



VODA ZLÍN 2026

VODOHOSPODÁŘSKÁ KONFERENCE – Interhotel Zlín 12. – 13. 3. 2026

Sborník příspěvků

VODA ZLÍN 2026

Vydal: MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s., Tovární 41, 779 00 Olomouc

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

1. vydání, březen 2026

Online publikace

Sborník neprošel jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-909129-2-2

POŘADATEL KONFERENCE



Společnost **MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.**, člen skupiny Veolia Holding, a.s., je provozovatelem vodohospodářské infrastruktury pro města, obce a průmyslové podniky v regionech Olomouc a Prostějov, kde zásobuje pitnou vodou přes 190 tisíc obyvatel, provozuje celkem 17 úpraven vod, 38 vodojemů, 11 skupinových vodovodů, 7 místních vodovodů, 10 kanalizací a 8 čistíren odpadních vod. Pro kontakt se zákazníky slouží 3 zákaznická centra v Olomouci, Prostějově a Konici. Nonstop mohou zákazníci využívat zákaznické linky 840 668 668 a 601 276 276.

Společnost MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s. se neustále 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.

Skupina Veolia Holding, a.s., která se v České republice zaměřuje na vodohospodářství, energetiku a odpadové hospodářství, zavedla jednotné řízení, čímž vznikla sjednocená struktura řízení všech jejích aktivit. Celá skupina se progresivně řídí společnými hodnotami, mezi které patří odpovědnost, etika, solidarita, respekt, inovace a orientace na zákazníka.

PARTNEŘI KONFERENCE



OBSAH

Čtvrtek 12. 3. 2026

SOVAK ČR ve středu dění vodárenského oboru v ČR i Evropě	7
Vostrý Miloslav, Vojtěchovská Šrámková Michaela	
Bezpečná voda jako priorita - aktuální trendy v hygienickém dozoru	9
Javoříková Eva	
Odhaľovanie vlastných zdrojov vody u spotrebiteľa	14
Burger Tibor	
Monitoring pesticídnych látok v pitných vodách na Slovensku (2023 – 2024)	17
Pálešová Nina, Babjak Darko, Vojvodová Klára	
Snaha vrátiť nevyžívané vodárenské zdroje opäť do prevádzky	23
Ilavský Ján, Barloková Danka	
Využití společného datového prostředí při řízení vodohospodářských projektů	31
Hudec Martin, Medek Jan, Dufek Martin	
Praktické zkušenosti s provozem Smart meteringu ve společnosti OVAK	35
Ostrák Peter	
Přehled vývoje a inovací v oblasti litinových potrubí	40
Pfleger Miroslav	
Problematica vlhkosti ve vnitřním prostředí vodojemů	46
Bouda Roman	
Aktuality z úpravy vody v Plzni a představení provizorního řešení s dodávkou pitné vody pro část města Stod	52
Klimtová Martina	
Úprava vody Podolí v širších souvislostech	58
Šesták Jindřich	
Posouzení vlivu ozonu na odstranění léčiv při úpravě vody se současným využitím granulovaného aktivního uhlí	63
Jedličková Zdeňka	
Modernizace ozonizačního stupně na ÚV Třebíky	69
Nezhyba Luděk, Pavlík Jiří, Beneš Jiří	
Filtrační sklo s aktivovaným povrchem – první provozní zkušenosti v ČR	74
Houdková Lucie, Boráň Jaroslav, Kundrátek Jan, Skalický Marek	

Membránová filtrace krasových vod v náročných terénních podmínkách:	
Poloprovozní testování v lokalitě Říčky	79
Dobiáš Pavel, Ballek Jakub, Němec Tomáš	
Analýza mikropolutantů ve vodách pomocí LC-MS:	
cesta k plnění legislativních limitů	84
Halešová Taťána, Wawroszová S.	
Ověření účinnosti ozonizace a AOP pro redukci metabolitů acetochloru	
na ÚV Moravská Nová Ves	90
Macsek Tomáš, Bábíček Richard, Beneš Jiří	
Ochrana svaru při svařování – projekt, realizace a realita	95
Kratěna Jiří, Zelená Veronika, Kundrátek Jan	

Pátek 13. 3. 2026

Hydraulické zkoušky ventilu Cla-val ve funkci pojišťovací armatury	
versus praktické poznatky v terénu	101
Ševčík Jiří, Hudec Martin, Himr Daniel	
Adaptace vodovodní sítě města Uherský Brod na klimatickou změnu	107
Sucháček Tomáš, Kunovský Radim, Kadlecová Eva	
Malá případová studie: jak se stane, že odběratelé nalézají v pitné vodě živé larvy? . . .	113
Kožíšek František	
Malá případová studie: řešení havárie a obnova kvality pitné vody ve vodovodní síti	
řízeným proplachem potrubí	119
Ručka Jan, Haška Aleš, Veniger Jan	
Technologie ICE PIGGING v ČR	125
Šindler Petr, Jurek Vidlářová Petra	
Zabezpečení náhradního zdroje vody pro ÚV Březová, Etapa I., Výtlačný řad Sokolák	
– ÚV Březová	129
Kasal Rostislav, Vrkoč Jan, Brábník David	
Specifika projektové přípravy věžového vodojemu	136
Macek Lubomír	

Inzeráty:	AVK	Disa	DoDo	Gritec	Hawle	Medmes
	MOVO	Saint-Gobain		Sezako	TRASKO	Tran-Sig-Ma
	VAG	VHS Javorník	VHS Brno	Voda Želivka		Wobat

Mediální partneři konference	157
---	------------

Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z.s.

Pro podporu stávajících zaměstnanců pořádá SOVAK ČR semináře, webináře a vzdělávací programy ve formátu celoživotního vzdělávání. Informační a poradenská činnost pro subjekty v oboru VaK v sobě zahrnuje odbornou, legislativní podporu a jako klíčovou především komunikaci s regulátory. SOVAK ČR se za své členy z vodárenského oboru v uplynulém roce zabýval téměř dvěma sty českých i evropských legislativních materiálů. Dlouhodobě se SOVAK ČR zaměřuje na změny v klíčových materiálech jakými jsou vodní zákon, zákon o vodovodech a kanalizacích a jeho prováděcí vyhlášky, dále kontinuálně probíhají práce na cenovém výměru. SOVAK ČR v posledním roce intenzivně komunikuje kybernetickou bezpečnost a podporuje komunikaci vodárenských společností v kritických situacích, jakými byly například povodně v září roku 2024.

Vodárenství se aktuálně potýká se stárnutím zaměstnanecké základny a malým počtem absolventů vstupujících do vodárenských společností. Intenzivně proto spolupracujeme s odbornými školami, kde zajišťujeme studijní programy, nebo poskytujeme prostor pro prezentaci studijních programů v oboru VaK a to již po dobu dvou ročníků mezinárodní výstavy VOD-KA.

SOVAK ČR intenzivně prohlubuje zahraniční spolupráci a komunikaci se širokou veřejností. Mezi dlouhodobě fungující činnosti v tomto směru patří publikace odborného časopisu Sovak, přenos informací z Evropské asociace pro vodu a spolupráce s členskými státy EU na vytváření legislativního rámce.

Právě na evropské úrovni v posledním roce SOVAK ČR aktuálně řeší jeden z největších úkolů za dobu svého fungování. Je jím v prosinci 2024 vydaná revidovaná evropská Směrnice o čištění městských odpadních vod. Aktuálně probíhá proces implementace a SOVAK ČR se ho aktivně účastní. Implementaci má v gesci Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s dalšími resorty.

SOVAK ČR je členem konsorcia které vyhrálo veřejnou zakázku pro zpracování Národního prováděcího programu (NPP) s dalšími subjekty (VŠCHT, ČVUT, Unicorn)

- NPP bude zpracován do konce října tohoto roku
- Tvoří se klíčové materiály, které by měly vést k tomu, že nejen dojde k naplnění evropských požadavků, ale výsledkem bude především pozitivní dopad na stav vod v České republice.

Hlavním cílem je proces implementace nastavit tak, aby byl vodárenský obor schopen proces a především nové výzvy zvládnout.

Hlavním cílem je proces implementace nastavit tak, aby byl vodárenský obor schopen proces a především nové výzvy zvládnout. Toho lze dosáhnout tím, že

- bude nastaveno znění české legislativy tak, aby odpovídala revizi UWWTD
- dojde k harmonizaci právních předpisů, které zajistí odpovědnou regulaci oboru VaK
- vytvoří se adekvátní prostředí pro vlastníky a provozovatele



Bezpečná voda jako priorita - aktuální trendy v hygienickém dozoru

Ing. Eva Javoříková

Krajská hygienická stanice Zlínského kraje se sídlem ve Zlíně

Bezpečnost pitné vody představuje základní předpoklad ochrany veřejného zdraví.

Od roku 2021 byla řešena velmi rozsáhlá transpozice a implementace směrnice Evropského Parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě do české legislativy, která si vyžádala nejen novely zákona č.258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ale i novely souvisejících českých právních předpisů.

Vzhledem k tomu, že změny zavádějící komplexní přístup k bezpečnosti vody založený na posouzení a řízení rizik celého zásobovacího řetězce, jehož cílem je zaměření včasné pozornosti a vstupů na relevantní rizika, efektivní vynakládání nákladů i úsilí, byly velmi rozsáhlé, byl zaveden velký počet přechodných období k přípravě podmínek pro realizaci a uvedení nových přístupů a povinností do praxe.

Bezpečnost pitné vody znamená, že voda je zdravotně nezávadná, chemicky bezpečná a mikrobiologicky čistá-tedy vhodná k dlouhodobému pití bez rizika pro zdraví.

Na základě podrobného přezkumu seznamu ukazatelů a jejich hodnot stanovených ve směrnici 98/83/ES WHO a s ohledem na technický a vědecký pokrok byly směrnici Evropského Parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 zavedeny k povinnému sledování nové ukazatele bisfenol A, halogenoctové kyseliny a suma látek typu PFAS. Povinnost plnění limitů stanovených pro tyto látky byla přechodným ustanovením odložena do 12. 1. 2026.

Členské státy při posuzování rizik mají věnovat zvláštní pozornost mikroplastům a endokrinním disruptorům. Požadavkem směrnice je v rámci zavedení monitorovacích programů monitorovat látky a sloučeniny zahrnuté na seznamu sledovaných ukazatelů v relevantních místech řetězce zásobování vodou určenou k lidské spotřebě. Hlavním motivem je získat více informací o výskytu látek a na úrovni EU rozhodnout, zda mají být zařazeny mezi řádné ukazatele či nikoliv. V tuto chvíli se jedná o nonylfenol a β -estradiol.

Endokrinní disruptory, někdy také označované jako hormonálně aktivní látky, jsou chemické látky, které mohou narušovat soustavu žláz s vnitřní sekrecí (nebo hormonální) systém. Mohou způsobit nádorová onemocnění, vrozené vady a další vývojové poruchy, poruchy pozornosti, kognitivní problémy, vývoj mozku, mohou souviset s reprodukčními problémy atd.

Do skupiny endokrinních disruptorů patří např. léčiva, plasty, některé pesticidy, paliva, průmyslové chemikálie a další látky.

Vzhledem k široké škále různých druhů endokrinních disruptorů a jejich rozdílným vlastnostem jsme jejich působení vystaveni prakticky neustále. Jsou přítomny v půdě, ve vodě, ale i ve vzduchu. Stejně tak je najdeme i v mnoha materiálech, které jsou běžnou součástí našeho života a s kterými přicházíme prakticky denně do styku např. elektronika, oblečení nebo obaly potravin. Ministerstvo zdravotnictví České republiky na základě všeobecného poznání o výskytu léčiv v životním prostředí přistoupilo v letech 2024 a 2025 k provedení monitoringu těchto látek v pitných vodách vybraných veřejných vodovodů zásobujících nad 5 000 obyvatel, a to prostřednictvím státního zdravotního dozoru krajských hygienických stanic.

V rámci monitoringu proběhlo šetření vybraných ukazatelů léčiv u vybraných provozovatelů vodovodů, přednostně u vodovodů se zdrojem vody umístěným v blízkosti toků se zaústěnými odtoky z ČOV.

V případě stanoveného rozsahu sledovaných léčiv se jednalo o látky, které nejsou upraveny ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a rozsah a četnost kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.

Léčiva (mimo antibiotika):	Léčiva – antibiotika:
diklofenak - nesteroidní antiflogistikum gabapentin - antiepileptikum ibuprofen - nesteroidní antiflogistikum iohexol - kontrastní rentgenová látka iomeprol - kontrastní rentgenová látka iopamidol - kontrastní rentgenová látka iopromid - kontrastní rentgenová látka karbamazepin* - antiepileptikum metformin - antidiabetikum naproxen* - nesteroidní antiflogistikum oxypurinol - metabolit alopurinolu-léčba hyperurikémie metoprolol - antihypertenzivum tramadol - analgetikum venlafaxin - antidepresivu	amoxicilin - velmi často používané širokospektré betalaktamové ATB clindamycin - skupina linkosamidů, nejčastěji se vyskytující ATB v sedimentech povodí Vltavy clarithromycin* - skupina makrolidových ATB sulfamethoxazo - sulfonamidy (sulfonamidová ATB)

Limitní hodnota pro navržené látky byla stanovena na základě předběžné opatrnosti stejně jako u pesticidních látek ve výši 0,1 µg/l, s výjimkou léčiv označených *, tj. karbamazepinu, naproxenu a clarithromycinu, u nichž činí 0,01 µg/l. Přísnější limitní hodnota byla zvolena s ohledem na jejich prokázané (karbamazepin, naproxen) a možné (clarithromycin) teratogenní účinky.

Celkem bylo v ČR odebráno 330 vzorků. Ve Zlínském kraji bylo v roce 2024 odebráno 14 vzorků vod k analýze na výskyt léčiv.

Nejčastěji se ve vodách objevovala léčiva karbamazepin (antiepileptikum), metformin (antidiabetikum) a oxypurinol (lék na léčbu dny). Další léčiva se nacházela už jen velmi zřídka nebo vůbec.

V rámci ČR bylo u 104 vzorků zjištěno překročení doporučených limitů alespoň jednoho léčiva. Výskyt léčiv ve Zlínském kraji nad doporučenou limitní hodnotu byl v roce 2024 zaznamenán v 6 případech (2x metformin, 4x oxypurinol).

V souladu s kontrolním plánem na rok 2025 byly provedeny opakované odběry případně přidána nová odběrová místa.

Ve Zlínském kraji bylo odebráno celkem 9 vzorků vod k analýze. V případě výskytu metforminu nad směrnou hodnotou byl tento výskyt opakovaně prokázán, v případě oxypurinolu byl výskyt opakovaně prokázán ve 3 případech. V nově odebraných místech byl v 1 případě zjištěn nadlimitní výskyt oxypurinolu, opakovaným odběrem s analýzou byl již nález podlimitní.

V případech zjištění opakovaného překročení limitní směrné hodnoty stanovovaných ukazatelů byla zjištění stanovovaných léčiv nad směrné hodnoty s provozovateli projednána, provozovatel byl edukován v problematice výskytu léčiv v pitné vodě a ze strany provozovatele byly následně zajištěny kontrolní odběry.

V jednom případě již probíhají z důvodu vysokého rizika výskytu nadlimitních koncentrací metabolitů pesticidů práce na realizaci rozsáhlé rekonstrukce a intenzifikace úpravní vody, zahrnující výměnu a modernizaci stavebních, technologických a elektrotechnických zařízení za účelem zvýšení kvality úpravy pitné vody. Klíčovou částí je doplnění adsorpční filtrace na granulovaném aktivním uhlí (GAU). Vzhledem možnému riziku vyplývajícemu také z přítomnosti léčiv v surové vodě je nutné tuto skutečnost při rekonstrukci a intenzifikaci úpravní vody rovněž zohlednit.

Dokumentem „Seznam posouzených léčiv a jejich doporučené, limitní a směrné hodnoty v pitné vodě“ ze dne 26.5.2025 Ministerstvo zdravotnictví v souladu s ustanovením § 80 odst. 1 písm. a) a b) zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví v platném znění zveřejnilo doporučené, limitní a směrné hodnoty léčiv v pitné vodě. V příloze tohoto dokumentu byla stanovena směrná hodnota výše uvedených ukazatelů (mimo jiné i pro ukazatel karbamazepin). Pro ukazatel metformin je to hodnota 0,5 µg/ a pro ukazatel oxypurinol je to hodnota 2,5 µg/. Jde o tolerovatelnou mez, pro níž není nutné vydávat rozhodnutí o určení hygienického limitu dle § 4 odst. 5 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, který upravuje problematiku nálezů látek neupravených vyhláškou č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů. I v případě nálezu s překročenou doporučenou hodnotou a zároveň s nepřekročenou směrnou hodnotou by mělo být stále snahou provozovatele veřejného vodovodu, aby bylo dosaženo co nejnižších koncentrací léčiv v pitné vodě. Ve Zlínském kraji nebylo vzhledem k nalezeným hodnotám vydáno rozhodnutí o určení hygienického limitu.

Významnou částí probíhajících legislativních změn i navazující praxe je evropská harmonizace hygienických požadavků na nezávadnost materiálů a výrobků přicházejících do kontaktu s pitnou a teplou vodou a chemických látek na úpravu vody.

Vlastnosti materiálů a výrobků přicházejících do styku s pitnou vodou mohou mít vliv na její kvalitu migrací potenciálně škodlivých látek, podporou mikrobiálního růstu anebo ovlivnění organoleptických vlastností (pach, chuť, barva).

Směrnice Evropského Parlamentu a Rady (EU) 2020/2184, o jakosti vody určené k lidské spotřebě zavádí také harmonizovaný systém materiálů v kontaktu s pitnou vodou a klade důraz na jejich zdravotní nezávadnost a sledovatelnost (od koho výrobek pochází a komu byl dodán).

- Transpozice Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě (přepracované znění).
- Prováděcí rozhodnutí 2024/365 zavádí jednotné celoevropské metodiky pro zkoušky a schvalování výchozích látek, směsí a složek pro výrobu materiálů přicházejících do kontaktu s pitnou vodou.
- Prováděcí rozhodnutí 2024/367 zavádí celoevropské seznamy povolených výchozích látek pro výrobu materiálů přicházejících do kontaktu s pitnou vodou. Dosavadní národní seznam tak pozbyde platnosti.
- Prováděcí rozhodnutí 2024/368 zavádí jednotné postupy a metody pro zkoušky materiálů přicházejících do kontaktu s pitnou vodou.
- Nařízení 2024/369 stanovuje podmínky zařazování látek na evropské seznamy.
- Nařízení 2024/370 stanovuje podmínky pro posuzování shody a podmínky, které musí platit pro rozhodování notifikujícího orgánu.
- Nařízení 2024/371 pak sjednocuje označování výrobků.

Prováděcí předpisy budou sjednocovat doposud neharmonizovanou právní úpravu členských států EU. Všechny členské státy mají povinnost uvedené prováděcí předpisy transponovat nejpozději v termínu do 31. 12. 2026.

Pro výrobky s platnými národními certifikáty je stanoveno přechodné období do 31. 12. 2032. Výrobci, dovozci i projektanti vodovodních instalací by proto měli včas připravit zkoušky, certifikaci a technickou dokumentaci podle nových evropských požadavků.

Nezbytnou podmínkou k zajištění souladu výrobků s požadavky právních předpisů a jejich bezpečnosti je dozor nad trhem s výrobky (Nařízení EP a Rady EU 2019/1020 o dozoru nad trhem a souladu výrobků s předpisy a o změně směrnice 2004/42/ES a nařízení ES č. 765/2008 a EU č. 305/2011- nařízení dozoru nad trhem). Dozor nad trhem s výrobky plní významnou roli v oblasti ochrany spotřebitele, protože jeho cílem je zajistit, aby byly na trh uváděny pouze výrobky bezpečné a výrobky splňující požadavky stanovené právními předpisy (harmonizované i neharmonizované). Do dozorované výrobní sféry jsou zařazeny i výrobky přicházející do styku s pitnou vodou.

Zavedena byla platforma informační a komunikační systém pro dozor nad trhem ICSMS – část interní pro spolupráci mezi kontrolními orgány, která umožňuje výměnu informací o kontrolovaných výrobcích, vzájemnou spolupráci, výměnu informací s orgány celní správy a výměnu informací o vzájemném uznávání a dále část veřejného prostoru, která je přístupná široké veřejnosti, spotřebitelům, hospodářským subjektům a dalším zájemcům, kteří hledají veřejné informace o kontrolovaných výrobcích.

Aplikace Safety Gate je systém EU pro rychlou výměnu informací o nebezpečných nepotravinářských výrobcích, které představují vážné riziko pro zdraví a bezpečnost spotřebitelů (systém včasného varování).

Oba systémy (ICSMS a Safety Gate) se vzájemně doplňují a v současné době jsou již propojeny.

Dříve KHS prováděla kontroly výrobků přicházejících do styku s pitnou vodou zejména na základě podání podnětů veřejnosti, nyní v návaznosti na předpisy pro ochranu spotřebitele a dozor nad trhem s výrobky jsou tyto kontroly zařazeny do kontrolních plánů.

Kontroly mohou zahrnovat kontrolu dokumentace (certifikáty, protokoly o zkouškách, prohlášení o shodě, návody a značení výrobků atd.), kontroly výrobků na místě (shoda se schválenou dokumentací, značení a identifikace, správné skladování atd.), odběr vzorků (laboratorní testy zaměřené na migraci chemických látek, mikrobiologické parametry, chuť, pach, barva, zákal atd.).

Mezi nejčastější nedostatky zjištěné při kontrolách patří chybějící či neplatné certifikáty, dokumentace jen v cizím jazyce, certifikace neplatná pro daný konkrétní typ použití, změna výrobku bez nové zkoušky, dovoz mimo EU bez odpovídajícího posouzení atd.). Tyto nedostatky mohou vést k povinnosti realizovat nápravná opatření, sankce-pokuty, stažení výrobku, popř. k zákazu uvádění výrobků na trh.

Pitná voda se při distribuci od zdroje ke kohoutku v místě spotřeby dostává do styku s celou řadou materiálů, výrobků či chemických přípravků, které slouží k její úpravě či dopravě a mohou negativně ovlivnit její jakost.

Kontroly výrobní sféry mj. v oblasti výrobků pro styk s pitnou a teplou vodou u výrobců, dovozců, distributorů jsou důležitou součástí zajištění kvality a bezpečnosti vody a ochrany zdraví spotřebitelů.



Tuto kontrolní povinnost realizovala KHS ZK v závěru roku 2025, kdy provedla kontrolu plnění povinností stanovených v legislativě (zákoně č. 87/2023 Sb. o dozoru nad trhem s ve znění pozdějších předpisů; zákoně č. 387/2024 Sb. o obecné bezpečnosti výrobků ve znění pozdějších předpisů; Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/1020 o dozoru nad trhem a souladu výrobků s předpisy a o změně Směrnice 2004/42/ES a nařízení (ES) č. 765/2008 a (EU) č. 305/2011; Nařízení Evropského parlamentu Rady (EU) 2023/988 ze dne 10. května 2023 o obecné bezpečnosti výrobků) u distributora výrobků přicházejících do styku s pitnou vodou. Předmětem kontroly bylo značení výrobků, návody, záruční listy, bezpečnostní informace kontrolovaných výrobků a prohlášení o shodě.

Zkontrolovány byly 4 vodovodní baterie s výsledkem, že kontrolovaná osoba splnila své povinnosti distributora dle ustanovení čl. 12 odst. 1 nařízení č. 2023/988.

Bezpečná pitná voda je výsledkem odpovědného přístupu u všech článků řetězce. Kvalita vody nekončí u zdroje, pokračuje materiály, výrobky, se kterými přichází do kontaktu v průběhu distribuce až k místu spotřeby. Prevence a dodržování pravidel jsou nejúčinnější ochranou zdraví spotřebitelů.

Kontrolní činnost KHS a odpovědný přístup výrobců, dovozců a distributorů představují klíčový nástroj prevence rizik a ochrany veřejného zdraví.

Odhaľovanie vlastných zdrojov vody u spotrebiteľa

Ing. Tibor Burger

Liptovská vodárenská spoločnosť, a.s., tibor.burger@lvsas.sk

Abstrakt: Liptovská vodárenská spoločnosť, a. s., sa v posledných rokoch intenzívne venuje odhaľovaniu vlastných zdrojov vody u spotrebiteľov, ktoré sú nelegálnym spôsobom prepájané s vnútornými rozvodmi verejného vodovodu, pričom voda z týchto zdrojov je nelegálne odvádzaná do verejnej kanalizácie. Príspevok sumarizuje kontrolné postupy a dosiahnuté výsledky v rokoch 2022 – 2025 a zároveň stručne opisuje a porovnáva legislatívne možnosti a oprávnenia prevádzkovateľa verejného vodovodu na Slovensku a v Českej republike.

Kľúčové slová: vlastný zdroj vody, nelegálna prípojka

Úvod

Napriek legislatívnym zákazom a hrozbe pokút a sankcií zo strany vodárenských spoločností či orgánov štátnej správy si niektorí odberatelia pitnej vody nelegálnym spôsobom prepájajú vlastné zdroje vody s vnútornými rozvodmi verejného vodovodu a túto vodu následne odvádzajú do verejnej kanalizácie. Ich hlavnou motiváciou je snaha o úsporu nákladov a nezávislosť od verejného vodovodu.

Spoločnosti poskytujúce služby vrtaných studní „na kľúč“ často sľubujú vodu zadarmo a rýchlu návratnosť investície. Tieto benefity sú však v praxi podmienené práve nelegálnym spôsobom realizácie studne, nelegálnym odvádzaním odpadovej vody a neplatením stočného.

Zhotovitelia studní a ich zákazníci tak obchádzajú vodný zákon, keď budujú studne bez projektovej dokumentácie a bez vodoprávného povolenia na vodnú stavbu. Po vybudovaní studne často nasleduje jej napojenie na vnútorné rozvody verejného vodovodu a odvádzanie odpadovej vody zo studne bez toho, aby bola táto skutočnosť riadne a vopred zazmluvnená s vodárenskou spoločnosťou. Zhotovitelia studní a inštalatéri zabezpečujúci realizáciu studne, jej technické vybavenie a napojenie na domový rozvod pritom svojich zákazníkov o zákonných povinnostiach neinformujú. Zákazníci sú tak neraz uvedení do omylu, keďže za verejne ponúkanú službu nadobúdajú presvedčenie, že využívanie studne je plne legálne.

Uvedené konanie má nielen závažný ekologický dopad na stav a kvalitu podzemných vôd, ale aj významné ekonomické dôsledky pre vodárenské spoločnosti a zároveň predstavuje zvýšené zdravotné riziko pre verejný vodovod.

Komunikačné kampane

Liptovská vodárenská spoločnosť, a. s., sa problematikou nelegálneho odvádzania odpadových vôd zaoberá systematicky už od roku 2019, keď vyhlásila generálny pardon trvajúci od apríla do konca septembra. Fyzické kontroly však z dôvodu pandémie COVID-19 bolo možné výraznejšie zintenzívniť až od roku 2022.

Ťažisko našej činnosti spočíva vo fyzickej kontrole vodovodných a kanalizačných prípojek, ktoré sú podporované komunikačnými kampaňami. Ich cieľom je informovať spotrebiteľov o prebiehajúcich kontrolách a zároveň zdôrazniť, že existencia vlastného zdroja vody nie je problémom, pokiaľ je voda z neho odvádzaná legálnym spôsobom a zdroj nie je fyzicky prepojený s vnútornými rozvodmi verejného vodovodu.

Pri realizácii kampaní spoločnosť spolupracuje s Okresným úradom – odborom životného prostredia, ako aj s mestom Liptovský Mikuláš a ďalšími mestami a obcami zásobovanými pitnou vodou. Informácie sú smerované nielen k obyvateľom, ale aj k vedeniam miest a obcí zabezpečujúcim prenesený výkon štátnej správy v oblasti vodného zákona. Zároveň sú oslovované aj právnické a fyzické osoby pôsobiace v regióne v oblasti budovania studní, s cieľom jasne komunikovať, čo je a čo nie je v súlade s legislatívou. Kampane sa opakujú na ročnej báze, spravidla na jar, keď dochádza k zvýšenému počtu realizácií nových studní.

Fyzická kontrola

Fyzická kontrola u odberateľa pitnej vody prebieha spravidla bez predchádzajúceho ohlásenia. Slovenská legislatíva v zákone o verejných vodovodoch a kanalizáciách na rozdiel od Českej republiky umožňuje oprávneným osobám prevádzkovateľa vstupovať do cudzích objektov okrem iného na účely zistenia technického stavu vodovodnej prípojky alebo vykonania kontrolného merania množstva a kvality vody, pričom tento vstup nie je podmienený predchádzajúcim oznámením [1], [3], [4].

Uvedené oprávnenia sú podporené aj zákonom č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia, ktorý ukladá vlastníkom bytových a nebytových budov, resp. spoločenstvám vlastníkov, povinnosť zabezpečiť, aby domový rozvodný systém pitnej vody od vodovodnej prípojky po výtokové miesto nepriaznivo neovplyvňoval kvalitu pitnej vody [2].

V prípadoch, keď sa dodávaná pitná voda svojou mineralizáciou výrazne odlišuje od podzemnej vody v studniach, je rýchlou a spoľahlivou metódou identifikácie cudzieho zdroja meranie elektrickej konduktivity vody. Ak túto metódu nie je možné použiť z dôvodu podobnej vodivosti dodávanej vody a vody zo studne, identifikácia sa vykonáva kontrolou vnútorných rozvodov pomocou rôznych techník, ako je uzavretie hlavného prívodu vody alebo sledovanie pohybu vodomeru pri odpúšťaní vody v objekte (napr. pri splachovaní). Súčasťou kontroly je vždy aj prehliadka vnútorných rozvodov od vstupu vody do objektu.

Samotnej fyzickej kontrole predchádza analýza spotreby vody a porovnávanie medziročných zmien. Vďaka tejto dátovej analýze je v súčasnosti porušenie identifikované približne pri jednej z troch vykonaných kontrol.

Výsledky a skúsenosti

Nelegálne napojenie iného zdroja vody na vnútorné rozvody verejného vodovodu bolo identifikované tak u domácností v rodinných domoch, ako aj u podnikateľských subjektov – právnických osôb. V prípade domácností ide najčastejšie o novovybudované mestské satelity, kde sa popri výstavbe realizujú studne, ktoré sú už počas výstavby alebo po kolaudácii prepojené s vnútorným vodovodom. Druhú skupinu tvoria oblasti pôvodnej zástavby, kde verejný vodovod v minulosti neexistoval a obyvatelia sa zásobovali z vlastných studní. Po dobudovaní verejného vodovodu a napojení domácností dochádza v týchto lokalitách k spätnému prepojeniu pôvodných studní s vnútornými rozvodmi. V podnikateľskom sektore sú najčastejšie identifikované porušenia v gastroprevádzkach, ubytovacích zariadeniach a autoumyvárňach. Najčastejším spôsobom využitia vlastného zdroja vody je splachovanie toaliet a osobná hygiena, teda využívanie vody ako teplej úžitkovej vody.

V období rokov 2022 – 2025 bolo skontrolovaných 1 221 odberných miest, pričom porušenie bolo zistené na 431 z nich, čo predstavuje 35,3 %. Väčšinu kontrol vykonáva dvojica zaškolených pracovníkov, ktorí popri kontrolách zabezpečujú aj odpočty spotreby vody. Okrem kontroly nelegálneho prepojenia s iným zdrojom vody sa paralelne kontroluje aj nelegálne odvádzanie dažďových vôd do verejnej kanalizácie. V menšom počte prípadov boli zistené oba typy porušení súčasne.

Celkový finančný výnos z uvedených kontrol predstavuje za hodnotené obdobie kumulatívnu sumu 358 446 EUR (8 680 486 Kč). Každá vykonaná kontrola, vrátane tých bez zisteného porušenia, priniesla priemerne 293,57 EUR (7 109 Kč). Priemerná suma, ktorú do konca roka 2025 uhradil každý odhalený porušovateľ, predstavuje 831,66 EUR (20 174 Kč).

Záver

Doterajšie skúsenosti potvrdzujú správnosť rozhodnutia systematicky vykonávať fyzické kontroly a zároveň riešiť danú problematiku prostredníctvom cielej komunikácie so zainteresovanými stranami. Je možné predpokladať, že spotrebitelia budú v snahe o znížovanie nákladov aj naďalej zvyšovať technickú úroveň riešení s cieľom sťažiť odhaľovanie cudzích zdrojov vody alebo nelegálne odvádzanie dažďových vôd.

QR kód k online prezentácii



Použité zdroje

- [1] Zákon č. 442/2002 Z.z. o verejných vodovodoch a verejných kanalizáciách a o zmene a doplnení zákona č. 276/2001 Z. z. o regulácii v sieťových odvetviach
- [2] Zákon č.355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [3] Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizáciách pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- [4] Vyhláška MZ 428/2001 Sb. , kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Monitoring pesticídnych látok v pitných vodách na Slovensku (2023 – 2024)

Mgr. Nina Pálešová, PhD.

Ing. Darko Babjak; Ing. Klára Vojvodová

Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky, Trnavská cesta 52, 826 45 Bratislava

Kontakt: Mgr. Nina Pálešová, PhD., tel.: + 421 249 284 383; nina.palesova@uvzs.sk

Abstrakt

Pesticídy, napriek ich prínosu pre poľnohospodárstvo, predstavujú environmentálnu záťaž a môžu negatívne ovplyvňovať kvalitu pitnej vody. Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky v rokoch 2023 a 2024 uskutočnil skrining pesticídnych látok (PL) v pitnej vode. Celkovo bolo analyzovaných 410 vzoriek pitnej vody z veľkých zásobovaných oblastí (VZO; nad 5 000 zásobovaných obyvateľov) a malých zásobovaných oblastí (MZO; do 5 000 obyvateľov), pričom sa hodnotil výskyt 77 pesticídnych látok. V 40,3 % vzoriek z VZO a v 23,6 % vzoriek z MZO bola zistená prítomnosť jednej alebo viacerých PL nad limitom detekcie. Najvyšší výskyt pozitívnych nálezov bol typický pre regióny s intenzívnou poľnohospodárskou produkciou. Medzi najčastejšie detegované látky patrili metabolity chloridazonu a metolachlóru a účinná látka atrazín, ktorých používanie je v EÚ už zakázané, no pre ich perzistenciu stále pretrvávajú v životnom prostredí. V dvoch vzorkách z VZO došlo k prekročeniu legislatívne stanovených limitov pre PL v pitnej vode (Acetochlór ESA a Desetylatrazín). Pravidelný monitoring pesticídov v pitnej vode predstavuje dôležitý nástroj na hodnotenie jedného z kľúčových determinantov environmentálneho zdravia a je významnou súčasťou preventívnych opatrení na ochranu verejného zdravia.

Úvod

Súčasná éra antropocénu, charakterizovaná technologickou a ekonomickou expanziou ľudskej spoločnosti, prináša vysokú dostupnosť potravín, ktorá je do veľkej miery podmienená rozsiahlym používaním pesticídov. Ide o chemické látky určené na ochranu rastlín pred škodlivými organizmami počas celého ich životného cyklu. Napriek agronomickým prínosom predstavujú však pesticídy významné environmentálne a zdravotné riziko. Väčšinou ide o syntetické látky navrhnuté na zásah do životných funkcií organizmov, čo síce zaisťuje ich účinnosť, no zároveň ohrozuje necieľové organizmy vrátane človeka. Keďže sú pesticídy zámerne aplikované priamo do životného prostredia, ich správanie v ekosystémoch závisí od fyzikálno-chemických vlastností. Kontaminácia pôdy, ovzdušia a vôd je zdokumentovaná, pričom osobitné riziko predstavuje výskyt rezíduí pesticídov v pitnej vode ako potenciálny zdroj expozície pre človeka [1].

Podľa údajov Ústredného kontrolného a skúšobného ústavu poľnohospodárskeho (ÚKSÚP) bolo v roku 2025 na území Slovenskej republiky autorizovaných 218 účinných látok obsiahnutých v celkovo 1 682 komerčne dostupných prípravkoch na ochranu rastlín [2]. V roku 2023 bolo na poľnohospodárske plochy aplikovaných viac ako 1,5 milióna kilogramov pesticídov. Takýto rozsah používania predstavuje významnú environmentálnu záťaž, ktorá môže nepriaznivo ovplyvňovať kvalitu životného prostredia vrátane zdravotnej bezpečnosti pitnej vody.

Okrem účinných látok sa v prostredí vyskytujú aj ich metabolity, ktoré vznikajú degradáciou pôvodných účinných látok alebo ich reakciou s inými látkami. Metabolity pesticídov sa rozdeľujú na relevantné (predstavujúce porovnateľné alebo vyššie riziko ako samotná účinná látka)

a nerelevantné (nepredstavujúce významné riziko). Kontrolu pesticídov v pitnej vode upravuje zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (zákon č. 355/2007 Z. z.) [3] a vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 91/2023 Z. z., ktorou sa ustanovujú ukazovatele a limitné hodnoty kvality pitnej vody a kvality teplej vody, postup pri monitorovaní pitnej vody, manažment rizík systému zásobovania pitnou vodou a manažment rizík domových rozvodových systémov (vyhláška č. 91/2023 Z. z.) [4]. Najvyššia medzná hodnota (NMH, druh limitnej hodnoty zdravotne významného ukazovateľa kvality pitnej vody, ktorého prekročenie vylučuje použitie vody ako pitnej vody) pre jednotlivé účinné látky a relevantné metabolity v pitnej vode je 0,1 µg/l (s výnimkou aldrínu, dieldrínu, heptachlóru a heptachlórexpozidu, ktoré majú limitnú hodnotu 0,03 µg/l). NMH pre ukazovateľ Pesticídy spolu (suma účinných látok, relevantných metabolitov a metabolitov bez určenej relevancie) je 0,5 µg/l. V prípade nerelevantných metabolitov sa pre každú látku uplatňujú individuálne limitné hodnoty, ktoré majú charakter medznej hodnoty (MH, druh limitnej hodnoty ukazovateľa pitnej vody, ktorého prekročením stráca pitná voda vyhovujúcu kvalitu v ukazovateli s prekročeným limitom).

V reakcii na riziká spojené s pesticídnymi látkami realizoval Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky (ÚVZ SR) v rokoch 2023 a 2024 cielene zameraný skrining pitnej vody z verejných vodovodov odoberanej z vodovodného kohútika vo veľkých (VZO) a malých zásobovaných oblastiach (MZO) na prítomnosť pesticídnych látok (PL). Cieľom monitoringu bolo zhodnotiť prítomnosť pesticídnych rezíduí v pitnej vode a získať tak podkladové informácie pre aktualizáciu legislatívnych predpisov vrátane *Odporúčaného postupu pri zisťovaní a hodnotení pesticídov a ich metabolitov v pitnej vode a v jej zdrojoch*.

Materiál a metódy

Vzorky pitnej vody z verejných vodovodov boli odobrané z vodovodného kohútika v obciach spadajúcich do VZO (nad 5 000 obyvateľov) a MZO - kategória IV (500 až 2 000 obyvateľov) a kategória V (2 000 až 5 000 obyvateľov). Vo vzorkách bolo vyšetrených 77 účinných látok a metabolitov pesticídov. PL boli vo vzorkách pitnej vody vyšetrené v laboratóriách ÚVZ SR pomocou metódy vysokoúčinnnej kvapalinovej chromatografie. Namerané hodnoty boli štatisticky spracované a porovnané s príslušnými limitami.

Výsledky a diskusia

Celkovo bolo odobratých 410 vzoriek pitnej vody (211 vzoriek z VZO (r. 2023) a 199 vzoriek z MZO (100 vzoriek z MZO kategórie IV a 99 vzoriek z MZO kategórie V; r. 2024)) po celom Slovensku (Obr. č. 1). Prítomnosť 77 PL bola analyzovaná vo všetkých 410 vzorkách pitnej vody.

V MZO bolo v **47 vzorkách (23,6 %)** identifikovaných 1 alebo viac PL nad limit detekcie (LOD). V 38 vzorkách (19,1 %) bolo nameraných 1 alebo viac PL nad limit kvantifikácie (LOQ). V 15 vzorkách bolo identifikovaných 3 a viac PL naraz. Maximálny počet PL stanovených v jednej vzorke bolo 5 (3 vzorky) a išlo o obce Nový Život a Rohovce (okres Dunajská Streda) a Jarovnice (okres Sabinov).

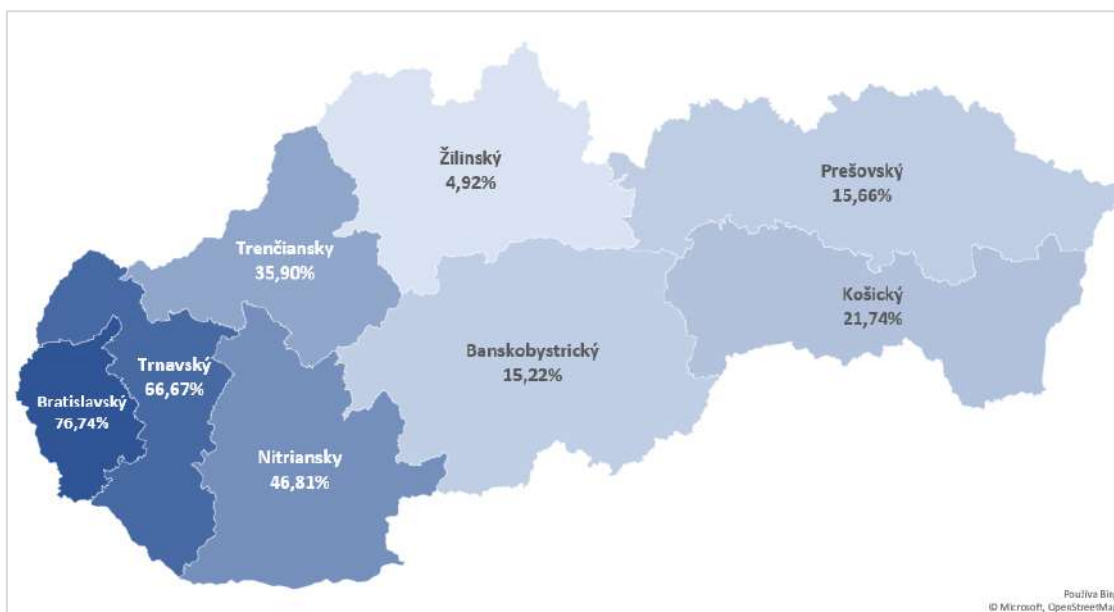
V VZO bolo v **85 vzorkách (40,3 %)** identifikovaných 1 alebo viac PL nad LOD. V 78 vzorkách (37,0 %) bolo nameraných 1 alebo viac PL nad LOQ. V 19 vzorkách bolo identifikovaných 2 a viac PL naraz, z toho v 11 vzorkách bolo identifikovaných 5 a viac PL naraz. Maximálny počet PL stanovených v jednej vzorke bol 11 (jedna vzorka, obec Tornaľa, Banskobystrický kraj).



Obr. č. 1 – Odborné miesta pitnej vody (2023 a 2024). Červená farba – odborné miesta v malých zásobovaných oblastiach; modrá farba – odborné miesta vo veľkých zásobovaných oblastiach.

Najväčší záchyt PL v **VZO** bol pozorovaný v Bratislavskom (90,6 % pozitívnych vzoriek), Trnavskom (75,0 %) a v Nitrianskom kraji (54,8%). Záchyt PL vo viac ako 30 % vzoriek bol pozorovaný aj v Trenčianskom kraji (36 %). Najnižší záchyt vo VZO bol zaznamenaný v Prešovskom kraji (7,7 %). Najväčší záchyt PL v **MZO** bol pozorovaný v Trnavskom kraji (51,14 % pozitívnych vzoriek). Záchyt vo viac ako 30 % vzoriek bol pozorovaný aj v Bratislavskom (36,36 %), Trenčianskom (35,71 %) a Nitrianskom kraji (31,25 %). Najnižší záchyt PL v MZO bol pozorovaný v Žilinskom kraji (6,1 %). Pri celkovom vyhodnotení VZO a MZO spolu bol najväčší záchyt v Bratislavskom kraji (76,7%), ďalej aj v Trnavskom kraji (66,7%) a Nitrianskom kraji (46,8%) (Obr. č. 2).

Územie Bratislavského, Trnavského a Nitrianskeho kraja, situované v rámci Podunajskej panvy, je hydrogeologicky charakterizované prevažne kvartérnymi fluvialnými sedimentmi (štrky, piesky a štrkopiesky), ktoré tvoria významné kolektory podzemných vôd s vysokou priepustnosťou. V dôsledku nízkej nadmorskej výšky a hydraulického napájania z hlavného toku Dunaja a jeho prítokov sa na Podunajskej nížine hladina podzemnej vody nachádza relatívne blízko zemského povrchu. Takéto hydrogeologické podmienky zvyšujú zraniteľnosť vodonosného prostredia voči intenzívnej poľnohospodárskej činnosti, spojenjej s aplikáciou pesticídov, ktorá je charakteristická pre tieto kraje. Nitriansky kraj mal v roku 2023 podľa dát z ÚKSÚP najvyššiu spotrebu pesticídov – 596 154 kg/rok. Na druhom mieste bol Trnavský kraj so spotrebou 326 971 kg/rok. Kombinácia hydrogeologických podmienok a intenzívneho poľnohospodárstva v regióne vysvetľuje priestorové rozloženie pozitívnych vzoriek v rámci tejto štúdie.

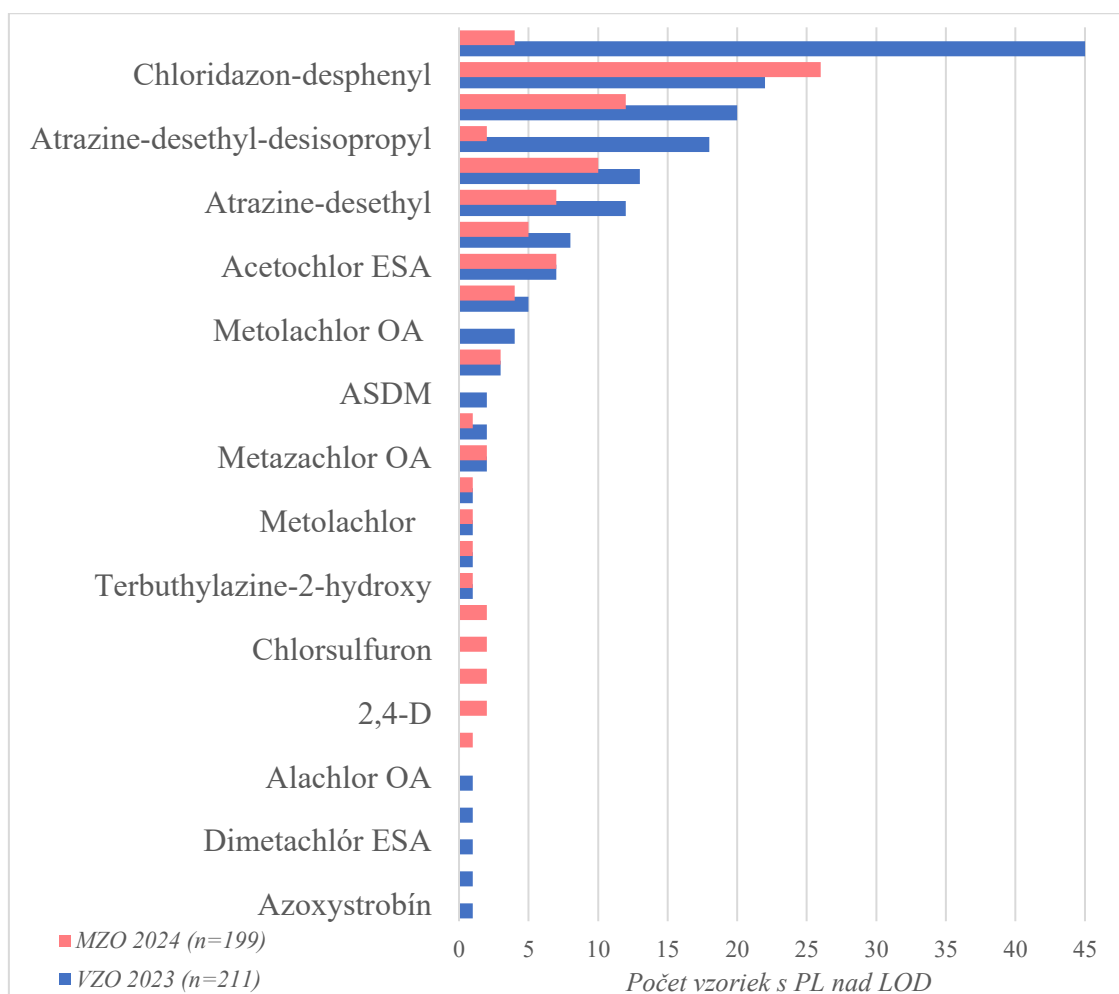


Obr. č. 2 – Výskyt pozitívnych vzoriek (s pesticídmi nad LOD) stratifikovaný na kraje.

Pozorované rozdiely v záchypte PL medzi VZO a MZO (v rozsahu približne 0,4- až 2,5-násobku) by mohli na prvý pohľad naznačovať porovnateľnú alebo nižšiu kvalitu pitnej vody z pohľadu prítomnosti PL vo VZO. Takáto interpretácia však musí byť posudzovaná s ohľadom na rozdielnú vzorkovaciu stratégiu uplatnenú v jednotlivých typoch zásobovaných oblastí. V MZO bola spravidla odobratá jedna vzorka pitnej vody na zásobovanú oblasť, zatiaľ čo vo VZO bolo z jednej oblasti odobratých viacero vzoriek z rôznych odberných miest. Napríklad zo *zásobovanej oblasti Bratislava – mesto* bolo odobratých 21 vzoriek pitnej vody, ktoré vykazovali porovnateľné výsledky. Tento nález poukazuje na relatívne homogénnu kvalitu pitnej vody v rámci jednotlivých častí VZO, čo možno hodnotiť pozitívne z hľadiska stability zásobovania. Zároveň však uvedený prístup predstavuje metodické obmedzenie tejto štúdie, keďže zahrnutie viacerých vzoriek pochádzajúcich z rovnakého zdroja alebo vodárenského systému môže pri spracovaní výsledkov viesť k relatívnemu nadhodnoteniu záchytu PL vo VZO v porovnaní s MZO. Uvedený faktor je preto potrebné zohľadniť pri interpretácii priestorových rozdielov v záchytoch PL.

Pri súhrnnom vyhodnotení výsledkov za VZO aj MZO bol najčastejšie detegovanou látkou metabolit **Metolachlór ESA**, ktorý pochádza z účinnej látky S-Metolachlór a bol identifikovaný celkovo v 49 vzorkách (12,0 %). Výrazné rozdiely sa však preukázali medzi typmi zásobovaných oblastí. Vo VZO bol Metolachlór ESA detegovaný v 21,3 % vzoriek (45 vzoriek), pričom až 21 pozitívnych nálezov pochádzalo zo *zásobovanej oblasti Bratislava – mesto*. Naopak, v MZO bol tento metabolit zistený len v 2,0 % vzoriek. Priestorové rozloženie nálezov Metolachlóru ESA bolo koncentrované na západné Slovensko, čo korešponduje s intenzívnym poľnohospodárskym využívaním územia v tejto časti krajiny. Zistené rozdiely vo výskyte Metolachlóru ESA medzi VZO a MZO nemožno interpretovať ako indikátor systematicky horšej kvality pitnej vody vo VZO, ale skôr ako dôsledok kombinácie regionálnych podmienok a odlišnej vzorkovacej stratégie, ktorá mohla viesť k zvýrazneniu rozdielov v miere detekcie pesticídnych látok.

Medzi ďalšie najčastejšie vyskytujúce sa látky, ktorých výskyt je porovnateľný medzi VZO a MZO patria metabolity účinnej látky Chloridazon, konkrétne **Chloridazon-desfenyl** (detegovaný v 48 vzorkách (11,7 %)) a **Chloridazon-metyl-desfenyl** (detegovaný v 32 vzorkách (7,8 %)). Účinná látka Chloridazon bola detegovaná iba v 2 vzorkách. Najčastejšie vyskytujúcou sa účinnou látkou bol **Atrazín**, ktorý bol celkovo detegovaný v 23 vzorkách (5,6 %) (Obr. č. 3).



Obr. č. 3 – Pesticídne látky stanovené vo vzorkách pitných vôd (nad LOD). Červené – vzorky z malých zásobovaných oblastí; modré – vzorky z veľkých zásobovaných oblastí.

S-Metolachlór, Chloridazon a Atrazín sú pesticídy, ktoré už nie sú autorizované na používanie v Európskej únii prevažne z dôvodu ich perzistencie a potenciálu pre kontamináciu podzemnej vody. S-Metolachlór je selektívny systémový herbicíd, ktorý našiel využitie na kontrolu jednoročných tráv a širokolistých burín napríklad v kukurici, sóji či v zemiakoch a od roku 2024 nie je na Slovensku autorizovaný. Použitie Chloridazonu, herbicídu prevažne na ochranu cukrovej repy, bolo na Slovensku taktiež zakázané v roku 2018. Atrazín je selektívny herbicíd, ktorý sa používal napríklad na kukuricu, cukrovú repu, chmeľ, ovocie či lesné porasty, a je zakázaný už od roku 2004. Atrazín je taktiež spájaný s endokrinnou disrupciou, hepatotoxicitou, nefrotoxicitou či reprodukčnou toxicitou. Metolachlór-ESA, Chloridazon-desfenyl, Chloridazon-metyl-desfenyl, Atrazín, či desethyl-atrazín boli majoritne stanovené vo vzorkách z poľnohospodársky aktívnych regiónov, najmä západného Slovenska a Košickej kotliny.

K prekročeniu limitných hodnôt PL došlo v dvoch prípadoch, pričom v oboch išlo o relevantné metabolity, pre ktoré je stanovená limitná hodnota 0,1 µg/l určená NMH. V *zásobovanej oblasti Kúty* bol vo vzorke pitnej vody detegovaný metabolit **Acetochlór ESA** v koncentrácii 0,107 µg/l. Prekročenie limitnej hodnoty bolo potvrdené aj opakovaným odberom (0,110 µg/l). Na základe výsledkov monitoringu bol dodávateľ pitnej vody, Bratislavská vodárenská spoločnosť, a. s., oslovený príslušným Regionálnym úradom verejného zdravotníctva so sídlom v Senici a situácia sa aktívne riešila. V *zásobovanej oblasti Michalovce* bol zaznamenaný záchyt **Desetylatrazínu** v koncentrácii 0,227 µg/l, pričom opakovaný odber potvrdil jeho zvýšenú koncentráciu (0,307 µg/l).

Z dôvodu približne dvoj- až trojnásobného prekročenia NMH bol v nadväznosti na tieto zistenia podľa § 12 ods. 2 písm. i) zákona č. 355/2007 Z. z. vydaný zákaz používania pitnej vody z vodného zdroja HL-1 Ložín na pitie, varenie a prípravu potravín.

Najvyššia koncentrácia bola zaznamenaná pre Chloridazon-desfenyl s hodnotou 2,29 µg/l. Pre túto PL však podľa rozhodnutia hlavného hygienika Slovenskej republiky (č. OHŽP/430/89726/2019) platí ako pre nerelevantný metabolit limitná hodnota 6 µg/l (MH) [5]. Ďalšie PL, ktoré sa blížili limitnej hodnote boli napr. Atrazín-desethyl (0,098 µg/l), Chlorsulfuron (0,077 µg/l), Atrazín (0,074 µg/l) či Bentazón (0,07 µg/l). Z lokalít s koncentraciami blízкими limitnej hodnote sú plánované opakované odbery vzoriek v rámci monitoringu pitnej vody v roku 2026.

Záver

Monitoring PL v pitnej vode na Slovensku poukázal na prítomnosť vybraných účinných látok i metabolitov vo vzorkách odobraných prevažne z poľnohospodársky aktívnych okresov. Významné zastúpenie mali metabolity účinných látok S-Metolachlór a Chloridazon, ako aj účinná látka Atrazín spolu s jeho metabolitmi. Použitie týchto účinných látok v Európskej únii je už zakázané, no z dôvodu ich perzistencie sa tieto látky v životnom prostredí stále nachádzajú a je nutné im stále venovať pozornosť. Získané údaje o výskyte PL boli využité pri príprave nového *Odporúčaného postupu pri monitorovaní a hodnotení pesticídnych látok v pitnej vode a jej zdrojoch* a nového *Zoznamu pesticídnych látok na kontrolu kvality pitnej vody*, ktoré vstúpia v platnosť v prvom kvartáli roka 2026.

Zdroje

- [1] Chander Shekhar, Reetu Khosya, Kushal Thakur, Danish Mahajan, Rakesh Kumar, Sunil Kumar, Amit Kumar Sharma, *A systematic review of pesticide exposure, associated risks, and long-term human health impacts*, Toxicology Reports, Volume 13, 2024, 101840, ISSN 2214-7500, <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2024.101840>
- [2] <https://pripravky.uksup.sk/pripravok/search>
- [3] <https://www.slov-lex.sk/ezbierky/pravne-predpisy/SK/ZZ/2007/355/>
- [4] <https://www.slov-lex.sk/ezbierky/pravne-predpisy/SK/ZZ/2023/91/>
- [5] https://www.uvzsr.sk/documents/41637/141899/Rozhodnutie_pre_vybrane_nerelevantne_metabolity_pesticidov.pdf/ac7e3fe2-bed2-348d-15ad-93bb410afe01?t=1659890973238

Snaha vrátiť nevyžívané vodárenské zdroje opäť do prevádzky

prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.

prof. Ing. Danka Barloková, PhD.

Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU v Bratislave

Abstrakt

V súčasnosti je snaha vrátiť späť do užívania vodné zdroje, ktoré boli v minulosti odstavené. Odstavenie takýchto zdrojov vody bolo spôsobené napr. znížením výdatnosti, prípadne zmenou kvality vody, k čomu dochádza aj vplyvom klimatickej zmeny. Takýmto príkladom je odstavený vodný zdroj Cigeľ s výdatnosťou 2 l/s. Ide o kvalitný zdroj pitnej vody, problémom sú jeho agresívne vlastnosti na oceľové potrubie, ktorým je privádzaná voda do obce Cigeľ. V sledovanej lokalite bola zistená prítomnosť agresívneho CO₂ podľa Heyera (33,43 mg/l vo vode z prameňa a 24,71 mg/l z vody vo vodojeme) a Index nasýtenia -1,09. K odstraňovaniu agresívneho CO₂ bola použitá filtračná kolóna s materiálom PVD od firmy Everzit (zrnnosť 2,5-4,5 mm), výška náplne PVD bola 150 cm (experiment 1 a 2), resp. 124 cm (experiment 3), čo predstavuje objem náplne 14,25 dm³, resp. 11,78 dm³. Počas experimentov boli odskúšané rôzne prietoky (filtračné rýchlosti) a doby zdržania vody v kolóne a ich vplyv na účinnosť odstraňovania agresívneho CO₂ z vody. Na základe experimentov na tomto vodárenskom zdroji bola navrhnutá úprava vody s využitím PVD.

Úvod

Sucho, ako prírodný fenomén patrí k extrémnym javom, ktorých následky ohrozujú nielen prírodu a krajinu, ale aj spoločnosť. Nedostatok zrážok s následným znížením odtoku vody vyvoláva sekundárne následky - najmä problémy v zásobovaní pitnou vodou a elektrickou energiou, zníženie priemyselnej a poľnohospodárskej produkcie, ale aj vysychanie malých tokov a prameňov, zhoršovanie kvality prírodných vôd. Zvýšená frekvencia výskytu extrémnych meteorologických a hydrologických javov je jedným z dopadov klimatickej zmeny, meteorologické a hydrologické sucho k týmto extrémnym javom jednoznačne patria, čo sa odráža napríklad aj na výdatnosti prameňov, poklese hladín podzemných vôd.

Pojmom zmeny klímy sú označované všetky zmeny súvisiace s klímou, teda zmeny najmenej 30-ročných charakteristík klímy. V súčasnosti sa podľa Medzivládneho panelu OSN pre zmenu klímy (IPCC 1995) takto nazývajú už len zmeny klímy prírodného charakteru, teda tie, ktoré sú spôsobené zmenami slnečnej aktivity a inými astronomickými a terestriálnymi faktormi, napríklad sopečnými erupciami, zmenami v cirkulácii vody oceánov, atď. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) - Medzivládny panel o zmene klímy je vedecký orgán poverený úlohou vyhodnocovať riziko zmeny klímy. Panel bol založený v roku 1988 Svetovou meteorologickou organizáciou a Programom Spojených národov pre životné prostredie).

Zmena klímy (klimatická zmena) znamená len tú časť zo zmien klímy, ktorú spôsobuje človek svojou činnosťou na skleníkový efekt atmosféry – emisiou skleníkových plynov a aerosólov do atmosféry a zmenou využívania krajiny.

