

VODA ZLÍN 2025

VODOHOSPODÁŘSKÁ KONFERENCE – INTERHOTEL ZLÍN 13. – 14. 3. 2025

Sborník příspěvků

VODA ZLÍN 2025

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

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

1. vydání, březen 2025

Online publikace

Sborník neprošel jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-909129-1-5

POŘADATEL KONFERENCE



Společnost **MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.**, je provozovatelem vodohospodářské infrastruktury pro města, obce a průmyslové podniky v regionech Olomouc a Prostějov, kde zajišťuje provoz a servis 1 087 km vodovodních a 635 km odpadních sítí. Pro kontakt se zákazníky slouží 4 zákaznická centra v Olomouci, Prostějově, Uničově a Konici. Nonstop mohou zákazníci využívat zákaznické linky 840 668 668 a 601 276 276.

Společnost provozuje služby v oblasti pitných vod pro 227 020 obyvatel a v oblasti odkanalizování odpadních vod pro 164 204 obyvatel, ve všech regionech svého působení. Neustále se snaží hledat nové způsoby, jak zvýšit efektivitu práce a své úsilí zaměřuje na zlepšování výkonů ve všech oblastech, aby byla synonymem pokroku a vyspělosti, a to nejen v oblasti inovací a zlepšování technologií, ale i závazků vůči svým zákazníkům. V oblasti ekologické usiluje o minimalizaci svých negativních dopadů na okolí ve vztahu k životnímu prostředí a veřejnosti a v oblasti bezpečnosti práce dbá o zajišťování bezpečnosti a ochrany zdraví svých zaměstnanců.

Skupina Veolia v České republice je řízena jednotně. Vznikla jednotná struktura řízení aktivit vodárenství, teplárenství a odpadového hospodářství pod společnou značkou Veolia Holding, a.s. Celá skupina se aktivně řídí společnými hodnotami, mezi které patří odpovědnost, solidarita, respekt, inovace a orientace na zákazníka.

PARTNEŘI KONFERENCE



Aktuální dění ve vodohospodářském oboru z pohledu SOVAK ČR	7
Vostrý Miloslav	
Povodeň 2024 a její dopad na provoz vodohospodářské infrastruktury v Ostravě	11
Kutý David	
Povodeň 2024 – odstranění povodňových škod na vodohospodářské infrastruktuře	
Vak Jesenicka	17
Černý Robert	
Obnova vodovodního přivaděče Bludovice – Karviná poškozeného povodní v září 2024	23
Březina Michal, Síbrt Marek	
Mikrobiologická problematika v době povodní	32
Baudišová Dana	
Činnost hygienické služby při povodních 2024 v Olomouckém kraji	36
Čehovská Eva, Pešáková Lenka	
Využití bariérového PE potrubí pro ochranu pitné vody před sekundární kontaminací	41
Šnajdr Daniel	
I takto mohou vypadat projekty	48
Pfleger Miroslav	
Problematika instalace požárních hydrantů v městech a obcích	54
Bařina Tomáš	
Z vlastníka provozovatelem – příležitosti a výzvy transformačního procesu	59
Kučera Tomáš	
Testování kavitační odolnosti a oscilace redukčního ventilu ve vybraných zátěžových stavech ...	65
Ševčík Jiří	
Problém kavitace a chyby v projektech	72
Kratěna Jiří, Hodáň Václav	
Odstraňovanie vybraných liečiv z vody koaguláciou a adsorpciou	78
Ilavský Ján, Barloková Danka	
Provozní zkušenosti při úpravě povrchové a podzemní vody	84
Klimtová Martina	
Filtrační sklo s aktivovaným povrchem – představení materiálu a provozní výsledky	90
Boráň Jaroslav, Kunderátek Jan, Houdková Lucie, Skalický Marek	

Provozní zkušenosti s technologií nanofiltrace na ÚV Domašov	96
Pařík Radim, Pospíšilová Jitka, Mikušák Michal	
Úprava vody Kašparov – komplexní úprava vody z vrtu HV102 s využitím keramické membránové filtrace	102
Drda Milan, Hnojna Kryštof	
Možnosti využití digitalizace a AI v distribuci a úpravě pitné vody	108
Procházka Jindřich, Kalinčíková Zuzana, Dvořák Vlastimil	

Pátek 14. 3. 2025

Vliv aplikace hydraulického posouzení na vodovodní síť	112
Zrostlík Štěpán, Kesely Mikoláš, Kasal Rostislav	
Vyhodnocení teploty vody ve vodovodní síti v horkém letním období – případová studie	117
Ručka Jan, Haška Aleš, Rajnochová Markéta, Zuzaňák René	
Vodárna Káraný – geochemické vyhodnocení původu železa v surové vodě jímacích studní čerpací stanice R38 a opatření k jeho eliminaci	124
Kohout Petr, Skalický Marek	
Revize II. stupně OPVZ podzemních vod - zpracování podkladů	130
Nohel Petr, Kalivoda Jiří, Honek David, Novotná Jitka	
Posouzení ročního sledování per a polyfluorovaných alkylových sloučenin v pitné vodě vodovodů pro veřejnou potřebu provozovaných VAS, a.s.	136
Jedličková Zdeňka	
Inovativní řešení problematiky pesticidů ve vodních zdrojích	142
Bílková Zuzana, Vagenknechtová Alice, Tomešová Daniela, Beňová Blanka, Landová Michaela	

Inzeráty: **AVK** **Disa** **DoDo** **Hawle** **Medmes** **Saint-Gobain** **Sezako**

Technoma + TRM **TRASKO** **Tran-Sig-Ma** **VAG** **VS Javorník**

VHS Brno **Voda Želivka** **Wobat**

Mediální partneři konference	160
---	------------

Aktuální dění ve vodohospodářském oboru z pohledu SOVAK ČR

Ing. Miloslav Vostrý

Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z.s.

Abstrakt

Autor shrnuje dění ve vodohospodářském oboru z pohledu sdružení SOVAK ČR. V oboru se v posledním roce uskutečnila řada zásadních změn a tak mimo v posledních letech běžnou agendu, jakým je cenová regulace a národní legislativní procesy, se zabýval především revizí evropské Směrnice o čištění městských odpadních vod. Podařil se jak vstup za ČR do samotného procesu revize, tak sjednocení vodohospodářských expertů na národní úrovni. Ke konci roku byla Směrnice schválena a vyšla v evropském věstníku, čímž byl zahájen proces implementace, který právě na vodohospodářskou infrastrukturu bude mít zcela zásadní dopad.

SOVAK ČR

Přes 36 let (od roku 1989) SOVAK ČR sdružuje právnické a fyzické osoby, které zajišťují v České republice:

- ✓ Zásobování pitnou vodou
- ✓ Odvádění a čištění odpadních vod
- ✓ Správu či provoz vodovodů a kanalizací pro veřejnou potřebu
- ✓ Výstavbu, rozvoj a vlastnictví vodohospodářské infrastruktury

V současné době má SOVAK ČR 115 řádných členů a 133 přidružených členů, kteří zajišťují zásobování kvalitní pitnou vodou pro více jak 9 mil. Obyvatel a odvádění a čištění odpadních vod pro téměř 8 mil. Obyvatel. SOVAK ČR je apolitická a ryze odborná organizace.

Hlavní úkoly SOVAK ČR

- ✓ Formulovat a hájit společné zájmy všech jeho členů ve věcech legislativních, technických a ekonomických.
- ✓ 15 odborných komisí.
- ✓ Zabezpečovat koordinaci činnosti a služeb podle potřeb a zájmů svých členů, zejména informačního, poradenského a vzdělávacího charakteru.
- ✓ Spolupracovat s odbornými organizacemi v tuzemsku a v zahraničí.
- ✓ Pro potřeby svých členů vydávat odborný časopis Sovak a zajišťovat chod webových stránek spolku.
- ✓ Vydávat odborné publikace, které jsou zaměřeny na pomoc pracovníkům v oboru i jako podklad pro celoživotní vzdělávání.
- ✓ Připravovat ročenku s kompletními údaji o všech řádných i přidružených členech včetně nejdůležitějších provozních parametrů.
- ✓ Pořádání vzdělávacích kurzů, odborných seminářů, konferencí a výstav.

Cenový výměr

Mezi hlavní témata, která SOVAK ČR řešil v roce 2024 a zabývá se jimi dlouhodobě patří cenový výměr. SOVAK ČR v posledních letech navázal úzkou spoluprací s Ministerstvem financí, aktuálně se snaží vyjednat pozitivní změny v CV od roku 2027.

SOVAK ČR si dal za cíl nastavit:

- ✓ Srozumitelné a jednoznačné znění
- ✓ Odstranit chybné a zjednodušit nejasné formulace
- ✓ Nalézt shodu s regulátorem

Vodní zákon

Druhým palčivým tématem posledního roku byla novela Vodního zákona. SOVAK ČR odmítl návrh novely zákona tak jak byl předložen s ohledem na očekávané změny v důsledku přijetí evropské Směrnice o čištění městských odpadních vod (UWWTD).

Novela zahrnovala problematiku odlehčovacích komor – zavedení se monitoringu, problematiku fosforu – změna limitu pro poplatky za vypouštění – ze 3 mg/l na 0,3 mg/l, čímž vznikl absolutní nesoulad s revidovanou UWWTD, renaturace vodních toků, problematiku individuálních systémů DČOV – nestanovuje limity a nová pravidla, ale pouze zřizuje registr, zatímco UWWTD nastavuje povinnosti, inspekce což budou řešit delegované akty v průběhu implementačního procesu. S potěšením lze konstatovat, že dle posledních informací byla celá problematika fosforu z novely vyňata a bude řešena až v souladu s implementací UWWTD.

Směrnice o čištění městských odpadních vod

Tím co nejen v uplynulém roce bylo pro vodohospodářský obor tím hlavním tématem a bude i pro další desetiletí je revize Směrnice o čištění městských odpadních vod. Cílem je novelizace Směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod, která již neodpovídá aktuálnímu stavu znalostí oboru. Revize UWWTD a její implementace je nejdůležitějším evropským legislativním úkolem pro SOVAK ČR za dobu jeho fungování. Z tohoto důvodu SOVAK ČR inicioval spolupráci s SVH a CzWA ve společné expertní skupině, aby existovala shoda nad způsobem implementace. V rámci expertní skupiny pro implementaci pracují expertní týmy – Srážkové vody, Citlivé oblasti a kvartérní čištění a také probíhá diskuse o dlouhodobě neřešených problémech (např. zdravotnická zařízení ve vztahu ke kvartérnímu čištění). V expertní skupině pracuje 38 osob nominovaných výše uvedenými organizacemi.

- ✓ Dne 10. 10. 2024 byl MZe předán společný materiál definující hlavní úkoly a základní principy, které budou muset být v rámci implementace naplněny
- ✓ 11. 11. 2024 pozitivní odpověď MZe

Klíčová témata pro implementaci jsou sladění požadavků UWWTD a požadavků Rámcové směrnice o vodách (WFD) a řešení problematiky přepadů z odlehčovacích komor na jednotné kanalizaci (OK). Má-li být jejich splnění úspěšné, je nezbytné dosáhnout společného harmonizovaného přístupu vodohospodářů – SOVAK ČR, SVH, CzWA a dotčených ministerstev.

Hlavní cíle expertní skupiny jsou:

- ✓ největší možný pozitivní efekt v dopadu na stav vodních útvarů a
- ✓ v maximálně nejefektivnější míře využití vynaložených finančních prostředků.
- ✓ Nezbytné bude systematicky vysvětlovat široké veřejnosti to, že implementace povede k zajištění čistých a i nadále kvalitních vodních zdrojů na území ČR pro další generace.

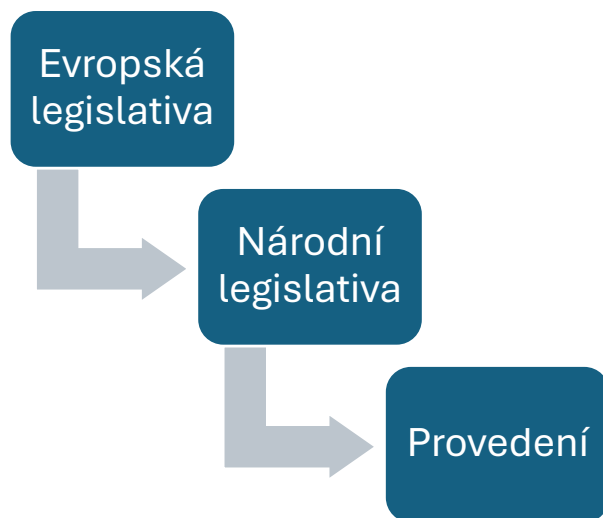
Směrnice byla dne 5. 11. 2024 schválena Evropskou radou a tím byl ukončen proces revize. Následně 12. 12. 2024 vyšla Směrnice ve věstníku EK a tím začíná běžet lhůta pro implementaci.

Tabulka č. 1 Hlavní body revize UWWTD

	Podrobnosti	Termín	
Rozsah Směrnice	Nad 1 000 EO		
Integrované plány pro aglomerace	Nad 100 000 EO	2033	Aktualizace po 6 letech
	10 000–100 000 EO	2039	
Sekundární čištění a kanalizace	1 000–2 000 EO	2035	Není možnost adekvátního postupu
Terciární čištění	Nad 150 000 EO	2039	8 mg N/l (nebo 80 %) 0,5 mg P/l (nebo 90 %)
	10 000–150 000 EO	2045	10 mg N/l (nebo 80 %) nebo 0,7 mg P/l (nebo 87,5 %)
Kvartérní čištění	Nad 150 000 EO	Postupně 2033, 2039, 2045	
	10 000–150 000 EO v citlivých územích	Postupně 2033, 2036, 2039, 2045	
EPR(Extended Polluter pays Principle)	80 % nákladů na kvartérní stupeň čištění hradí znečišťovatel		Zdravotnictví je vyjmuto a bude mít speciální dodatek, který specifikuje, jak bude přispívat/nepřispívat!!!
	20 % řešit na národní úrovni a dle vlastního uvážení		
Energetická neutralita	Povinnost energetického auditu nad 100 000 EO	2028	
	Povinnost energetického auditu 10 000–100 000 EO	2032	
	Minimálně 65 % z vlastních zdrojů všichni	Postupně 2030, 2035, 2040, 2045	Max. 35 % nefosilní energie možnost nakoupit z externích zdrojů
Opětovné využití vody	Povinnost členských států podporovat všude, kde je to možné		
	Povinnost propagovat národní strategii		
	Připravit národní plány opětovného využití vody		
Infrastruktura	Zavádět zelená a modrá řešení		Orientační cíl odlehčování dešťové vody nepřesahující 2 %

Nezbytný úkol implementace, jak ukazuje obrázek č. 1, je přenastavit znění české legislativy tak, aby odpovídala revizi UWWTD, a harmonizovat právní předpisy, které zajistí odpovědnou regulaci oboru VaK.

Obrázek č. 1 *Přístup k implementaci UWWTD*



K tomu bude nezbytné vytvořit adekvátní prostředí pro vlastníky a provozovatele, které bude předvídatelné, srozumitelné, jednoznačné a transparentní. Zcela zřejmé je, že revizí bude dotčeno velké množství právních předpisů. Mezi ty hlavní patří vodní zákon, NV 401/2015 Sb., zákon o vodovodech a kanalizacích (zákon č. 274/2001 Sb.) a jeho prováděcí vyhláška (vyhláška č. 428/2001 Sb.) a v neposlední řadě i cenový výměr.

Povodeň 2024 a její dopad na provoz vodohospodářské infrastruktury v Ostravě

Ing. David Kutý, MBA

Ostravské vodárny a kanalizace a.s.

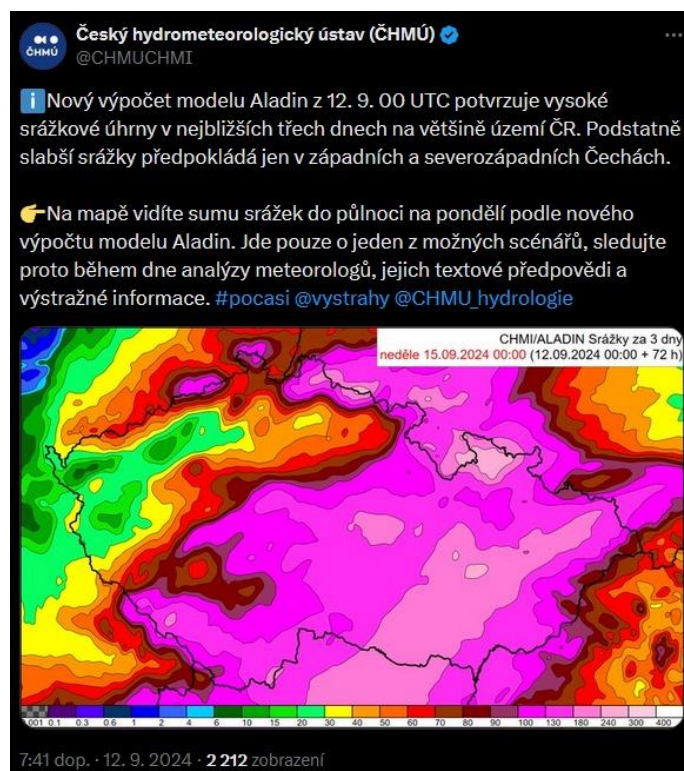
Úvod

Na katastrofální povodně na Moravě v červenci 1997 se pomalu zapomnělo. Ničivý živel ale v plné síle udeřil znovu v září 2024, zejména v důsledku abnormálních srážek v pohoří Jeseníky. Život nejen na Ostravsku zásadně ovlivnila povodňová vlna z řeky Opavy a následně řeky Odry. Oproti povodni z roku 1997 se naštěstí nezopakoval masivní záplavový scénář z řeky Ostravice z beskydské strany. V Ostravě v důsledku povodně se dočasně mimo provoz ocitly desítky objektů čerpacích stanic pitné vody z důvodu zhoršení kvality surové vody v zázemí pramenišť jednotlivých zdrojů, a dále pak čerpacích stanic, čistíren odpadních vod z důvodu přerušení dodávek elektrické energie nebo zatopení klíčových technologií.

