-9. Dostupné z: http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/internetoveprezentace/prumerne-ceny-TI/2019/ceny-ti-2019-celek.pdf

Vyhledávání poruch lokátory šumu ORTOMAT-MTC v praxi

Michal Ričl

vonRoll hydro (cz) s.r.o.

Abstrakt

Příspěvek se zabývá využitím lokátorů šumu vonRoll hydro ORTOMAT-MTC O4G při vyhledávání poruch na vodovodním potrubí v praxi. Tato technologie je založena na bázi vyhodnocování šíření hluku způsobeném unikající vodou z poškozeného potrubí. Data jsou poté zasílána pomocí přenosů v GSM síti a zpracována v softwarovém systému INFRAPORT. Systém je plně automatický a pomocí automatické korelace dokáže zpracovávat naměřená data, ze kterých je pro uživatele výstupem lokalizace možné poruchy na potrubí. Díky této automatizaci a tím pádem jednoduché obsluze není třeba při hledání poruch nasazení velkého množství lidských zdrojů a je možné vyhledávat poruchy velmi efektivně.

Úvod

V současné době, kdy čelíme neustálému zvyšujícímu se nedostatku vody a cen energií, je jakákoliv možnost snížení nákladů vítána mnohem více než kdykoliv v minulosti. Vodu potřebujeme v běžném životě v podstatě neustále a snižovat spotřebu nelze donekonečna. Některé trubní rozvody zajišťují dodávky po mnoho desítek let a riziko, že dojde k úniku vody je u takových potrubí vysoké.

Jednou z možností, jak docílit snížení ztrát, je využití moderních technologií. Díky tomu je možné odhalit potenciální únik již v prvotní fázi, umožnit jeho rychlou lokalizaci v terénu a včasnou opravu. To, že i malý únik může znamenat velké finanční ztráty, je patrné z níže uvedené tabulky ztrát vody. Ukážeme si na konkrétním příkladu, jak je možné pomocí lokátorů šumu nejnovější generace ORTOMAT-MTC O4G snadno lokalizovat únik z vodovodního řadu.

Tabulka ztrát vody

Tlak vody v síti	Průměr otvoru poruchy	Ztráty vody			Cena ztracené vody	
Bar	mm	l/min	m^3/den	m^3/rok	Kč/den	Kč/rok
10	2	7,0	10,1	3 679	500	173 000
	4	27,0	38,9	14 191	1 900	667 000
	8	100,0	144,0	52 560	6 800	2 470 400
6	2	4,8	6,9	2 523	400	118 600
	4	18,0	25,9	9 461	1 300	444 700
	8	70,0	100,8	36 792	4 800	1 729 300
3	2	3,2	4,6	1 682	300	79 100
	4	12,0	17,3	6 307	900	296 500
	8	48,0	69,1	25 229	3 300	1 185 800
1,5	2	1,8	2,6	946	200	44 500
	4	7,0	10,1	3 679	500	173 000
	8	27,0	38,9	14 191	1 900	667 000

Pozn.: průměrná cena vody činí 47 Kč/m^3

Použité vybavení

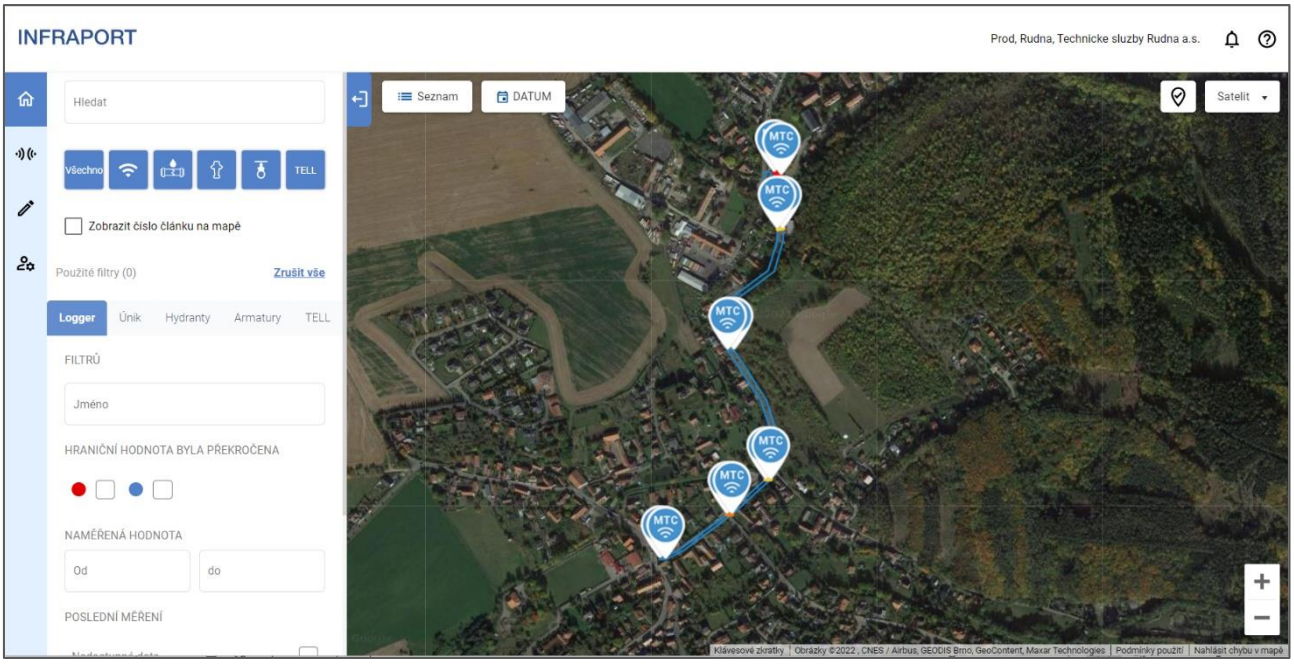
ORTOMAT-MTC O4G:

Lokátory šumu umožňující monitorovat každodenně vodovodní síť. Naměřená data odesílají každý den na server, kde jsou potom automaticky zpracována programem Infraport. Přenos probíhá v sítích GSM, které v současné době pokrývají prakticky celé území České republiky. Napájení zajišťují standardní tužkové AA baterie, které poskytují energii na provoz dle intenzity signálu po dobu 3-5 let. Toto umožňuje jednoduchou instalaci kdekoliv bez potřeby instalace jakýchkoliv kabelů či zdroje elektrického proudu.

INFRAPORT:

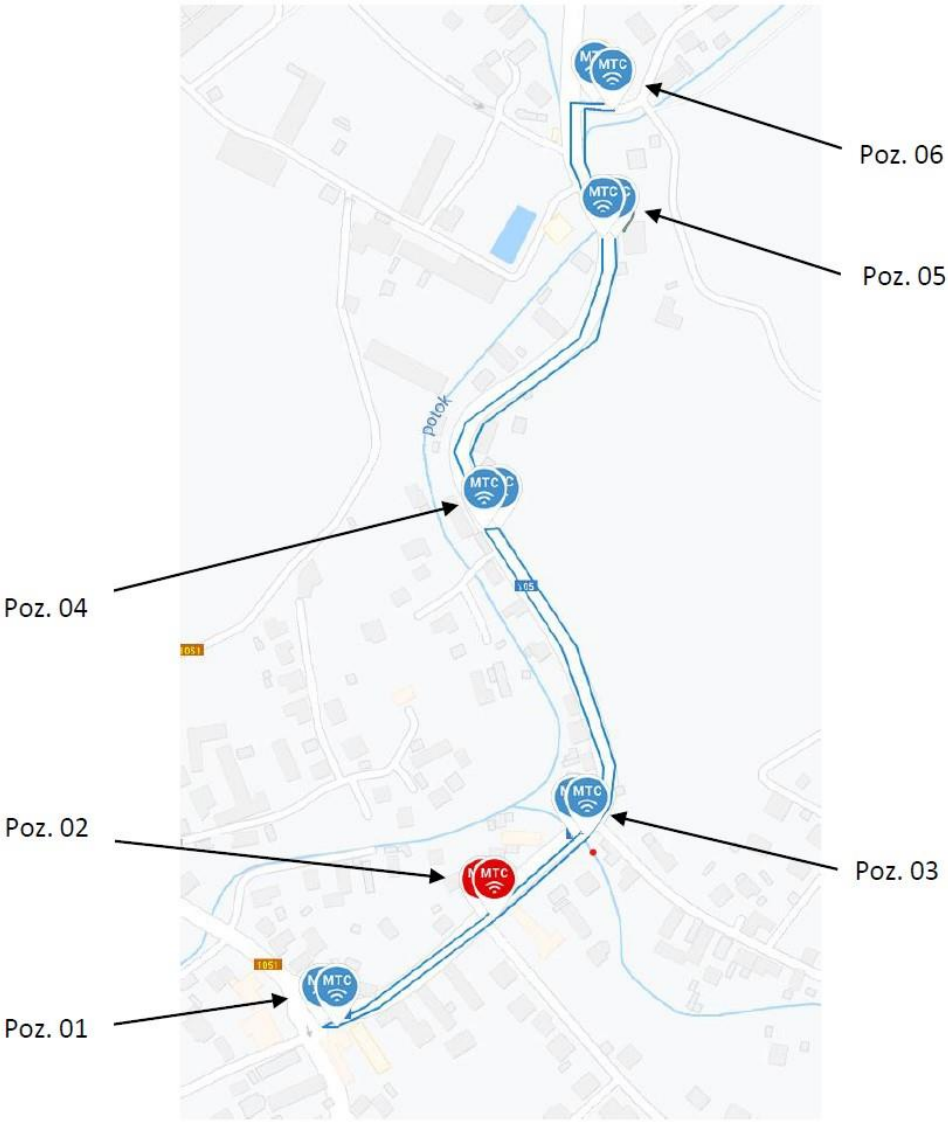
Veškerá naměřená data z Ortomatů jsou zpracovávána automaticky v programu Infraport, ke kterému je možné přistupovat odkudkoliv z webového rozhraní nebo aplikace na chytrých telefonech. Program pracuje automaticky a díky autokorelaci sám označí v mapových podkladech, pokud je v některém z měřených úseků zaznamenán potencionální únik. Systém vyhodnocuje naměřená data pravidelně každý den. Potom již je velmi rychlé a jednoduché dané místo v terénu prozkoumat a ověřit.

Základní obrazovka Infraportu



Mapa rozmístění lokátorů:

Mapa 900 m měřeného úseku potrubí. Červeně označený bod 2 znamená, že zde došlo k překročení hraničních hodnot.



Měřený úsek

V daném úseku probíhalo měření na dvojici paralelně položeného litinového potrubí o celkové délce 900 metrů a velikosti DN 150 po dobu čtyř dnů. Litinové potrubí poskytuje vynikající vlastnosti pro detekci šumu a tím i využití lokátorů na velké vzdálenosti. Lokátory byly rozmístěny na šesti pozicích ve vzdálenostech od 90 do 260 metrů mezi jednotlivými měřenými body.