Podzemné vody na Slovensku predstavujú hlavný, a zároveň aj jeden z najekonomickejších zdrojov pitných vôd vzhľadom k ich zachyteniu a požiadavkám na kvalitu vody. Výskyt extrémnych hydrologických javov vyvolaných klimatickými zmenami má vplyv na trvalú

udržateľnosť vodných zdrojov. V rôznych častiach Slovenska boli evidované problémy s výdatnosťami vodných zdrojov.

Viacere vodárenské spoločnosti museli prijímať opatrenia na zabezpečenie dostatočnej výroby a dodávky pitnej vody pre obyvateľstvo. V roku 2012 napríklad v obci Žakarovce pri Gelnici, v obci Prihradzany (okres Revúca) alebo v obciach Zákamenné a Markušovce v roku 2015, kde sa v dôsledku suchého obdobia prejavili problémy s deficitom pitných vôd, nakoľko miestne pramene úplne vyschli [1]. V roku 2022 extrémne sucho ovplyvnilo a znížilo výdatnosti vodných zdrojov na kritické minimum. V niektorých prípadoch sa výdatnosť vodných zdrojov znížila o 50% až 80% kapacity, resp. úplne vysychali. Najviac boli zasiahnuté vodné zdroje, ktoré sú závislé na atmosférických zrážkach. Dopad to malo hlavne na zásobované obce, ktoré využívajú lokálne vodné zdroje. Najviac obcí bolo zasiahnutých v okrese Stará Ľubovňa a na Spiši v okolí Krompách [2].

A tak je snaha tie vodárenské zdroje, ktoré majú vyhovujúcu výdatnosť z hľadiska využívania pre verejné zásobovanie obyvateľstva vodou, no boli vyradené pre nevyhovujúcu kvalitu vody a úprava vody nepredstavuje náročnú technológiu, navrátiť ich opäť do užívania. A takým je vodárenský zdroj nad obcou Cígeľ.

Na odstraňovanie agresívneho CO_2 sa používa odkysľovanie. Agresívny CO_2 predstavuje koncentráciu voľného oxidu uhličitého, ktorá je vyššia ako koncentrácia oxidu uhličitého zodpovedajúca rovnovážnemu stavu. Tento nadbytočný CO_2 je príčinou agresivity vody voči stavebným materiálom (betón, oceľ). Odkysľuje sa do uhličitanovej rovnováhy.

Spôsoby, ktorým sa CO_2 odstraňuje z vody sú:

- a) mechanické,
- b) chemické.

Pri mechanickom spôsobe odkysľovania sa oxid uhličitý vytláča prevzdušňovaním vody. Pri tomto spôsobe úpravy vody sa môžu súčasne odstrániť aj plyny, ktoré vode dodávajú zlú chuť alebo pach (sírovodík, amoniak), resp. niektoré škodlivé ľahko prchavé organické látky, zároveň dochádza k obohateniu hlbinných vôd o potrebný kyslík a k dodaniu vzdušného kyslíka potrebného pri chemickej reakcii v prípade odželezovania a odmangánovania. Tento spôsob odkysľovania je vhodný na úpravu vody:

- s rovnovážnou koncentráciou CO_2 väčšou ako 5 až 7 mg/l a
- pre vody s viac ako 1,3 mmol/l Ca+Mg a s viac ako 2,6 mmol/l $\text{KNK}_{4,5}$.

Pri tomto spôsobe nedochádza k zvýšeniu koncentrácie Ca^{2+} a Mg^{2+} , čo je zvlášť výhodné pri úprave vôd s vyšším obsahom vápnika a horčíka. Zároveň je potrebné zabrániť tomu, aby nedošlo k porušeniu uhličitanovej rovnováhy a k vylučovaniu CaCO_3 .

Chemické spôsoby odkysľovania sú založené na reakcii oxidu uhličitého s alkalicky reagujúcimi hmotami, napríklad hydroxid vápenatý, hydroxid sodný, uhličitan sodný, uhličitan vápenatý, polovypálený dolomit atď. [3].

1. Odkysľovanie hydroxidom vápenatým, vápnom

Táto metóda patrí k najdlhšie používaným spôsobom odkysľovania. Možno ňou odstrániť agresívny CO_2 z vody a v prípade potreby tiež rovnovážny CO_2 . Vyžaduje presné dávkovanie chemikálie podľa obsahu CO_2 v upravovanej vode, dovoľuje však dosiahnuť akýkoľvek stupeň odkysľovania. Najbežnejšie je dávkovanie vápna - hydroxidu vápenatého, spravidla vo forme vápenného mlieka - suspenzie $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

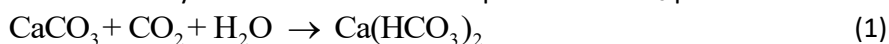
Na odstránenie 10 mg CO_2 je potrebné 8,41 mg $\text{Ca}(\text{OH})_2$, odstránením 10 mg CO_2 stúpne HCO_3^- o 13,86 mg, hodnota $\text{KNK}_{4,5}$ o 0,228 mmol/l a tvrdosť uhličitanová 0,64 °N.

Výhodou tohto spôsobu je nízka cena vápna, vápno môže byť použité bez ohľadu na chemické zloženie vody. Neprekáža prítomnosť železa a mangánu. Nevýhodou je, že dávkovanie vápna musí byť presné, aby nedochádzalo k vylučovaniu uhličitanu vápenatého a k inkrustácii potrubia. Pri vápnení sa zvyšuje obsah kationov Ca^{2+} v odkysľovanej vode o 0,1 mmol na každých 10 mg CO_2 .

Iné alkalicky reagujúce chemikálie, ktoré tvoria s CO_2 hydrogénuhličitan, ako je NaOH alebo Na_2CO_3 sa pre ich vysokú cenu používajú na odkysľovanie len výnimočne.

2. Odkysľovanie mramorom

Tento spôsob odkysľovania sa robí filtráciou vody obsahujúcej CO_2 cez mramorovú drvinu - CaCO_3 . Odkysľovanie prebieha pri prietoku vody cez otvorené alebo zatvorené filtre. Pri prúdení vody cez tento alkalický materiál dochádza k rozpúšťaniu CaCO_3 podľa rovnice:



Teoreticky sa pri odstránení 10 mg CO_2 spotrebuje 22,7 mg CaCO_3 , v praxi sa počíta 23 až 25 mg, súčasne sa zvýši obsah hydrogénuhličitanov o 27,7 mg a koncentrácia Ca+Mg (uhličitanová tvrdosť) o 0,453 mmol/l. Spotrebovaný mramor sa musí do filtra periodicky pridávať. Nevýhodou uvedeného postupu je obmedzenie na vody s koncentráciou Ca+Mg v rozmedzí 0,4 - 1,4 mmol/l a s koncentráciou HCO_3^- v rozmedzí 0,8 - 2,8 mmol/l.

3. Odkysľovanie polovypáleným dolomitom

Polovypálené dolomity (PVD) sa získavajú termickou úpravou prírodného dolomitu ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). Pri teplotách 650 až 800 °C vzniká porézna zmes $\text{MgO} \cdot \text{CaCO}_3$, ktorá reaguje s oxidom uhličitým približne trikrát rýchlejšie ako mramor.

Na odstránenie 10 mg CO_2 je teoretická spotreba PVD 11,5 mg, praktická spotreba je asi 13 mg. Obsah hydrogénuhličitanov sa zvýši asi o 21,8 mg a hodnota $\text{KNK}_{4,5}$ asi o 0,357 mmol/l, tvrdosť vody stúpne asi o 1 °N.

Na rozdiel od mramoru je polovypálený dolomit vhodný i pre vody s vyššou koncentráciou Ca+Mg od 0,428 do 2,678 mmol/l. Filtre sa navrhujú otvorené i zatvorené. Veľkosť zŕn býva od 1 mm. Výška náplne je 1 až 3 m. Odkysľovaciu hmotu treba dopĺňať, ak sa jej spotrebou náplň zníži o 10 %. Filtračná rýchlosť pre otvorené filtre sa navrhuje do 5 m/h, pre tlakové filtre do 10 m/h, tvrdosť vody od 2 do 15 °N, $\text{KNK}_{4,5}$ limituje hodnota 2,68 mmol/l HCO_3^- , malé množstvo železa a mangánu nebráni odkysľovaniu.

Chemické odkysľovanie je vhodné pre mäkké vody, chemickým odkysľovaním sa tvrdosť vody zvyšuje, voľný CO_2 sa mení na viazaný CO_2 t.j. na HCO_3^- .

Vodárenský zdroj Cigeľ sa nachádza nad obcou Cigeľ v okrese Prievidza, na severozápadnom úpätí pohoria Vtáčnik vo výške 465 m n.m. K 31. decembru 2022 mala obec 1265 obyvateľov. Poloha obce je na obrázku 1. Na obrázku je pohľad do šachty so zachyteným zdrojom vody.



Obr. 1 Poloha obce na Slovensku, pohľad do šachty VZ Cigeľ.

Experimentálna časť

Voda z vodárenského zdroja je privádzaná do vodojemu prírodným oceľovým potrubím v dĺžke 600 m. Vo vodojeme bola nainštalovaná jedna filtračná kolóna z priesvitného plexiskla, pričom rozmery kolóny boli 2 m výška kolóny, 11 cm vnútorný priemer, plocha kolóny 95 cm². Ako naplň kolóny sa použil filtračný materiál Everzit Dol (výrobca Evers, Hopsten, Nemecko), dodávateľ Jako, s.r.o., zrnitosť 2,5-4,5 mm, výška náplne PVD bola 150 cm (experiment 1 a 2), resp. 124 cm (experiment 3), čo predstavuje objem náplne 14,25 dm³, resp. 11,78 dm³.

Počas poloprevádzkových skúšok sa sledoval vplyv zmeny filtračnej rýchlosti na koncentráciu agr. CO₂, vápnika, horčíka, KNK_{4,5}, ZNK_{8,3}, pH vody, vodivosti, zákalu a farby vody. Na analýzy bola odoberaná surová voda pred vstupom do filtračného zariadenia (vzorka 1), a voda na výstupe z kolóny po filtrácii cez PVD. Zároveň bola sledovaná agresivita vody podľa Heyera, Index nasýtenia podľa Langeliera a podľa STN 757151. Zo získaných výsledkov bola vypočítaná koncentrácia voľného, viazaného a agresívneho CO₂, a tvrdosť vody.

Počiatočný rozbor vody z prameňa a pritekajúcej vody do vodojemu (VDJ) bol urobený 3.4.2025, výsledky sú uvedené v **tab. 1**.

Tab. 1 Fyzikálno-chemický rozbor vody (podľa Vyhlášky MZ SR č.91/2023 Z.z.)

parameter	jednotky		prameň		vodojem		norma	
pH			6,89		6,95		6,5 - 9,5	
zákal	NFU		0,29		0,23		5	
farba	mg/l		0		1		20	
vodivosť	mS/m		27,8		28,2		125	
CHSK _{Mn}	mg/l		0,14		0,27		3,0	
RL (rozp. látky)	mg/l		330		240		1000	
KNK _{4,5}	mmol/l		1,652		1,619		-	
ZNK _{8,3}	mmol/l		0,391		0,335		-	
NH ₄ ⁺	mg/l		0,05		0,05		0,5	
Ca ²⁺	mg/l		47,23		45,45		> 30	
Mg ²⁺	mg/l		9,55		9,55		10 – 30 (max 125)	
Fe celk	mg/l		0,02		0,03		0,2	
Mn	mg/l		0,013		0,017		0,05	
Cl ⁻	mg/l		1,9		2,7		250	
NO ₃ ⁻	mg/l		7,4		7,1		50	
NO ₂ ⁻	mg/l		0,013		0,014		0,5	
SO ₄ ²⁻	mg/l		71,2		72,8		250	
F ⁻	mg/l		0,11		0,12		1,5	
PO ₄ ³⁻	mg/l		0,25		0,19		-	
HCO ₃ ⁻	mg/l		100,8		98,76		-	
SiO ₂	mg/l		0,044		0,041			
CO ₂ voľný	mg/l		17,02		14,74		-	
CO ₂ rovn	mg/l		1,51		1,55			
Agr CO ₂ na Fe	mg/l		15,51		13,19		Tillmans	
Agr. CO ₂ na CaCO ₃	mg/l		13,68		11,88		Tillmans	
Agr. CO ₂ na CaCO ₃	mg/l		13,82		11,78		Lehmann-Reuss	
Agr. CO ₂ podľa Heyera	mg/l		33,43		24,71		Heyer	
Is = pH - pHs			-1,09		-1,05		Langelier	
Is			-1,10		-1,09		STN 757151	
Tvrdosť celková	mmol/l	°N	1,571	8,80	1,527	8,55	1,1-5,0	6,16-28

V sledovanej lokalite bola zistená prítomnosť agresívneho CO₂ podľa Heyera (33,43 mg/l vo vode z prameňa a 24,71 mg/l z vody vo vodojeme), z Tillmansovej teórie vyplýva obsah agresívneho CO₂ na železo 15,51 mg/l, resp. 13,19 mg/l, a na mramor 13,68 mg/l, resp. 11,88 mg/l. Podľa teórie Lehmann-Reussa bola zistená vo vzorke prítomnosť agr. CO₂ na mramor vo vode z prameňa 13,82 mg/l a 11,78 mg/l vo vode pritekajúcej do vodojemu. Na základe normy STN EN 757151 „Požiadavky na akosť vody dopravovanej potrubím“ je hodnota Langelierovho indexu nasýtenia Is vo vode z prameňa -1,10 a vo vode z vodojemu -1,09 (pre teplotu vody 12 °C), z čoho vyplýva, že voda má agresívne účinky.

Počas experimentov 1 a 2 boli odskúšané rôzne prietoky (filtračné rýchlosti) a doby zdržania vody v kolóne a ich vplyv na účinnosť odstraňovania agresívneho CO₂ z vody. V **tab. 2** sú uvedené filtračné rýchlosti pri ktorých boli odoberané vzorky vody.

Tab. 2 Filtračné podmienky použité počas experimentov 1 a 2

jednotka	Filtračná rýchlosť								
l/min	0.30	0.56	1.02	1.26	1.45	1.62	1.83	2.18	2.40
l/hod	18.0	33.6	61.2	75.6	87.0	97.2	109.8	130.8	144.0
m ³ /hod	0.018	0.0336	0.0612	0.0756	0.087	0.0972	0.1098	0.1308	0.144
m/h	1.89	3.53	6.44	7.95	9.15	10.23	11.55	13.76	15.15
	Doba zdržania vo filtračnom materiály								
min	47.5	25.4	14.0	11.3	9.8	8.8	7.8	6.5	5.9

V **tab. 3** a **4** sú namerané a vypočítané hodnoty rozboru surovej vody (SV) a upravenej vody, s tým, že vždy boli odoberané 2 vzorky vody po prechode cez kolónu s PVD, po 2 minútach od nastavenia prietoku a potom po 10 minútach od prvého odberu, následne bol nastavený ďalší prietok. Vzorky boli odoberané vždy do dvoch vzorkovní (500 ml), bez a s prídavkom mramoru (presným navážením 0,2 g CaCO₃) pre stanovenie Heyerovej skúšky a Indexu nasýtenia a posúdenia účinnosti odstraňovania agresívneho CO₂. Sú tu uvedené aj hodnoty sledovaných parametrov: pH, vodivosť, zákal, farba, tvrdosť vody koncentrácia vápnika a horčika (v mg/l).

Z hľadiska jednotlivých foriem CO₂ vo vode boli stanovené parametre KNK_{4,5}, ZNK_{8,3} a aj KNK_{8,3}, ktorý vyjadruje koncentráciu uhličitanov vo vode, nakoľko pH vody bolo vyššie ako 8,3.

Vzhľadom na vysokú hodnotu pH vody po prechode cez filtračnú náplň PVD v experimentoch 1 a 2 sme v experimente 3 znížili vrstvu PVD na 124 cm, čo predstavuje zníženie objemu náplne zo 14,25 litra na objem 11,78 litra, čím sme znížili dobu zdržania (dobu kontaktu) vody v náplni kolóny. V **tab. 5** sú uvedené filtračné rýchlosti a doby zdržania (kontaktu) vody v náplni kolóny.

Tab. 5 Filtračné podmienky použité počas experimentu 3

jednotka	Filtračná rýchlosť				
l/min	0.92	1.2	1.4	1.68	1.98
l/hod	55.2	72	84	100.8	118.8
m ³ /hod	0.0552	0.072	0.084	0.1008	0.1188
m/h	5.81	7.57	8.84	10.61	12.5
	Doba zdržania vo filtračnom materiály				
min	12.8	9.8	8.4	7.0	5.95

Tab. 3 Výsledky experimentu 1 a 2 (výška filtračnej náplne PVD 150 cm, **objem náplne 14,25 litra**)

Vzorka	Index nasýtenia			Heyerova skúška			Parameter									
	pH	pHs	Is=pH-pHs	(KNK _{4.5}) ₁	(KNK _{4.5}) ₂	agr. CO ₂	KNK _{8.3}	ZNK _{8.3}	vodivosť	farba	zákal	Ca+Mg	Ca	Mg	Prietok	Filtr. rýchlosť
jednotka				mmol/l	mmol/l	mg/l	mmol/l	mmol/l	mS/m	mg/l Pt	NFU	mmol/l	mg/l	mg/l	l/min	m/h
1.7.2025	Experiment 1															
SV - 1	7.21	8.23	-1.02	1.71	2.82	24.42	0	0.225	27.6	10	1.34	1.32	43.3	5.86		
1 - 1	10.39	10.32	0.07	7.45	7.23	0	3.09		48.4	2	0.34	3.34	15.4	72.05	0.30	1.89
1 - 2	10.41	10.31	0.10	7.78	7.71	0	3.29		51.1	2	0.29	3.63	15.0	79.21		
2 - 1	10.37	10.33	0.04	7.49	7.36	0	3.35		50.9	1	0.35	3.49	17.52	74.22	0.56	3.53
2 - 2	10.36	10.34	0.02	8.02	7.49	0	3.15		49.4	1	0.37	3.42	16.46	73.13		
3 - 1	10.32	10.23	0.09	7.23	6.31	0	2.76		46.9	0	0.27	2.91	15.74	61.19	1.02	6.44
3 - 2	10.28	10.19	0.09	6.90	6.28	0	2.37		46.1	0	0.28	2.61	17.18	60.33		
4 - 1	10.12	10.07	0.05	6.71	5.13	0	2.14		41.2	0	0.26	2.53	15.74	52.08	1.26	7.95
4 - 2	10.19	10.08	0.12	6.21	5.79	0	2.10		44.2	1	0.48	2.59	17.18	52.51		
SV - 2	7.22	8.26	-1.04	1.73	2.88	25,30	0	0.196	27.7	7	1.44	1.36	43.3	6.81		
6.8.2025	Experiment 2															
SV- 3	6.94	8.03	-1.09	1.78	2.94	25.63		0.203	27.6	3	0.81	1.30	36.47	9.48		
1 - 1	9.79	9.71	0.08	3.91	3.78	0	1.05		35.8	2.5	0.33	1.97	12.83	40.10	1.45	9.15
1 - 2	9.81	9.69	0.12	4.24	3.85	0	1.05		35.6	1	0.29	1.98	15.63	38.64		
2 - 1	9.67	9.60	0.07	3.65	3.61	0	0.95		34.1	1	0.27	1.88	14.83	36.70	1.62	10.22
2 - 2	9.64	9.55	0.09	3.81	3.39	0	0.95		33.8	1	0.26	1.79	17.64	32.81		
3 - 1	9.78	9.66	0.12	4.14	3.75	0	0.92		35.4	2	0.30	1.99	12.42	40.83	1.83	11.55
3 - 2	9.71	9.63	0.08	3.71	3.48	0	0.92		35.2	2	0.31	1.93	14.43	38.16		
4 - 1	9.78	9.64	0.14	3.96	3.75	0	0.98		35.8	2	0.27	1.98	14.43	39.37	2.18	13.76
4 - 2	9.72	9.60	0.12	3.88	3.45	0	1.05		35.7	2	0.27	1.96	16.43	37.67		
5 - 1	9.92	9.68	0.24	4.80	3.55	0	1.05		38.2	2	0.34	2.01	16.83	38.64	2.40	15.15
5 - 2	9.79	9.59	0.20	4.31	3.52	0	0.92		36.8	1.5	0.31	1.96	13.63	39.37		
SV- 4	6.92	8.02	-1.10	1.81	2.95	25.08		0.215	27.3	3	0.62	1.43	42.89	8.75		

Tab. 4 Výsledky experimentu 3 (výška filtračnej náplne PVD 124 cm, **objem náplne 11,78 litra**)

Vzorka	Index nasýtenia			Heyerova skúška			Parameter									
	pH	pHs	Is=pH-pHs	(KNK _{4.5}) ₁	(KNK _{4.5}) ₂	agr. CO ₂	KNK _{8.3}	ZNK _{8.3}	vodivosť	farba	zákal	Ca+Mg	Ca	Mg	Prietok	Filtr. rýchlosť
jednotka				mmol/l	mmol/l	mg/l	mmol/l	mmol/l	mS/m	mg/l Pt	NFU	mmol/l	mg/l	mg/l	l/min	m/h
3.9.2025	Experiment 3															
SV- 1	6.64	7.73	-1.09	1.762	2.925	25.586	0	0.203	27.7	7	0.58	1.071	40.78	7.36		
1 - 1	9.29	9.55	-0.26	3.125	2.992	0	0.665		32.5	0	0.20	1.733	15.27	34.08	0.92	5.81
1 - 2	9.34	9.55	-0.21	3.025	2.958	0	0.731		32.7	0	0.21	1.714	15.59	33.42		
2 - 1	9.07	9.33	-0.26	2.792	2.759	0	0.432		31.8	0	0.19	1.857	20.48	32.11	1.20	7.57
2 - 2	9.07	9.29	-0.22	2.859	2.859	0	0.532		31.7	1	0.21	1.821	17.15	33.86		
3 - 1	9.02	9.20	-0.18	2.593	2.626	0.726	0.299		30.5	0	0.21	1.553	17.15	27.34	1.40	8.84
3 - 2	9.02	9.14	-0.12	2.626	2.526	0	0.498		30.8	0	0.19	1.517	15.87	29.07		
4 - 1	9.11	9.03	0.08	3.258	2.726	0	0.698		33.6	1	0.19	1.768	21.33	28.22	1.68	10.61
4 - 2	9.07	9.08	-0.01	3.191	2.659	0	0.465		32.5	0	0.24	1.642	17.88	29.07		
5 - 1	8.91	9.01	-0.10	2.726	2.626	0	0.385		31.3	0	0.18	1.607	15.75	29.51	1.98	12.50
5 - 2	8.84	8.87	-0.03	2.629	2.460	0	0.332		31.1	0	0.22	1.642	18.61	28.63		
SV- 2	6.65	7.82	-1.17	1.781	2.958	25.894	0	0.215	27.9	6	0.43	0.984	37.74	7.10		

Výsledky a diskusia

Výsledky ukázali, že hodnoty agresívneho CO₂ v experimente 1 a 2 v rámci Heyerovej skúšky boli nulové, Index nasýtenia v kladných číslach, čo potvrdzuje účinnosť odstraňovania agr. CO₂ z vody. Prechodom cez vrstvu PVD došlo k výraznému zvýšeniu hodnoty pH vody (nad pH 10), vodivosti, koncentrácie horčička a celkovej tvrdosti vody, znížili sa hodnoty zákalu a farby vody. Čím bola vyššia filtračná rýchlosť, tým klesala doba zdržania vody vo filtračnom materiáli a klesala hodnota pH. Prekvapivým výsledkom je zníženie koncentrácie Ca, ktorý reagoval s CO₃²⁻ (KNK_{8,3}) a vypadal vo forme CaCO₃.

V experimente 3 došlo k zníženiu vrstvy filtračnej náplne, k zníženiu kontaktu materiálu Everzit s upravovanou vodou. Toto zníženie nemalo vplyv na hodnoty agres. CO₂ podľa Heyera v odoberaných vzorkách, ktoré boli nulové. Avšak pri stanovení Indexu nasýtenia sme sa dostali už do záporných čísiel, čo signalizuje agresívne vlastnosti vody (Tab. 4), V praxi hodnota $Is \pm 0,25$ sa berie ešte ako rovnovážny stav. Optimálny objem náplne by mal byť aspoň 12,50 litra v rámci vykonaných experimentov.

Zníženie vrstvy (objemu) náplne vo filtri znížilo hodnotu pH pod 9.0. Zároveň došlo oproti experimentu 1 a 2 k zníženiu tvrdosti vody, nižšiemu obsahu horčička, vodivosti. Pre ostatné sledované parametre platí text uvedený pri zhodnotení experimentov 1 a 2.

Záver

Počet zásobovaných obyvateľov v obci Cigeľ je 1278 s výhľadom do roku 2030 + 10% $\approx$ 1400 obyvateľov. Pri potrebe vody na obyvateľa a deň: 135 litrov vychádza celková potreba vody pre obec: $135 \times 1400 = 189\,000$ litrov za deň = 2,178 litrov za sekundu.

Pre úpravu vody zo zdroja Cigeľ s výdatnosťou 2 l/s sme navrhli filtračnú rýchlosť 12,5 až 14,0 m/h, objem filtračnej náplne PVD 750 litrov a tlakový filter o celkovom objeme 1580 litrov (rozmery D = 111cm a V = 240cm), spodný rozdeľovač a prietokovú filtračnú hlavu 2". Technologická zostava bude obsahovať aj 2 veľkokapacitné 25 mikrónové mechanické filtre na ochranu PVD filtra pred zanášaním korozívnych splodín., 2" pripojenie. Otázkou je dezinfekcia vody a prípadné dávkovanie kyseliny citrónovej na zníženie pH upravenej vody.

PodĎakovanie

Článok bol pripravený za finančnej podpory projektov VEGA 1/0666/23 a APVV-22-0610. Zároveň sa chceme poďakovať Stredoslovenskej vodárenskej spoločnosti a jej pracovníkom za pomoc počas experimentov na VZ Cigeľ.

Literatúra

- [1] Fendeková, M., Pórová, J., Slivová, V. a kol.: Hydrologické sucho na Slovensku a prognóza jeho vývoja, Univerzita Komenského v Bratislave vo Vydavateľstve UK, s. 300, ISBN 978-80-223-4510-1
- [2] Galík, M., Sedláková, J.: Zásobovanie pitnou vodou v podtatranskej oblasti v období mimoriadneho sucha 2022. In: *Zborník prednášok z konferencie Pitná voda 2023. 19. konferencia s medzinárodnou účasťou. 6. - 8. jún 2023, Trenčianske Teplice*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská asociácia vodárenských expertov, 2023, s. 102-164. ISBN 978-80-570-4854-1.
- [3] Ilavský J., Barloková D., Biskupič, F. Chémia vody a hydrobiológia, Vydavateľstvo STU Bratislava, 2008, p. 300, ISBN 978-80-227-2930-7.

Využití společného datového prostředí při řízení vodohospodářských projektů

Ing. Martin Hudec

Ing. Jan Medek, Ing. Martin Dufek

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.

Abstrakt

Společné datové prostředí (Common Data Environment, CDE) je klíčová digitální infrastruktura pro řízení informací a procesů ve vodohospodářských projektech. Příspěvek shrnuje architekturu CDE, procesní rámec dle ISO 19650, integraci BIM včetně praktického datového toku na bázi IFC 4.3 a validace IDS, a dále rozpracovává řízení kvality, elektronický stavební deník a workflow schvalování dodavatelské dokumentace. Diskutována jsou praktická specifika platform Proconom a Dalux a doporučení pro implementaci v prostředí liniových a technologických staveb vodního hospodářství.

1. Úvod

Vodohospodářské projekty kombinují liniové infrastruktury s technologickými celky a vyžadují vysokou míru datové disciplíny. Konzistentní a auditovatelná správa dokumentace, koordinace multidisciplinárních týmů a schopnost dohledat rozhodovací kontext v reálném čase předpokládají existenci centrální platformy. Touto platformou je společné datové prostředí (CDE), jehož procesy jsou v Evropě běžně strukturovány podle normové řady ISO 19650. CDE představuje jednoznačný zdroj pravdy pro všechny účastníky a současně integruje řízení kvality, změn, technických dotazů a formálních publikací projektových informací.

2. Architektura a procesní rámec CDE

CDE je procesně řízené úložiště projektových informací, v němž jsou dokumenty, modely a protokoly spravovány v definovaných stavech a s plnou auditní stopou. Dokumentace je ukládána v logické struktuře, opatřena metadaty a verzemi a je k ní řízen přístup podle rolí a odpovědností. Procesní logika obvykle reflektuje etapy Work in Progress, Shared, Review, Published a Archived, přičemž přechody mezi stavy spouštějí notifikace, zápisy do auditního logu a v případě potřeby i automatickou tvorbu výstupů pro řízení kvality. V rámci projektu jsou jasně určeny role, zejména zadavatel/appointing party, realizační týmy, koordinátor informací a správce prostředí; těmto rolím se přiřazují kompetence k publikaci, revizím a akceptacím.

3. Integrace BIM a datové procesy IFC

Metodika BIM se v prostředí CDE opírá o federované modely a řízené publikace. Nativní autorské modely (například RVT či DWG) jsou v dohodnutých milnících exportovány do otevřeného formátu IFC 4.3, jenž je vhodný pro inženýrské a liniové stavby. Před publikací do sdíleného prostoru probíhá validace proti specifikaci dodávky informací (IDS) a úkonům kontroly kvality dat, které ověřují nejen geometrii a klasifikaci, ale i naplnění úrovně informační potřeby (Level of Information Need). Koordinační procesy jsou vedeny nad federací modelů a připomínky jsou předávány ve formátu BCF, aby bylo možné je jednoznačně propojit s objekty v modelu a následně uzavírat přímo v CDE bez e-mailových příloh.

4. Řízení kvality a elektronický stavební deník

Řízení kvality v CDE zahrnuje systematickou evidenci neshod, nápravných opatření a protokolů o zkouškách. Každý záznam je opatřen odpovědností, termínem a případně geolokací a fotodokumentací; navázání na prvky BIM modelu umožňuje objektově orientované vyhodnocování. Elektronický stavební deník je nad rámec zákonných povinností integrován tak, aby denní záznamy, klimatické údaje, přítomnost osob a BOZP události byly publikovány do CDE ve stavu umožňujícím jejich audit a zpětné dohledání.

5. Workflow schvalování dodavatelské dokumentace – základní nastavení

Základní workflow schvalování dodavatelské dokumentace je v prostředí CDE definováno jako sekvence formálních kroků s jednoznačnou odpovědností a časovými limity. Nejprve zhotovitel sestaví a odešle dokumentaci do CDE; následuje formální kontrola úplnosti a správnosti označení v roli technického dozoru nebo koordinátora informací. Poté probíhá věcná kontrola projektantem, která může generovat připomínky a vrácení k doplnění. Po akceptaci je dokumentace publikována ve stavu Published a je k dispozici pro realizaci i archivaci. V každém kroku jsou automaticky spouštěny notifikace a zapisována auditní stopa, aby bylo možné doložit splnění lhůt a odpovědností. Na obrázku 1 je znázorněno základní nastavení procesu schválení dodavatelské dokumentace. Schéma využívá plavecké dráhy pro jednotlivé role (typicky zhotovitel, projektant, objednatel/technický dozor) a graficky odlišuje stavy, rozhodovací uzly, časové omezení i notifikační body. Cykly vrácení k dopracování jsou řešeny zpětnými větvemi s jasně deklarovaným důvodem a novým termínem. Takto popsaný model lze v CDE přímo parametrizovat pomocí stavů, rolí, SLA lhůt a šablon notifikací jako základní nastavení použitelné napříč projekty.

6. Poznámky k implementačním prostředím Proconom a Dalux

Proconom vyniká robustním řízením administrativních procesů, integrací elektronického stavebního deníku a detailní auditní stopou, což je přínosné pro investory a technický dozor při důrazu na prokazatelnost a shodu s českou praxí. Dalux je silně orientován na mobilitu a práci s BIM; nativní prohlížeč modelů, jednoduché pořizování záznamů v terénu a efektivní evidence závad umožňují operativní dohled nad realizací. Volba platformy se proto řídí preferovaným pracovním stylem a požadavky na míru mobilní práce, integrace s BIM a detail administrativního řízení.

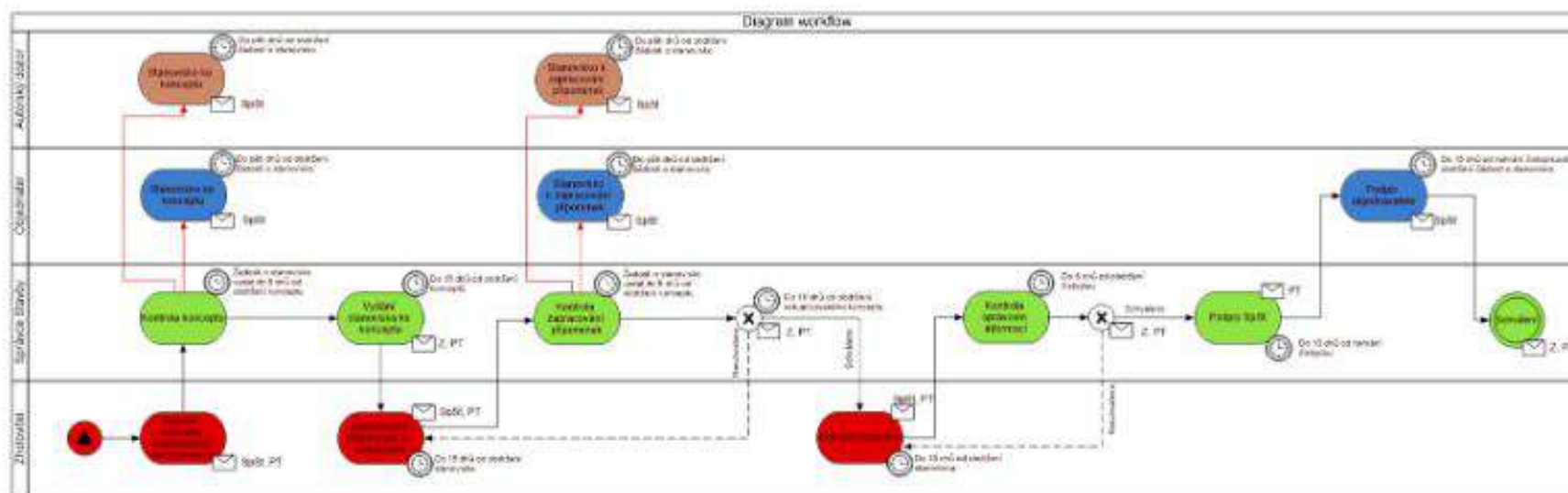
7. Implementační doporučení

Úspěšné nasazení CDE předpokládá definování standardů a pravidel již v zadávací dokumentaci, zpracování BEP a jasné určení odpovědností. Praktická zkušenost ukazuje, že vhodné je začít jednodušší strukturou adresářů a procesů, provést pilotní ověření na vybraném úseku a teprve poté rozšířit na celý projekt. Kritické je průběžné školení uživatelů a pravidelné koordináční schůzky nad daty, na nichž se vyhodnotí kvalita informací a dopad na režim publikací.

8. Závěr

Společné datové prostředí zvyšuje transparentnost, dohledatelnost a bezpečnost řízení vodohospodářských projektů. V kombinaci s otevřenými standardy IFC a řízenými procesy dle ISO 19650 umožňuje eliminovat chyby způsobené neaktuálními informacemi, zrychlit schvalování a vytvořit konzistentní digitální stopu projektu od přípravy až po provoz. Volba implementační platformy a kvalita procesního nastavení rozhodují o tom, do jaké míry se tyto přínosy promítnou do času, nákladů a kvality výstavby.

Proces schválení Dodavatelské dokumentace



Legenda použitých znaků a zkratk



Obrázek 1: Proces schválení dodavatelské dokumentace – nahrané schéma základního nastavení včetně rolí, rozhodovacích uzlů a časových omezení.

Citace a použité zdroje

- [1] ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles.
- [2] ISO 19650-2:2018. Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets.
- [3] ISO 19650-3:2020. Information management using building information modelling — Part 3: Operational phase of the assets.
- [4] ISO 19650-5:2020. Information management using building information modelling — Part 5: Security-minded approach to information management.
- [5] ČSN EN 17412-1:2021. Level of Information Need — Part 1: Concepts and principles.
- [6] buildingSMART International. IFC 4.3 Specifications and Documentation. Dostupné online: <https://technical.buildingsmart.org/>
- [7] buildingSMART International. Information Delivery Specification (IDS). Dostupné online: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ids/>
- [8] Dalux A/S. Dalux Field, Dalux Box — Product Documentation.
- [9] Proconom a.s. Proconom — Uživatelská a systémová dokumentace.

Praktické zkušenosti s provozem Smart meteringu ve společnosti OVAK

Ing. Peter Ostrák – Vedoucí střediska vodoměrů a chytrého měření

Ostravské vodárny a kanalizace a.s.

V roce 2013 společnost OVAK a.s. dokončila instalaci pochůzkového (Walk-By) systému dálkového odečtu pro měsíčně odečítaná odběrná místa. Jelikož se jednalo převážně o průmyslové vodoměry ve vodoměrných šachtách, cílem bylo zamezit případným úrazům odečítačů, zajištění odečtů v zimních měsících a v neposlední řadě zrychlení odečtu bez potřeby vstupu do výrobních areálů a stísněných prostor. Provoz tohoto systému dálkového odečtu nebyl bez problémů. Pro zajištění odečtu některých odběrných míst bylo zapotřebí instalace opakovače signálu a životnost vysílacích modulů se projevila jako velice krátká. Velikou nevýhodou bylo řešení, že dodavatelem technologie byl samotný výrobce vodoměrů a pochůzkový odečet nebyl aplikovatelný na stávající vodoměry, ale byl svázan s konkrétním k tomu uzpůsobeným modelem vodoměru.

Jak říká staré pořekadlo, technický pokrok nezastavíš, a i toto se nám přihodilo v roce 2014. V tomto roce nám byla nabídnuta společností SUEZ k testování její technologie dálkového odečtu. Pro zasazení do kontextu, v tomto roce jsme věděli, že existuje něco jako LoRa a Sigfox. O těchto sítích se odborná i laická veřejnost mohla dozvědět, že se jedná o síť budoucnosti. Pro aplikaci ve vodárenství v té době neexistovalo žádné funkční zařízení, které by bylo možné aplikovat. Reálné pokrytí taktéž nebylo. Společnost SUEZ nám nabídla kompletní autonomní řešení sestávající z hardware a podpůrného software. Důležitým faktorem pro rozhodnutí bylo, že nabízené řešení bylo možné instalovat na stávající námi provozovaná měřidla s pulsním výstupem.

V létě 2014 započal pilotní provoz, který měl otestovat možnost aplikace daného řešení dálkového odečtu, včetně ověření jeho funkčnosti. Systém se skládal s přijímacích jednotek a vysílacích modulů ve dvojím provedení. Potřeba vybudování sítě přijímačů nebyla v dané době pro nás nevyhovujícím faktorem. Provozovaná infrastruktura je centralizovaná na území jednoho města. Budování pokrytí nebylo mimo časovou náročnost nijak obtížné. V roce 2017 jsme přešli z pilotního do ostrého provozu a současně jsme našim odběratelům představili tuto technologii pod názvem Chytré měření.

Systém dálkového odečtu je do dnešních dnů provozován od roku 2014 pod stejným názvem, ale nejedná se stále o stejnou technologii. Technologické zázemí společnost SUEZ stále vyvíjí a nyní interně hovoříme o druhé generaci hardware a software. Nyní k samotné technologii, která komunikuje na protokolu Wize a ve světě je známá pod názvem provozovatele WizeAlliance, jejíž zakladatelem je společnost SUEZ.

Popis technologie a způsob provozování

Vysílače instalované na vodoměry snímají snímačem pulsy z číselníku vodoměru a pomocí datových paketů v protokolu Wize jsou po frekvenci 169 MHz vysílány k přijímačům. Vysílače máme ve dvojím provedení. Nejčastěji zastoupené je kompaktní provedení vysílače. Druhou oddělenou verzi vysílače instalujeme do míst s nepříznivými podmínkami pro signál. Nejčastěji šachtice, zatopené prostory, sklepy, podzemní garáže aj. Obecné dlouhodobé zastoupení těchto vysílačů je zhruba v poměru 4:1. Instalace a zprovoznění vysílače na vodoměr zabírá včetně administrativy cca 5 minut. Výjimkou může být oddělený vysílač s potřebou složitějšího vedení kabeláže. Vysílače vysílají standardně 24 hodinových hodnot, denní informace o maximálních a minimálních průtocích, alarmové a stavové informace. Tyto informace jsou dvakrát během dne

odesílány k přijímači v protokolu Wize formou datového paketu. Vysílač tímto způsobem dokáže hospodárně využívat svou interní baterii, díky čemuž může dosáhnout životnosti až 15 let. Nyní současně provozujeme první a druhou generaci zařízení. Druhá generace vysílačů je inteligentnější a s obousměrnou komunikací. Vysílač si dokáže sám po měsíci provozu vyžádat od přijímače údaje o kvalitě příjmu dat za poslední měsíc. Dá-li přijímač vysílači informaci o nedostatečnosti signálu, případně vysílač neobdrží žádnou informaci od přijímače (není v dosahu signálu), dokáže vysílač sám upravit výkon a přenosovou rychlost dat tak, aby bylo dosaženo co nejlepších výsledků. Samozřejmě zde dochází ke změně parametrů, které mají za následek snížení životnosti baterie vysílače.



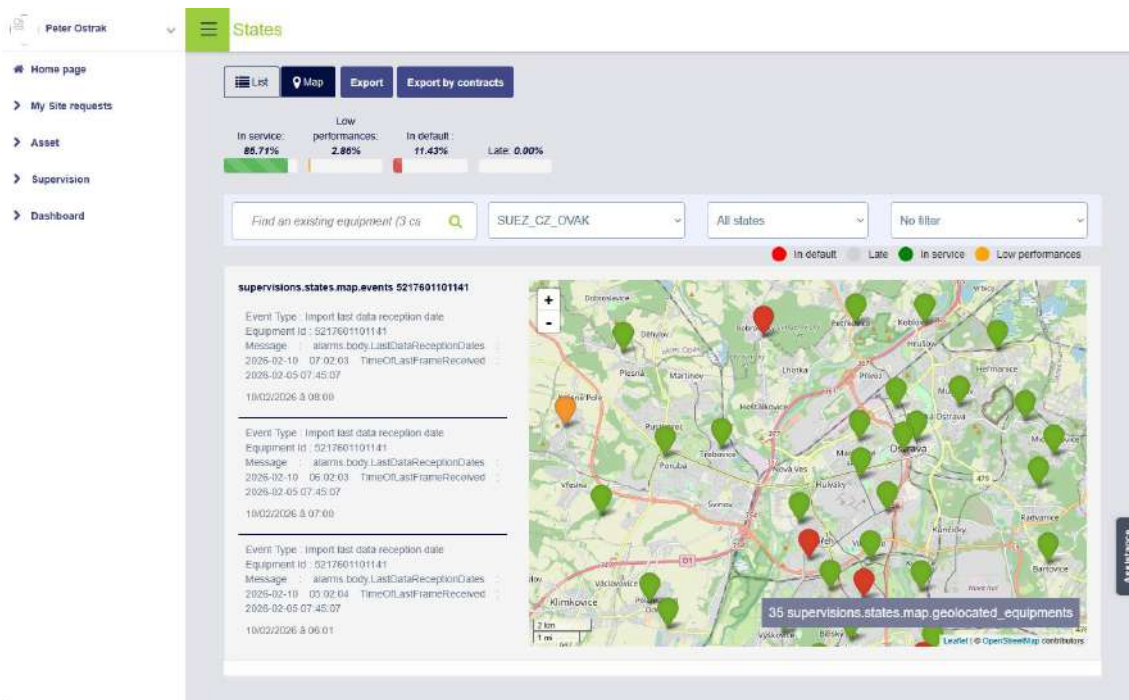
Obr. 1. - Ukázka instalace kompaktního a odděleného vysílače na vodoměru.

Přijímače jsou instalovány na výškových objektech a skládají se z přijímací jednotky a až 4 antén, které mohou být všesměrové prutové, nebo směrové. Přijímače provozujeme taktéž druhou generaci. Oproti první generaci z roku 2014 došlo k pro nás nejviditelnějšímu posílení příjmu z cca 3 – 5 km až na vzdálenost 10 km v otevřeném terénu. Přenos odečtených dat je lépe šifrován a optimalizován. Veškerá data jsou přijímači odesílána do datového centra. Velice důležitá je kompatibilita, kdy přijímače dokážou odečítat všechny generace vysílačů.



Obr. 2. - Ukázka přijímače včetně antény instalovaného na výškovém objektu

Pro správu, provoz a využití dat z dálkového odečtu využíváme několik podpůrných aplikací. Prostředí aplikací je ve formě webových portálů, v kterých přistupujeme k jednotlivým funkcím. Prvním portálem je portál pro správu přijímačů. Sledujeme zde funkčnost přenosu dat jednotlivých přijímačů, útlum antén, počet odečtených vysílačů aj. V nastavení přijímače lze měnit komponenty a aktualizovat firmware na dálku. Důležitá je přehledná mapa sloužící ke každodennímu monitoringu funkčnosti přijímačů. Na přiloženém obrázku lze pozorovat provozované přijímače, přijímače dočasně vypnuté, které čekají na instalaci nové verze hardware (v případě dosluhující první generace) a přijímače s probíhající údržbou.



Obr. 3. - Portál pro dohled a správu nad přijímači.

Pro správu odběrných míst, vysílačů a nastavení upozornění na spotřebu slouží portál pro správu eMIS.DM. S tímto portálem pracuje široké spektrum vodárenských pracovníků. Od techniků, provádějící zásahy na síti, po analytiky vodovodní sítě a referenty zákaznického oddělení snažící se řešit požadavky odběratelů. Druhý portál pro zákazníky eMIS.SE je našim odběratelům zpřístupněn skrze Zákaznický účet OVAK. Odběratel má možnost v zjednodušené formě přehledně sledovat chování své spotřeby včetně aktuálního posledního odečtu. Důležitou funkcí je upozornění odběratele na únik vody. Únik vody může být podchycen pomocí dvou metod a záleží na odběrateli, kterou využije. První metoda je upozornění na netěsnost, tj. nenulovou spotřebu vody v sledovaném období 24 hodin. Tato metoda má obrovskou výhodu v podchycení velmi nízkých úniků vody typu netěsnosti. Ne zřídka se nám stalo, že tyto úniky mohou být v objemu pod 100 l za den. Vizuálně odběratel obvykle tento únik na číselníku vodoměru nezachytí. Číselník se může odběrateli jevit jako stojící. Dochází k velice jemnému pohybu magnetické stříelky číselníku vodoměru, který je vysílačem zaznamenan. Pohyb musí být po celou dobu sledovaného období 24 hodin. Druhé upozornění je na nadměrnou spotřebu, která musí být definována odběratelem. Zde je funkčnost jednoduchá, dojde-li k překročení odběratelem definované hodnoty protečeného množství vody, bude o tomto stavu odběratel informován.



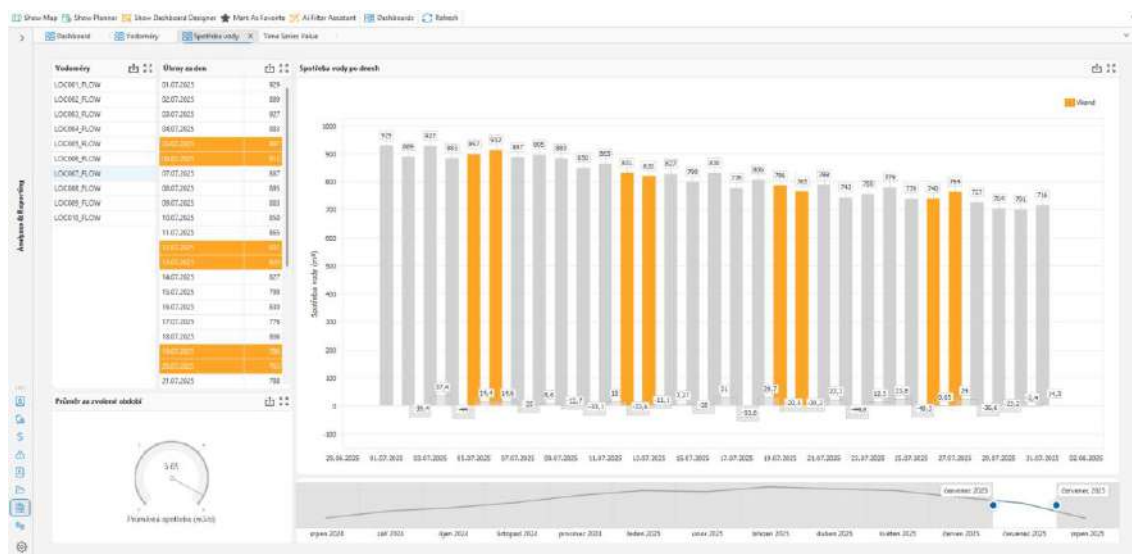
Obr. 4. - Vlevo portál pro správu eMIS.DM, vpravo zákaznický portál eMIS.SE.

Praktické zkušenosti z provozu

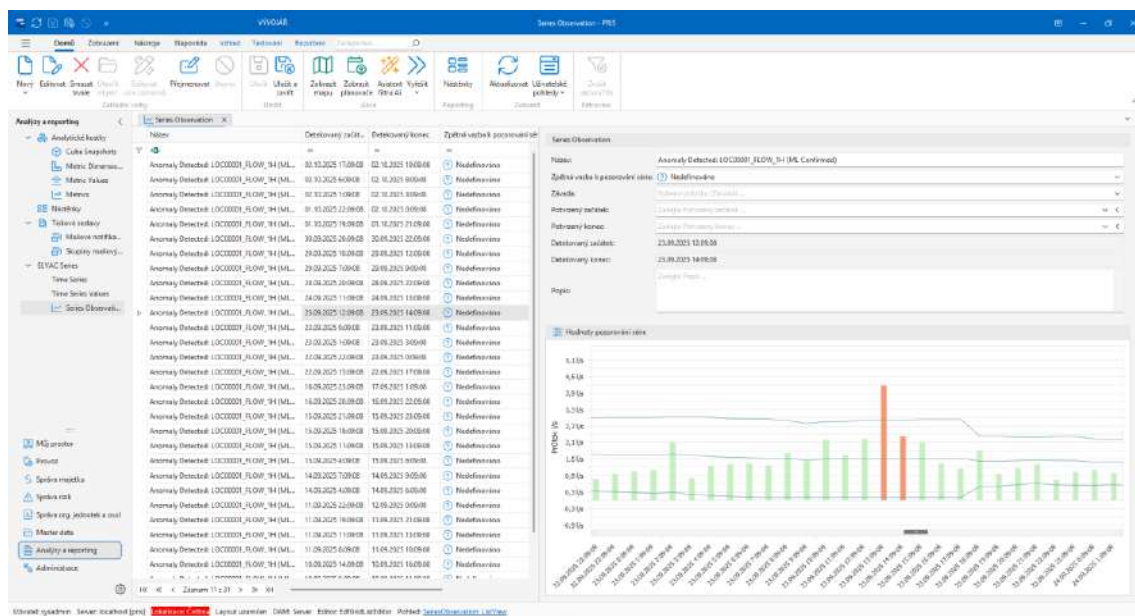
Více než desetiletý provoz dálkového odečtu vyvinuté společnosti SUEZ nám poskytl mnoho zkušeností a dokázal nám definovat budoucí cíle firmy. Velice pozitivně je u našich odběratelů vnímána služba Chytré měření, kdy odběratel ZDARMA získává automaticky přístup ke svým odečteným datům. Upozornění na únik dokázalo zachránit ne jeden rozpočet domácnosti. Jak se v průběhu let mění legislativa, začal se o službu zvedat zájem samotných odběratelů. Zejména nově postavené průmyslové nebo obchodní objekty požadovaly celkový monitoring energií. Hromadné využití Chytré měření našlo u městských částí a bytových správ. Díky historií naměřených dat bylo možné zpětně dohledat anomálie ve spotřebě a v součinnosti s odběratelem řešit záhady zvýšené fakturace.

Na počátku, při implementaci systému Chytrého měření, jsme očekávali budoucí nutnost snížení stavu odečítačů. V roce 2014 byla pro odečet Ostravy potřeba sedmi odečítačů. Dnes jsme se pro fyzickou kontrolu a odečet odběrných míst ustálili na počtu třech odečítačů. Systém dálkového odečtu není jen personální úspora, ale taktéž bylo nutné personálně posílit zejména údržbu. V případě nutnosti posílení signálu, nebo změny četnosti odečtu vysílače vyjíždí pracovníci vykonávající údržbu do terénu. Bohužel dochází i k poškození vysílačů, které je nutné v co nejkratším termínu řešit.

Práce s daty vytvořila nové pozice datových analytiků, kteří vyhodnocují chování spotřeb ve spojení s dohledáním a snížením ztrát vody. Technologie byla plně začleněná do chodu společnosti a je využívána širokou škálou vodárenských pracovníků. Koncová data jsou předávána do systému GeoSCADA našeho dispečinku. Vodárenští pracovníci se zde již od roku 1998 věnují uzavřeným monitorovacím zónám pro sledování úniků. Po letech tak mohli doplnit střípek o údaje vody spotřebované přímo na straně odběratelů a zpřesnit tak dohledání ztrát. Jelikož objem dat díky Chytrému měření narůstá, bylo zapotřebí vymyslet další využití těchto užitečných dat. Ve spolupráci se společností ELVAC SOLUTIONS s.r.o. je dlouhodobě vyvíjen interní software PRIS (Provozní informační systém). Od roku 2025 došlo k začlenění a využití i těchto dat za účelem jejich implementace a automatizovaného vyhodnocování za pomoci AI. Software slučuje všechna provozní data naší společnosti, které díky svému objemu interně nazýváme „Big Data“. Zejména voda dodaná do sítě, nátok do monitorovacích zón, tlakové poměry a nově voda spotřebovaná. Pomocí AI analýzy software doplní možné chybějící hodnoty číselných řad vzniklé výpadky dat, provádí predikci trendu chování a vyhodnocuje anomálie. Software vyhodnotí a zobrazí nejpodstatnější výsledky, které jsou vodárenským pracovníkům přehledně graficky zobrazeny v prostředí software PRIS, kteří dále rozhodnou o potřebě nějaké formy zásahu v terénu.



Obr. 5. - Příklad práce na klasifikaci nálezů abnormalit z výstupu AI v prostředí PRIS.



Obr. 6. - Příklad odhalení a vyhodnocení úniku v prostředí PRIS.

Závěrem

Implementace systému dálkového odečtu není jen o hardware a software, ale o nastavení interních procesů uvnitř společnosti. Implementací jsme vytvořili základ technologie uvnitř společnosti, která je dále rozvíjena dle aktuální potřeby. Určitě se dnes setkáváte s informacemi, že jsou ve velkém propagována jiná IoT řešení využívající síť mobilních operátorů, kdy my provozujeme vlastní síť. Taktéž větší podporou statických vodoměrů, jako základ chytrého dálkového odečtu ve vodárenských společnostech. V našem případě využíváme stále mechanické vodoměry s pulsním výstupem. Jak již bylo zmíněno v textu předtím, nejedná se o identickou technologii z prvopočátku roku 2014. Nyní využíváme druhou generaci podporující nové trendy. Obrovskou výhodou je možnost rozšiřovat systém dálkového odečtu o nové funkce. Momentálně probíhá analýza možnosti začlenění statických vodoměrů. Vedle výběru vhodného typu statického vodoměru, což je velké téma samo o sobě, řešíme možnosti a způsoby začlenění odečtených dat. Není vyloučeno provést přenos dat například pomocí NB-IoT, nebo samotnou integraci protokolu Wize do statického vodoměru ve spolupráci s výrobcem vodoměru.

Určitě víte, že technologie se vyvíjejí každým dnem. Ti, kteří se snaží najít řešení pro svou společnost, monitorují aktuální situaci. Co je dnes novinka, může být zítra zastaralé. Důležité pro nás bylo, že jsme udělali strategické rozhodnutí a v dané době učinili rozhodnutí. Nyní, když máme velký objem dat ze zhruba 32 tisících fakturačních vodoměrů, které odečítáme pomocí 35 ks přijímačů, můžeme s těmito daty dále pracovat. Na základě tohoto rozhodnutí můžeme vyvíjet a zlepšovat software. Snižovat ztráty k hranici 9 %. To, že vyjde nějaký nový model vodoměru, nebo způsob měření nás už nerozhodí. Zajistit začlenění do stávajícího systému není tak obtížné, jak budovat celou platformu na zelené louce. Za mě mohu touto formou potvrdit, že se rozhodně jednalo o pro naši společnost velice pozitivní strategické manažerské rozhodnutí.

Přehled vývoje a inovací v oblasti litinových potrubí

Ing. Miroslav Pflieger

SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o.

Abstrakt

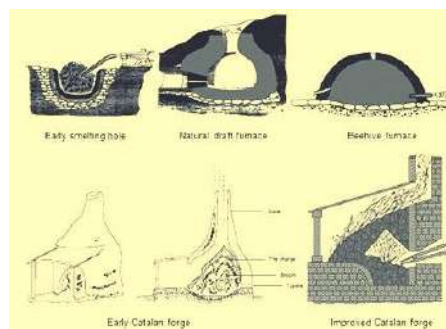
V článku vyzdvihují hlavní milníky v oblasti vývoje a inovací (nejen) spojené s tvárnou litinou a jejím použitím pro vodovody a kanalizace. Kromě několika historických faktů se věnují vývoji materiálu včetně technologických změn souvisejících s odléváním, vyzdvihují postupnou evoluci ochrany trubek nebo jednotlivé typy spojování.

Trocha historie ...

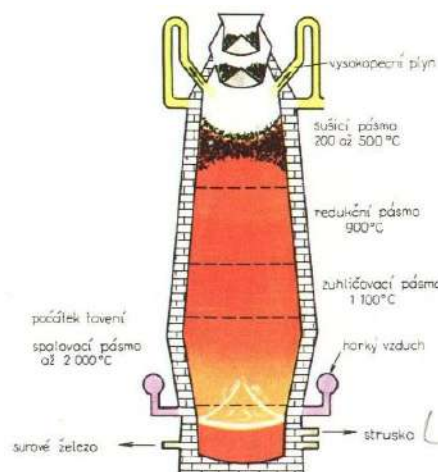
První důkaz o používání železných nástrojů ve starověku pocházejí z Egypta z doby 4000 let př.n.l. Ve spáře mezi dvěma kameny v pyramidě byl nalezen železný nástroj. Původ mnoha prehistorických železných nástrojů byl pravděpodobně meteorické železo. Meteorické železo obsahuje 5 % až 26 % niklu, zatímco tavené železo obsahuje pouze stopové množství. Proto lze železné artefakty vyrobené z meteoritů odlišit od předmětů z taveného železa.



Mezi první zmínky o výrobě litiny jsou z Číny někdy z 5. století př.n.l., což je asi o 100 let dříve než první zmínka v Evropě. Číňané vyvinuli vysoké pece schopné dosáhnout teplot nutných k roztavení železné rudy (teploty mezi 1100 a 1200 °C). Následně používali technologii žhání, aby snížili křehkost materiálu. Litina se používala k masové výrobě zemědělských nástrojů, zbraní a uměleckých předmětů. V Evropě se litina objevovala sporadicky až do 14. století. Dlouho bylo upřednostňováno kované železo vyrobené v dmychadlových pecích, které bylo méně křehké. Kolem 15. století začala výroba litiny v Burgundsku (Francie) a v Anglii, primárně pro odlévání děl a kanonových koulí.



K prvnímu velkému technickému přelomu došlo na začátku 18. století v Coalbrookdale v Anglii, kde Abraham Darby úspěšně nahradil dřevěné uhlí koksem při výrobě surového železa ve vysoké peci. Koks umožnil levnější a efektivnější výrobu velkého množství litiny. V roce 1779 byl postaven slavný Iron Bridge v Shropshire v Anglii, což byl první velký projekt využívající konstrukční litinu. Jednalo se o litinový obloukový most a rozpětím přes 30 metrů, který překračuje řeku Severn. Po počáteční nejistotě ohledně použitého materiálu probíhala stavba po dobu dvou let, přičemž za železné konstrukce byl zodpovědný Abraham Darby III (potomek člověka, který zavedl koks



do výroby litiny). Most byl otevřen v roce 1781 a byl prvním velkým mostem na světě vyrobeným z litiny. Jeho úspěch inspiroval k širokému použití litiny jako konstrukčního materiálu a dnes je most oslavován jako symbol průmyslové revoluce. Most, přilehlá osada Ironbridge a soutěska, přes kterou most vede, tvoří památku světového dědictví UNESCO.



Co u nás?