Vzhledem ke kapacitní robustnosti Ostravského oblastního vodovodu nebylo ve městě Ostrava přerušeno zásobování pitnou vodou. Největším problémem byla totální paralýza funkce třetí největší ČOV v ČR v Ostravě-Přívoze, kde po přetížení a narušení struktury protipovodňové hráze na soutoku řek Odry a Opavy byl následně celý areál ÚČOV zaplaven do výše 2,5-6,0 metrů.

Predikce a varovná hlášení

Jedním ze zásadních rozdílů oproti zkušenostem z povodní roku 1997 byla kvalita a rychlost informací zprostředkovaných ČHMÚ dle výpočtů předpovědních modelů vývoje atmosférických procesů.



Během 41. týdne 2024 jsme zprvu s napětím sledovali vývoj situace v Německu, kde hydrologové a meteorologové očekávali srážky odpovídající až 1000leté vodě. To rozhodně nemohlo být dobré znamení ani pro ČR a s napětím jsme očekávali další vývoj situace, která se mohla každou hodinou dynamicky změnit. Následující víkendové predikce modelu Aladin začaly být již opravdu alarmující a bylo již téměř jisté, že severní Morava, a zvláště návětrná strana pohoří Jeseníků, se může připravovat na extrémní přívaly srážek a povodně na úrovni 100-500leté vody. Sama realita pak ukázala, že výpočtové modely ČHMÚ se opravdu nemýlili...

Krizová připravenost a komunikace

Ve společnosti Ostravské vodárny a kanalizace a.s. (OVAK a.s.) máme již řadu let nastaven funkční systém krizového řízení v souladu s principy integrovaného systému managementu. Každoročně realizujeme plán preventivních opatření a nácviků havarijní připravenosti pro lepší zvládnutí různých krizových situací v praxi.

Žádné všeobecné pravidlo nebo fiktivní simulace nemohou dostatečně připravit jakýkoli tým pro zvládnutí katastrofy mimořádného rozměru!

Jak se následně ukázalo jako zcela zásadní, museli jsme se bezpodmínečně spolehnout na odpovědnou práci lidí v přední linii fungujících v organizovaných týmech, založených na odborné erudici a schopnosti rozhodování pod časovým tlakem.

Výňatek prvních záznamů z povodňového deníku OVAK a.s. iniciující první aktivity krizového štábu ve formě povodňové komise:

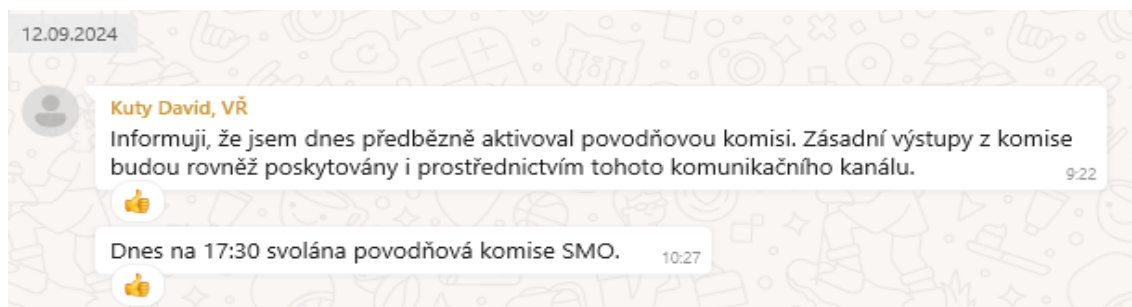
V návaznosti na predikci – výstrahu extrémních srážek a navazující povodňové situace, vydanou ČHMU, bylo VŘ dne 11.9.2024, 15:24 hod. (email), rozhodnuto o realizaci předběžných opatření v souladu se SM/044 Plánu krizové připravenosti a dále SM/060 Povodňového plánu OVAK.

Dne 12.9.2024, v 9:22 hod., byla předsedou povodňové komise OVAK a.s. - v nepřítomnosti SŘ, v jeho zastoupení VŘ, v souladu se SM/060 (4.9.1), svoláno 1. jednání povodňové komise OVAK a.s., a to na 14:00 hod. VŘ bylo rozhodnuto, že bude uskutečněna distančně skrze aplikaci TEAMS.

Aby jakýkoli tým mohl fungovat kompetentně, musí se spolehnout na příjem rychlých a kvalitních informací o aktuálním vývoji krizové situace.

Další nespornou výhodou oproti obdobné povodňové situaci z roku 1997 byla možnost přenášet a sdílet aktuální informace prostřednictvím chytrých aplikací v mobilních telefonech. Jak na úrovni povodňové komise OVAK a.s., tak i na úrovni Statutárního města Ostrava (SMO), byly neprodleně zřízeny předmětné skupiny v aplikaci WhatsApp. Následně se ukázalo, že jejich aktivní využívání a sdílení informací bylo zcela klíčové pro optimální řízení veškerých aktivit v terénu.

Ukázka zahájení komunikace přes WhatsApp aplikaci ve skupině povodňové komise OVAK a.s.:



Poté už šlo všechno mimořádně rychle. Dále uvádím výtah toho nejdůležitějšího, co se v Ostravě v souvislosti se zářijovou povodní 2024 událo a přehled reakcí a opatření, zajišťovaných prostřednictvím povodňové komise OVAK a.s.

Reakce na vývoj situace a aplikace operativních opatření

12. 9. 2024

Plná aktivace krizového štábu v souladu s Plánem krizové připravenosti a Povodňovým plánem OVAK a.s.

Na úrovni Statutárního města Ostravy aktivace Povodňové komise SMO.

12. - 13. 9. 2024

Vynucené nebo preventivní odstavení všech malých zdrojů podzemní vody v Ostravě, z důvodu rizika zakalení surové vody nebo zaplavení pramenišť.

14. 9. 2024

Vyhlášení stavu nebezpečí hejmanem Moravskoslezského kraje.

15. 9. 2024

Mimořádné jednání krizového štábu OVAK a.s. v reakci na extrémní noční úhrn srážek v Ostravě 100 mm/m²/den.

V 11 hod. dokončena evakuace areálu střediska kanalizační sítě v Ostravě-Třebovicích.

V 12 hod. dokončena evakuace areálu ÚČOV v Ostravě-Přívoze.

V 14:30 hod. rozhodnuto o odstávce největšího podzemního zdroje pitné vody v Ostravě - Nové Vsi.

15. - 16. 9. 2024

Kulminace vodních toků v Ostravě.

recipient	I. SPA	II. SPA	III. SPA	III. SPA (EP)	Kulminace
Opava	14.9. v 3:30 h 210 cm	14.9. v 11:20 h 265 cm	15.9. v 1:30 h 320 cm	15.9. v 10:50 h 515 cm	16.9. v 2:20 h 618 cm Q 744 m ³ /s
Odra	14.9. v 8:10 h 310 cm	14.9. v 18:00 h 460 cm	14.9. v 21:40 h 520 cm	15.9. v 7:20 h 666 cm	15.9. v 16:10 h 793 cm Q 653 m ³ /s
Ostravice	14.9. v 12:50 h 290 cm	14.9. v 17:30 h 400 cm	15.9. v 5:40 h 530 cm	15.9. v 9:40 h 637 cm	15.9. v 9:40 h 641 cm Q 942 m ³ /s

16. 9. 2024

V 9:09 hod. informace o protržení protipovodňové hráze na soutoku řek Odry a Opavy.

V 9:17 hod. nařízena preventivní úplná evakuace provozních středisek zdrojů a výroby pitné vody v Ostravě - Nové Vsi a vodovodní sítě v Ostravě - Mariánských Horách.

17. 9. 2024

Pokyn k návratu zaměstnanců na provozní střediska zdrojů a výroby pitné vody v Ostravě - Nové Vsi a vodovodní sítě v Ostravě - Mariánských Horách.

18. 9. 2024

Postupné zahájení návratu zaměstnanců na provozní střediska kanalizační sítě v Ostravě-Třebovicích a ÚČOV v Ostravě-Přívoze se započítáním prací spojených s bezprostředním odstraňováním následků povodně (úklid naplaveného materiálu, odbahnění a vysoušení zatopených prostor).

Jedinými povodní zcela nedotčenými správními objekty OVAK a.s. zůstaly provoz centrálního dispečinku v Ostravě-Muglinově a budovy ředitelství v centru Ostravy.

Následky povodně a odstraňování vzniklých škod

1) Výroba pitné vody a provoz vodovodní sítě

Po celou dobu trvání krizové situace povodeň neměla prakticky žádný dopad na zásobování města Ostravy pitnou vodou. Na rozdíl od roku 1997 provozní střediska pro výrobu a distribuci vody nebyly povodní přímo zasaženy. I přes dočasnou odstávku všech námi provozovaných podzemních zdrojů byla kontinuální dodávka pitné vody zajišťována ze systému Ostravského oblastního vodovodu, který využívá zásobních kapacit přehradních systémů Kružberk – Slezská Harta z jesenické strany Šance a Morávky z beskydské strany. Případné havárie na vodovodech byly odstraňovány plynule s minimálním dopadem na odběratele.

Nicméně mimo povodňovou vlnu některé lokality v Ostravě zasáhly vlny dezinformační. Zřejmě špatným vyhodnocením aktualit z jiných regionů někteří občané začali přes sociální sítě šířit falešné zprávy o špatné kvalitě nebo vynucených odstávkách pitné vody v moravskoslezské metropoli. Na situaci jsme byli nuceni reagovat i oficiálním prohlášením do sdělovacích prostředků a na našich webových stránkách.

2) Odkanalizování Ostravy a čištění odpadních vod

Na rozdíl od distribuce pitné vody byly služby s odváděním a čištěním vod defacto zcela paralyzovány. V kritických momentech nebyly v provozu žádné ČOV a cca 2/3 přečerpávacích stanic, ať již z důvodu zatopení nebo výpadku dodávek elektrické energie. Největší dopad přírodní katastrofy se podepsal na Ústřední čistírně odpadních vod v Ostravě-Přívoze. Výška hladiny vody v areálu dosahovala úrovně 2,5-6,0 m, přesto byla maximální kóta zátopy cca o 1 m níže než v roce 1997.

I po přímém odeznění povodně byl areál lokálně další týdny pod vodou v důsledku vysokých hladin podzemních vod. Neuvážené zčerpávání vody bylo vyloučeno z důvodu rizika poškození železobetonových konstrukcí vlivem jednostranného tlaku vody. Nejzásadnější pro znovuoobnovení chodu ÚČOV bylo zprovoznění energohospodářství, automatizovaných systémů technologického řízení, objektů a příslušenství hrubého čištění, sedimentace a odstředivky kalů s termínem restartu mechanického stupně čištění vod od 1/2025. Termín pro spuštění biologického stupně čištění odpadních vod byl 3/2025 s plným zapracováním procesu čištění vod cca od ½ roku 2025. Situaci dále komplikovalo zanesení kanalizačních sběračů nerozpuštěnými a tukovými látkami, probíhající dílčí a nedokončené rekonstrukce objektů (např. jemné česle, plynové hospodářství) nebo administrativní náročnost spojená s přípravou dokumentace pro přechodné povolení k vypouštění odpadních vod do řeky Odry v pozměněných limitech znečištění nebo s kontinuálními kontrolami ze strany ČIŽP a dalších správních subjektů.

3) Podpora pro krizové řízení a ostatní služby

Klíčovou roli v průběhu povodně sehrál provoz centrálního dispečinku v Ostravě-Muglinově, který mimo své standardní poslání plnil i funkci místa pro zasedání krizového štábu a alternativního parkoviště techniky ze zatopených provozních středisek. Dočasně byly rovněž nedostupné služby akreditované laboratoře, stejně tak jako byla omezena řada činností spojených s výkonem externích zakázek. V režimu „home office“ nebo „překážek na straně zaměstnavatele“ se ze dne na den ocitli ti zaměstnanci, kteří z důvodu zatopení pracovišť nebo nemožnosti dopravit se na pracoviště nemohli nastoupit do řádného výkonu zaměstnání.

Závěr a poděkování

Celkové náklady na uvedení vodohospodářské infrastruktury do původního funkčního stavu činí 600 – 700 mil. Kč, z toho téměř 500 mil. Kč spolkne samotná ÚČOV, zbytek pak čištění kanalizačních sběračů a souvisejících objektů zejména v nejnižší položených niveletách, tj. v bezprostřední blízkosti ČOV a následně vodních toků. Další řádově stovky milionů korun mohou být následně investovány do zlepšení ochrany proti povodním v budoucnu, jako např.

povodňové bariéry a velkokapacitní čerpací stanice, úpravy nivelet pro umístění kritických energetických a řídicích prvků, možnosti operativní demontáže významných technologických zařízení, promítnutí povodňové události do projektové přípravy rekonstrukce a intenzifikace ÚČOV v Ostravě-Přívoze.

Zcela zásadní roli v procesu odstraňování následků povodně sehrála Ministerstva zemědělství a životního prostředí ČR zajištěním maximální požadované výše finančních prostředků na obnovu poškozeného vodohospodářského majetku, dále město Ostrava nastavením účinného nástroje pro akceleraci výběru zhotovitelů a realizace oprav dodavatelskými firmami, sesterské společnosti SUEZ ČR v operativním poskytnutí techniky pro vysoušení a čištění zatopených prostor.

Maximální poděkování patří zaměstnancům externích firem nepřetržitě pracujících na obnově provozního vodohospodářského majetku, zejména generálním dodavatelům Prospect, Arko Technology, Kunst, jejich subdodavatelům Subland-Tech, Q-Elektrik, Armast, Elvin prodej, Kubíček VHS, Centrivit, Wambex, Fontana R, LK Pumpservice, dále společnostem zajišťujících čištění provozovaných objektů např. Sezako, Ormonde a řadě dalších.

Při operativních zásazích v průběhu povodně zaslouží naprosté absolutorium všechny integrované záchranné složky, jmenovitě profesionální a dobrovolní hasiči sdružených pod hlavičkou Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje. Přes řadu vlastních problémů jsme ani my nezapomněli na solidaritu, vyslyšeli výzvu opavského krizového štábu a recipročně pomohli závozem vlastních balených vod pro členy integrovaných složek zasahujících v Opavě.

Ve svém výčtu poděkování a ocenění pochopitelně nemohu opomenout neuvěřitelné nasazení a nesporné zásluhy všech zaměstnanců OVAK a.s. v první linii, kteří se podíleli na řízení krizové situace a komunikaci, operativních zásazích na kritické infrastruktuře, evakuaci provozních areálů, zmírňování a odstraňování následků povodně.

S potěšením mohu konstatovat, že všechny zainteresované články fungovaly, byť pod extrémním tlakem, týmově, obětavě a maximálně profesionálně!

APOKALYPSA VE FOTOGRAFIÍCH

Zaplavený areál ÚČOV v Ostravě-Přívoze



Zámečnická dílna ÚČOV



Ostrava - Nová Ves (od ul. Mariánskohorské)



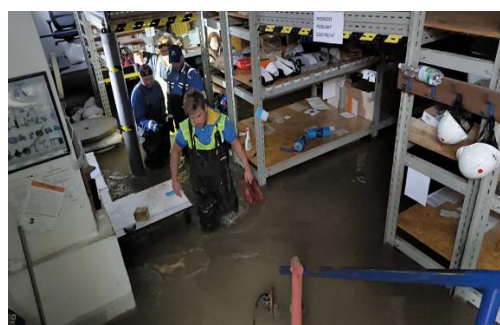
Povodňový piknik s Campari



Provoz kanalizační sítě v Ostravě-Třebovicích



Dílenské a skladové prostory



Aktivní spolupráce se složkami integrovaného záchranného systému (IZS)



Povodeň 2024 – odstranění povodňových škod na vodohospodářské infrastruktuře VaK Jesenicka

Bc. Robert Černý

Vak – Vodovody a kanalizace Jesenicka, a. s.

Abstrakt

V září 2024 zasáhly region Jesenicka extrémní srážky, které vedly k povodni s devastujícími dopady. Český hydrometeorologický ústav označil tento jev za jeden z nejvýznamnějších za posledních několik desítek let. Mimořádně intenzivní srážky a rychlý odtok vody způsobily, mimo jiné, i rozsáhlé poškození vodohospodářské infrastruktury společnosti Vak – Vodovody a kanalizace Jesenicka, a. s. a následné přerušení dodávek pitné vody a odvádění odpadních vod v provozované oblasti.

Příspěvek popisuje kroky, které byly podniknuty, a to od přípravných činností na mimořádnou událost, přes zmapování povodňových škod, provizorní zásobování vodou, získání finančních prostředků, až po zahájení samotné obnovy poškozené vodohospodářské infrastruktury. Zaměřuje se rovněž na dlouhodobá opatření, jež mají zvýšit odolnost infrastruktury vůči budoucím extrémním hydrologickým událostem s důrazem na širokou spolupráci s odbornými institucemi a státní správou.