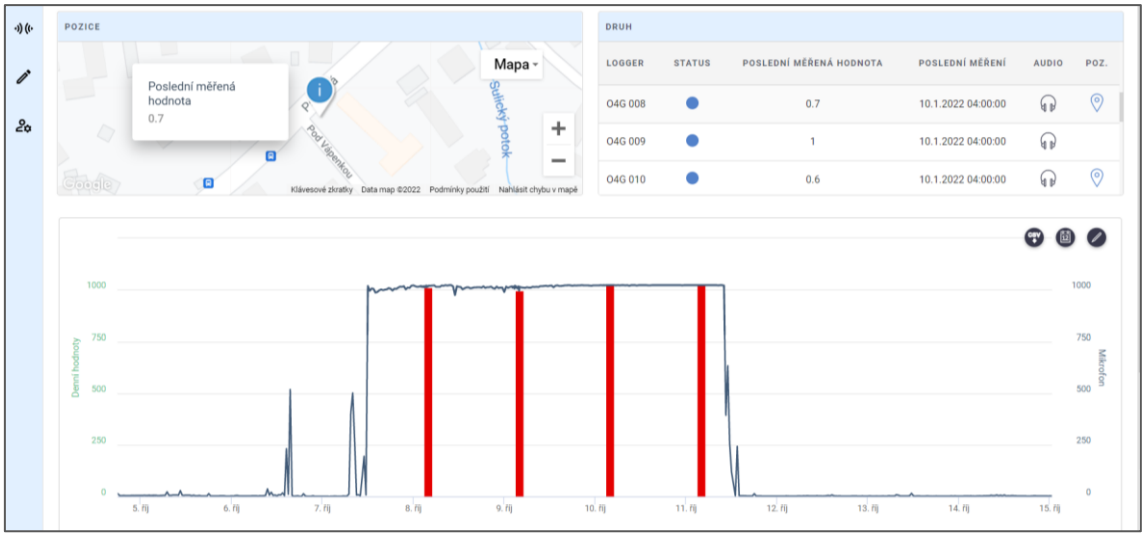
Umístění jednotlivých lokátorů bylo v prvním bodě do revizní šachty na potrubí, v ostatních případech do šachet pro podzemní hydranty a šoupátka, jak je vidět na příkladu dále. Účelem byla kontrola nově položeného vodovodního potrubí před přejímkou.

Princip a průběh měření

Základem měření je osazení lokátorů – snímačů šumu pomocí magnetů na kovové části potrubí. Přístroje po rozmístění pracují plně automaticky. Systém Infraport vyhodnocuje naměřené hodnoty a pomocí automatické korelace vyhodnocuje, v jaké vzdálenosti mezi porovnávanými body dochází k nadměrnému hluku a tím i pravděpodobnému úniku.

V našem případě byly zaznamenány překročené hodnoty přímo v místě umístění přístrojů v měřícím bodě 02. Hladina hluku byla výrazně překročena a při kontrole hydrantu zemním mikrofonem Terralog byla vysoká hladina hluku potvrzena. Naměřené hodnoty na všech úsecích byly v pořádku.

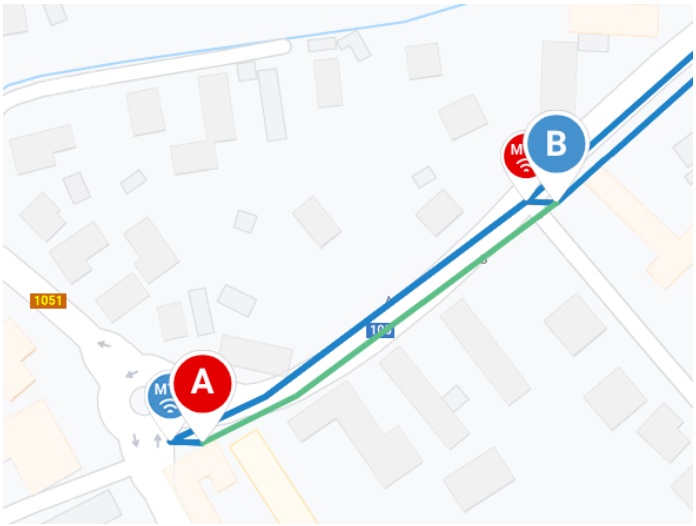
Detail s naměřenými hodnotami v měřícím bodě 02 s překročenými hodnotami v době měření



Příklad korelace mezi jednotlivými měřícími body

Body 1-2

Výsledek: korelace v limitu



Příklad umístění lokátorů přímo v terénu

Měřící bod poz. 03 Osazení v šachtě podzemního hydrantu

Výsledky měření a shrnutí

První výsledky byly vyhodnoceny v software Infraport již druhý den. V dalších dnech byly naměřené hodnoty potvrzeny. Na základě výsledků měření byl zjištěn pravděpodobný únik v měřícím na pozici č. 2. Jednalo se o únik netěsnosti příruby šoupěte směrem k podzemnímu hydrantu, což se také později potvrdilo při odkrytí armatury.

Množství protékající vody bylo také sledováno na manometrech. Během čtyřdenního měření byla zaznamenána celková ztráta 80 m^3 vody, což je přibližně únik 0,23 l/s při tlaku 12 barů. Toto činí za čtyřdenní časový úsek finanční ztrátu při současných průměrných ztrátách vody cca 10.000 Kč. Pokud by ale únik nebyl lokalizován, mohly by být finanční ztráty mnohonásobně vyšší.

Závěr

Na uvedeném příkladu je patrné, jak mohou moderní technologie výrazně pomoci k rychlé lokalizaci poruchy a tím pádem úspoře finančních prostředků. Včasná lokalizace malého úniku umožní pečlivě naplánovat opravu v méně exponovaném čase a také pomůže vyhnout se havárii mnohem rozsáhlejších rozměrů, kdy je potom nutné reagovat okamžitě bez ohledu na denní dobu.

Využití lokátorů šumu ORTOMAT-MTC O4G je primárně mnohem rozsáhlejší než v tomto případě. Slouží hlavně k pravidelnému každodennímu monitorování vodovodní sítě. Je proto možné identifikovat úniky hned v počáteční fázi. Nemusí se jednat jen o městské rozvody vody. Rozsah využití je mnohem komplexnější. Hlídat je možné v podstatě jakékoliv rozvody např. v továrnách, na požárních rozvodech nebo velké přivaděče, kde vzhledem k velkým dimenzím potrubí může včasná lokalizace místa poruchy ušetřit značné finanční prostředky.

Digitalizace procesů ve vodárenství

Ing. František Zvoneček

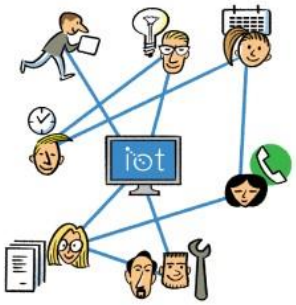
IoT.water a.s., Sokolovská 100/94, Karlín, 186 00 Praha 8

Abstrakt

Příspěvek pojednává o návazných službách na dálkových odečtů vody pomocí systému společnosti IoT.water a rozebírá možnosti digitalizace procesů uvnitř vodáren pomocí mobilních aplikací sloužící k elektronizaci montážních listů vodoměrů nebo elektronizaci záznam z přešetření odběrného místa s přímým napojením na vodárenské interní systémy. Dále pak příspěvek pojednává o spolupráci s vodárnami na optimalizaci interních procesů a budování interních strategií dálkových odečtů.

Digitalizace procesů ve vodárenství

- Implementace dálkových odečtů ve vodárně – částečná digitalizace
- Elektronický montážní list (EML) jako logický krok vývoje a digitalizace instalace
  - Evoluce EML – postupné zlepšování v etapách na základě požadavků
- Nový pohled na digitalizaci procesu - analýza prostředí
  - Pochopení potřeb vodárny napříč procesy
  - Návrh digitalizace a nástrojů
  - Vývoj nástrojů a jejich optimalizace pro danou vodárnu
- Strategie dálkových odečtů ve vodárnách

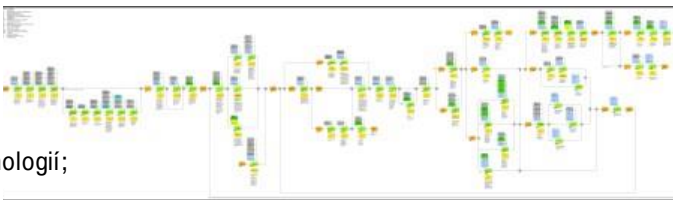


iot water

Přístup

Pro úspěšné nasazení a spokojenost zákazníka je nutné navrhovat a vyvíjet v kontextu znalosti vodárenských procesů a s ohledem na vodárenské systémy.

- Analytické práce na začátku procesu se vyplatí
- Nutnost pochopit aktuální stav
  - procesů a činností;
  - zvyklostí dané vodárny;
  - používaných informačních technologií;
  - vztahů na pracovištích.



iot water

Aplikace EML

Elektronický montážní list

Jde o modulární mobilní aplikaci pro digitalizaci procesů s vodoměry a SMART zařízeními

Hlavní využití:

- Nahrazení papírového montážního listu vodoměru mobilní aplikací
- Kontrola stávajících příslušenství na OM (plomby, SMART zařízení/vodoměr, části vodoměrné soustavy, atd.)
- Záznam nových příslušenství na OM (plomby, SMART zařízení/vodoměr, části vodoměrné soustavy, atd.)
- Přehledná instalace SMART zařízení / SMART vodoměru

Plná integrace se ZIS is -USYS®.net

iot water

Aplikace EZzP

Elektronický záznam z přešetření

Jde o modulární mobilní aplikaci pro digitalizaci procesu přešetření .