Na území dnešní České republiky patřili Salmovské železářny v Blansku v 19. století k absolutní špičce a byly největším výrobcem litiny v tehdejším Rakousko-Uhersku. Rozkvět železáren nastal poté, co nad nimi v roce 1806 převzal správu starohrabě Hugo František Salm-Reifferscheidt. Byl to osvícený šlechtic a průkopník průmyslové revoluce, který do Blanska přivedl moderní technologie a odborníky. Železářny prosluly zejména uměleckým litím. Vyráběly sochy (např. pro Hradní bránu ve Vídni), náhrobky, kříže, ale i užitkové umění v různých stylech od klasicismu po secesi. Kvalitou byly tehdy srovnávány s nejlepší anglickou litinou. Blansko dodávalo litinové prvky pro významné stavby po celé monarchii. Z jejich dílen pocházejí díly pro nádražní haly, litinové pavilony, lázeňské kolonády (např. v Mariánských Lázních) nebo zábradlí mostů ve Vídni.



Zajímavostí je, že zde působil jako ředitel Karel von Reichenbach, který objevil parafín (tehdejší revoluční náhrada loje při výrobě svíček) nebo kreosot (prostředek k impregnaci dřeva nebo v té době k nakládání masa i když známější poté jako látka, která vznikala v komínech při pálení vlhkého dřeva a byla příčinou mnoha požárů). Salmovské železářny se později staly součástí koncernu ČKD Blansko.

Významným producentem litiny pro výrobu potrubí byly železářny v Králově Dvoře u Berouna. Původní huť byla založena roku 1346 králem Karlem IV. Lobkovicové povolali roku 1595 do Králova Dvora francouzského hutního odborníka, rytíře Jindřicha Kašpara ze Sarthu, který zde nechal vystavět první vysokou pec v Čechách. V 19. století nastaly velké změny, byly zavedeny vysoké pece na koks, byla vystavěna nová slévárna s modelárnou, mechanické dílny a další provozy. Huť dostala název Karlo – Emilova. Od roku 1880 se začíná používat název Královodvorské železářny. Technický rozvoj pokračoval, závod byl elektrifikován, postaveny patnáctitunové Siemens-Martinovy pece, Thomasova ocelárna, dvě další vysoké pece, ale i závodní hotel a závodní nemocnice. V roce 1905 byla dokončena válcovna na tenké plechy, byla vystavěna budova ředitelství, vodovod, další byty pro zaměstnance atd. Roku 1909 huť opět změnila majitele. Stala se jím Pražská železářská společnost, která již vlastnila kromě jiného huť a uhelné doly na Kladně a vápencové lomy v blízkém okolí. Ta také vybudovala po roce 1911 lanovku na dopravu železné rudy od dolů Krušná hora a Hrouda.



Po 2. světové válce Pražská železářská společnost zanikla a všechny její podniky, včetně Královodvorských železáren, byly zestátněny. V roce 1953 byla uvedena do provozu slévárna odstředivě litých trub, v roce 1963 byla zahájena výroba v nové slévárně tvarovek a v roce 1968 výroba plynule litých litinových profilů. Tradiční výrobní program – surové železo a plechy válcované za tepla – byl v 80. letech zastaven, postupně byl omezován i trubní program, až byl

v roce 1994 také definitivně ukončen. Postupně byly demontovány i vysoké pece a trať na skládku strusky. Poslední odpich vysoké pece byl proveden v roce 1987. V dalších letech sice probíhala vnitřní transformace na skupinu společností, dnes tento závod již neexistuje.

170 let výroby v Pont-à-Mousson

Pro vznik sléváren ve světě byl často jednou z důležitých podmínek dostupnost vstupního materiálu primárně železné rudy. To byl i důvod vzniku francouzských sléváren v městečku Pont-à-Mousson ve východní Francii – Lotrínsku. Při stavbě železnice mezi městy Nancy a Méty podél řeky Mosely (délka řeky je přes 540 km, pro srovnání Vltava je dlouhá 430 km) byl nalezen zdroj železné rudy a uhlí. To v kombinaci s nově budovanou železnicí vedlo ke strategickému rozhodnutí o vzniku sléváren. Velkou podporou byla doba – průmyslová revoluce a potřeba trubního materiálu pro v té době preferovanou infrastrukturu vodovodů a plynovodů. V roce 1856 byly založeny slévárny „Pont-à-Mousson vysoké pece a slévárny, akciová společnost“, které se po francouzsko-pruské válce v roce 1871 již plně věnovali odlévání trubek a dalších součástí pro vodovody. V té době začali i první exporty odlitků do světa.



Odstředivé lití

Obrovským technologickým krokem bylo vynalezení odstředivého lití. První patent získal v roce 1809 Angličan A.G.Eckhardt. Patent však nebyl zaměřen primárně na trubky. V polovině 19. století proběhly v Baltimoru (USA) první pokusy o výrobu litinových trubek odstředivým litím. Realizovala se dodávka trubek DN 75 mm o celkové délce 3,6 km. Za klíčový moment je ale považován rok 1918 (někdy uváděno období 1917–1921), kdy francouzsko-brazílský inženýr Dimitri Sensaud de Lavaud vyvinul a patentoval metodu odstředivého lití do vodou chlazených kovových forem.

Do té doby se trubky odlévaly vertikálně do pískových forem, což bylo pomalé, vyžadovalo to náročnou přípravu forem a trubky měly proměnlivou tloušťku stěny. Navíc se dělaly v kratších délkách, což je vidět například na trubkách dodaných na přivaděč vody z Káraného pro Prahu v letech 1906 až 1913, které měly maximálně 4 metry.

De Lavaudův stroj používal horizontální, rychle rotující kovovou formu – kokilu, která byla z vnějšku chlazená vodou. Do formy se nalila roztavená litina. Odstředivá síla přitlačila kov na stěny formy, čímž vznikla trubka s vysokou hustotou a přesnými rozměry bez nutnosti tvorby vnitřního jádra. Odstředivá metoda umožnila vyrobit trubky tenčí, lehčí, pevnější a odolnější vůči korozi. Celý proces výroby se zrychlil a nová technologie umožnila masovou výrobu trubek.

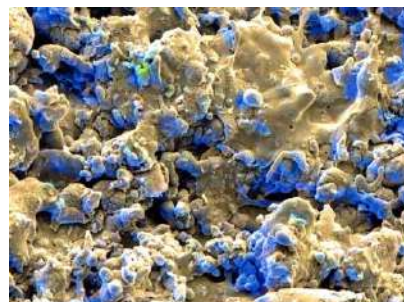


V současné době existují 2 typy odlévacích strojů. V prvním případě je odlévací stroj stabilní a nalévací kanálek se pohybuje uvnitř kokily a dává roztavenou litinu (nejvíce rozšířené u výroby malých DN). U velkých profilů trubek zůstává statický naopak nalévací kanálek a pohybuje se celý stroj.

Přerod šedé litiny do litiny tvárné

Tvárná litina (litina s kuličkovým grafitem) byla vyvinuta někdy kolem roku 1943 v USA. Za objevitele jsou považováni metalurzi inženýři Millis, Gagnebin a Pilling, kteří pracovali pro společnost International Nickel Company (Inco). Millis zjistil, že přidání malého množství hořčíku (případně v kombinaci s niklem) do roztavené šedé litiny těsně před odlitím výrobku způsobí, že se grafit při tuhnutí přetvoří do formy kuliček místo obvyklých lupínků. Šedá litina má grafit ve formě lupínků, které působí jako vnitřní vruby a způsobují křehkost. Hořčík odstraní síru a kyslík, což umožní grafitu zformovat se do kuliček. Tyto kuličky umožňují ocelové matici kolem nich deformovat se, což materiálu dává pevnost a tvárnost.

Průmyslová výroba a masové rozšíření, zejména pro trubky, tvarovky, armatury a další zejména strojírenské součástky, začalo až po 2. sv. válce. Od 70. let minulého století většina světových producentů trubního materiálu vyráběla již čistě z tvárné litiny, u nás se ale tyto výrobky dostali na trh až po roce 1989.



Těsnící, jištěné a přírubové spoje

Do 30. let 20. století se hrdlové spoje litinových trubek tradičně utěšňovaly konopným provazcem a zalévaly olovem. U nás se tato metoda spojování objevovala ještě dlouho po 2. sv. válce. První pokusy s využitím gumy jako těsnicího materiálu se objevily již ve třetí čtvrtině 19. století v Anglii. Mechanický spoj využívající gumové těsnění byl vyvinut kolem roku 1921.

Gumové spoje (těsnění) u litinového potrubí se začaly ve větší míře aplikovat a vyvíjet od 30. let 20. století (Austrálie a USA), přičemž k jejich masovému rozšíření došlo v polovině 50. let 20. století. Tzv. rychlé spoje (push-on joints) s gumovým těsněním, jak je známe dnes, byly vyvinuty někdy kolem roku 1955. Tyto spoje umožňují rychlejší montáž a nevyžadují speciální dovednosti a nástroje. S rozvojem syntetických elastomerů (jako např. EPDM) po 2. sv. válce se zvýšila odolnost těsnění, což dále podpořilo přechod od tuhých spojů k pružným gumovým spojům.

Mezi roky 1920 až 1930 se začaly objevovat první mechanické spoje, které využívaly šroubované přitlačné příruby k stlačení těsnění, což umožnilo přenos axiálních sil. Jištěné "zámkové" spoje, které zajišťují trubky proti vytažení z hrdel, se začaly výrazněji prosazovat s nástupem tvárné litiny v 50. a 60. letech 20. století. První řešení jištění spočívalo ve využití ozubených segmentů, které byly zataveny do gumového těsnicího kroužku. Spojila se tak funkce těsnění a zároveň zajištění proti vysunutí. Jištěné spoje se dále vyvíjeli, pro větší tlaky v potrubí a tím pádem i pro větší tahové síly nebo pro velká DN potrubí byly vyvinuty spoje využívající návarek.

Přírubové spoje mají za sebou daleko delší historii. Před průmyslovou revolucí se objevovali různé „primitivní“ konstrukce, ale krásný příklad technického řešení přírub na litinovém potrubí je přivaděč vody pro celkem 55 fontán a různých nádrží a jezírek Versaillských zahrad z dob krále Ludvíka XIV., který je po více než 350 letech stále v provozu. Přívodní potrubí bylo složeno z litinových přírubových trubek DN 600 délky 1 metr. Těsnění jednotlivých kusů bylo provedeno z koženého pásu vloženého mezi dvojici olověných plátů. Místo šroubů spojily příruby dvojice protisměrných klínových dubových klínů. S rozšířením parních strojů (např. William Murdock) vznikla potřeba spojovat trubky spolehlivěji. V roce 1824 si James Russell patentoval metodu výroby trubek, která vedla k rozvoji spolehlivějších přírubových spojů. V Německu začal DIN (Deutsches Institut für Normung) v roce 1917 standardizovat příruby, aby zajistil jejich kompatibilitu.



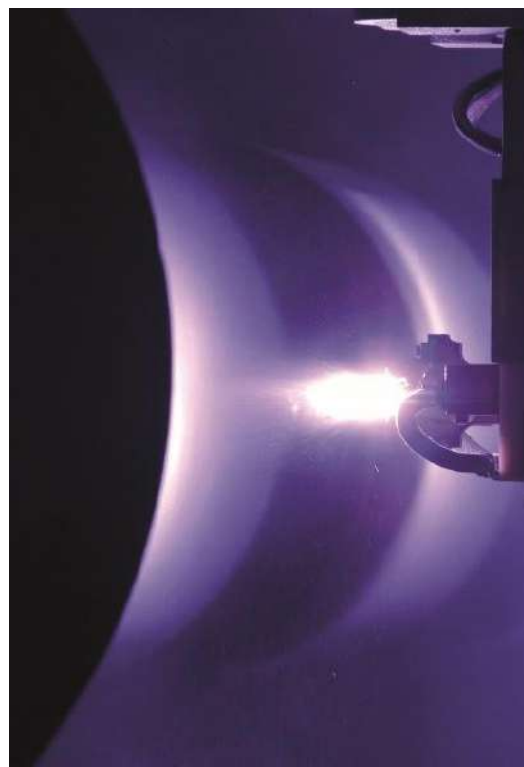
Pozinkování jako aktivní ochrana

V roce 1742 popsal francouzský chemik P.J. Malouin poprvé metodu nanášení roztaveného zinku na železo. Pozinkování železných a litinových materiálů se začalo průmyslově rozvíjet v první polovině 19. století. Francouzský inženýr S. Sorel získal patent na metodu žárového zinkování. Nicméně masové využívání pozinkovaných trubek pro rozvody vody a kanalizace nastalo až koncem 19. století. Pozinkované ocelové a litinové trubky se staly standardem pro vnitřní rozvody studené vody a odpadů, přičemž nahrazovaly starší materiály, jako bylo olovo.

Pozinkování povrchu litinových trubek plní přímou funkci dlouhodobé protikoroze ochrany, která výrazně prodlužuje životnost potrubí. Zinek vytváří na povrchu litiny aktivní ochrannou vrstvu, která zabraňuje přístupu vlhkosti a kyslíku k základnímu kovu. Zinek je méně ušlechtilý než železo, takže v případě poškození povrchu (škrábance) „koroduje“ zinek přednostně a tím chrání samotnou litinu. Zabraňuje vzniku vnější koroze, která je častou příčinou selhání kovových potrubí. Pozinkovaná vrstva je pevná a odolává oděru během instalace. U tvárné litiny zinkový povlak spolu s finálním nátěrem chrání trubku před agresivními vlivy půdy a okolního prostředí, čímž životnost prodlužuje na 100 i více let.

U trubek z tvárné litiny se používá žárové stříkání zinkové vrstvy v kombinaci s ochranným nátěrem, což je standardní ochrana pro vodovodní i kanalizační litinové trubky. Během posledních 60. let se vývoj ochranného pozinkování vyvíjel jednak v navyšování hmotnosti nanášeného zinku a i vývoji složení slitiny:

- 120 g/m² zinku u prvních ochráněných trubek
- 200 g/m² zinku, která se používala nejdéle až do přelomu století
- 400 g/m² slitiny Zn/Al s nebo bez jiných kovů



Zesílené ochrany

V roce 1958 byla instalována v Louisianě v USA první inženýrská síť (vodovod) s použitím polyetylénové ochrany. Jednalo se ale o tzv. volný obal což laicky řečeno spočívalo v navlečení PE „pytle“ okolo trubky. Je zajímavé, že tato ochrana se u nás aplikovala ještě v 90. letech minulého století. Zároveň v době první aplikace PE obalu proběhly v USA i experimentální instalace extrudovaného polyetylénu na vnější povrch litinových trubek. Postupně se od volných návleků přešlo k modernější extrudaci (vytlačování) polyetylénu, který poskytuje lepší mechanickou odolnost a přilnavost. Vnější vytlačovaný polyetylén se stal základem zvýšené ochrany litinového potrubí proti agresivitě zeminy či podzemní vody a proti agresivním bludným proudům.

Polyuretanový PUR nástřík se na vnější povrch litinových trubek začal intenzivněji aplikovat a prosazovat jako špičková protikoroze ochrana od 80. let 20. století, kdy se hledaly odolnější alternativy k tradičním nátěrům jako byl dehet nebo asfalt. V 90. letech se PUR nátěry staly běžnějšími, zejména pro potrubí v agresivním prostředí.

Obalování litinových trubek cementovou maltou se začalo výrazněji aplikovat a standardizovat přibližně od 20. do 30. let 20. století. V USA byly první trubky s cementovou ochranou (vnitřní i vnější) instalovány kolem roku 1922. Cementová malta na vnějším povrchu vytváří vysoce alkalické prostředí ($\text{pH} > 10$), které chrání litinu před korozi v agresivním prostředí. Zároveň se tato ochrana stala ideální mechanickou ochranou potrubí např. při bezvýkopových technologiích instalace potrubí.



Závěr

Potrubí z tvárné litiny přináší díky svému vývoji kombinaci moderního materiálu se zcela jinými mechanickými vlastnostmi, propracovaným systémem odolných těsnicích a jištěných spojů a širokou paletou základních a zvýšených/speciálních ochranných. Díky tomu patří mezi významné materiály určené pro výstavbu trvanlivých a bezpečných vodovodů a kanalizací.

Problematika vlhkosti ve vnitřním prostředí vodojemů

Ing. Roman Bouda

Ředitel útvaru vodovodů, SmVaK Ostrava a.s.

Abstrakt

Cílem příspěvku je seznámení s problematikou související s vlhkostí v prostředí armaturních komor vodojemů a jejími negativními projevy. Jedná se o často opomíjenou problematiku, která je také u nových staveb, případně celkových sanací vodojemů, významnou příčinou negativního ovlivnění životnosti stavebních konstrukcí i technologického vybavení. V úvodu je popsána dosavadní obvyklá praxe v zajištění větrání těchto vlhkostně exponovaných prostor s příklady negativních projevů vlhkosti. Zároveň je stručně představena metodika podrobného průzkumu vývoje parametrů vnitřního prostředí v závislosti na ročních obdobích v případě několika vybraných objektů. V příspěvku jsou stručně popsány výstupy a doporučení z vycházející z tohoto dlouhodobého zkoumání. Tyto poznatky byly následně aplikovány do řešení projektových dokumentací na celkové sanace několika vodojemů. Příspěvek seznamuje také se zkušenostmi a výsledky z reálného uplatnění tohoto nového trendu v případě konkrétního vodojemu. Ověření přínosu tohoto řešení je dokumentováno na výsledcích z ověřovacího měření.

Základní informace o SmVaK Ostrava a.s.

Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s. jsou největší vodárenskou společností v Moravskoslezském kraji a dlouhodobě se řadí mezi přední firmy na vodárenském trhu v České republice. Společnost dodává pitnou vodu pro více než 704 tisíc obyvatel prostřednictvím vodovodní sítě o celkové délce 5 203 kilometrů a 146 tisíc vodovodních přípojek s celkovou délkou 770 kilometrů. Jako nedílnou součást vodovodní sítě společnost zajišťuje provoz 230 čerpacích stanic, ale zejména 341 vodojemů, na problematiku vnitřního prostředí jejich armaturních komor je zaměřen tento příspěvek.

Úvod do problematiky

SmVaK Ostrava zajišťují provoz vodohospodářských objektů, stejně jako jiné vodárenské společnosti, různého stáří, uspořádání, kvality provedení, a zejména technického stavu stavební i technologické části. Projevy vlhkosti uvnitř armaturních komor, zejména v závislosti na ročním období, se negativně projevují téměř na každém objektu této kategorie. Negativní projevy jsou napříč všemi objekty různých provozovatelů v zásadě stejné a příklady některých z nich jsou zachyceny na obrázcích 1 a 2.



Obrázek č. 1



Obrázek č. 2

Typicky se jedná o poškozování technologického vystrojení kondenzací vzdušné vlhkosti, degradací stavebních konstrukcí, jako je například degradace omítek, jejich odmrzání apod. Jelikož se jedná o vodárenské objekty, které slouží pro akumulaci pitné vody, tak za nepřijatelný je nutno považovat častý doprovodný negativní projev zvýšené vlhkosti, a to tvorbu plísní na stěnách. Jejich spóry mohou představovat riziko druhotné kontaminace akumulované pitné vody a v neposlední řadě tento projev nepůsobí dobře po estetické stránce a neposkytuje to vnější obraz, který by si odpovědný provozovatel přál.

Tuto problematiku byla snaha řešit dlouhodobě, ale vždy byly detekovány problémy již v projekční fázi návrhu sanací těchto objektů. Projektanti byli schopni detailně rozpracovat komplexně veškeré stavební řešení včetně technologie, ale řešení odvětrání armaturní komory se ve většině případů řešilo pouze návrhem příslušného počtu uzavíratelných větracích mřížek uspořádaných tak, aby se spoléhalo na tzv. křížové přirozené odvětrání. Z praxe tento systém zajišťoval částečně požadovanou eliminaci vzdušné vlhkosti pouze v určitých ročních obdobích a za určité hranice teploty a vlhkosti vnějšího vzduchu. Po většinu roku bylo ale toto řešení kontraproduktivní, a často naopak docházelo ke zhoršování stavu vnitřního prostředí. Nepomáhalo ani řešení navrhované některými projektanty s využitím odvětrávacích ventilátorů s možností nastavení meze vlhkosti pro jejich spínání.

U stávajících objektů se ve snaze o zajištění vyhovujícího vnitřního prostředí provozními pracovníky dlouhodobě uplatňovala provozní opatření, která stav neřešila, ale jak bude uvedeno dále, naopak zhoršovala. Jako příklad je možné uvést dlouhodobě zakořeněný zvyk zajištění trvalého větrání v období jara až podzimu například pomocí trvale otevřených ventilací na oknech se zajištěním pomocí sítěk proti vnikání hmyzu, a naopak na zimní období zakrývání všech ventilačních otvorů (Obrázek č. 3).



Obrázek č. 3



Obrázek č. 4

Hledání koncepčního řešení

Výše popsané negativní projevy nejsou žádoucí u žádného objektu, nicméně nejproblematictější byly případy, kdy se tyto projevy vyskytly v případě některých objektů, které prošly celkovou sanací s vynaložením nákladů v řádech až desítek miliónů korun (Obrázek č. 4).

Jelikož se příslušná opatření nedařila spolehlivě řešit s odbornými projektanty v rámci přípravy staveb, tak po interním projednání problematiky byl vedením SmVaK Ostrava spuštěn pilotní projekt pro nalezení koncepčního řešení.

Při plnění tohoto úkolu se v úvodu podařilo navázat spoluprací s VUT Brno, konkrétně s profesorem Ondřejem Šikulou. Po detailním představení problematiky byl vytipován vzorek čtyř vhodných objektů a tým z VUT zahájil roční měření parametrů vnitřního prostředí. Roční perioda byla zvolena z toho důvodu, aby byly postiženy všech ročních období a s nimi spojené vlivy zejména na venkovní vlhkost a teplotu. Na každém objektu byly se záznamem hodnot měřeny tyto veličiny:

- vlhkost vnitřní i vnější
- teplota vnitřní i vnější
- rychlost proudění vzduchu uvnitř objektu pomocí anemometru.

Zároveň byly v průběhu měření zpracovateli poskytovány údaje o vstupech do těchto objektů v rámci periodické provozní činnosti (kontrola stavu objektu, čištění akumulčních komor, údržba zařízení v objektu).

Výsledkem ročního měření bylo pro každý objekt zpracování podrobné energetické simulace s vyhodnocením stavu a konkrétním návrhem řešení. Jako součást závěrečné zprávy byla doporučena také optimální úroveň vnitřní vlhkosti, která je ještě přípustná tak, aby nedocházelo k negativním jevům uvnitř akumulční komory. Co bylo důležité, tak doporučené opatření, a hlavně zásady pro řízení vnitřního prostředí byly pro všechny objekty přibližně shodné, a proto jsou pro základní návrh tato řešení přenositelná také pro další objekty. Klíčovými zásadami pro řízení vnitřního prostředí jsou:

- Jako první krok je bezpodmínečně nutná stavební připravenost, která zajistí zrušení veškerých otvorů a průduchů, kterými by mohlo docházet ke zkratovému proudění mimo systém k tomu určený. Jako součást tohoto kroku je nutné prověřit stav vnější izolace armaturních komor jednak ze strany zemního obsypu, ale také ze strany akumulční komory, pokud přímo sousedí se stěnou armaturní komory. Jedná se o důležitý a nezbytný krok, který je ale technicky i finančně značně nákladný.
- Základním doporučením pro zajištění vyhovující kvality vnitřního prostředí je toto prioritně řešit pomocí řízeného odvětrání, ale pouze za vhodných podmínek. Z měření vyplynulo, že v případě vodohospodářských objektů, ve kterých jsou standardně místa s vysokým rizikem kondenzace vlhkosti (trubní vystrojení s vodou o teplotě cca 5-10° Celsia), je nejméně vhodné období pro větrání a přívod vnějšího vzduch letní období. Naopak v zimním období byl zaznamenán největší počet vhodných dnů pro provětrání objektu a snížení jeho vlhkosti. Toto je v rozporu s dosavadní praxí uvedenou v úvodu.
- Nedílnou součástí vystrojení pro řízení vnitřního prostředí je odvlhčovač, který je nastaven v systému tak, že tvoří tzv. pojistku pro období, která nejsou vhodná pro odvětrání do vnějšího prostředí, ale vnitřní vlhkost bude mít tendenci překračovat nastavenou horní mez.

Jako nejvhodnější řešení pro řízení vnitřního prostředí byl navržen technologický soubor, který se typicky skládá z následujících součástí:

- vlastní řídicí jednotky
- čidel vnějších a vnitřních rozhodujících parametrů (teplota a tlak)
- rozvodu VZT potrubí
- elektricky ovládaných klapek na VZT potrubí
- trubních ventilátorů
- kondenzačního odvlhčovače.

Doporučení z provedeného průzkumu bylo také na nastavení regulačních a řídicích vazeb včetně omezujících podmínek. Jedná se například o stanovení rozdílu vnější a vnitřní vlhkosti a teploty, při jakých parametrech větrat a kdy už automaticky zapínat odvlhčovač. Odvlhčovač je v celém systému energeticky nejnáročnější spotřebič, a proto je žádoucí, aby byl zapínán pouze v nezbytně nutných případech. Například za vhodnou hranici pro zahájení provětrávání objektu rozdíl absolutních (měrných) vlhkostí exteriéru a interiéru minimálně 0,5 g/kg suchého vzduchu, ale s další omezující podmínkou na nepodkročení minimální teploty v interiéru (tato hodnota je volena s ohledem na technologické vstrojení objektu).

Stručná teorie – absolutní vs. relativní vlhkost

Obecně rozšířeným vyjádřením vlhkosti prostředí je v procentech (jedná se o relativní vlhkost). Pro většinu případů, zejména v civilním životě, je toto vyjádření dostačující a pracuje s ním například většina meteorologických stanic pro domácí použití. Pro vlastní algoritmy celého systému řízení vnitřního prostředí je nicméně toto vyjádření vlhkosti nedostatečné a je nezbytné v těchto případech pracovat s vlhkostí absolutní – viz níže uvedené příklady:

Relativní vlhkost

Udává kolik procent vodní páry obsahuje vzduch ve srovnání s tím, kolik by maximálně mohl obsahovat při dané teplotě.

Příklad: 50 % znamená, že vzduch je naplněn vodní párou z poloviny své maximální kapacity.

Závisí na teplotě – teplejší vzduch pojme více vlhkosti, proto se relativní vlhkost může měnit i bez změny množství vody.

Absolutní vlhkost

Udává skutečné množství vodní páry ve vzduchu.

Vyjadřuje se například v g/kg.

Nezávisí na teplotě – jde jen o to, kolik vody v prostředí reálně je.

Příklad: absolutní vlhkost 6 g/kg

1. Při teplotě 5 °C

Vzduch může maximálně pojmout přibližně 6,8 g/kg s. v.

Relativní vlhkost = 88 %

2. Při teplotě 15 °C

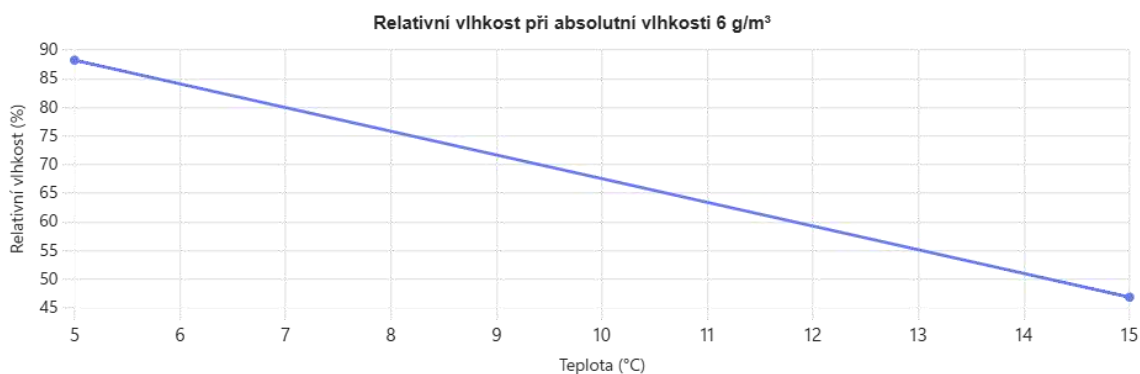
Vzduch při této teplotě pojme maximálně asi 12,8 g/kg s. v.

Relativní vlhkost = 47 %

Absolutní vlhkost je stále shodná: 6 g/kg s. v.

Studený vzduch (5 °C) má malou kapacitu → relativní vlhkost je vysoká.

Teplejší vzduch (15 °C) má větší kapacitu → relativní vlhkost klesne.



Co graf ukazuje?

- Při 5 °C má vzduch nízkou kapacitu → relativní vlhkost je vysoká (~88 %).
- Při 15 °C má vzduch kapacitu větší → relativní vlhkost klesne (~47 %).
- Absolutní množství vody je pořád stejné, jen se mění teplota.

Od teorie k praxi

Tyto poznatky, závěry a doporučení z reálného měření na objektech se začaly uplatňovat do projektových dokumentací všech významnějších sanací akumulací a úpraven vod. Na uplatňování tohoto řešení společnost spolupracuje s vybraným projektantem (Ing. Tomáš Král, projekce VZT a pasivních domů), který se na VUT Brno touto problematikou podrobně zabýval. Prvním objektem, u kterého se toto řešení uplatnilo v praxi byl vodojem Jablunkov Alžbětinky 800 m³. Tento objekt patřil z pohledu pronikání vlhkosti s následnými negativními projevy k těm problematičtějším. V minulosti zde již byly provedeny některé stavební zásahy, které tento problém měly řešit, ale bez trvalého efektu. Při realizačním projektu byly uplatněny veškeré výše uvedené nezbytné kroky vč. náročného obnovení vnější hydroizolace. Vlastní realizace byla dokončena v podzimních měsících roku 2024. Stav před sanací a po sanaci je znázorněn na Obrázcích č. 5 a 6.



Obrázek č. 5 Stav před sanací



Obrázek č. 6 Stav po sanaci

V průběhu celého roku 2025 bylo prováděno periodické ověřovací měření s vizuální kontrolou případného výskytu negativních projevů a bylo konstatováno, že problém s vlhkostí byl v případě tohoto objektu vyřešen. K tomuto přispěla také supervize s úpravou doladění původního nastavení systému provedené Ing. Tomášem Králem.

Jediným problematickým bodem komplexního návrhu se ukázala skutečnost, že původní návrh týmu VUT Brno na zcela autonomní systém řízení vnitřního prostředí bez potřeby přenosu veličin na dispečink je pro kontrolu správné funkce celého složitého systému nedostatečný.

Pokračování na dalších objektech

Na základě postupně získávaných zkušenostech z postupné implementace se technické řešení a využívání jednotlivých prvků komplexního řešení neustále zpřesňuje a optimalizuje. Příkladem je náhrada původně uvažovaných mechanických zpětných klapek za klapky elektricky ovládané z důvodu negativního ovlivňování funkce systému zejména za větrného období, kdy mechanické klapky nebyly dostatečně těsné.

Aktuálně se celý proces nachází téměř ve finální fázi a bylo nalezeno z větší části univerzální řešení, které je již využíváno standardně v každé projektové dokumentaci a následné vlastní realizaci. Také se ukázalo, že nezbytným prostředkem pro provoz předmětného systému je možnost dálkového přenosu veličin a řízení, v případě SmVaK Ostrava prostřednictvím systému Retos.

Obrázek č. 7 znázorňuje jak složité vazby a regulace je nutné nastavit, aby celý systém pracoval optimálně, tedy aby byly zajištěny optimální parametry prostředí za co nejnížšího vynaložení energetické náročnosti.

Odvlhčení		
Zapínací abs. vlhkost pro ventilátor	5,2	g/kg
Vypínací abs. vlhkost pro ventilátor	4,8	g/kg
Blokovací rel. vlhkost pro ventilátor	70	%
Deblokovací rel. vlhkost pro ventilátor	72	%
Blokovací T pro ventilátor	5,0	°C
Deblokovací T pro ventilátor	7,0	°C
Blok. rozdíl abs. vlhk. venk. vs. vnitř. vent	0,2	g/kg
Deblok. rozdíl abs. vlhk. venk. vs. vnitř. vent	0,5	g/kg
Zapínací abs. vlhkost pro odvlhčovač	7,6	g/kg
Vypínací abs. vlhkost pro odvlhčovač	7,4	g/kg
Zapínací rel. vlhkost pro odvlhčovač	80	%
Vypínací rel. vlhkost pro odvlhčovač	78	%

Obrázek č. 7

Shrnutí a další cíle

Na základě reálného nasazení tohoto nového způsobu řízení kvality vnitřního prostředí byl jednoznačně potvrzen přínos koncepčního řešení. Zvolená cesta, která byla časově a technicky náročná se jednoznačně ukazuje jako dobrá investice do výrazného prodloužení životnosti vodohospodářských objektů a snížení požadavků na následné opravy.

Jak již bylo zmíněno výše, systém řízeného větrání nemá smysl implementovat na objekty bez předcházející adekvátní stavební připravenosti, která eliminuje zdroje dotace vlhkosti do objektu.

Aktuálně se pracuje na další optimalizaci systému s cílem snižování energetické náročnosti pro nalezení optimální vlhkosti uvnitř objektů, tedy aby nedocházelo k negativním projevům, ale naopak také, aby nebyla udržována vlhkost na zbytečně nízkých hodnotách například častým spouštěním odvlhčovače. Do systému se bude začleňovat také řízení teploty objektu, což úzce souvisí s výměnou vzduchu uvnitř stavby v zimním období.



Obrázek č. 8 Optimální stav – vlhkost pod kontrolou

Aktuality z úpravy vody v Plzni a představení provizorního řešení s dodávkou pitné vody pro část města Stod

Ing. Martina Klimtová, Ph.D.

VODÁRNA PLZEŇ a.s., Malostranská 143/2, 317 68 Plzeň, martina.klimtova@vodarna.cz

Abstrakt

Jediným zdrojem surové vody pro úpravnu vody (ÚV) Plzeň je dolní tok řeky Úhlavy. Technologie ÚV se s ohledem na charakter a znečištění zdroje, navíc s velmi proměnlivou kvalitou, skládá ze tří separačních stupňů. Úprava povrchové vody do jakosti pitné vody, podle požadavků platné vyhlášky č. 252/2004 Sb., se neobejde bez bezpečné dodávky kvalitních procesních chemikálií a plynů. Od rozsáhlé rekonstrukce zásadních částí technologické linky ÚV Plzeň (filtrace a ozonizace) uplynulo v září 2025 právě 10 let a i přes patřičnou péči vyžaduje dobře fungující vodárenský provoz průběžnou modernizaci a inovativní přístup. V průběhu roku 2025 byly v procesu povrchové vody nově zprovozněny dvě jednotky pro výrobu kyslíku ze stačeného vzduchu. Od začátku roku 2026 tři generátory ozonu využívají podle aktuální potřeby kyslík vyrobený na místě. V horizontu dvou let je především z bezpečnostních důvodů v provozu ÚV Plzeň plánována výměna stávajícího dávkování plynného chloru náhradou za kvalitní produkt, vyrobený na místě elektrolýzou. Velkou výzvou pro zpracování projektu bylo navrhnout optimální velikost zařízení, která zajistí dostatečnou dávku produktu v přímé návaznosti na okamžitou, někdy často kolísavou kvalitu surové, potažmo upravované vody.

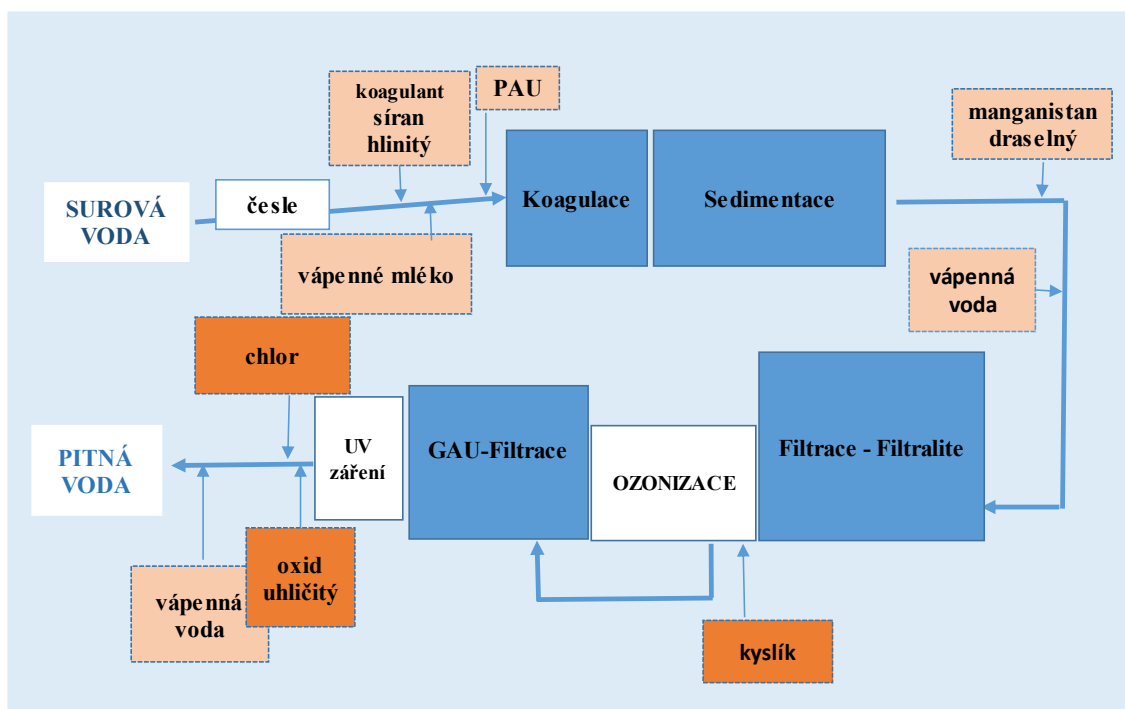
V příspěvku bude představeno provizorní řešení dodávky pitné vody (ve všech legislativně požadovaných parametrech) v části města Stod, ve kterém společnost VODÁRNA PLZEŇ (VP) provozuje vodovod pro veřejnou potřebu. Překlenovací období provozování vodovodu mezi skončením platnosti výjimky pro pesticidní látky a zahájením rekonstrukce ÚV III. Stod přesáhlo 12 měsíců.

Úpravna vody Plzeň

Z úpravy vody (ÚV) ročně odečte do plzeňské aglomerace a dalších třiceti okolních města a obcí více než 13 mil. m³ pitné vody, jejíž kvalita splňuje všechny požadované parametry podle platných legislativních předpisů. Aby mohla ÚV Plzeň zásobovat kvalitní pitnou vodu více než 200 000 odběratelů, jsou potřeba až 2 200 tun koagulantu, cca 630 tun vápenného hydrátu, cca 300 tun oxidu uhličitého, cca 13 tun chloru a dalších procesních chemikálií. Na kvalitu výsledného produktu - upravené vody, má přímý vliv kvalita vstupních chemikálií a technických plynů, dávkovaných v procesu úpravy vody. Provoz celého komplexu ÚV se samozřejmě neobejde bez cca 8,2 mil. kWh elektrické energie z distribuční sítě (původem z energetického mixu České republiky).

S ohledem na charakter zdroje s výrazně proměnlivou kvalitou mnoha parametrů v průběhu roku nebo při změnách hydrologických poměrů v povodí v kratších časových obdobích technologie ÚV sestává ze tří separačních stupňů: koagulace s navazující sedimentací, filtrace přes dvouvrstvý zrnitý materiál a adsorpce na povrchu granulovaného aktivního uhlí (GAU). Do čerpané surové vody z řeky je po korekci pH dávkován síran hlinitý. Po homogenizaci navazuje proces sedimentace v šesti dvojicích podélných usazovacích nádrží. Odsazená voda gravitačně natéká do šesti otevřených rychlofiltrů s materiálem Filtralite. Filtrát z druhého separačního stupně pokračuje do objektu ozonizace, kde je prostřednictvím statického míšiče vnášen do

upravované vody ozon, jehož hlavní úlohou v procesu úpravy povrchové vody je působit silně oxidačně na přítomné organické látky. Po ozonizaci je upravovaná voda čerpána zpět do objektu filtrace, kde natéká na čtyři otevřené rychlofiltry s náplní GAU. Regenerace všech deseti rychlofiltrů se provádí kombinací vzduch/upravená voda s tím, že délky jednotlivých fází regenerace a délky filtračních cyklů jsou s ohledem na filtrační náplně odlišné. Na GAU-filtraci, navazuje hygienické zabezpečení vody UV zářením a dávkováním plynného chloru. Závěrečnou fází úpravy vody je stabilizace vody spojená s dávkováním oxidu uhličitého a vápenné vody (**Obr. 1**).



Obr. 1: Technologické schéma ÚV Plzeň s reálným/projektovým výkonem: 500/1000 l/s.

Upravená voda je z pěti akumulčních nádrží o celkovém objemu 17 374 m³ čerpána do pásmových vodojemů a dále distribuována do rozsáhlého spotřebiště.

Rekonstrukce technologie ÚV Plzeň v 2013 - 2015

Původně dvoustupňová technologie ÚV Plzeň z konce 90. let minulého století byla postupem doby pro charakter znečištění dolního toku vodárenského zdroje nedostatečná. Hybnou silou plánované rekonstrukce ÚV byl především opakovaně potvrzený nadlimitní výskyt některých pesticidních látek a jejich reziduí. Kompletní rekonstrukcí v průběhu roků 2013 až 2015 postupně prošly objekty filtrace a ozonizace (HYDROPROJEKT CZ a. s. SWECO 2009).

Přestavba filtrů spočívala ve vybourání původních meziden a jejich vystrojení systémem Leopold (Dolejš, Drbohlav 2009). Nově byl objekt filtrace hydraulicky rozdělen na druhý separační stupeň, tvořený šesti rychlofiltry s náplní Filtralite Mono-Multi a na třetí separační stupeň, tvořený zbylými čtyřmi rychlofiltry o stejné ploše, s náplní GAU Filtrasorb TL-830. V rámci rekonstrukce objektu filtrace byla vyřešena recirkulace odpadní vody z regenerace všech deseti otevřených filtrů.

Zásadní změny prodělal objekt ozonizace. Po kompletní rekonstrukci se o výrobu ozonu z dováženého kyslíku podle potřeby dělí tři generátory ozonu WEDECO (3x 6,5 kg O₃/h) místo původních čtyř generátorů ozonu (4x 5,5 kg O₃/h). Vnos ozonu s vysokou účinností (90 % – 96 %) a jeho směřování s upravovanou vodou je zajištěn systémem Statiflo GDS (Gas Dispersion Systems) (Beneš 2008). V každé ze čtyř ozonizačních linek je do vstupního proudu vody

vstřikována směs ozonu s kyslíkem. Voda s příslušnou dávkou ozonu postupuje tříkomorovou reakční nádrží nejprve sestupnou, pak vzestupnou směšovací sekcí a nakonec vymírací sekcí. Dávka ozonu je regulována podle koncentrace ozonu v druhé části reakční nádrže (Drda, Klimtová 2019). Před zahájením kompletní rekonstrukce objektu ozonizace byl nově zrealizován další stupeň dezinfekce, UV záření, které tak po celou dobu suplovalo mikrobicidní účinky ozonizace.

Výroba kyslíku „in situ“ pro generátory ozonu

V důsledku koronavirové epidemie, kdy byla několikrát ohrožena dodávka kapalného kyslíku kvůli přednostním zakázkám pro medicínské účely, vznikl projekt efektivní výroby kyslíku „in situ“. V průběhu roku 2025 byly v objektu ozonizace instalovány dvě jednotky generátorů kyslíku, založené na technologickém principu PSA (Pressure Swing Adsorption). V suterénu budovy jsou umístěny kompresory a vymrazovací sušičky, v prvním podlaží vzdušníky s kapacitou 3 000 litrů a v druhém podlaží PSA generátory se zásobníkem kyslíku (2 000 litrů). Vstupním médiem je kompresorem stlačený a vymrazovací sušičkou vysušený okolní vzduch, který proudí přes adsorbent schopný zachytit molekuly dusíku a umožňuje průtok molekul kyslíku do zásobníku. PSA generátory produkují kyslík pro navazující proces výroby ozonu s požadovanou čistotou 92 – 95 %. Dusík je v průběhu procesu v nastavených intervalech odváděn zpět do atmosféry. Konečný návrh s realizací dvou generátorů kyslíku se stejným výkonem ($2 \times 35 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2/\text{h}$) prošel vývojem přes návrhy dvou jednotek různého výkonu. Hlavním kritériem byl požadovaný průtok kyslíku pro generátory ozonu. Z archivovaných hodnot řídicího systému MScada za období roků 2020, 2021 a 2022 bylo zjištěno, že pouze v necelých 10 % případů průtok kyslíku pro výrobu ozonu přesáhl hodnoty $35 \text{ Nm}^3/\text{h}$, s maximální hodnotou $62 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Dezinfekce vody UV zářením

Účinnou mikrobicidní bariéru v procesu úpravy povrchové vody na ÚV Plzeň zajišťuje dvojice nízkotlakých UV reaktorů (s kapacitou $2 \times 650 \text{ l/s}$), zařazená za GAU-filtraci. S ohledem na běžný výkon ÚV jsou UV reaktory provozovány ve střídavém režimu. Každý UV reaktor obsahuje 36 nízkotlakých amalgámových výbojek, umístěných ve třech řadách za sebou, pod úhlem 45° k toku upravované vody (**Obr. 2**). Výrobce jednotek garantuje dávku UV záření 400 J/m^2 , při které dochází k poškození reproduktivní schopnosti ve vodě přítomných mikroorganismů a které už v inaktivované formě nepředstavují pro zdraví člověka riziko infekce. Nezastupitelnou funkci mikrobiální pojistky UV reaktory plní především v letním období, kdy teplota upravované vody přesahuje 20°C .

Pracovníkům provozu ÚV, kteří se specializují vedle odborné péče o kontinuální analyzátoři také na měřicí a regulační zařízení, se daří díky pečlivému přístupu znatelně prodlužovat životnost jednotlivých UV-zářičů a tím snižovat provozní náklady reaktorů. Zmínění kolegové provádějí navíc chemické a mechanické čištění ochranných skleněných trubic, ve kterých jsou samotné výbojky instalovány, zhruba v polovině doporučeného časového intervalu čištění, zajišťovaného servisní odbornou firmou. Díky zkrácení období čištění ochranných trubic jednotlivých UV zářičů a vysoké kvalitě upravené vody (filtrátu z GAU-filtrace) je možné v průběhu dne v UV reaktoru provozovat plnohodnotně všechny tři řady ($3 \times 12 \text{ lamp}$) pouze 2 hodiny a na zbývajících 22 hodin jednu řadu (12 lamp) šetřit.



Obr. 2: UV reaktor umístěný na odtokovém potrubí z GAU-filtrace

Plánovaná výroba roztoku chlornanu sodného elektrolýzou „in situ“

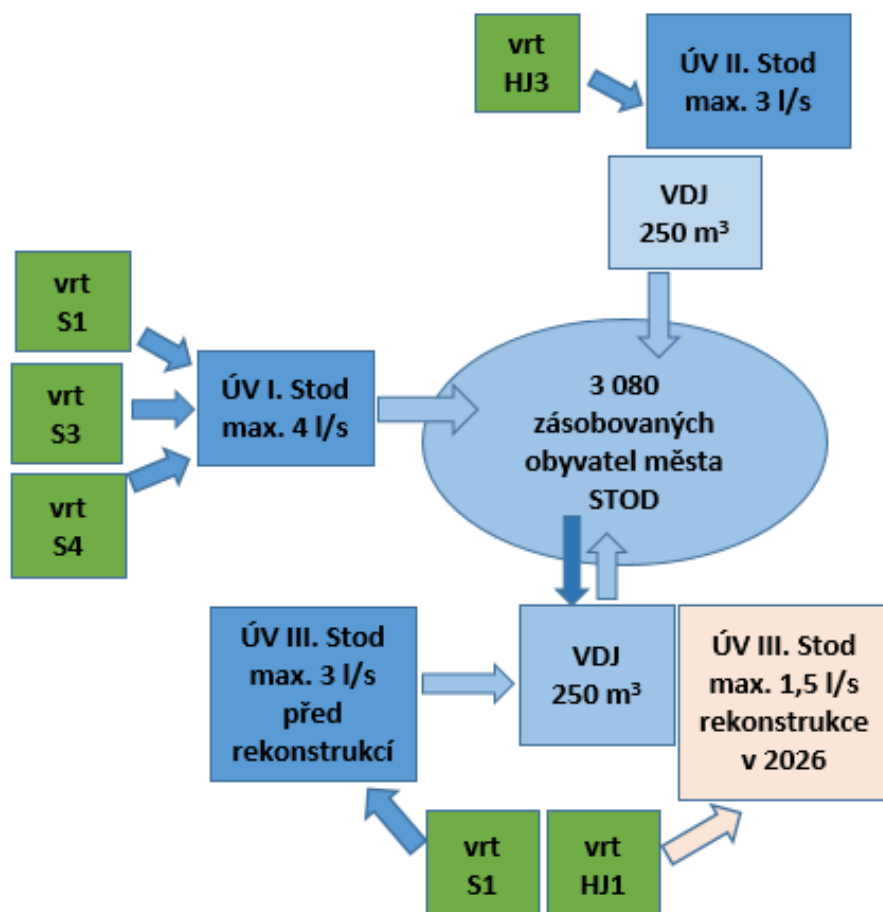
Hygienické zabezpečení upravené vody před její distribucí je dlouhodobě řešeno dávkováním plynného chloru z tlakových nádob. Manipulace s nádobami se stlačeným chlorem vzhledem k jeho vysoké toxicitě je spojena s přísnými požadavky na bezpečnost. Navíc areál ÚV se nachází v těsné blízkosti městské zástavby. Uvedené důvody se snaží maximálně eliminovat bezpečnostní rizika vedly v polovině roku 2025 ke zpracování projektu výrobní elektrolytické jednotky chlornanu sodného. V rámci vlastního zpracovávání projektu třeba zmínit velmi zásadní fázi, kterou byl návrh optimální kapacity elektrochloračních jednotek, aby zajistily dostatečnou dávku produktu v přímé návaznosti na kolísavou kvalitu surové, potažmo upravované vody.

Systém zásobování pitnou vodou města Stod

Společnost VP je mj. provozovatelem vodovodu pro veřejnou potřebu města Stod, které leží od Plzně ve vzdálenosti 30 km jihozápadním směrem. Spotřebišť je zásobováno pitnou vodou ze tří ÚV, které upravují surovou vodu z podzemních zdrojů (viz **Obr. 3**). Společným jmenovatelem všech tří úpraven, které se v posledních dvou letech podílí stejným poměrem na výrobě pitné vody pro spotřebu města, je dvoustupňový proces úpravy a přítomnost železa a manganu ve vysokých koncentracích v podzemních vrtech.

Nedostatečná technologie ÚV III. pro surovou vodu v kategorii upravitelnosti A3

Podzemní voda z obou využívaných vrtů (S1 a HJ1) v dvoustupňovém procesu úpravy ÚV III., primárně zaměřeném na odstranění železa a manganu, je zatížena zvýšenou koncentrací metabolitů pesticidních látek Alachlor ESA a Dimethachlor ESA. Technologie ÚV III. je pro odstranění nebo eliminaci nežádoucích pesticidních látek nedostatečná. Opakovaně potvrzený nadlimitní výskyt metabolitů pesticidních látek byl důvodem pro žádost na Krajskou hygienickou stanici (KHS) v Plzni o udělení dočasné výjimky pro jmenované pesticidní látky. Rozhodnutím o určení mírnějšího hygienického limitu, s platností do 30. 11. 2024 mělo být překlenuto období pro realizaci rekonstrukce ÚV III. Stod s doplněním technologie o separační stupeň pro odstranění nežádoucích pesticidních látek. S ohledem na nepříznivý vývoj situace se zahájením rekonstrukce bylo v průběhu října 2024 připraveno, na konci listopadu 2024 otestováno a zrealizováno provizorní řešení zajištění dodávky vody do spotřebišť, v souladu se všemi požadavky platné vyhlášky č. 252/2004 Sb.



Obr. 3: Systém zásobování pitnou vodou města Stod

Provizorní řešení dodávky pitné vody před rekonstrukcí ÚV III. Stod

Stávající ÚV III. Stod upravovala ve standardním režimu směs podzemní vody z využívaných vrtů (HJ 1 a S 1) v průběhu dne pouze omezeně, v době od 23:00 do 05:00 hodin. Hygienicky zabezpečená upravená voda dvoustupňovým procesem úpravy (bez odstranění nežádoucích pesticidních látek) byla čerpána do akumulační komory stávajícího vodojemu. Po celou dobu chodu stávající ÚV III. byla uzavřena armatura potrubí pro dopravu vody z vodojemu do vodovodní sítě. Ve stejném časovém rozmezí, tedy od 23. hodiny do 5. hodiny ranní, byla do vodojemu z vodovodní sítě dopravována směs upravené vody z ÚV I. a ÚV II. prostřednictvím automatické čerpací stanice a nově zprovozněného potrubí (by-pass na stávajícím potrubí). Účelem popsaného nápravného opatření bylo ředění upravené vody z ÚV III. směsí upravené vody bez přítomnosti nežádoucích metabolitů pesticidních látek. Koncentrace metabolitů pesticidních látek v akumulované vodě ve vodojemu byla na základě výsledků hodnocení rizikové analýzy s vyšší četností pravidelně monitorována. V případě zjištění vyšších nebo nadlimitních koncentrací byl následně regulován poměr jednotlivých podílů upravené vody přitékající do vodojemu. Provizorní režim omezeného provozu ÚV III. byl detailně popsán a zapracován do provozního řádu s analýzou rizik vodovodu Stod a po skončení platnosti prodloužené výjimky byl předložen k posouzení a schválení KHS se sídlem v Plzni.

V průběhu roku 2025 byl v objektu ÚV III., za druhý tlakový filtr, doplněn trubní komponent s GAU s cílem snížit koncentrace metabolitů pesticidních látek ve výstupní upravené vodě před vstupem do vodojemu. V prosinci 2025 byla ÚV III. trvale odstavena z provozu a na začátku roku 2026 zahájeny stavební úpravy objektu vodojemu, do kterého bude v rámci rekonstrukce nově umístěna třístupňová technologie ÚV III. s doplněným tlakovým filtrem s náplní GAU.

Závěry

Základním předpokladem pro funkční a efektivně udržitelný vodárenský provoz, složený s ohledem na proměnlivou kvalitu vstupní surové (povrchové) vody z více typů úprav, je především pečlivý přístup při zpracovávání projektů rekonstrukcí stávajících technologií nebo návrhů nových technologických procesů a zařízení.

Společnost VODÁRNA PLZEŇ, jako zodpovědný provozovatel vodovodu pro veřejnou potřebu ve městě Stod, musela najít provozuschopné řešení na překlenovací období s nedostatečnou technologií pro úpravu podzemní vody jedné ze tří úpraven, aby nebyla v žádném parametru ovlivněna kvalita dodávané vody do spotřebiště.

Literatura

BENEŠ, Jiří, 2008. Vnos ozonu do vody – praktické zkušenosti s GDS. In : *Sborník odborných prac z konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda*, s. s. 107-112. . Trenčianske Teplice : Hydrotechnológia Bratislava s.r.o., Bratislava. 2008. ISBN 978-80-969974-0-4.

DOLEJŠ, Petr a DRBOHLAV, Josef, 2009. Zkušenosti s používáním drenážních systémů Leopold (ITT) při rekonstrukcích úprven vody v České republice. *SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací*. Vol. 18, č. 10/2009, s. 5/325-9/329.

DRDA, Milan a KLIMTOVÁ, Martina, 2019. Postupná rekonstrukce ÚV Plzeň a její provozní výsledky. In : *Zborník prednášok z konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda*, s. s. 121-126. . Trenčianske Teplice : VODATÍM s. r. o. 2019. ISBN 978-80-971272-7-5.

HYDROPROJEKT CZ A. S. SWECO, 2009. *Rekonstrukce úpravny vody Plzeň III (1.část) Průvodní a souhrnná zpráva Dokumentace pro územní řízení*. . HYDROPROJEKT CZ a.s., Praha.

Úpravna vody Podolí v širších souvislostech

Ing. Jindřich Šesták

Pražská vodohospodářská společnost a.s.

V Pražské vodohospodářské společnosti a.s. probíhá finální diskuse týkající se budoucnosti úpravy vody Podolí, resp. možností její rekonstrukce, modernizace a doplnění technologie. Kromě rozsáhlé práce technologické (několikaleté poloprovozní testování moderních technologií), proběhly modelové výpočty zásobování vodou v horizontech 2040 a 2050 pro hlavní město i pro pražskou metropolitní oblast, kam je voda z hlavního města předávána. V současné době probíhá syntéza shromážděných podkladů a formulují se hlavní cíle, jichž by mělo být rekonstrukcí a modernizací dosaženo. Při této syntéze se ukazuje, jak výhodné je využívat základní vodárenské principy a jak jejich důsledné uplatňování navede na správnou definici cílů, které se v blízké době začnou naplňovat.

Současně autor příspěvku ve své denní praxi komunikuje nejen s odborníky ve vodním hospodářství, nýbrž i s laiky v oboru – nejčastěji se zástupci obcí, kterým je z hlavního města voda předávána. Často je proto třeba vysvětlit, pokud možno jednoduše, základní pojmy vodárenství. Přitom se ukazuje, že i vodohospodáři, jejichž specializace není úzce vodárenská, mohou být překvapeni tím, jaký význam v technickém rozhodování může mít správné a důsledné využívání základů vodárenství.

Široká shoda bude pravděpodobně panovat na tvrzení, že základním parametrem pro návrh úpravy vody, příp. její rekonstrukce, je výkon úpravy vody. Je třeba odlišit *výkon úpravy vody* – skutečně vyrobené množství upravené vody v čase – od *výkonu technologické linky* úpravy vody – odpovídající potřebnému odběru surové vody. Aby záležitost nebyla tak jednoduchá, je každý z výše uvedených výkonů nutno uvádět v hodnotách minimum, průměr a maximum. Správné určení těchto hodnot má zásadní význam pro další postup a je třeba mu věnovat velké úsilí.

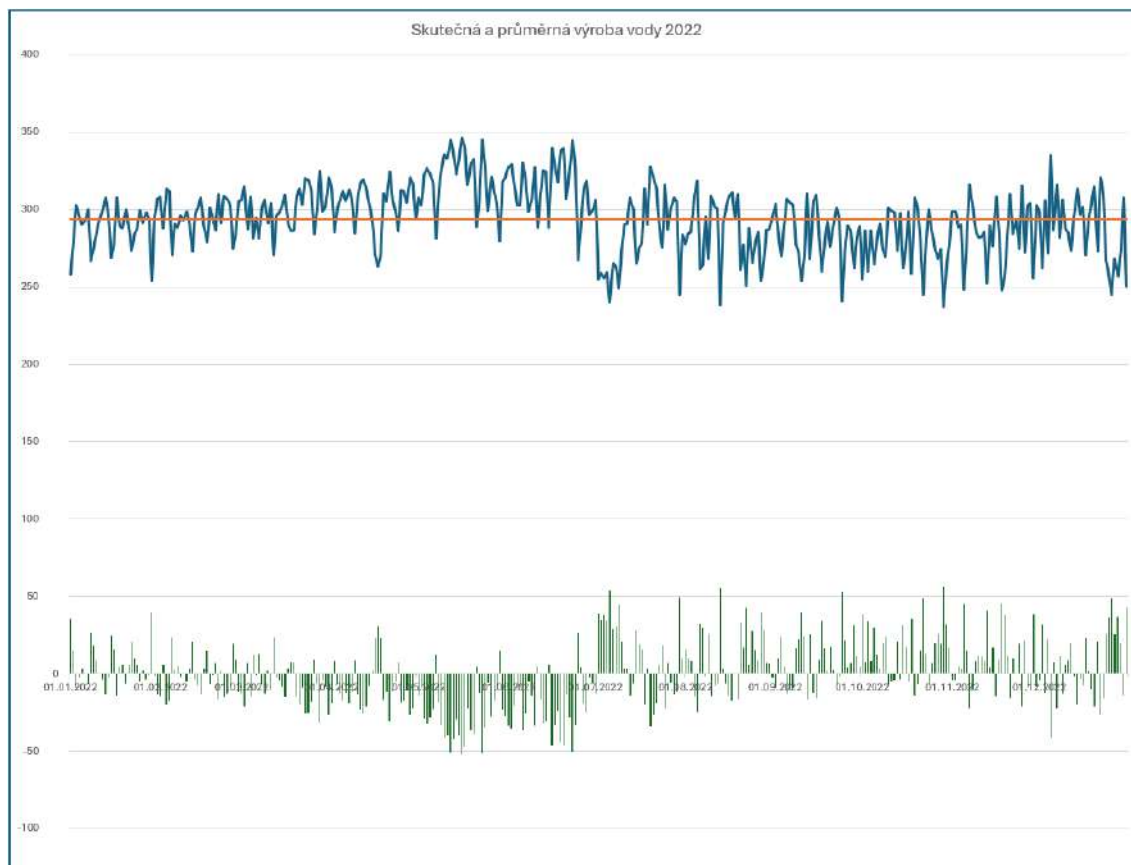
Průměrná hodnota, ať už výkonu či (s)potřeby vody, se prakticky určí jako objem vody vyrobené/dodané v jednom roce (objem dělený časem). Přírozenou jednotkou je m^3/rok , v českém vodárenství se běžně uplatňuje přepočet na l/s . Přepočet na l/s může sloužit pro představu, jaký konstantní výkon by teoreticky musela mít úprava vody, aby při provozu 24/7 během všech 365 dnů roku dodala do spotřebišť požadované množství upravené vody.