Klíčová slova

Povodeň 2024, Vodohospodářská infrastruktura, opravy povodňových škod.

Základní informace o Vak – Vodovody a kanalizace Jesenicka, a. s.

Společnost Vak – Vodovody a kanalizace Jesenicka, a.s. (dále VaK Jesenicka), je smíšenou společností. Je významným vlastníkem a provozovatelem vodohospodářské infrastruktury (dále VHI) v regionu Jesenicka. Byla založena v roce 1994 a poskytuje komplexní služby v oblasti zásobování pitnou vodou, odvádění a čištění odpadních vod v obcích Jeseník, Bělá pod Pradědem, Lipová-Lázně, Česká Ves, Písečná, Hradec-Nová Ves a současně dodává předanou vodu obci Mikulovice.

VaK Jesenicka vlastní a provozuje VHI v celkové délce přibližně 335 km, z toho 191 km vodovodních sítí a 144 km kanalizace, včetně úpravny vody a čistírny odpadních vod. Ročně dodává přibližně 800 tis. m³ pitné vody a odvádí a čistí srovnatelné množství odpadních vod pro cca 18 tisíc odběratelů.

Přípravné činnosti

Již po první výstraze ČHMÚ o hrozícím extrémním dešti a povodňovém nebezpečí jsme zahájili přípravná opatření k minimalizaci škod na VHI. Provedli jsme kontrolu klíčových objektů VHI a všechny vodojemy byly průběžně doplňovány na maximální kapacitu. Zaměřili jsme se také na preventivní opatření, včetně posílení provozní pohotovosti pracovníků, doplnění PHM do všech provozních vozidel a připravenosti mobilní techniky, aby bylo možné rychle reagovat na případné výpadky služeb nebo poškození VHI.

Od samotného počátku jsme se aktivně zapojili do činnosti povodňové komise a následně krizového štábu ORP Jeseník, kde jsme pravidelně získávali aktuální informace o vývoji počasí a předpokládaném vzestupu vodních toků a koordinovali jsme činnosti s ostatními složkami krizového štábu.

Součástí přípravných opatření bylo rovněž informování veřejnosti o možných omezeních v dodávkách vody a preventivních opatřeních (doporučení k převařování vody z veřejného vodovodu) prostřednictvím sociálních sítí, webových stránek společnosti a místních médií.

Povodňové škody, krizový štáb a zprovoznění VHI

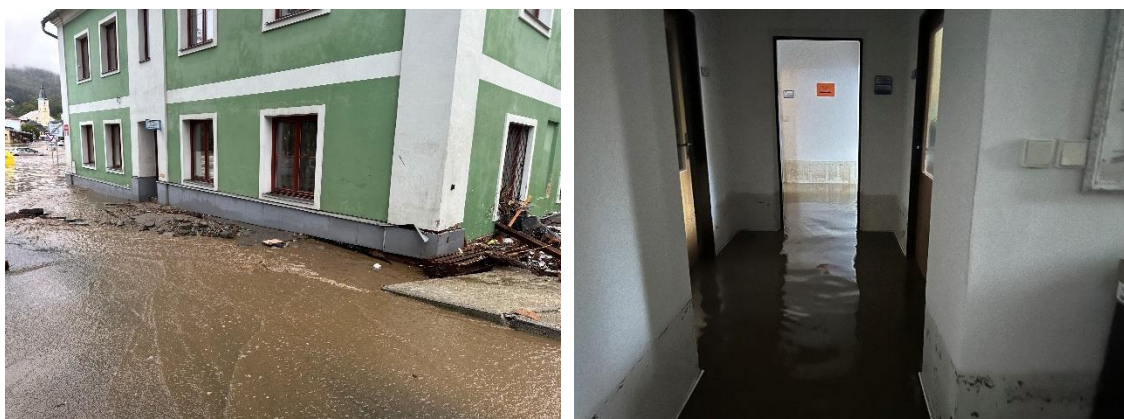
Povodeň způsobila rozsáhlé škody na VHI. **Bezprostředně po povodni byla většina vodovodních a kanalizačních sítí nefunkční. Došlo k poškození dvou jímacích objektů surové vody (včetně přístupových komunikací), sedmi čerpacích stanic odpadních vod, 3 106 metrů vodovodního a 3 357 metrů kanalizačního potrubí. Povodní byly rovněž zasaženy všechny podzemní zdroje vody v podobě zvýšeného zákalu, barvy a mikrobiologického znečištění. Mezi významné ztráty patřilo také poškození stavby nového vodního zdroje Keprnický potok, jehož výstavba v současnosti probíhá a je spolufinancována Státním fondem životního prostředí.**

Obrázek 1-6 Povodňové škody na různých částech VHI



Povodeň rovněž zasáhla i provozně-administrativní budovu společnosti, což si vyžádalo okamžité zahájení vyklízečích prací a zajištění provizorního pracoviště v prostorách správní budovy.

Obrázek 7-8 Správní budova VaK Jesenicka



Vzhledem k rozsahu škod bylo nezbytné ihned po povodni koordinovat obnovovací práce a komunikovat s veřejností. Od prvních dní byla prostřednictvím sociálních sítí, zejména Facebooku společnosti VaK Jesenicka, veřejnost pravidelně informována o aktuálním stavu VHI, omezeních v dodávkách pitné vody a probíhajících opravách. Intenzivní komunikace pomohla zmírnit obavy obyvatel, zajistila rychlý tok informací mezi společnostmi a zákazníky a neposlední řadě přinesla důvěru a pochopení veřejnosti.

Krizový štáb VaK Jesenicka byl zřízen 23. září 2024, kdy byla provizorní pracoviště již funkční a hrál velmi důležitou roli při organizaci a řízení obnovovacích prací, alokaci lidských a materiálních zdrojů, umísťování cisteren s pitnou vodou a zajištění komunikace s místními samosprávami a státními institucemi. Pravidelné porady štábu umožnily efektivní koordinaci oprav vedoucích k postupnému zprovoznění VHI.

Ihned po opadnutí vody byly zahájeny činnosti na zprovoznění poškozené VHI. Prioritou bylo obnovení provozu vodních zdrojů, ÚV Adolfovice a ČOV Česká Ves, což se krok za krokem postupně dařilo. Následovalo provizorní zprovoznění nepoškozených úseků vodovodní sítě, které umožnily částečné zásobování alespoň užitkovou vodou, a také dočasné zajištění provozu vybraných čerpacích stanic odpadních vod. V místech poškozených vodovodů byly instalovány suchovody.

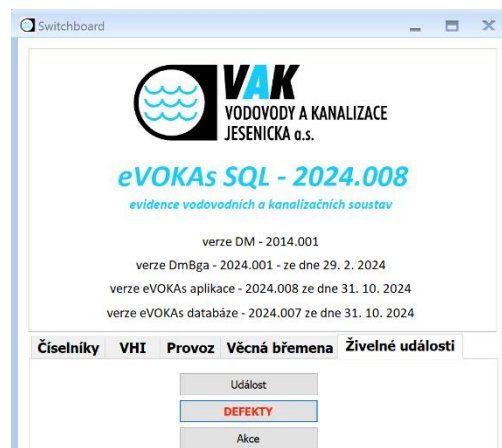
Díky těmto jednotlivým krokům a nepřetržitému nasazení téměř všech pracovníků VaK Jesenicka mohla být již 4. října 2024 obnovena dodávka pitné vody do všech zásobovaných oblastí.



Obrázek 9 Facebook VAK (krizové kontakty)

Evidence a opravy povodňových škod

Vzhledem k rozsáhlým škodám způsobeným povodní bylo nutné okamžitě zavést systém pro přesnou evidenci poškození VHI. Pro tyto účely byl upraven interní systém EVOKAS, který byl rozšířen o funkce umožňující popis povodňových škod, označovaných jako „defekty“. Každý defekt je evidován samostatně, včetně lokalizace, rozsahu poškození a odhadu potřebných oprav. K dnešnímu dni je v systému evidováno 97 defektů různého rozsahu, od menších poškození vodovodních a kanalizačních sítí až po destrukce čerpacích stanic a jímacích objektů. Celková výše povodňových škod byla odhadnuta na více než 262 milionů Kč, přičemž se jedná o průběžný odhad, protože i nadále jsou identifikovány nové defekty během postupných kontrol a revizí VHI.



Obrázek 10 – Titulní strana aplikace EVOKAS

Bezprostředně po povodni byly zahájeny práce na opravách poškozené VHI. Všechny opravy tzv. „akce“ jsou rovněž sledovány v aplikaci EVOKAS, která umožňuje evidenci a správu akcí. Z důvodu naléhavosti situace bylo rozhodnuto o zadání některých akcí přímo prostřednictvím jednacího řízení bez uveřejnění, čímž mohly být menší opravy zahájeny v podstatě ihned a jejich opravy budou i nadále pokračovat. Některé z akcí většího rozsahu byly následně zjednodušeně vyprojektovány a již jsou realizovány v rámci zjednodušeného zadávacího řízení tak, aby se co nejrychleji přistoupilo k jejich realizaci. Další akce se v současnosti projektují a následně budou soutěženy a realizovány.

Obrázek 11-14 Provizorní opravy při zprovoznění VHI



Důležitým aspektem bylo rovněž zajištění dostatečných materiálových zásob, které VaK Jesenicka dodává stavebním společnostem provádějícím opravy. Tento krok zajistil nejen materiálovou kázeň, ale také významně urychlil zahájení prací. V současné době je společnost materiálově dostatečně předzásobena, což umožňuje plynulou realizaci oprav a minimalizaci zpoždění způsobených nedostatkem potřebných komponentů.

Finanční podpora SFŽP

Jelikož bylo bezprostředně po povodni zcela zřejmé, že opravy povodňových škod budou výrazně nad naše možnosti, ihned jsme zahájili kroky k získání finanční podpory na obnovu poškozené VHI. V prvních krocích jsme komunikovali s Olomouckým krajem, kde naše jednání byla neúspěšná a naše požadavky nebyly vyslyšeny. Dále následovalo jednání s ministerstvem životního prostředí a ministerstvem zemědělství, kde významnou roli při zajištění finanční podpory sehrála osobní jednání. Dne 26. září 2024 jsme na ÚV Adolfovice přivítali ministra životního prostředí Petra Hladíka a ministra zemědělství Marka Výborného, kterým jsme podrobněji popsali rozsah škod, včetně zničeného jímacího objektu Šumného potoka, klíčového zdroje surové vody pro ÚV Adolfovice. Toto setkání mělo zásadní význam pro rychlé schválení finanční podpory. Ministr Hladík následně navštívil Jesenicko znovu 18. listopadu 2024, aby zhodnotil pokrok v obnově infrastruktury a ujistil nás o další podpoře ze strany státu v případě budoucích krizových situací.

Využili jsme výzvu „Obnova infrastruktury pro životní prostředí“ vyhlášenou Ministerstvem životního prostředí (MŽP), prostřednictvím Státního fondu životního prostředí (SFŽP) a která umožnila pokrytí 100 % způsobilých nákladů. **Žádost o podporu ve výši 262,6 milionu Kč byla podána 11. října 2024, přičemž Rozhodnutí o finanční podpoře jsme obdrželi již 22. října 2024. Po rychlém administrativním procesu byla 5. listopadu 2024 podepsána Smlouva o poskytnutí podpory a finanční prostředky byly připsány na účet společnosti 12. listopadu 2024.** Tyto finance se staly klíčovým pilířem pro okamžité zahájení oprav a rekonstrukcí, což umožnilo rychlou obnovu a stabilizaci vodohospodářských služeb v regionu.

Co nás ještě čeká

Obnova VHI po povodni zdaleka nekončí. S nejdůležitějšími opravami jsme v podstatě na začátku. Čekají nás opravy rozsáhlejších defektů, které vyžadují projekční práce a koordinaci s dodavateli. Klíčovým úkolem je vybudování nových jímacích objektů na Šumném a Borovém potoce, které zásobují surovou vodou ÚV Adolfovice. Tyto nahradí povodní zničené objekty a spolu se stavbou nového vodního zdroje z Keprnického potoka zajistí dlouhodobě stabilní dodávky surové vody. Další výzvou je realizace nových přechodů vodních toků, přičemž v místech, kde to technicky umožňují geologické podmínky, budou podzemní přechody nahrazovat stávající nadzemní vedení, aby se zvýšila jejich odolnost vůči budoucím povodním a extrémním hydrologickým jevům.

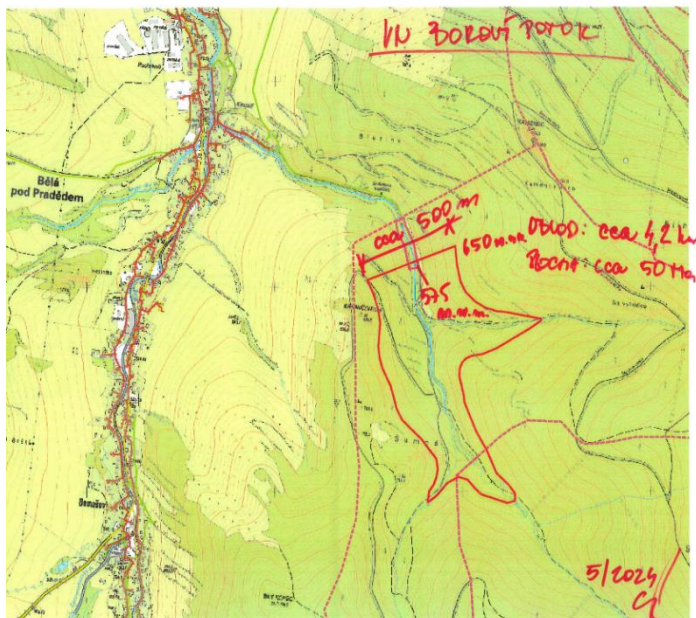
Dalším zásadním úkolem je zajištění nového způsobu přečerpávání odpadních vod z obce Hradec-Nová Ves. Původní řešení přečerpávání do Mikulovic již pravděpodobně nebude možné, a proto plánujeme nové technické řešení, které zajistí spolehlivý odvod splašků.

V současnosti stále provozujeme přibližně 1,8 km provizorních suchovodů, což představuje dočasné, avšak nezbytné opatření.

Máme připraven harmonogram odstraňování povodňových škod, který zahrnuje všechny výše zmíněné akce, a předpokládáme dokončení všech oprav, včetně nových jímacích objektů a přečerpávacího systému pro Hradec-Nová Ves, přibližně do 30. září 2027.

Máme nápady

Oblast Jesenicka se vyznačuje složitými terénními podmínkami, které vylučují možnost výstavby velké přehrady jako tradičního a velmi účinného protipovodňového opatření. **Za VaK Jesenicka navrhuje prodiskutovat a zjistit možnosti alternativních řešení, jako je zadržování vody v horních tocích přítoků řeky Bělé a potoka Staříče a obecně na všech přítocích do těchto vodotečí.** Dále je zcela jisté možné zadržet vodu v extravilánu prostřednictvím lokálních poldrů s regulovatelným odlehčením. Významným krokem by mohla být i výstavba menší vodní nádrže na Borovém potoce, která by mohla sloužit nejen jako protipovodňová ochrana, ale rovněž jako zásoba surové vody pro období sucha. V zadržení vody v krajině vidíme pro Jesenicko velký potenciál, kdy i několika hodinové zadržení vody v krajině před odtokem do vodního recipientu může ovlivnit průtoky v tomto recipientu a tím mohou být alespoň zmírněny ničivé dopady povodně. Tyto projekty, doplněné o úpravy koryt vodních toků, by mohly výrazně zmírnit dopady budoucích povodní.



Obrázek 15 Možnost umístění vodní nádrže na Borovém potoce

Jsme si vědomi, že realizace těchto opatření bude vyžadovat komplexní přístup, který překročí hranice jednotlivých pozemků a vlastnických vztahů. Za VaK Jesenicka jsme připraveni jednat s orgány státní správy, správci povodí a dalšími organizacemi o možnostech realizace těchto opatření, a to i přes očekávané komplikace, vysoké náklady a dlouhý proces schvalování a vlastní realizace.

Závěr

Povodeň, která v září 2024 zasáhla Jesenicko, způsobila rozsáhlé škody na VHI a postavila VaK Jesenicka před obrovskou výzvou. Díky včasné přípravě, rychlé reakci krizového štábu, finanční podpoře SFŽP a spolupráci s odbornými institucemi se podařilo zajistit provizorní zásobování vodou a zahájit opravy VHI. Přesto nás čeká ještě mnoho práce.

Ochrana Jesenicka před povodněmi musí být vnímána jako celek, kde je nutné koordinovat všechny kroky bez ohledu na vlastnické poměry. Diskuse o těchto opatřeních může vést i ke změnám legislativy, například v oblasti vyvlastňování, což by mohlo být důležitým nástrojem nejen pro Jesenicko, ale i pro realizaci protipovodňových projektů v celé České republice.