Hlavní využití:

- Nahrazení papírového přešetřovacího listu vodoměru mobilní aplikací
  - konec přepisování údajů z papírových formulářů do ZIS
  - snížení chybovosti v zápisu dat v terénu pomocí aplikačních kontrol a využitím fotodokumentace

Plná integrace se ZIS is-USYS®.net

iot water

Strategie implementace DO

- Potřeba vodáren
  - Výběrová řízení na dodávky vodoměrů a zařízení pro DO ve vodárnách
  - Absence dlouhodobé koncepční strategie a využití dat na straně vodáren
- Kompetence IoT.water
  - Znalost prostředí vodáren, nástrojů a systémů DO
  - Znalost technologií vodoměrů a zařízení DO, trendů vývoje
- Východisko:
  - Zmapování stavu technologie DO a vodoměrů v rámci obsluhované infrastruktury
  - Zmapování procesů DO a sběr podkladů pro analyzování stavu vodárny
  - Výběr optimálních technologií na základě analýz
  - Definování strategie DO vodárny a zadávací dokumentace pro výběrové řízení

iot water

Obnova řadu surové vody Římov-Plav, návrh ocelového potrubí DN 1200

Ing. Blanka Anderlová[1)]; Ing. David Brábník[2)]

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
1) tel. 257 110 358, mail: anderlova@vrv.cz
2) tel. 257 110 359, mail: brabnik@vrv.cz

Abstrakt

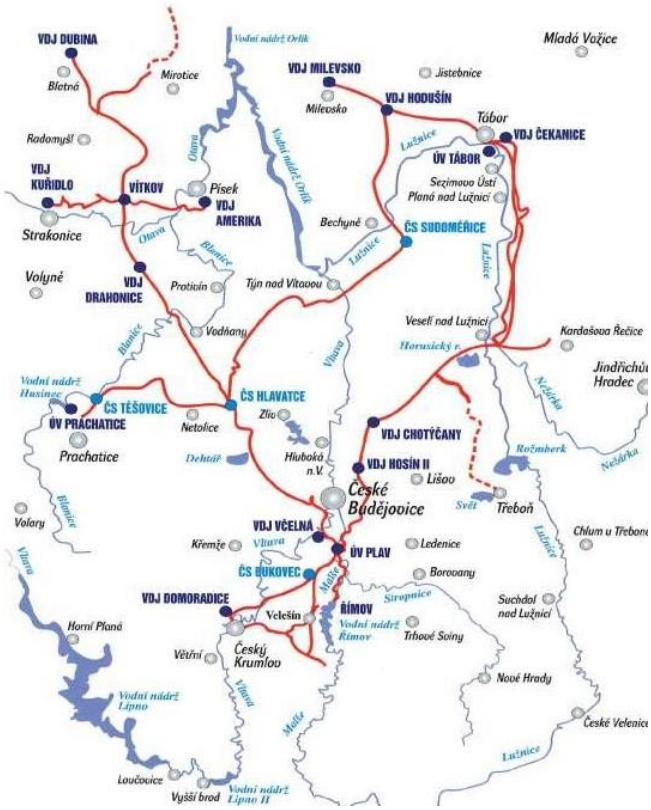
Cílem příspěvku je popsat problematiku návrhu ocelového potrubí v dimenzi DN 1200 pro distribuci pitné vody. Návrh potrubí je v délce téměř 7 km a je specifický jak způsobem realizace, dimenzí, rozsahem a zejména vybraným materiálem potrubí.

Popis Vodárenské soustavy Jižní Čechy

Vodárenská soustava Jižní Čechy (VSJČ) je jednou z nejrozsáhlejších vodárenských soustav v ČR. Jejím vlastníkem a zároveň i provozovatelem je Jihočeský vodárenský svaz (JVS). Vodárenská soustava sestává zejména z úpraven vody, dálkových potrubních řadů, čerpacích stanic a vodojemů, předávacích a měrných objektů, řídicích systémů s dispečinkem a obslužného majetku.

Vodárenská soustava pokrývá zhruba dvě třetiny spotřeby pitné vody v Jihočeském kraji zásobujících 156 měst a obcí. Soustava je tvořena 556 km potrubí a slouží k zásobování území přes 400 tis. obyvatel. Roční objem dodané vody se pohybuje okolo 16 mil. m^3.

Obr.1 *Přehledná situace Vodárenské soustavy Jižní Čechy [1]*



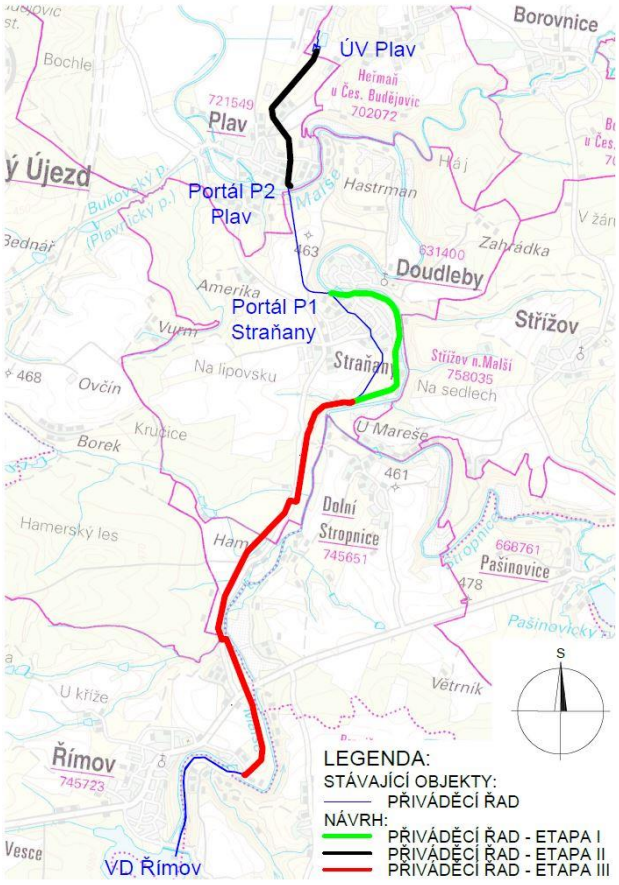
Zvláštností soustavy je, že největší spotřebiště (aglomerace Českých Budějovic) je blízko zdroje vody a centrální ÚV Plav. Tímto územím prochází hlavní dálkové řady soustavy, které distribuují vodu do spotřebišť vzdálených cca 50-60 km. Dále pak vzhledem ke geomorfologickému uspořádání terénu je nutné veškerou vodu z ÚV Plav přečerpávat do hlavních distribučních vodojemů a odtud přečerpávat do vzdálených spotřebišť.

Srdcem zásobování vodárenské soustavy je ÚV Plav, která patří k největším úpravnám vody v zemi. Hlavním zdrojem surové vody je VN Římov. Vodní nádrž na Malši u Římova vznikala v letech 1971 až 1978. Má rozlohu 210 hektarů a sypanou hráz vysokou 47,5 metru. ÚV Plav byla do zkušebního provozu uvedena v roce 1981 jako dvoustupňová. Po doplnění GAU filtrace v letech 2013 až 2015 je úprava vody třístupňová. [1]

Stav projektové přípravy

Obnova vodovodního řadu surové vody v úseku Římov – Plav se projekčně připravuje od roku 2014. Důvodem je zajištění zvýšení zabezpečenosti dodávky surové vody na ÚV Plav. Jedním z impulsů byly povodně v roce 2002, kdy došlo k poškození stávajícího řadu. V rámci odstraňování povodňových škod u VN Římov byl ke stávajícímu řadu přiložen nový řad DN 1000. V místě křížení vodního toku Malše v obci Římov byla provedena přeložka potrubí pod vodní tok. V příspěvku popisovaný úsek na tuto přeložku navazuje. Obnova vodovodního řadu od obce Římov po ÚV Plav spočívá v přiložení nového řadu dimenze DN 1200 ke stávajícímu potrubí DN 1400. Původní trasa přes obec Doudleby bude přeložena mimo zastavěné území. Řazení etap je směrem od VN Římov následující: etapa III - 3,7 km (Římov – Doudleby), etapa I -1,6 km (Doudleby), etapa II - 1,3 km (Plav).

Obr.2 *Přehledná situace navrhovaného potrubí – etapa I, II a III*



Stavba má na všechny etapy platné územní rozhodnutí, a mimo etapu I také vydaná pravomocná stavební povolení. Všechny etapy mají zpracovanou projektovou dokumentaci pro provádění stavby. V současné době probíhá výběr zhotovitele na etapu II, která získala v loňském roce dotaci Ministerstva zemědělství na realizaci.

Popis jednotlivých etap návrhu

Etapa I

Cílem návrhu v této etapě není pokládka nového potrubí souběžně se stávajícím řadem, ale jeho přeložení do nové trasy mimo zastavěné území. Řešená etapa je v porovnání se zbylými etapami technicky nejkomplikovanější. Potrubí je navrženo v nivě řeky Malše v nezpevněných horninách s vysokou hladinou podzemní vody a také v korytě řeky v místě křížení Čapkova mostu. Z důvodu nutnosti vymístění potrubí mimo zástavbu je řad veden v kolektoru (tvoří ho opěrné stěny) navrženého v patě svahu pod portálem č.1. Řešený úsek je vymezen místem napojení na stávající potrubí (konec etapy III) a napojením na stávající potrubí ve vstupu do portálu č.1 (Straňany). Délka přeložky potrubí v nové trase je 1,6 km DN 1200.

Etapa II

Stavební objekt zahrnuje zdvojení řadu pro dopravu surové vody od portálu štoly č.2 (Plav) až k napojení před ÚV Plav. Trasa je vedena od portálu jednoramennou shybkou dimenze DN 1000 pod řekou Malší, kdy po cca 86 m je zakončena ve výstupní šachtě. Od shybky je řad dimenze DN 1200 mm veden převážně po zemědělských pozemcích při okraji obce Plav a z části přes intravilán obec. V zastavěné části obce je navržena bezvýkopová pokládka bez chráničky v délce 51 m pod zahradou rodinného domu. Na tento úsek je navrženo potrubí se speciální povrchovou úpravou dovolující bezvýkopovou pokládku. V celém úseku (shybka – ÚV Plav) je vodovod uložen v souběhu s přiváděcím řadem DN 1400. Úsek etapy II je zakončen na ÚV Plav napojením na nátok vodní turbíny. Součástí úseku je návrh tří vzdušníkových šachet a odkalení řadu je napojeno do stávajícího kalosvodu v úseku před ÚV Plav.

Obr.3 *Portál č.2 (Plav) s přemostěním toku Malše s umístěním stávajícího řadu DN 1400*

Etapa III

Návrhem je úsek přiváděcího řadu mezi propojovacím objektem v obci Římov a začátku etapy I před obcí Doudleby. V celém tomto úseku délky 3,7 km je řad ukládán v souběhu s přiváděcím řadem DN 1400. Řad je veden převážně po zemědělských pozemcích, případně při okraji zástavby. Před napojením etapy I a III je navržena propojovací armaturní šachta. Šachta je osazena na obou větvích přiváděcího řadu a vystrojena dvojicí klapkových uzávěrů DN1200 a DN 1400 pro možnost řízení průtoku v obou větvích přiváděcího řadu. Pro možnost odkalení řadu budou v nejnižších místech řadu vysazeny odbočky pro odkalení DN 300, které budou dále napojeny na dva odkalovací objekty stávajícího přiváděcího řadu surové vody. Součástí úseku je návrh třech vzdušníkových šachet vedle stávajících. V trase řadu dojde ke křížení se silniční komunikací (silnice II. třídy č. 155 a silnice III. třídy č. 15529) a dále ke křížení s drobnými vodními toky (Římovský potok, Bartochovský potok, Bezejmenný vodní tok).

Specifika návrhu ocelového potrubí

Při zpracování projektové dokumentace byla navržena specifická řešení, která se v případě použití jiného materiálu a dimenze neřeší vůbec (např. svařování oceli) nebo ne v takové podrobnosti (provedení spoje potrubí např. u tvárné litiny). Ocelové potrubí je specifické z několika pohledů. Jedním z nich jsou spoje jednotlivých trub. Spojování potrubí se provádí svářením v ochranné atmosféře. U větších dimenzí je i časově náročnější. Dalším specifikem je odolnost proti korozi, kterou zajišťuje pasivní a aktivní ochrana. Pasivní ochrana je v tomto případě zajištěna povrchovými izolacemi (PUR vnitřní, PE + cementace vnější). Aktivní ochrana proti korozi je pomocí katodové ochrany. Po kontrole správnosti provedení svaru je nutno místo svaru dodatečně doizolovat (uvnitř i vně). Pro montáž potrubí jsou předepsány kontroly svarů i provedení izolace.