Konstantní výkon 24/7 během celého roku samozřejmě není v praxi reálný, dochází k řadě oscilací kolem průměrné hodnoty. Z hlediska navrhování úpravy vody je důležitá oscilace výkonu v jednotlivých dnech během roku. Ve vodárenství totiž zhruba platí jednoduché pravidlo, že se *dnes* vyrobí tolik vody, kolik se *včera* vypilo, a doplní se tak zásoby ve vodojemech. Tomu odpovídá i dosud používaný velmi jednoduchý, ale stále zcela funkční model matematicky popisující oscilace výkonu – model pracující s koeficientem denní nerovnoměrnosti.

V horní části grafu na obrázku č. 1 je uveden modelový příklad výroby vody v jednotlivých dnech roku (modrá čára, jednotky objemu, např. m^3), oscilující kolem průměrné hodnoty (oranžová příčka). Model popisující nerovnoměrnost během roku, pracující s koeficientem denní nerovnoměrnosti, velice jednoduše bez ohledu na jednotlivé hodnoty a jejich průběh, vybere z 365 hodnot denní výroby/spotřeby během celého roku jediný den, kdy byla výroba/spotřeba z celého roku nejvyšší – maximální denní výroba/spotřeba – a vydělí ji průměrem. V modelovém

případu uvedeném na obrázku č. 1, je dnem s maximální výrobou 16. květen 2022, s hodnotou 346 objemových jednotek (např. m³), při průměrné výrobě 294 objemových jednotek (např. m³) je koeficient denní nerovnoměrnosti $346/294 = 1,18$.

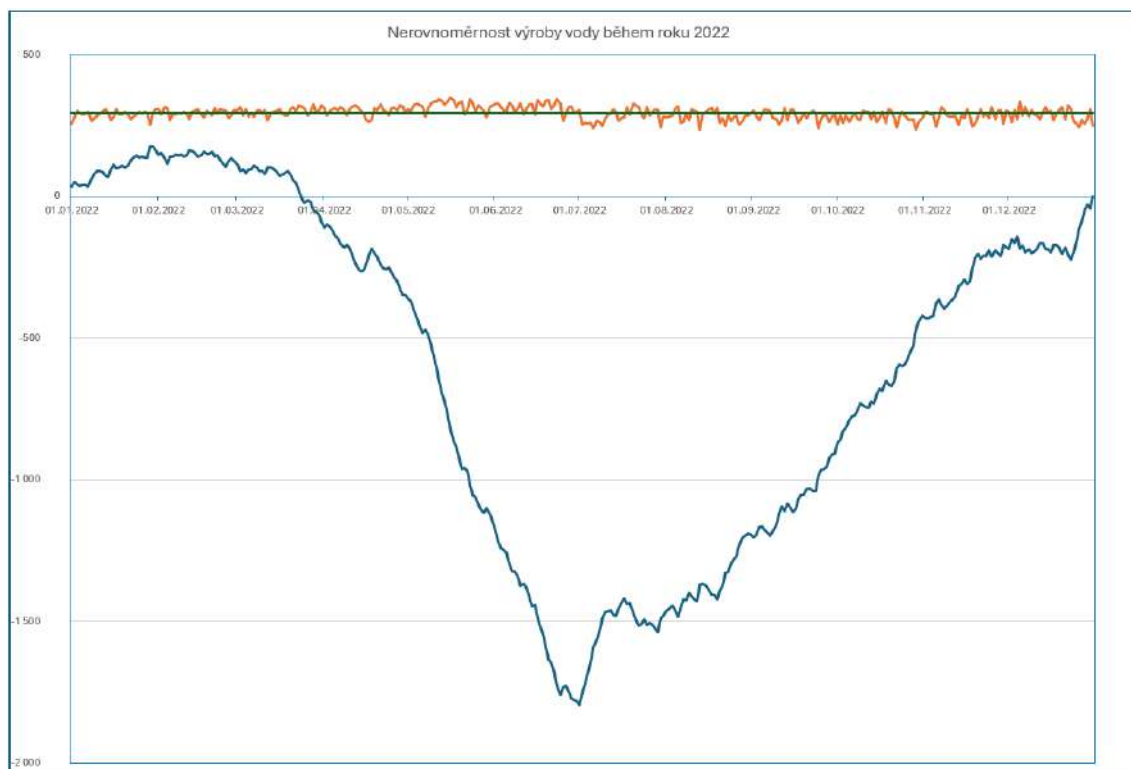
Úpravný vody se navrhuje na maximální denní potřebu, v modelovém případě roku 2022 uvedeném na obrázku č. 1, tedy na 346 objemových jednotek /den. Proto se často výkon úpravný vody uvádí v jednotkách m³/den, to platí podle zkušeností autora zejména v zahraničí, v České republice je zavedeno uvádění výkonu v l/s.



Obrázek č. 1 – Horní křivka: Průběh skutečné a průměrné výroby vody během roku.
Dolní křivka: Přebytek (+) / deficit (-)
osa x – dny, osa y – objemové jednotky, např. m³
modelový příklad.

Autor využije této alespoň částečně akademické platformy k úvaze, jak by vodárenství vypadalo, kdyby se úpravný vody navrhovaly na průměr a nikoliv na denní maximum. V dolní části obrázku č. 1 je uveden rozdíl „průměr minus skutečnost“ (zelené svislé úsečky, kolem nulové hodnoty). Tento rozdíl představuje přebytek (+) / deficit (-), jaký by vznikl, kdyby výroba byla trvale průměrná, ale spotřeba skutečná – např. na začátku roku 2022 byl průměr vyšší než skutečná spotřeba, vzniká tedy přebytek (kladný rozdíl) cca 40 objemových jednotek (např. m³). Pokud tyto přebytky (+) / deficity (-) nasčítáme (s ohledem na znaménko) od začátku roku, dojdeme ke křivce znázorněné na obrázku č. 2. V jeho horní části je rekapitulována horní křivka z obrázku č. 1, tj. průběh denní výroby (spotřeby) během roku a průměrná výroba. V dolní části obrázku č. 2 je uveden kumulovaný přebytek (+) / deficit (-) od 1. 1. 2022. V daném spotřebišti tedy byla v roce 2022, přibližně v období od začátku dubna do konce června, spotřeba téměř každý den vyšší než průměr. Pokud by úpravná vody neuměla zvýšit výkon nad průměr, vznikl by na začátku července deficit 1 800 objemových jednotek (např. m³). Křivku kumulovaných deficitů během roku je možné interpretovat také tak, že při daném skutečném rozložení spotřeby vody během roku

a průměrné výrobě (každý den stejné, úpravná vody by nereagovala na skutečnou spotřebu), by pro plynulé zásobování spotřebiště bylo nutno vybudovat vodojem o objemu rovnajícím se součtu absolutních hodnot maximálního kumulovaného přebytku a maximálního kumulovaného deficitu, tj. v daném příkladu přibližně 2 000 objemových jednotek (např. m³).



Obrázek č. 2 – Horní křivka: Průběh skutečné a průměrné výroby vody během roku.
Dolní křivka: Kumulovaný přebytek (+) / deficit (-) od 1. 1. 2022
osa x – dny, osa y – objemové jednotky, např. m³
modelový příklad.

Vzhledem k tomu, že vodojemy se navrhují také na maximální denní potřebu, která je v modelovém případě z obou obrázků 346 objemových jednotek, musel by se pro vyrovnání průměrné výroby a skutečné spotřeby vybudovat vodojem asi 6 × větší, než je v praxi obvyklé. Takový vodojem by potom vyrovnával nikoliv kolísání okamžité spotřeby během dne, což je úkolem vodojemu, ale sloužil by k ročnímu vyrovnání.

Na tomto místě si autor příspěvku neodpustí malou odbočku k nerovnoměrnosti spotřeby vody během dne. Spotřeba vody během dne také osciluje kolem průměrné hodnoty, a to nejčastěji tak, že jsou snadno identifikovatelné ranní a večerní odběrové špičky a noční minima. Kolísání během dne se v praxi modeluje také velmi jednoduše, a to pomocí koeficientu hodinové nerovnoměrnosti. Princip jeho určení je stejný jako určení koeficientu denní nerovnoměrnosti, tj. výroba/spotřeba během maximální hodiny maximálního dne se dělí průměrnou výrobou/spotřebou během celého maximálního dne. Na maximální hodinovou potřebu se navrhují hlavní a rozváděcí řady, tj. řady do spotřebiště, pokud je spotřebiště větší než pro cca 500 obyvatel. Při přejímání údajů např. z německých zdrojů je třeba dávat pozor, zda se koeficient hodinové nerovnoměrnosti vztahuje jako v českém prostředí k maximální denní potřebě nebo k potřebě průměrné. Pokud se vztahuje k potřebě průměrné, jsou jeho hodnoty vyšší (je třeba je dělit koeficientem denní nerovnoměrnosti).

Pro modelování nerovnoměrnosti *během dne* se však už dlouhou dobu, kromě koeficientu hodinové nerovnoměrnosti, v praxi používají jiné a složitější matematické modely. Autorovi

příspěvku jsou známe tzv. paterny skutečného odběru ve spotřebišti, udávající pro každou hodinu z 24 např. % celkové denní potřeby. Přitom obdobný složitější přístup pro určení nerovnoměrnosti *během roku* není autorovi příspěvku znám, stále se běžně užívá jen model s koeficientem denní nerovnoměrnosti.

A malá odbočka pokračuje poněkud překvapivě, k velmi praktickému projektování. Ke stejné oscilaci jako během roku a během dne, dochází také během jednotlivých hodin dne. To je zvlášť důležité pro malá spotřebišť (s méně než cca 500 obyvateli), pro která se navrhuje koncové řady nebo přípojky, což je v praxi velmi časté a řada projektantů chybí tím, že používá model s koeficientem hodinové nerovnoměrnosti. Představme si rodinný dům, kde se během hodiny střídají okamžiky – minuty – zcela bez odběru (spotřeba je nulová), s okamžiky spotřeby v řádu l/s. Průměr průtoků v každé minutě během hodiny (ten bychom získali, kdybychom využili koeficient hodinové nerovnoměrnosti) je nízký, často podstatně menší než cca 0,2 l/s, což přibližně odpovídá jedné výtokové armatuře – není tedy možné z něj vycházet při navrhování. To se v České republice řeší tak, že se koncové řady a přípojky mají navrhovat jako součást vnitřního vodovodu podle počtu výtokových armatur, jinde se měří např. 10 minutová maxima (obdobu koeficientů denní a hodinové nerovnoměrnosti) nebo se využívá velmi jednoduchého modelu určení maximálního průtoku, podle počtu zásobovaných obyvatel (německý předpis (zdroj 1) uvádí pro 4 obyvatele návrhový průtok cca 0,8 l/s, pro 10 obyvatel cca 1,0 l/s, pro 100 obyvatel cca 2,2 l/s, pro 200 obyvatel cca 3 l/s, pro 400 obyvatel cca 4,5 l/s a pro 1 000 obyvatel cca 8 l/s).

Cílem výše uvedeného textu bylo zdůraznit, že v případě návrhu výkonu úpravní vody je nutno vycházet z *maximálních* denních hodnot, nikoliv z hodnot průměrných. Týká se to také (a možná zejména) tvorby matematických modelů, kde je třeba pečlivě kontrolovat a rozlišovat mezi modelováním za průměrného dne (obvykle se značí Q_p) a při denním maximu (obvyklé značení Q_d).

Zejména v případě složitějších systémů s více zdroji, kde denní maximum může pokrývat jen jeden ze zdrojů a ostatní mohou trvale vyrábět průměr, je při návrhu výkonových parametrů nutno vzít kromě maximální a průměrné denní potřeby v úvahu i potřebnou rezervu (redundanci) ve zdrojích. Např. při 3 zdrojích může být oprávněný požadavek vzájemné zastupitelnosti zdrojů, tj. při výpadku jednoho ze zdrojů převezmou jeho výkon ostatní dva. Při teoretickém rovnoměrném rozdělení výroby mezi 3 zdroje by tedy zdroje byly dimenzovány každý nikoliv na $\frac{1}{3}$ maximální denní potřeby, ale na $\frac{1}{2}$ maximální denní potřeby. V praxi se samozřejmě mohou vyskytnout i složitější požadavky.

Jestliže byla výše podrobně popsána *maximální denní* potřeba jako základní návrhový parametr pro úpravnu vody, stojí poněkud v jejím stínu *průměrná* a *minimální* potřeba. Na průměrnou potřebu se opravdu žádné zařízení nenavrhuje, což ovšem neznamená, že jde o hodnotu, jejíž určení je zbytečné.

Průměrná hodnota výroby/potřeby se používá mimo jiné pro určení či odhad ekonomických parametrů návrhu. Z průměrných hodnot se vypočítává roční (s)potřeba surové vody, chemikálií, energie, roční množství vyrobené vody, tedy vstupy pro výpočet ročních nákladů, výnosů a dopadu do ceny vody (Kč/m³).

Minimální potřeba/výroba má význam např. pro návrh dávkovacích zařízení, u nichž je třeba určit, při jak nízkých průtocích mají být ještě dostatečně přesná. Zvláštní význam má minimální výroba pro návrh technologií, které není možné odstavit nebo je jejich odstavení obtížné (např. některé membránové technologie). Týká se to zejména zdrojů, které jsou nebo mají být provozovány jako záložní. V úvahu je při více úpravnách vody třeba vzít také náklady na výrobu objemové jednotky (m³), jako záložní se bude spíše využívat ta úpravna vody, v níž jsou náklady vysoké a pitná voda se bude vyrábět v těch úpravnách, kde je výroba levnější.

Velmi podstatný je též vztah mezi minimálním, průměrným a maximálním výkonem. Teoreticky by mělo platit, že poměr mezi maximálním a průměrným výkonem je roven koeficientu denní nerovnoměrnosti, u běžných spotřebišť tedy kolem hodnoty 1,5. V takovém případě by se pro úpravnu vody teoreticky nabízelo řešení ve třech paralelních linkách, dvě by pokrývaly běžný provoz a jedna by se připojila pro provoz maximální. Zcela jiná je situace v případě úpraven vody, které slouží jako záložní. Jedním z krajních případů je tzv. „studená“ rezerva, kdy se úpravna vody běžně neprovozuje, ale je udržována v takovém stavu, aby mohla v případě potřeby zahájit výrobu. Podobný model provozování záložní úpraveny je trvalé udržování bazálního výkonu – ten může být dán neodstavitelnou částí technologie, minimálním nezbytným průtokem v síti či jinak – s možností navýšení výkonu i na několiknásobek. V takovém případě je průměrný výkon velmi blízký či roven výkonu minimálnímu a maximální výkon je podstatně vyšší.

Dobře definované výkonové parametry pro návrh (rekonstrukce) úpraveny vody, tj. správná a promyšlená definice minimálního, průměrného a maximálního výkonu úpraveny vody (upravená voda), předurčuje do značné míry návrh technologie. Při běžném návrhu, kdy je maximální výkon zhruba roven 1,5násobku výkonu průměrného, lze uvažovat o vyšších investičních nákladech, které se později vrátí díky nižším nákladům provozním.

V případě speciálních návrhů, např. záložních úpraven vody, bude pravděpodobně tlak na nízké náklady *fixní*, tj. takové, jejichž výše nezávisí na objemu výroby, např. investice (odepisované) do staveb a zařízení, temperování atd. Dalším příkladem fixního nákladu může být granulované aktivní uhlí, které je uloženo do filtru a po uplynutí času (obvykle cca 4 roky) se vymění bez ohledu na to, kolik pitné vody se s jeho využitím vyrobilo. U záložních úpraven nebude naopak tolik záležet na nákladech *variabilních*, které rostou s objemem výroby, typicky náklady na výrobní chemikálie či práškové aktivní uhlí, jehož nasazení může být zejména v případě záložních úpraven vody ekonomicky vhodnou alternativou k aktivnímu uhlí granulovanému.

Všechny výše uvedené principy a mnohé další byly zohledněny při finálním posouzení současného stavu a možností připravované rekonstrukce, modernizace a doplnění technologie úpraveny vody Podolí. Probíhá závěrečná diskuse, která má s konečnou platností určit směr a postup (etapizaci) rekonstrukce a modernizace.

Zdroje

1. DVGW Arbeitsblatt W 410 – Technische Regel – Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen, Dezember 2008

Posouzení vlivu ozonu na odstranění léčiv při úpravě vody se současným využitím granulovaného aktivního uhlí

Ing. Zdeňka Jedličková

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

Abstrakt

V roce 2025 byl ve společnosti VAS realizován projekt zaměřený na sledování výskytu vybraných léčiv v průběhu výroby pitné vody.

Hlavním cílem projektu bylo ověřit účinnost technologických stupňů ozonizace a filtrace (sorpce) na granulovaném aktivním uhlí (GAU) pro snižování koncentrací farmaceutických látek v reálných provozních podmínkách. Projekt se soustředil na tři klíčové oblasti: - stanovení míry odstranění jednotlivých léčiv mezi vstupem surové vody a výstupem z úpravy, - vyhodnocení vlivu různých dávek ozonu na degradaci sledovaných léčiv, - posouzení účinnosti filtrů s granulovaným aktivním uhlím. Výsledky poskytují cenné podklady pro optimalizaci provozu technologických linek s ohledem na přítomnost léčiv.

Metodika a popis lokality

Projekt „Mikropolutanty v surové vodě a při úpravě vody“, jehož součástí byl monitoring léčiv v průběhu výroby pitné vody, byl realizován na úpravně vody Mostiště (dále jen ÚV) s projektovaným maximálním výkonem 220 l/s (minimálně 90 l/s) surové vody. Technologie ÚV zahrnuje flotaci, dvouvrstvé filtry s filtračním uhlím antracit a křemičitým pískem, ozonizaci (objem reakční nádrže 270 m³) a filtry s granulovaným aktivním uhlím AQUASORB 6300 (objem filtrační náplně 35 m³, celkem čtyři filtry).

V průběhu realizace projektu byl skutečný výkon ÚV 100 l/s surové vody. Doba kontaktu vody s ozonem činila při všech dávkách ozonu 45 minut, doba kontaktu na filtrech s GAU byla 23 minut.

Odběr a transport vzorků zajišťovali akreditovaní vzorkaři VAS. Odběr a další manipulace se vzorky byla v souladu s požadavky laboratoře Povodí Labe, kde byly vzorky analyzovány. Laboratoř Povodí Labe, s.p. (osvědčení č. 544/2024 ze dne 11. 10. 2024) stanovila v každém vzorku 58 léčiv (v první etapě 57 léčiv).

Do projektu byla zahrnuta všechna léčiva, pro která Ministerstvo zdravotnictví ČR zveřejnilo doporučené, limitní a směrné hodnoty. Na základě principu předběžné opatrnosti byl pro většinu sledovaných látek uvažován limit 100 ng/l, s výjimkou carbamazepinu, naproxenu a clarithromycinu, pro které byl stanoven limit 10 ng/l.

Projekt byl realizován ve čtyřech etapách (únor, květen, září a listopad) s cílem zachytit možné sezónní vlivy. Při každé monitorovací etapě byly provedeny rozbory vody ze tří odběrných horizontů vodárenské nádrže (9; 14,4; 19,4 m nad dnem nádrže), a to jak v rozsahu základních chemických ukazatelů, tak na přítomnost léčiv. Základní chemické ukazatele vybraných horizontů pro jednotlivé etapy jsou uvedeny v tabulce 1.

datum	teplota	CHSK _{Mn}	pH	Mn	Fe	Zákal(n)	Amonné ionty	Dusičnany
	°C	mg/l		mg/l	mg/l	ZFt	mg/l	mg/l
17.02.2025	3,3	5,22	7,4	0,12	0,08	2,5	<0,050	25,3
12.05.2025	8,6	4,48	7,5	0,05	0,06	2,5	0,115	24,6
08.09.2025	14,8	4,77	7,1	0,83	0,19	11	0,424	13,8
10.11.2025	9,4	6,02	7,5	0,14	0,09	3,7	0,351	7,2

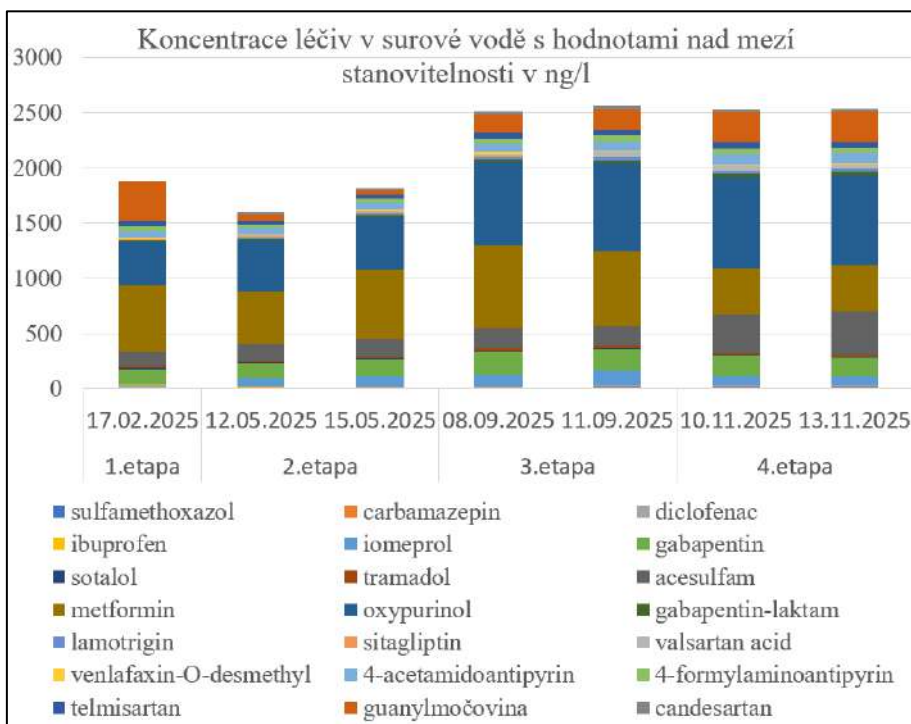
Tab. 1: Jakost surové vody na ÚV

Jakost surové vody ve vodárenské nádrži Mostiště je ovlivňována činnostmi v jejím povodí o ploše přibližně 223 km². Maximální objem nádrže činí 11,9 mil. m³ a doba zdržení vody je přibližně 85 dnů. V povodí se nacházejí lidská sídla s vypouštěním nečištěných i čištěných odpadních vod z čistíren odpadních vod, stejně jako zemědělská činnost.

Součástí projektu bylo rovněž stanovení koncentrace jednotlivých léčiv v průběhu procesu úpravy vody, a to za jednotlivými technologickými stupni: na odtoku z flotace, za dvouvrstvými filtry, za ozonizací a za filtry s GAU. V jednotlivých etapách nebyla první den spuštěna ozonizace; v následujících monitorovacích dnech byla dávka ozonu postupně zvyšována na 1, 2, 3 a 4 mg/l.

Výsledky – surová voda

V surové vodě přítékající na ÚV bylo nad mezí stanovitelnosti (LOQ) detekováno 21 léčiv, jejichž přehled je uveden v tabulce č. 2. Nad hodnotu 100 ng/l byly stanoveny následující látky (v závorce uvedeno rozpětí maximálních a minimálních koncentrací za dobu projektu): metformin (420,5–711 ng/l), oxypurinol (391–824,5 ng/l), acesulfan (130–365 ng/l), gabapentin (136–200 ng/l) a iomeprol (77–130 ng/l). U guanylnmočoviny bylo posouzení složitější – kromě druhé etapy, kdy byly hodnoty pod mezí stanovitelnosti (60 a 40 ng/l), se koncentrace pohybovaly v rozmezí 166–365 ng/l. U carbamazepinu, pro který je SZÚ v pitné vodě stanoven doporučený limit 10 ng/l, došlo v jedné etapě k jeho překročení (2,8–11 ng/l). Nejistota analytické metody stanovení léčiv je 30 %, podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. však nesmí být používána jako dodatečná tolerance při hodnocení.



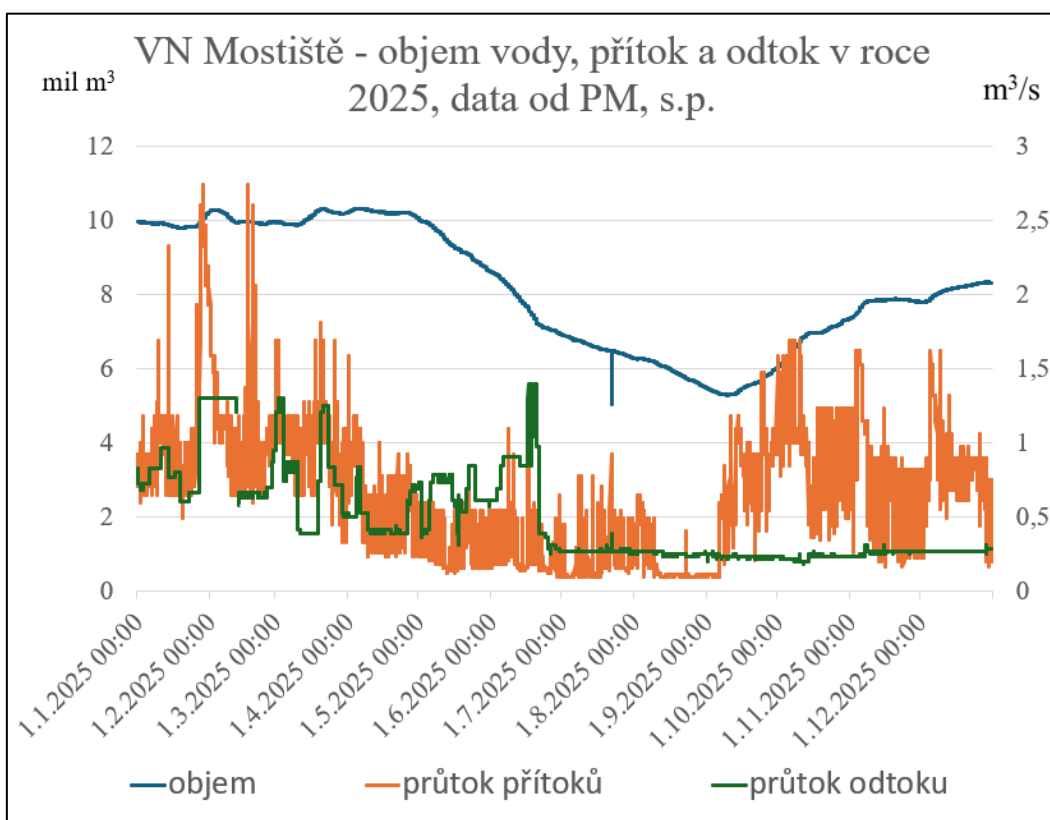
Graf 1: Koncentrace léčiv v surové vodě nad mezí stanovitelnosti

Nejvyšší celková koncentrace monitorovaných léčiv (cca 2500 ng/l) byla stanovena ve třetí a čtvrté etapě. Oproti prvním dvěma etapám byly zaznamenány vyšší koncentrace léčiv používaných k léčbě epilepsie a neuropatické bolesti (carbamazepin, gabapentin, lamotrigin) a léčiv proti dně (oxypurinol). V první etapě byly naopak vyšší koncentrace léčiv proti zánětům a bolesti (diclofenac, ibuprofen).

Vliv hydrologických podmínek

Z dat obdržených od společnosti Povodí Moravy, s.p. za rok 2025 lze vyčíst zvýšený přítok vody do nádrže v polovině a na konci ledna, což mohlo vést ke zředění sledovaných látek v první etapě. V tomto období nádrž pojímala největší objem vody.

Ve druhé etapě byly stanoveny nejnížší koncentrace léčiv, pravděpodobně vlivem zvýšených lednových a únorových přítoků a současně zvýšeného odtoku vody z nádrže. Před třetí etapou byl přítok vody minimální, teploty dosahovaly maxima a objem vody v nádrži byl nejnížší, což vedlo k vyšším koncentracím léčiv v surové vodě. Ve čtvrté etapě byly výsledky obdobné jako ve třetí etapě. Průtoky do a z nádrže a změny hladiny jsou uvedeny v grafu 2.



Graf 2: objem vody ve VN, průtoky do a z VN

Účinnost GAU a ozonizace

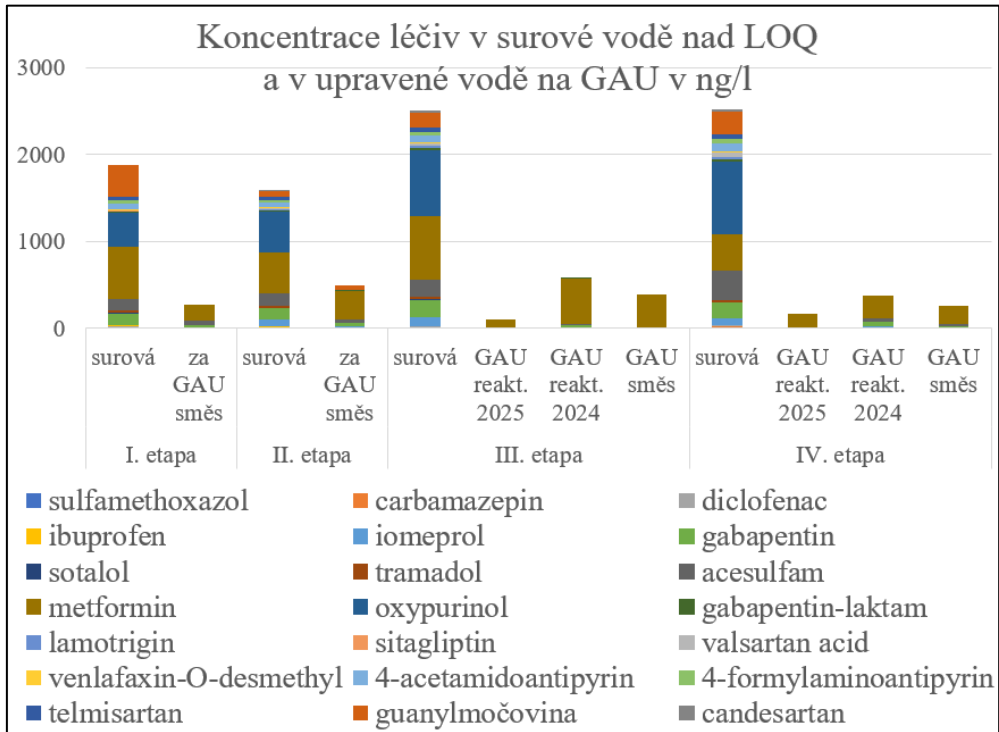
Z 21 léčiv stanovených v surové vodě byla za filtry s GAU (bez předřazené ozonizace) nad mezí stanovitelnosti ve všech vzorcích detekována pouze dvě léčiva – gabapentin (15–44 ng/l) a metformin (181–370 ng/l). Ve dvou monitorovacích etapách byl nad LOQ zjištěn acesulfan (45 ng/l), v jednom případě metabolit gabapentin-laktam (14 ng/l). Ostatní léčiva byla pod mezí stanovitelnosti.

Ve třetí a čtvrté etapě bylo provedeno stanovení léčiv i za filtry s GAU různého stáří bez provozu ozonizace. Náplň GAU Jacobi Carbon Aquasorb 6300 byla na ÚV uvedena do provozu v roce 2014, první reaktivace GAU byla uskutečněna u poloviny filtrů koncem roku 2019, u druhé poloviny začátkem roku 2020. Druhá reaktivace proběhla u dvou filtrů koncem roku 2024

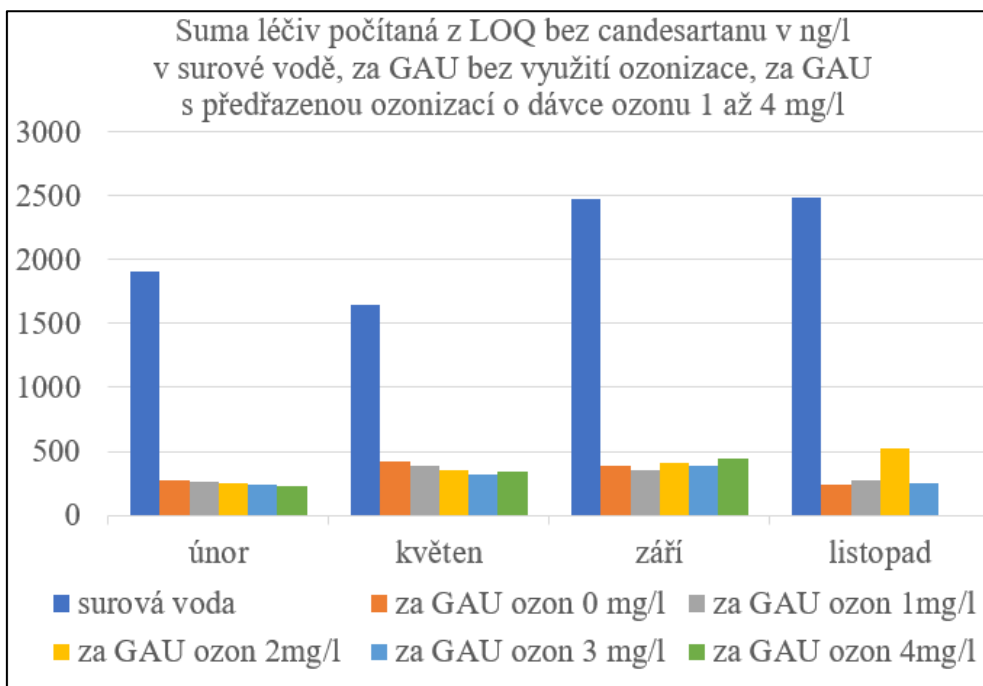
a u druhých dvou filtrů začátkem roku 2025. Později reaktivované filtry vykazovaly vyšší sorpční kapacitu a vyšší účinnost odstranění léčiv, zejména u gabapentinu, metforminu a acesulfanu (graf 3).

Název látky	K jaké léčbě se používá	Léková skupina
Sulfamethoxazol	Bakteriální infekce	Antibiotikum (sulfonamid)
Carbamazepin	Epilepsie, neuropatická bolest	Antikonvulzivum
Diclofenac	Bolest, zánět	NSAID – nesteroidní antiflogistikum
Ibuprofen	Bolest, zánět, horečka	NSAID
Iomeprol	Zobrazovací vyšetření (CT, angiografie)	Jodová kontrastní látka
Gabapentin	Neuropatická bolest, epilepsie	Antikonvulzivum
Sotalol	Srdeční arytmie	Betablokátor / antiarytmikum třídy III
Tramadol	Středně silná až silná bolest	Opioidní analgetikum
Acesulfam	Neužívá se k léčbě (sladidlo)	Potravinářská přídatná látka
Metformin	Diabetes mellitus 2. typu	Antidiabetikum (biguanid)
Oxypurinol	Dna – snížení kyseliny močové	Metabolit allopurinolu
Gabapentin-laktam	Souvisí s léčbou epilepsie a bolesti	Metabolit gabapentinu
Lamotrigin	Epilepsie, bipolární porucha	Antikonvulzivum
Sitagliptin	Diabetes mellitus 2. typu	Antidiabetikum (inhibitor DPP-4)
Valsartan acid	Hypertenze, srdeční selhání	Metabolit sartanu (ARB)
Venlafaxin-O-desmethyl	Deprese, úzkost	Antidepressivum (SNRI)
4-Acetamidoantipyrin	Bolest, horečka (nepřímě)	Metabolit analgetik (antipyrin)
4-Formylaminoantipyrin	Bolest, horečka (nepřímě)	Metabolit analgetik
Telmisartan	Hypertenze	Sartan (blokátor AT1 receptoru)
Guanylmočovina	Souvisí s léčbou diabetu 2. typu	Metabolit metforminu
Candesartan	Hypertenze, srdeční selhání	Sartan (ARB)

Tab. 2: Léciva v surové vodě nad LOQ, modře podbarvená - nad LOQ v rámci nejistoty měření



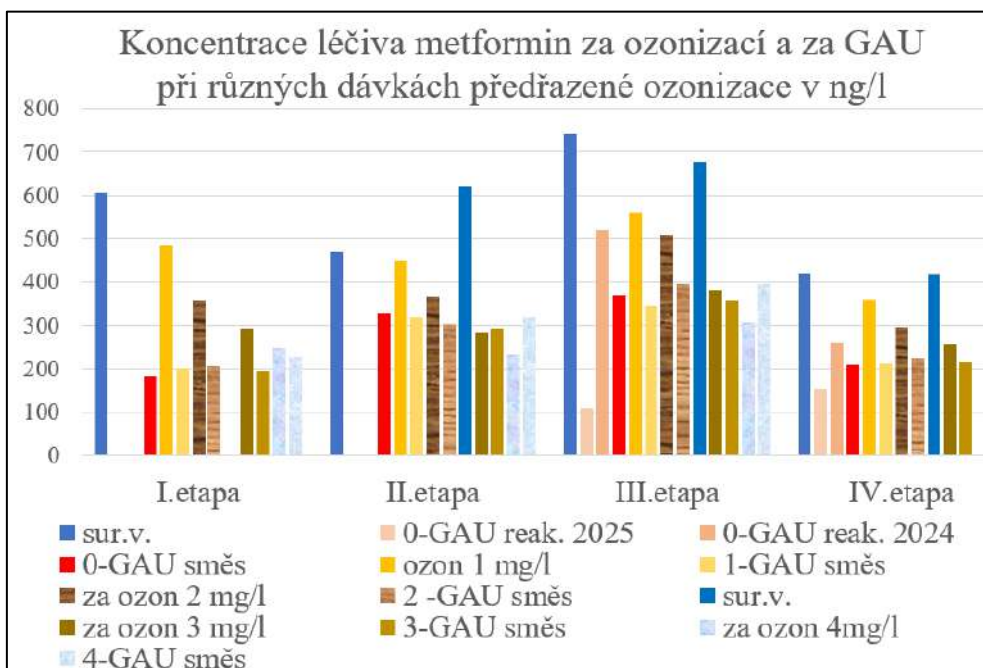
Graf 3: Porovnání koncentrace léčiv v surové a upravené vodě na GAU bez ozonizace



Graf 4: Souhrnné množství léčiv v surové vodě a za GAU při různých dávkách ozonu

Při posouzení vlivu dávky ozonu bylo zjištěno, že při dávce 1 mg/l ozonu byla za ozonizací nad LOQ detekována řada léčiv (gabapentin, acesulfan, metformin, gabapentin-laktan, iomeprol, oxypurinol, valsartan acid, telmisartan, guanylmočovina), zatímco při dávce 3 mg/l již pouze gabapentin, acesulfan, metformin a guanylmočovina. Metabolit gabapentin-laktam byl pod LOQ až při dávce 3 mg/l ozonu, účinná látka gabapentin až při dávce 4 mg/l ozonu.

Metformin a acesulfan byly ve všech vzorcích upravené vody stanoveny nad LOQ, přičemž hodnoty metforminu překračovaly SZÚ doporučený limit 0,1 µg/l. Nebyla však překročena směrná hodnota 0,5 µg/l, tj. mez tolerovaná bez nutnosti vydávat rozhodnutí KHS.



Graf 5: Koncentrace metforminu za ozonizací a GAU při různých dávkách ozonu.
Doba kontaktu – ozonizace 45 min, GAU 23 min

Posouzení potenciální expozice metforminu a gabapentinu z vody ve vztahu k léčebným dávkám:

Metformin:

- počáteční dávka 1 tableta denně metforminu 500 (Zentiva), tj. 390 mg metforminu
- maximální dávka – 3 tablety denně metforminu 1000 (Zentiva), tj. 3x 780 mg = 2340 mg účinné látky denně.

V surové vodě přitékající na ÚV stanoveno max 0,744 µg/l metforminu.

V upravené vodě za GAU bez použití ozonizace byla stanovena max. hodnota 0,37 µg/l metforminu.

Abychom vypili množství obsažené v jedné tabletě (390 mg metforminu) při pití 2 l vody/den obsahující výše uvedené hodnoty účinné látky, museli bychom pít surovou vodu po dobu 718 let, upravenou vodu po dobu 1 443 let.

Abychom vypili maximální denní množství (2340 mg metforminu) při pití 2 l vody/den obsahující výše uvedené hodnoty účinné látky, museli bychom pít surovou vodu po dobu 4 368 let, upravenou vodu po dobu 8 663 let.

Gabapentin:

- doporučená dávka pro dospělého jedince 900 až 3600 mg denně

V surové vodě přitékající na ÚV stanoveno max. 0,207 µg/l gabapentinu.

V upravené vodě odebrané za GAU bez použití ozonizace byla stanovena maximální hodnota 0,044 µg/l gabapentinu.

Abychom vypili nižší doporučené množství gabapentinu (900 mg denně) při pití 2 l vody/den obsahující výše uvedené hodnoty účinné látky, museli bychom pít surovou vodu po dobu 5 956 let, upravenou vodu po dobu 28 020 let.

Abychom vypili vyšší doporučené množství gabapentinu (3600 mg denně) při pití 2 l vody/den obsahující výše uvedené hodnoty účinné látky, museli bychom pít surovou vodu po dobu 23 824 let, upravenou vodu po dobu 112 080 let.

Závěr

Studie potvrdila přítomnost širokého spektra léčiv v surové povrchové vodě, přičemž jejich výskyt je výrazně ovlivněn sezónními a hydrologickými podmínkami. Kombinace ozonizace a filtrace přes GAU, případně samotná filtrace GAU, se ukázala jako účinný nástroj pro odstranění většiny sledovaných léčiv v reálných provozních podmínkách.

V upravené vodě nebyla překročena žádná směrná hodnota. Doporučená hodnota byla překročena pouze u metforminu, a to při všech sledovaných nastaveních technologie. Některé vysoce rozpustné a chemicky stabilní látky vykazují omezenou odstranitelnost.

Bylo provedeno srovnání koncentrací metforminu a gabapentinu v pitné vodě s terapeutickými dávkami. Výpočty ukázaly, že k dosažení množství odpovídající jedné denní dávce léčiva by bylo nutné konzumovat tuto pitnou vodu po dobu řádově tisíců až desetitisíců let, což potvrzuje zanedbatelnou expozici spotřebitele.

Literatura

- 1) Provozní evidence VAS, a.s.
- 2) Data od společnost Povodí Moravy, s.p.
- 3) Web MZ ČR – Seznam požadovaných léčiv, limity léčiv
- 4) Příbalové letáky léčiv

Historie ozonizace na ÚV Třebíky

Stupeň ozonizace na ÚV Třebíky byl zařazen do technologie úpravy v polovině sedmdesátých let. Postupně byly osazeny dva ozonizátory OKG 500 vyrobené v Královopolské strojárně n. p. Brno, závod Moravské Budějovice, každý s kapacitou 500 g O₃/hod.. Jednalo se o značně nespolehlivé zařízení vyrábějící ozon ze vzduchu a vyznačující se vysokou poruchovostí a úniky ozonu. Éra této původní ozonizace byla ukončena katastrofálními povodněmi v roce 1997, kdy byly zatopeny rozsáhlé oblasti na soutoku řek Bečva a Morava včetně celého areálu úpravny vody.

V rámci rekonstrukce ÚV Třebíky po povodni v roce 1997-98 byl na ÚV Třebíky nainstalován moderní generátor ozonu Ozat CF 6 A od firmy Ozonia s výkonem 1,5 kg O₃/hod a ozon se dával přes směšovací zařízení „vodní skok“ do přitékající surové povrchové vody ze štěrkoštiště. Generátor ozonu vyráběl ozon z kapalného kyslíku, který byl skladován v pronajatém zásobníku o objemu 5 m³. Řízení dávky probíhalo ručně přímo na generátoru ozonu regulací elektrického výkonu s tím, že regulace průtoku kyslíku byla také ruční a velice hrubá a tento způsob regulace neumožňoval žádnou automatickou regulaci dávky.



Obr. 1 Původní generátor ozonu Ozat CF 6A s výkonem 1,5 kg/h O₃

V roce 2012 byl v rámci poslední významnější změny technologie úpravy vody a následné modernizace ASŘ dovybaven generátor ozonu automatickou regulací výkonu a dávky přímo ovládanou z velínu, a to na základě požadované dávky ozonu a průtoku surové vody. Dodaná technologie řízení dávky byla dodána jako nadstavba ke stávající technologii generátoru ozonu a byla vyrobena „na koleně“. Řešení nebylo úplně standardní a některé technologické díly byly speciálně vyvinuty pro tuto aplikaci. S narůstající dobou od instalace této automatické regulace začalo zařízení vykazovat poruchy, které vedly postupně zpět k téměř manuálnímu řízení dávky. Dále se čím dál častěji objevovaly poruchy i na vlastním generátoru ozonu Ozat, jejichž opravitelnost mnohdy narážela na nedostupnost potřebných náhradních dílů, případně na zdoluhavé hledání způsobu alternativní opravy a důsledkem toho byly čím dál častější a déle trvající odstávky technologie dávkování ozonu.

Pro doplnění uvádím, že v případě výpadku dávkování ozonu byla úpravna provozována s alternativním způsobem oxidace manganistanem draselným, nicméně s nutností doúpravy pH vápenným mlékem. Manganistan draselný není v případě této směsi surové vody dostatečně účinné oxidační činidlo a výpadek ozonizace na delší dobu také automaticky znamenal nutnost zvýšení dávky chloru pro hygienické zabezpečení pitné vody.

V létě 2022 došlo k zásadnější poruše na generátoru ozonu, přičemž oprava by vyžadovala zdoluhavou zakázkovou výrobu a značné finanční náklady do části zařízení, které bylo jako celek již za hranicí své životnosti. Na základě vyhodnocení těchto skutečností bylo rozhodnuto o investičním záměru výměny stávající ozonizace. Na základě vývoje cen energií a cen dodávek kapalného kyslíku v postcovidové době a po vyhodnocení předběžného srovnání variant řešení včetně zahrnutí investičních a provozních nákladů bylo rozhodnuto, že bude opuštěn stávající model výroby ozonu z kapalného kyslíku a bude zvolena technologie výroby ozonu ze vzdušného kyslíku.

Modernizace ozonizačního stupně

Instalace a zprovoznění nové technologie proběhlo na přelomu let 2023 a 2024. Hlavním cílem této modernizace bylo zajištění vysoké provozní spolehlivosti a plné automatizace ozonizačního procesu s využitím nejmodernějších trendů v oblasti ozonizační technologie včetně řídicích systémů. V neposlední řadě se na modernizaci pohlíželo i z pohledu provozních nákladů.

Bylo rozhodnuto, že některé součásti stávající technologie se měnit nebudou i proto, že některé z nich byly předmětem nedávné obměny. Z tohoto důvodu nebyl předmětem modernizace hlavní statický míšič pro vnos ozonu do vody a reakční nádrž ozonu. Hlavní změnou oproti původnímu provedení je výroba ozonu z kyslíku, který je vyráběn na místě.

Modernizace zahrnovala tyto hlavní součásti:

1) Generátor kyslíku Oxymat s kapacitou 10 Nm³/h kyslíku o čistotě min. 93 %

Součástí výroby kyslíku je olejem mazaný, šroubový kompresor v provedení s frekvenčním měničem, vymrazovací sušička, mechanické filtry, filtrace na GAU, vzdušník, vlastní generátor kyslíku a zásobník plynného kyslíku. V případě, že bude rosný bod vyšší, resp. čistota kyslíku nižší než požaduje generátor ozonu, dojde automaticky k odvodu takového kyslíku mimo generátor ozonu. Tímto způsobem bude zajištěno, že do generátoru ozonu bude za všech okolností proudit pouze kyslík o požadované kvalitě.



Obr. 2 Generátor kyslíku Oxymat s kapacitou 10 Nm³/h

2) Generátor ozonu WEDECO s kapacitou 1,5 kg/h O₃

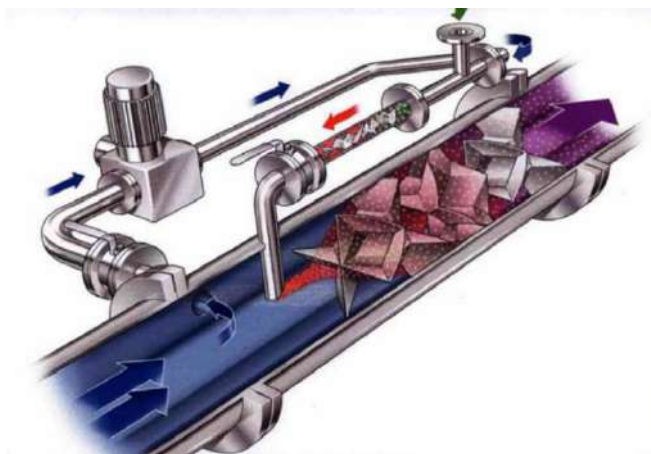
Pro úpravnu vody Troubky byl vybrán generátor WEDECO SMOevo Plus 410 s novou generací elektrod Effizon® Evo 2G, na které je poskytována 10letá záruční doba. Tento generátor je schopen vyrobit při teplotě chladicí vody 15°C požadované množství ozonu při koncentraci 13 % hm. V případě, že je provozní prioritou nízká spotřeba el. energie, lze vyrábět ozon při nižších koncentracích O₃/O₂ se specifickou spotřebou el. energie pod 8kW/kg ozonu. Ozonizace pracuje v plně automatickém režimu, přičemž výkon generátoru v reálném čase reaguje na aktuální průtok vody a požadovanou dávku ozonu, kterou operátor zadává vzdáleně prostřednictvím řídicího systému, a to vše při zvolené koncentraci vyráběného ozonu v kyslíku.



Obr. 3 Generátor ozonu WEDECO SMOevo Plus 410 s výkonem 1,5 kg/h O₃

3) Vnos ozonu do vody

Vnos ozonu do vody představuje další klíčový prvek ozonizační technologie, který zajišťuje transport plynného ozonu do místa působení. Princip vnosu pomocí dílčího proudu s injektorem v kombinaci se statickými míšiči nebyl měněn. Modernizací prošel pouze dílčí proud, kdy byl dodán nový injektor Mazzei a statický míšič Statiflo pro přípravu ideální velikosti bublin plynné směsi O₃/O₂ v dílčím proudu vody, který je zaústěn do hlavního proudu. Jako zdroj dílčího proudu vody se využívá provozní voda, která je na úpravně k dispozici o požadovaném množství a tlaku.



Obr. 4 Ilustrační schéma použitého vnosu ozonu do vody

4) Bezpečnostní prvky

Aby byla zajištěna bezpečnost provozu a zejména obsluhy je technologie vybavena několika senzory, které hlídají případné úniky ozonu do ovzduší. V případě dosažení nastavených limitů se v případě první úrovně (0,1 ppm_v) automaticky spouští nucené větrání v příslušném prostoru a současně dochází k sepnutí výstražného majáku, v případě dosažení druhé úrovně (0,2 ppm_v) se výroba ozonu okamžitě odstaví a sepne se jak výstražný maják, tak akustická sirény.

Vyhodnocení 2letého provozu

Po zprovoznění nové ozonizace v lednu 2024 byla v rámci zkušebního provozu odzkoušena různá variabilita dávek a nastavení generátoru ozonu s tím, že běžná dávka ozonu se pohybuje na hodnotách mezi 1 až 1,5 mg ozonu na litr vody v závislosti na poměru surové podzemní a povrchové vody

- Provoz nové ozonizace je spolehlivý. Za dobu provozování nebylo potřeba řešit výpadky technologie. Pouze v červnu 2025 došlo v rámci záruky k výměně netěsného injektoru s montáží kompenzátorů pro eliminaci přenášení otřesů na injektor.
- Účinná dávka ozonu se po modernizaci lépe reguluje a řídí, korekce dávky ozonu je prováděna na základě měření koncentrace zbytkového ozonu na odtoku z reakční nádrže a to umožňuje efektivně řídit spotřebu elektrické energie na výrobu ozonu i kyslíku na optimální hodnoty.
- Použitím optimální dávky ozonu se zlepšily organoleptické vlastnosti upravené vody a díky tomu je možné snížit dávku chloru jako hygienického zabezpečení. S nižší dávkou chloru se pojí méně stížností zákazníků na chlorový zápach.
- Hodnotícím kritériem při výběrovém řízení na dodávku technologie ozonizace byly i budoucí servisní náklady. Na ozonizaci se provádí pravidelný servis v půlročním intervalu dle uzavřené servisní smlouvy a náklady na tento servis jsou v souladu s údaji uvedenými ve výběrovém řízení.
- Důsledkem bezporuchového stavu bez nutnosti častých přechodů na náhradní technologii manganistanu draselného a snazší regulací dávkování bylo docíleno minimalizace výskytu neshod oproti období před modernizací.
- Provozem bylo zjištěno, že proces oxidace ozonem v kombinaci s vlastnostmi směsi surové vody funguje tak efektivně, že není potřeba pro úpravu vody dávkovat vápenné mléko. Technologie vápna tak byla odstavena a použije se pouze při výpadku ozonizace spolu s dávkováním manganistanu draselného

Závěr

Modernizace ozonizačního stupně na úpravě vody Troubky úspěšně vyřešila dlouhodobé problémy s poruchovostí a obtížnou regulací dávky původním zařízením. Přechod na vlastní výrobu kyslíku pomocí generátoru zajistil provozovateli vyšší nezávislost na externích dodavatelích a snížil provozní náklady. Dvouletý bezporuchový provoz potvrdil, že zvolená technologie s plně automatizovaným řízením poskytuje stabilní a efektivní oxidační proces, který spolehlivě odstraňuje železo a mangan i při různém poměru vody podzemní i povrchové ze štěrkoviště. Díky vysoké účinnosti ozonizace bylo možné zcela odstavit dávkování vápenného hydrátu a snížit množství dávkovaného chloru používaného k hygienickému zabezpečení. To vedlo nejen k úspoře chemikálií, ale především ke zlepšení organoleptických vlastností vody a snížení stížností odběratelů na chlorový zápach. Pro úpravu vody na ÚV Troubky je spolehlivě fungující ozonizace klíčovým prvkem pro zajištění kvalitních dodávek vody pro více než 70 tisíc obyvatel Přerovska.

Filtrační sklo s aktivovaným povrchem – první provozní zkušenosti v ČR

Ing. Lucie Houdková, Ph.D.¹⁾

Ing. Jaroslav Boráň, Ph.D.¹⁾; Ing. Jan Kundrátek¹⁾; Mgr. Marek Skalický²⁾

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

2) Vodárna Káraný, a.s., Řásnovka 770/8, Staré Město, 110 00 Praha 1, www.vodarnakarany.cz

Abstrakt

Příspěvek tematicky navazuje na loňské představení nového filtračního materiálu GreenFil®. Tímto materiálem byl naplněn jeden filtr na ÚV Sojovice, kde následně probíhalo sledování jeho chování v porovnání s dalšími filtry, které jsou na této úpravně k dispozici. Ačkoliv se jedná o ne zcela typickou aplikaci (pouze filtrace bez předřazené chemické úpravy), jsou z prvního roku provozu patrné hlavní výhody tohoto materiálu. Na ÚV Sojovice je filtrace využita k předčištění říční vody před její následnou umělou infiltrací ve vsakovacích nádržích. Hlavním cílem je snížit obsah nerozpouštěných látek tak, aby byly vsakovací nádrže s pískovým dnem a navazující podloží, přes které je voda filtrována, co nejlépe chráněny před zanášením nečistotami z říční vody. Z dosavadních výsledků je patrné, že filtrát dosahuje velmi dobré kvality, která je srovnatelná napříč všemi filtračními materiály používanými na ÚV Sojovice. Významný rozdíl je však patrný v provozních podmínkách, resp. nákladech na praní filtrů. Filtr s náplní filtračního skla se pere s poloviční četností oproti ostatním filtrům, ovšem průtok prací vody je vyšší. Kromě úspory prací vody a s tím spojené elektřiny na pohon pracích čerpadel je nutno zmínit rovněž úspory energie související s tím, že při praní materiálu GreenFil® se nepoužívá praní vzduchem.

Úvod

Příspěvek navazuje na prezentaci materiálu GreenFil®, který byl představen na loňské konferenci VODA Zlín. Po roce provozu filtru s tímto materiálem přinášíme vyhodnocení získaných provozních poznatků.

Filtrační materiál GreenFil®

Materiál byl podrobně popsán ve sborníku z konference VODA Zlín 2025, zde uvádíme pouze stručný popis. Jedná se o filtrační materiál vyráběný z recyklovaných hnědých a skleněných lahví, který se vyznačuje tím, že povrch zrn je opatřen aktivovaným povrchem, který filtračnímu materiálu propůjčuje unikátní vlastnosti. Materiál GreenFil je určen jako přímá náhrada filtračního písku ve všech typech filtrů (tlakových, otevřených). Materiál se dodává v několika zrnitostních třídách, obdobně jako ostatní filtrační materiály. Přehled dostupných tříd je uveden v tab. 1.

Třída	Typ	Zrnitost	Použití
B	GreenFil P	0,4–0,8 mm	Hlavní filtrační vrstva (možná aplikace přímo na drenážní systém TRITON)
	GreenFil NP		
C	GreenFil P	0,4–1,2 mm	
	GreenFil NP		
D	GreenFil P	0,7–1,2 mm	
	GreenFil NP		
E	GreenFil NP	0,7–2,0 mm	Podpůrná nebo filtrační vrstva
	GreenFil P		
F	GreenFil P	2,0–4,0 mm	Podpůrná vrstva

Tab. 1. Produkty GreenFil (P = hydrofilní povrch, NP = hydrofobní povrch)

Materiál se vyrábí se dvěma typy aktivovaného povrchu, a to s hydrofobním (nepolárním = NP) nebo s hydrofilním (polárním = P) povrchem. Oba typy povrchu jsou samosterilizační, čímž dochází k omezení růstu bakterií, zamezuje se kanálkování filtračního lože a propouštění nerozpuštěných látek do filtrátu. Samosterilizační povrch rovněž snižuje spotřebu prací vody a prodlužuje životnost filtračního materiálu. Aktivací povrchu dochází k jeho mnohonásobnému zvětšení a zajištění adsorpčních vlastností. Zároveň zůstává zachována konzistentní distribuce velikosti částí, jejich tvar a kulovitost, což je přínosné z hlediska hydraulických vlastností filtračního lože.

Mezi výhody filtračního materiálu GreenFil patří vysoká účinnost při odstraňování nerozpuštěných látek, která se pohybuje v závislosti na typu povrchu a zrnitosti na hodnotách okolo 95 % již u části velikosti 1 µm, zatímco u klasického filtračního písku je této účinnosti dosaženo u částic velikosti okolo 20 µm.

Další výhodou materiálu GreenFil mohou být nižší provozní náklady na praní filtračního lože. Tento materiál se doporučuje prát pouze vodou, praní vzduchem je možné pouze v případě materiálu typu N. U materiálu typu NP se praní vzduchem nedoporučuje. Prací rychlosti doporučené pro materiál GreenFil se odvíjejí jednak od typu materiálu a dále od zrnitosti.

Filtrační materiál GreenFil je velmi vhodný pro kombinaci s drenážním systémem TRITON, na který je možné ho aplikovat přímo. Ale je samozřejmě vhodný i pro jiné typy filtračního dna.

Materiál GreenFil je možné používat nejen do jednovrstvých filtrů, ale též do vícevrstvých filtrů. Lze kombinovat jak více zrnitostních tříd materiálu GreenFil, tak materiál GreenFil s jiným filtračním materiálem, např. antracitem.

První aplikace filtračního materiálu GreenFil v České republice

V únoru 2025 byl do provozu uveden jeden filtr na úpravně vody Sojovice, který je naplněn materiálem GreenFil NP třídy D (zrnitost 0,7 až 1,2 mm). Jedná se o filtr s označením F13, který je součástí šestice filtrů, kde zbývajících pět filtrů je naplněno filtračním pískem zrnitosti 1 až 1,6 mm, výška náplně je 1,6 m. Dva z těchto filtrů (označení F14 a F15) sloužily jako srovnávací po dobu provozního sledování.

ÚV Sojovice

Úpravna vody Sojovice zabezpečuje předúpravu surové vody z řeky Jizery před umělou infiltrací, a je tedy poměrně atypická z pohledu klasických úpraven vody. Surová voda, která je přiváděna na filtraci, neprochází žádnou chemickou předúpravou pro koagulaci přítomného znečištění. Při zvýšení zákalu surové vody nad stanovou hodnotu dochází k odstavení úpravy. Hlavním cílem filtrace je tedy snížit znečištění obsažené v surové vodě ve formě nerozpuštěných látek tak, aby byla co nejlépe ochráněna navazující umělá infiltrace.