Velké poděkování patří všem, kteří nám pomohli v nejtěžších chvílích. Děkujeme dobrovolníkům, kteří se podíleli na vyklízení správní budovy a ČOV, Šumperské provozní vodohospodářské společnosti, a.s., za dodávky pitné vody do cisteren z ÚV Kouty nad Desnou, společností Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s. a VHS SITKA, s.r.o., za pomoc s montáží suchovodů, Sdružení oborů vodovodů a kanalizací ČR, z.s., za zprostředkování komunikace s vodárnami, ministerstvy a SFŽP, Povodí Vltavy, státní podnik, za zapůjčení automobilu, společnosti KUNST, spol. s r.o., za darování 10 čerpadel do poškozených čerpacích stanic, Slovákým vodárnám a kanalizacím, a.s., za finanční dar, a v neposlední řadě zaměstnancům Šumperské provozní vodohospodářské společnosti, a.s., kteří uspořádali finanční sbírku. Děkujeme všem, kteří pomáhali.

Obnova vodovodního přivaděče Bludovice – Karviná poškozeného povodní v září 2024

Ing. Michal Březina¹

Mgr. Marek Síbrt²

¹ Vedoucí střediska Ostravského oblastního vodovodu Sviadnov

² Manažer vnějších vztahů, SmVaK Ostrava

Abstrakt

Nejvýznamnější problém vzniklý při zásobování významných sídlech regionu během zářijových povodní v roce 2024 bylo zničení části jednoho ze dvou přivaděčů pitné vody pro Karvinou, který do města směřuje z vodojemů v Havířově – Bludovicích, v blízkosti přemostění přes řeku Olši. Přívod pitné vody tímto přivaděčem musel být zastaven poté, kdy byla detekována 15. září v ranních hodinách porucha. Daný úsek přivaděče vede územím, které bylo historicky ovlivněno hlubinným dobýváním černého uhlí v Dole Darkov, proto bylo z důvodu zajištění stability a spolehlivosti potrubí vedeno nad zemí. Povodňová vlna zničila nadzemní úsek ocelového potrubí v úseku mezi přemostěním silnice I/67 mezi Karvinou a Českým Těšínem a přemostěním Olše.

S ohledem na to, že Karviná je zásobována pitnou vodou jak z východní části regionu z Beskyd, tak ze západní části kraje z Oderských vrchů, byla prováděna řada manipulací na síti tak, aby se tato situace nijak nedotkla lidí ve městě. Byly posíleny odběry pitné vody z vodojemů nad obcí Doubrava, kam voda směřuje z Úpravny vody Podhradí Kružberským skupinovým vodovodem, zprovozněna byla čerpací stanice v blízkosti Obchodně-podnikatelské fakulty v Karviné, aby byla vykryta rizika deficitu dodávek pro střední a horní tlakové pásmo ve městě.

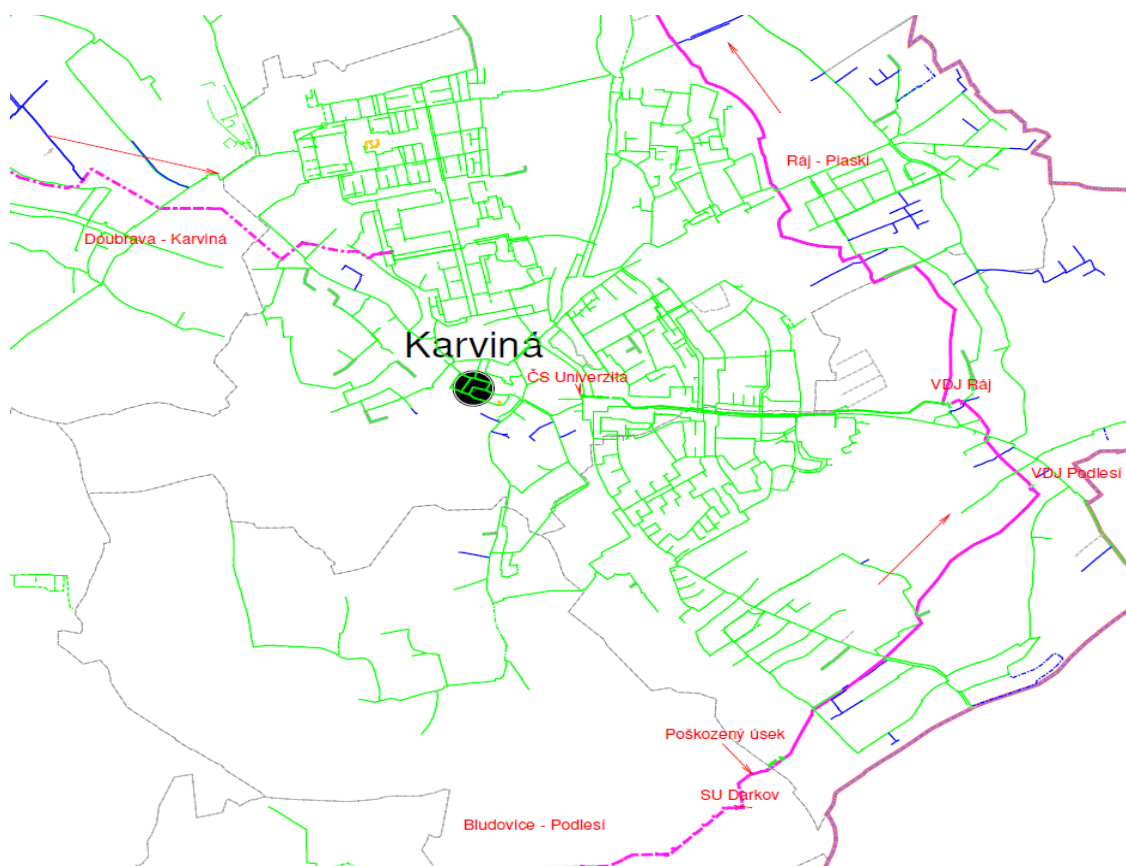
Během několika dnů se podařilo obnovit v daném místě provizorní přivaděč tak, aby byl zajištěn dostatek kvalitní pitné vody pro město. S ohledem na dostupnost materiálu bylo položeno nejdříve jedno potrubí z vysokohustotního polyetylenu v dimenzi D 225, následně byla položena druhá větev potrubí stejného materiálu v dimenzi D 315. Po položení obou potrubí bylo umožněno zásobování obou tlakových pásem (střední a horní tlakové pásmo) od bludovických vodojemů.

Následně probíhaly intenzivní projekční a přípravné práce na to, aby provizorní řešení bylo nahrazeno řešením dlouhodobým. To je důležité také pro to, aby mohla být obnovena dodávka pitné vody do polského příhraničí přes zrychlovací stanici v Petrovicích. Toto zásobování bylo pozastaveno bezprostředně poté, kdy velká vody přivaděč zničila.

Nový přivaděč z tvárné litiny je po posouzení všech variant uložen pod zemí s tím, že byla během stavby provedena opatření zvyšující jeho stabilitu a spolehlivost provozu.

Vznik současné Karviné

Hornické město Karviná vzniklo koncentrovaně v dnešní podobě v roce 1949 postupným přemístěním obyvatel původní Karviné (fakticky současná lokalita Karviná – Doly) na fryštátské Horní Předměstí. Největší rozvoj města započal po druhé světové válce s rozvojem černouhelného hornictví. S tímto rozvojem vzrostla potřeba pitné vody, protože počet obyvatel města výrazně rostl. Do regionu mířily desítky tisíc lidí za náročnou a nebezpečnou, ale nadprůměrně placenou prací, z nejrůznějších částí tehdejšího Československa.



Zásobování Karviné

Před vybudováním ostravského oblastního vodovodu (vznik se datuje k prosinci roku 1958, kdy přitekla první pitná voda z Úpravny vody Podhradí do Ostravy – Krásného Pole) bylo město zásobeno z vlastních zdrojů v Marklovicích a v Karviné-Starém Městě. Pro zvýšení kapacity a spolehlivosti dodávky pitné vody byl v šedesátých letech postaven přivaděč Ostravského oblastního vodovodu vedoucí z Krásného Pole přes města Bohumín, Orlovou a s řídicím vodojemem v Doubravě ($3 \times 2000 \text{ m}^3$). Dodávaná voda pochází zdrojově z údolní nádrže Kružberk a upravována je v Úpravně vody Podhradí nedaleko Vítkova v Oderských vrších.

Do Karviné byla pitná voda přiváděna ocelovým potrubím DN 800 k ulici Borovského, kde byla umístěna čerpací stanice, která následně čerpala vodu do původního VDJ Karviná – Ráj. Sedmdesátá léta znamenala další rozvoj a s tím spojené zvýšené požadavky na objem pitné vody. Byla přivedena další větev OOV, tentokrát z Beskydského skupinového vodovodu, která vede přes Havířov – Bludovice, Stonavu do VDJ Podlesí ($2 \times 5\,000 \text{ m}^3$). Potrubí je z oceli a má vnitřní průměr 600 mm.

Pro nevyhovující stav a kapacitu starého vodojemu v karvinské části Ráj byla v devadesátých letech postavena nová akumulace o objemu $2 \times 6\,000 \text{ m}^3$. V souvislosti s tímto projektem byla vyražena štola vedoucí pod ulicí Borovského, v jejíchž útrobách se nachází dvě potrubí pro zásobování Karviné DN 500 a DN 700 OC. Následně na přelomu tisíciletí byla vybudována ČS Univerzita umístěná u areálu Obchodně podnikatelské fakulty Slezské univerzity, která v případě potřeby může čerpat pitnou vodu do středního a horního tlakového pásma.

Z VDJ Karviná-Ráj vede dále potrubí směrem k ČS Petrovice, kde je pitná voda následně distribuována do příhraniční části Polska (město Jastrzębie-Zdrój a přilehlé obce).

Problémový úsek u Olše

První potrubí z oceli DN 600 bylo umístěno pod zem v sedmdesátých letech minulého století, následně bylo kvůli poddolování území potrubí o stejné dimenzi přemístěno nad zem na bárky. Ty byly kolem roku 2020 vyměněny za rektifikovatelně posuvný systém na betonových patkách.

Řeka Olše má jeden z nejrozkolísanějších průtoků, což se projevilo během povodňových období také v minulosti. Při povodni v roce 1997 bylo poškozeno přemostění přes Olši, které muselo být strženo a znovu vybudováno v bezpečnějších parametrech.

Původní stav úseku



Krizová situace během povodně

Před povodňovým víkendem proběhly přípravy na avizovanou mimořádnou situaci, posílení personálního obsazení pohotovostní služby, příprava elektrocentrál, zprovoznění a odzkoušení čerpacích stanic. Sobota 14. září se vyvíjela přes vydatné deště prakticky v celém regionu pro Beskydský skupinový vodovod bez nutnosti větších provozních zásahů. Situace se obrátila v neděli ráno, kdy došlo k nahlášení úniku vody na úrovni 600 l/s a poklesu tlaku na trase z VDJ Havířov – Bludovice do VDJ Karviná – Podlesí.

Na tuto událost bylo reagováno povoláním pohotovostní služby, která začala na trase provádět nezbytné manipulace. S centrálním vodárenským dispečinkem, který je alokovan v sídle společnosti v Ostravě – Mariánských Horách bylo koordinováno postupné odstavování sekčních uzávěrů. Bylo nutné únik detekovat, v danou chvíli se ocitly bez dodávky pitné vody odběrná místa napojená přímo na poškozený přivaděč, jako jsou obec Stonava nebo černouhelný Důl ČSM – poslední funkční zařízení svého typu v naší zemi. Po odstavení prvního sekčního uzávěru, SU Darkov, došlo k zastavení úniku a postupnému nárůstu tlaku na trase, což umožnilo opět obnovit dodávku vody pro výše zmiňovaná odběrná místa.

Následně bylo nezbytné řešit situaci týkající se zásobování VDJ Karviná – Ráj a VDJ Karviná – Podlesí. V rychlém sledu následovalo odstavení odběru do polského příhraničí a další manipulace ze strany provozního střediska vodovodních sítí, které zmenšily zásobovanou oblast z VDJ Ráj a VDJ Podlesí na minimum. Po dokončení nutných manipulací bylo pohotovostní službou detekováno poškozené potrubí mezi přemostěním přes komunikaci I/67 mezi Karvinou a Českým Těšínem a přemostěním přes Olši.

Povodňová vlna se přelila přes provizorní hráze opravovaného jezu, rozebrala je a následně vodou plavené klády shodily potrubí z posuvných podpěr, potrubí se zkroutilo a zlomilo. Zasažena část potrubí byla situována mezi dvěma pevnými body.

Úsek během povodně



Odstranění následků

Následně v pondělí 16. září se začaly projednávat různé varianty opravy přivaděče v daném místě. Bylo nezbytné vycházet z dostupného materiálu, který bylo vhodné pro daný účel využít, a rychlosti provedení provizorního řešení, které by zajistilo bezproblémové zásobování města pitnou vodou z Beskydského skupinového vodovodu. Bylo rozhodnuto o odřezání potrubí mezi pevnými body, osazení ocelového X kusu na příruby na obě strany, navaření ocelového krčku DN 300 s přírubou na X - kus, na něj se následně osadil T-kus 300/300, na T-kus se osadila šoupata. Jeden úsek byl redukován na DN 200 kvůli aktuální dostupnosti materiálu. Potrubí mezi T-kusy bylo provedeno z polyethylenu SDR 11 a vařeno na tupo. Druhé potrubí už bylo propojeno v DN 300. Vše muselo být provedeno v PN 16, protože provozní tlak v místě opravy se pohyboval kolem 1 MPa.

V úterý 17. září probíhaly přípravné práce a postupně byl dodáván nezbytný materiál pro realizaci provizorní opravy. Musela se zpřístupnit a opravit příjezdová komunikace, očistit potrubí v místech uvažovaného umístění T-kusu a koordinovat veškeré kroky se správcem přidruženého plynového vedení.

Začátek opravy



Ve středu 18. září započala výstavba suchovodu. První problém bylo nezbytné vyřešit hned na začátku stavby: při pádu z podpěr byla poškozena ovalita potrubí, což znemožňovalo navaření přírub na potrubí. Změna umístění napojení suchovodu za pevné body nebyla možná vzhledem k tomu, že pevný bod držel potrubí také pro navazující přemostění přes komunikaci. Dle pozdějšího vyjádření statika zde bylo riziko narušení statiky trubního mostu. X-kusy byly proto navařeny na tupo a zpevněny konstrukcí z I profilů.

Druhým problémem, který bylo nezbytné vyřešit, bylo protisměrné napětí v potrubí, které bylo nutné eliminovat pro zajištění bezpečnosti pracovníků rozpojujících potrubí. Potrubí bylo zajištěno dvanáctitunovým krácejícím bagrem, rozpojení bylo prováděno autogenem s vysokou mírou opatrnosti. Přes veškerá realizovaná opatření bylo potrubí tak napjaté, že se bagr pohnul o malý kus dozadu.

Po vyřešení výše uvedených problémů vše postupovalo dle harmonogramu a bez zásadních komplikací. Musela se zde koordinovat práce pracovníků Ostravského oblastního vodovodu, Zásahového střediska Orlová a zástupců externích firem. Vzhledem ke složitosti terénu a náročným podmínkám například v podobě všudypřítomného bahna bylo pro manipulace s materiálem a úpravy terénu možné využít pouze krácející bagr. Kolem 16:00 ve středu 18. září byly osazeny T – kusy a uzávěry na potrubí. Mohlo se začít s tlakováním přivaděče od SU Darkov po T-kus u přemostění přes komunikaci. Ocelové potrubí po natlakování mělo tendenci se vrátit do původního směru a poškodilo svary, které jej přidržovaly k pevnému bodu. Po prověření stability pevného bodu se mohlo započít s dalšími pracemi spojenými s dopojením PE potrubí DN 200 mezi pevnými T-kusy.

Na montážní práce navázala další skupina, která prováděla zprovoznění potrubí, dezinfekci, proplachy a spolupracovala při odběru vzorků, jež prováděla laboratoř. První byl zprovozněn suchovod, následoval zbývající úsek přivaděče.

Zprovoznění první části suchovodu v DN 200 přineslo možnost zásobovat horní tlakové pásmo Karviné přes tento suchovod. Díky tomu bylo možné využít celý objem čerpané vody z ČS Univerzita pro střední tlakové pásmo města.

Během výstavby provizorního suchovodu se zásobovalo střední a horní tlakové pásmo přes ČS Univerzita ze západní části Ostravského oblastního vodovodu – Kružberského skupinového vodovodu. Dodané množství pitné vody nebylo dostačující pro zajištění dlouhodobého spolehlivého zásobování města a objemy pitné vody v akumulacích se dle predikcí snižovaly. Navíc muselo dojít ke sloučení tlakových pásem, což s sebou neslo riziko zvýšeného počtu poruch ve vodovodní síti.

Pevný bod a napojení suchovodu od řeky Olše



Projektování a výstavba nového přivaděče

Již během výstavby suchovodu se začalo s projektováním opravy poškozeného úseku k trvalému řešení. Rozhodovalo se mezi variantou výstavby nadzemního ocelového úseku v původní trase nebo položení potrubí z tvárné litiny do země v trase nové. Zvítězila vhodnější varianta umístění potrubí pod zemí z tvárné litiny. S ohledem na vyjádření báňského úřadu a po výpočtu statika bylo nutné provést přemístění přepojení suchovodu u státní komunikace kvůli nutnosti výstavby pevného a kluzného bodu.

Operace musela proběhnout v několika na sebe navazujících krocích, aby nebyla porušena statika potrubí na přemostění přes komunikaci. Nejprve se musel vybudovat nový pevný bod za stávajícím pevným bodem a potrubí v něm muselo být uchyceno. Následně mohlo dojít k samotnému přeložení napojovacího místa pro suchovod, místo stávajícího napojení se zkrátilo a osadil se zde litinový T-kus 600/300, který byl při propojích použit na straně Olše k dopojení kalníku. Větší stabilita potrubí dovolila zvýšit dodávané množství vody, díky čemuž bylo možné začít připravovat zprovoznění doposud pozastaveného odběru pitné vody do příhraniční části Polska.