Svařování

Pro zajištění správných technologických postupů pro sváření a následnou kontrolu svarů byl vypracován dokument, který stanovuje podmínky provádění a kontroly svarů na navržené řadu. Dále bylo nutné zohlednit zajištění podmínek pro sváření. Pro provedení svaru je nutné v místě svaru zajistit dostatečný prostor pro svářeče a svářecí techniku. Při sváření ve výkopu je nutné uvažovat s prostorem pro svářeče (svářecí hnízdo). To znamená lokálně prohloubit výkop o cca 1 m, šířku výkopu uvažovat minimálně 2,5 m.

Katodová ochrana

V návrhu je uvažováno s využitím stávajících stanic katodové ochrany. Návrh byl rozšířen o nové měřící body. S katodovou ochranou souvisí i návrh umístění izolačních spojů, které zamezují vstupu ochranného potenciálu mimo ocelový řad. Jedná se především o ochranu objektu štoly a objektu ÚV Plav. Před objektem štoly u portálu č.1 (Straňany) je umístěn izolační spoj (monoblok) dimenze DN 1000. V portálu č.2 (Plav) je z prostorových důvodů umístěna izolační příruba DN 1000. Poslední izolační spoj je umístěn na redukované potrubí DN 800 před objektem ÚV Plav. Jedná se monoblok DN 800.

Zajištění výkopu

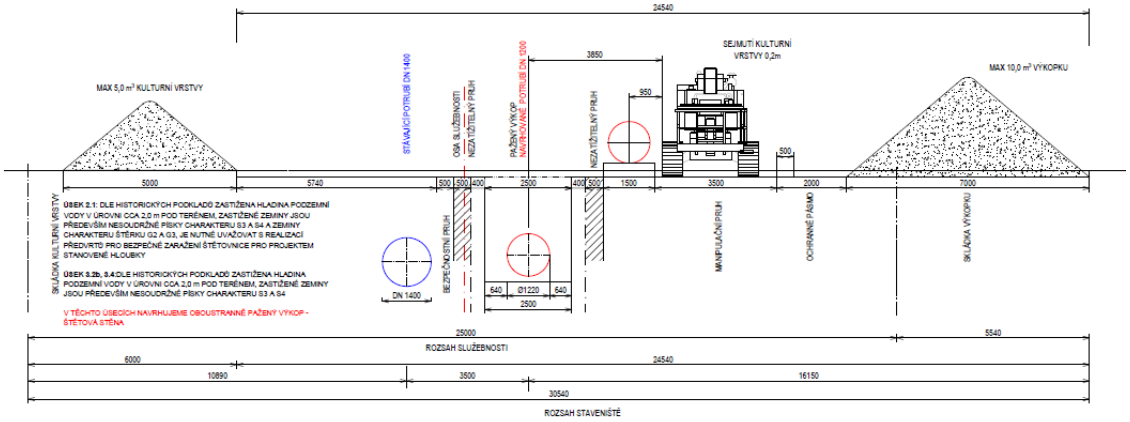
Při dimenzi potrubí a následném krytí se hloubka výkopu standardně pohybuje přes dva metry. V případě terénních nerovností hloubka převyšuje i 4 m. Dále bylo nutné vzít v úvahu geologické podmínky, umístění řadu v terénu (niva vodního toku, svažitý terén atd.) a vazbu na stávající řad. Pro zajištění bezpečné realizace byl návrh zajištění výkopu konzultován s geotechnikem, který stanovil způsob zajištění výkopu. V projektové dokumentaci byly navrženy tři základní typy zajištění. V nesoudržných horninách s vysokou hladinou podzemní vody byly navrženy štětové stěny s šířkou výkopu 2,5 – 3 m, které byly v případě potřeby kotveny. Dále bylo v některých případech navrženo pažení do zápor, které byly u hlubších výkopů kotveny. Šířka výkopu se pohybovala od 2 – 2,5 m v závislosti na jednostranném nebo oboustranném zajištění. Posledním

způsobem zajištění výkopu bylo ve vhodných úsecích navrženo svahování výkopu. Zde byla šířka výkopu uvažována 2 m. Při použití oboustranného pažení nebyly navrhovány rozpěry z důvodu manipulace a umístění potrubí do výkopu.

Manipulační pruh

Návrh manipulačního pruhu byl přizpůsoben pokládce v souběhu se stávajícím potrubí tak, aby bylo možné efektivně provést zemní práce a manipulace s materiálem v rámci vymezeného prostoru. Současně s návrhem manipulačního pruhu byl vymezen vhodný prostor pro zařízení staveniště a skládku materiálu především v místech, které se podařilo majetkoprávně projednat.

Obr.4 *Manipulační pruh pro výstavbu řadu – etapa II [3]*



Závěr

Ocelové potrubí již není pro projektanty i pro zhotovitele běžným materiálem při stavbě vodovodního potrubí. Při navrhování tohoto potrubí v dimenzi DN 1200 bylo rozhodujícím prvkem zejména specifikace samotného materiálu a vnitřní a vnější povrchové ochrany. Nezbytnou součástí byl také navržený způsob realizace pažení, v našem případě nesnadným terénem a v některých úsecích se stálou hladinou podzemní vody. Všechny tyto aspekty mají významný vliv na dobu a investiční náklady realizace.

Navrhovat ocelové potrubí pro dodávku pitné vody se v této dimenzi a rozsahu naskytne projektantovi jen několikrát (či nikdy) v životě. Práci na tomto projektu vnímáme jako cennou zkušenost a těšíme se na poznatky ze samotné realizace, kde se jistě setkáme s cennými podněty pro další práci.

Literatura

[1] Informace o JVS , web: https://www.jvs.cz/

[2] 1019 Obnova řadu surové vody I. etapa, DPS 12/2021, Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. 12/2021

[3] 1060 Obnova řadu surové vody Římov – Plav II. etapa, DPS 08/2021, Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.

[4] 1061 Obnova řadu surové vody Římov – Plav III. etapa, DPS 10/2021, DPS, Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.

Trendy rozvoje dispečerského software 2022

Ing. Josef Fojtů

QLine a.s.

Abstrakt

Příspěvek se zabývá změnami v provozu dispečerských center vodovodů a kanalizací, které reagují na nové požadavky v souvislosti s epidemickou situací COVID-19 i novými technologickými výzvami digitální transformace. Pojednává o trendech v řešení SCADA systémů (dispečerská technika) v oblastech jako je provoz dispečinku v cloudu, provozní odolnost dispečerských center (resilence), sbližování IT a výrobních technologií a to vše při užití náročnějších bezpečnostních architektur.

Akcenty doby

Obecně můžeme konstatovat, že epidemická situace zapůsobila na technický rozvoj přeneseně jako urychlovač přechodu k vyšším formám automatizace. Došlo ke změně priorit požadavků zejména schopnosti rychle reagovat na měnící se podmínky provozování a být pružný v řešení provozních situací, hlavně v rovině nestabilního personálního zabezpečení v krizových podmínkách.

V oblasti dispečerské techniky pozorujeme následující trendy:

- Rostoucí podíl práce na dálku,
- Flexibilní uspořádání SCADA center
- Širší využití technologie cloudu pro provoz SCADA
- Odolnost dispečerské infrastruktury proti výpadkům
- Sbližování výrobních a IT technologií.

Zajímavostí je, že všechny aspekty jsou určitým způsobem provázány a vzájemně se doplňují. Poslední měsíce provozu v krizovém prostředí, kdy byl omezován fyzický kontakt mezi členy pracovních týmů, potvrdily nezastupitelnost dispečerské techniky, jako prostředku pro udržení integrity provozu vodárenské infrastruktury.

Dispečinky již dříve dokázaly svoji potřebnost při efektivním provozování soustav zásobování vodou. Poslední měsíce navíc ukázaly i další potenciál posunutím fyzických a organizačních hranic při využití dispečerské techniky, podporou koordinované spolupráce pracovních týmů na dálku a v reálném čase.

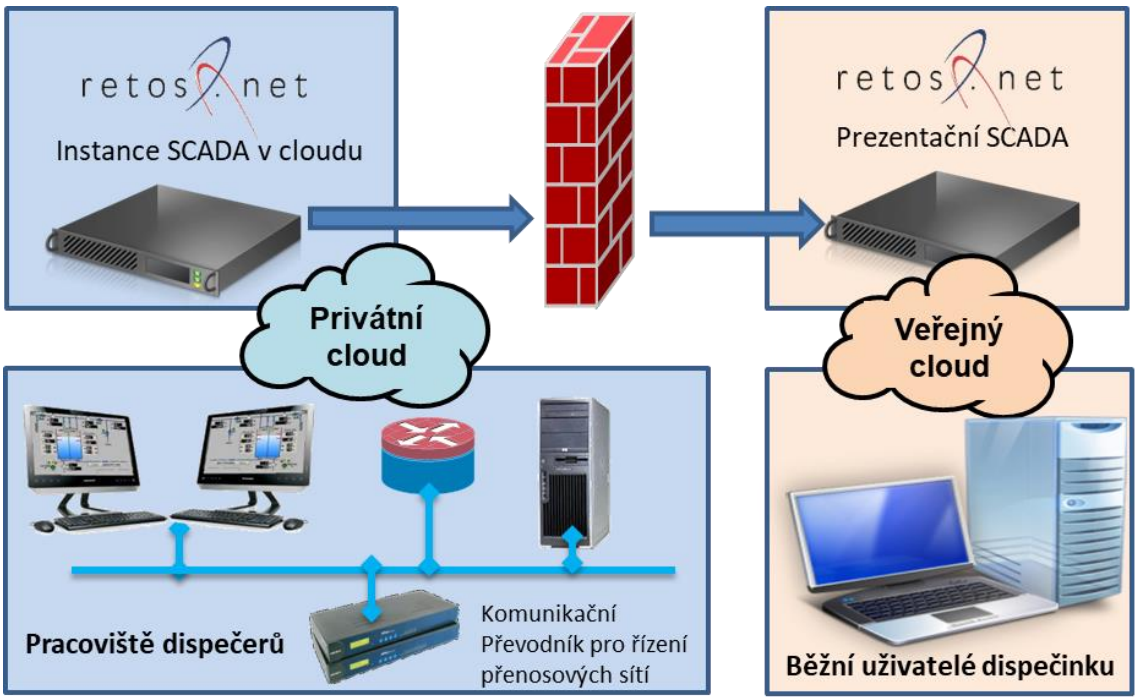
V krizových situacích, kdy provozovatel musí počítat s každodenní nejistotou fyzické dostupnosti pracovní síly, je důležitou výhodou možnost disponovat pružností při naplnění různých pracovních scénářů a operativně tak delegovat kompetence řízení dispečinku na různá výkonná pracoviště buď přímo z hlavního centra nebo vzdáleně z domova či jiného záložního pracoviště. S touto schopností je nedílně spojena potřeba zabezpečení řídících kompetencí před zneužitím. Vodárenské společnosti, které se v předchozích letech věnovaly technické přípravě na krizové podmínky vytvořením odolné a pružné infrastruktury dispečinku, tak s výhodou mohly prověřit jejich účinnost.