Filtry na úpravně vody jsou rozděleny do čtyř sekcí, každá sekce obsahuje šest filtrů. Filtry první sekce (F1 až F6) jsou vybaveny drenážním systémem Leopold a náplň tvoří písek (80 cm) a antracit (80 cm). Druhá sekce (filtry F7 až F12) je vybavena drenážním systémem TRITON a filtrační náplň tvoří Filtralite Mono-Multi (160 cm). Třetí sekce (filtry F13 až F18) je vybavena rovněž drenážním systémem TRITON, přičemž filtr F13 je naplněn filtračním sklem GreenFil (90 cm) a antracitem (40 cm) a zbývajících filtry F14 až F18 jsou naplněny pískem (160 cm). Poslední šestice filtrů F19 až F24 nebyla doposud rekonstruována, filtry jsou vybaveny mezidnem s filtračními tryskami a pískem. Tato sekce filtrů je používána jen zcela výjimečně, pokud je nutné úpravnu vody najet na špičkový výkon.

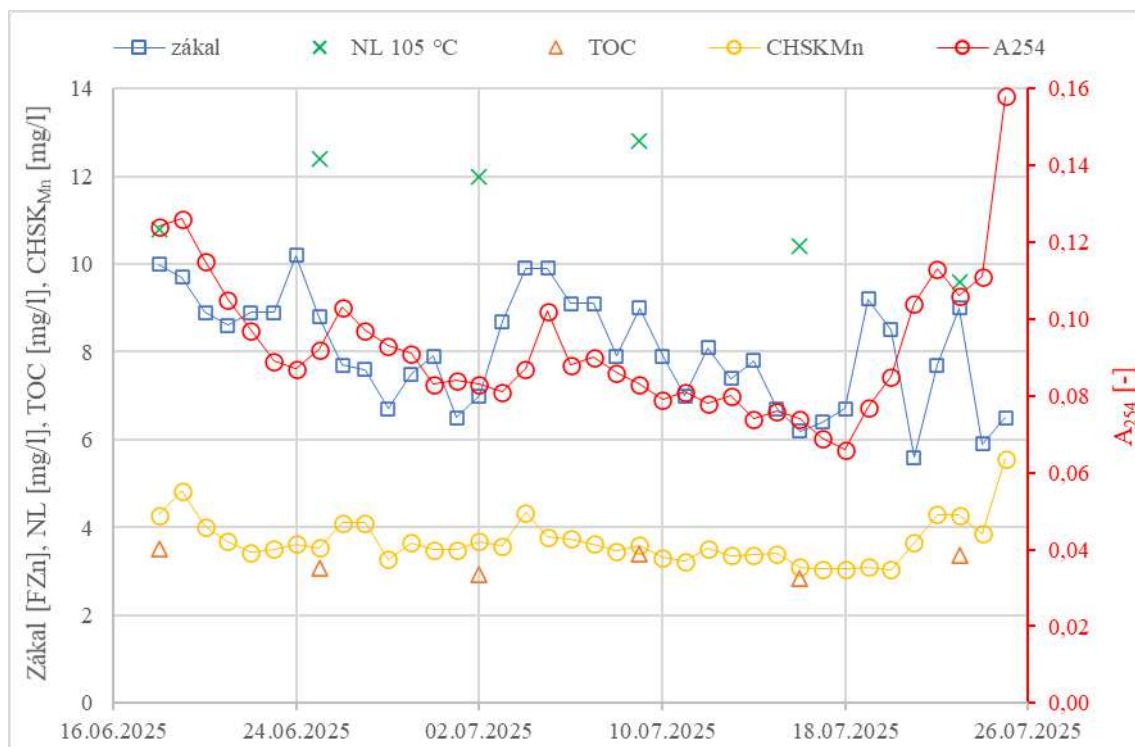
Plnění filtru

Filtr je koncipován jako dvouvrstvý, kdy filtrační sklo GreenFil NP třídy D (zrnitost 0,7 až 1,2 mm) ve výšce 90 cm tvoří spodní vrstvu, vrchní vrstvu pak tvoří 40 cm antracitu zrnitosti 1,4 až 2,5 mm. Plnění filtru probíhalo postupně, každá vrstva vyžadovala dostatečnou dobu smáčení před následným vypráním. Zejména u filtračního skla s nepolárním (hydrofobním) povrchem je smáčení a následné praní bez použití vzduchu nezbytné. Během plnění filtračního skla do filtru suchou cestou bylo pozorováno, že prašnost materiálu je minimální, zároveň byla provedena síťová analýza, kde podíl frakce < 0,5 mm činil méně než 0,1 %. Zároveň již od začátku praní odtékala prakticky čistá voda s minimálním zákalem. Přesto byla na doporučení výrobce po vyprání stržena přibližně centimetrová vrstva materiálu, která se vytvořila na povrchu filtrační náplně po jeho intenzivním prvním praní. Teprve poté bylo přistoupeno k plnění antracitem.

Provoz filtru v roce 2025

Ve sledovaném období, tedy od března do prosince 2025, byly filtry v provozu přibližně 154 dní, přičemž nejdelší souvislé období filtrace činilo 35 dní. Toto období je vybráno pro dále uvedené porovnání filtrů. Jedná se o letní období z přelomu června a července 2025.

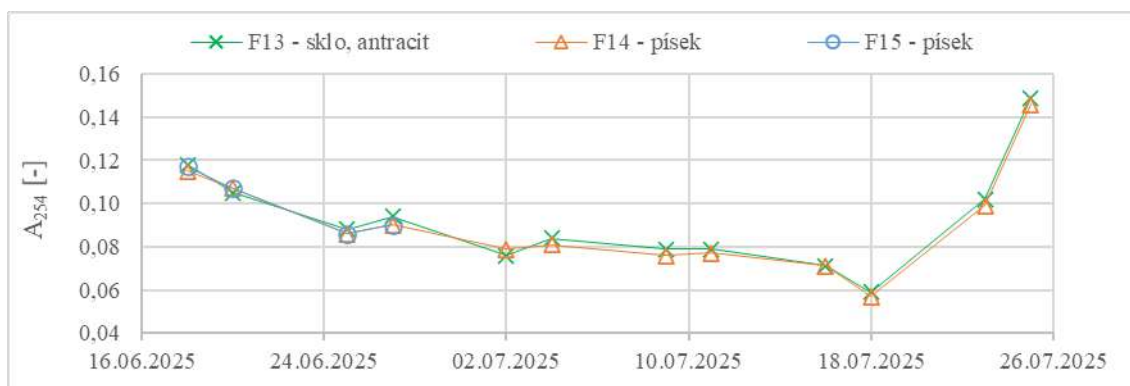
Kvalita surové vody ve sledovaném období je patrná z grafu na obr. 1. Zákal se pohyboval okolo 8 FZn, nerozpuštěné látky nepřekročily 13 mg/l. Průtok surové vody na úpravnu činil průměrně 580 l/s, v maximum to pak bylo 740 l/s.



Obr. 1 Kvalita surové vody v řece Jizera

V provozu bylo 11 až 12 filtrů, přičemž průtok na jednotlivé filtry je řízen tak, aby bylo hydraulické zatížení všech filtrů stejné. Na jeden filtr tedy bylo přiváděno 48 až 67 l/s. Ve sledovaném období probíhalo praní filtrů v automatickém režimu, výjimkou je právě filtr F13, který se z důvodu odlišných požadavků na praní filtračního skla s aktivovaným povrchem pere ručně.

Kvalita filtrátu, který odtéká z jednotlivých provozovaných filtrů, je velmi podobná. U srovnávaných filtrů F13 až F15 byla laboratorně měřena absorbance a CHSK_{Mn}, výsledky jsou prezentovány graficky na obr. 2 a obr. 3. U filtrů F13 a F14 byl navíc měřen ve filtrátu zákal, NL a TOC, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab. 2.



Obr. 2 Srovnání absorbance ve filtrátu z porovnávaných filtrů



Obr. 3 Srovnání koncentrace CHSK_{Mn} ve filtrátu z porovnávaných filtrů

Datum	Zákal [ZFn]		NL _{105°C} [mg/l]		TOC [mg/l]	
	F13	F14	F13	F14	F13	F14
18.06.2025	0,8	0,7	<3,0	<3,0	3,29	3,03
20.06.2025	0,7	0,5	<3,0	<3,0		
25.06.2025	<0,3	0,6	<3,0	<3,0	2,65	2,55
27.06.2025	0,5	<0,3	<3,0	<3,0		
02.07.2025	0,5	<0,3	<3,0	<3,0	2,54	2,43
04.07.2025	0,5	0,6	3,6	<3,0		
09.07.2025	0,5	0,5	<3,0	<3,0	2,81	2,73
11.07.2025	0,7	0,4	<3,0	<3,0		
16.07.2025	0,6	0,4	<3,0	<3,0	2,33	2,18
18.07.2025	<0,3	0,4	<3,0	<3,0		
23.07.2025	<0,3	0,6	<3,0	<3,0	3,06	2,87
25.07.2025	0,3	0,5	<3,0	<3,0		

Tab. 2. Srovnání zákalu, NL a TOC ve filtrátu z F13 a F14

Jak je z výše uvedených grafů a tabulky patrné, filtrát ze sledovaných filtrů dosahuje prakticky stejné kvality, a to i při nižším objemu filtrační náplně ve filtru F13. Zde jsou tedy zřetelné investiční úspory. Další úspory pak lze spatřovat v provozních nákladech na praní filtrů, jak je patrné z tab. 3 (protože filtr F15 byl v polovině sledovaného období odstaven, jsou z pohledu praní porovnány pouze filtry F13 a F14).

Filtr	F13	F14
Způsob praní	ručně	automaticky
Počet praní	6	13
Spotřeba vody na jedno praní (m ³)	546 ÷ 732	350
Spotřeba vody celkem (m ³)	3 912	4 550
Doba chodu dmychadel (min)	0	130

Tab. 3. Praní filtrů F13 a F14 ve sledovaném letním období

Závěr

Cílem tohoto příspěvku, resp. ročního sledování filtrů F13, F14 a F15, mělo být prokázání možnosti použít filtrační sklo s aktivovaným povrchem jako vhodnou náhradu za běžný filtrační písek, přičemž benefity filtračního skla jsou popsány výše.

Provozním sledováním filtru F13 s dvouvrstvou náplní 90 cm filtračního skla GreenFil a 40 cm antracitu a filtru F14 a F15 s náplní 160 cm filtračního písku bylo zjištěno, že kvalita filtrátu je prakticky totožná. Praní filtru F13 pak probíhalo přibližně s poloviční četností oproti filtrům F14 a F15, i když při vyšší rychlostech prací vody. Při praní filtru F13 se nepoužívá prací vzduch.

V roce 2025 bohužel nebylo patrné biologické zarůstání filtrů, které obvykle nastává při vysokých letních teplotách surové vody. Z tohoto pohledu tedy nelze hodnotit, zda by byl aktivovaný povrch filtračního skla přínosem.

Na základě výše uvedeného je možné konstatovat, že v případě ÚV Sojovice, kde je na filtry vedena surová voda z řeky Jizery bez předchozí chemické předúpravy:

- 1) je dosaženo stejné kvality filtrátu z F13 při menším objemu filtrační náplně oproti pískovým filtrům, což může představovat úsporu investičních nákladů,
- 2) činí spotřeba prací vody pro filtr F13 přibližně 86 % prací vody pro ostatní filtry, což představuje provozní úspory,
- 3) není používán prací vzduch, což představuje další provozní úspory.

Materiál GreenFil je tedy pro sledovanou aplikaci zajímavou alternativou k běžně používanému filtračnímu písku.

Membránová filtrace krasových vod v náročných terénních podmínkách: Poloprovozní testování v lokalitě Říčky

Ing. Pavel Dobiáš, Ph.D.

Ing. Jakub Ballek; Ing. Tomáš Němec

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

Abstrakt

Příspěvek shrnuje zkušenosti z poloprovozního ověření filtrace na keramických membránách při úpravě pitné vody z krasového zdroje v lokalitě Říčky (Ochoz u Brna). Testování probíhalo v chráněném území a v obtížně přístupném terénu, což ovlivnilo nejen logistiku a obsluhu, ale i to, jaké provozní režimy a zásahy jsou v praxi reálně proveditelné. Na technologické lince, která zahrnovala mechanickou filtraci a koagulaci jako předúpravu, byla posuzována vhodnost keramických membrán pro vodárenské aplikace s proměnlivou kvalitou surové vody. Příspěvek je zaměřen na souhrn praktických poznatků z provozu a měření a na jejich interpretaci z pohledu návrhu a provozní spolehlivosti technologie v podobně citlivých lokalitách. Poloprovozní testování probíhalo v souvislosti s projektem optimalizace kvality pitné vody a diverzifikaci jejích zdrojů v dané lokalitě.

Úvod

Zásobování pitnou vodou z krasových zdrojů představuje dlouhodobou i novou výzvu pro vodárenský průmysl. Vody z krasů se vyznačují výraznou proměnlivostí jakosti, kterou podmiňují srážkové úhrny a hydrogeologické charakteristiky území. Lokalita Říčky (Ochoz u Brna) v chráněném území Moravského krasu je příkladem obzvláště náročného prostředí – zde se kombinují specifické geologické poměry, hydrologické fluktuace a praktická omezení spojená s obsluhou zařízení v těžko přístupném terénu. V takových situacích se mohou tradiční postupy úpravy vody jako nedostatečné například z důvodu plošného omezení navrhovaného provozu. Příspěvek shrnuje praktické poznatky z poloprovozního ověřování membránové filtrace na keramických membránách jako potenciálního řešení pro navýšení a diverzifikaci stávajících zdrojů pitné vody v zájmové lokalitě.

Cílem poloprovozu bylo ověření membránové mikrofiltrace s keramickými membránami jako jednoho z možných řešení.

Terénní podmínky a jejich výzvy

Lokalita Říčky se nachází v chráněném území, což od počátku kladlo zvýšené požadavky na logistiku, dostupnost poloprovozního zařízení s keramickými membránami (**Obr. 1**) a jeho provozní obsluhu. Poloprovozní jednotka je vybavena i kompletním dálkovým dozorem, ale v odlehlé lesní lokalitě v údolí musela být dovybavena satelitní komunikační technikou, protože běžný signál mobilní sítě pro přenos dat nebyl dostupný. Zimní období způsobuje obtíže při příjezdu k lokalitě. Sezonní fluktuace jakosti surové vody jsou výrazné – v období zvýšené vlhkosti a srážek dochází k vzestupu mikrobiologické zátěže, zejména počtů koliformních bakterií a spor *Clostridium perfringens* a hodnot zákalu. Dusičnany a huminové látky vykazovaly relativní stabilitu. V dostupných bodových vzorcích byly zachyceny i výskyt pesticidních metabolitů (AMPA, chloridazon-desphenyl). Hodnoty jejich zaznamenaných koncentrací nebyly v kontextu

poloprovozu významné. Takto problematické prostředí vyžaduje technologické řešení odolné vůči výkyvům jakosti, jednoduché na obsluhu a minimálně energeticky náročné.



Obr. 1. Poloprovozní jednotka v kontejnerovém provedení v lesní lokalitě Říčky

Charakteristika surové vody

Surová voda z lokality vykazuje typické znaky krasového zdroje s dominantní mikrobiologickou zátěží. Během pětíměsíčního monitorovacího období (srpen–prosinec 2025) byly zaznamenány rozsahy klíčových indikátorů jakosti (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Dalším klíčovým ukazatelem kvality byl zákal, jehož hodnoty byly závislé na aktuálních hydrologických podmínkách v lokalitě (déšť, tání sněhu).

Parametr	Minimum	Maximum	Jednotka
Koliformní bakterie	1100	>2000	KTJ/100 ml
<i>Escherichia coli</i>	77	870	KTJ/100 ml
<i>Clostridium perfringens</i>	5	110	KTJ/100 ml
Zákal	2,1	9,2	ZFU
Železo	0,057	0,134	mg/l
Huminové látky	1,5	3,0	mg/l
pH (25 °C)	7,2	7,5	–
Teplota vody	5,9	13,9	°C

Tab. 1. Rozptyly klíčových indikátorů jakosti surové vody během monitorovacího období

Technologické řešení poloprovozní jednotky

Poloprovozní jednotka byla koncipována jako jednostupňová technologická linka: (1) ochrana keramických membrán před mechanickými nečistotami – mechanická filtrace přes tkaninový filtr 300 µm, (2) koagulace (PAX 18) – inline trubkový flokulátor (1-3 teoretické doby zdržení v závislosti na průtoku vody, (3) membránová mikrofiltrace na keramických membránách (nominální velikost pórů 0,1 µm) (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).

Keramické membrány byly zvoleny záměrně pro jejich odolnost vůči fluktuacím vstupní koncentrace, dlouhou životnost a možnost efektivního chemického čištění.

Zdrojem surové vody byl jímací objekt v jeskynním systému. Produkovaný permeát byl vypouštěn do místního recipientu a vedlejším efektem bylo navýšování jeho průtoku.

Odpadní vody z praní membrán byly akumulovány v přídavné mobilní nádrži (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**), která byla periodicky vyvážena na ČOV.

Jako laboratoř pro kontrolu provozu a například provedení kontrolního koagulačního testu byl využíván turistický přístřešek.

Poloprovozní jednotka je vybavena i kontinuálními analyzátory pro měření pH, zákalu a UV absorbance.

Provozní parametry a jejich optimalizace

Poloprovozní ověření membránové filtrace přes keramické membrány v lokalitě Říčky bylo primárně zaměřeno na nalezení návrhových parametrů jako je tzv. *flux*, od kterého se odvíjí správný návrh celkové filtrační membránové plochy, resp. počet instalovaných membránových modulů. Hlavním cílem projektu je zajistit, aby pro návrhový výkon budoucí uvažované úpravy vody 10 l/s byla navržená technologická linka s keramickými membránami dostatečná a bylo možné její provoz variabilními provozními nastaveními přizpůsobovat aktuální kvalitě surové vody či měnícím se provozním požadavkům na její výkon i při nutnosti regenerace membrán.

Mezi klíčové parametry, které je nezbytné u membránové mikrofiltrace průběžně monitorovat a vyhodnocovat s ohledem na kvalitu surové vody a případně reagovat změnou dávky koagulantu či změnou provozního nastavení membránové linky (četnost praní, typ chemického praní, změna výkonu membránové jednotky), jsou:

- **Transmembránový tlak (TMP)** – Zvyšuje se postupně v průběhu pracovního cyklu a cílem je samozřejmě co možná nejnížší rychlost nárůstu TMP v čase. Při hodnocení provozu membrán při konstantním průtoku filtrované vody a úpravách provozních podmínek je trend změny TMP vhodnější parametr.
- **Membránová permeabilita** – Jde o klíčový indikátor „zdravotního stavu“ membrán, měřený nepřímo jako podíl tlakového spádu a průtoku permeátu. Pokles permeability signalizuje potřebu čištění membrány a potřebu vhodného nastavení zpětného proplachu, chemického proplachu, celkové regenerace membrán nebo i změny dávky koagulantu či optimalizaci nastavení výkonu membránové jednotky pro obnovení optimální hodnoty.

Membránová permeabilita je vhodnější parametr pro porovnání vlivu provozních podmínek keramické MF při různých průtocích filtrované vody v závislosti na dalších provozních nastaveních a lze z ní odvodit optimální flux pro celkovou matici aktuálních podmínek provozu (kvalita surové vody – dávka koagulantu – požadovaný průtok – plocha membrán, která je aktuálně k dispozici např. z důvodu poruchy či praní).

Během testování byly zkoušeny dva režimy hydraulického zatížení membrán: 125 l/(m²·h) a 100 l/(m²·h). Nižší hydraulické zatížení (100 l/(m²·h)) se ukázalo jako vhodnější pro dlouhodobý provoz a bude z toho odvozen návrh pro potřebnou membránovou plochu.

Nižší hydraulické zatížení vede k delším pracovním cyklům mezi regeneracemi, což snižuje energetickou náročnost a operátorské zatížení, byť na úkor objemu zpracované vody za jednotku času.



Obr. 2. Pohled do útrob kontejnerové jednotky s moduly keramických membrán



Obr. 3. Pohled na kontejnerovou membránovou úpravnu vody s připojenou mobilní nádrží na odpadní vody a turisticko-laboratorní altánek

Závěr

Poloprovozní ověřování prokázalo, že keramické membrány mohou být v daném typu aplikace vhodným a funkčním řešením. Přestože není tato technologie v České republice příliš rozšířená, vykazuje řadu praktických předností:

- Robustnost vůči fluktuacím vstupní kvality – Membrány zvládly značné výkyvy mikrobiologické zátěže (1100 až >2000 KTJ/100 ml koliformů) bez zásadních provozních problémů, pokud byla mechanická předúprava řádně funkční.

- Mikrobiologická bezpečnost upravené vody – Upravená voda dosahovala požadované jakosti dle vyhlášky MZ ČR č. 252/2004 Sb., a to i v kritických obdobích zvýšeného znečištění zdroje surové vody.
- Automatizace – Minimální požadavky na provozní obsluhu – Zařízení lze provozovat bez lokálních operátorských zásahů po delší dobu, což by mohlo být v kontextu obtížně přístupné lokality významnou výhodou.

Rozhodující zjištění spočívá v tom, že přístup k provozní optimalizaci v závislosti na aktuálních podmínkách je kritickým faktorem.

Je-li vhodně optimalizována předúprava surové vody před membránovou filtrací (dávka koagulantu) či vhodně nastavený hydraulický výkon linky nebo vhodně zvolená frekvence praní a regenerace membrán, pak membránový systém může pracovat s vysokou spolehlivostí. Naopak při nedostatečné předúpravě (například při neoptimální dávce koagulantu) dochází k zrychlení nevratného zanášení membránové plochy a zvýšeným požadavkům na čištění.

Výsledky poloprovazního ověřování naznačují, že membránová filtrace přes keramické membrány může být vhodným řešením pro obdobné situace, kdy je potřeba pro produkci pitné vody využívat hůře dostupných zdrojů. Technologie se ukazuje jako zvláště přínosná v následujících scénářích:

- Lokality se zvýšenou mikrobiologickou zátěží a značnými fluktuacemi vstupní jakosti, bez možnosti využití tradičních postupů (Např. terénní obtíže bránící údržbě klasických filtračních jednotek, požadavek na úsporu plochy pro budoucí provoz úpravní vody v chráněných územích apod.).
- Obtížně přístupné lokality s omezeným personálem, kde je lokálně bezobslužný provoz s dálkovým řízením přínosem.
- Chráněná území, kde je prioritou minimalizovat produkci odpadních vod a omezit logistiku či zastavěné plochy.
- Zdroje s proměnlivou kvalitou, které vyžadují robustní a provozně pružné technologické řešení.

V případě lokality Říčky se ukazuje, že membránové řešení stojí za zvážení při dalších krocích optimalizace vodárenských zdrojů v regionu.

Analýza mikropolutantů ve vodách pomocí LC-MS: cesta k plnění legislativních limitů

Ing. Taťána Halešová

Wawroszová S.

WATERS Gesellschaft m.b.H., Hvězdova 1734/2c, Praha 4, Tatana_Halesova@waters.com

Abstrakt

Zajištění kvality vod v souladu s legislativními požadavky je zásadní pro ochranu veřejného zdraví. V posledních letech roste pozornost věnovaná mikropolutantům (pesticidům, léčivům, PFAS, hormonům i bisfenolům). Jejich monitorování se postupně stává významnou součástí legislativních standardů pro kontrolu kvality vod. Identifikace a kvantifikace těchto látek je však náročná vzhledem k širokému spektru sloučenin a jejich výskytu v nízkých koncentracích. Moderní analytické metody, zejména kapalinová chromatografie ve spojení s hmotnostní spektrometrií (LC-MS), poskytují citlivé a selektivní nástroje pro jejich spolehlivou detekci a analýzu s cílem dosažení požadovaných legislativních limitů.

Klíčová slova

Kvalita vod, mikropolutanty, hmotnostní spektrometrie

1. ÚVOD

Mikropolutanty jsou látky přítomné ve vodním prostředí ve velmi nízkých koncentracích (často v jednotkách ng/l až µg/l), přesto však mohou mít významný vliv na ekosystémy i lidské zdraví. Dříve nebyly systematicky sledovány, a to především kvůli jejich velmi nízkým koncentracím a omezením tehdejší instrumentální techniky. S rozvojem moderní instrumentace, zejména hmotnostní spektrometrie, však dnes můžeme spolehlivě měřit i stopová množství těchto látek, s tím souvisí i nutnost hledat a implementovat účinné způsoby jejich eliminace (Sanusi a kol., 2023).

Jejich původ je různorodý, pocházejí z průmyslové výroby, zemědělství, domácností, používáním přípravků a produktů osobní péče, z humánního či veterinárního zdravotnictví, ale řada látek může také vznikat během metabolických procesů. Mnohdy dochází k jejich transformaci na polárnější metabolity nebo konjugované formy (např. glukuronidy), které bývají perzistentnější a mobilnější a mohou představovat obdobné či vyšší riziko než původní látky (Monk a kol., 2025).

Dnešním trendem analytických laboratoří je vývoj multireziduálních metod pomocí kterých jsme schopni stanovit velký počet látek v rámci jednoho nástřiku. Používaná instrumentace musí být nejen vysoce citlivá a selektivní, ale i robustní, případně použitelná pro různé typy matic. Výhodou je tedy použití instrumentace, která si dokáže poradit s matričními vlivy.

Legislativa v oblasti mikropolutantů se rychle vyvíjí, pro některé látky jsou stanoveny konkrétní limity, pro jiné nikoliv. Často je doporučeno volit sledovaný rozsah látek na základě lokální nebo mezioborové rizikové analýzy. To podtrhuje potřebu flexibilních analytických nástrojů, které umožní jak cílené stanovení, tak necílené sledování a identifikaci nových kontaminantů.

V EU jsou mikropolutanty v pitné vodě regulovány směrnici 2020/2184 o jakosti vody určené k lidské spotřebě. Pro pesticidy stanovuje limit 0,10 µg/l pro jednotlivé látky (včetně relevantních metabolitů) a 0,50 µg/l pro jejich součet. Léčiva se zatím nesledují v takové míře jako pesticidy, nemají ani pevné limity, ale některá jsou uvedena na tzv. seznamu sledovaných látek (např. carbamazepin, 17β-estradiol). S účinností od roku 2026 dle směrnice 2020/2184 platí limit pro PFAS sumu (0,1 µg/l), tj. pro 20 specifikovaných látek které jsou uvedeny na seznamu v příloze III části B bodě 3 směrnice tab.1 a pro celkové PFAS (0,5 µg/l) suma všech per-

a polyfluorovaných alkylových sloučenin, pokyn pro tento výpočet bude ještě upřesněn. Limit pro Bisfenol A je 2,5 µg/l. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody (ve znění novely č. 371/2023 Sb.) přebírá evropské limity. V rámci ČR se pesticidy sledují v rozsahu předchozí analýzy rizik, dle jejich očekávaného výskytu v dané lokalitě. Seznam relevantních metabolitů a jejich individuální limity stanovují SZÚ a ÚKZÚZ po zhodnocení. NRC při MZ ČR vydalo doporučený seznam 19 léčiv, s limity většinou 0,1 µg/l, u některých látek např. karbamazepin 0,01 µg/l. U podzemních vod stanovuje rámec směrnice 2006/118/ES. Mikropolutanty zde nejsou výslovně zmíněny, proto se využívají doporučení ČHMÚ. Kvalita povrchových vod se řídí směrnicí 2000/60/ES a EQS a směrnicí 2008/105/ES (ve znění 2013/39/EU). Seznam sledovaných látek se rozšiřuje pomocí tzv. "watch listů", kde figurují i léčiva a hormony (např. 17β-estradiol s EQS 1 ng/l). Návrh revize přidává EQS pro 24 PFAS (4,4 ng/l). V oblasti léčiv byl v roce 2021 SFŽP ČR zveřejněn seznam 33 léčiv a hormonů, doporučených pro sledování farmaceutického znečištění vodních toků. Nová směrnice 2024/3019 o čištění městských odpadních vod zavádí povinnost odstraňovat 10 vybraných léčiv během kvartérního čištění do roku 2045.

Z výše uvedených legislativních předpisů jde vidět zvýšený zájem o mikropolutanty. Sledované limity často dosahují jednotek ng/l, což vyžaduje vysoce citlivé a analytické metody s dostatečně nízkým limitem detekce (LOD) a limitem kvantifikace (LOQ). Legislativní limity slouží laboratořím jako klíčové vodítko při vývoji a validaci analytických metod. Tyto limity však musí být ve skutečnosti nižší.

PFAS (per/polyfluoroalkylované látky)

V dnešní době bezesporu nejvíce roste zájem o problematiku PFAS.

Poprvé byly vyrobeny ve 30 letech 20 století. Jde o širokou škálu synteticky vyrobených látek. Dnes existuje cca 5000 látek a stále se objevují další. Pro své vlastnosti jsou velmi hojně využívané v běžném životě. Jejich vlastnosti umožňují jejich použití pro nepřilnavé nátěry, povrchově aktivní látky, obaly na potraviny, protipožární pěny, kosmetické a hygienické prostředky a další. Jsou však velmi prezistentní a snadno se šíří v ŽP, špatně degradují, jsou bioakumulativní s negativním dopadem na zdraví člověka. Proto jim také říkáme všudypřítomné a věčné kontaminanty.

Legislativní limity v pitné vodě ve většině členských zemí EU byly v minulosti stanoveny pouze pro PFOS a PFOA. Od 1.1.2022 platí směrnice 2020/2184 o jakosti vody určené k lidské spotřebě. Ta nyní udává hodnoty dvou ukazatelů pro PFAS a to PFAS celkové a suma PFAS včetně výčtu 20 látek tab.1.

Zájem o analýzu PFAS tak v posledních letech výrazně vzrostl a z důvodů jejich pozitivních nálezů a pro své negativní vlastnosti jsou následně implementovány do legislativních předpisů. Odhaduje se však, že PFAS sledované cílenou analýzou představují jen 30% celkové zátěže PFAS v prostředí. K odhalení přítomnosti dalších PFAS může sloužit necílený screening pomocí LC-HRMS (identifikace neznámých PFAS) nebo stanovení TOPA (Total Oxidizable Precursor Assay), které je založeno na principu převedení prekurzorů PFAS na známé koncové produkty (perfluorované kyseliny jako PFOA, PFHxA apod.) pomocí oxidace.

Spektrum sledovaných PFAS látek i přístup k hodnocení jejich toxického vlivu se v tuto chvíli stále vyvíjí a to i v souvislosti s novelou směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/118/ES (o ochraně podzemních vod) a směrnice 2008/105/ES (o environmentálních standardech povrchových vod), které byly aktualizovány, aby zahrnovaly PFAS jako skupinu látek s nastavenou environmentální kvalitou (EQS). V navrhovaném novém znění EQS se pro skupinu PFAS (včetně např. PFOA, PFOS, PFHxS, PFNA a nově TFA) jako standardní hodnota uvádí (4,4 ng/l) a relativní faktory se používají pro přepočet na ekvivalentní koncentrace vůči PFOA tab.1.

LEGISLATIVA - VODA					
PITNÁ VODA (0,1 µg/l)		PODZEMNÍ, POVRCHOVÁ VODA (4,4 ng/l) RPF – PFOA ekvivalent			
PFBA	PFBS	PFBA	0.05	PFBS	0.001
PFPeA	PFPeS	PFPeA	0.03	PFPeS	0.3
PFHxA	PFHxS	PFHxA	0.01	PFHxS	0.6
PFHpA	PFHpS	PFHpA	0.5	PFHpS	1.3
PFOA	PFOS	PFOA	1	PFOS	2
PFNA	PFNS	PFNA	10	PFDS	2
PFDA	PFDS	PFDA	7		
PFUnDA	PFUnDS	PFDoDA	3	6:2 FTOH	0.02
PFDoDA	PFDoDS	PFUnDA	4	8:2 FTOH	0.04
PFTTrDA	PFTTrDS	PFTTrDA	1.65	Gen X	0.06
		PFTeDA	0.3	ADONA	0.03
		PFHxDA	0.02	C6O4	0.06
		PFODA	0.02		

Tabulka 1: Zástupci PFAS sledovaných v různých typech vod a jejich sumy
Relativní faktory pro přepočet na PFOA ekvivalent

2. MATERIÁL A METODY

Pro analýzu mikropolutantů byly v tomto případě použity přístroje Waters kombinující kapalinovou chromatografii (LC) a hmotnostní spektrometrii (MS). MS je zásadní technikou pro cílenou analýzu kontaminantů ve stopových koncentracích. Použití se liší dle typu analyzátoru – cílená analýza se provádí pomocí trojitého kvadrupólu QqQ obr.1, zatímco necílený screening využívá vysokorozlišovací analyzátor (HRMS), např. typu QToF (Quadrupole Time-of-Flight) obr. 2.

XeVO™
TQ ABSOLUTE XR



Obr. 1 Cílená analýza LC-MS/MS



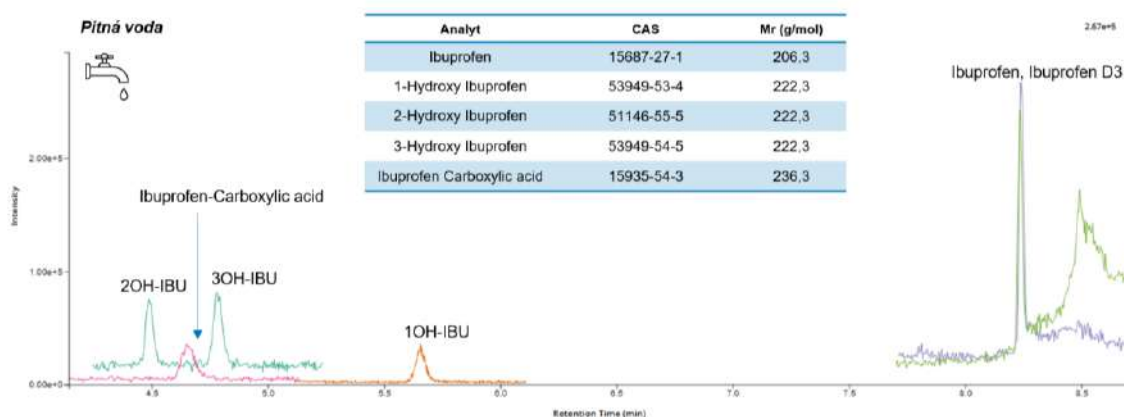
Obr. 2 Necílený screening LC-HRMS

Cílené stanovení pesticidů, léčiv, bisfenolu A a PFAS bylo provedeno na LC-MS/MS typu QqQ Xevo TQ Absolute (obr.1) v režimu MRM (multiple reaction monitoring), který umožňuje velmi citlivou, selektivní a opakovatelnou detekci mnoha látek najednou. Tato metoda je vhodná pro rutinní sledování známých kontaminantů dle legislativních požadavků. Pro každou sledovanou látku se měří dva MRM přechody současně, což umožňuje konfirmaci výsledků během jedné analýzy. Pomocí tohoto přístupu je možné analyzovat stovky látek v jednom nástřiku, běžně se měří např. 300 látek pesticidů. Ideálním přístupem pro analýzu vod je přímý nástřik vzorku bez nutnosti předchozí extrakce nebo koncentračních kroků. Citlivost metody v případě QqQ je možné také zvýšit použitím iontového zdroje UniSpray™, který umožňuje efektivnější ionizaci sloučenin a tím zajišťuje vyšší citlivost měření dosažení ještě nižších limitů.

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

Analýza léčiv: Ibuprofen a jeho metabolity

Analýza léčiva ibuprofen a jeho metabolitů byla provedena na Xevo TQ Absolute (obr.1) v ESI negativním módu v MRM režimu skenování (obr.3). Pro srovnání byl použit standardní iontový zdroj ESCi a iontový zdroj Unispray, oba pro přímý nástřik vzorku 50 ml. Kalibrace byla měřena v rozsahu 1-250 ng/l. LOQ pro většinu látek při použití standardního iontového zdroje ESCi byl 1 ng/l ($S/N > 10$), v případě použití iontového zdroje Unispray došlo ke zlepšení citlivosti na LOQ 0,5 ng/l. Tento dosažený limit bezpečně splňuje legislativní požadavky pro léčiva 0,1 µg/l i přísnější limit 0,01 mg/l, a to bez jakékoli předúpravy vzorku (zakoncentrování, SPE extrakce).



Obr. 3. Analýza ibuprofenu a jeho metabolitů pomocí Xevo TQ Absolute, ESI –

Analýza bisfenolů: Bisfenol A

Pomocí stejné instrumentace Xevo TQ Absolute, v ESI negativním módu v MRM režimu skenování byla také analyzována skupina pěti bisfenolů včetně legislativně vyžadovaného bisfenolu A. Byly analyzovány 3 vzorky kohoutkových vod z mateřských školek a 1 balená voda. Vždy byl analyzovaný vzorek a vzorek s přidavkem standardu na 5 ng/l (tab.2). LOQ pro bisfenoly byl stanoven 0,5 – 5 ng/l s opakovatelností RSD < 10%.

Sample		BPF (ng/L)	BPA (ng/L)	BPB (ng/L)	BPS (ng/L)	BPAF (ng/L)
1	Unspiked	n.d.	53.6	n.d.	BLOQ	n.d.
	spiked	5.89	57.3	4.83	5.15	4.04
2	Unspiked	n.d.	4.90	n.d.	3.39	BLOQ
	spiked	5.04	11.1	5.01	9.54	4.65
3	Unspiked	n.d.	2.55	0.34	0.263	BLOQ
	spiked	6.42	5.87	5.08	5.45	3.86
4	Unspiked	n.d.	4.23	n.d.	0.103	BLOQ
	spiked	4.67	7.97	4.78	5.19	4.49

Tabulka 2: Výsledky analýzy bisfenolu ve vodách, včetně legislativně požadovného bisfenolu A

Z výsledků bisfenolů lze vidět, že ve vzorcích vod byly kromě bisfenolu A nalezeny a kvantifikovány také bisfenol B a bisfenol S. Nejvyšší nález pro bisfenol A byl pro vzorek č.1 53,6 ng/l. Tato hodnota je 50x pod legislativním limitem 2,5 ng/l.

Analýza PFAS

Cílená analýza 32 PFAS byla provedena také pomocí LC-MS/MS typu QqQ v ESI negativním módu, v MRM režimu skenování. Detekce zahrnovala i fragment m/z 19 (fluoridový ion), což je klíčové pro nízkomolekulární PFAS (např. PFBA, PFPeA), k zajištění druhého konfirmačního přechodu.

Analýza PFAS byla provedena pro odpadní, pitnou, podzemní a povrchovou vodu. Mezi sledovanými PFAS bylo 20 PFAS pro pitnou vodu dle směrnice 2020/2184 a 24 PFAS z návrhu směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/118/ES (o ochraně podzemních vod) a směrnice 2008/105/ES (o environmentálních standardech povrchových vod). Výsledky analýz jsou uvedeny v tabulce 3.

	Concentration (ng/L)			
	Wastewater	Drinking water	Ground water	Surface water
PFHxA	17.4	4.6	3.8	3.8
PFHpA	4.1	2.0	2.0	2.2
PFOA	16.2	4.4	2.8	4.3
PFNA	2.5	<LLOQ	-	-
PFDA	1.6	-	-	-
PFBS	2.6	1.9	1.5	<LLOQ
PFHxS	1.2	<LLOQ	-	<LLOQ
PFOS	1.8	-	-	1.0
FBSA	<LLOQ	<LLOQ	-	<LLOQ
FOSA	<LLOQ	-	-	-
NMeFOSAA	2.7	-	-	-
Suma PFAS	50,1 ng/l	12,9 ng/l ≈0,013 ug/l	10,1 ng/l → 4,2 ng/l (RPF)	11,3 ng/l → 7,4 ng/l (RPF)

Tabulka 3. Cílená analýza 32 PFAS v různých typech vod, pozitivní nálezy PFAS
Výpočet PFAS sumy dle příslušné legislativy

Nalezené hodnoty pro všechny sledované matrice byly na úrovni ng/l. Nejčtenější výskyt PFAS a nejvyšší suma PFAS 50,1 ng/l byla zjištěna v odpadní vodě. Suma pro 20 PFAS v pitných vodách byla 0,01 mg/l (tab.1,3) tedy pod legislativním limitem. Suma pro podzemní vodu byla 10,1 ng/l. Po přepočtu s relativními faktory ekvivalence na PFOA (tab. 1), byla suma PFAS 4,2 ng/l, tedy pod navrženým legislativním limitem 4,4 ng/l. V případě povrchové vody byla nalezená suma PFAS 11,3 ng/l, po přepočtu dle faktorů ekvivalence na PFOA (tab.1) odpovídá suma PFAS 7,4 ng/l, což je vyšší než navržený legislativní limit 4,4 ng/l.

4. ZÁVĚR

Problematika mikropolutantů nabývá v kontextu legislativních požadavků na stále větší důležitosti. Přestože již existují seznamy prioritních látek a pro některé z nich jsou stanoveny limitní hodnoty, je zřejmé, že tato oblast bude i nadále dynamicky rozvíjena. Kombinace cílených a necílených analytických přístupů umožňuje nejen naplňovat aktuální legislativní požadavky, ale také proaktivně reagovat na nově se objevující znečišťující látky a trendy. Vzhledem k rozmanitosti a komplexnosti těchto kontaminantů hrají moderní instrumentální techniky, zejména kapalinová chromatografie ve spojení s hmotnostní spektrometrií, klíčovou roli při jejich spolehlivé identifikaci a kvantifikaci.

Abychom dosáhli legislativních limitů je zapotřebí použití citlivé instrumentální techniky.

Seznam literatury

- 1) Monk J., Hooda P., Busquets R., Sims D. (2025). Occurrence of pharmaceuticals, illicit drugs and PFAS in global surface waters. *Environmental Pollution*, volume 378, p. 126412.
- 2) Sanusi, I.O., Olutona, G.O., Wawata, I.G. *et al.* (2023). Occurrence, environmental impact and fate of pharmaceuticals in groundwater and surface water: a critical review. *Environmental Science and Pollution Research* 30, 90595–90614.
- 3) Aplikační PFAS ebook pro LC-MS: https://go.wef.org/CT-2021-10-01-1292-WHITE-PAPERS_LP---Water-Corp-1024.html

Ověření účinnosti ozonizace a AOP pro redukci metabolitů acetochloru na ÚV Moravská Nová Ves

Ing. Tomáš Macsek, Ph.D.¹⁾

Ing. Richard Bábíček²⁾; Ing. Jiří Beneš³⁾

1) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí,
Tomas.Macsek@vutbr.cz

2) Vodovody a kanalizace Hodonín, a.s.

3) DISA, s.r.o.

Abstrakt

Studie prezentuje výsledky poloprovozního testování ozonizace a její kombinace s UV zářením pro redukci koncentrací metabolitů ESA a OA pesticidu acetochlor a huminových látek během úpravy vody na úpravně vody Moravská Nová Ves. Testování probíhalo in situ pomocí mobilní jednotky pokročilých oxidačních procesů po dobu čtyř testovacích dnů a zahrnovalo 17 provozních nastavení s různými dávkami ozonu.

Průměrné počáteční koncentrace metabolitů acetochloru v upravované vodě dosahovaly nadlimitních hodnot – 0,3 µg/l u metabolitu ESA a 0,2 µg/l u metabolitu OA. Koncentrace huminových látek se pohybovaly v rozmezí 0,61–1,29 mg/l. Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že ozonizace, případně její kombinace s UV zářením, je schopna tyto látky významně redukovat, přičemž míra redukce je úměrná dávce ozonu. Pro uvedené počáteční koncentrace metabolitů byla dávka cca 2,7 g O₃/m³ dostatečná k dosažení legislativních limitů (< 0,1 µg/l).

Kombinace ozonizace s UV zářením nepřinesla ve srovnání se samotnou ozonizací významné zvýšení účinnosti. Obě konfigurace vykázaly srovnatelnou účinnost při redukci huminových látek (~60%), přičemž tato účinnost nebyla v testovaném rozsahu výrazně závislá na dávce ozonu.

Úvod

Problematika kontaminace vodních zdrojů rezidui pesticidních látek nadále představuje jednu ze stávajících výzev současného vodohospodářství. Mezi nejčastěji detekované látky v oblasti střední Evropy patří metabolity chloracetanilidových herbicidů, z nichž dominantní postavení zaujímá acetochlor. Tato látka byla v minulosti využívána jako selektivní preemergentní herbicid k regulaci jednoděložných i dvouděložných plevelů, zejména při pěstování kukuřice a slunečnice. Přestože bylo používání acetochloru v Evropské unii v roce 2011 zakázáno [1], jeho environmentální stopa v hydrosféře zůstává velmi výrazná.

Důvodem pro zákaz byla především klasifikace acetochloru jako pravděpodobného karcinogenu (US EPA, [2]) a jeho schopnost rychlé degradace na vysoce mobilní deriváty. V půdním a vodním prostředí dochází k biodegradaci mateřské látky, přičemž vznikají sulfonové kyseliny (ESA) a oxanilové kyseliny (OA). Tyto metabolity vykazují výrazně vyšší polaritu a hydrofilitu než původní acetochlor, což jim umožňuje snadný transport skrz půdní horizonty až do hlubších podzemních vod. Jejich stabilita v prostředí je řádově vyšší, což z nich činí perzistentní polutanty, které jsou v současnosti na mnoha lokalitách v České republice přítomny v koncentracích překračujících legislativní limit pro pitnou vodu (0,1 µg/l pro jednotlivé pesticidní látky) [3].

Úprava vody Moravská Nová Ves (ÚV MNV) je strategickým zdrojem pitné vody, který využívá systém čtyř podzemních vrtů v nivě řeky Moravy. Vzhledem k mělkému uložení kolektorů (hloubky kolem 12 m) vykazuje surová voda charakteristické znaky antropogenního ovlivnění, zejména v jímacím území ČS 1. Zdejší voda se vyznačuje vysokým obsahem huminových látek v koncentracích až 1,29 mg/l a trvalou přítomností metabolitů acetochloru ESA a OA v koncentracích dosahujících 0,3 µg/l, resp. 0,2 µg/l. Stávající technologické uspořádání úpravy je založeno na dvoustupňové separaci. Proces začíná provzdušňováním v INKA komorách, následuje alkalizace vápenným roztokem a oxidace rozpuštěných forem železa a manganu pomocí manganistanu draselného. Po koagulaci a sedimentaci následuje první stupeň filtrace na materiálu Filtralite. Klíčovým prvkem pro odstraňování mikropolutantů je druhý filtrační stupeň s náplní granulovaného aktivního uhlí (GAU).

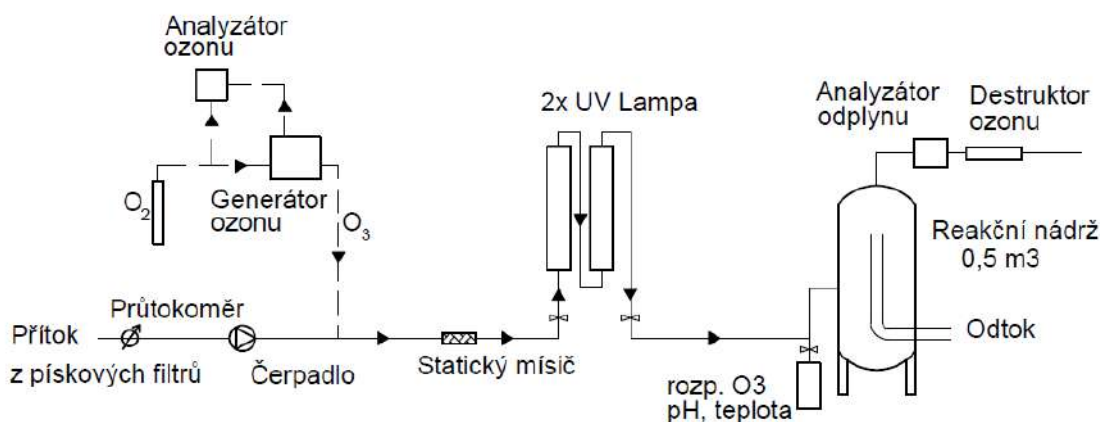
Současný problém ÚV MNV spočívá v synergickém negativním vlivu huminových látek a pesticidních metabolitů na adsorpční schopnosti GAU filtrace. Huminové látky díky své vysoké molekulární hmotnosti a afinitě k povrchu aktivního uhlí kompetitivně obsazují adsorpční místa, čímž dochází k předčasnému vyčerpání kapacity GAU filtrů vůči cílovým mikropolutantům. Častá regenerace náplně GAU je ekonomicky náročná a v případě plného využití problematického zdroje ČS 1 nezajišťuje stabilní dodržení limitu 0,1 µg/l na výstupu do spotřebiště.

Jako perspektivní řešení se jeví integrace pokročilých oxidačních procesů před stupněm adsorpce. Cílem této práce je vyhodnotit účinnost ozonizace a její kombinace s UV zářením v reálných podmínkách úpravy pomocí mobilní poloproduční jednotky. Testování bylo zaměřeno na stanovení optimální dávky ozonu nezbytné pro transformaci metabolitů acetochloru na neškodné produkty a současné snížení organického pozadí, čímž by došlo k odlehčení následného stupně GAU filtrace.

Materiály a metody

Použitá aparatura

Použitá jednotka je mobilní, plně průtočný prototyp, který umožňuje poloproduční testování technologie ozonizace a UV záření. Jednotka obsahuje generátor ozonu (WEDECO EFFIZONE GSO 10) s max. výkonem 30 g O₃/h, analyzátor ozonu v dávkovaném plynu (WEDECO HC 400plus), analyzátor ozonu v odplyně (WEDECO MC 400plus), analyzátor rozpuštěného ozonu SWAN AMI Trides, a dvojici UV reaktorů s nízkotlakými UV-C lampami (WEDECO AQUADA Proxima 7) v sériovém zapojení. Jednotka je na přítoku osazena vírovým průtokoměrem (Sika VVX25), injektorem ozonu, statickým mísičem a reakční nádrží o objemu 500 l. Schéma použité jednotky AOPs je zobrazena na Obr. 1.



Obr. 1 Schematizace použité poloproduční jednotky pokročilých oxidačních procesů

Metodika poloprovozního testování

Experimentální činnost byla zaměřena na ověření účinnosti oxidačních procesů v závislosti na proměnlivé kvalitě vstupní podzemní vody a aktuální zátěži cílovými mikropolutanty. Celý proces testování byl realizován v rámci sedmnácti provozních nastavení rozdělených do čtyř testovacích dnů (srpen–listopad), což umožnilo testování při variabilních koncentracích znečištění (metabolitů acetochloru, organického znečištění). Cílem bylo otestovat výše uvedené procesy a najít postačující dávky ozonu, které by zajistily spolehlivé dodržení legislativního limitu i v případě, že by huminové látky nebyly redukovány v prvním stupni separace. Spolu s prostou ozonizací byla paralelně testována i technologie ozonizace kombinované s UV zářením pro podporu produkce hydroxylových radikálů, s cílem kvantifikovat potenciální zvýšení úrovně odstranění cílových metabolitů acetochloru.

V prvních testovacích dnech byly aplikovány dávky ozonu v rozmezí 1,8 až 3,0 g O₃/m³. Toto rozmezí vycházelo z provozních zkušeností s obdobně zatíženými zdroji podzemních vod a mělo stanovit základní hladinu účinnosti pro obvyklé koncentrace metabolitů. Vzhledem k tomu, že během testování došlo k výraznému nárůstu koncentrací acetochloru ESA a OA v surové vodě (až na dvounásobek průměrných hodnot), se strategie modifikovala i na otestování vyšších dávek ozonu až 4,8 g O₃/m³.

Analytická část

Odebrané vzorky na přítoku a odtoku mobilní testovací jednotky byly analyzovány na koncentrace metabolitů acetochloru, TOC a bromičnanů v laboratoři ALS Czech Republic s.r.o. Koncentrace huminových látek, CHSK_{Mn}, CHSK_{Cr}, absorbance 254 nm byly analyzovány v laboratoři VaK Hodonín a.s.

Výsledky a diskuse

Vstupní parametry čištěného média

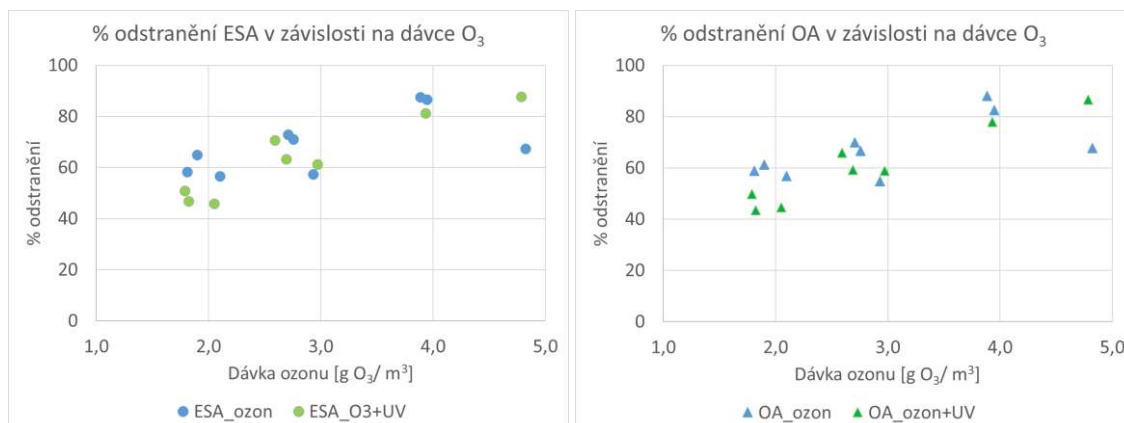
Kvalita surové podzemní vody ze zdroje ČS 1 představuje z hlediska úpravy vysoce komplexní matici. Přestože písková filtrace účinně odstraňuje suspendované látky a část oxidovaného železa a manganu, koncentrace metabolitů acetochloru ESA (0,3 µg/l) a OA (0,2 µg/l) zůstávají setrvale nad legislativním limitem. Klíčovým faktorem, který komplikuje proces oxidace i následné adsorpce, je přítomnost přírodních organických látek, reprezentovaných huminovými látkami v rozmezí 0,61–1,29 mg/l. V procesu ozonizace i O₃/UV dochází k preferenční reakci s reaktivními skupinami huminových kyselin, což vede k neproduktivní spotřebě ozonu a hydroxylových radikálů. Teprve po částečném nasycení této oxidační kapacity matrice dochází k efektivní degradaci cílových mikropolutantů.

Přítomnost huminových látek ovlivňuje i účinnost použitého UV záření 254 nm z důvodů snížené transmittance vody (85,7 – 87,6 %). Efektivní UV dávka při provedených pokusech tak byla minimálně 2000 J/m² a tato hodnota je dostatečná k podpoře generování hydroxylových radikálů.

Redukce sledovaných metabolitů pesticidu acetochlor

Poloprovozní testování potvrdilo, že oba sledované metabolity acetochloru je možno výrazně redukovat testovanými technologiemi i v přítomnosti huminových látek, přičemž míra jejich redukce vykazovala silnou korelaci s aplikovanou dávkou. Při koncentracích sledovaných metabolitů typických pro zdroj ČS 1 byla dávka ozonu cca 2,7 g O₃/m³ identifikována jako dostatečná pro zabezpečení legislativních limitů. U kombinaci ozonizace s UV zářením se neprokázal předpokládaný synergický efekt této kombinace a účinnost odstranění ESA i OA byla prakticky identická jako u prosté ozonizace (Obr. 2). Z důvodu, že při prosté ozonizaci se neuvažuje s významnou kontribucí hydroxylových radikálů (pH ~ 8,2, TOC ~ 3 mg/l, vysoká

alkalita), byl primární mechanismus oxidace sledovaného znečištění reakcí s molekulárním ozonem. Neefektivita ozonizace spojené s UV zářením spočívala ve spotřebě fotolýzou vygenerovaných hydroxylových radikálů organickým pozadím matrice, příp. s přítomnými hydrogenuhlíčitany.

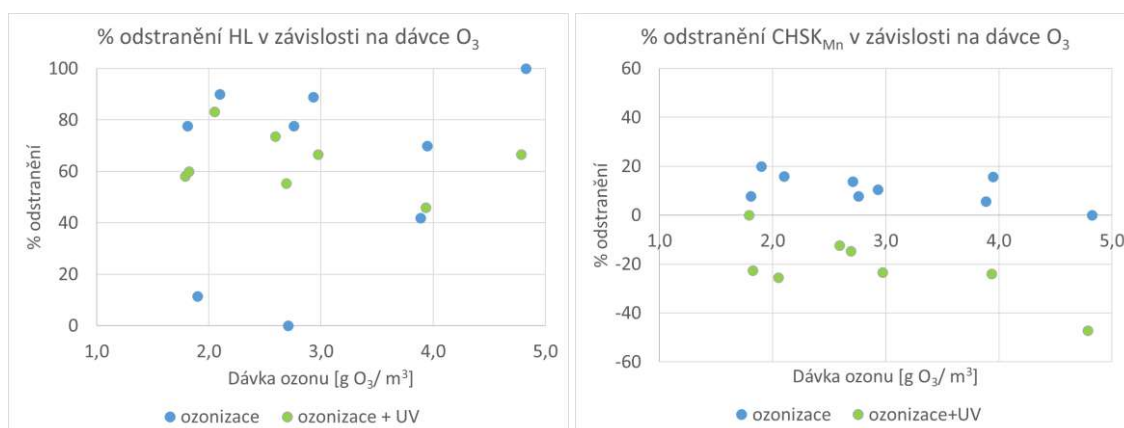


Obr. 2 Odstranění acetochloru ESA (vlevo) a OA (vpravo) testovanými technologiemi v závislosti na dávce ozonu k průtoku upravovaného média

Transformace organických a huminových látek

Souběžně se sledovanými metabolity pesticidů byl studován i vliv huminových látek, které tvoří bariéru efektivnímu průběhu oxidace. Huminové látky jsou vysokomolekulární, převážně cyklické sloučeniny aromatického charakteru, díky čemuž jsou dobře chemicky oxidovatelné, a tudíž způsobují vysokou nespecifickou spotřebu ozonu [4]. Huminové látky jsou rovněž náchylné k fotochemickému rozkladu, při kterém se tvoří nízkomolekulární alifatické kyseliny [4], které se ozonem neoxidují, nicméně jsou schopné být oxidovány hydroxylovými radikály.

Během testování bylo dosaženo průměrné ~60% redukce huminových látek (Obr. 3), přičemž tato účinnost nevykazovala signifikantní závislost na zvyšující se dávce ozonu v testovaném rozsahu. Tato redukce nevede k mineralizaci těchto látek, nýbrž k jejich rozkladu na jednodušší sloučeniny, které kompetitivně neobsazují póry GAU filtrace jako huminové látky, což ve výsledku prodlužuje životnost filtrů s aktivním uhlím a snižuje riziko průniku pesticidů do upravené vody.



Obr. 3 Závislost redukce huminových látek (vlevo) a CHSK_{Mn} (vpravo) na dávce ozonu

Konzistentní rozdíl mezi použitím ozonizace a O₃/UV byl pozorován u ukazatele CHSK_{Mn} (Obr. 3), kdy při ozonizaci docházelo k mírné redukci parametru, a naopak při O₃/UV docházelo k jeho nárůstu. Zvýšení hodnot CHSK_{Mn} u procesu O₃/UV neindikuje sekundární znečištění (vzhledem ke stabilitě hodnot TOC), nýbrž fragmentaci makromolekulárních struktur huminových látek. Ozon

je velmi selektivní a reaguje primárně s dvojnými vazbami a aromatickými jádry huminových látek, která manganistan dokáže oxidovat, čímž tyto struktury mizí. V případě O_3 /UV procesu dochází vlivem hydroxylových radikálů k oxidaci odolných struktur, které nebyly manganistanem oxidovatelné, na snáze oxidovatelné meziprodukty. Tyto nově vzniklé meziprodukty jsou pro manganistan snadněji oxidovatelné než původní odolné huminové makromolekuly. Při použití parametru $CHSK_{Cr}$ tento „paradoxní“ jev nenastává z důvodu, že se využívá silné oxidační činidlo, schopné oxidovat a analyzovat téměř veškeré huminové látky i vznikající nízkomolekulární alifatické kyseliny.

Tvorba bromičnanů

Implementace ozonizace v úpravárenských procesech s sebou nese riziko formace karcinogenních bromičnanů. V provedených pokusech s prostou ozonizací byly sledovány koncentrace bromičnanů 13 a 32 $\mu\text{g/l}$ při dávce ozonu 2,8 resp. 3,9 $\text{g } O_3/\text{m}^3$, což jsou koncentrace přesahující legislativní limit 10 $\mu\text{g/l}$. U pokusu s O_3 /UV při dávce ozonu 2,7 $\text{g } O_3/\text{m}^3$ nebyly bromičnany zaznamenány ($\text{LOD} = 3,0 \mu\text{g/l}$). Přidané UV záření inhibuje tvorbu bromičnanů zejména z dvou důvodů: i) redukuje/rozkládá meziprodukt oxidace – kyselinu bromnou, opět na původní bromidové ionty, čímž zabraňuje její oxidaci na bromičnany [5], [6]; ii) snižuje koncentrace molekulárního ozonu za tvorby hydroxylových radikálů, které tvoří bromičnany méně efektivně.