Přivaděč Ráj – Piaski je vybudován z tvárné litiny DN 500. Během odstavení odběru do Polska se v něm začala zhoršovat kvalita vody z hlediska zvýšených chloraminů. Tyto problémy se musely řešit nastavením sanačního průtoku a dalšími řízenými proplachy. Přivaděč samotný musel být v provozu, jelikož je z něj zásobována malá lokalita Prstná (část Petrovic u Karviné na česko-polské hranici).

Po přeložení suchovodu se vytvořil prostor na vybudování kluzné podpěry, kterou si vyžádalo vyjádření z báňského úřadu. Výkop, betonáž a montáž podpěry zpozdily položení potrubí.

Pokládka nového přivaděče

Ke konci listopadu se mohlo začít s pokládkou nového potrubí. Přesné napojení potrubí ze strany silniční komunikace mezi Karvinou a Českým Těšínem bylo provedeno prodloužením potrubí TP kusem, který byl použit pro spojení T-kusu a kolena kluzné podpěry. Na druhém konci potrubí se musela dohodnout přeložka plynu. Zásadní problém u tohoto propoje představovalo potrubí v zemi. Nebylo možné rozlišit kalníkové a plynové potrubí nebo potrubí kvalitně vytyčit, protože nad propojem je situováno vedení vysokého napětí. Pomocí průtokových zkoušek bylo určeno, která kalníková potrubí vyřezat a následně propojit v jiné trase, aby nebránila v pokládce potrubí. Dále bylo nezbytné řešit materiál vhodný pro zához potrubí. Až po detailních analýzách se dospělo ke konsenzu využít přebranou zeminu z místa. Vzhledem k počasí a terénu v blízkosti přivaděče byl dovoz zeminy odjinud nereálný a časově by stavbu značně prodloužil.

Přeložka suchovodu



Po pokládce potrubí bylo možné přistoupit k tlakovým a bakteriologickým zkouškám. Při natlakování potrubí byl zjištěn únik na hrdle uprostřed úseku. Vzhledem k umístění úniku a použití jištěných hrdel se nejevilo jako vhodné řešení hrdla rozpojit, a proto se muselo přistoupit k jeho vyřezání. Spojení potrubí bylo provedeno pomocí spojek Nova Siria.

Oprava netěsného úseku



Před propojením potrubí muselo být provizorně propojeno kalníkové potrubí, aby při vyprázdnění potrubí netopilo výkop. Samotné propoje od odstávky po fyzické propojení potrubí probíhaly bez problémů. Práce skončily o několik hodin dříve, než bylo původně plánováno.

Po novém roce proběhlo dopojení kalníku, izolace spojů a zasypání potrubí.

Propoj u Olše



Hodnocení a poučení

Při detekci a následných manipulacích během povodňového extrémního období zaměstnanci prokázali vysoký stupeň profesionality a nasazení.

Byly plně využity výhody konstrukce přivaděče. Ten je situován na poddolovaném území, a proto je rozdělen na sekce, sekční uzávěry byly stavěny jako nadzemní objekty s vlastním telemetrickým přenosem, což zrychluje možnost reakce na poruchový stav. Z výše uvedeného plyne doporučení na vybudování sekcí na přivaděčích spolu s budováním spolehlivé přenosové sítě.

Konstrukce jednoho pevného bodu pro dva objekty, přemostění a nadzemní úsek se projevila jako nevhodná vzhledem ke složitosti opravy nebo výměny pevného bodu.

Použití polyethylenových potrubí pro suchovod se osvědčilo, i přes tlaky kolem 1 MPa a rychlosti v potrubí kolem 2 m/s nebyl zaznamenán pohyb potrubí. Je zde ovšem nutnost mít na začátku a konci pevné body.

V projektové fázi je nutné přesně definovat práce a úkony, které bude provádět dodavatel. Je nezbytné přesně určit, jaké požadavky jsou kladeny na dodavatele. Tím se předejde nejasnostem, které mohou vést k nutnosti opakovaných upřesňujících jednání během samotné realizace projektu, což ho může komplikovat a vést ke zbytečným časovým prodlevám.

V neposlední řadě je nutné mít v perfektním souladu mapové podklady, kterou jsou pravidelně aktualizovány, čímž se minimalizuje riziko chyb a snižuje se časová náročnost. Ze zkušenosti je zřejmé, že poté, kdy v místě historicky proběhne několik přeložek je velice náročné se orientovat v potrubích z hlediska jejich identifikace a umístění.

Při složitých opravách poruch na přivaděčích se vyplatilo mít k dispozici základní materiál pro opravy, což je příruba PN 16 od DN 400 do maximálního používaného profilu a X – kus.

Mikrobiologická problematika v době povodní

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D.

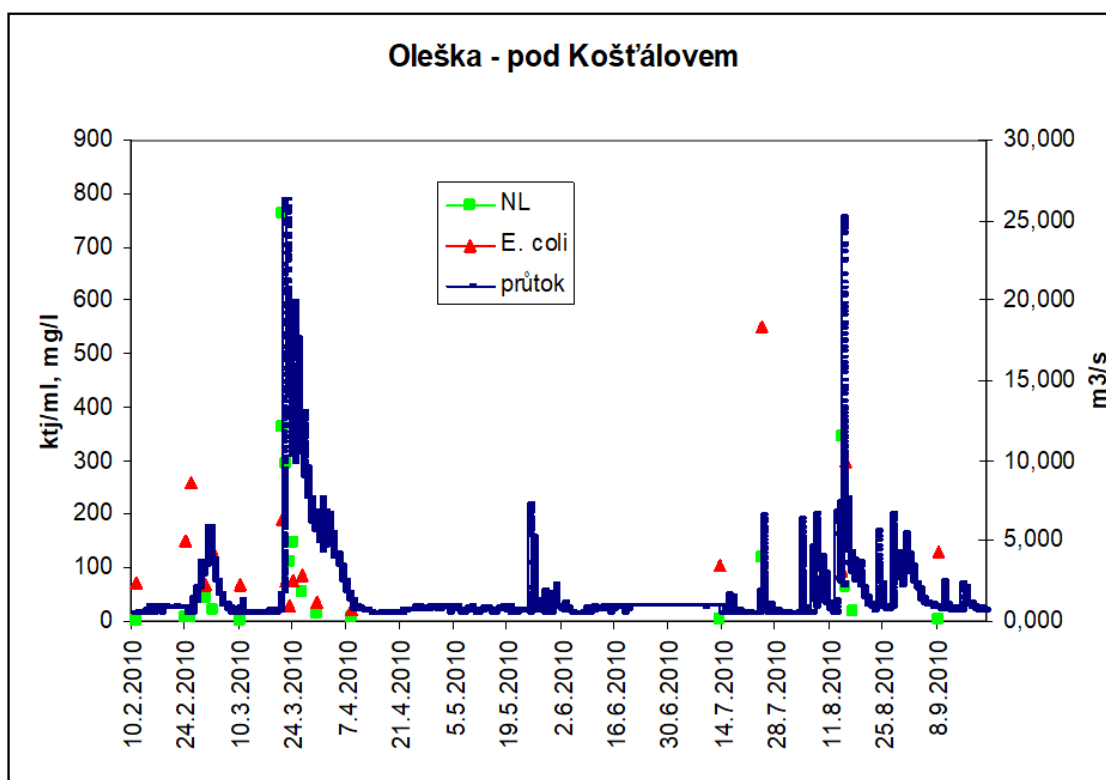
Státní zdravotní ústav, Praha

Úvod

V souvislosti s klimatickou změnou dochází k nerovnoměrnému rozložení srážek, což může vést k častějším a intenzivnějším epizodám, tj. přívalovým deštům a povodním. Ty mohou ohrožovat nejen kvalitu surové vody, ale v případě studní i přímo vodu pitnou. Při těchto epizodách hrají mikrobiologická rizika významnou úlohu, neboť přívalová voda obsahuje velké množství mikroorganismů, včetně běžných i méně známých patogenů - jsou to např. enterické viry (např. noroviry, enteroviry, adenoviry), parazitární prvoci, bakteriální patogeny jako např. střevní bakterie (např. kampylobaktery, salmonely, shigely), leptospiry apod.

Při zvýšených deštích se na mikrobiální kontaminaci vody podílí především nedostatečně čištěné odpadní vody (např. odlehčovací komory), resuspendace sedimentů, a dále splachy z okolních oblastí (pole, louky, chodníky apod.), případně zvýšená hladina spodní vody (průsaky). Největší kontaminace se objevuje většinou ihned na začátku epizody (vlny), nikoliv v jejím maximu, jak je ukázáno na příkladu indikátoru fekálního znečištění *E. coli* na obrázku 1 (Baudišová a kol. 2011) v malém toku Oleška během období s většími srážkově odtokovými situacemi.

Obr. 1 Zvýšená mikrobiální kontaminace v souvislosti s vyššími průtoky
(*E. coli* = *Escherichia coli*, NL = nezrozuštěné látky)



Mikrobiální rizika

V tabulce 1 jsou uvedena hlavní mikrobiologická rizika při kontaktu s vodou (dle WHO 2024). Rizika mikrobiální kontaminace vody jsou závislá na typu lokality a situaci (zemědělské plochy vs. městská zástavba, roční období, epidemiologická situace dané oblasti apod.). Seznam hlavních patogenních mikroorganismů přenášených vodou je uveden v tab. 2.

Tab. 1 Klasifikace infekční nemoci (celosvětově) související s vodou dle WHO (2024)

Kategorie	Popis	Příklad nemoci
Přenosné vodou	Způsobené požitím/inhalací patogenů v kontaminované vodě	Tyfus, legionelóza, dětská mozková obrna
Smývané vodou (a) Kůže a oči (b) Průjmová onemocnění	Přenos je důsledkem špatné osobní a/nebo domácí hygieny kvůli nedostatečnému přístupu k vhodné vodě	Svrab, trachom, bacilární úplavice
Vycházející z vody (a) Průnik pokožkou (b) Požití	Nemoci způsobené infekcí původců nemocí, kteří musí strávit část svého životního cyklu ve vodním prostředí	Schistosomiáza, askarióza, tenióza
Infekce spojené s hmyzími vektory souvisejícími s vodou: (a) Poštípání v blízkosti vody (b) Množením ve vodě	Nemoci šířené vektory ve formě hmyzu, který se množí nebo štípe blízko vody	Malárie, trypanozomiáza, západonilská horečka

Jak vyplývá z tabulky 1, možnost infekce v souvislosti se záplavami není spojená pouze s pitím závadné vody, ale další přenosy infekce jsou možné kůží, sliznicemi, vdechováním aerosolů či bodnutím přemnoženého hmyzu.

Tímto příkladem je u nás jinak málo frekventované bakteriální onemocnění leptospiróza, které je jednoznačně spojováno se stykem se záplavovou vodou, ale počty nakažených naštěstí nejsou vysoké. Leptospiróza je zoonóza (nákaza přenosná ze zvířat) s endemickou přírodní ohniskovostí a její specifická nemocnost se normálně v našich klimatických podmínkách pohybuje kolem 0,3 hlášených případů na 100 000 obyvatel, hlášeno je v průměru několik desítek případů ročně. V případě povodní v letech 1997 a 2002 se nemocnost zvýšila 3-5 násobně oproti běžnému výskytu v naší populaci. Zejména situace po opadnutí velké vody, kdy se lidé brodí v tůních, bahně, zatopených sklepech a podobně, zvyšují riziko nákazy leptospirózou, protože voda kontaminovaná močí nemocných hlodavců je výborným vehikulem při dalším přenosu pohyblivých spirálovitých bakterií na člověka i další zvířata. Leptospiry se šíří močí infikovaných zvířat (hlodavci, psi, hospodářská zvířata, prasata, koně, divoká zvěř). Lidé jsou s největší pravděpodobností infikováni nepřímým kontaktem s leptospirami, které se uvolňují do prostředí (např. sladkovodní rybníky, řeky) při pracovních činnostech (např. zemědělci, vojáci, horníci, pracovníci v kanalizaci) nebo při rekreaci (např. vodní sporty, zahradnictví). Leptospiry se mohou dostat do lidského těla odřeninami nebo poraněnou kůží, spojivkami, vdechnutím nebo požitím kontaminovaných aerosolů nebo vody nebo (vzácně) po kousnutí zvířetem. Ve vodě a půdě kontaminované močí infikovaných zvířat mohou bakterie přežít týdny až měsíce.

Tab. 2 Seznam patogenů přenášených vodou dle WHO (2011)

Patogen	Zdravotní význam	Přežívání ve zdrojích vody	Rezistence k chloru	Relativní infektivita	Význam zdrojů	Význam zvířecích zdrojů
Bakterie						
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	Vysoký	Může se množit	Nízká	Nízká	Ne	
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	Vysoký	Střední	Nízká	Střední	Ano	
Patogenní <i>E. coli</i> a <i>Shigella</i>	Vysoký	Střední	Nízká	Nízká	Ano	
<i>Francisella tularensis</i>	Vysoký	Dlouhé	Střední	Vysoká	Ano	
<i>Legionella</i> spp.	Vysoký	Může se množit	Nízká	Střední	Ne	
<i>Leptospira</i>	Vysoký	Dlouhé	Nízká	Vysoká	Ano	
Mykobakteria (netuberkulózní)	Nízký	Mohou se množit	Vysoká	Nízká	Ne	
<i>Salmonella</i> Typhi	Vysoký	Střední	Nízká	Nízká	Ne	
Další salmonely	Vysoký	Mohou se množit	Nízká	Nízká	Ano	
<i>Vibrio cholerae</i>	Vysoký	Různá (může přežívat v dalších vodních organismech)	Nízká	Nízká	Ne	
Viry						
Adenoviry	Střední	Dlouhé	Střední	Vysoká	Ne	
Astroviry	Střední	Dlouhé	Střední	Vysoká	Ne	
Enteroviry	Vysoký	Dlouhé	Střední	Vysoká	Ne	
Viry hepatitidy A	Vysoký	Dlouhé	Střední	Vysoká	Ne	
Viry hepatitidy E	Vysoký	Dlouhé	Střední	Vysoká	Možný (potenciální)	
Noroviry	Vysoký	Dlouhé	Střední	Vysoká	Možný (potenciální)	
Rotaviry	Vysoký	Dlouhé	Střední	Vysoká	Ne	
Sapoviry	Vysoký	Dlouhé	Střední	Vysoká	Možný (potenciální)	
Prvoci						
<i>Acanthamoeba</i> spp.	Vysoký	Může se množit	Vysoká	Vysoká	Ne	
<i>Cryptosporidium hominis/parvum</i>	Vysoký	Dlouhé	Vysoká	Vysoká	Ano	
<i>Cyclospora cayentanensis</i>	Vysoký	Dlouhé	Vysoká	Vysoká	Ano	
<i>Entamoeba histolytica</i>	Vysoký	Střední	Vysoká	Vysoká	Ne	
<i>Giardia intestinalis</i>	Vysoký	Střední	Vysoká	Vysoká	Ano	
<i>Naegleria fowleri</i>	Vysoký	V teplé vodě se může množit	Nízká	Střední	Ne	
Červi						
<i>Dracunculus medinensis</i>	Vysoký	Střední	Střední	Vysoká	Ne	
<i>Schistosoma</i> spp.	Vysoká	Krátké	Střední	Vysoká	Ano	

Preventivní opatření

Vzhledem k probíhající klimatické změně je třeba se srážkovými epizodami, případně s povodněmi počítat, vyhodnotit rizika a připravit si použitelné scénáře.

V rámci dlouhodobých preventivních opatření je třeba tuto problematiku zahrnout do systému analýzy a řízení rizik, především pokud jde o vyhodnocení zranitelnosti vodních zdrojů a jejich ochranu. Zranitelnost vodního zdroje, tj. jeho náchylnost k (především fekální) kontaminaci lze vyhodnotit z dlouhodobých výsledků mikrobiální kvality surové vody, kterou je však nutné ověřovat také při nepříznivých srážkově odtokových situacích (jarní tání, přívalové deště), kdy je možné získat relevantní informace. Nikoliv tedy pouze za optimálních podmínek. Je také nutné dávat pozor na propojení soukromých studní s veřejným vodovodem (při přerušení zásobování je zvýšené riziko kontaminace vody v síti z nevyhovující studny).

V případě že je ohrožení vyšší (například horské či podhorské oblasti) a počítá se se zapojením pracovníků do odklizení škod, je jedno z vhodných preventivních opatření zajistit pracovníkům očkování proti žlutence typu A (očkování proti tetanu se považuje za samozřejmost).

V případě blížícího se ohrožení je nutné zkontrolovat funkčnost ochrany vodního zdroje a dostupných možností nouzového zásobování pitnou vodou. Z nemikrobiologických preventivních opatření lze jmenovat vypnutí elektrického proudu či odstranění nebezpečných chemikálií z oblasti, která může být zaplavena.

Likvidace škod

Při likvidaci škod je nutné vše vyčistit a vydezinfikovat za dodržení všech bezpečnostních opatření a používání ochranných pomůcek (minimálně neporušené gumové rukavice a holiny, v případě zasychajících uzavřených prostor respirátory. V případě povodní v letním období a pomnožení bodavého hmyzu je nutné používat repelenty.