SCADA a cloud - využití cloudu v architektuře dispečerských center

Využití cloudu pro provoz dispečerských center není sice žádnou novinkou, nicméně využití tohoto provozního modelu se u uživatelů stále setkává s jistou obezřetností a nedůvěrou. Například QLine dlouhodobě provozuje *„dispečink jako službu“* svého dispečerského centra

se SCADA sofware Retos.net® ve veřejném cloudu od roku 2006. V současnosti již pro více než 50 menších provozovatelů i několika větších vodárenských společností.

V praxi je zřejmý rozdíl mezi přístupem malých utilit k této technologii, kde webový dispečink formou garantované služby kompletně naplňuje roli řídící instance a velkých utilit, u kterých dispečink v cloudu funguje pouze pro bezpečnou prezentaci a sdílení provozních informací se zákazníky, jako uložiště pro zálohování dat nebo jako alternativní připojení ke vzdáleným lokalitám. I začlenění sběru dat ze sítí IoT do SCADA infrastruktury je často provedeno prostřednictvím konektivity cloudu.



Obezřetnost před externí závislostí u modelu s cloudem je naprosto pochopitelná, zejména u větších provozovatelů a to vzhledem ke klíčovému významu dispečinku pro řízení. Proto větší provozovatelé naopak využívají opatření resilence pro zvýšení provozní odolnosti a tím i vlastní soběstačnosti. Přesto je zajímavé znát a v individuálních případech zvážit i využití instancí SCADA v cloudu, jako možné součásti krizových scénářů.

Možnou situací může být případ vyřazení počítačové sítě z provozu po kybernetickém útoku. Zkušenosti posledního roku totiž ukázaly, že opětovné sestavení počítačové sítě je u společností s vyššími desítkami počítačových pracovišť otázkou týdnů a tak dlouhé provozní výpadky nejsou při zásobování pitnou vodou akceptovatelné. V těchto případech může být rychlá obnova SCADA center v dočasném prostředí cloudu užitečným řešením. Provozní nasazení si ale vyžaduje splnění několika technických předpokladů, jako flexibilní architektura center telemetrie se vzdáleným přístupem ke řídícím modemům, provádění operačních záloh konfigurace SCADA software s možností rychlé aktivace klonu původní instance SCADA (vlastnost konkrétního produktu).

Protože realizace SCADA v cloudu je v zásadě logickým krokem ve vývoji automatizační technologie, je užitečné si přiblížit technické zvláštnosti tohoto uspořádání. Při této architektuře systému je třeba věnovat pozornost zejména minimalizaci datových toků mezi SCADA v cloudu a uživateli a rovněž při sběru a zpracování dat z telemetrie. Což v praxi znamená například přechod od obvolávací strategie master – slave při sběru dat k úsporným přenosům při významnější změně hodnoty. Obdobný princip se uplatní při záznamu provozních dat do databáze. Toto sníží datové toky při komunikaci s externím centrem.

Dalším důležitým bodem je rozhodnutí, zda pro komunikaci použít privátní nebo veřejný cloud. Zdá se, že nejvhodnějším řešením je hybridní cloud (viz obr. nahoře), který spojuje vyšší zabezpečení dat v prostředí privátního cloudu s výhodou bezbariérového a současně bezpečného přístupu z veřejného cloudu. Přínosem umístění SCADA do cloudu je menší starost o hardware, software, infrastrukturu a tím i nižší náklady na údržbu. Díky cloudovému nasazení je využití SCADA více flexibilní.

Univerzální řešení modelu s cloudem neexistuje, každá společnost si může – musí vytvořit svůj provozní model dle individuálních požadavků na cenu řešení, škálování výkonu a bezpečnost.

Nastupující technologie edge computingu.

Určitou reakcí na trend centralizace a přesunu interních systémů do cloudu je nastupující technologie označovaná jako **edge computing**. Jedná se o uplatnění myšlenky distribuovaných systémů známé z klasické teorie řízení. Kde je řízená soustava ovládána nikoliv z jednoho centra ale řízení je rozloženo do několika provozních uzlů, které mají vlastní logiku řízení spojenou s chováním uzlu a současně jsou cloudem nebo místním SCADA systémem integrovány do jedné soustavy.

S řešením *edge computingu* se nyní můžeme potkat zejména v souvislosti se sítěmi IoT, které většinou završuje cloud, na jehož datovém rozhraní jsou data poskytována dalším systémům. Při této architektuře ale reakce návazného systému často neodpovídají potřebám technologického řízení. Je to dáno omezenou frekvencí přenosu naměřených dat do cloudu. Díky provozním limitům koncových zařízení IoT a době zpracování přenášených informací ve vzdáleném cloudu, lze v této architektuře ovládat jen děje s pomalejším průběhem. Toto omezení částečně odstraňuje infrastruktura *edge computing*, ve významu předsunutého uzlového zařízení, které je součástí vyšší úrovně hierarchie řízení, kterou může být infrastruktura cloudu nebo SCADA systém. Uzlové (edge node) zařízení si lze představit jako koncentrátor dat s vlastní logikou umožňující vyhodnotit situaci a reagovat v reálném čase nebo se může jednat o komunikační bránu do cloudu nebo jiné řídící struktury, použitou pro integraci lokálních systémů do jednoho celku.

Resilence – odolnost infrastruktury proti výpadkům

Jedním z cílů digitální transformace (v jiné terminologii také Průmysl 4.0) je zajistit vyšší odolnost provozovatelů a výrobců obecně. Kvalita a dostupnost klíčových dat v reálném čase z objektů vodovodní sítě spolu s dálkovým ovládáním jsou základem fungování každého vodárenského dispečinku. Pro získání provozní odolnosti a udržení si této schopnosti v prostředí s rizikem možných výpadků je potřeba do architektury dispečinku zabudovat alternativní klíčové prvky a zavést organizační opatření s tím spojená. Aktuálně je třeba počítat v krizových scénářích s těmito základními komplikacemi: dodávky elektřiny, poruchy klíčové techniky dispečinku nebo nedostupnost přenosových sítí.

S ohledem na charakter dispečerské infrastruktury ve vodárenství připadají pro vyvážení rizik do úvahy tyto techniky provozní odolnosti: **redundance klíčových částí**, **zálohování dat serverů telemetrie**, **pružná topologie systému**, **autonomní provoz** dílčích celků v ostrovním režimu. Všechny tyto techniky slouží k pokrytí výše uvedených rizik provozu a jejich cílem je udržení schopnosti dálkového měření a ovládání i při dílčích výpadcích některé ze systémových komponent telemetrie byť s omezeným komfortem obsluhy. Pro dispečerskou infrastrukturu je zásadní zejména dostupnost serverů telemetrie, počítačových sítí propojujících servery telemetrie s dispečerskými pracovišti a řízení sítí sběru dat.

Redundanci klíčových prvků řízení a komunikačních prostředků jsem podrobně rozebíral ve svém příspěvku zde na konferenci ve Zlíně 2019. Hlavní pozornost je třeba věnovat serverům telemetrie a řízení přenosových sítí. Se zdvojováním serverů úzce souvisí i problematika sdílení

provozních databází mezi hlavní instancí SCADA a stroji v záloze. Což se například u SCADA Retos provádí průběžným vytvářením záložní sady dat, obsahující i aktuální parametry řízení na sdíleném uložišti. Z této sady dat lze v krátkém čase vytvořit na záložními stroji klon instance řízení, který může ihned převzít hlavní roli. Obdobnou techniku používají soustavy s pružnou topologií.

Pružná topologie je odpovědí na požadavek, jak s co nejmenším počtem serverů a dispečerských pracovišť efektivně zabezpečit spolehlivý provoz dálkového měření a ovládání z dispečerských pracovišť. Jedná se samozřejmě o větší dispečerské systémy s řadou provozních uzlů propojených páteřní počítačovou sítí. Předpokladem nasazení pružné topologie je vhodný SCADA systém, který umožňuje v čase blízkém reálnému přenášet kompetence řízení mezi různými servery a technické uspořádání infrastruktury umožňující vzdálené sdílení řídících modemů přenosových sítí. Pří výpadku některého z řídících serverů může jeho roli převzít jiný z provozní zálohy. Důležité je, proces převzetí instance řízení včetně aktuálního provozního kontextu může proběhnout řádově v desítkách nebo jednotkách minut podle toho, zda se jedná o studenou nebo horkou zálohu.

Jak jsem zmínil v předchozí kapitole, v rámci přípravy záložních scénářů stojí za pozornost i využití platformy SCADA v cloudu pro případ rozsáhlejší ztráty počítačových a síťových prostředků, například z důvodu napadení kryptovirem. Důležitým předpokladem je existence operativních záloh datových sad a časová náročnost reinstalace. Moderní SCADA software jako Retos.net® tuto funkci již podporují.

V předchozím přehledu jsme si ukázali, že můžeme efektivně zabezpečit provozní odolnost dispečerského systému za pomoci architektury pružného uspořádání, která je tvořena: *servery telemetrie* (hlavní a záložní), *dispečerskými pracovišti* (hlavní a záložní), *modemy řízení přenosových sítí* a *páteřní počítačovou sítí* s redundantní architekturou.

Sbližování výrobních technologií a IT řešení přináší nové výhody

Koncept průmyslu 4.0 přináší poptávku po těsnější integraci výrobních a IT technologií a získání většího množství informací z technologického procesu a spolu s tím využívat i efektivní nástroje na analýzu provozních dat. V posledních letech tak vidíme zrychlené tempo zavádění prvků místní inteligence, včetně schopnosti komunikovat po síti, do řady strojů a zařízení přímo v procesu výroby (uzávěry, čerpací technika, provozní linky, měřící a regulační technika). Díky získané inteligenci jsou tato zařízení schopná autonomního provozu v rámci linky a díky komunikačním schopnostem může být jejich činnost v rámci provozního celku koordinována prostřednictvím průmyslových sběrnic.

Perspektivní oblastí trendu sbližování může být, jak si vysvětlíme níže, využití senzorů, vyvinutých pro rámci průmyslového internetu věcí (IIoT), na prediktivní údržbu, která přináší výhody jako snížení výpadků zařízení, prodloužení životnosti, přesná data o provozovaném zařízení, verifikaci prováděných oprav a zvýšení bezpečnosti práce.

Trend sbližování souvisí s potřebou uživatelů mít přesná data o provozovaném zařízení a mít tak lepší přehled o probíhajících procesech vodárenských technologií. Znalost aktuálního stavu zařízení je základem pro řízení procesu údržby a tím i osvědčeným prostředkem pro snižování provozních nákladů. SCADA systémy tuto datovou základnu vytvářejí a poskytují informace o provozních hodinách pohonů nebo o blížících poruchách na zařízení a jejich energetické spotřebě.