Závěr

Poloprovozní testování potvrdilo, že ozonizace účinně redukuje metabolity acetochloru ESA a OA v přímé závislosti na dávce ozonu. Pro nátokové koncentrace kolem 0,3 $\mu\text{g/l}$ (ESA) a 0,2 $\mu\text{g/l}$ (OA) byla jako dávka ozonu postačující ke splnění legislativních požadavků stanovena dávka 2,7 $\text{g } O_3/\text{m}^3$.

Synergie s UV zářením nezvýšila účinnost odstranění mikropolutantů ani huminových látek, u nichž byla u obou technologií dosažena stabilní cca 60% redukce nezávislá na dávce ozonu (v testovaném rozsahu). Přidané UV záření mělo naopak pozitivní vliv na inhibici tvorby bromičnanů, kdy při dávce ozonu $\sim 2,7 \text{ g } O_3/\text{m}^3$, na rozdíl od prosté ozonizace, nebyly detekovány.

Zdroje

- [1] Evropská komise, „PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1372/2011 ze dne 21. prosince 2011, kterým se v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh neschvaluje účinná látka acetochlor a mění rozhodnutí Komise 2008/934/ES“.
- [2] S. S. Mohanty a H. M. Jena, „A systemic assessment of the environmental impacts and remediation strategies for chloroacetanilide herbicides“, *Journal of Water Process Engineering*, roč. 31, s. 100860, říj. 2019, doi: 10.1016/j.jwpe.2019.100860.
- [3] P. Hubalová a D. Mertová, *Report on the state of water management in the Czech Republic in 2022 (Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2022)*. Prague: The Ministry of Agriculture of the Czech Republic, 2023.
- [4] P. Pitter, *Hydrochemie*, 5. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015.
- [5] K. Anh Phan, J. Lohwacharin, K. Oguma, a V. K. Sharma, „Bromate in drinking water: Occurrence and removal by ultraviolet/sulfite advanced reduction processes“, *Chemical Engineering Journal*, roč. 490, s. 151759, čer. 2024, doi: 10.1016/j.cej.2024.151759.
- [6] M. Tammaro, V. Fiandra, A. Salluzzo, A. Patti, a A. Lancia, „UV treatment for the removal of bromate formed during ozonation of groundwater. Influence of the oxidation process on the removal efficiency“, *J. Environ. Chem. Eng.*, roč. 4, č. 3, s. 3293–3302, zář. 2016, doi: 10.1016/j.jece.2016.06.036.

Ochrana svaru při svařování – projekt, realizace a realita

Ing. Jiří Kratěna, Ph.D.¹⁾

Ing. Veronika Zelená, MSc.¹⁾; Ing. Jan Kundrátek²⁾

1) STERPLAN a.s., Pod dráhou 1637/4, 170 00 Praha 7

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

Abstrakt

Příspěvek se věnuje problematice svařování ocelových potrubí a konstrukcí, především z korozivzdorné oceli. Svařování korozivzdorných ocelí by mělo být prováděno v ochranné atmosféře. Požadavky na provedení svaru a jeho následné ošetření musí být už řešeno v rámci přípravy projektu. Na stavbě potom musí být dodržovány všechny schválené svářečské postupy a musí být prováděna kontrola svarů. V příspěvku budou uvedené požadavky na projektovou přípravu, realizaci a ukázky správně a chybně provedeného svaru.

Úvod

Svařování korozivzdorných ocelí je technologický proces, jehož výsledná kvalita má přímý vliv na životnost potrubních rozvodů a konstrukcí, bezpečnost provozu i náklady na údržbu. Přestože existuje jasně definovaný soubor norem a doporučených postupů, realita na stavbách často ukazuje, že mezi projektovou dokumentací, skutečným provedením a následnou kontrolou vznikají významné rozdíly.

Cílem příspěvku je shrnout klíčové technické požadavky na ochranu svaru při svařování korozivzdorné oceli, upozornit na rizika spojená s nedodržením technologické kázně, a zdůraznit význam kvalitní projektové přípravy a dohledu během realizace.

Teoretický základ korozní odolnosti

Nerezové oceli se vyznačují svou vysokou odolností vůči chemickému působení, která však není způsobena ušlechtilostí materiálu v celém jeho objemu, nýbrž přítomností tzv. pasivní vrstvy. Tato extrémně tenká (5–10 nm) a kompaktní vrstva oxidu chromitého vzniká na povrchu oceli za předpokladu, že ocel obsahuje minimálně 11–12 % chromu a je vystavena působení kyslíku. Pasivní vrstva na povrchu nerezové oceli tvoří bariéru bránící další oxidaci hlubších vrstev.

Nerezová ocel si však udrží svou korozní odolnost pouze tehdy, pokud má povrch kovově čistý a pasivační vrstva oxidu chromitého není narušena. Pokud je pasivní vrstva narušena nebo se kvůli technologickým chybám nevytvoří, koroduje nerezová ocel stejně snadno jako běžná uhlíková ocel. Mezi hlavní faktory ohrožující stabilitu pasivní vrstvy patří nedostatek kyslíku (bránící regeneraci oxidů), vysoká koncentrace agresivních chloridů, nevhodné pH prostředí (mimo optimální rozmezí 7,2–7,6) nebo galvanické vlivy vznikající při vodivém spojení s méně ušlechtilými kovy.

Co se děje s materiálem při svařování

Svařování nerezových ocelí způsobuje lokální ohřev materiálu na vysoké teploty, což vede ke změnám ve struktuře i vlastnostech základního materiálu a svarového kovu. Mezi hlavní procesy patří:

1. Oxidace povrchu

Bez dostatečné ochrany inertním plynem dochází ke vzniku chromových oxidů a barevných povrchových vrstev. Ty negativně ovlivňují korozní odolnost, protože snižují obsah chromu v povrchové vrstvě.

2. Sensibilizace (mezikrystalická koroze)

Při teplotách 500–800 °C může docházet k precipitaci karbidů chromu na hranicích zrn, což vede ke ztrátě pasivní vrstvy a následné mezikrystalické korozi.

3. Nauhličení a kontaminace povrchu

Přítomnost uhlíkových částic nebo železa (např. z nevhodných nástrojů) způsobuje lokální snížení korozní odolnosti a vznik korozních ložisek.

4. Tepelné deformace

V důsledku nerovnoměrného ohřevu může docházet k prohýbání potrubí či konstrukce, vzniku prutů nebo nevyhovující geometrie svaru.

Jak zabránit degradaci použitého materiálu

Při svařování nerezových ocelí je ochrana materiálu a samotného svarového spoje klíčová pro zachování jejich korozní odolnosti. Degradaci lze zabránit především řízením prostředí, v němž svařování probíhá, a důsledným dodržáním technologických postupů. Každý svar musí být chráněn dostatečnou vrstvou inertního plynu jak na líci, tak na kořeni. Bez kvalitního formovacího plynu dochází k intenzivní oxidaci, která vede k úbytku chromu v povrchové vrstvě a následné ztrátě pasivní vrstvy.

Současně je nutné zabránit kontaminaci svaru i jeho okolí. Nerezová ocel velmi citlivě reaguje na přítomnost železných částic, zbytků uhlíku či běžných nečistot. Proto musí být používány pouze nástroje určené výhradně pro práci s nerezovou ocelí a pracovní prostor musí být chráněn před náletovou kontaminací (např. z broušení uhlíkové oceli v blízkosti). Znečištění svaru vede k lokálním poruchám pasivní vrstvy a následnému vzniku pittingové koroze.

Neméně důležité je následné ošetření povrchu svaru. Svar musí být mechanicky očištěn od náběhových barev, okujů či připečených nečistot, přičemž je nutné dbát na to, aby nedošlo k jeho přehřátí nebo broušení nevhodným materiálem. Teprve po mechanické úpravě následuje chemické ošetření — moření a pasivace. Tím dochází k obnovení rovnoměrné pasivní vrstvy a zajištění dlouhodobé korozní odolnosti celého potrubního systému. Dobře provedená pasivace je jedním z hlavních kritérií kvality svaru u nerezových ocelí.

Technologické postupy při svařování (Metoda 141)

Klíčovým momentem pro zachování antikorozních vlastností je proces svařování. Na montážích se standardně využívá metoda 141 (TIG – svařování netavicí se wolframovou elektrodou v inertním plynu). Pro zajištění kvality musí veškeré práce probíhat v souladu se specifikací postupu WPS dle normy ČSN EN ISO 15609-1, s přímým odkazem na kvalifikaci WPQR.

Zásadní podmínkou je ochrana svarové lázně i přilehlých tepelně ovlivněných zón před kyslíkem. Zatímco líc svaru chrání inertní argon (Ar) z hořáku, kořen svaru musí být chráněn tzv. formovacím plynem (čistý Ar nebo směs N₂ s 5–10 % H₂). Bez této ochrany vznikají silné vrstvy oxidů (náběhové barvy o tloušťce nad 200 nm), které lokálně odčerpávají chrom z okolní matrice. Pokud obsah chromu v těchto místech klesne pod kritickou hranici 12 %, dochází ke ztrátě korozní odolnosti.

Ochrana před okolním prostředím při venkovních montážích

Při svařování ve venkovním prostředí vyžaduje metoda TIG zvýšená opatření, neboť je extrémně náchylná na proudění vzduchu. I mírný průvan může strhnout ochrannou atmosféru argonu z hořáku, což vede k okamžité oxidaci svaru, vzniku pórů a kontaminaci wolframové elektrody. Z tohoto důvodu je nezbytné:

- Zajištění závětrí: Použití svářečských stanů, zástěn nebo lokálních krytů, které eliminují vliv větru.
- Kontrola vlhkosti: Svařované plochy musí být dokonale suché. Dešťové srážky nebo vysoká vzdušná vlhkost mohou do svaru vnést vodík a způsobit pórovitost či praskání.
- Zamezení kontaminace: Ve venkovním prostředí hrozí zvýšené riziko náletové koroze (např. prach z broušení běžné oceli v okolí). Pracoviště pro nerez musí být striktně odděleno a chráněno před nečistotami z okolní výstavby.

Požadavky na projektovou přípravu

Kvalita svařovaných spojů je ve značné míře ovlivněna již v projektové fázi. Projektová dokumentace musí obsahovat nejen návrh dimenzí a materiálů potrubí, ale také jasné definované technologické požadavky na svařování, ochranu svarů a kontrolní mechanismy. Zásadní je zejména stanovení normativního rámce — projekt musí jednoznačně určit, že svařování bude probíhat podle platných norem pro kvalifikaci postupů, kvalifikaci svářečů, řízení jakosti a požadavky na vizuální a nedestruktivní zkoušení. Pokud jsou tyto požadavky nedostatečně popsány, bývá to na stavbě často interpretováno jako prostor ke zjednodušení nebo opomenutí technologických podmínek.

Součástí projektové přípravy je i specifikace metody svařování a podmínek jejího použití. Pokud je předpokládána metoda 141 (TIG), je nutné definovat podmínky ochrany svaru, použité plyny, způsob formování kořene a minimální požadavky na pracovní prostředí. Mimo to musí projekt obsahovat i požadavky na kvalifikaci svářečů, včetně povinnosti doložit příslušné certifikáty.

Projektová dokumentace musí také předem stanovit způsob provádění kontrol svarů. Obvykle zahrnuje 100% vizuální kontrolu a dále minimální procento radiografických zkoušek, které ověří kvalitu provedení. Způsob evidence svarů, tvorba protokolů a postup při nevyhovujícím výsledku musí být rovněž popsán v projektové přípravě. Pečlivé nastavení těchto pravidel výrazně omezuje prostor pro chyby v samotné realizaci.

V neposlední řadě musí být v rozpočtové části projektu zahrnuty všechny technologicky nezbytné položky související se svařováním nerezové oceli — zejména formovací plyny, čisticí prostředky, pasivační chemie, měřicí technika a čas potřebný pro přípravu a dokončovací práce. Podhodnocení těchto položek vede v praxi k tomu, že zhotovitel hledá úspory právě v těch činnostech, které jsou pro kvalitu svaru zásadní.

Normativní odkazy:

1. Požadavky na kvalitu svarů a jejich kontrolu

- ČSN EN ISO 3834-2,-3,-4 – systém řízení jakosti ve svařování
- ČSN EN ISO 14731 – svářečský dozor
- ČSN EN ISO 17637 a 5817 – vizuální zkoušení a třídy jakosti
- ČSN EN ISO 17636 – radiografické zkoušení

2. Požadavky na kvalifikaci postupů

Zhotovitel musí doložit kvalifikaci postupů svařování dle:

- ČSN EN ISO 15607, 15609, 15614
- ČSN EN ISO 14555
- EN ISO 17660

3. Požadavky na kvalifikaci svářečů

Práce smí provádět pouze svářeči s platnou zkouškou dle:

- ČSN EN ISO 9606-1
- akreditace dle CWS-ANB a EWF

Požadavky na provádění svarů

Vlastní provádění svarů musí probíhat v souladu se schválenými technologickými postupy, které jsou doloženy specifikací WPS a kvalifikací WPQR. Je odpovědností zhotovitele před zahájením prací předložit úplný seznam plánovaných svarů a doložit způsobilost svých svářečů podle příslušných norem. Veškeré činnosti spojené se svařováním musí být pod dohledem svářečského dozoru, který dohlíží na dodržování kvality a správného technologického postupu.

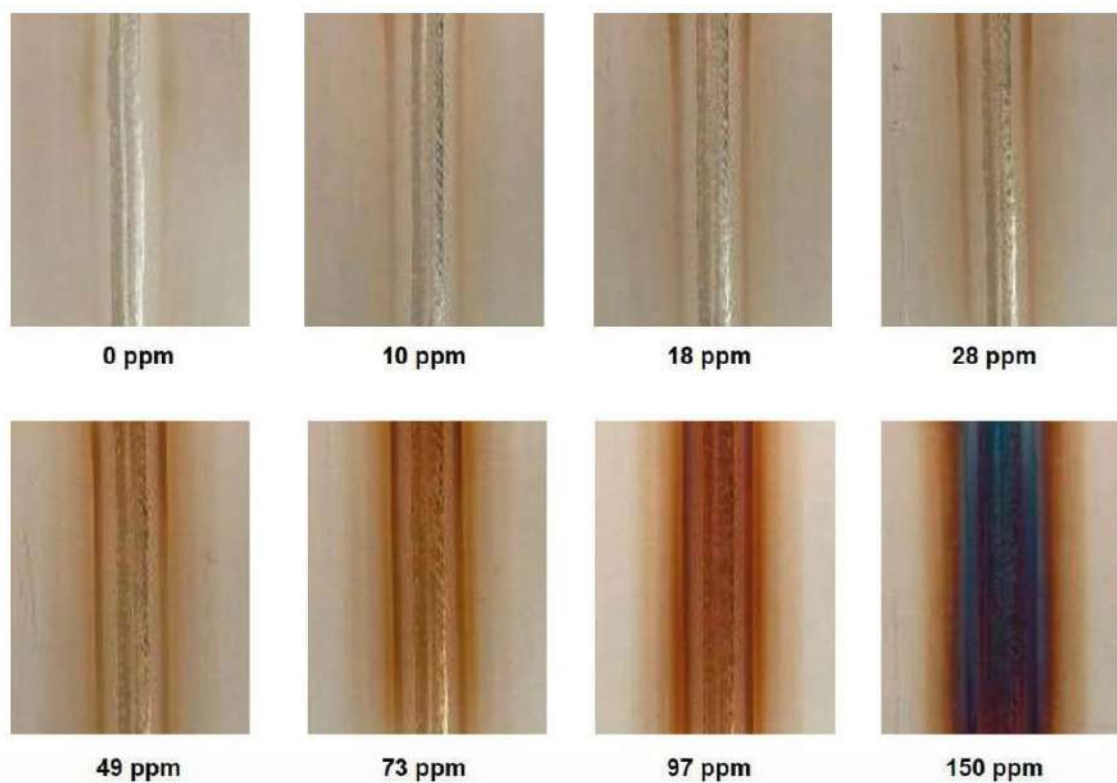
Během svařování musí být zajištěno stabilní prostředí a ochrana svaru proti průvanu a kontaminaci. Zvláštní pozornost je nutné věnovat ochraně kořene svaru, který je kritickým místem z hlediska oxidace. Je-li kořen nedostatečně chráněn, vznikají silně oxidované vrstvy, které nelze spolehlivě odstranit a které zásadně snižují korozní odolnost potrubí. Zhotovitel je povinen průběžně kontrolovat podmínky formování plynu, včetně měření zbytkového kyslíku.

Po dokončení svaru následuje jeho vyčištění a konečná úprava. Mechanické čištění a chemická pasivace musí být provedeny bezprostředně po svařování a dokumentovány v rámci svářečského deníku. Jakékoliv zbarvení nebo nedostatečné očištění povrchu je považováno za technologickou chybu.

Kontrola svarů zahrnuje nejen vizuální zkoušení, ale také předepsaný rozsah radiografických nebo jiných NDT metod. V případě, že některý svar nevyhoví, je nutné provést jeho opravu a opětovnou kontrolu. Pokud se závada opakuje, rozšiřuje se rozsah zkoušek na další svary — vždy na náklady zhotovitele. Tím je zajištěno, že nekvalitní práce nebudou přehlédnuty a že kvalita zůstane konzistentní v celém rozsahu montáže.

Praktická realizace na potrubních systémech

Příprava potrubí zahrnuje precizní lícování a stehování krátkými svary. U tloušťek stěn nad 2 mm je vhodné provést úkopy na koncích potrubí pro zajištění plného průvaru kořene. Před samotným svařováním se do potrubí vkládají zaslepovací kusy, které vymezují prostor pro přívod formovacího plynu. Mezera mezi konci potrubí se přelepí krycí páskou, která se následně při svařování postupně odstraňuje. Skutečná přítomnost zbytkového kyslíku v tomto prostoru musí být před zahájením práce kontrolována oxymetrem. Zbytkový obsah kyslíku nesmí být větší než 20 až 50 ppm.



Obr. 1 Povrch svaru korozivzdorné oceli v závislosti na obsahu zbytkového kyslíku



Obr. 2 Ukázka uzavření rovného potrubí a formování svaru



Obr. 3 Měření obsahu kyslíku oxymetrem



Obr. 4 Ukázka svařování a formování svaru segmentového kolena

Dokončovací operace a pasivace

Po dokončení svarového spoje a jeho vychladnutí následuje finální úprava povrchu. Ta zahrnuje odstranění náběhových barev a případných okují nerezovým kartáčem nebo broušením. Klíčovým krokem je chemická pasivace pomocí pasivačních past nebo elektrochemických metod, po nichž následuje důkladný oplach vodou. Samozřejmostí celého procesu je přísné dodržování pravidel BOZP, zejména při manipulaci s agresivními pasivačními prostředky.

Závěr

Svařování korozivzdorných ocelí je proces s vysokými nároky na technickou kázeň, kvalifikaci pracovníků a důslednou kontrolu. Kvalitní projektová příprava, přesné technologické postupy, ochrana svaru a následné čištění jsou nezbytné pro dosažení dlouhodobé spolehlivosti potrubních systémů.

Rozdíly mezi projektovými požadavky a reálným provedením na stavbě mohou mít zásadní vliv na životnost a bezpečnost díla. Proto je klíčová úzká součinnost mezi projektantem, zhotovitelem a svářečským dozorem.

Hydraulické zkoušky ventilu Cla-val ve funkci pojišťovací armatury versus praktické poznatky v terénu

Ing. Jiří Ševčík¹⁾

Ing. Martin Hudec, Ph.D.²⁾; Ing. Daniel Himr, Ph.D.²⁾

1) HUTIRA s.r.o., tel. 604 256 618

2) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav

Abstrakt

Účelem měření je získání přesných dynamických a statických charakteristik o plnoprůtočném regulačním ventilu Cla-val DN 100 / PN 16 pro potřeby modelování programem DYNsip a také ověření těchto údajů v reálných podmínkách v terénu.

Níže citovaný regulační ventil je vybaven membránou, konstrukce ventilu je založena na stejném principu jako tlakově redukční ventil a ventil je určen jako ochrana potrubního systému proti nadměrnému přetlaku a zároveň otevírá i při poklesu tlaku. Takže je alternativou k plynovému akumulátoru v čerpací stanici.

Snahou autorů bylo zmapovat co nejdetailnější chování ventilu v jeho otevírací fázi, protože tato fáze je extrémně důležitá pro zachycení nástupu rázového přetlaku. Pilotní (řídící) okruh ventilu byl vyvinut speciálně pro tyto účely a byl výrobcem navržen a konstruován pro extrémně rychlé otevření.

Ve zprávě je popsáno měření a provedeno vyhodnocení klíčových hydraulických vlastností regulačního ventilu Cla-val v plnoprůtočném provedení GE DN 100 / PN 16.

V rámci Vysokého učení technického v Brně, na fakultě strojního inženýrství v laboratoři fluidního inženýrství Viktora Kaplana byla připravena měřicí trať částečně z nerez oceli a částečně z PE-HD. V rámci tohoto měření byla stanovena statická a dynamická charakteristika regulačního ventilu, která bude následně použita jako podklad pro výpočetní model vodního rázu programem DYNsip.

Všechny tlaky, které jsou ve zprávě uvedeny jsou absolutní, tzn. atmosférický tlak je roven 1 bar.

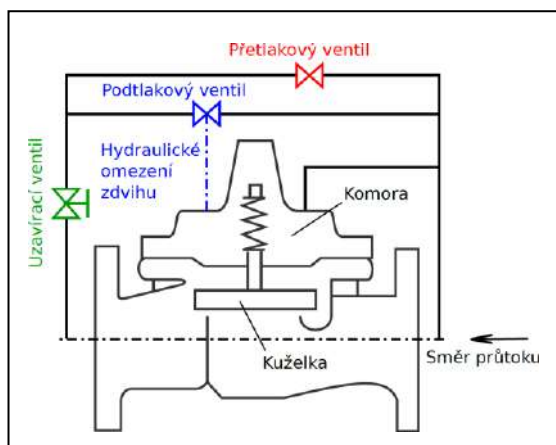
Pojistný ventil

Měřenou armaturou je pojistný ventil Cla-val model 52-G1E-03, který je konstrukčně uzpůsoben tak, aby byl uzavřený při normálních provozních podmínkách. Ventil je řízen pasivně, jen na základě hydraulických poměrů, které panují v systému, ve kterém je umístěn. Pokud tlak před ventilem poklesne pod zvolenou hodnotu nebo naopak stoupne nad určitou hodnotu, ventil se automaticky otevře vysokou rychlostí.

Schéma ventilu je uvedeno na obrázku 1:

Obrázek 1: Schéma pojistného ventilu:

Směr průtoku pod kuželku, komora se svislými výstupními porty, Přetlakový ventil, nastavení (P_{max}) / Podtlakový ventil, nastavení (P_{min})



Poloha kuželky ventilu je řízena rozdílem mezi tlakem v komoře a tlakem pod kuželkou, který odpovídá tlaku před ventilem. Pokud je tento rozdíl do cca. 0,5 bar, tak síla působící na kuželku není dostatečně velká, aby došlo k jejímu pohybu vzhůru a tedy průtok přes ventil je nulový. Ventil je uzavřený i za situace, kdy vstupní tlak je vyšší než nastavená hodnota minimálního tlaku (dále jen P_{min}) a zároveň nižší než nastavená hodnota maximálního tlaku (dále jen P_{max}). Hodnoty P_{min} a P_{max} lze měnit předepnutím pružiny u přetlakového anebo podtlakového pilotního ventilu.

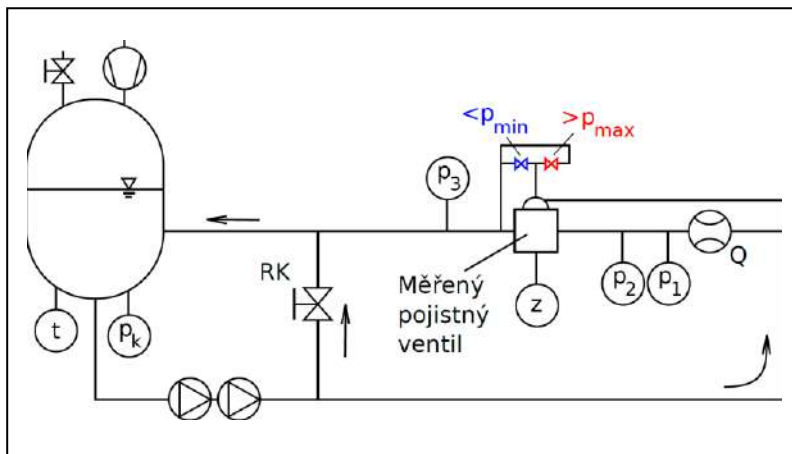
Pokud tlak před pojistným ventilem překročí hodnotu P_{max} , tak dojde k prudkému otevření přetlakového ventilu, následně poklesu tlaku v komoře hlavního ventilu a pohybu kuželky nahoru, čímž se otevře i hlavní ventil a začne proudit voda skrze tělo hlavního ventilu. Kuželka se ustálí v takové poloze, aby tlaková diference na pojistném ventilu odpovídala okamžitým hodnotám K_v (koeficient průtočnosti). Aby nedocházelo k zaseknutí kuželky v horním ložisku, je víko ventilu v jeho centrální poloze vybaveno hydraulickým omezovačem zdvihu, který je nastaven na 60% celkového zdvihu hlavního ventilu. Pojistný ventil tímto zajišťuje systém, kde je instalován proti nadměrnému nárůstu tlaku. Podtlakový ventil zajišťuje před otevření hlavního ventilu a dostatečně rychlou reakci na následnou přetlakovou fázi vodního rázu. Tento systém má tu nevýhodu, že pokud se nenastaví správně omezovač zdvihu, hrozí nebezpečí, že ze systému odváděno tak velké množství vody, že již k nárůstu tlaku nad hodnotu P_{min} nedojde.

Na obrázku 2 je zachycena fyzická podoba měřeného ventilu v experimentální trati:



Obrázek 2: Měřicí trať s pojistným ventilem Cla-val DN 100 / PN 16 typ 52-G1E-03 se spodním stavoznakem

Vlastní měřicí okruh je detailněji znázorněn na obrázku 3. Okruh je navržen pro provoz do tlaku 12 bar. Skládá se z tlakové nádoby (sacího kotle), kterou je možné tlakovat pomocí kompresoru nebo vakuovat pomocí vývěvy. Voda v okruhu je poháněna dvěma čerpadly s proměnnými otáčkami, které vytváří tlak před pojistným ventilem. Čerpadla jsou zapojena sériově. Před pojistným ventilem se nachází indukční průtokoměr pro měření ustáleného průtoku, potrubí je za pojistným ventilem přivedeno zpět do tlakové nádoby. Větev s pojistným ventilem je možné zkratovat trubkou propojující výtlak čerpadel a odtok za pojistným ventilem, zde je osazena ručně nastavitelná klapka RK. Tlakový odběr pro plnění komory pojistného ventilu byl proveden 3 m před jeho vstupní přírubou (pro přesnější záznam vstupního tlaku), odtok z komory ventilu byl zaústěn bezprostředně za pojistný ventil (v těle výstupního portu).



Obrázek 3: Schéma měřicího okruhu

Během experimentů byly měřeny následující veličiny: tlak v nádobě p_k , teplota vody t , průtok přes pojistný ventil Q . Tlak před redukčním ventilem byl měřen přes jeden tlakový odběr (p_1) ve vzdálenosti 300 mm před pojistným ventilem. Tlak p_2 byl měřen v kolektoru, do kterého byly svedeny čtyři tlakové odběry rovnoměrně umístěné po obvodu potrubí ve vzdálenosti 200 mm před pojistným ventilem. Tlak p_3 byl měřen v kolektoru, do kterého byly svedeny čtyři tlakové odběry ze čtyř míst po obvodu potrubí 300 mm za pojistným ventilem. Poloha kuželky pojistného ventilu (otevření) z byla sledována indukčním snímačem dráhy HBM Balluff. Přenos byl zajištěn proudovou smyčkou 4-20mA.

Seznam použité měřicí techniky:

$p_k, p_1 - p_7$: snímač tlaku DMP 331, výrobce BD SENZORS, měřicí rozsah 1000kPa

Q : souprava magneticko -indukčního průtokoměru ELA, snímač MQI 99-CN, DN 100 / PN 16 rozsah 80 l/s, přesnost $\pm 0,3\%$ z měřené hodnoty pro rychlosti od 1 do 12 m/s.

t : snímač teploty PTP55, výrobce RAWET, rozsah 0-50°C, přesnost $\pm 0,1\%$ z měřené hodnoty

z : indukční snímač dráhy Balluff typ BIP005, rozsah 40mm, přesnost 0,5 mm

Signály zpracovávala měřicí ústředna PXIe-1078, napěťová měřicí karta NI PXIe 6361, 16 bitů převodník, 8/16 kanálů, 2000KS/s simultánní sběr dat. Napájení bylo řešeno stabilizovaným zdrojem STATRON typ 2224.1, UN = 24V. Měření charakteristiky bylo prováděno s využitím měřicího programu LabView 2019.

Měření a vyhodnocení statické charakteristiky:

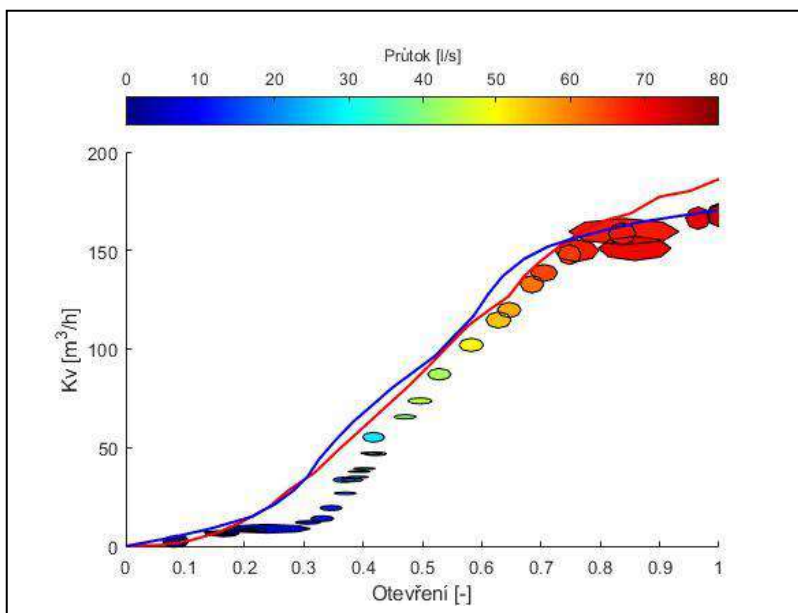
Přetlakový ventil otvíral při tlaku 11 bar, což bylo vyhodnoceno jako příliš vysoká hodnota vzhledem k možnostem měřicí tratě. Proto bylo rozhodnuto, že budou následující další testy prováděny při tlaku 8 bar. Přetlakový ventil vykazoval stabilní chování bez ohledu na směr změny tlaku (bez hystereze).

V první fázi měření byl hydraulický omezovač zdvihu ventilu zcela povolen a tím bylo možné dosáhnout libovolného otevření v rozmezí 0-100%, maximální zdvih kuželky byl změřen 26,7 mm.

Podtlakový ventil otvíral při poklesu tlaku pod hodnotu 6 bar, ale při opětovném navýšení tlaku zavíral až při překročení hodnoty 7,5 bar, což obnáší poměrně velkou hysterezi.

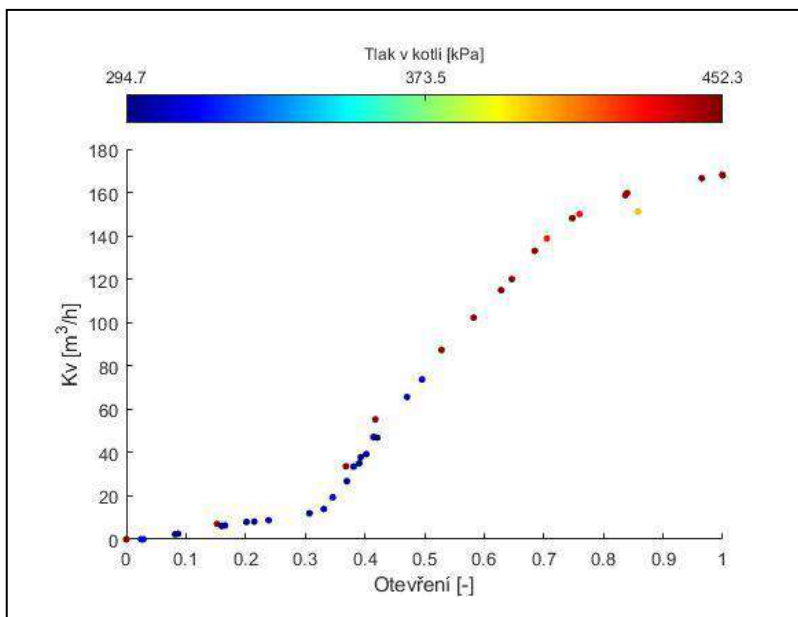
Během provozu čerpadel docházelo k poměrně rychlému ohřevu vody v měřící trati (délka tratě od čerpadla do kotle je cca. 25 m). Vzhledem k tomu, že měření nebylo zaměřeno na kavitaci zkoušku, tak bylo měření zastaveno při dosažení teploty 35°C. Změna teploty během měření byla později zohledněna při stanovování hustoty vody.

Statická charakteristika byla určena na základě série měření ustálených provozních bodů (vždy 30 s záznam) s postupně rostoucím otevřením ventilu, jak je patrné z obrázku 4:



Obrázek 4: Statická charakteristika pojistného ventilu porovnaná s údaji výrobce CVEU 2020 – červená křivka, CVEU Parameters – modrá křivka)

Na obrázku 5 je znázorněn tlak v kotli, při jeho změně:



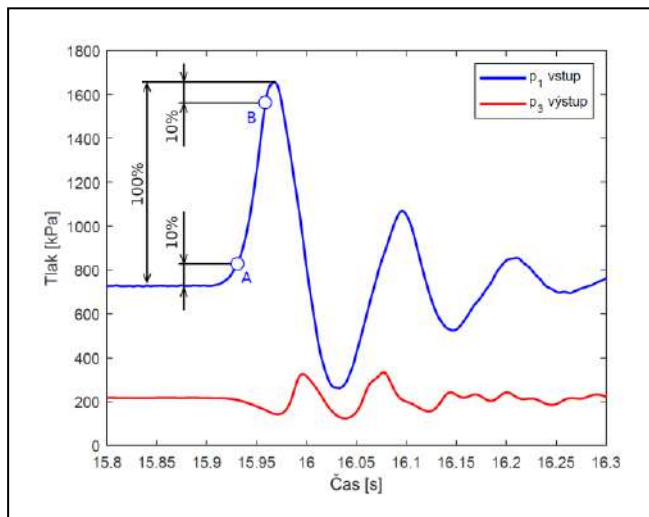
Obrázek 5: Statická charakteristika pojistného ventilu se zobrazeným tlakem v kotli

Měření a vyhodnocení dynamické charakteristiky

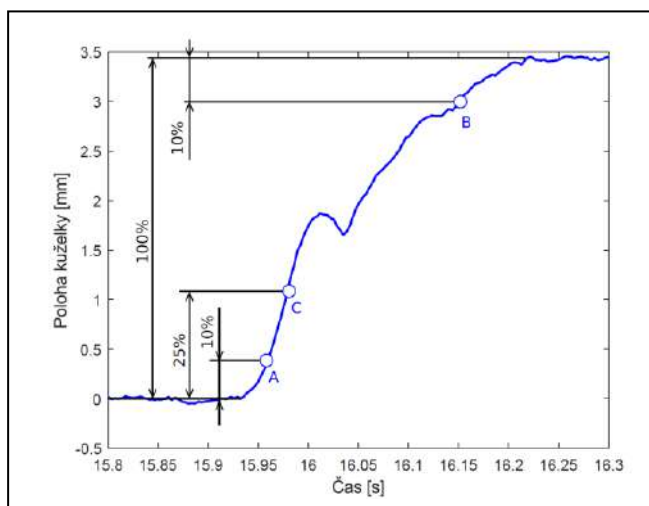
Pojistný ventil je určen převážně pro nasazení do systémů s dlouhým potrubím (v řádech kilometrů nebo stovek metrů). Tyto podmínky nelze na zkušební měřicí trati věrně simulovat, nicméně byly provedeny pokusy na jejichž základě lze získat podrobnou představu o chování ventilu bezprostředně po náhlé změně provozních parametrů.

Měření probíhalo takto:

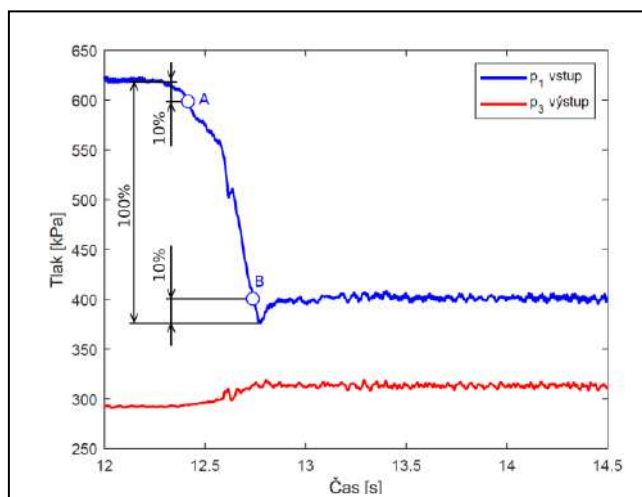
1. Nejprve byly nastaveny takové otáčky na čerpadlech a tlak v kotli, aby byl pojistný ventil uzavřen
2. Průtok byl veden přes zkrat ve spojném potrubí na klapce RK -viz. obr.3
3. Poté byly vyvolány tyto přechodové děje
4. Náhlý **nárůst** tlaku = rychlé uzavření klapky RK ve zkratu -viz. obr. 6,7
5. Náhlý **pokles** tlaku = rychlé otevření klapky RK ve zkratu – viz. obr. 8



Na **obrázku 6** je zachycen detail z vybraného záznamu tlaků před a za pojistným ventilem při přechodu do přetlaku (referenční body A,B pro výpočet)



Obrázek 7: Detail vybraného záznamu polohy kuželky při přechodu do přetlaku (referenční body A,B,C pro výpočet)



Obrázek 8: Detail vybraného záznamu tlaků před a za pojistným ventilem při přechodu do podtlaku (referenční body A,B pro výpočet)

Závěr

Na základě měření série ustálených stavů byla získána statická charakteristika pojistného ventilu Cla-val model 52-G1E-03, DN 100 a porovnána s údaji výrobce. Výsledky se poměrně dobře shodují v případě maximálního otevření, v určitých mezi polohách výrobce uvádí vyšší průtočnost, než odpovídá měření. Během měření statické charakteristiky se neprojevila žádná hystereze, což je důležité pro stabilní a spolehlivý provoz membránového ventilu.

Dynamické chování ventilu bylo měřeno ve dvou různých stavech a to jako náhlý nárůst tlaku před pojistným ventilem a náhlý pokles tlaku před pojistným ventilem. Otevírání kuželky během náhlého nárůstu tlaku probíhá zhruba 2x rychleji než otevírání ventilu při náhlém poklesu tlaku. Otevření ventilu je řádově v desetinách sekundy! Tuto rychlost lze považovat za naprosto dostatečnou pro vodovodní řady dlouhé stovky metrů anebo v kilometrech. Bohužel v podmínkách laboratoře není možné simulovat reálné podmínky na vodárenské síti, proto je nutné provést měření v terénu na VHS-KH. Bohužel to v době vytvoření příspěvku ještě neproběhlo, ale bude uskutečněno koncem února 2026 a v prezentaci se tyto hodnoty objeví.

Po celou dobu testování byly současně zaznamenávány akustické projevy na měřicí trati. Na základě konkrétních měření nelze zcela zobecnit jak výrazné jsou akustické emise spojeny s daným regulačním ventilem. Obecně jsme zaznamenali, že při průtoku do 50 l/s jsou akustické projevy klidné a nad 50 l/s jsou již významné. To je dáno polohou membrány resp. otevřením, tedy jak vysoko je protikus sedla nad vrchní částí sedla. Zde se proudnice vody tříští a to je doprovázeno významnými akustickými projevy.

Společnost Cla-val je významná tím, že nabízí velmi širokou škálu možností jak membránové ventily využít a jak je upravit přímo na míru jednotlivým projektům, v tomto případě dosáhnout velmi vysoké rychlosti otevření ventilu. Také to následně doprovázené pravidelným servisem firmou HUTIRA s.r.o. poskytuje provozovatelům vysokou míru bezpečnosti jimi provozovaných systémů i v případech nestacionárních dějů.

Adaptace vodovodní sítě města Uherský Brod na klimatickou změnu

Ing. Tomáš Sucháček, Ph.D.¹⁾

Ing. Radim Kunovský²⁾; Ing. Eva Kadlecová¹⁾

1) AquaSmart Solutions, s.r.o

2) Slovácké vodárny a kanalizace, a. s.

Abstrakt

Všeobecně přijímaným klimatickým scénářem je nárůst teplot a souvislých déletrvajících vysokých teplot. Ve spoustě oblastí městského urbanismu (například zeleň) je snaha o adaptaci na změnu klimatu zřejmá. Vodovodní sítě mají pro lidská sídla zásadní význam a neměly by tak stát v těchto adaptačních snahách stranou. Do budoucna bude náročnější udržet jakost dopravované vody při vyšších teplotách podloží. Základním principem změny koncepce je především maximální zkrácení cesty vody od zdroje ke spotřebiteli a minimalizace objemu vody ve vodovodní síti. Výsledkem aplikace těchto principů je vodovodní síť, u níž je výrazně sníženo stáří dodávané vody spotřebitelům, což výrazně zkracuje čas pro větší rozvoj mikroorganismů při vyšších teplotách. Konkrétní postupy a výstupy jsou v článku demonstrovány na případové studii zpracované v rámci generelu vodovodu Uherský Brod ve spolupráci se společností Slovácké vodárny a kanalizace, a.s., kde bylo dosažena výrazná redukce stáří dodávané vody.

Úvod

Udržení jakosti dopravované pitné vody v distribuční síti bude v budoucnu v souvislosti se změnou klimatu čím dál větší výzvou. Je zcela jasně predikováno, že v dlouhodobém měřítku dojde v celosvětovém měřítku k nárůstu průměrné teploty vzduchu. Dojde k nárůstu teploty surové (povrchové) vody, která se pravděpodobně bude dále propagovat do vodovodu ve smyslu vyšší vstupní teploty do distribuční sítě (analogie s vyšší vstupní koncentrací nějaké látky). Zároveň ale nárůst teploty vzduchu bude působit i na místa vodovodu, u kterých to nemusí být na první pohled patrné. Jedná se o distribuční vodovodní síť. V nedávných letech byl totiž vědeckými studiemi potvrzen vliv teploty vzduchu na teplotu půdy. Na teplotu půdy má vliv vícero spolupůsobících faktorů, avšak teplota byla potvrzena vždy. Například (Asadzadeh, 2025) se věnoval studii teploty vody do hloubky 100 cm, což je sice nedostatečná hloubka pro vliv na vodovod, nicméně bylo potvrzeno, že teplota vzduchu teplotu půdy skutečně ovlivňuje a zároveň že od 50 cm hlouběji má ze sledovaných faktorů důležitější vliv teplota vzduchu. Hlubšímu půdnímu horizontu se pak věnovala studie (Singh, 2017), která sledovala teplotu půdy až do 4 m a zároveň byla věnována také pozornost také dynamice procesu. Zde bylo zjištěno, že krátkodobý cyklus (i během 24 hodin) je patrný do hloubky 0,4 m. Dále že v celém sledovaném horizontu (až do hloubky 4 m) byla zjištěna změna teploty v delší časovém měřítku. I v této studii byl potvrzen vliv teploty vzduchu na teplotu půdy. Zároveň u obou studií platí, že různé typy půdy mají různou dynamiku, avšak obecně jsou premisy platné pro všechny typy půd.

Vliv změny klimatu je tedy zřejmý i na půdní horizont, ve kterém se běžně nachází uložené vodovodní potrubí. Otázkou tedy je, jaké další návaznosti to má na jakost dopravované pitné vody. Zcela jistě znamená teplejší půda větší prohřívání vody v potrubí a dosažení vyšších teplot. V zásobování pitnou vodou je důležitá především oblast maximálních teplot. Například z pohledu rizika není tak podstatné, zda bude dodávaná voda v zimě o teplotě 6, 8 nebo 10 °C. Kdežto na opačné straně spektra je zásadní rozdíl v hygienickém riziku, pokud má voda ve vodovodu teplotu 20, 25 či dokonce 27°C. Například dle (Van Der Kooij, 2013) se bakterie

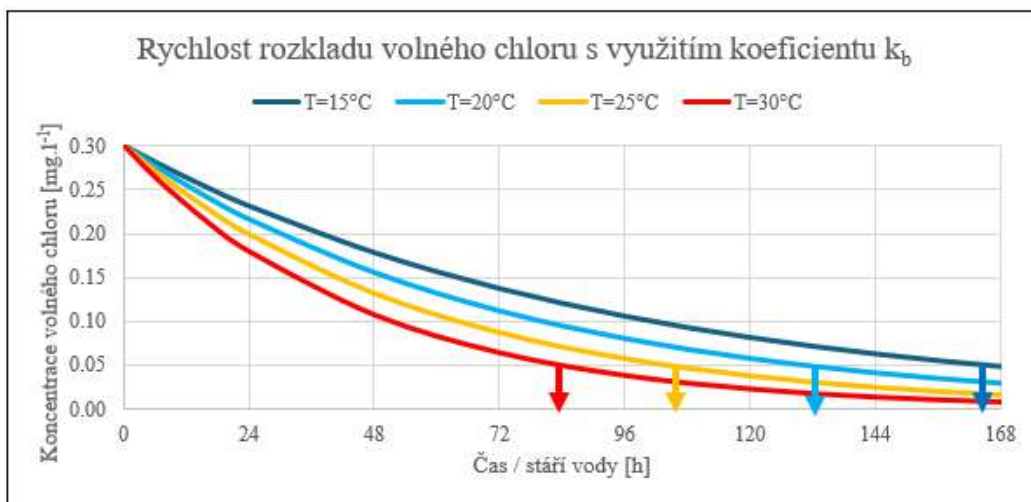
Legionella pneumophila rozmnožuje při teplotách 25 a 45 °C a při teplotě nižší než 25 °C nejsou schopné konkurovat jiným bakteriím. Dle zkušenosti autora textu se již nyní nastává situace, že voda ve vodovodu dosahuje teplot až k 25 °C. Je možné zmínit, že provozovatel vodovodu z případové studie níže na monitorovacím místě zaznamenal teploty blíží se 23°C, přestože ve stejném časovém období voda odtékající z vodojemu byla o teplotě kolem 18°C. Pokud v budoucnu nedojde ke změně na straně zásobování vodou, tato teplota bude zcela jistě překročena. Důležité také je, kolik času voda v potrubí před opuštěním systému stráví, respektive kolik času dostanou mikroorganismy ke svému rychlému rozvoji (běžně udávané optimum pro rychlý růst je 20–40 °C). Kratší čas (stáří vody) pak logicky znamená menší prostor pro rozvoj mikroorganismů.

Další důležitou oblastí, u které je potvrzen vliv teploty je rychlost rozpadu volného chloru. Například ve studii (García-Ávila, 2020) byla věnována pozornost stanovení závislosti rychlosti rozpadu volného chloru (vyjádřeno koeficientem „ k_b “ určujícím rychlost reakce přímo v proudu vody bez vlivu kontaktu se stěnou nebo sedimentem) na teplotě vody. Ve sledovaném období byla průměrná teplota vody od 15,7 do 19,4 °C a hodnoty k_b se pak pohybovaly 0,124 do 0,192 h⁻¹ a to v korelaci se zvyšující se teplotou. Jak sami autoři uvádějí jedná se o vyšší hodnoty, než bylo zjištěno v jiných studiích, což může být způsobeno specifiky zkoumaného vodovodního systému. Ve studii (Mompremier, 2024) bylo navíc zjištěno, že vliv na koeficient „ k_b “ nemá pouze teplota vody, ale také vstupní koncentrace volného chloru (oba faktory mají vliv na rychlost rozkladu). Tato závislost byla popsána následujícím vztahem:

$$\log_{10} k_b = -0,661615 - 0,748399 * C_{Cl_2} + 0,0195854xT + 0,112307 * C_{Cl_2}^2 \quad (1)$$

Kde C_{Cl_2} je vstupní koncentrace volného chloru [mg.l⁻¹] a T je teplota vody [°C]. S využitím tohoto vztahu je pak možné predikovat koncentraci chloru v čase respektive rychlost jeho rozkladu. Nejběžněji se pro matematický popis rychlosti rozkladu volného chloru v distribučních sítích používá model kinetiky prvního řádu, kde je proměnnou čas (opět souvislost se stářím vody). Následující obrázek vyobrazuje rychlost rozkladu volného chloru v čase v závislosti na teplotě pouze v souvislosti s reakčním koeficientem k_b . Reálně je pochopitelně problematika složitější, jelikož vlivem prohřívání se teplota mění a hodnota reakčního koeficientu k_b se tak také v čase mění. Komplexnost modelování teploty ve vodovodních sítích v současnosti a také v dohledné budoucnosti dalece přesahuje použití v běžné praxi. Jedná se tak pouze o demonstrativní ukázkou.

Z obrázku 1 je patrné, že byla uvažována vstupní koncentrace 0,30 mg.l⁻¹ a teploty 15, 20, 25 a 30°C. V případě teploty vody 15°C by teoretický čas na pokles na koncentraci 0,05 mg.l⁻¹ měl být cca 160 hodin. Naopak při teplotě 25°C je tento čas již pouze cca 110 hodin. Teoretický rozdíl je tedy více než 2 dny. Rozdíl je porovnáván pro koncentraci 0,05 mg.l⁻¹, jelikož se často udává jako určitá hranice, při které má volný chlor dezinfekční účinky.

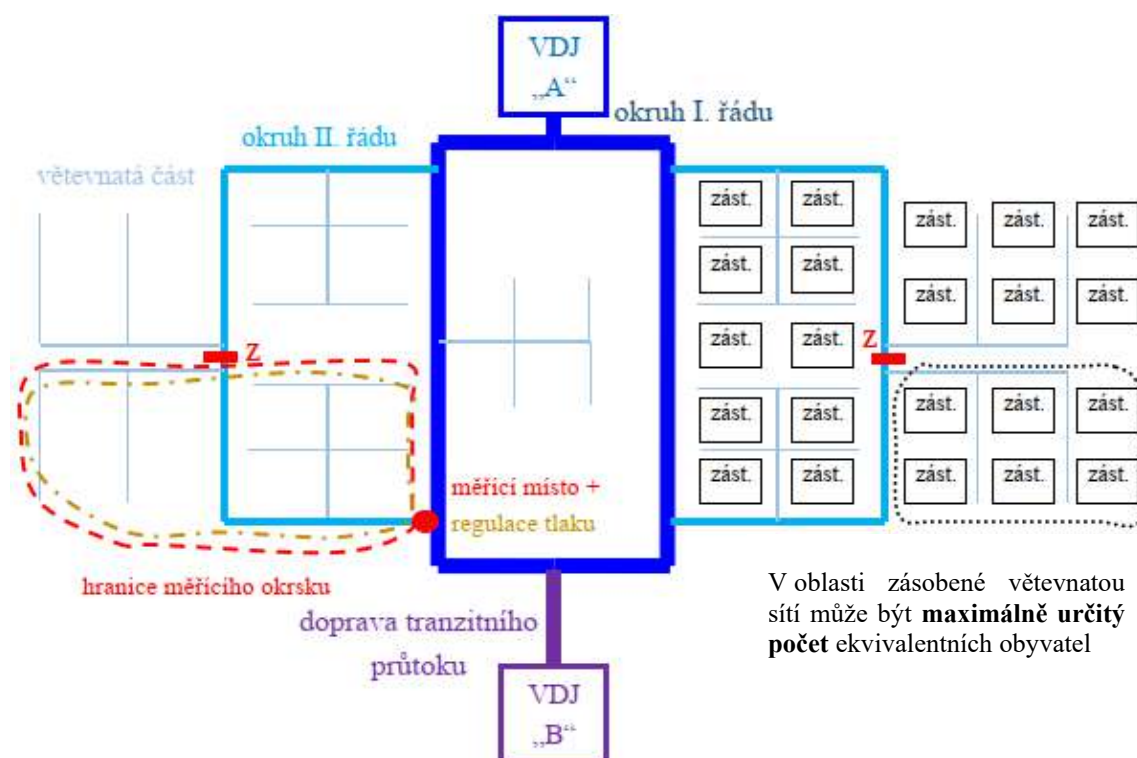


Obrázek 1 – Grafické schéma řešení situace propojení (připojení) vodovodů

Výše uvedené studie jsou zaměřené na spíše na řešení obecných závislostí ve velkém měřítku. Jako příklad lokální konkrétní případové studie je možné zmínit (Ručka, 2025). Jedním ze závěrů této studie bylo fakt, že většinově byla voda s vyšším stářím (získáno pomocí hydraulického simulačního modelu) teplejší než voda s nižším stářím a také teplejší než na vstupu do systému. Dějová linka vyplývající z výše uvedených podložených skutečností je tedy jasná, zvýšená teplota vzduchu ovlivní také teplotu půdy. Teplejší půda následně zapříčiní vyšší teplotu vody v distribuční síti, což znamená rychlejší rozvoj mikroorganismů a zároveň rychlejší rozklad volného chlóru, což nevyhnutelně vede k vyššímu potenciálnímu hygienickému riziku. Jaké jsou tedy možnosti snížení těchto rizik? Zabránit nárůstu teplot vzduchu není možné. Zároveň není možné zvyšovat koncentraci volného chloru na vstupu do distribuční sítě (běžně dosahované hodnoty nejsou příliš daleko od horní povolené hranice). Jediná spolehlivá možnost, která zároveň nevyžaduje žádné chemikálie, je **adaptace distribuční sítě**. Tato adaptace (optimalizace) zajistí, že se v maximální míře zkrátí doba (sníží se stáří), po kterou je dopravovaná voda v distribuční síti, než je dodána spotřebiteli.

Metodologie

Jak bylo popsáno v předcházející kapitole, je jednoznačně vhodné snažit se dobu zdržení vody v potrubí minimalizovat. Je vhodné, aby dopravovaná voda byla vystavena vyšší teplotám nejkratší možnou dobu. Dalším z řady faktorů mající vliv na jakost dopravované vody je sediment, k jehož tvorbě či usazování dochází v distribuční síti. Tento sediment má přinejmenším vliv na organoleptické vlastnosti. V případě, že ve vodovodní síti dochází k proudění velmi malými rychlostmi, tento sediment se postupně usazuje (jedná se o dlouhodobý proces) až do doby, než nějaká změna hydraulických podmínek vyvolá tzv. zákalovou událost. V tento moment dopravovaná voda přestává splňovat legislativní požadavky, nejčastěji pro ukazatel zákalu. V případě, že ve vodovodní síti dochází pravidelně k dostatečným rychlostem proudění, má takováto síť schopnost samočištění (případně je tvorba či usazování sedimentu minimalizována). Pro implementaci těchto požadavků bude koncepčně dělena na části, které jsou patrné z následujícího obrázku.



Obrázek 2 – Konceptuální schéma pro adaptaci topologie vodovodu

Jak je patrné z obrázku, vodovod je členěn na části, u kterých platí následující tvrzení:

- **okruh I. řádu** – jedná se o potrubí největších dimenzí, tento základní hydraulický okruh nesmí být nijak redukován ani jinak snižována jeho hydraulická kapacita. Všechny uzavěry musí být při běžném provozu otevřeny. Při běžném provozu dochází ke změnám směru proudění.
- **okruh II. (a nižšího) řádu** – tento okruh je zásobován vodou z okruhu I. řádu, přičemž na odbočení je vhodné umístit měřící místo průtoku a zároveň pokud to stávající tlakové poměry vyžadují, také tlakově regulační ventil. Při běžném provozu zde nedochází ke změnám směru proudění (pouze při poruchách).
- **větevnatá část** – jedná se o koncovou část sítě z pohledu toku vody. Dimenze potrubí odpovídají charakteru a typu zástavby a jejich stávající spotřebě. Při poruše dojde k dočasnému přerušení zásobování vodou pro danou část větevnaté sítě. Toto se však bude týkat maximálního stanoveného počtu ekvivalentních obyvatel, což je omezuující parametr pro velikost izolovaných větevnatých částí. V žádném provozním stavu zde nemůže dojít ke změnám směru proudění vody.
- **doprava tranzitního průtoku** – jedná se o potrubí, na která nejsou připojeni žádní odběratelé a v případě poruchy nedojde k omezení zásobování vodou. Po dobu poruchy je spotřebiště zásobeno z vodojemu „B“, ve kterém je pro tyto případy vytvořena akumulace.

Případová studie

Navržená koncepce vodovodu byla implementovaná na konkrétním vodovodu a to na skupinovém vodovodu Uherský Brod v rámci generelu tohoto skupinového vodovodu. Respektive byla koncepce aplikována především na distribuční síti města Uherský Brod. Vodovod byl řešen od zdrojů vody (úpraven) až po koncový odběr z vodovodu. Celková délka řešeného vodovodu byla cca 145 km, z čehož tvořila distribuční síť 66 km.

Navržená adaptace (optimalizace) vodovodu byla navržena s výhledovým obdobím o délce 30 let. Velice důležité je zmínit, že se jedná o **dlouhodobou strategii adaptace**, nikoliv o vyvolání potřebných jednorázových investic. Vše se děje pouze **v rámci plánované obnovy** vodovodu, ke které by došlo tak jako tak. Cílem je vodovod obnovovat efektivněji s jasně stanovenou koncepcí. Jakákoliv navržená změna topologie vodovodu v rámci generelu se tak týkala pouze potrubí, které se bude v daném intervalu obnovovat.

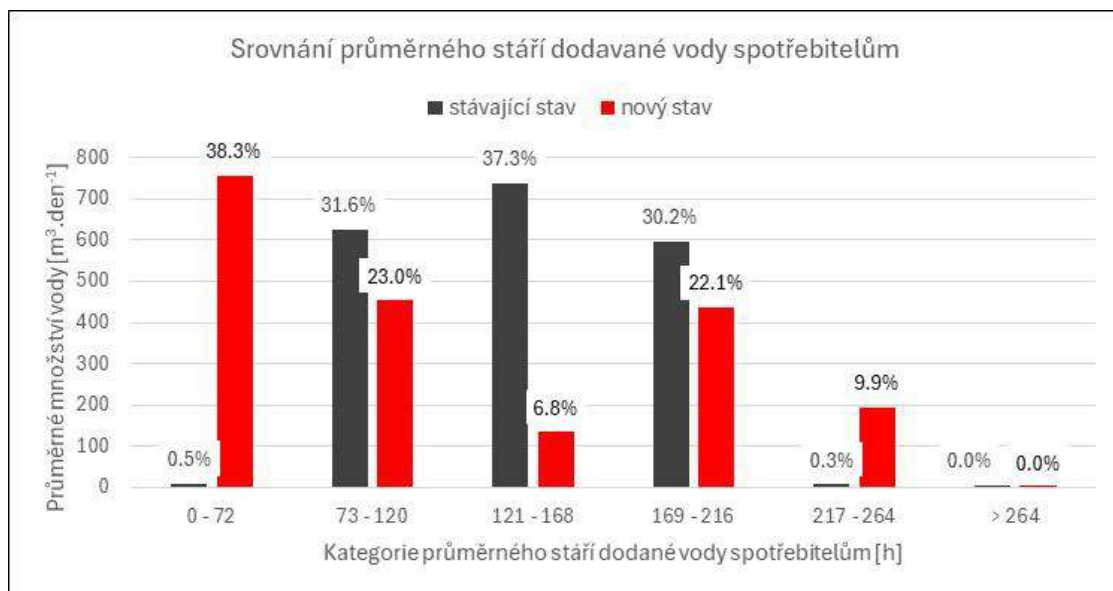
Jako omezující podmínka pro velikost větevnaté části vodovodu v případové studii byl provozovatelem stanoven parametr 500 ekvivalentních obyvatel. Minimální dimenze potrubí byla stanovena jako PE d63 SDR 17. Návrh potrubí byl realizován s ohledem na základní faktory – „objem, délka a rychlost“. V praxi to kromě jiného znamenalo především:

- 1) pokrýt co největší část distribuční sítě nejnížší možnou dimenzí potrubí (objem).
- 2) zrušit přebytečné hydraulické okruhy (délka)
- 3) řady nižší dimenze napojit v koncové části řady vyšší dimenze, například dva řady DN 80 jsou napojena na konec řady DN 100 (rychlost)

Po velice podrobné implementaci těchto principů na každou jednotlivou část vodovodu bylo dosaženo následujících výsledků

Tabulka 1 – Porovnání délky distribuční sítě stávajícího a návrhového stavu

DN (d) potrubí	50	60	63	65	DN 80	DN 100	125	DN 150	180	DN 200	250	280	DN 300	DN 350	400	450	500	600	Σ=
díln. síť																			
stávající	359	921	0	272	17 719	23 376	870	10 992	3	4 066	1 088	0	2 414	1 409	358	0	1 466	907	66 222
návrh	0	0	6 247	0	15 400	15 228	0	10 921	3	4 534	1	1 713	1 690	387	352	0	1 466	907	58 851
rozdíl	-359	-921	6 247	-272	-2 319	-8 148	-870	-71	0	467	-1 087	1 713	-724	-1 022	-6	0	0	0	-7 370



Obrázek 3 – Porovnání stáří vody dodávané spotřebitelům

Závěr

Navrženou koncepcí se podařilo dosáhnout velmi dobrých výsledků ve všech ukazatelích. Z pohledu jakosti v řešené části města Uherský Brod, se podařilo výrazně snížit průměrné stáří dodávané vody. **Průměrné stáří** dodaného objemu kleslo přibližně na **polovinu původní hodnoty**. Jak bylo uvedeno dříve, stáří vody může mít značný dopad na jakost dodávané vody, jedná se tedy o velmi pozitivní změnu z pohledu výrazné redukce potenciálních rizik. Navrženou distribuční sítí je v řešeném rozsahu **při zachování všech funkcí** možné zkrátit o cca 7,4 km, což je přibližně **11 %** z řešené délky distribuční sítě.