Při podezření kontaminace vodního zdroje a problémy s úpravou pitné vody (primárně se zjistí senzory – změna barvy, zákalu, chuti či pachu) okamžitě zajistit nouzové zásobování pitnou

vodou. K prvotní kontrole kvality vody (než bude moci být proveden kontrolní rozbor) je možné využít i jednodušší screeningové metody, pokud jsou k dispozici. V případě podezření na zatopení nebo přímo zatopení domovních studen je třeba nejdříve počkat na opadnutí vody, provést sanaci studny a teprve poté provádět mikrobiologické rozbor. Do té doby vodu nepoužívat.

Další informace

Na webových stránkách Státního zdravotního ústavu <https://szu.gov.cz/> jsou k dispozici metodické materiály využitelné při řešení problémů při povodních nebo těsně po nich (např. postupy při sanaci zatopené studny <https://szu.gov.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/zivotni-prostredi/kvalita-vody/studny/postup-pri-sanaci-zatopene-studny/>, nouzové zásobování pitnou vodou <https://szu.gov.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/zivotni-prostredi/kvalita-vody/pitna-voda/nouzove-zasobovani-pitnou-vodou/>, informace o screeningových metodách <https://szu.gov.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/zivotni-prostredi/kvalita-vody/laboratorni-metodiky-a-vzorkovani/informace-szu-narodniho-referencniho-centra-pro-pitnou-vodu-k-moznostem-screeningove-detekce-mikrobialni-fekalni-kontaminace-pitne-vody/> apod.), které jsou průběžně aktualizovány.

Seznam literatury a další dostupné materiály

- Baudišová D., Benáková A., Hlaváček J.: Vliv zvýšených průtoků na změny mikrobiální kontaminace vody v povodí Olešky. VTEI 1/2012, str. 13-16.
- Regionální úřad WHO pro Evropu. (2024). Surveillance a zvládání epidemií infekčních nemocí spojených se systémy zásobování vodou. Regionální úřad WHO pro Evropu. <https://iris.who.int/handle/10665/378153>. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- WHO 2011, dostupné z http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_chapters/en/

Poděkování

Vznik této publikace byl podpořen v rámci MZ ČR - RVO (Státní zdravotní ústav – SZÚ, IČ 75010330).

Činnost hygienické služby při povodních 2024 v Olomouckém kraji

MUDr. Eva Čehovská

MUDr. Lenka Pešáková, Ph.D.

Krajská hygienická stanice Olomouckého kraje se sídlem v Olomouci

Souhrn

Krajské hygienické stanice, jakožto orgány ochrany veřejného zdraví, se podle zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému, ve znění pozdějších předpisů, řadí mezi ostatní složky integrovaného záchranného systému. Spolupráce při řešení vybraných typů mimořádných událostí patří tedy k jejich významným a nenahraditelným činnostem. Příspěvek si klade za cíl shrnout aktivity a plnění úkolů Krajské hygienické stanice Olomouckého kraje se sídlem v Olomouci, při extrémní povodni v září 2024, která tak prověřila její připravenost na řešení tohoto typu mimořádné události.

Klíčová slova: krajská hygienická stanice, ochrana veřejného zdraví, integrovaný záchranný systém, povodeň, pitná voda, zdravotní riziko

Summary

The Regional Public Health Authorities as authorities for public health protection are according to the Act 239/2000 legal code, on the Integrated Rescue System, as subsequently amended, are classified among the other bodies of the integrated rescue system. Cooperation in dealing with selected types of emergencies is therefore one of their important and irreplaceable activities. The aim of this paper is to sum up the activities and fulfilling the tasks of Public Health Authority of Olomouc Region, based in Olomouc, during the extreme flood in September 2024, which tested its preparedness to deal with this type of emergency.

Keywords: Regional Public Health Authority, public health protection, integrated rescue system, flood, drinking water, health risk

Úvod

V návaznosti na svolání mimořádného jednání Bezpečnostní rady Olomouckého kraje, Krajská hygienická stanice Olomouckého kraje se sídlem v Olomouci (KHS) intenzivně sledovala numerické modelování počasí (ALADIN) a připravovala se na možný vznik mimořádné události – povodně. Z uvedeného důvodu, za účelem metodické a organizační pomoci veřejnosti, podnikatelským subjektům a zástupcům samosprávy při vzniku povodní, a koordinace činnosti KHS, byla dne 11. 9. 2024 na KHS aktivována mezioborová pracovní skupina. Aktivním členem pracovní skupiny v části týkající se jakosti vod byl také přizvaný zástupce Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě (ZÚ).

V období od 12. 9. do 17. 9. 2024 byly dle Českého hydrometeorologického ústavu zaznamenány nejvyšší úhrny srážek na Rejvízu (516,7 mm), Červenohorském sedle (473,8 mm) a v Jeseníku (464,9 mm). Povodněmi byla zasažena zejména severní část kraje, a to Šumpersko a Jesenícko. Za nejvíce postižené lokality je považován Jeseník, Mikulovice, Písečná, a Česká Ves.

Obr. 1 Povodněmi zasažené



Činnost KHS při povodni

KHS v první fázi přípravy na povodeň ověřila kontrolu spojení, kontakty na místní úřady a vytipovala oblasti, které by mohly být povodněmi zasaženy. Do vzniklé povodňové situace se zapojila v oblasti ochrany veřejného zdraví, a to se zaměřením na prevenci vzniku a šíření infekčních onemocnění, zajištění jakostní pitné vody, včetně nastavování nezbytných preventivních opatření. Na samotném počátku povodně vytvořila KHS osvětové materiály a praktická doporučení se zaměřením na prevenci ohrožení zdraví v souvislosti s povodněmi, jakož i doporučení pro odstraňování materiálů s obsahem zdraví nebezpečného azbestu, pro nakládání s odpady či potravinami po povodni. Osvětové materiály, dostupné na webových stránkách KHS, byly průběžně rozšiřovány o nová témata, doplňovány materiály poskytnutými Ministerstvem zdravotnictví (MZ) a rozesílány prostřednictvím Krizového štábu Olomouckého kraje do zasažených oblastí.

Ke dni 17. 9. 2024 byla v KHS zřízena pro potřeby dotazů veřejnosti telefonní a e-mailová povodňová informační linka, na které bylo do 14. 11. 2024 evidováno celkem 188 dotazů. Všechny dotazy občanů, podnikatelů a zástupců obcí, jakož i odpovědi KHS byly evidovány a zpřístupněny zaměstnancům KHS pro další praktické využití.

KHS aktivně spolupracovala s provozovateli vodovodů pro veřejnou potřebu (vodovodů) za účelem zjišťování aktuálních informací o provozu jednotlivých vodovodů a jejich součástí (zdroje vody, vodojemy, úpravy vody, vodovodní řady apod.), včetně zajištění náhradního zásobování pitnou vodou nebo nastavení preventivního převařování vody.

KHS se od počátku mimořádné události aktivně zapojila a plnila příslušné úkoly v Povodňové komisi Olomouckého kraje a Povodňové komisi města Olomouce, které se staly součástí Krizového štábu Olomouckého kraje a Krizovém štábu města Olomouce. KHS byla rovněž

v aktivním kontaktu se starosty obcí či krizovými štáby ohrožených nebo postižených obcí. Intenzivní komunikace a spolupráce probíhala také s integrovaným záchranným systémem. První celodenní výjezd zástupce KHS do zasažených oblastí Šumperska a Jesenicka proběhl spolu s hasičským záchranným sborem dne 14. 9. 2024 (sobota), kdy byla přímo na krizových štábech obcí komunikována problematika pitné vody.

Zaměstnanci KHS v pracovní dny, počínaje týdnem od 16. 9. 2024, denně vyjížděli do postižených oblastí, kde řešili přímo v terénu dopad povodní zejména na provoz škol a školských zařízení, zdravotnických zařízení, sociálních služeb, ubytovacích kapacit a provozoven stravovacích služeb. Důležitou roli sehrála KHS také v zajištění pracovních podmínek na skládkách odpadů po povodních či v osvětě likvidace stavební sutě s rizikovým a zdraví nebezpečným azbestem. Z každého výjezdu byl v týž den zpracován stručný report se zhodnocením aktuální situace a souhrnem zjištění, které sloužily pro potřeby jednání krizových štábů. Nedílnou součástí výjezdů byl monitoring všech 10 evakuačních center na Jesenicku (kapacita 395 osob, 124 ubytovaných k 23. 9. 2024).

Ve dnech 20. 9. 2024, 21. 9. 2024 a 23. 9. 2024 KHS monitorovala vodou zaplavená potenciální líníště komárů v oblasti Litovelského Pomoraví a přilehlých lokalitách a dále líníště v povodí řeky Bečvy. Monitoring probíhal z důvodu poměrně příznivých podmínek pro kalamitní vývoj komárů v tomto nezvykle podzimním období. S ohledem na výsledky monitoringu a zjištění zvýšeného rizika výletu kalamitních komárů se KHS podařilo zajistit dodávku larvicidního přípravku (Vectobac). Získané přípravky byly obratem distribuovány dotčeným obcím a využity pro ošetření rizikových líníšť a lokalit v blízkosti lidských obydlí.

KHS aktivně spolupracovala s médii a vydávala tiskové zprávy k tématu povodní, např. byla řešena problematika onemocnění virovou hepatitidou A (VHA), očkování dobrovolných hasičů nebo kvalita vody.

Očkování

Opatřením obecné povahy, za účelem prevence vzniku a šíření infekčního onemocnění VHA, vyhlásila KHS 26. 9. 2024 mimořádné očkování pro všechny členy sboru dobrovolných hasičů (SDH), kteří dosud nebyli proti VHA očkovaní a podíleli se, podílí nebo se budou podílet na likvidaci následků povodní na území Olomouckého kraje. Dobrovolné očkování proběhlo od 28. 9. 2024 do 16. 10. 2024 v Nemocnici Šumperk, a.s. a Fakultní nemocnici Olomouc. Pro zvýšení dostupnosti očkování v nejvíce zasažených oblastech Jesenicka, vyjel ve dnech 10. 10. 2024 a 15. 10. 2024 do odlehlých lokalit kraje mobilní očkovací tým šumperské nemocnice. Naočkováno bylo 317 členů SDH.

Další mimořádné očkování proti VHA bylo KHS opatřením obecné povahy z 18. 10. 2024 zajištěno u 12 poskytovatelů zdravotních služeb pro děti a dorost v 16 ordinacích, v termínu do 30. 11. 2024. Dobrovolnému očkování se mohly podrobit dosud neočkované děti ve věku od 3 do 15 roků, které pobývaly v povodněmi zasažených oblastech. Naočkováno bylo 736 dětí.

Jakost vody ve studních

Pracovní skupina KHS se k problematice jakosti vody ve studních setkala 17. 9. 2024. V rámci setkání byl intenzivně komunikován a následně navržen rozsah laboratorního rozboru vzorku vody ze studny (*Escherichia coli*, intestinální enterokoky, *Clostridium perfringens*, koliformní bakterie, mikroskopický obraz – počty, mikroskopický obraz – živé organismy, pach, pH, zákal, barva, amonné ionty, dusičnany, TOC), včetně návrhu kalkulace odběru, transportu, laboratorní analýzy vzorku vody a vyhotovení protokolu o zkoušce. Závěry z pracovního setkání byly KHS předány MZ.

MZ zaslalo dne 23. 9. 2024 na KHS pokyny k zajištění bezplatných rozborů vod ze studní včetně stanovení laboratorních analýz v námi navrženém rozsahu. Tyto pokyny KHS distribuovala prostřednictvím Krizového štábu Olomouckého kraje do jednotlivých obcí a rovněž zveřejnila na webových stránkách KHS a Olomouckého kraje. Téhož dne KHS vyhotovila do místních rozhlasů jednotlivých obcí zprávu pro občany o možnosti a pravidlech bezplatné kontroly jakosti vody ze zasažených studní.

Do bezplatných kontrol jakosti vod byly zařazeny všechny studny objektů využívaných k bydlení, které byly přímo zasaženy povodní nebo se v jejich oblasti povodně nacházely (voda ve studni zapáchala, byla zkalená, změnila barvu nebo chuť) a samotnému odběru předcházely sanační práce a dezinfekce uvedeného zdroje vody. Studna musela být jediným zdrojem pitné vody a odpovídat požadavkům na zdravotně technické zabezpečení. Zdarma bylo prováděno pouze první vyšetření jakosti vody. Koordinátorem kontrol byla KHS, participujícím partnerem byla obec a ZÚ.

Dle pokynů MZ probíhala kontrola jakosti vod ze studní od 23. 9. 2024 do 15. 12. 2024. O bezplatné vyšetření vzorků vod KHS požádalo 40 obcí. Seznamy zasažených studní byly starosty či jimi pověřenými osobami zasílány na KHS na k tomuto účelu zřízenou e-mailovou adresu. Součástí předaného seznamu bylo čestné prohlášení obce, že studny uvedené na seznamu splňují podmínky, jejichž splněním je podmíněno provedení bezplatné kontroly. Jakmile KHS seznam obdržela, vyhotovila pro danou obec hromadnou objednávku k odběru, transportu a laboratorní analýze vzorků vod a tuto objednávku předala na ZÚ. ZÚ kontaktoval osoby (majitele studní) uvedené v seznamech nebo zástupce obcí ke stanovení termínu odběrů, které potom zajistil.

V součinnosti se ZÚ bylo vyšetřeno 1 034 vzorků vod ze studní. Z tohoto počtu pouze 90 vzorků (8,7 %) splňovalo požadavky na jakost pitné vody. U zbývajících 944 vzorků (91,3 %) byla zjištěna mikrobiální nebo chemická kontaminace, nejčastěji se jednalo o ukazatele *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, intestinální enterokoky, koliformní bakterie, dusičnany nebo celkový organický uhlík.

Na základě výsledků laboratorních analýz uvedených v protokolech o zkoušce vypracovala KHS jednoduché zhodnocení zdravotního rizika z nejakostní pitné vody a doporučení k nápravným opatřením, která byla ve spolupráci s obcemi předána majitelům studní k realizaci potřebných kroků pro zajištění zdravotně nezávadné pitné vody. Hromadné vyhodnocení jakosti vody ve studních dle jednotlivých seznamů obcí s nastavenými doporučenými nápravnými opatřeními byla zasílána KHS e-mailem jednotlivým obcím. U studní s nevyhovujícím výsledkem byla možnost po provedení doporučených sanačních prací požádat o druhý, kontrolní rozbor, hrazený z finančních prostředků Olomouckého kraje.

Jakost vody ve vodovodech

Vzhledem k tomu, že v Olomouckém kraji byla povodňová vlna na Šumpersku a Jesenicku velmi intenzivní, zabývala se dne 24. 9. 2024 pracovní skupina KHS i možností provedení doplňkového monitoringu jakosti vody ve vodovodech předemětné lokality a navrhla tak metodiku monitoringu jakosti vody se stanovením rozsahu laboratorních analýz, určením míst odběrů vzorků, včetně návrhu kalkulace a odhadu nákladů. Doplňkový monitoring KHS komunikovala s MZ, které monitoring schválilo a zajistilo finanční prostředky na jeho provedení.

Cílem dvoukolového monitoringu bylo zajištění předcházení akutního poškození zdraví spotřebitelů z mikrobiálně kontaminované vody ve vodovodech a posílení důvěryhodnosti občanů v jakost kohoutkové pitné vody v povodni zasažených oblastech Šumperska a Jesenicka a dále ověření, že voda ve vodovodech po povodních odpovídá požadavkům vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů (vyhláška č. 252/2004 Sb.).

Do monitoringu KHS zařadila 27 vodovodů zajišťujících zásobování pitnou vodou pro více jak 45 000 obyvatel. Z uvedeného počtu vodovodů bylo 16 vodovodů zásobujících obce s více jak 500 obyvateli a 11 vodovodů zásobujících vodou obce s méně jak 500 obyvateli. V 5 případech byla zdrojem vody pro vodovod voda povrchová, ve 3 případech se jednalo o zdroj vody smíšený a v 19 případech byl zdroj vody podzemní. Mezi monitorované vodovody byly zařazeny vodovody zasažené extrémními srážkami, nebo jejichž zdroje vody mohly být či byly zasaženy splachy z okolních polí, luk a lesů nebo úprava vody byla mimo provoz, v neposlední řadě se jednalo o vodovody s poškozenými odběrnými objekty nebo kde hlavní vodovodní řád, splašková kanalizace event. vodovodní síť i po částečném či úplném zprovoznění nebyly stabilní.

Počet míst odběrů byl zvolen v závislosti na počtu zásobovaných obyvatel. V obcích nad 500 obyvatel bylo vytipováno 5 míst odběrů. Vždy se jednalo o školská zařízení, zařízení poskytovatele zdravotních nebo sociálních služeb, podnikatelský subjekt (přednostně výroba potravin nebo poskytování stravovacích služeb), zařízení ubytovacích služeb a evakuační středisko. U obcí do 500 obyvatel byla zvolena 3 místa odběrů, a to vždy trvalé místo odběru určené provozním řádem vodovodu a další 2 místa dle aktuální situace v obci. Monitoring probíhal v úzké kooperaci se ZÚ.

Laboratorní analýzy byly provedeny v rozsahu kráceného rozboru dle Přílohy č. 5 Tabulky A (mikrobiologie s ovlivněním povrchovou vodou; chemie) vyhlášky č. 252/2004 Sb., doplněn byl ukazatel *Clostridium perfringens* a ukazatel volný chlor.