Nově jim v tom pomáhají třeba inteligentní senzory s bezdrátovým přenosem na snímání vibrací pohonů vytvořené v rámci průmyslového internetu věcí (IIoT). Díky bezdrátové komunikaci a vlastnímu zdroji napájení je montáž těchto snímačů do stávajících zařízení technicky jednoduchá stejně jako jejich začlenění do systému řízení a sledování. Pro integraci IIoT čidel do PLC automatů se používá technologie edge computingu, zmíněná v předchozí kapitole.

Navíc užívané SCADA systémy již disponují analytickými nástroji, které umí výstupy měření z těchto čidel efektivně vyhodnotit v kontextu celého provozu. Vedoucí v provozech mohou efektivně hledat nové způsoby, jak optimalizovat procesní linky z pohledu nákladů na energie a provozovat zařízení bez výpadků.

Nastupující technologie IIoT senzorů tak vytváří nový pohled na další rozvoj automatizace procesních linek rovněž ve vodárenství. Cennou vlastností je, že jejich nasazení se díky modularitě a otevřeným řešením často děje formou rozšíření funkcí již existujících prostředků automatizace, což je efektivní z pohledu investičních i provozních nákladů.

Na druhé straně tyto nové technické vlastnosti s sebou přinesly do výrobní úrovně i nové provozní problémy zejména na straně zajištění počítačové bezpečnosti. Protože vše co je připojeno přes internet i průmyslový intranet je současně zdrojem zvýšených bezpečnostních rizik a vyžaduje tak v rámci nasazení i vlastní zabezpečení včetně pravidelných bezpečnostních činností jako je aktualizace software síťových prvků a vyhodnocování provozu na komunikačních branách.

Společnost QLine je dlouhodobým partnerem vodárenských společností skupin Aqualia, Veolia, Energie AG a řady vlastníků vodárenské infrastruktury, kterým dlouhodobě pomáhá s 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 fojtuj@qline.cz, www.telemetrie.cz

Relevantní metabolit 1,2,4-triazol ve vodách

Ing. Taťána Halešová; Ing. Marta Václavíková, Ph.D.

ALS Czech Republic, s.r.o.

Abstrakt

Výskyt pesticidů v životním prostředí, ve vodních ekosystémech i v pitné vodě je problém, který přitahuje pozornost jak odborné, tak laické veřejnosti. Pesticidy v životním prostředí podléhají degradaci za vzniku metabolitů, které mohou vykazovat obdobné nebo i horší nežádoucí vlastnosti než původní účinné látky. Je zřejmé, že při monitoringu je třeba sledovat i tyto metabolity. Článek je zaměřen na 1,2,4-triazol, společný metabolit azolových pesticidů. Jedná se o sloučeninu, o které toho zatím není mnoho známo (pravděpodobně i v důsledku jejího problematického stanovení), a není běžnou součástí monitoringů. ALS Czech Republic mimo jiné v rámci dlouhodobého sledování pesticidů v CHKO Moravský kras zjistila, že 1,2,4-triazol je častým kontaminantem podzemních vod, a to narozdíl od původních azolových účinných látek. Tento metabolit byl klasifikován jako relevantní a neměl by tak být opomenut při posuzování kvality pitných vod.

Úvod

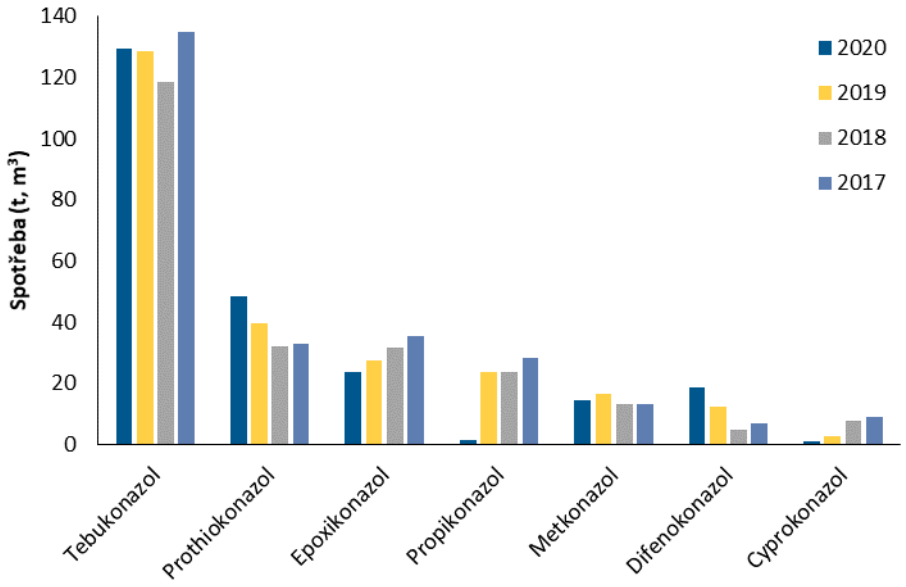
Používání (často i nadužívání) pesticidů v zemědělství vede nevyhnutelně ke kontaminaci životního prostředí těmito látkami. Negativní dopady pesticidů na životní prostředí a na zdraví člověka patří mezi aktuální témata diskutovaná nejen v České republice, ale po celém světě.

Jednou z největších a nejdůležitějších skupin pesticidů jsou v současnosti azolové pesticidy. Fungicidní přípravky na jejich bázi se aplikují na široké spektrum plodin, zahrnující ovoce, zeleninu, semena, oříšky i obiloviny. K hlavním zástupcům této skupiny pesticidů patří tebukonazol, prothiokonazol, epoxikonazol, propikonazol, metkonazol, difenokonazol a cyprokonazol. Vyjmenované látky se v posledních letech v České republice podílely na celkové roční spotřebě účinných pesticidních látek obsažených v přípravcích na ochranu rostlin (POR) přibližně 250 t, tj. asi 8 % [1]. Vývoj jejich spotřeby je zachycen na Obr. 1.

V životním prostředí podléhají pesticidy degradaci, způsobené fyzikálními (teplota, záření), chemickými (oxidačně-redukční reakce, hydrolýza) nebo biologickými (činnost mikroorganismů) vlivy. Výsledkem této degradace je nejen eliminace původních účinných látek, ale také jejich přeměna na metabolity, které mohou vykazovat obdobné nebo i horší nežádoucí vlastnosti. Je zřejmé, že při monitoringu je třeba sledovat i tyto metabolity. Jejich opomenutí může mimo jiné vést k falešné zprávě o bezproblémovém hospodaření s pesticidy v dané lokalitě.

Azolové pesticidy vykazují podobnou strukturu. Jejím společným prvkem je dusíkatý heterocyklus 1,2,4-triazol. Ten zároveň představuje i společný metabolit těchto pesticidů. Jedná se o dosud nepříliš známý metabolit, který se vyznačuje problematickým stanovením.

Obr. 1. *Spotřeba účinných látek ze skupiny azolových pesticidů obsažených v přípravcích na ochranu rostlin v České republice v letech 2017–2020 [1].*



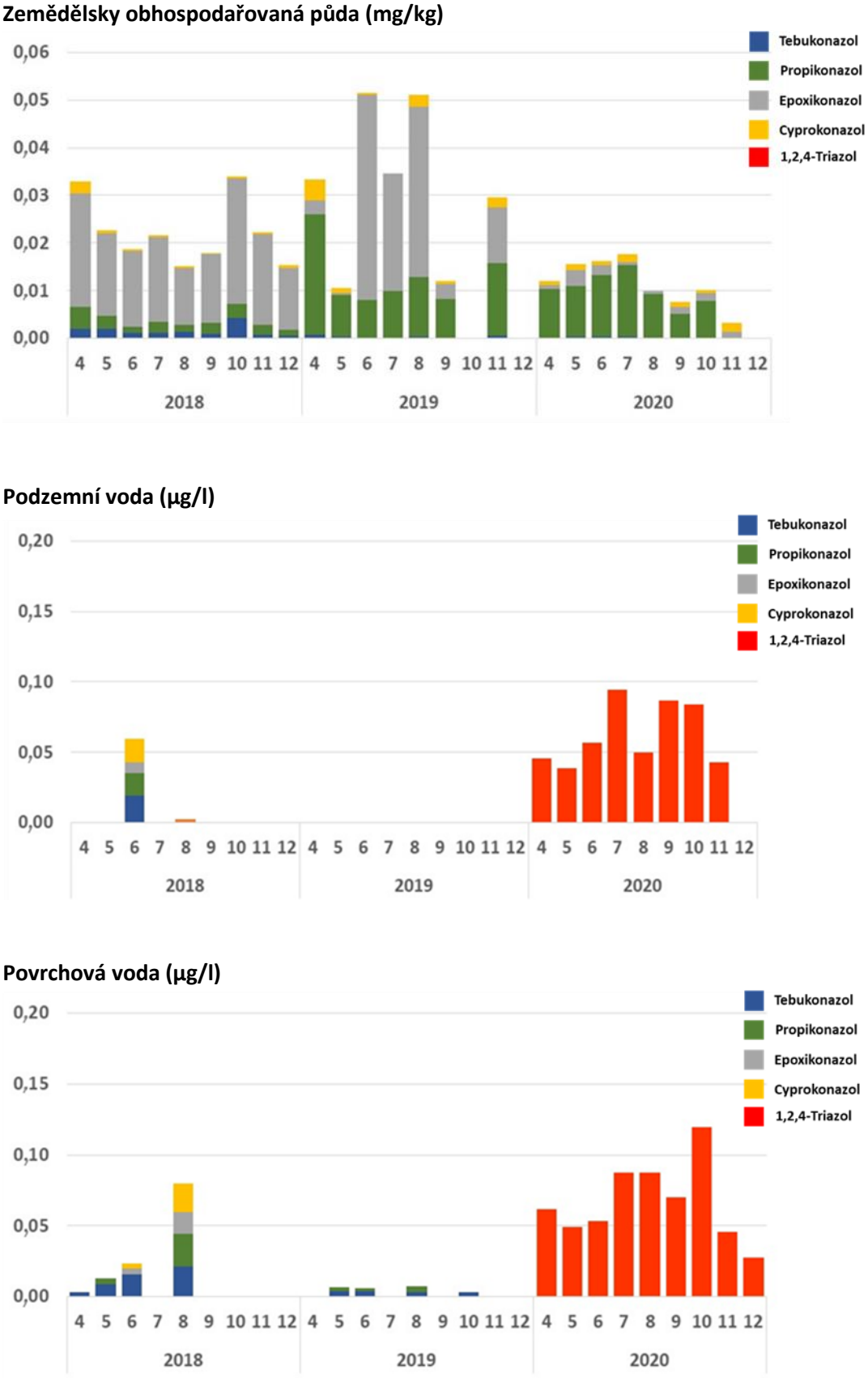
Výskyt 1,2,4-triazolu v životním prostředí

Prvotním zdrojem kontaminace je v případě 1,2,4-triazolu půda, na kterou byly aplikovány azolové pesticidy. Původní účinné látky jsou poměrně rychle degradovány půdními mikroorganismy, a to za vzniku právě 1,2,4-triazolu [2]. 1,2,4-triazol je polární, a tedy dobře rozpustný ve vodě. V půdě tudíž vykazuje nízkou tendenci k sorpci na půdní částice, a naopak zůstává mobilní s možností migrace do podzemních vod. Ve vodě, zejm. pak v podzemní, je 1,2,4-triazol perzistentní. Jeho DT50 je více než 300 dní [3]. Snížená rychlost degradace v podzemní vodě je dána zde panujícími podmínkami, jako je nízká a stabilní teplota, nepřítomnost UV záření, nedostatek kyslíku nebo málo aktivních mikroorganismů. Původní azolové účinné látky nemají vzhledem ke své rychlé degradaci v půdě tendenci vstupovat do vodního systému [2].