Všechny tyto skutečnosti jednoznačně potvrzují vysokou efektivitu provedených činností a tohoto dokumentu a také potvrzují přínos koncepčního plánování. Dosažené výsledky dokladují vysokou hodnotu vzniklého strategického dokumentu. Navržená koncepce sebou přináší také značné ekonomické výhody. Potrubí, které bude zrušeno není nutné obnovovat a prostředky, které by byly použity při výměně „kus za kus“, je možné použít na zvýšení frekvence obnovy jiných částí vodovodu.

Reference

- [1] ASADZADEH, Farrokh, Somayeh EMAMI, Ahmed ELBELTAGI, Muhammed Ernur AKINER, Vahid REZAVERDINEJAD, Farshid TARAN a Ali SALEM. Investigating the impact of meteorological parameters on daily soil temperature changes using machine learning models. Scientific Reports [online]. 2025, roč. 15, čl. 19988. DOI: 10.1038/s41598-025-04605-0.
- [2] RAVIRANJAN KUMAR SINGH a RAM VINOY SHARMA. Numerical analysis for ground temperature variation. Online. Geothermal Energy. 2017, vol. 5, no. 1. ISSN 2195-9706. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40517-017-0082-z>

- [3] VAN DER KOOIJ, Dirk. Microbial Growth in Drinking-Water Supplies: Problems, Causes, Control and Research Needs. Online. Water Intelligence Online. 2013, roč. 12. ISSN 1476-1777. Dostupné z: <https://doi.org/10.2166/9781780400419>
- [4] GARCÍA-ÁVILA, Fernando; SÁNCHEZ-ALVARRACÍN, Carlos; CADME-GALABAY, Manuel; CONCHADO-MARTÍNEZ, Julio; GARCÍA-MERA, George et al. Relationship between chlorine decay and temperature in the drinking water. Online. MethodsX. 2020, vol. 7, s. 101002. ISSN 2215-0161. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.101002>
- [5] MOMPREMIER, Rojacques; LEÓN SANTIESTEBAN, Héctor Hugo; RAMÍREZ MUÑOZ, Jorge a GÓMEZ NÚÑEZ, Jersain. Study of the combined effect of temperature and free chlorine concentration on the chlorine bulk decay coefficient in water supply systems. Online. Water Supply. 2024, vol. 24, no. 12, s. 4046-4058. ISSN 1606-9749. Dostupné z: <https://doi.org/10.2166/ws.2024.255>
- [6] RUČKA, J.; HAŠKA, A.; RAJNOCHOVÁ, M.; ZUZAŇÁK, R. Vyhodnocení teploty vody ve vodovodní síti v horkém letním období – případová studie. VODA ZLÍN 2025. 28. Olomouc: Moravská vodárenská, a.s., Tovární 41, 779 00 Olomouc, 2025. s. 117-123. ISBN: 978-80-909129-1-5.

Malá případová studie: jak se stane, že odběratelé nalézají v pitné vodě živé larvy?

MUDr. František Kožíšek, CSc.

Státní zdravotní ústav, Praha

Abstrakt

Na podzim 2025 došlo v jedné menší obci v Moravskoslezském kraji k havarijní situaci na místním vodovodu, po které začali odběratelé periodicky nacházet v pitné vodě okem viditelné drobné částice, včetně živých organismů (např. larev pakomárů), v laboratorních rozbořech se zase nacházely opakovaně, ale nepravidelně koliformní bakterie, takže bylo zavedeno náhradní zásobování. Protože si provozovatel se situací nevěděl rady, obrátil se po měsíci problémů na Státní zdravotní ústav, aby mu pomohl zjistit příčinu a poradit nápravu. SZÚ po místním šetření příčinu určil. V příspěvku je popsána havarijní událost a co následovalo, mechanismus znečištění, zdravotní riziko i navržený způsob řešení problému.

Klíčová slova: pitná voda – živé organismy – náhradní zásobování – vodojem – místní šetření

Úvod

Na podzim 2025 se na Státní zdravotní ústav (SZÚ) obrátila starostka jedné obce, která si sama provozuje malý skupinový vodovod zahrnující tři obce. V jedné z obcí napojených na tento vodovod se totiž již měsíc odběratelům náhodně objevovaly v dodávané pitné vodě okem viditelné živé organismy (především larvy pakomárů, u jiných organismů nebylo jisté, zda skutečně pocházejí z dodané vody) a bělavé částice. Protože situace se přes provedená opatření nepravidelně opakovala a v rozbořech byly (rovněž nepravidelně) nalézány ve vyšších počtech i koliformní bakterie, přistoupil provozovatel po dvou týdnech k náhradnímu zásobování cisternami. Ve chvíli, kdy provozovateli nikdo neuměl nebo nechtěl poradit ohledně příčiny a správného řešení a kdy se blížila zima a zásobování cisternami bylo nejen drahé, ale kvůli počasí i problematické, obrátil se na doporučení místní krajské hygienické stanice na SZÚ.

SZÚ si vyžádal podklady a provedl u vodovodu místní šetření. Provozovatel poskytl časový popis událostí na problematické lokalitě, výsledky více než 60 odběrů/rozborů vod provedených v dané lokalitě od začátku události, fotografie a videa odběratelů zachycující viditelné částice a/nebo organismy a součinnost při místním šetření.

Stručný popis místního systému zásobování vodou

Lokalita (obec s asi 500 obyvateli) s havarijní situací je zásobována ze dvou podzemních zdrojů (vrtů cca 50 m hlubokých) situovaných západně od obce poblíž potoka. Z vrtů je voda čerpána na úpravnu vody, která se nalézá nedaleko zdrojů. Na úpravně vzhledem ke kvalitě jímané vody probíhá v současné době pouze dezinfekce chlornanem sodným (dříve dávkovaným manuálně, od havarijní události již automaticky dávkovačem), ale již žádná další technologická úprava. V minulosti, kdy se jímala surová voda jiné kvality, zde fungovalo odželezňování a odmanganování, včetně pískové filtrace. Stopy železa a manganu jsou však v surové vodě přítomné a po přidání oxidantu (chlornanu) nebo po provzdušnění na vodojemu se mění z rozpustné formy na nerozpustnou a jako hnědavý jemný sediment se usazují na dně potrubí a vodojemu (akumulačních nádrží), odkud jsou občas odstraňovány čištěním (komor vodojemu) nebo proplachem (odkalemím) sítí. Za běžného provozu nepředstavují žádný, ani senzorický problém pro spotřebitele.

Z úpravny vody je voda čerpána do vodojemu, situovaného na SZ okraji obce, a také do vodojemu sousední obce, kde se ale žádné problémy v inkriminované době nevyskytly. Jednokomorový vodojem, kde došlo k havarijní události, a navazující distribuční síť (z litiny, oceli a několika novějšími úseky v plastu) pocházejí zřejmě ze 70. let 20. století. Síť je větvená, jen malý úsek na JV okraji obce je zokruhován.

Stručný popis havarijní / problematické situace

V pátek večer nebo v sobotu o jednom říjnovém víkendu došlo k poruše čerpadla, které čerpá vodu z úpravny vody do vodojemu v popisované obci, což se projevilo úplným vyprázdněním vodojemu a stížnostmi některých odběratelů (v sobotu večer před půlnocí), že jim neteče voda. Ještě během noci byla dodávka vody obnovena, druhý den došlo k odkalení řadu. V pondělí bylo o vzniklé situaci informováno územní pracoviště KHS, které doporučilo, aby byly odebrány kontrolní vzorky vody, než bude voda prohlášena za pitnou.

V následující týdny došlo k opakovaným zákazům a povolením užití vody jako pitné, až situace vyústila v zavedení náhradního zásobování pitnou vodou cisternami. A to přes různé zásahy na vodojemu i síti, které provozovatel průběžně prováděl, včetně šokové dezinfekce. Důvodem byly náhodné a nepředvídatelné nálezy koliformních bakterií ve vzorcích vody u odběratelů (ve 12 případech z 56 vzorků), v několika případech odběratelé hlásili výskyt viditelných živých organismů v dodávané vodě, a to na osmi různých odběrových místech (v jednom objektu se jednalo o tři nálezy v různé dny, ve dvou objektech po dvou nálezech v různé dny a ve zbylých pěti objektech bylo evidováno po jednom nálezu). Poslední hlášený nález živého organismu byl hlášen po cca 6 týdnech od poruchy čerpadla. Určit tyto organismy se přesně nepodařilo, s výjimkou larev pakomárů a mnohonožky, ostatní ve vodě pozorované objekty nemusí být nutně mnohobuněčné organismy. Každopádně se jednalo o drobné bezobratlé živočichy, hmyz nebo jeho vývojová stádia, které odběratelé zachytili fotograficky nebo na video. Při odběru velkoobjemového vzorku z řadu, kdy bylo přes planktonní sítku přefitrováno několik set litrů vody, nebyl žádný takový organismus zachycen, což znamená, že výskyt v síti byl v době místního šetření spíše ojedinělý, nikoliv masivní.

Poznatky z rozborů vody

V době této mimořádné události byl provozovatelem objednan odběr okolo 80 vzorků, SZÚ měl v době místního šetření k dispozici výsledky z 56 vzorků. V naprosté většině se jednalo o vzorky vody z různých odběrových míst v obci s havarijní situací, jen v několika případech se jednalo o odběry z vrtů, úpravny vody a vodojemu. V sousední obci, zásobované ze stejné úpravny vody, ale přes jiný vodojem, nebyly žádné stížnosti ani špatné výsledky rozborů zjištěny. V některých případech se jednalo o krácený rozbor, v ostatních o jiný (spíše krácený) typ rozboru, snad podle uvážení laboratoře. Ve všech rozborech byly stanoveny mikrobiologické ukazatele, tedy alespoň ty klíčové (*Escherichia coli* a enterokoky), dále koliformní bakterie a počty kolonií. Bohužel ne ve všech případech bylo provedeno stanovení zákalu a mikroskopického obrazu, které byly vedle mikrobiologických ukazatelů pro posouzení situace nejvíc důležité. Již zmíněné nálezy koliformních bakterií (pozitivní nálezy ve 12 případech z prvních 56 vzorků) se pohybovaly v řádu desítek KTJ/100 ml (min. 19, max. 86, průměr 62 KTJ/100 ml). S výjimkou jednoho nálezu na úpravně vody se vždy jednalo o nálezy u odběratelů v dotčené obci.

Důležité pro posouzení zdravotního rizika a mechanismu znečištění vody jsou ukazatele *E. coli*, enterokoky a mikroskopický obraz – živé organismy a mikroskopický obraz – počty organismů. Výsledky u těchto ukazatelů byly ve všech (provedených) případech nulové, což svědčí o tom, že nedošlo ke kontaminaci vodovodu vodou externí (ať už povrchovou nebo podzemní). Výsledků stanovení zákalu bylo, bohužel, málo na to, aby bylo možné statistickou korelaci mezi hodnotami zákalu a nálezy koliformních bakterií, nicméně vztah mezi nimi je z literatury znám.

Ani výsledky žádného jiného ukazatele nepodporovaly teorii, že by do vodovodní sítě pronikla voda zvenčí. V obci také nebyl zaznamenán žádný epidemický výskyt průjemového onemocnění.

Poznatky z místního šetření

Zhlaví navštívených vrtů byla v dobrém technickém stavu a bylo velmi nepravděpodobné, aby se touto cestou dostávalo do surové vody externí znečištění. Úpravna vody i vodojem v dotčené obci byly v zanedbaném stavebně-technickém stavu, ale v roce 2026 se prý chystá rekonstrukce vodojemu.

Klíčová pro rekonstrukci vzniklé události byla prohlídka vodojemu. Objekt není nijak zabezpečen proti přístupu hmyzu a prašnému znečištění. Větrací okénko nad vstupem do komory je kryto plechovou mřížkou, která má oka o průměru nejméně 0,5 cm. Chybí zde jakýkoli filtr proti vzdušné kontaminaci. Hmyz (např. komáři a pakomáři) se může do objektu touto cestou volně dostat, bez problémů je pro něj rovněž přístupná samotná komora vodojemu, která je sice kryta plechovým poklopem, ale ten má okolo přírodního potrubí vyříznut otvor. Když se s nastupujícím podzimem ochlazuje a venkovní teplota klesá, vyhledávají komáři, pakomáři a podobný hmyz právě podobné objekty, kde je stálá teplota a vlhkost a kde nemrzne.

Komora vodojemu byla napuštěna vodou, takže nebyla v době místního šetření možná její celková prohlídka, ale z krátkého filmového záznamu pořízeného během nedávného vyprázdnění a čištění vodojemu, který poskytl provozovatel, bylo zřejmé, že povrchy stěn (omítka či stěrka i nátěr) degradují a olupují se. Integritu izolace stropu nebylo možné v době návštěvy ověřit. Místním šetřením bylo také zjištěno, že k čištění a odkalení vodojemu nedošlo již mnoho let.

Je zajímavé, že provozovatel vodovodu měl již od roku 2022 zpracováno posouzení a řízení rizik a schválen upravený provozní řád. Posouzení rizik odhalilo 4 nebezpečí s vysokým rizikem a 36 nebezpečí se středním rizikem. Jedno z vysokých rizik se týkalo hodnoceného vodojemu: špatný stavebně-technický stav komory (netěsnosti, přístup drobných živočichů, koroze kovových prvků, průnik prachu do vodojemu). Jedno ze tří nápravných opatření (Instalovat protipylové filtry na větracích mřížkách, úklid, ometení pavučin, oprava vstupního schodiště) mělo být realizováno do 31.12.2024. Pomineme-li otázku, proč musela být pro realizaci tohoto opatření vyčleněna tak dlouhá doba (dva a půl roku?!), zůstává skutečností, že opatření až do havárie na podzim 2025 realizováno nebylo. A tuto skutečnost nelze omlouvat faktem, že vodojem je ve vlastnictví zásobované obce a nikoliv provozovatele, kterým je sousední obec.

Za účelem zjištění, jak moc je voda v řadu postižena zákalem a v jaké četnosti se v ní mohou vyskytovat pouhým okem viditelné organismy, provedl SZÚ odběr nestandardního vzorku vody. Jednalo se o velkoobjemový vzorek vody odebraný přes planktonní sítku o porozitě 20 mikrometrů přímo z hydrantu uprostřed obce. Voda protékala přes sítku asi 10 minut středním (tedy ne maximálním) proudem, celkově mohlo protéci cca 400 litrů vody. Odběr z hydrantu byl upřednostněn jiným na řad napojeným objektem proto, že zde lze dosáhnout většího průtoku, který může mobilizovat sediment na dně potrubí. Nicméně po celou dobu odběru nebyl hydrant otevřen naplno a stále z něj tekla na pohled čirá voda. Měřit zákal v odebraném (zakoncentrovaném) vzorku by nebylo objektivní, nicméně jeho zvýšená přítomnost byla zviditelněna na síťce ve formě hnědavého zbarvení. V mikroskopickém obrazu nebyl viděn žádný hmyz ani jeho zbytky, obrazu dominovaly prázdné schránky améb krytének (*Testacea*, např. kryténky rodu *Centropyxis*) a železité sraženiny, ojediněle drobní vířníci. Zmíněné jedno a mnohobuněčné organismy se mohou vyskytovat ve vodovodní síti, v tomto případě bylo ale množství krytének mnohem vyšší, než bývá obvyklé.

Rekonstrukce mimořádné události

Podle všech dostupných indicií došlo ke znečištění vody ve vodovodním řadu kombinací několika faktorů a to následovně. Klíčovou výchozí událostí byla porucha čerpadla, na kterou se přišlo až ve chvíli, kdy už byl vodojem prakticky zcela vyprázdněn (voda zůstala pouze v kalové prohlubni, cca 20 cm vody) a nejbližším odběratelům přestala téci voda. Na dně vodojemu byl akumulován

sediment sestávající z hrubších nečistot (úlomků zdiva, písku apod.) a jemné suspenze z vysráženého železa a manganu. Jakmile došlo k napouštění vodojemu (děje se tak přítokem shora, takže proud vody padal na dno z výše nejméně 2 metrů), došlo k mobilizaci a zviření jemného sedimentu do celého sloupce vody a tento byl následně odplaven do distribuční sítě. Protože tento sediment může být místem, kde přežívají a množí se koliformní bakterie (jsou zde chráněné před působením chloru), dostaly se do sítě i koliformní bakterie (další mohly již být v síti v tamním sedimentu) – pokud nedojde k nějakým prudkým hydraulickým změnám v proudění vody, žijí bakterie v sedimentu a do volné proudící vody se dostávají jen výjimečně. V tomto případě, kdy došlo k naprostému zviření sedimentů ve vodojemu a v distribuční síti, se koliformní bakterie dostaly do volné vody a částečně byly odplaveny (při odkalení řadu nebo při odběru vody u spotřebitelů), částečně se opět se sedimentem usadily v síti. Z odběru velkoobjemového vzorku bylo zřejmé, že se provozovateli, přes veškerou snahu, nepodařilo sediment ze sítě zcela vyplavit. Na vině mohla být jak nezkušenost provozovatele s takovou událostí a jak ji řešit, tak vnitřní členitý povrch potrubí, kde jsou různé výrůstky a hrboly vytvářené jak tvrdnutím sedimentu, tak korozí kovového potrubí.

Stejnou cestou se mohly dostat do potrubí distribuční sítě i okem viditelné organismy (např. larvy pakomárů či jiný hmyz), které žili v sedimentu na dně vodojemu, do kterého měl hmyz volný přístup. A to se mohlo týkat i mnohonožky, která je sice suchozemský tvor, ale do komory vodojemu mohla spadnout.

Hodnocení zdravotních rizik

Ani z jednoho provedeného rozboru, ani z poznatků místního šetření nevyplynul žádný poznatek, že by touto mimořádnou událostí bylo ohroženo zdraví spotřebitelů. Jednalo se o estetickou či senzorickou závadu vody, která ale mohla nabýt v některých chvílích u některých odběratelů takové míry (okem viditelný zákal a jiné plovoucí nečistoty, včetně mnohobuněčných pohyblivých se organismů), že se voda pro ně stala ke spotřebě nepřijatelnou.

Koliformní bakterie byly sice považovány za indikátor fekálního znečištění, ale tento význam byl v posledních desetiletích zásadně zpochybněn. Jedná se totiž o velmi širokou a heterogenní skupinu bakterií zahrnující i druhy, které se ve fekáliích zásadně nevyskytují, např. *Serratia fonticola*, *Rahnella aquatilis*, *Buttiauxella agrestis*, rod *Hafnia* atd., ale žijí běžně v půdě a ve vodě. Stanovení koliformních bakterií tedy může bez rozlišení zahrnovat jak druhy fekální, tak zcela nepatogenní druhy environmentální, které žijí běžně ve vodě (zejména v biofilmech) a v půdě. V současné době tedy už nejsou koliformní bakterie považovány za indikátor fekálního znečištění, tuto funkci převzali ukazatele *Escherichia coli* a intestinální enterokoky. Koliformní bakterie tedy již nejsou zdravotní ukazatel, ale jen provozní ukazatel (čemuž odpovídá i jejich statut mezní hodnoty): indikují čistotu a integritu distribučního systému, popř. účinnost dezinfekce (hned po skončení dezinfekce), přítomnost (nadměrného) biofilmu a jiné podmínky distribuční sítě, které mohou podporovat jejich růst (především přítomnost sedimentu a organických, např. rostlinných zbytků, mezi které musíme počítat i pyly, které se mohou do posuzovaného vodojemu volně dostávat větracími otvory po celou pylovou sezónu). Do vody v posuzovaném vodovodu se mohly dostat nejen ze zviřených sedimentů, ale také z narušeného biofilmu (vlivem šokové dezinfekce vodojemu a potrubí, které provozovatel opakovaně prováděl). Pokud však byly jejich pozitivní nálezy vždy doprovázeny nulovými nálezy fekálních indikátorů, muselo se jednat o nefekální a nepatogenní druhy, které pro člověka nepředstavují žádné zdravotní riziko.

Ještě o stupeň nižší provozní význam mají **počty kolonií při 22 a 36 °C**, jejichž hodnoty musely být během této mimořádné události přirozeně značně rozkolísané. Nálezy se pohybovaly u PK 22 °C od 0 do > 300 KTJ/ml (nad 300 KTJ ale byly jen 3 nálezy), u PK 36 °C od 0 do 262 KTJ (ale z 50 stanovení bylo jen 6 hodnot vyšších než 100 KTJ). Z jejich výsledků nelze opět vyvozovat nějaké přímé zdravotní riziko.

Zákal. Zákal může být způsoben špatnou či přechodně zhoršenou kvalitou surové vody, nedostatečnou úpravou vody, narušením sedimentů a biofilmů v distribučním systému nebo vniknutím kalné externí vody při poruše (a poklesu tlaku) vodovodního řadu. Zvýšený zákal může tedy indikovat různé typy závad systému zásobování, od zdravotně nevýznamných (zvíření železitého sedimentu) po zdravotně vysoce rizikové (nedostatečná úprava povrchové surové vody, vniknutí znečištěné vody z okolí přímo do potrubí pitné vody, které s sebou nese mikrobiální znečištění patogeny), od okem nepostřehnutelných (zvýšená hladina zákalu je detekována jen pomocí zákaloměru) po vážné senzorické závady, kdy se voda stává pro spotřebitele nepříjemnou z estetických důvodů. Zvýšený zákal je také spojen se snížením účinnosti dezinfekce. Zvýšený zákal vody byl v popisovaném případě primárně spojen se zvířením železitých/manganitých sedimentů ze dna vodojemu a potrubí, nebyl způsoben vniknutím externí vody do potrubí, spojeným s vnosem patogenních mikroorganismů.

Viditelné organismy. Během mimořádné události byl v několika případech odběrateli v pitné vodě zaznamenán výskyt okem viditelných živých (tj. pohybujících se) a mrtvých mnohobuněčných organismů, konkrétně larev pakomárů a mnohonožky. Mnohonožka (*Diplopoda*) je suchozemský živočich, do vody se zřejmě dostala na vodojemu, buď při jeho čištění, nebo při „běžném“ provozu, kdy stavební stav vodojemu nijak nebrání vnikání hmyzu.

Larvy pakomárů (*Chironomidae*) se mohou ve vodojemech vyskytovat, zejména tam, kam mají pakomáři volný přístup. Nejčastěji se ve vodojemech vyskytují druhy *Orthocladiinae*, *Tanytarsus* spp. a *Chironomus* – a to ve všech fázích jejich životního cyklu (vajíčko, larva (4 instary), kukla i dospělec). Vodárenské vodojemy mají obecně nízkou teplotu (6–12 °C) a nízký obsah organické hmoty (málo potravy), což zpomaluje vývoj larev pakomárů oproti přirozeným vodním nádržím. Ve vodárenském vodojemu trvá vývoj pakomára nejčastěji 2–6 měsíců podle teploty vody a dostupnosti potravy. Rychlejší vývoj (5–8 týdnů) je možný jen u teplejších vod nebo při technologických problémech.

I kdyby došlo omylem k požití některého z uvedených organismů, neznamenaloby to pro spotřebitele ohrožení zdraví. Ovšem výskyt těchto organismů v pitné vodě je pochopitelně pro spotřebitele nepříjemný z estetických důvodů.

Doporučená opatření k nápravě

SZÚ doporučil provedení následujících opatření, která lze rozdělit na krátkodobá a dlouhodobá.

- K nejdůležitějším krátkodobým opatřením musí patřit řízený proplach vodovodního řadu odbornou firmou, který odstraní nashromážděný sediment a na něj vázané (mikro)organismy. Na tento proplach musí navazovat důkladný proplach vodovodních přípojek, který si musí zajistit sami odběratelé. Při tomto proplachu je nutné otevřít v domě na maximum co nejvíce výtokových armatur, aby došlo v přípojce k co nejrychlejšímu proudění vody, které strhne a vyplaví usazený sediment a částice. Objem propláchnuté vody – při plném průtoku – by měl být nejméně trojnásobek objemu potrubí přípojky a vnitřního vodovodu; nicméně pokud by se ve vodě ještě objevovaly částice, je nutno v proplachu pokračovat.
- SZÚ nepovažoval v danou chvíli za nutné provádět další (šokovou) dezinfekci potrubí, protože by to byl spíše kontraproduktivní krok, který by vedl k dalšímu narušení vytvořeného biofilmu a přítomnosti okem viditelných částic ve vodě i vysokým nálezům počtů kolonií, popř. i koliformů. Biofilmu se nelze v potrubí zcela vyhnout, vždy je tam nějaký přítomen, záleží na množství asimilovatelného organického uhlíku ve vodě, který mohou bakterie využít jako svou potravu; jedná se o přirozený jev, který za obvyklých podmínek neovlivňuje nějak negativně kvalitu vody.

- Větrací okénko do vodojemu je nutné vybavit filtrem, resp. filtračním materiálem, který zabrání pronikání hmyzu a vzdušných nečistot do vodojemu.
- K dlouhodobému opatření patří rekonstrukce vodojemu, možná i části vodovodní sítě, která umožní jejich efektivní čištění a proplach a zabrání vnikání vzdušných nečistot.

Závěr

Souhrou několika okolností došlo v hodnoceném vodovodu k vyplavení železitých sedimentů (a na ně navázaných (mikro)organismů) z vodojemu do vodovodního řadu a k odběratelům. Tento havarijný stav se dlouho nedařilo provozovateli účinně sanovat, proto docházelo k opakovaným, byť náhodným nálezům okem viditelného znečištění nebo koliformních bakterií. V případě záchytu koliformních bakterií měl provozovatel (nebo pro něj pracující laboratoř) požádat specializovanou laboratoř o jejich druhové určení, aby bylo jasné, zda se jedná o druhy potenciálně fekální nebo čistě environmentální. Pomohl by si tak vyloučit svou mylnou hypotézu, že při přerušení dodávky vody a podtlaku v síti došlo k nasátí vody do potrubí z okolního prostředí.

I když pozorovaný jev nebyl zdraví nebezpečný, bylo možné do doby jeho úplné sanace spotřebitelům preventivně doporučit převařování vody. Zároveň bylo nutné připustit, že pro některé spotřebitele, kde se viditelné částice objevovaly ve vodě nejvíce, byla voda nepříjemná ke spotřebě z estetických důvodů. Proto nebylo ze strany SZÚ možné jednoznačně odpovědět na otázku, zda je nadále nutné náhradní zásobování cisternami.

Jako primární nápravné opatření je v takovém případě nutné realizovat řízený proplach sítě odbornou firmou disponující příslušným odkalovacím a měřícím zařízením, aby byla jistota, že skutečně všechny úseky sítě byly účinně propláchnuty. Na proplach řadu musí navazovat důkladný proplach každé přípojky.

Je nepochopitelné, že posouzení a řízení rizik již v polovině roku 2022 konstatovalo vysoké riziko na předmětném vodojemu a správně naplánovalo nápravná opatření (jehož realizace byla velmi levná a v silách provozovatele v horizontu max. měsíců), ale ani za 3 roky nedošlo k nápravě. Vystává tím vážná otázka, jak by měla být taková liknavost či ignorance ze strany provozovatele ze strany úřadů sankcionována, přestože provozovatel se tím díky téměř stovce nadbytečných rozborů a náhradnímu zásobování slušně sankcionoval sám, o ztrátě odborné reputace ani nemluvě.

Malá případová studie: řešení havárie a obnova kvality pitné vody ve vodovodní síti řízeným proplachem potrubí

Ing. Jan Ručka, Ph.D.¹⁾

Ing. Aleš Haška²⁾; Bc. Jan Veniger²⁾

1) Ústav vodního hospodářství obcí, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně,
tel.: 604 794 350, e-mail: jan.rucka@vut.cz a VODA BRNO, s.r.o. spin-off VUT

2) Ústav vodního hospodářství obcí, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně

Abstrakt

Příspěvek představuje zkušenosti z nasazení robotické technologie Astacus při řešení mimořádné situace ve vodovodní síti jedné menší obce v Moravskoslezském kraji. Proplach bylo nutné zrealizovat v krátké lhůtě po objednání, protože odběratelé byli dočasně odkázáni na náhradní zásobování pitnou vodou. Zásah probíhal za nepříznivého počasí, kdy mrzlo a sněžilo, což kladlo zvýšené nároky na spolehlivost zařízení i pracovní podmínky obsluhy. Situaci dále komplikoval omezený objem místního vodojemu, jehož akumulace činí pouze 100 m³. I navzdory těmto okolnostem se však podařilo vodovodní síť systematicky vyčistit a získat cenné poznatky pro řešení obdobných havárií. Příspěvek představuje dokumentační fotografie, dosažené výsledky proplachu i postupy, které se při zásahu osvědčily.

Úvod

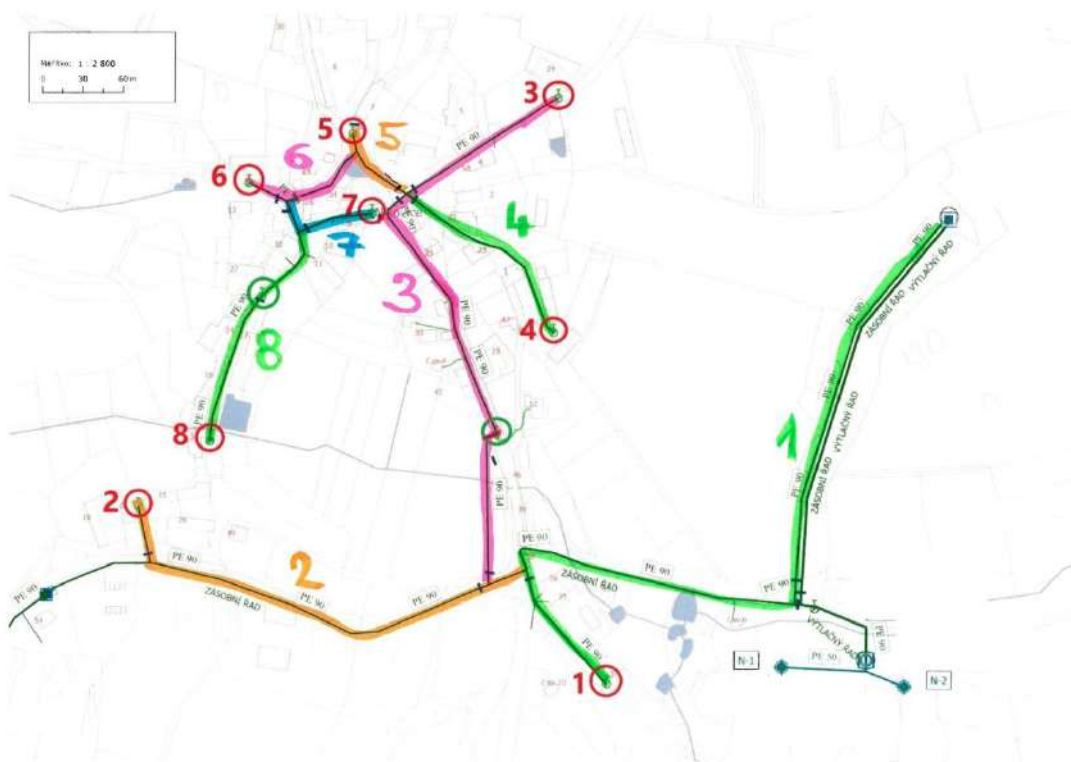
V listopadu 2025 jsme byli osloveni s požadavkem na vyčištění celé rozvodné vodovodní sítě malé obce v Moravskoslezském kraji, kde v důsledku souběhu technického selhání a nepříznivých provozních okolností došlo k mobilizaci dlouhodobě akumulovaného sedimentu ze dna vodojemu a jeho rozšíření do vodovodní distribuční sítě. Místní šetření Státního zdravotního ústavu, vedené MUDr. Františkem Kožíškem, CSc., identifikovalo tuto mobilizaci jako hlavní příčinu opakovaných nálezů koliformních bakterií a viditelných organismů v dopravované vodě u odběratelů. Jako jedno z důležitých nápravných opatření doporučilo realizaci řízeného proplachu celé vodovodní sítě. Podrobný rozbor příčin, mechanismu znečištění a hodnocení zdravotních rizik je uveden v předchozím příspěvku MUDr. Kožíška, proto si dovolíme je zde neopakovat a zaměříme se na popis řešení této situace.

Řešený vodovod je menší distribuční systém o celkové délce 4,33 km, se zásobním řadem DN 100 a navazujícími řady DN 80 a DN 50; akumulační nádrž vodojemu má objem 1 × 100 m³. Po vyčištění nádrže vodojemu a provedení dezinfekce bylo naším úkolem systematicky odstranit z potrubní sítě jemné nepevněné sedimenty tak, aby nedocházelo k jejich dalšímu přesouvání a opakovanému víření v dopravované pitné vodě. Bylo tedy zapotřebí připravit řízený proplach sítě a zrealizovat jej.

Příprava na proplach vodovodu

V rámci přípravy před proplachem byly provedeny standardní nezbytné kroky. Nejprve bylo potřeba zajistit mapu, resp. situaci vodovodní sítě, kde je vyobrazena trasa potrubí, dimenze a materiál, armatury a objekty vodovodu. Pro tento účel obvykle postačuje běžná situace vodovodní sítě, v tomto případě se jednalo o pasport vodovodu. Dalším důležitým podkladem byl provozní řád vodovodu, a také informace o kontaminaci, která se zde vyskytla, a dosavadních krocích, které již byly provedeny ve snaze vodovod vyčistit.

Následně byl vypracován proplachovací plán vodovodu, který síť rozdělil na 11 úseků s průměrnou délkou 390 m. Proplachovací plán zde vznikl pouze v papírové podobě, ilustrativní příklad takového plánu znázorňuje **Obr. 1**. Pro naprogramování proplachovacího stroje na místě je potřeba pro každý proplachovaný úsek z mapy zjistit délku úseku, dimenzi potrubí a materiál. Úseky se proplachují od vodojemu dolů tak, aby se sediment vyplachoval nejkratší cestou ven s využitím vodovodních hydrantů. Tyto údaje se připraví do tabulky a při proplachu se zadávají do čistícího stroje buď pomocí tlačítek v ovládacím menu, nebo se v předstihu nahrají do jeho paměti, a stroj poté proplachuje v plně automatickém režimu. Silnou stránkou technologie Astacus je snadná a rychlá příprava před proplachem, kdy není potřeba, aby obsluha počítala pro každý úsek požadovaný čistící průtok, objem, čas nebo cokoliv dalšího. Robot Astacus obsahuje sofistikovanou metodiku pro výpočet těchto parametrů a pokročilou automatiku pro řízení proplachu v reálném čase na základě měřených dat ze svých senzorů.



Obr. 1 Ilustrativní příklad ruční verze proplachovacího plánu pro technologii Astacus – jednoduché barevné zvýraznění úseků potrubí, jak se mají proplachovat (délka, dimenze, materiál, armatury, objekty)

Provedení řízeného proplachu

Proplach celé vodovodní sítě v délce 4,33 km proběhl v nejbližším volném termínu 26. 11. 2025, tedy asi týden po jeho objednání. Ten den mrzlo a sněžilo, což kladlo zvýšené nároky na spolehlivost zařízení i pracovní podmínky obsluhy, viz **Obr. 2**.



Obr. 2 Čištění potrubí metodou řízeného proplachu, technologie Astacus, klimatické podmínky v den proplachu: teplota vzduchu – 2 °C a sněžení.

Níže uvádíme úvodní hlavičku souhrnného reportu, který server Astacus standardně zasílá pro každý stroj deset minut po půlnoci, viz **Obr. 3**. Jedná se o souhrn informací o činnosti daného stroje za předchozí den.

Celkový přehled

Celkem provedeno – proplachů / hydrantových testů / celkem:	9 ks / 3 ks / 12 ks
Spotřeba vody – na proplachy / hydrantové testy / celkem:	33,15 m ³ / 1,45 m ³ / 34,6 m³
Zahájení práce stroje:	9:22
Konec práce stroje:	13:35
Celkový čas práce posádky / čistý čas práce stroje:	4,2 h / 1,9 h
Tlak hydrostatický na hydrantech – max / min / průměrně:	6,37 bar / 1,89 bar / 4,23 bar
Teplota vody v potrubí – max / min / průměrně:	9,5 °C / 5,7 °C / 8,7 °C

Obr. 3 Automaticky generovaná souhrnná zpráva ze serveru *astacus.vodabrno.cz* pro stroj Astacus 2004, který byl pro proplach tohoto vodovodu použit, tzv. denní report

Celý vodovod byl čištěn v automatickém režimu stroje „podle topologie“, kdy se stroji pro každý čištěný úsek zadají výše uvedené parametry čištěného úseku potrubí (DN, délka, materiál a minimální povolený tlak), a ten provede čištění zcela samostatně. Po ukončení proplachu na daném hydrantu byly ve třech místech vodovodu provedeny také hydrantové testy pro HZS. Hydrantové zkoušky byly vždy provedeny ihned po vyčištění daného úseku, protože již připojené zařízení a vyčištěné potrubí umožňovalo jejich efektivní realizaci bez rizika rozvíření sedimentů. Je to efektivní postup, který představuje naprosto minimální zvýšení časové náročnosti prací. Požární testy hydrantů probíhají zcela automaticky, stroj hydrant otestuje na požadovaný průtok a ihned odešle uživateli do mailu protokol v MS Word, který obsahuje všechny potřebné informace (výsledek testu, měřená data, zpracované grafy, souřadnice a adresu hydrantu, mapu lokality) a stačí jej jen vytisknout a podepsat.

Ověření účinnosti řízeného proplachu vodovodní sítě

Po proplachu každého úseku je vždy odebrán vzorek vody pro kontrolu hodnoty zákalu. K tomu používáme ruční zákaloměr. Zde bylo dosahováno vyhovujících hodnot od 1,05 do 3,11 ZF(n). Po dokončení proplachu veřejné vodovodní sítě byli vlastníci připojených nemovitostí vyzváni provozovatelem vodovodu k proplachu svých přípojek a vnitřních vodovodů. Dne 1. 12. 2025 bylo odebráno na zdroji, vodojemu i vodovodní síti celkem 8 vzorků vody, jejichž následné laboratorní rozborů potvrdily soulad kvality vody s požadavky vyhlášky 252/2004 Sb. a úplnou obnovu mikrobiologické nezávadnosti vody v celém systému. Ve všech sledovaných místech (oba vrty, vodojem, odtok vody z úpravny vody i distribuční síť) byly hodnoty *Escherichia coli*, intestinálních enterokoků, koliformních bakterií i *Clostridium perfringens* rovny 0 KTJ/100 ml. Počty kolonií při 22 °C se pohybovaly v rozmezí 0–20 KTJ/ml a při 36 °C 0–14 KTJ/ml, tedy pod doporučenými limity 200 a 40 KTJ/ml. Současně nebyly zjištěny žádné živé organismy (0 jedinců/ml) ani zvýšený obsah abiosestonu (0 až 2 %). Zákal vody v distribuční síti se pohyboval v rozmezí 0,33–0,65 ZF(n), což odpovídá hydraulicky stabilizovanému systému bez resuspenze sedimentu. Výsledky tak potvrzují, že odstranění mobilizovaného sedimentu vedlo nejen k vizuálnímu vyčištění potrubí, ale i k plné mikrobiologické stabilizaci celé vodovodní distribuční sítě.

Poznatzky z proplachu

Pro nás tato akce nebyla nijak nestandardní, přesto z ní vyplynulo několik zajímavých závěrů:

- Robot Astacus pracuje spolehlivě i v mrazu a sněžení.
- Voda vytékající z potrubí vodovodu měla teplotu 5,7 až 9,5 °C.
- Voda, která z potrubí vytékala byla většinu svého objemu poměrně čistá, což bylo pravděpodobně důsledkem předchozího „odkalování“, které prováděl místní technik během listopadu ještě před naším příjezdem svým obvyklým postupem ve snaze síť vyčistit. Občas však z potrubí vytékala krátkodobě výrazně zakalená voda. I přes jeho velikou snahu tak některé části potrubí zůstaly nedokonale propláchnuté. Náš poznatek z této akce tedy je, že ani při veliké snaze nelze bez systematického postupu a odpovídajícího technického vybavení spolehlivě docílit požadovaného výsledku, kterým je čisté potrubí.
- Celý proplach od začátku do konce trval 4,2 hodiny a spotřebovalo se na něj 34,6 m³ vody, viz denní report na **Obr. 3**. To lze považovat za velmi efektivní zásah a dobrý výsledek. Když tuto síť proplachoval místní technik bez měření, bez technologií, práce mu zabrala celé dvě pracovní směny a vypustil při tom 2x téměř celý vodojem. Jeho práce tedy trvala 4x déle než nám a spotřeboval při tom cca 5x více vody. Systematický přístup a důsledná regulace a měření přináší nejen úsporu vody a času, ale zejména spolehlivost výsledku. Přitom robot Astacus nevyžaduje nijak zvlášť náročnou přípravu ani kvalifikovanou obsluhu, protože většina procesů, které stroj provádí, jsou plně automatizovány. Od obsluhy se očekává pouze to, že stroj připojí k hydrantu, zapne jej a uvede do chodu plně automatický režim proplachu. Zbytek si zajistí robot sám, je tak konstruován.

Měřicí vozíky a ruční proplachy ve srovnání s automatizovaným řízením proplachu

V praxi vodárenských společností se pro proplach potrubí používají různé měřicí vozíčky vybavené senzory pro sledování tlaku, průtoku a někdy i zákalu. Tento přístup umožňuje detailní kontrolu průběhu proplachu, současně však klade mnohem vyšší nároky na kvalifikaci obsluhy. Ruční regulace průtoku vyžaduje průběžné sledování hydraulických poměrů v síti, kontrolu minimálních tlaků a prevenci vzniku hydraulických rázů. Obsluha musí současně zajistit dosažení požadovaného průtoku i objemu vypuštěné vody a následně provést stažení, vyhodnocení a archivaci naměřených dat.

Automatizované řešení, jaké představuje technologie Astacus, přenáší řízení průtoku, kontrolu tlakových limitů i zpracování dat do řídicího systému zařízení. Měření, regulace i tvorba reportů probíhají automaticky v souladu s metrologickým předpisem MP 010, což snižuje nároky na zásah obsluhy během proplachu, sjednocuje postup provádění proplachu a zajišťuje konzistentní kvalitu získaných dat. Rozdíl mezi oběma přístupy tak spočívá především v míře automatizace řízení a následného zpracování výsledků. Automatizace práce v terénu tak klade mnohem menší nároky na obsluhu co se týče její kvalifikace, tak i pozornosti, kterou musí věnovat řízení celé operace. Automatizací se zásadně snižuje pravděpodobnost lidské chyby.

Vývoj této technologie však neustává a pro sezonu 2026 uvádí Astacus nové funkcionality, které efektivitu práce ještě umocní.

Nové funkce technologie Astacus v roce 2026

1) Integrace výsledků měření do GIS provozovatele

Veškerá data naměřená během řízeného proplachu jsou automaticky přenášena na centrální server astacus.vodabrno.cz, kde jsou systematicky zpracována do přehledných výstupů (časové průběhy tlaku, průtoku a teploty, kalibrační body tlak–průtok, výsledky hydrantových zkoušek a denní reporty). Výstupy jsou ukládány ve standardizovaném formátu a označeny identifikátorem hydrantu (ID) odpovídajícím značení v GIS provozovatele. Díky jednotnému datovému klíči jsou výsledky přímo připraveny pro automatizovaný import do GIS, kde mohou být bez další úpravy zobrazovány, analyzovány a archivovány.

2) Kalibrační data tlak–průtok

Server automaticky vyhodnocuje kompletní časové záznamy tlaků a průtoků a identifikuje intervaly ustáleného proudění splňující technická kritéria. Odpovídající hodnota hydrodynamického tlaku a průtoku je vybrána jako referenční kalibrační bod a uvedena v denním reportu spolu s hydrostatickým tlakem, nadmořskou výškou a souřadnicemi měřicího místa. Celý proces probíhá v souladu s metrologickými standardy a poskytuje konzistentní podklad pro kalibraci hydraulického modelu sítě. Kalibrační data tak vznikají automaticky jako přirozený „vedlejší produkt“ proplachu, bez nutnosti samostatné měrné kampaně a bez zásahu do běžného provozu.

3) Adaptivní proplach

Nová funkce adaptivního proplachu dynamicky upravuje celkový vypuštěný objem vody podle skutečně dosaženého průtoku, při současném respektování minimálního dovoleného tlaku a prevenci hydraulických rázů. Je přínosná zejména u zainkrustovaných nebo hydraulicky omezených sítí, kde další zvyšování průtoku hydrantem není možné. Zařízení automaticky dodržuje tlakové limity a přizpůsobí objem proplachovací vody tak, aby bylo dosaženo požadované kvality vody na odtoku. Tím se zvyšuje robustnost technologie, snižují hydraulická rizika a optimalizuje spotřeba vody.

4) Plně automatický režim proplachu s vazbou na GIS

Zařízení umožňuje plně automatický provoz na základě předem nahranych instrukcí pro jednotlivé úseky sítě. Po připojení na hydrant stroj automaticky určí svou polohu, vyhledá odpovídající instrukci a provede celý proces bez dalšího zásahu obsluhy. Nově lze tyto instrukce generovat přímo z GIS provozovatele na základě délky úseku, dimenze, materiálu potrubí a minimálního dovoleného tlaku. Ve spojení s adaptivním proplachem je tak zajištěn vysoce spolehlivý automatický provoz s minimalizací rizika lidské chyby.

Závěr

Mimořádná událost, kterou popisují příspěvky MUDr. Kožíška a našeho týmu, může být pro odbornou veřejnost cennou zkušeností. Názorně totiž ukazuje, jak může provozovatel vodovodu vinou technického selhání a dlouhodobě zanedbané údržby ztratit důvěru odběratelů v jakost dodávané pitné vody.

Analytická část případu, kterou popisuje předchozí text MUDr. Františka Kožíška, prokázala, že příčinou potíží nebyla externí kontaminace, ale mobilizace sedimentů a na ně vázaných mikroorganismů z vodojemu a distribuční sítě. Klíčovým krokem k obnově stability systému proto nebyla další dezinfekce, ale cílené odstranění akumulovaného materiálu vyčištěním vodojemu a následným řízeným proplachem potrubí.

Praktická realizace řízeného proplachu technologií Astacus potvrdila, že systematický, datově řízený a hydraulicky kontrolovaný postup umožňuje efektivně obnovit mikrobiologickou stabilitu dodávky vody, minimalizovat spotřebu vody a současně eliminovat riziko sekundárního rozvíření sedimentu či hydraulických rázů. Bez systematického řízení hydraulických parametrů během proplachu je spolehlivé dosažení očekávaného výsledku obtížné. Tento případ názorně ukazuje, že proplach je potřeba řídit, což znamená: 1) nedovolit průtok výrazně vyšší ani nižší, než je pro dané potrubí optimální, 2) nedovolit kolaps tlaků v síti (neotevírat hydranty naplno, když to není potřeba), 3) nedovolit vznik hydraulických rázů, a 4) použít k proplachu právě požadovaný objem vody a neplýtvat zbytečně vodou (a časem). Všechny tyto úkoly v technologii Astacus řeší automatika, což dává obsluze v terénu prostor pro jiné činnosti.

Z pohledu dlouhodobého řízení vodovodních systémů tento případ zdůrazňuje dva klíčové principy: nutnost důsledné realizace opatření vyplývajících z posouzení rizik a význam pravidelného, plánovaného a odborně prováděného čištění akumulačních nádrží a potrubí (v tomto pořadí). Pouze kombinace prevence a technicky kontrolovaných zásahů může zajistit stabilní jakost pitné vody a udržet důvěru spotřebitelů i v takovýchto mimořádných situacích.

Technologie ICE PIGGING v ČR

Ing. Petr Šindler¹⁾

Ing. Petra Jurek Vidlářová, Ph.D.²⁾

1) SUEZ Water CZ

2) Ostravské vodárny a kanalizace a.s.

Úvod

České prvenství v používání unikátní metody čištění potrubí metodou Ice Pigging, (metoda pracující na principu tlačení suspenze ledové tříště a vody čištěným potrubím), drží město Ostrava již více než 10 let. Pilotní test byl v tomto městě proveden v rámci vodovodní sítě společnosti Ostravské vodárny a kanalizace a.s. již v roce 2015, poté co metoda prošla mnohaletým vývojem v britské společnosti Aqualogy za účasti Univerzity v Bristolu [1, 2]. Od té doby bylo čištění vodovodní sítě v OVAK a.s. metodou Ice Pigging provedeno ještě několikrát a k tomu přibýly také další průmyslové či vodárenské lokality jako Plzeňský pivovar, vodárna Plzeň, Brněnské vodárny a kanalizace, VaK Prostějov apod. Pro čištění bylo vždy využito jednotky zapůjčené ze SUEZ UK, která je doposud jediná na území Evropy. Vzhledem k vytížení této jednotky v rámci celé Evropy tak, i přes opakovaný zájem další návštěva v ČR již od roku 2018 neproběhla. Opakované dotazy na dostupnost služby v ČR a kladné ohlasy na kvalitu práce však byly impulsem pro pořízení jednotky ICP v rámci SUEZ Water CZ, která je nyní umístěna právě v areálu společnosti Ostravské vodárny a kanalizace a.s. a je připravována pro spuštění do profesionálního provozu (Obrázek 1).



Obrázek 1 Stacionární výrobce ledu a přepravní nádrž (mobilní jednotka) pro dopravu ledu (foto OVAK a.s.)

Jak metoda Ice Pigging pracuje

Tato jednoduchá, ale přitom velice SMART technologie spočívá v tom, že se k čištění namísto čistícího tělesa využívá suspenze skládající se ze dvou fází voda-led. Tedy speciálně připravené ledové tříště (Obrázek 2), která se zpravidla skládá z 50-90 % tuhé fáze, čehož je dosaženo přidávkou potravinářské soli. Led je připravován ve stacionárním výrobníku ledu, poté je naplněn do přepravní nádrže, která je míchaná. Nádrž je připevněna na tahači s návěsem pomocí kterého je ledová tříšť dopravována na místo čištění [2], [3], [4]. Činnosti zahrnující přípravu ledové tříště, dopravu a obsluhu čištění na místě a jeho vyhodnocení jsou součástí služby zajišťované dodavatelem.

Čištěný úsek sítě musí být před natlačením ledu od zbytku sítě izolován uzavřením armatur před vstupním hydrantem a za vypouštěcím hydrantem. Tlačení ledu do potrubí je prováděno přes vstupní hydrant a po natlačení a otevření příslušného ventilu je sloupec ledu rozpořehován vlastním tlakem vody v potrubí. Ledový sloupec se pohybuje rychlostí přibližně $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ (dle tlaku a průtoku v daném úseku, který by měl být 0,25 – 0,6 MPa). Délka sítě vyčištěná za jeden den závisí na materiálu a nominálního průměru čištěného potrubí, míře a druhu znečištění, průtoku, teplotě vody a okolní teplotě. V případě vodárenských aplikací také konfiguraci vodovodní sítě. Zároveň je délka omezena připraveným objemem ledové tříště, tedy velikostí cisterny na kamionu kdy lze na jednu operaci využít až 10 m³ suspenze. [2], [3], [4],[5], [6].



Obrázek 2 Příprava ledu ve stacionárním výrobě (foto OVAK a.s.)

Požadavky na metodu

Pro provedení čištění metoda Ice Pigging vyžaduje vhodné rozmístění armatur (hydrantů) pro vstup ledové tříště do systému a regulačních šoupátek. V případě, že nejsou k dispozici, je nutné jejich vybudování. Část sítě vybraná k čištění musí mít dobrou terénní dostupnost a prostor pro manipulaci s tahačem přivázejícím cisternu s ledovou tříští, případně musí být zajištěno odpovídající dopravní značení. Při čištění potrubí pitné vody je vhodné také uzavření všech vodovodních přípojek, aby bylo zamezeno vniknutí znečištění a případně také proplachové slané vody do přípojky spotřebitele a odstávka vody a její ohlášení v legislativou požadovaném termínu. Vypouštění znečištěné tříště a vody je nutné realizovat do kanalizace nebo přistaveného kanalizačního vozu. Výše uvedené činnosti nejsou součástí věcného rozsahu služby a je nutné je zajistit na straně objednatele. Lokalita čištění musí být v dojezdové vzdálenosti od místa výroby ledu, tj. do cca 400 km z Ostravy. Maximální průměr potrubí, který je možné čistit je limitován dodržením minimálního poměru objemu ledu k objemu čištěného potrubí, který se mírně liší v závislosti na materiálu potrubí, teplotě vody a venkovní teplotě. Průměr potrubí pak také limituje délku trasy, kterou je možné vyčistit (pro DN = 300 mm je čištěná trasa cca 800 m, pro DN = 100 mm až 5 000 m. Při potřebě čištění delších úseků je nutné individuální posouzení. Minimální profil čištění je DN = 80 mm. Před zahájením každého čištění musí být proveden tzv. hydraulický test za účelem zjištění skutečných hydraulických podmínek v daném místě. [2], [5], [7].

Zkušenosti získané ve vodovodní síti OVAK a.s.

Jak již bylo uvedeno čištění metodou Ice Pigging proběhlo ve vodovodní síti OVAK a.s. několikrát, a to v letech 2015-2019 [2],[8]. Ve vodovodní síti OVAK a.s. bylo ověřeno, že technologie Ice Pigging je rychlá a bezpečná. Bezpečné je jak použití potravinářské soli jako jediného činidla, ale také z hlediska možného rizika kontaminace v případě porušení integrity systému. V průběhu čištění totiž nedochází k poklesu tlaku v síti pod 0,2 bar, kdy může dojít k nasátí kontaminované vody z okolí čištěného potrubí [9]. ICP se ve vodovodní síti OVAK a.s.

osvědčil nejvíce pro preventivní údržbu dlouhých přímých úseků potrubí DN 100-250 mm z PVC, PE či kovových řadů bez pokročilé inkrustace [7],[10]. Z hlediska doby čištění je Ice Pigging vhodnou technologií, zejména do míst, kde je nutná co nejkratší odstávka vody. Ve všech případech čištění bylo v OVAK a.s. zahájeno čištění provedeno vždy do 30-60 minut od provedení hydraulického testu. V případě bezproblémové trasy (skutečná trasa potrubí se neliší, na trase nejsou ostrá kolena, inkrustace potrubí není pokročilá) byl vždy průběh čištění rychlý, po odtoku ledového podílu voda rychle nabývala vizuální čistoty. Ve všech těchto případech bylo hlavní znečištění odstraněno za 1,5 – 2 hod. Průměrný čas čištění v OVAK a.s., a to včetně úseků, u kterých došlo k určitým provozním komplikacím, byl 3:36 minut (Tab. 1) [7]. U nevodárenských aplikací v závislosti na průtoku vody potrubím trvá čištění obvykle méně než 30 minut. Zajištění dodávky vody a elektrické energie objednatelem v místě služby je však u těchto aplikací nutností.

Situace	Doba čištění celkem [h:mm]	Délka čištěného úseku [m]	Rychlost čištění [m.min ⁻¹]
17IP250OC/LT*	6:20	1 381	3,6
22IP100-150PVC/PE*	3:45	2 638	11,8
25IP150-200LT/PVC*	3:25	323	1,6
16IP150-250PVC/PE/OC	4:20	1 661	6,4
20IP150PVC/PE	2:30	2 052	13,7
21IP100-150PE	3:00	2 327	12,9
23IP100-200PVC/PE	2:50	1 495	8,8
24IP100-200LT/PVC	2:39	687	4,3

Tabulka 1 Čas čištění jednotkové délky potrubí metodou Ice Pigging v OVAK a.s.. Úseky označené * patří mezi úseky, u kterých došlo během čištění ke komplikacím nebo patří k potrubí s vysokým stupněm inkrustace. Název situace odkazuje na čištěný průměr potrubí a jeho materiál. [7]

Závěr

Technologie Ice Pigging v České republice zaujala místo mezi ostatními metodami čištění potrubí, o kterou je zájem, jak ze strany vodárenských podniků tak ze strany podniků průmyslových, a to jistě nejen díky své bezpečnosti a rychlosti čištění, kterou nabízí. Vzhledem k tomu, že se doposud na území Evropy pohybovaly pouze jednotky společnosti SUEZ UK, jejichž vytíženost nestačila poptávku na území ČR zabezpečit, připravuje SUEZ Water CZ novou stacionární jednotku, která zajistí čištění potrubí touto metodou v předpokládaném radiusu 400 km od města Ostrava. Stacionární jednotka projde v roce 2026 zátěžovými testy výroby ledu a provozními testy čištění, po kterých by již měla být uvedena do plného profesionálního provozu. Zázemí jednotce poskytnou Ostravské vodárny a kanalizace a.s., které vzhledem k četnosti využití metody Ice Pigging v minulosti poskytnou také své cenné know-how nezbytné pro úspěšnost každého čištění.

Zdroje

- [1] Ostrava drží prvenství v použití Ice Pigging. Online. *Vodárenství.cz*. 21.2.2023. Dostupné z: <https://www.vodarenstvi.cz/2023/02/21/ostrava-drzi-prvenstvi-v-pouziti-ice-pigging/>. [cit. 2026-02-07].
- [2] Fochtová, L.; Rutar, L. Ice Pigging: Čištění Potrubí Ledovou Tříští. Sovak; Sdružení Oboru Vodovodů a Kanalizací: Praha, Czech Republic, 2017(6); 14–18. ISSN 1210-3039. Dostupné z: <https://www.sovak.cz/sites/default/files/p36fcYdtepHRivkyZ/icepigging.pdf>.

- [3] Quarini, G.; Ainslie, E.; Herbert, M.; Deans T.; Ash D.; Rhys D.; Haskins N.; Norton G.; Andrews S.; Smith M. Investigation and development of an innovative pigging technique for the water-supply industry. *Proc. Inst. Mech. Eng., Part E: J. Process. Mech. Eng.* 2010, 224, 79-89, doi:10.1243/09544089JPME312.
- [4] Berriman, G. Ice Pigging: The way ahead for water main cleaning. In: 2011 – 36th Queensland Water Industry Operations Workshop [online]. WIOA: 2011, 112-118 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://wioa.org.au/2011-qlld-conference-papers/>.
- [5] Šindler, Petr. *Ice Pigging: představení technologie*. Prosinec 2025. PowerPointová prezentace.
- [6] OVAK – moderní technologie ve vodárenství. Online. *NAŠE VODA*. 2021. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/ovak-moderni-technologie-ve-vodarenstvi>. [cit. 2026-02-07].
- [7] Jurek Vidlářová, Petra. *Studium možností odstraňování vodárenských kalů z potrubí*. Disertační práce. Ostrava: VŠB - TUO, Hornicko-geologická fakulta, Katedra environmentálního inženýrství, 2021.
- [8] Fochtová, L.; Vidlářová, P. Ice-Pigging - 2019 čištění potrubí ledovou tříští v Ostravě pokračuje. *Zpravodaj* 2019, (3), 9-11.
- [9] Poulin, A.; Mailhot, A.; Periche, N.; Delorme, L.; Villeneuve, J.-P. Planning Unidirectional Flushing Operations as a Response to Drinking Water Distribution System Contamination. *J. Water Resour. Plan. Manag.* 2010, 136(6), 647–657, doi:10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000085.
- [10] Jurek Vidlářová P, Heviánková S. Comparison of Modern Drinking Water Network Maintenance Methods: Evaluation of Removed Deposits in the Form of Total Suspended Solids (TSS). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(8):4311. doi:10.3390/ijerph18084311. Jimp, Q2

Zabezpečení náhradního zdroje vody pro ÚV Březová, Etapa I., Výtlačný řad Sokolák – ÚV Březová

Ing. Rostislav Kasal, Ph.D.¹⁾

Ing. Jan Vrkoč²⁾; Ing. David Brábník³⁾

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.