V rámci 1. kola vzorkování, které bylo zahájeno 8. 10. 2024, bylo odebráno 115 vzorků, přičemž ve 35 případech (30,4 %) byla zjištěna mikrobiální kontaminace vody. Nejčastěji byly identifikovány ukazatele intestinální enterokoky (nejvyšší nález 19 KTJ/100 ml), *Escherichia coli* (nejvyšší nález 26 KTJ/100 ml), koliformní bakterie (nejvyšší nález nad 100 KTJ/100 ml), počty kolonií při 22°C (nejvyšší nález nad 300 KTJ/ml) a počty kolonií při 36°C (nejvyšší nález nad 300 KTJ/1 ml).

Další odběry vzorků vod v rámci 2. kola monitoringu proběhly 25. 11. 2024. Vzorky vody byly odebrány po provedených sanačních opatřeních na vodovodech ve všech 35 případech, kde kvalita vody v 1. kole neodpovídala ve sledovaných ukazatelích vyhlášce č. 252/2004 Sb. Laboratorní analýzou bylo zjištěno, že kvalita vody ve 33 případech splňovala požadavky na jakost pitné vody. Ve 2 případech byla zjištěna přetrvávající kontaminace bakteriemi *Escherichia coli* (1 KTJ/100 ml) a koliformními bakteriemi (nejvyšší hodnota 19 KTJ/100 ml). Provozovatelé těchto vodovodů provedli okamžitá nápravná opatření směřovaná k zajištění jakosti pitné vody, což KHS doložili laboratorními rozborů.

Bezpečnost pitné vody a zdravotní rizika

KHS nezaznamenala v souvislosti s povodněmi žádné epidemické výskyty infekčních onemocnění spojených s nejakostní pitnou vodou.

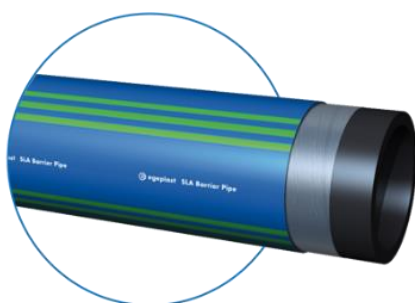
Využití bariérového PE potrubí pro ochranu pitné vody před sekundární kontaminací

Ing. Daniel Šnajdr

egeplast international GmbH

Abstrakt

Bariérové PE potrubí představuje moderní řešení, které účinně zabraňuje permeaci – pomalému procesu transportu nebezpečných látek pevnou látkou. Tento inovativní materiál zajišťuje spolehlivou ochranu pitné vody proti kontaminaci z okolního prostředí. V přednášce bude podrobně vysvětlen princip této ochrany, certifikace podle normy BRL 17101 provedené společností KIWA a klíčové aspekty montáže, které zajišťují integritu a funkčnost potrubí, včetně spolehlivosti svárů.



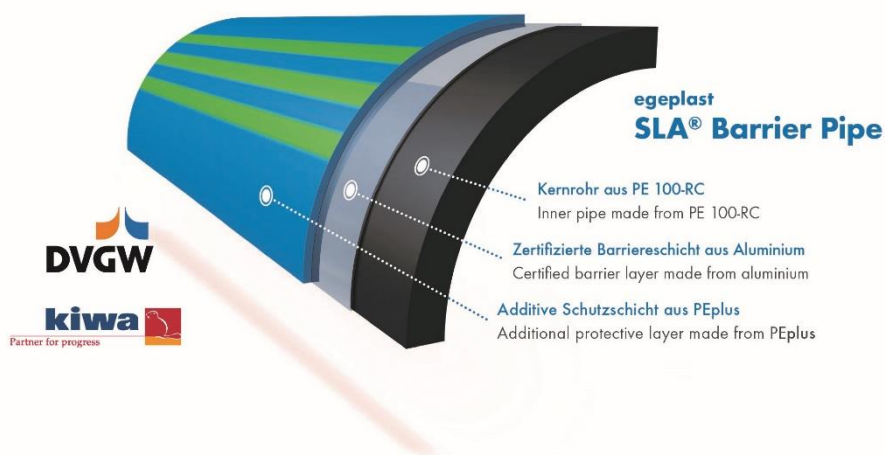
Budou představeny možnosti využití bariérového potrubí ve vodárenství, zejména v rizikových oblastech, jako jsou zátopová území, skládky odpadů, vojenské újezdy, čerpací stanice, chemický průmysl, sklady pohonných hmot nebo intenzivně obhospodařovaná zemědělská půda. Součástí prezentace budou také reference a zkušenosti ze zahraničních projektů, které ilustrují přínosy tohoto řešení v praxi.

SLA® Barrier Pipe od společnosti egeplast je bezpečné a osvědčené řešení pro zajištění čisté pitné vody v potrubních systémech vedených kontaminovanou zemínou. Díky 30 letům praktického používání nabízí egeplast kompletní systém včetně odpovídajících spojovacích prvků pro rychlou a snadnou instalaci, například metodou horizontálního vrtání.

Již v roce 1984 vyvstala otázka, jak využít četné výhody polyetylenových potrubních systémů z hlediska instalace a provozní bezpečnosti i v kontaminované půdě a v aplikacích, kde je požadována životnost potrubí přesahující 50 let. V Nizozemsku se totiž ukázalo, že v některých případech, kdy byly ve vysoce přehnojené půdě použity standardní PE trubky, došlo během dlouhé doby ke zhoršení chuti vody.

Společnost egeplast, poháněná duchem skutečného inovátora, tehdy zahájila vývoj první ochranné trubky své doby. Tento produkt byl neustále zdokonalován a postupně vedl k vytvoření dnešního potrubí SLA® Barrier Pipe. Tato inovace zákazníkům poprvé umožnila využívat vícevrstvé polyetylenové potrubní systémy pro moderní inženýrské stavby i v silně kontaminované půdě efektivně a ekonomicky výhodně. Hliníková bariérová vrstva, kterou je potrubí opatřeno, účinně zabraňuje pronikání nebezpečných látek do vnitřního prostoru potrubí a tím chrání pitnou vodu před znečištěním.

Obr. 1: Potrubí egeplast SLA® Barrier Pipe je bezpečné a osvědčené řešení pro přepravu čisté pitné vody v kontaminované zemině.



V roce 1988 nizozemský zkušební institut KIWA po rozsáhlém testování a vývoji vytvořil první zkušební normu pro PE trubky s hliníkovou bariérovou vrstvou odolnou proti difuzi. Tato norma rozšířila tehdejší stav techniky a byla nazvána: "Zkušební postupy pro hodnocení propustnosti trubek s hliníkovou laminací". Stala se základem pro dnes platnou normu BRL 17101, která definuje požadavky na certifikaci bariérových trubek s hliníkovou vrstvou. SLA® Barrier Pipe tyto požadavky plně splňuje i pro nejvyšší ochrannou třídu III.

Ve spolupráci s mezinárodními partnery se společností egeplast podařilo vyvinout přesně odpovídající a spolehlivé spojovací prvky. Například společnost Conval uvedla již v roce 1995 na nizozemský trh mosazné spojky, které byly rovněž certifikovány institutem KIWA. Mezi další inovace patřila také vhodná metoda pro vytváření spolehlivého a pružného opláštění po svařování trubek, který funguje i při použití metody horizontálního vrtání.

Společnost egeplast navíc dodává kompletní systém tvarovek, jako jsou kolena a odbočky, a je schopna vyrábět také zakázkové komponenty s hliníkovou bariérovou vrstvou ve svém vlastním oddělení výroby tvarovek.

Tento vývoj je výsledkem desetiletí zkušeností s projekty SLA® Barrier Pipe. Stejně jako v roce 1995, i dnes jsou zákazníci společnosti egeplast nadšeni vysokou kvalitou systému SLA® Barrier Pipe a pokračují v jeho používání s důvěrou v jeho osvědčenou spolehlivost.

SLA® Barrier Pipe má řadu výhod oproti jiným řešením:

- Certifikace pro nejvyšší ochrannou třídu III dle KIWA
- Výroba podle standardu PAS 1075
- Testováno podle nejprísnejších hygienických norem (např. DK Water)
- Kompletní systém včetně kolen, odboček a osvědčených spojovacích prvků
- Ekologická instalace s úsporou nákladů a času díky bezvýkopovým technologiím
- Individuální řešení díky různým kombinacím materiálů pro různé aplikace a podle požadavků zákazníka (např. pro náročné půdní podmínky, barevné značení média)
- Bezpečná přeprava pitné vody a citlivých médií v oblastech ohrožených kontaminací
- Ochrana životního prostředí díky bezpečné přepravě médií, která mohou ohrožovat vodu a přírodu, včetně chemicky znečištěných odpadních a procesních vod či nebezpečných plynů
- Dlouhé dodávané délky (několik set metrů dle rozměru), nízká hmotnost
- Potvrzené bariérové vlastnosti od KIWA – i při testech s látkami, jako je trichlorethylen (TCE)
- Odolná hliníková bariérová vrstva vůči povětrnostním vlivům a mořské vodě

Již 30 let chráníme pitnou vodu díky SLA® Barrier Pipes a pokračujeme v našem poslání.

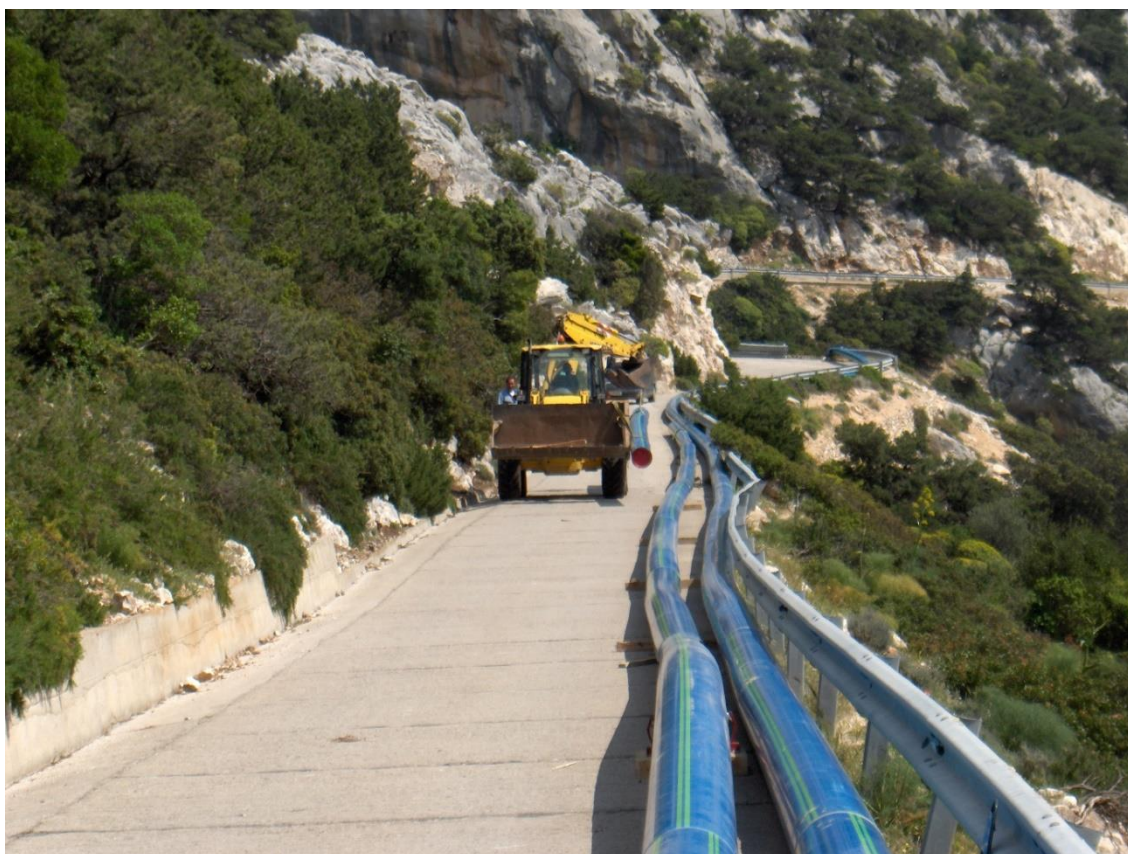
Obr. 2 (2000): *Obnova vodovodní sítě v dunách ostrova Helgoland. Instalace chráničky pomocí SLA® Barrier Pipes pro přívodní a odpadní potrubí pod mořským dnem.*



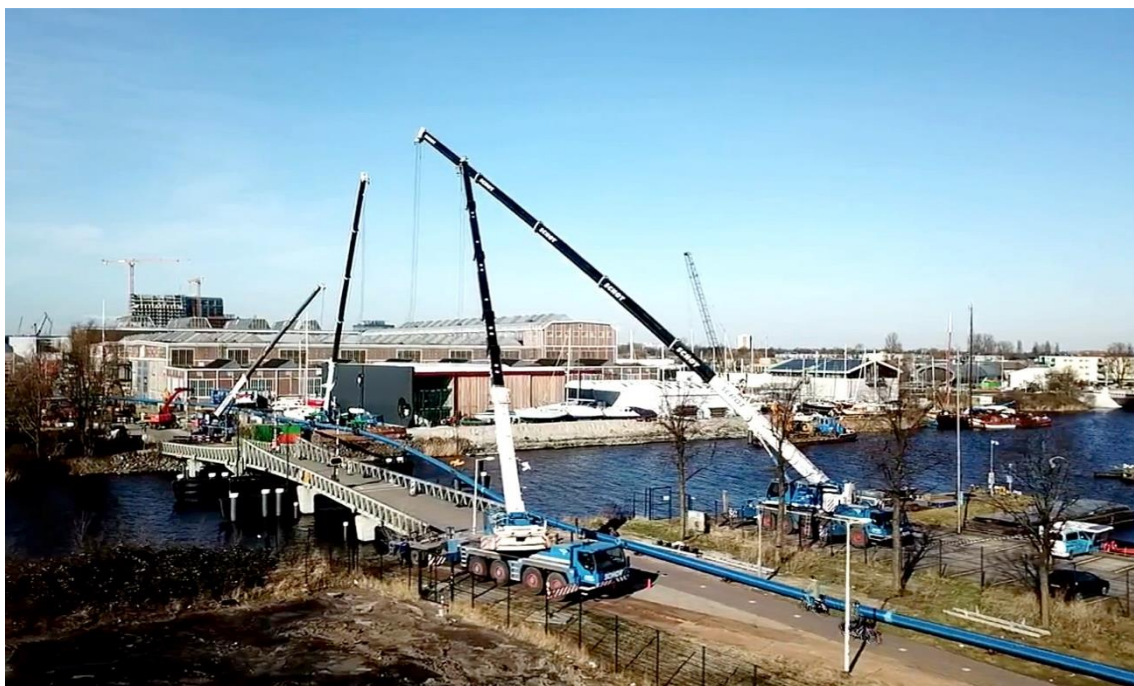
Obr. 3 (2001): *Bezvýkopová pokládka SLA® Barrier Pipes v chemicky kontaminovaném vodním toku poblíž Osla.*



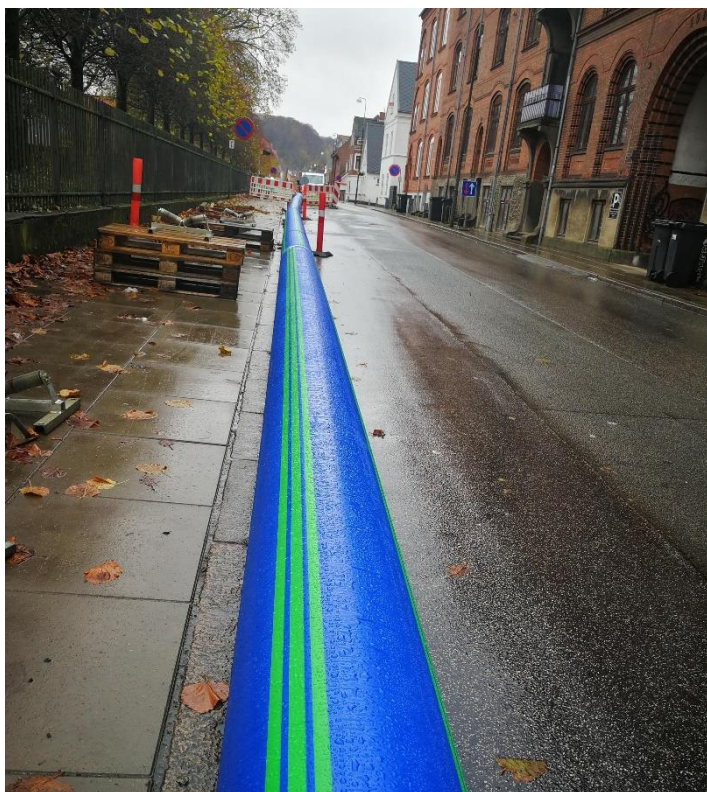
Obr. 4 (2006): Nové vodovodní potrubí s použitím SLA® Barrier Pipes na Sardinii.
Potrubí bylo instalováno metodou horizontálního směrového vrtání (HDD).



Obr. 5 (2018): Nový vodovod pro moderní čtvrť v Amsterdamu, instalovaný na místě bývalé loděnice metodou HDD.



Obr. 6 (2019): Výměna starého vodovodního potrubí v dánském městě Vejle metodou HDD. Město se rozhodlo chránit pitnou vodu před rizikem kontaminace znečištěnou zeminou.