Chování azolových pesticidů a jejich společného metabolitu 1,2,4-triazolu v životním prostředí pěkně dokumentují např. výsledky monitoringu pesticidů, který ALS Czech Republic dlouhodobě provádí v CHKO Moravský kras (Obr. 2). Zatímco v zemědělsky obhospodařované půdě byly nalezeny původní azolové účinné látky, které byly zemědělci aplikovány, a 1,2,4-triazol nikoliv, v podzemní vodě tomu bylo přesně naopak – 1,2,4-triazol byl přítomen ve všech vzorcích, původní azolové účinné látky až na výjimky přítomny nebyly. V povrchové vodě byla situace obdobná jako v podzemní. Pro upřesnění je třeba uvést, že teprve na základě počátečních výsledků monitoringu vznikla potřeba sledovat i 1,2,4-triazol a že tato látka byla do monitoringu zařazena po validaci příslušné analytické metody na počátku roku 2020.

Výsledky monitoringu jsou alarmující, neboť 1,2,4-triazol byl přítomen ve všech vzorcích podzemní a povrchové vody, které byly odebrány v roce 2020, a to v poměrně vysokých koncentracích. Tato sloučenina, o níž toho zatím není mnoho známo, zejm. s ohledem na její problematické stanovení, by tak měla být zařazena do systematického a kontinuálního monitoringu pesticidů v rámci České republiky, s cílem předejít její případné akumulaci ve vodách.

Obr. 2. *Azolové pesticidy v CHKO Moravský kras (1,2,4-triazol stanovován od roku 2020).*



1,2,4-triazol a legislativa

1,2,4-triazol byl posouzen jako toxikologicky relevantní [1], což znamená, že jeho vlastnosti přestavují ve srovnání s původními účinnými látkami obdobné nebo dokonce větší riziko [4].

Z výše uvedeného důvodu by 1,2,4-triazol měl by být zařazen na seznam pesticidních látek monitorovaných v rámci posuzování kvality pitných vod dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. [5], neboť ta ukládá povinnost stanovovat pesticidy s pravděpodobným výskytem v daném zdroji, a to včetně jejich relevantních metabolitů. Pro relevantní metabolity pak platí stejné hygienické limity jako pro účinné látky, tj. 0,1 µg/l pro jednotlivou látku a 0,5 µg/l pro sumu látek. Na základě výsledků pravidelného monitoringu podzemních vod v celé České republice doporučuje zařadit 1,2,4-triazol do minimálního rozsahu sledování rovněž ČHMÚ [6].

Nově byl 1,2,4-triazol taktéž klasifikován jako CMR látka, tj. látka karcinogenní, mutagenní nebo toxická pro reprodukci [7], a to v rámci programu REACH [8], který si klade za cíl zlepšit ochranu lidského zdraví a životního prostředí.

Závěr

1,2,4-triazol je relevantní metabolit, který vzniká při rozkladu ne jedné, ale hned několika účinných látek ze skupiny azolových pesticidů. Azolové pesticidy jsou součástí fungicidních přípravků a v České republice patří mezi jedny z nejpoužívanějších pesticidů. Častý výskyt 1,2,4-triazolu v životním prostředí, zejm. pak ve vodách, není tedy velkým překvapením. S ohledem na uvedené skutečnosti by 1,2,4-triazol neměl být opomenut při posuzování kvality pitných vod dle vyhlášky č. 252/2004 Sb.

Seznam literatury

[1] Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: https://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal

[2] Chen Z. F. et al. Typical azole biocides in biosolid-amended soils and plants following biosolid applications. J. Agric. Food Chem., 2013, 61(26): 6198–6206.

[3] PPDB: Pesticide Properties DataBase: http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm

[4] Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009, ze dne 21. října 2009, o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a o zrušení směrnic Rady 79/117/EHS a 91/414/EHS

[5] Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, naposledy novelizovaná vyhláškou č. 70/2018 Sb.

[6] Český hydrometeorologický ústav: https://www.chmi.cz/

[7] Nařízení Komise (EU) 2021/2204, ze dne 13. prosince 2021, kterým se mění příloha XVII nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, pokud jde o látky karcinogenní, mutagenní nebo toxické pro reprodukci (CMR)

[8] Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006, ze dne 18. prosince 2006, o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení Komise (ES) č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES

technologie pro život

Čerpadla a čerpací stanice

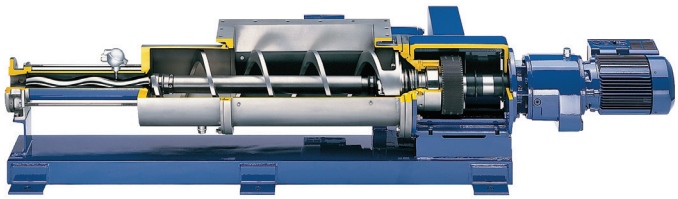
Kamerové systémy do potrubí

Chlorová dezinfekce

Ozonizace

Detekce plynů

Vřetenová čerpadla



UV dezinfekce

Příslušenství potrubí a sítí

DISA s. r. o.
Barvy 784/1 | CZ - 638 00 Brno
+420 548 141 211 | www.disa.cz | info@disa.cz

DISA PLUS s. r. o.
Kasárenská 2050 | SK - 911 05 Trenčín
+421 326 420 750 | www.disaplus.sk | info@disaplus.sk

hawle

ZA- a ODVZDUŠŇOVACÍ VENTILY

Řešení pro všechny vaše požadavky
Návrh ventilů sofistikovaným softwarem

Sledujte nás na našich sociáních sítích:

www.hawle.cz

Vodohospodářské stavby
s.r.o.
JAVORNÍK
CZ

Vodovody

Bezvýkopové technologie
- Berstlining, relining

Kanalizace

Vodojemy

Čistírny odpadních vod

Stavby občanské vybavenosti

Vodohospodářské stavby Javorník – CZ s.r.o.
Benátky 17, 698 01 Veselí nad Moravou
www.vhsjavor.cz

Medmes®

PROJEKCE • DODÁVKY • MONTÁŽ

ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD • ÚPRAVNY VODY
ČERPACÍ STANICE PRO PRŮMYSLOVÉ PODNIKY, OBCE A MĚSTA
VÝROBA PLASTOVÝCH NÁDRŽÍ A KOMPONENTŮ • STROJÍRENSKÁ VÝROBA
VÝROBA, PRODEJ, MONTÁŽ
DOMOVNÍCH ČISTÍREN A ČERPACÍCH
STANIC ODPADNÍCH VOD