1) tel.: 257 110 287, kasal@vrv.cz; 2) tel.: 257 110 272, vrkoc@vrv.cz; 3) tel.: 257 110 359, brabnik@vrv.cz

Abstrakt

Cílem příspěvku je popsat problematiku návrhu a realizace přiváděcího řadu v dimenzi DN600, který bude sloužit k dopravě surové vody na ÚV Březová v případě výpadku hlavního zdroje surové vody VD Stanovice.

Navrhovaná etapa řadu v délce 3,36 km byla vedena v souběhu se stávajícím zásobním řadem DN800. Realizace byla specifická zejména složitostí dotčeného území, úsek řadu v délce 1,3 km bylo nutné uložit do stávající štoly, drobný vodní tok byl křížen novou mostní konstrukcí a úsek potrubí pod úpravnou s velkým podélným sklonem bylo nutné zajistit speciálními opatřeními. Po trase byla realizována řada manipulačních uzlů ve stávajících a nových objektech, včetně vybudování nového výústního objektu do řeky Teplé.

Popis a účel stavby

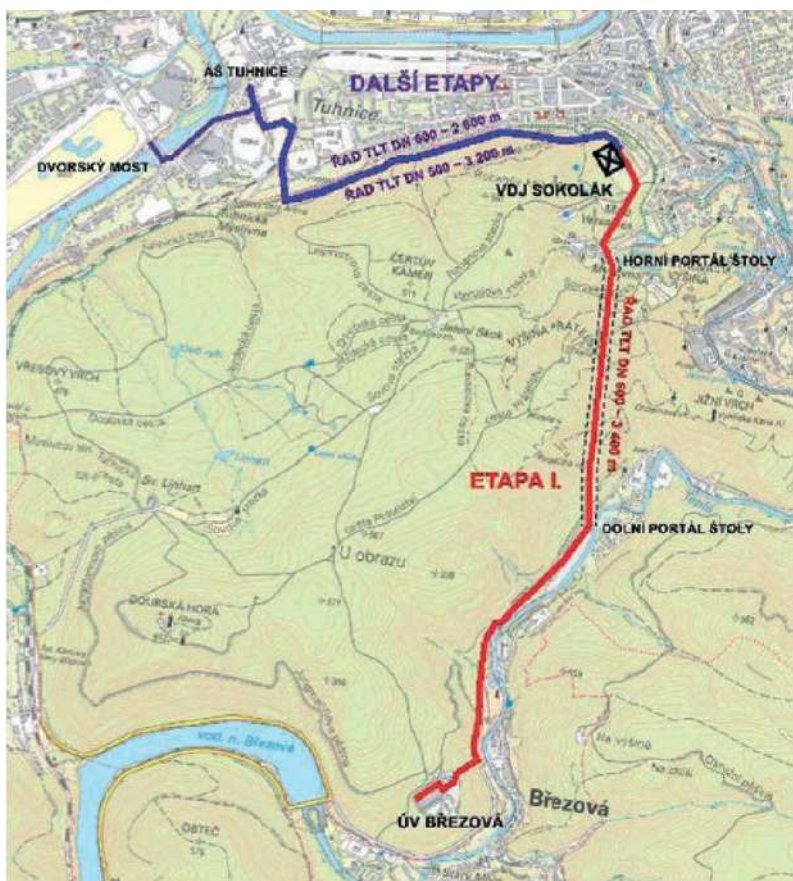
První koncepční návrh stavby byl výsledkem zpracované studie [1] z roku 2012, která se zabývala návrhem zajištění náhradního zásobení ÚV Březová surovou vodou. V rámci studie byly vypracovány varianty technických opatření a jejich hodnocení z hlediska přínosu pro zvýšení zabezpečení zásobování, včetně posouzení technické proveditelnosti a investičních nákladů.

Cílem studie byl návrh rezervního zdroje surové vody pro ÚV Březová v případě poklesu vydatnosti hlavního zdroje – vodního díla (VD) Stanovice – způsobeného klimatickými změnami. Povodí Teplé, které zajišťuje primární zásobení úpravny, patří mezi oblasti nejvíce ohrožené očekávaným poklesem průtoků (9–20 % ve střednědobém horizontu). Návrh alternativního zdroje reagoval na potřebu zvýšit provozní bezpečnost při poruchách či haváriích na VD Stanovice nebo na přiváděcím řadu. V současnosti neexistuje žádný plnohodnotný rezervní zdroj, který by v těchto situacích zajistil zachování plné kapacity výroby pitné vody.

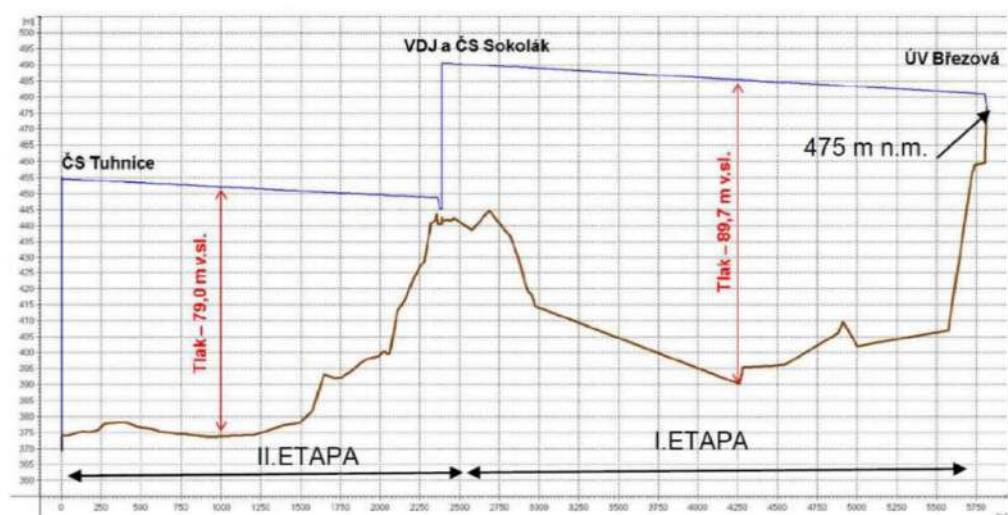
Jako nejvhodnější varianta bylo identifikováno náhradní zásobení z vodního toku Ohře, které je z hlediska dlouhodobé vydatnosti méně citlivé na klimatické změny a tvoří na současném systému nezávislý zdroj. ÚV Březová má aktuální produkci cca 250 l/s, přičemž návrh opatření je dimenzován na výhledovou kapacitu 300 l/s, kde se předpokládá napojení dalších spotřebišť na oblastní vodovod.

Základním navrženým technickým řešením je doprava surové povrchové vody z jezu Tuhnice na řece Ohři do objektu ÚV Březová.

Na základě hydraulického posouzení variant, technického řešení a konzultací s provozovatelem byla vybrána varianta dopravy za využití kapacity stávajícího vodojemu Sokolák 5b a ČS Sokolák II. Navrhovaným technickým řešením je výstavba odběrného objektu z Ohře, výstavba čerpací stanice Tuhnice, dále technologické vystrojení čerpací stanice Sokolák II s úpravou propojů na VDJ Sokolák 5b a realizace přiváděcího řadu mezi čerpací stanicí Tuhnice a ÚV Březová v délce cca 5,8 km z tvárné litiny DN 600.



Obr. 1 Přehledná situace navrženého opatření pro zajištění náhradního zdroje surové vody pro ÚV Březová [1]



Obr. 2 Morfologie terénu trasy výtlačného řadu ČS Tuhnice – ÚV Březová [1]

Nezbytnou součástí opatření bylo také posouzení technologie úpravy vody v úpravně vody Březová ve vztahu k jakosti surové vody, a to jak ze stávajícího zdroje – Stanovice, tak z náhradního zdroje – Ohře (profil Tuhnice). Hodnocení prokázalo, že pro provoz na náhradní zdroj je nutné doplnit další technologické stupně. Byly navrženy tři varianty úprav, přičemž po projednání s investorem byla zvolena varianta I. Ta zahrnuje rozšíření současné linky o ultrafiltrační membránovou technologii a filtraci na granulovaném aktivním uhlí (GAU). Tato část byla řešena v režii investora a provozovatele vodovodu.

Stav projektové přípravy a realizace stavby

Základní koncepční návrh opatření vyplynul ze studie z roku 2012. Na základě studie bylo zadáno vypracování jednotlivých stupňů projektové dokumentace a zajištění stavebních povolení. Rozsah stavby a složitost území z hlediska majetkových vztahů, morfologie terénu a dalších omezení vedly investora k rozdělení stavby přivaděče na dvě etapy, na které měla být vydána samostatná stavební povolení:

- Etapa I.: Výtlačný řad Sokolák – ÚV Březová
- Etapa II.: Přeložka přivaděčích řadů v lokalitě Tuhnice – stavby 1 až 3

Projektové dokumentace pro územní rozhodnutí, stavební povolení a provádění stavby Etapy I. (úsek Výtlačný řad Sokolák – ÚV Březová) byly postupně zpracovány v letech 2013 až 2014. Stavební povolení bylo vydáno v listopadu 2014. Následně se čekalo na vypsání vhodného dotačního titulu, který by pomohl investorovi se spolufinancováním této rozsáhlé stavby. Takový titul byl vypsán v roce 2021 Ministerstvem zemědělství ČR pod názvem „Podpora opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody. Na začátku roku 2022 proběhla aktualizace zadávací dokumentace, včetně výkazu výměr a kontrolního rozpočtu, a byla vypsána veřejná soutěž na zhotovitele stavby, ve které uspěla společnost STRABAG Water s.r.o. Samotná stavba byla zahájena v lednu roku 2024 a byla úspěšně dokončena kolaudací v říjnu roku 2025. Celkové realizační náklady stavby včetně víceprací dosáhly 168,6 mil. Kč bez DPH. Z této částky činila dotační podpora Ministerstva zemědělství 115,2 mil. Kč bez DPH

Projektová příprava Etapy II. probíhala v letech 2022 až 2023. Vzhledem k rozsahu byla tato etapa dále rozdělena na tři samostatné stavby. Zpracovány byly projektové stupně pro společné povolení i provádění stavby, včetně výkazu výměr a kontrolního rozpočtu. Postupně během roku 2023 byla vydána pravomocná společná povolení. Realizace této etapy se předpokládá v nejbližším období.

Popis Etapa I. - Výtlačný řad Sokolák – ÚV Březová

Technicky se jedná o nový vodovodní přivaděč DN 600 z tvárné litiny. V etapě I. je nový přivaděč zakončen před vodojemem Sokolák 5c napojením na stávající vodovodní přivaděč DN 800 (ÚV Březová – VDJ Sokolák 5c). Řad dále pokračuje jižním směrem k hornímu portálu stávající štolky pod Výšinou přátelství. V celé délce štolky byl řad uložen v souběhu se stávajícím přivaděčím řadem upravené vody OC DN 800. Od dolního portálu štolky je nový řad veden převážně v souběhu s tímto řadem až k areálu ÚV Březová. Výtlačný řad byl zakončen v místě napojení na stávající obtok surové vody DN 600 v areálu ÚV Březová. Na výtlačném řadu jsou v nejnižších místech zřízeny odbočky pro odkalení. Ty jsou zaústěny do stávajících výustních objektů, popř. do nového uklidňovacího objektu a dále do řeky Teplné. Odvzdušnění řadu je zajištěno vzdušníky po trase řadu, které jsou umístěny v nových vzdušnickových šachtách.

Materiál vodovodního potrubí

Na celé stavbě byly použity tři typy potrubí z tvárné litiny DN 600 s rozdílnými vnějšími ochrannými vrstvami. Pro pokládku do otevřeného výkopu s min. krytím 1,5 m, kde se předpokládalo prostředí se zvýšenou úrovní koroze, bylo použito potrubí s vnější ochranou z polyuretanu (PUR). V úseku potrubí ukládaného do štolky bylo použito potrubí se standardní vnější ochrannou vrstvou s žárovým pokovením slitinou Zn/Al. V místech přechodu potrubí přes vodní tok bylo navrženo potrubí s vnější ochranou Zn/Al a továrně nanášenou vnější tepelnou izolací (vnější průměr izolace DR 800 mm). Vnitřní ochranná vrstva potrubí byla navržena pro budoucí dopravu surové vody. Na základě provedených rozborů surové vody z Ohře z různých časových období bylo vyhodnoceno, že v případě použití klasické cementové vystélky hrozí během provozu její postupná degradace, proto byla navržena vnitřní ochranná vrstva z polyuretanu (PUR). Hydrostatické síly v místech směrových a výškových lomů, v chráničkách, na mostě a ve štole byly zajištěny automatickými násuvnými zámkovými spoji.

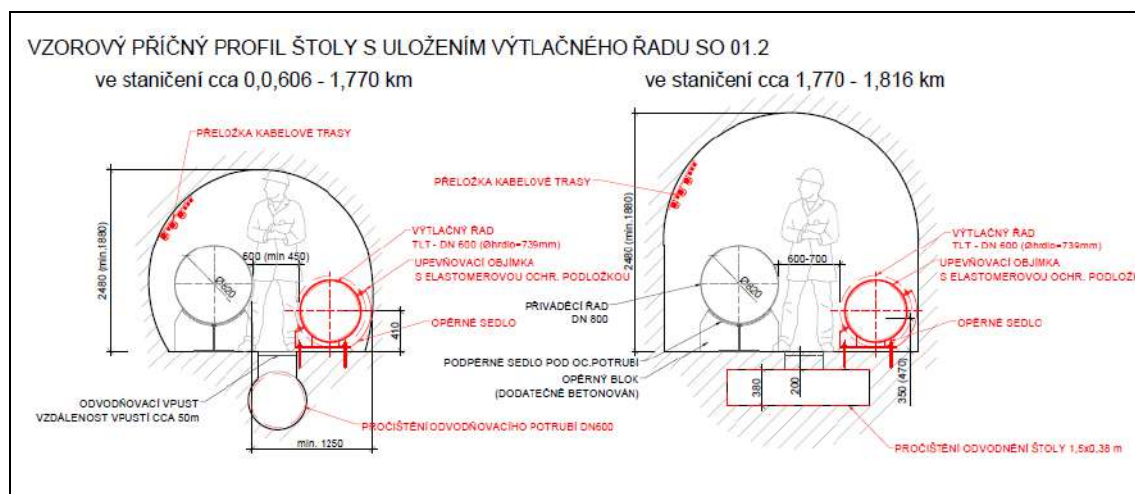
Uložení potrubí ve štolě

Významnou část potrubí bylo nutné uložit do stávající štolky v souběhu se zásobním řádem OC DN 800. Tato varianta umožnila výrazné zkrácení trasy vodovodu, a tím i výraznou úsporu finančních prostředků. Štolka podchází pod Výšinou přátelství, kde se nachází rozhledna Diana – poměrně známý turistický cíl návštěvníků Karlových Varů. Převýšení terénu v nejvyšším místě nad štolou je cca 150 m. Alternativní obchodí trasa by znamenala prodloužení řady až o 3 km. Přímá trasa po terénu přes vrchol kopce nebyla z technického hlediska realizovatelná.

Stávající štolka je řešena jako průchozí ražená štolka proměnlivého profilu o šířce 1,8–2,5 m a celkové délce 1,3 km. Štolka v celé délce pozvolna stoupá od dolního portálu u řeky Teplé až k hornímu portálu u křižovatky ulic Křížkova a Krále Jiřího. Trasa štolky je až na krátký úsek před horním portálem, kde se štolka mírně zahýbá, vedena v přímé trase.

Ve štolce je při jedné straně na betonových blocích uložen zásobní řad OC DN 800. Pod podlahou štolky je umístěno odvodňovací potrubí štolky DN 600, které sbírá průsakové vody a zároveň slouží jako odpad vodojemu Sokolák 5c. Potrubí je vyústěno u dolního portálu přes tlumicí objekt do řeky Teplé.

Navrženo bylo umístit nové potrubí k protější stěně a mezi potrubími ponechat průchozí koridor pro obsluhu. Litinové potrubí bylo ukládáno do ocelových objímek uzpůsobených montáži ve stísněném prostředí štolky; objímky byly chemickými kotvami zajištěny do podlahy štolky. Objímky byly umísťovány vždy pod hrdlem trouby, tedy po 6 m, resp. 3 m v místě oblouku. Samotná pokládka potrubí byla řešena zavážením jednotlivých trub na speciálním vozíku po vystavěných kolejích v délce 1,3 km ze startovací jámy umístěné před dolním portálem. Zavážení z horního portálu nebylo vzhledem k umístění portálu v lázeňské zóně možné.



Obr. 3 Vzorový příčný řez uložení potrubí DN 600 do profilu štolky [2]

Pro umožnění průchodu trub ze startovací jámy do prostoru štolky bylo nutné v čelní stěně portálu vybourat montážní prostup a současně dočasně upravit technologické vystrojení dolního portálu, což si vyžádalo dočasnou odstávku zásobního řadu DN 800.

První úsek potrubí v délce cca 70 m u horního portálu se nacházel v mírném směrovém oblouku, kde bylo nutné použít krácené trouby délky 3 m. Po cca 70 m se štolka srovnala do přímého pozvolna klesajícího úseku, který končil u dolního portálu. Zde již bylo použito potrubí standardní výrobní délky 6 m. Celkem bylo do štolky umístěno 223 ks litinových hrdlových trub o celkové hmotnosti cca 200 t. První trouby musely projet celou délkou štolky až k hornímu portálu, tedy vzdálenost 1,3 km; tato vzdálenost se s postupem montáže zkracovala. Celý úsek potrubí ve štolce byl v hrdlech zajištěn automatickými násuvnými zámkovými spoji.



Obr. 4 Průhled přes dolní portál do startovací jámy a kolejová trasa pro zavážení potrubí do štoly



Obr. 5 Pohled z dolního portálu na poslední uloženou troubu ve štole

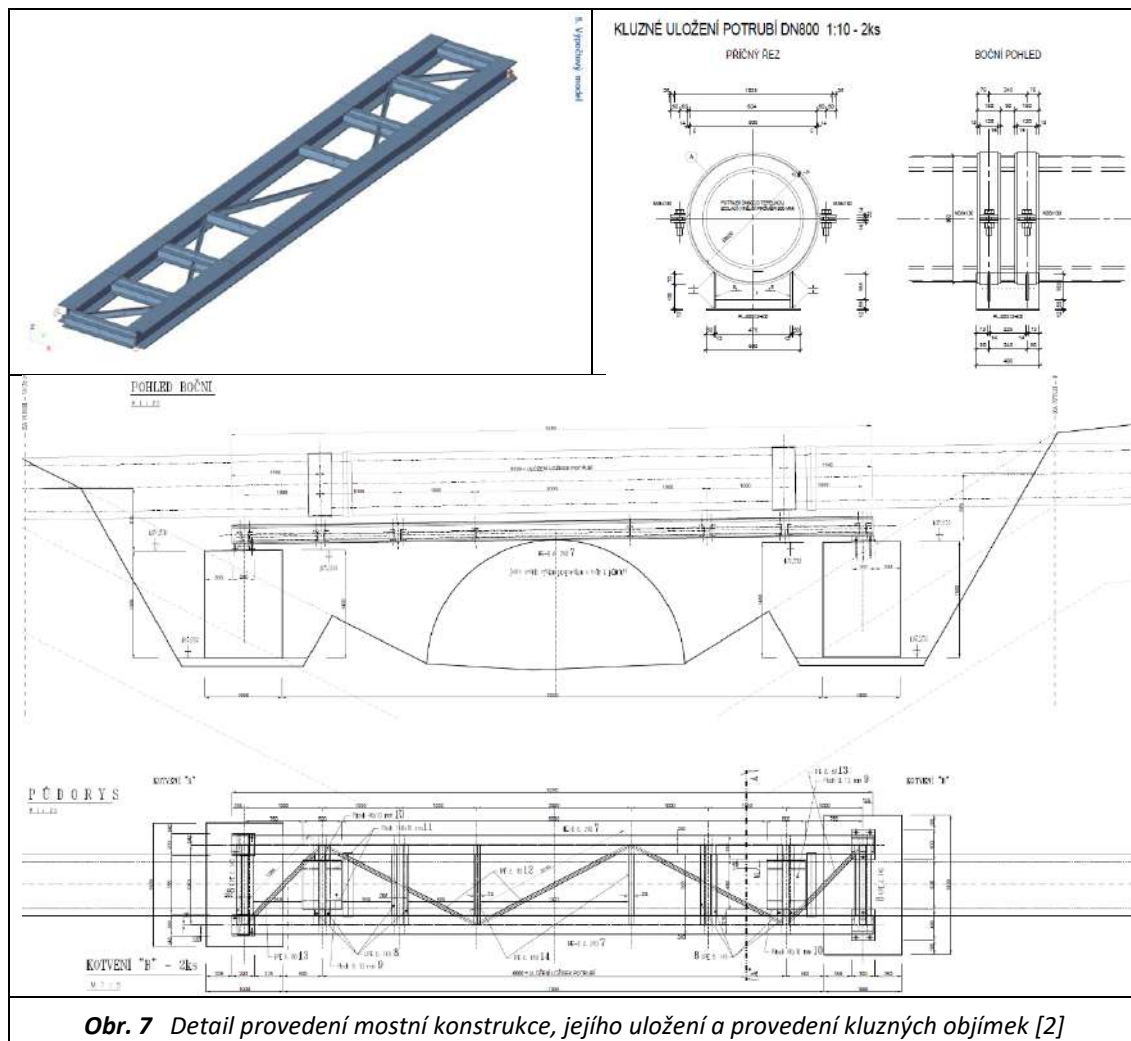


Obr. 6 Montáž potrubí ve štole, nasouvání potrubí do hrdla.

Most přes vodní tok

Stavba se musela vypořádat s přemostěním levostranného přítoku řeky Teplé. Nový most celkové délky 10 m byl zhotoven z ocelové konstrukce svařené z válcovaných profilů HEB a IPE. Mostní konstrukce byla uložena na dvou základových nábrežních blocích. Úložná ocelová ložiska byla provedena v klasické podobě, tj. na jedné straně byla použita kluzná ložiska a na druhé straně mostu ložiska pevná.

Pro oddělení různých délkových roztažností konstrukce mostu a vodovodního potrubí bylo potrubí uloženo na kluzné objímky opatřené v místech předpokládaného posunu teflonovými deskami, které zamezí budoucímu pevnému propojení posuvných ploch vlivem koroze. Pro celý úsek potrubí uloženého na mostní konstrukci (s přesahem do nejbližšího okolí) bylo použito zateplené litinové potrubí DN 600, které bylo v hrdlech zajištěno zámkovými spoji.

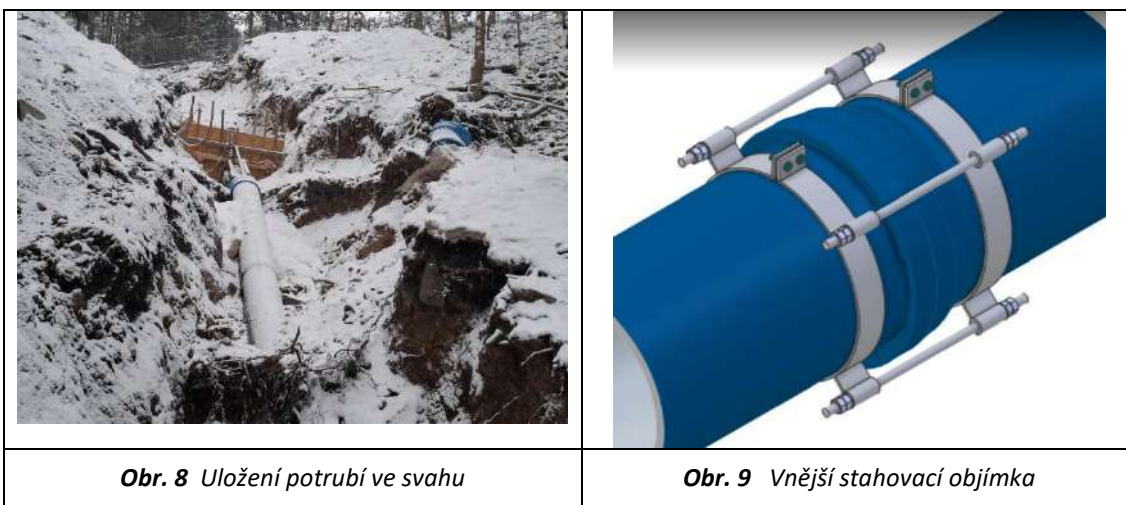


Zajištění potrubí ve svahu pod ÚV Březová

Poměrně složitý na realizaci se ukázal úsek pod ÚV Březová v délce cca 150 m, kde v některých místech vycházel podélný sklon terénu až 56 %. Zde bylo nutné řešit stabilitu potrubí, aby nedošlo k jeho sesunutí po svahu dolů do údolí řeky Teplé. Návrh zajištění byl řešen ve spolupráci s geotechnikem. Navržena byla varianta, která kombinovala betonové zajišťovací bloky se zamčenými úseky potrubí. Trasa ve svahu byla rozdělena na dva úseky; každý úsek byl v horní části, v místě výškového lomu (kolena), zajištěn betonovým blokem staticky navrženým tak, aby přenesl tíhu potrubí naplněného vodou celého úseku pod blokem.

Spoje mezi jednotlivými troubami musely být zajištěny proti vysunutí. Vzhledem k nepříznivé kombinaci faktorů musely být násuvné zámkové spoje doplněny o vnější stahovací objímky. Toto opatření vzešlo ze skutečnosti, že nebylo možné ověřit skutečnou únosnost zámkového spoje; projektant měl od výrobce pouze informaci, že od podélného sklonu 25 % se tyto spoje nedoporučuje používat.

Zároveň byla vyloučena možnost použití vhodnějších dvoukomorových rozebíratelných spojů s návarkem. Důvodem bylo prostorové omezení a souběh se stávajícím zásobním řadem, které znemožnily vedení potrubí v přímé trase a vyžadovaly realizaci velkého množství směrových lomů. Jejich provedení by obnášelo dodatečné vaření návarků na krácené trouby, což nebylo možné vzhledem k riziku nevratného poškození vnitřní i vnější PUR ochrany vlivem zvýšené teploty při svařování. Po provedení montáže a dotažení vnějších stahovacích objímek byly tyto objímky dodatečně opatřeny teplosmrštitelnou fólií, která zajišťuje jejich dlouhodobou ochranu.



Závěr

Stavba svou komplexitou, zasahující do širšího okruhu profesí – od vodárenské výstavby přes geotechniku až po báňské stavby – přinesla celému týmu cenné zkušenosti, které může uplatnit na dalších podobných projektech. Úspěšné dokončení stavby bylo výsledkem dobré spolupráce provozovatel, projektanta, zhotovitele a technického i autorského dozoru.

Literatura

- [1] Zabezpečení náhradního zdroje vody pro ÚV Březová, studie, 7/2012, Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
- [2] Zabezpečení náhradního zdroje vody pro ÚV Březová, Etapa I., Výtlačný řad Sokolák – ÚV Březová – aktualizace 2022, DPS, 02/2022, Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
- [3] Zabezpečení náhradního zdroje vody pro ÚV Březová, Etapa II., Přeložka příváděcích řadů v lokalitě Tuhnice – stavby 1 až 3, DSP, DPS, 2022-2024, Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.

Specifika projektové přípravy věžového vodojemu

Ing. Lubomír Macek, CSc., MBA

Aquion, s.r.o., Osadní 324/12a, 170 00 Praha 7, lubomir.macek@aquion.cz

Abstrakt

Příspěvek zabývá přípravnými pracemi, architektonickou studií a projekčními pracemi v různém stupni a postupnou realizací projektu a autorského dozoru nadzemního vodojemu 2 x 60 m³ s anténou a přístupovou věží. Vodní věž je z železobetonu a vybavena potřebnou vodárenskou technologií a může fungovat sama o sobě, anténní věž je ocelová konstrukce doplněná elektroinstalací a světelným překážkovým návěstidlem ve špičce věže. Na obrázcích bude vidět postup práce od naplánování umístění vodojemu, přes vývoj architektonického návrhu, návrhy železobetonové a ocelové konstrukce a návrhy technologie včetně několika detailů. Dále budou následovat obrázky z výstavby vodojemu.

Úvod

Obec Hřibojedy je položena na mírném jižním svahu, spadajícím z hřebene na pravém břehu Labe u Dvora Králové. Hřeben začíná Zvičinou (672 m n.m.) a klesá k Hřibojedskému vrchu (425 m n.m.) a postupně se snižuje k Jaroměři. Součástí obce je parkoviště, odkud se vychází k Branovu Betlému. Obec Hřibojedy je zásobována vodou ze zdroje v Lázních Velichovky kaskádou čerpacích stanic a je umístěna nad poslední čerpací stanicí. Zejména v letním období je kapacita vodovodu nedostatečná. Je to také proto, že je nutné napájet krávy z velkokapacitního kravína a v letním období pro toto napájení nepostačují místní zdroje vody. Obec je také na konci rozvodné sítě NN a trpí častými výpadky zásobování elektrickou energií, které mohou trvat i déle než 274 hodin. PRVKUK navrhoval pro řešení této situace výstavbu nadzemního vodojemu.

Přípravná fáze

V přípravné fázi jsme sestavili simulační model skupinového vodovodu Velichovky – Litič – Hřibojedy – Libotov, abychom stanovili tlakové poměry v lokalitě a mohli navrhnout čerpadla. Přání investora bylo vybudovat něco, co by přispělo k turistické přitažlivosti místa. Jednou z variant bylo použít typový projekt věžového vodojemu typu Aquaglobus. To mně ovšem připadalo pro krásu místa a nízkou nohu za nevhodné a tak jsme se pustili do průzkumu, jaké nové věžové vodojemy jsou nyní realizované.

Pro technickou inspiraci jsme navštívil nízký nadzemní vodojem Mšenského skupinového vodojemu u Nebužel, viz obr. 1. Vodojem je cca sto let starý a tak jsme šli zkusit, jak vodojem zevnitř stárne a jaký význam má vliv vnitřní vlhkost na konstrukci vodojemu.



Obr. 1 Technické zkušenosti s vnitřním prostředím sto let starého vodojemu: Vodojem Nebužely (VTEI - Věžové vodojemy – výzkumný projekt mapující vývoj a podobu věžových vodojemů na našem území)

Ve spolupráci s architektem jsme začali přemýšlet nad tím, jak by měl budoucí vodojem vypadat. Na obr. 2 jsou poslední dva architektonické návrhy. Zprvu eliptický tvar ocelové věže přešel do kruhového, což poskytlo více prostoru pro vyhlídku, pravidelně po celém obvodu. Nakonec jsme jako výsledný návrh použili holou ocelovou konstrukci, zejména z pohledu snížení investičních nákladů, snížení provozních nákladů souvisejících s pravidelnou konzervací masivních dřevěných lamel. Znamenalo to také odlehčení konstrukce o zatížení lamelami a snížení zatížení větrem. Pravděpodobně také dojde ke zvýšení životnosti ocelové konstrukce díky lepšímu prosychání po dešti.

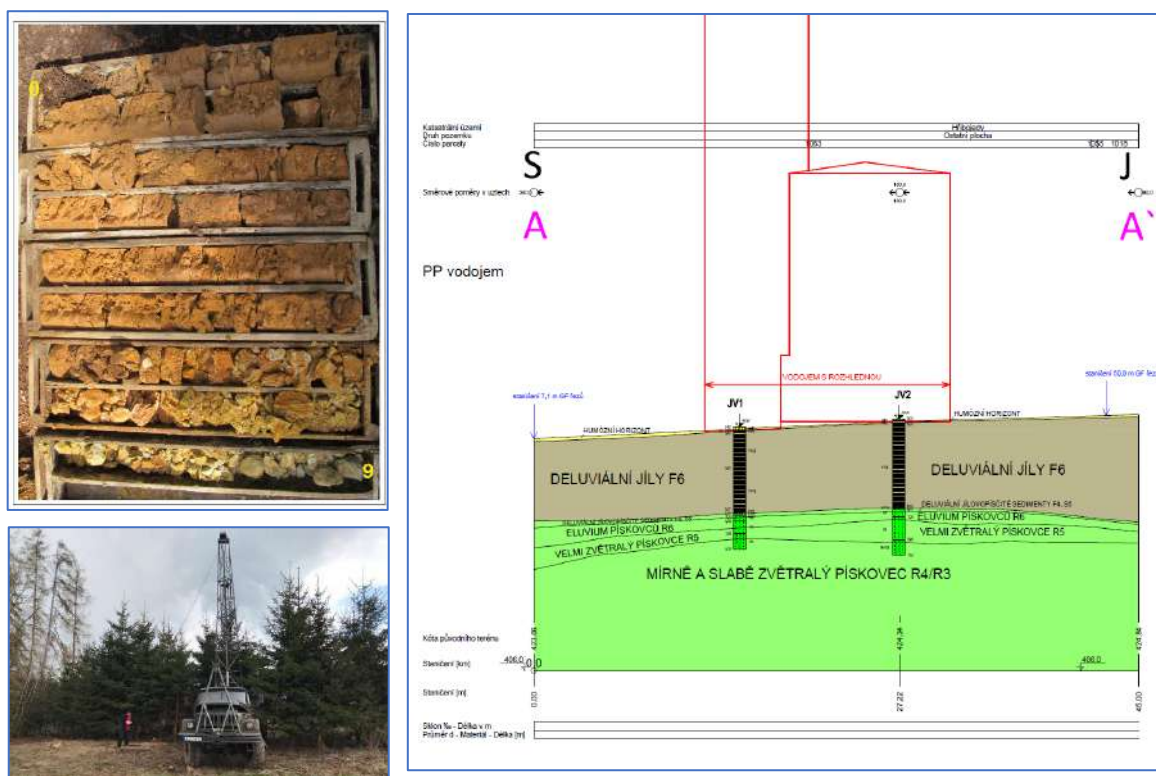


Obr. 2 Cesta k finálnímu návrhu

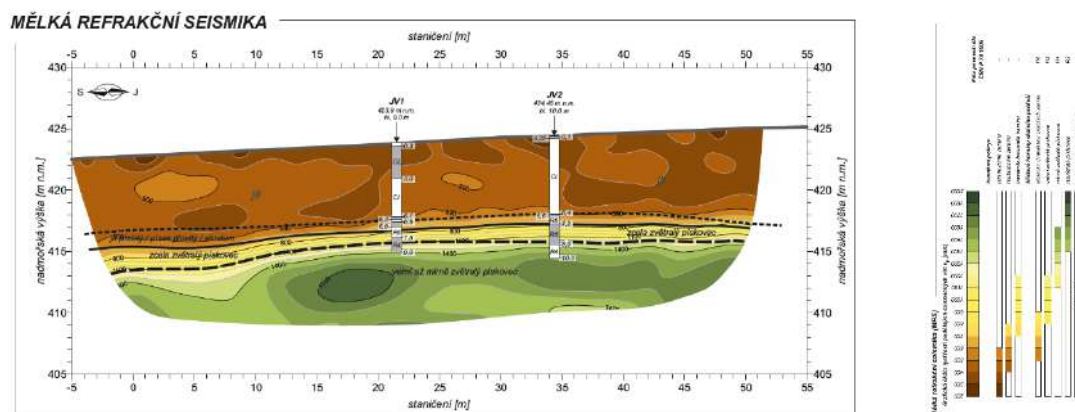
Vliv místa na zakládání objektu

Vodojem je umístěn poblíž místní účelové komunikace cca sto metrů od Hříbojedského vrchu. Vodojem je navržen jako dvoukomorový $2 \times 60 \text{ m}^3$. Při čištění jednotlivých komor vodojemu předpokládáme, že jedna z komor bude prázdná a druhá plná. Vodojem se navíc nachází v zemětřesné oblasti, takže je nutné počítat s referenčním špičkovým zrychlením podloží $0,49 \text{ m.s}^{-2}$. Možnost nerovnoměrného naplnění vodojemu a zemětřesná oblast znamenaly zvýšené nároky na zakládání objektu.

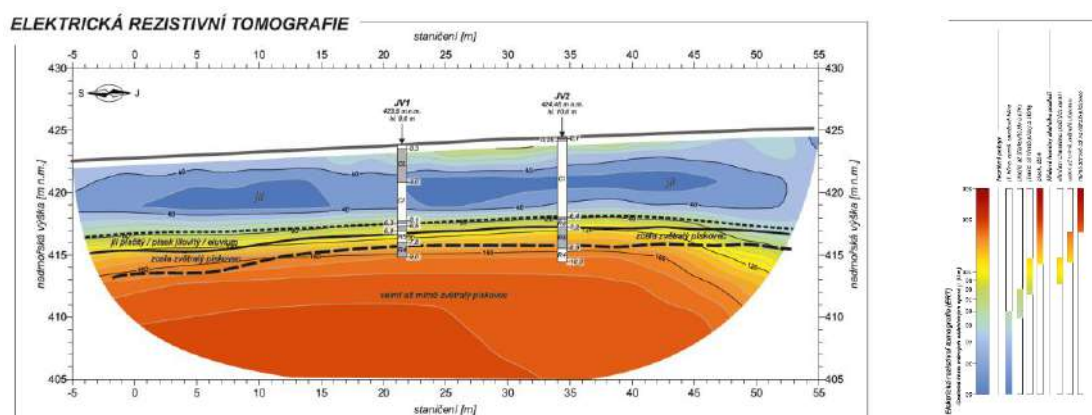
Výsledky všech tří metod inženýrsko-geologického průzkumu se shodovaly a ukázaly nutnost založit konstrukci vodojemu až do únosných pískovců v podloží jílových vrstev. To znamená zakládání na pilotách, viz obr. 3, 4 a 5.



Obr. 3 Výsledky vrtných prací



Obr. 4 Výsledky průzkumu pomocí mělké refrakční seismiky

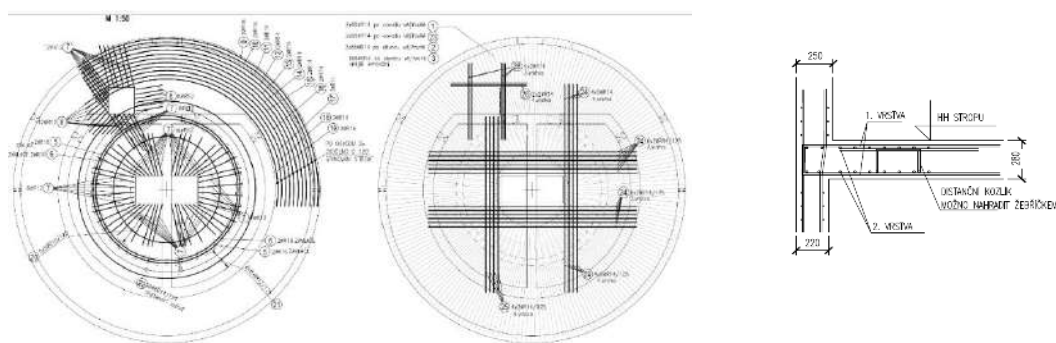


Obr. 5 Výsledky průzkumu pomocí elektrické rezistivní tomografie

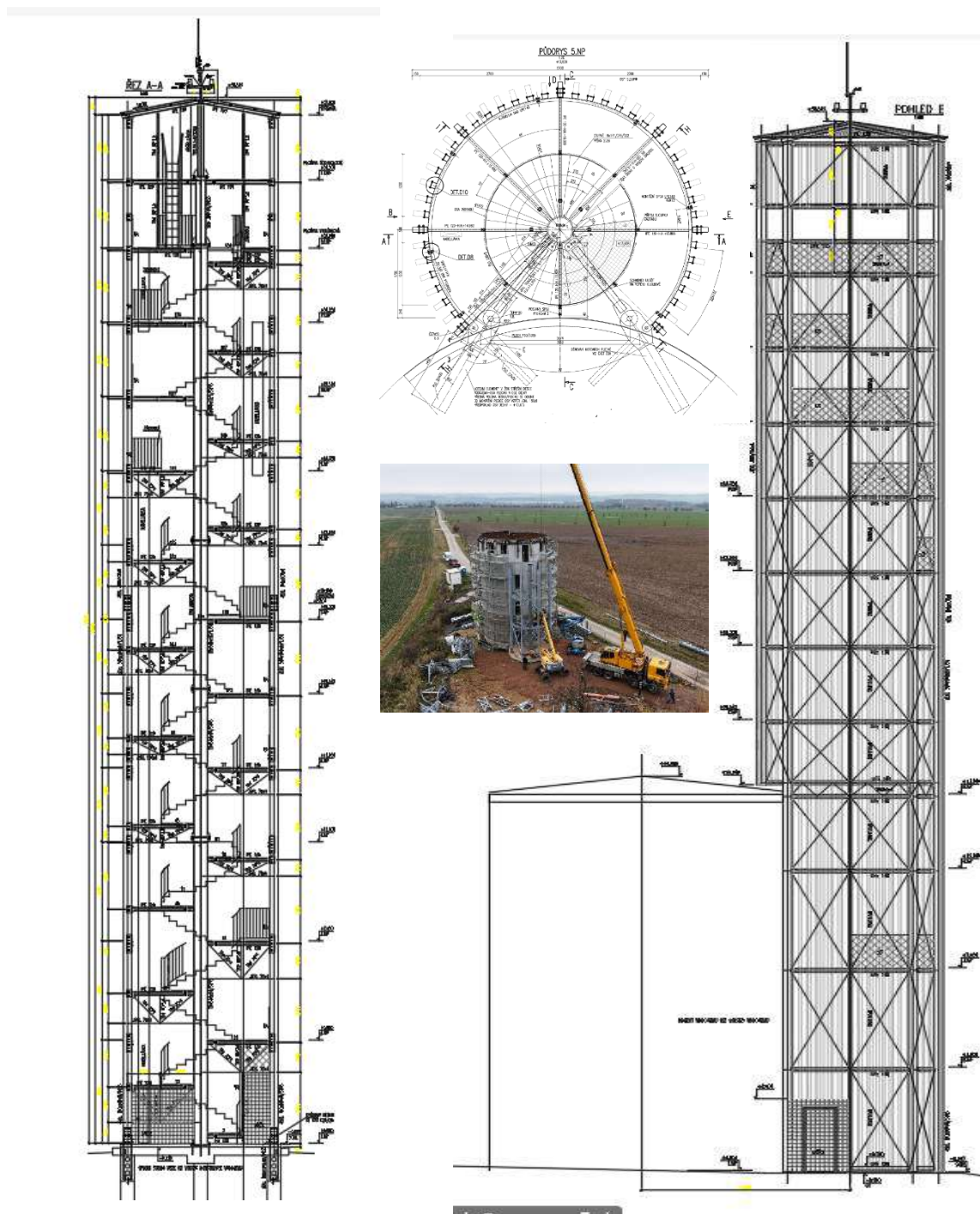
Návrh betonové a ocelové věže

Další vývou bylo navržení výztuže železobetonové vodní věže. Na výkresech se zdá, že je poměrně rozsáhlá a že je v ní dost prostoru. Pro statiky spočívala výzva především v tom, že dnešní železobetonové objekty jsou nejčastěji na půdorysu pravoúhlého čtyřúhelníku, kdežto vodojem má kruhový tvar. Proto bylo velmi pracné provést návrh výztuže a ještě pracnější tuto výztuž vyvázat ve stísněném prostoru. Viz obr. 6.

Další výzvou byl propojený tvar obou věží, kde se železobetonová věž částečně prolíná s ocelovou věží, viz také obr. 7, což není z vnějšího pohledu dobře patrné. V posledním patře železobetonové konstrukce jsou prvky, které spřažují železobetonovou a ocelovou věž a nahrazují v celé výšce železobetonové věže dvě nohy ocelové věže. Na obr. 7 je ukázka částí projektu ocelové věže. Zvláštností je, že jsme s vodojemem v perimetru letiště Dvůr Králové a špička ocelové věže je osazena speciálním světelným návěstidlem.



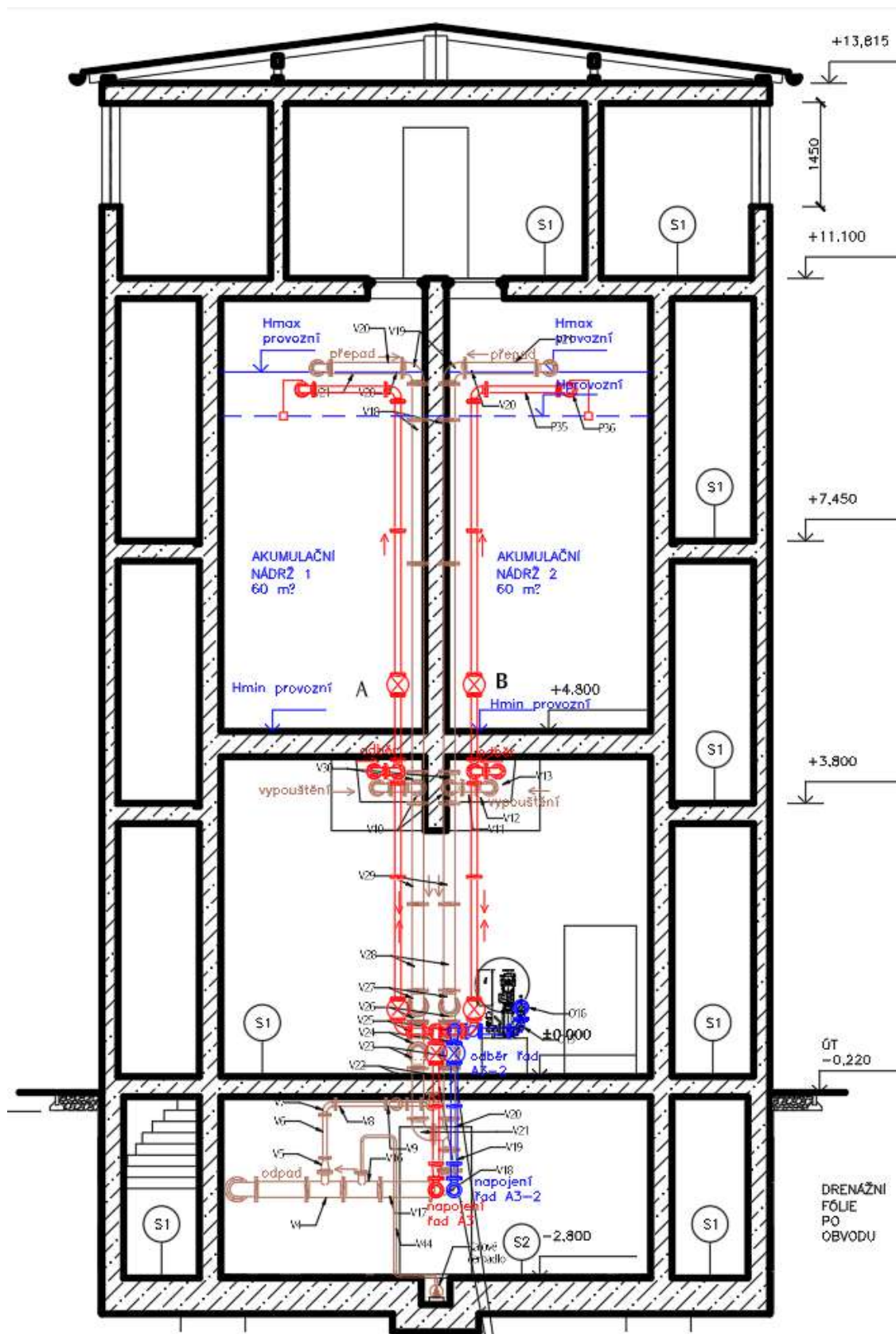
Obr. 6 Návrh a výstavba betonové konstrukce



Obr. 7 Návrh a výstavba ocelové konstrukce

Návrh technologie

Další částí návrhu byl návrh technologie vodojemu a ATS č. 3—vodoinstalace, odpadní potrubí, ventilace nádrží vodojemu, větrání a temperace vnitřních prostor okolo nádrží, elektroinstalace včetně speciálního návěstidla a hromosvod, a měření a řízení objektu. Na obr. 8 je ukázka návrhu vodoinstalací v řezu a půdorysu přízemí.

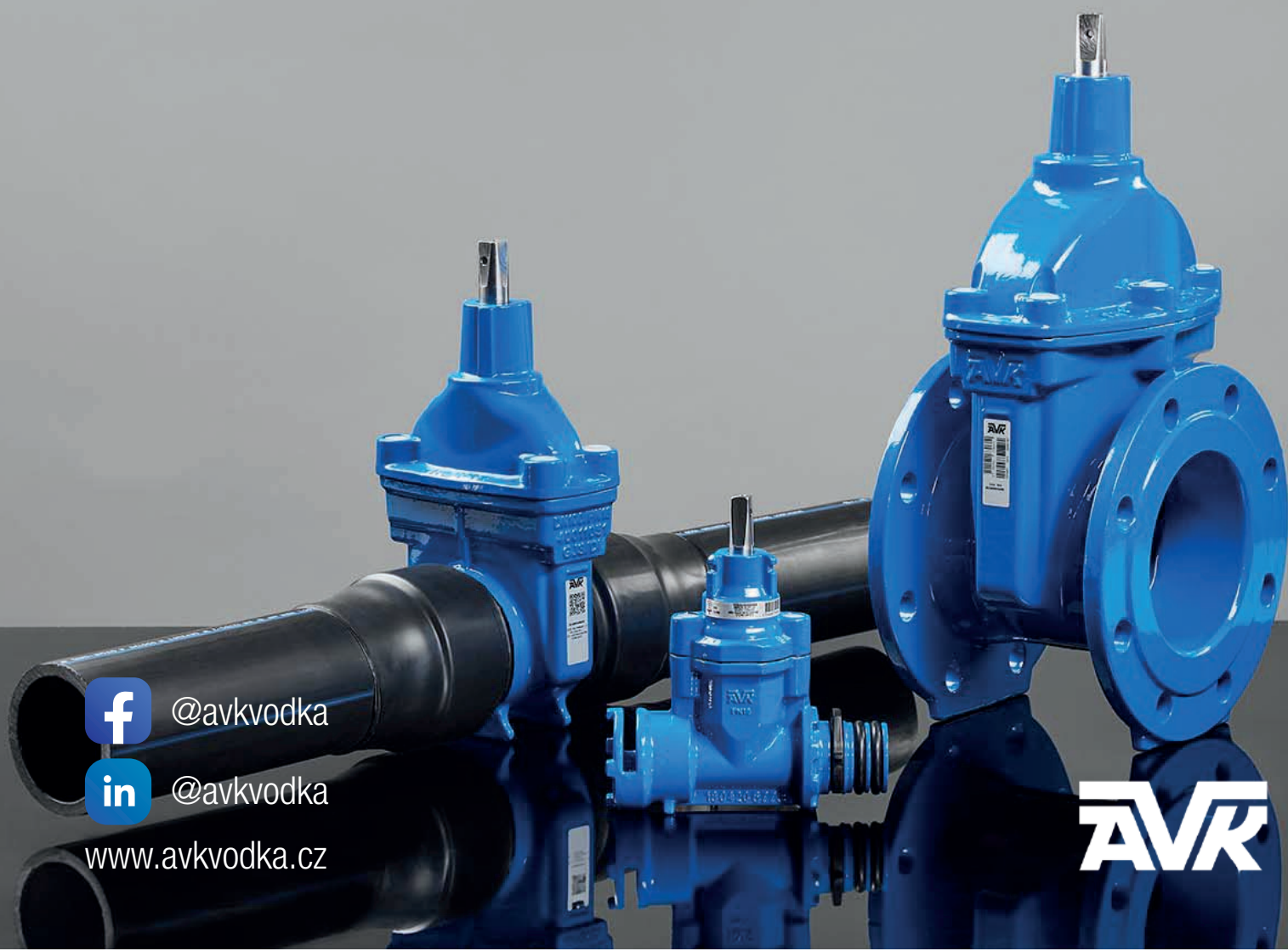


Obr. 8 Návrh části technologie a ATS č. 3

AVK VOD-KA a.s.

VÁŠ DODAVATEL KVALITNÍCH ARMATUR

- Konstrukční řešení prověřené desítkami let zkušeností.
- Měkce těsnící šoupata z tvárné litiny v dimenzích DN40 až DN1200.
- Jednoduše a dvojité jištěné podzemní a nadzemní hydranty.
- Uzavírací klapky do DN2200.
- Nejširší sortiment opravných armatur včetně spojek a přírub jištěných proti vytržení.
- Kompletní sortiment výrobků pro odpadní vody a ČOV.



@avkvodka



@avkvodka

www.avkvodka.cz



technologie pro život

Čerpadla a čerpací stanice



Kamerové systémy do potrubí



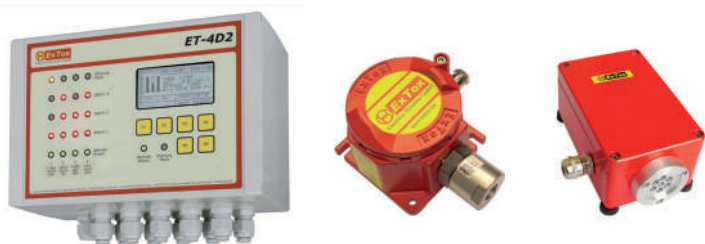
Chlorová dezinfekce



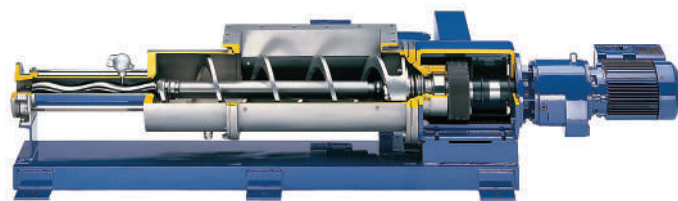
Ozonizace



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

NOVINKA 2026

**PŘEDSTAVUJEME VÁM
SPECIÁLNÍ RECYKLAČNÍ
NÁSTAVBU S CELKOVOU
VÝŠKOU 3,5 METRU**

**PRO VÍCE INFORMACÍ
NÁS NAVŠTIVTE NA
STÁNKU DODO TECHNIK**



VODA ZLÍN 2026



PREFABRIKOVANÉ VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY

- + Významné urychlení projektové přípravy, typové projekty, stavebnicový systém, zpracované statické posudky
- + Hrubá stavba hotová během jednoho dne, rozsáhlé stavby do dvou dnů
- + Vodotěsnost bez dodatečných hydroizolací, konstrukci tvoří bezespará prostorová tělesa z betonu
- + Certifikace pro styk s pitnou vodou a odolnost vůči agresivním vodám
- + Zajištění technologického vybavení a úpravy pitných vod pro obce a firmy



Špičkové armatury pro trvale udržitelné zásobování pitnou vodou

made for generations.

hawle.cz





Medmes



PROJEKCE • DODÁVKY • MONTÁŽ

ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD • ÚPRAVNÝ VODY
ČERPACÍ STANICE PRO PRŮMYSL OVÉ 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

Hasí žízeň jako nic jiného.

Po dlouhém dni
očisťuje tělo i mysl.

Udržuje nás v pohybu.

Osvěžuje, umyje, ohřeje
a vyčistí.

Zachraňuje životy.

... a je naším nejcennějším
zdrojem.



**A my ji s Vámi
chráníme
již 170 let.**

**Protože voda
je vzácná**

„Kde jiní končí, my začínáme.“

KOMPLEXNÍ SERVIS KANALIZACE A ODPADŮ



- » čištění a monitoring kanalizace od průměru 30 mm
- » sací bagry - suché a mokré sání, foukání materiálů
- » čištění ČOV, BPS, septiků, jímek a nádrží
- » vývoz a čištění tukových a ropných lapolů
- » odsávání a převoz nebezpečných odpadů cisternami ADR
- » trasování a pasportizace kanalizace
- » tlakové zkoušky šachet, kanalizace a nádrží



SEZAKO Prostějov s.r.o.

J. B. Pecky 4342/14, 796 01 Prostějov

+420 603 546 641 | dispecink@sezako.cz | www.sezako.cz



BEZVÝKOPOVÉ OPRAVY VODOVODŮ A KANALIZACÍ

Specialisté na bezvýkopové opravy vodovodů a kanalizací s mnohaletými zkušenostmi. Využíváme nejnovější technologie s důrazem na kvalitu, spolehlivost a inovace.

KANALIZACE



ČIŠTĚNÍ
A MONITORING

PASPORTIZACE

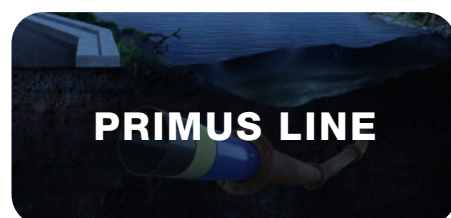
LOKÁLNÍ
OPRAVY

OPRAVY
NAPOJENÍ
PŘÍPOJEK

SANACE
KANALIZAČNÍCH
ŠACHET

ZATĚSNĚNÍ
PUR PĚNOU

VODOVODY



ZEMNÍ PROTLAKY

RELINING

JAK NÁS KONTAKTOVAT?

T: +420 517 317 582

E: bvt@trasko.cz

A: TRASKO BVT, s.r.o. | Na Nouzce 487/8 | 682 01 Vyškov



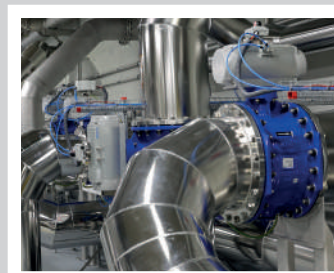
www.traskobvt.cz

■ PROČ STOJÍTE PŘI NÁS?

- 37 konsignačních skladů v ČR
- Skladem armatury, trubky, tvarovky a spojky minimálně do DN 600
- Prověření a vyzkoušení výrobci
- Výhradní zastoupení zahraničních dodavatelů
- Vlastní doprava po celé ČR
- Ochotní pracovníci, kteří rádi vyřeší vaše nestandardní požadavky

■ MÁME ŘEŠENÍ PRO:

- plyn
- pitnou vodu
- odpadní vodu
- průmysl



+GF+

VAG & GF

Zaručená kvalita pro maximální spolehlivost vaší infrastruktury

Jednoduché, bezpečné a dlouhotrvající řešení

Ideální řešení pro rychlé opravy
vodovodních i plynárenských sítí

 VAG

Bezvýkopové technologie
- Berstlining, relining



Vodovody



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



Realizujeme:

- Vodohospodářské stavby
- ČOV, ČS, vodojemy
a jejich technologické celky
- Technologické trubní rozvody
- Vodovody a kanalizace
- Horkovody
- Projekční činnost

www.vhs-brno.cz



VODA
ŽELIVKA



Sanace vodovodů

KAWEX
DN 75 - DN 1200

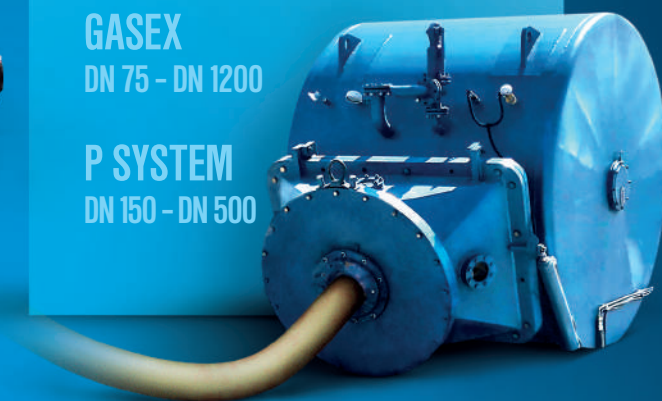
P SYSTEM
DN 150 - DN 500



Sanace plynovodů

GASEX
DN 75 - DN 1200

P SYSTEM
DN 150 - DN 500



Sanace kanalizace

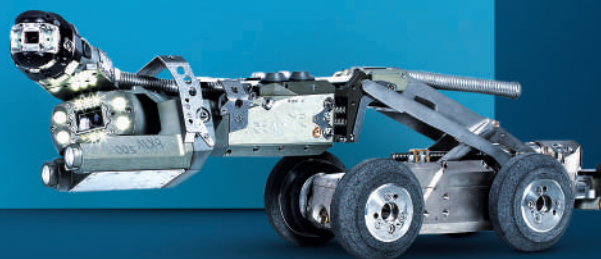
KAWO
DN 100 - DN 2200

KAWO UV
DN 150 - DN 1200



Servis kanalizace

Monitoring, Čištění, Robot



Kontaktujte nás na

✉ wombat@wombat.cz 🌐 www.wombat.cz

držitel certifikace ISO 9001 a 14001

MEDIÁLNÍ PARTNEŘI KONFERENCE

časopis
stavebnictví

STAVEBNISERVER.com

VODARENSTVI.cz



***vodní
hospodářství®***