SPOLEČNOST JE CERTIFIKOVÁNA DLE
ČSN EN ISO 9001:2009 | ČSN EN ISO 14001:2005 | ČSN EN OHSAS 1801:2008

+420 581 603 200

Medmes, spol. s r.o., třída Čs. Armády 211, 753 01 Hranice

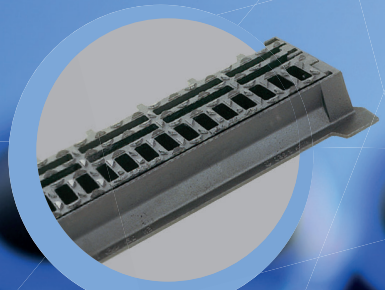
www.medmes.cz

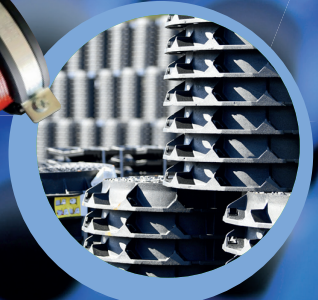
PAM
SAINT-GOBAIN

30 CZ&SK
1992–2022

Již 30 let

dodáváme na český trh kvalitní a spolehlivé trubní systémy z tvárné litiny





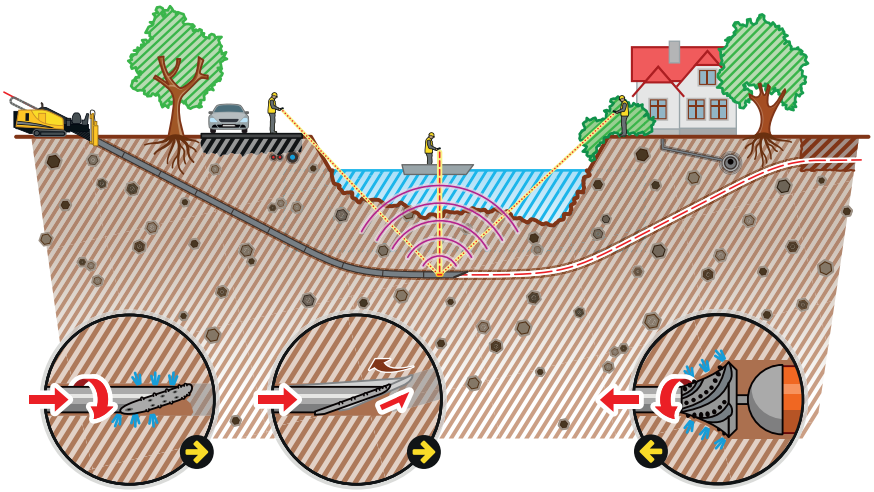
www.pamlinecz.cz

SAINT-GOBAIN

TRASKO BVT

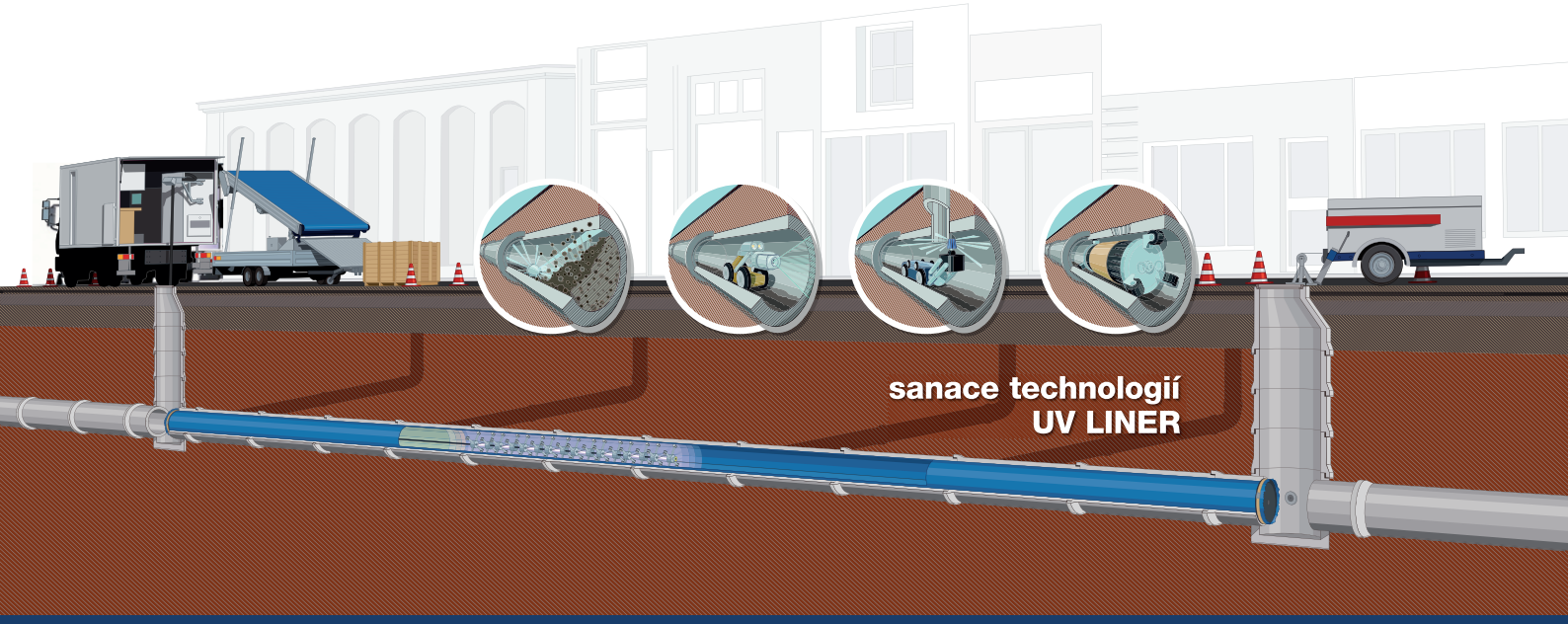
Zemní protlaky

6 km/rok



Sanace kanalizace UV liner

10 km/rok



TRASKO BVT, s r.o.,
Na Nouzce 487/8, 682 01 Vyškov
E bvt@trasko.cz | **www.trasko.cz**

Monitoring: T 725 638 288
Sanace UV LINER: T 775 738 244
Zemní protlaky: T 777 738 215

150

SKUPINA VAG
1872 - 2022

141

VAG HODONÍN
1881 - 2022

VAG

Čas plyne
Zkušenosti zůstávají

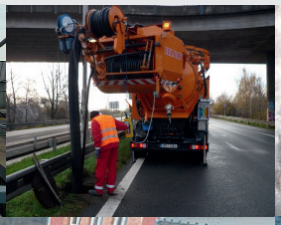
VAG s.r.o.
Lipová alej 3087/1, 695 01 Hodonín

www.vag-armaturka.cz
armaturka@vag-group.com

SEZAKO®

ČIŠTĚNÍ VELKOPROFILOVÉ KANALIZACE, JÍMEK A ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

- ČIŠTĚNÍ VELKOPROFILOVÉ KANALIZACE
- PRÁCE SACÍMI BAGRY
- FRÉZOVÁNÍ KOŘENŮ A INKRUSTACÍ
- ČIŠTĚNÍ RYBNÍKŮ A VODNÍCH NÁDRŽÍ
- ČIŠTĚNÍ KANALIZACE
- TLAKOVÉ ZKOUŠKY KANALIZACE
- ČIŠTĚNÍ TUKOVÝCH LAPULŮ A ODVODNĚNÍ KALŮ
- VYHLEDÁVÁNÍ TRASY POTRUBÍ
- ČIŠTĚNÍ ODPADNÍHO POTRUBÍ
- LOKÁLNÍ OPRAVY POTRUBÍ
- ČIŠTĚNÍ ROPNÝCH LAPOLŮ
- ZKOUŠKY VODOTĚSNOSTI NÁDRŽÍ
- MONITOROVÁNÍ KANALIZACE A INŽENÝRSKÝCH SÍTÍ
- KOMBINACE VOZIDEL PŘI UZAVÍRKÁCH
- ČIŠTĚNÍ VYSOKOTLAKÝM VODNÍM PAPRSKEM
- PROVĚŘOVÁNÍ GENERÁTOREM KOUŘE



- **Dosah čištění kanalizace z jednoho bodu až 350 m**
- **Čištění jímek a ČOV vysoce výkonnými sacími bagry**
- **Převoz bezpečného i nebezpečného odpadu vozy ADR**

SEZAKO Prostějov, s.r.o.
J. B. Pecky 4342/14
796 01 Prostějov

Tel.: 582 336 366
sezako@sezako.cz
www.sezako.cz

SEZAKO® EKOLOGICKÉ SLUŽBY SINCE 1993

Zhlédněte video
Čištění bioplynové stanice

Zhlédněte video
Čištění velkoprofilové kanalizace - Wiedemmann Super 2000

Zhlédněte video
Čištění vodních děl na ČOV

VHS BRNO®

Realizujeme:

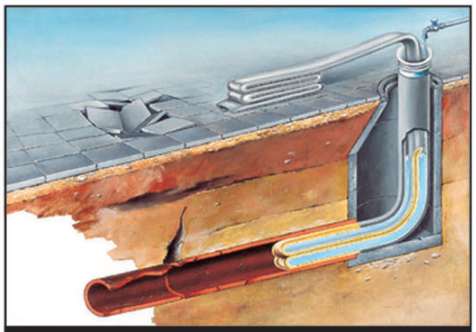
- Vodohospodářské stavby
- ČOV, ČS, vodojemy
  a jejich technologické celky
- Technologické trubní rozvody
- Vodovody a kanalizace
- Horkovody
- Projekční činnost

www.vhs-brno.cz

ČIŠTĚNÍ KANALIZAČNÍCH SBĚRAČŮ
KOMBINOVANÝMI VOZY AQUATECH

DIAGNOSTIKA PODZEMNÍCH TRUBNÍCH
VEDENÍ TV - KAMEROU

SANACE KANALIZAČNÍCH SBĚRAČŮ
BEZVÝKOPOVOU METODOU KAWO UV

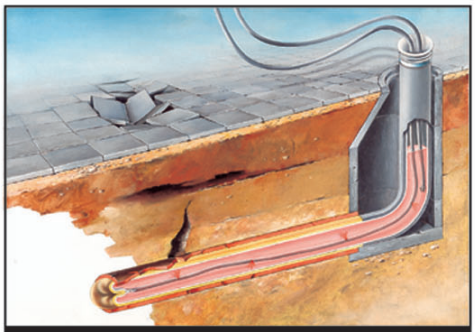


SCHEMA INSTALACE VYSTÝLKY
KAWO DO PORUŠENÉHO POTRUBÍ

WOMBAT®

SPECIÁLNÍ METODY VÝSTAVBY
A RENOVACE TRUBNÍCH VEDENÍ

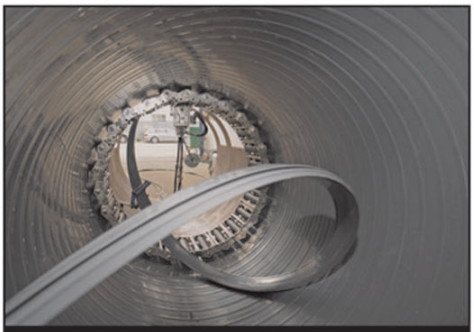
www.wombat.cz



PROCES POLYMERACE VYSTÝLKY
KAWO

SANACE BEZVÝKOPOVOU TECHNOLOGIÍ
OMEGA LINER

PRÁCE KANALIZAČNÍM ROBOTEM KAWO
PRO LOKÁLNÍ OPRAVY POTRUBÍ



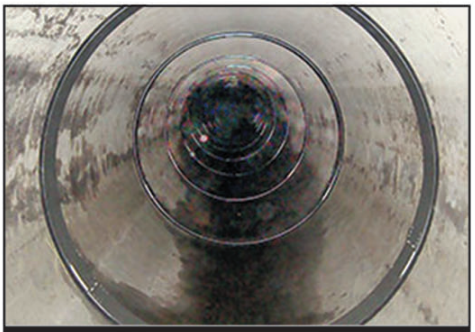
SANACE PRŮLEZNÝCH PROFILŮ
NAVÍJENOU TECHNOLOGIÍ SPR - SYSTÉM

SANACE VODOVODNÍCH POTRUBÍ
TECHNOLOGIÍ P SYSTEM

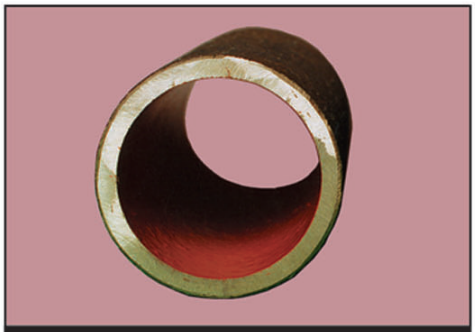
ÚPRAVA NAPOJENÍ DOMOVNÍCH KANALIZAČNÍCH
PŘÍPOJEK NA HLAVNÍ ŘAD - TZV. KAWO - KLOBOUK

SANACE VODOVODNÍCH POTRUBÍ
TECHNOLOGIÍ KAWEX

SANACE POTRUBÍ NÁSTŘIKEM
TECHNOLOGIE SS SYSTÉM



SANACE LOKÁLNÍCH PORUCH POTRUBÍ
TECHNOLOGIÍ QUICK LOCK



SANACE POTRUBÍ EPOXIDOVÝM
NÁSTŘIKEM - TECHNOLOGIE M SYSTÉM

PIPELIFE CZECH S.R.O.

PIPELIFE je předním českým výrobcem a prodejcem plastových potrubních systémů už od roku 1994. Nabízíme nejširší výrobní sortiment potrubí a dalších komponentů pro **TZB** i pro **inženýrské sítě** z PVC, PE, PP-R, PP RCT a PP. Jde o tuzemské výrobky nebo z dalších závodů holdingu Pipelife.

Kvalitu potvrzuje ještě delší působnost na světových trzích. Najdete nás ve 26 zemích světa.

V rámci nadnárodní skupiny Wienerberger patříme k předním světovým výrobcům produktů, které spoluvytvářejí životní prostor každého z nás.

Prvotřídní kvalitu výroby i služeb garantujeme certifikací systému řízení jakosti ČSN EN ISO 9001:2008. V souvislosti s výrobními procesy je u nás kladen důraz také na ekologii a hospodaření s energií, což dokazují certifikace ISO 14 001a ISO 50001.

Pipelife Czech s.r.o., Kučovaniny 1778, 765 02 Otrokovice
www.pipelife.cz • tel.: +420 577 111 213

PIPELIFE
always part of your life

MEDIÁLNÍ PARTNEŘI KONFERENCE:

STAVEBNISERVER.com

VODARENSTVI.cz

časopis stavebnictví

vodní hospodářství®

vodovod.info

vodárenský portál
www.vodovod.info