Obr. 7 (2019): Nové propojení ostrovů Bygdøy a Hovedøya v Osloském fjordu s vodovodní sítí. I město Oslo si pro tento projekt vybralo potrubí SLA® Barrier Pipes.



Postup certifikace KIWA a požadované testy pro bariérová potrubí a spoje

Pro získání certifikace KIWA pro bariérová potrubí a spoje se provádí **studie permeace**. Tato studie je klíčová pro stanovení bariérových vlastností potrubí a spojů a pro zajištění, že splňují potřebné standardy. Postup zahrnuje následující kroky:

1. Analýza konstrukce potrubí a spojů

- Provádí se podrobná analýza konstrukce potrubí, spojů a bariérových materiálů za účelem posouzení jejich vhodnosti pro zamýšlené použití.

2. Testy permeace

- **Immersion testy (ponoření):** Tyto testy se provádějí na bariérových materiálech samotných, čímž se testuje jejich schopnost odolávat permeaci škodlivými látkami.
- **Bottle testy:** Tyto testy se provádějí na kompletním potrubí a spojkách za účelem hodnocení celkové odolnosti proti permeaci.
- Používají se tři modelové kapaliny:
 - **Toluene** (toluen)
 - **Trichloroethylen** (trichloroethylen)
 - **p-Dichlorobenzene** (p-dichlorobenzen)
- Tyto látky představují široké spektrum organických znečišťujících látek, které se mohou v praxi vyskytnout.

3. Požadavky na permeaci

- Požadavek na permeaci pro bariérové potrubní systémy (potrubí a spoje) je stanoven na **C24h < 1,0 µg/l**. To znamená, že koncentrace každé modelové látky v pitné vodě musí být po 24hodinovém odstávce po celou dobu životnosti systému nižší než 1 mikrogram na litr.
- Pokud testy permeace splňují tento požadavek, je systém považován za bezpečný a certifikovaný pro ochranu pitné vody.

4. Třídy permeace

- Certifikace BRL K17101 a K17102 definuje čtyři třídy na základě úrovně znečištění půdy:
 - **Třída 0:** Čistá půda
 - **Třída I:** Půda s nízkou koncentrací znečišťujících látek
 - **Třída II:** Znečištěná půda
 - **Třída III:** Silně znečištěná půda
- Pro **třídy 0 a I** lze použít potrubí bez bariérových vrstev, pro které se neprovádí testy permeace. U třídy I se bariérové potrubí pouze doporučuje.

5. Testy těsnosti

- Kromě testů permeace se provádějí **testy těsnosti** pomocí helia a lahvových testů. Tyto testy hodnotí odolnost bariérového potrubí, spojů a armatur proti deformacím způsobeným ohybem, tlakem a kompresí, které mohou nastat při transportu, instalaci a provozu.
- Tímto způsobem je zajištěno, že potrubní systém zůstane těsný i po deformacích, které mohou nastat během instalace nebo provozu.

6. Požadavky na pitnou vodu

- Potrubí, spoje a armatury musí také splňovat **národní požadavky na pitnou vodu v Nizozemsku** (ověřeno ochranným znakem KIWA) a mechanické požadavky uvedené v:
 - **BRL K17101 / K17102 / EN 12201-2** (pro vnitřní potrubí)
 - **UV odolnost** (pro ochrannou vrstvu)
 - **BRL K17101 / K17102 / EN 12201-3** (pro armatury)
 - **BRL K17101 / K17102 / EN 12201-5** (pro spoje, mechanické i svarové)

7. Kontrola kvality a audit

- Místa výroby certifikovaných bariérových potrubí a armatur podléhají auditům, aby bylo zajištěno, že splňují požadované kontrolní standardy kvality.
- **Roční inspekce** se provádějí v produkčních zařízeních, minimálně dvě návštěvy ročně, během nichž jsou odebírány vzorky pro další testy (např. tlakové testy, testy těsnosti).
- Jakékoliv změny v certifikovaných produktech jsou povoleny pouze po posouzení a schválení KIWA, aby byla zachována integrita certifikace.

Závěr

- Tento certifikační proces zajišťuje, že bariérová potrubí a spoje splňují **nejvyšší standardy kvality** pro **odolnost** a **účinnost** v ochraně pitné vody. Testy a kontrolní opatření poskytují jistotu, že produkty jsou **vysoké kvality** a budou spolehlivě fungovat po celou očekávanou životnost 100 let.

Další informace a vysvětlení o (technickém) pozadí a požadavcích BRL K17101 a K17102 naleznete v dopise KIWA „Kvalita certifikovaných bariérových trubek KIWA ve znečištěné půdě“ a v průvodním dokumentu dostupném na webových stránkách KIWA:

[20210930-guidance-document-brl-k17101-and-k17102.pdf](#)

Pokud máte jakékoli další dotazy nebo potřebujete více informací, neváhejte nás kontaktovat.



I takto mohou vypadat projekty ...

Ing. Miroslav Pflieger

technicko-výkonný ředitel
SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o.
www.pamlinecz.cz

V rámci mého příspěvku bych se rád s Vámi podělil o některé z projektů, které naše jsme v minulých letech pomáhali realizovat. Jde o projekty z celého světa a doufám, že Vás zaujmou svou výjimečnou velikostí, technickým řešením nebo složitými způsoby transportu trubek atd. Lze ale jednoznačně říci, že v našich podmínkách by byly nerealizovatelné i když v některých případech lze možno brát tyto projekty jako inspiraci pro použití u nás.

TAKSEBT (Alžír)

Vzhledem k požadavkům na pitnou vodu se realizoval přivaděč, který přivádí vodu z přehrady Taksebt do města Boudouaou. Přivaděč měl celkově délku 90 km. Byly zde navrženy dva naše největší vyráběné profily a to DN 1800 a 2000. Část DN 1800 měřila cca 20 km, zbytek byl realizován v profilu DN 2000. Z hlediska výroby se muselo odlít v rekordní krátké době celkově téměř 10 tisíc kusů trubek v základní ochraně a přes 1100 ks bylo provedeno ve vnější speciální protikorozi ochraně z polyuretanu. Pro výrobu trubek větších než 1100 mm je k dispozici pouze jeden odlévací stroj, což zaměstnalo výrobu na několik měsíců.



Doprava trubek z výroby byla naplánována tak, aby veškeré dodávky proběhly během 21 měsíců. Byla využita kombinace železniční a kamionové dopravy. Trubní materiál byl dovezen do přístavu v belgických Antverpách, naložen na loď a po doplutí do přístavu v Alžíru (hlavní město Alžírské demokratické a lidové republiky, rozlohou největší země v Africe / 10. největší země na světě). Zde se trubky opět přeložili na kamiony, které je dovezli 40 až 120 km na místo montáže.

Samotná instalace trubek probíhala velice rychle, denně se dosahovalo rychlosti montáže až 50 trub, což znamenalo cca 400 m. V takto velkých profilech jsou podmínky pro montáž zcela specifické, např. pro krácení trubek a výrobu seků byly použity automatické řezací stroje.

Základní technická data trubního materiálu: Hmotnost vodovodní trubky z tvárné litiny DN 1800 délky přes 8 metrů je 8,2 tuny, u DN 2000 je to téměř 10 tun. Hmotnost vodovodního těsnicího kroužku z EPDM v DN 2000 je 72 kg.

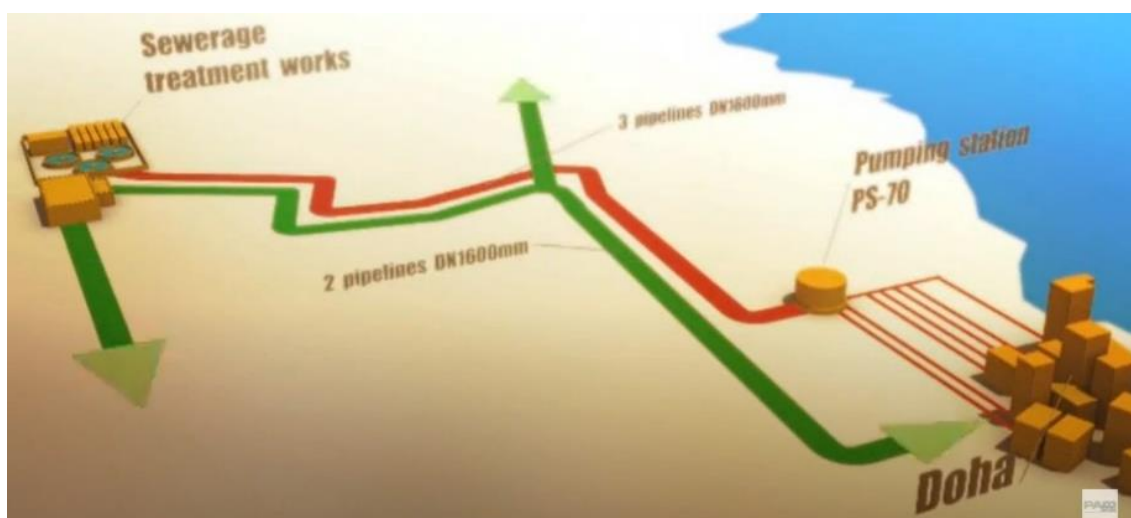
DAUHÁ (Katar)

V monarchii Katar (dynastie Ál Thání od roku 1825) sice žije 2,3 milionu obyvatel, ale Katarské občanství má pouze 300 tisíc z nich. Dauhá je hlavní město Kataru, kde žije kolem 1,4 milionu lidí. Díky obrovským nárokům na zavlažování v zemědělství ale i na velké množství fontán, městských nádrží apod. je potřeba vody na člověka cca 250 m³/rok, což znamená 684 l/den. Proto se využívá každá možnost, jak získat vodu obzvlášť v takto „suché“ zemi.

Projekt Dauhá zahrnoval odvod odpadní vody z hlavního města, která se shromažďovala v čerpací stanici, ze které byl navržen kanalizační výtlak dlouhý 25 km do čistírny odpadních vod. Tento výtlak se realizoval z trojřadu kanalizačního potrubí z tvárné litiny DN 1600 mm. Vyčištěná voda se pak následně opět potrubím DN 1600 zpětně rozváděla do míst, kde byla využita primárně pro potřeby zemědělství nebo průmyslu.

Základní technická data trubního materiálu:

Hmotnost kanalizační trubky z tvárné litiny DN 1600 délky přes 8 metrů je 7 tun. Kanalizační těsnicí kroužky jsou vyrobeny z nitrilu vzhledem k velké odolnosti proti odpadním látkám.



BILWI (Nikaragua)

Město Bilwi se nachází na karibském pobřeží Nikaraguy. Vzdálené od zbytku země nemělo dříve účinný systém dopravy pitné vody. V této době mělo studnu jen zhruba polovina obyvatel, řešili každodenní problémy s nedostatečným zásobováním a kvalitou vody, nedostatek pitné vody bylo nahrazován dovozem vody buď v cisternách nebo ve velkých barelech. Proto nikaragujská vláda v roce 2009 s pomocí evropských partnerů připravila velký projekt výstavby infrastruktury, který by městu Bilwi poskytl dostatečnou síť pitné vody. Čerpání vody bylo navrženo z řeky Likus, která se nachází 36 km od Bilwi. Projekt byl první řadě, celkově se plánuje zásobit pitnou vodou cca 160 tisíc obyvatel.

Největším problémem tohoto projektu se ukázala dostupnost do místa stavby, protože mezi hlavním přístavem Puerto Corinto a městem Bilwi byla pouze částečně zpevněná silnice. Navíc by se jednalo o dovoz materiálu přes 600 kilometrů, doprava by byla zdlouhavá a nebezpečná. Proto byla navržena lodní doprava přes Karibské moře přímo k městu Bilwi. Místní přístav byl ale příliš mělký pro zámořské nákladní lodě. Řešením se stala kombinace lodních doprav, kdy nákladní lodě ukotvily cca 3 kilometry od břehu, trubní materiál byl přeložen na moři na menší lodě, které už byly schopné zakotvit v místním přístavu. Z přístavu pak už bylo využito kamionové dopravy.

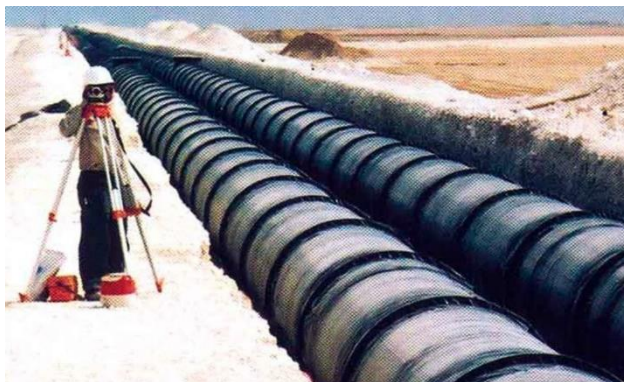
Základní technická data projektu: Hmotnost vodovodní trubky z tvárné litiny DN 500 délky 6 metrů je 667 kg. Dodáno bylo celkem 15 tis. trubek, což znamenalo celkem 10 tis. tun materiálu.



SHUWEIHAT - ABÚ ZABÍ (SAE)

Abú Zabí je posledních letech silně se rozvíjející město, které vzniklo paradoxně v místě zdroje vody někdy kolem roku 1793. Nároky na pitnou vodu se zvyšují se silně přibývajícím počtem obyvatel a zvyšujícím se turismem, což je spojeno s větší potřebou pitné vody, ale i vody pro závlahy a zemědělství.

Projekt přiváděče pro hlavní město využívá vodu z odsolovacího zařízení Shuweihat. Tento obrovský komplex zahrnuje celkem 3 elektrárny o kapacitě 4,8 GW elektrické energie (JE Temelín má kapacitu 2,2 MW) a zmíněné odsolovací zařízení o kapacitě přes 450 tis. m³ pitné vody denně.



Byla navržena 2 souběžná potrubí DN 1600, každé v délce 234 km. Celkem bylo tedy dodáno 486 km trubek DN 1600, dále navíc 26 km profilů DN 400 až 1200 mm. Kontrakt zahrnoval i dodávku tvarovek a armatur. Zároveň bylo dodány šachtové poklopy, u kterých byla poprvé použita kataforézní epoxidová ochrana povrchu.

U trubek byly použity kromě základní vnější ochrany i tzv. dodatečná ochrana (PE rukávec aplikovaný na místě) a z důvodu podzemní slané vody i speciální protikorozi ochrana z polyuretanu odpovídající normě EN 545.

Projekt byl dodán v rekordním čase 20ti měsíců. Dodávka čtyř nákladních lodí za měsíc si vyžádala kombinaci dodávek vlaky (10 vlaků / týden) a říčními loděmi (4 lodě / měsíc).

Základní technická data projektu: Dodáno bylo přes 58 tis. ks trubek DN 1600, 4 tis. trubek v profilech od DN 400 do DN 1200, přes 8.200 tvarovek, 2.200 armatur a 2.000 poklopů.

LA VIBORA MARBELLA (Španělsko)

Španělsko je známé svým rozvinutým zemědělstvím. Je největším producentem oliv na světě, významné je pěstování vinné révy, citrusů, zeleniny, korkových dubů atd. Oblasti na jihu Španělska v tzv. autonomním společenství Andalusie jsou významné oblasti z hlediska produkce zeleniny (16 tisíc farem = fóliovníky na 30 tis. hektarech). Nejen toto území se obzvláště v poslední době potýká s nedostatkem závlahové vody. To nebylo jinak ani u projektu znovuvyužití vyčištěné vody pro zemědělské účely v provincii Malaga. Byl navržen výtlač DN 500 v celkové délce 12 km. Stejně jako další projekty v tomto segmentu bylo využito trubního systému určeného výhradně pro závlahové účely (obchodní značka Irrigal).

VAL CENIS (Francie)

Zimní střediska jsou v mnohých evropských státech pod nápořem stále většího počtu lyžařů. To znamená požadavek jednak na rozšíření rozlohy areálů a zároveň na zajištění dostatku sněhu nejen v typicky zimních měsících. To celkově přináší zvýšený požadavek na zasněžování, kdy je dodáváno vysokotlaké potrubí z tvárné litiny. Naše systémy (obchodního jména Alpinal) fungují v současné době ve více než 450ti evropských horských střediscích.

Podobná situace byla i u francouzského horského střediska Val Cenis blízko italských hranic v nadmořské výšce 1400 až 2300 m.n.m. Středisko navštíví ročně 300 tis. návštěvníků, komfort nabízí celkem 125 km sjezdovek, provoz střediska s 27 vlaky zajišťuje 170 sezónních zaměstnanců. Projekt výtlačů vody pro 200 sněžných děl navrhoval kompletní síť z vysokotlakých trubek určených pro tyto systémy. Z retenční nádrže vody v údolí se přivádí najímaná voda do kompresorové stanice, odkud se vytlačuje voda a vzduch do hor k jednotlivým dělům. Tlak v síti je v dolní části až 100 bar, přepravní objem je 25 m³ / h. Systém tvorby sněhu pracuje přirozeně při teplotách -3 až -20 °C.

Tento typ projektů se vyznačuje speciálními až extrémními podmínkami pro dopravu a montáž. Z hlediska dopravy není neobvyklé používat lanovky nebo vrtulník. Montáž probíhá samozřejmě v letních měsících. Ve skalnatém a příkrém terénu se pro většinu instalací trubek používá ruční montážní zařízení. Přirozené je i používání tzv. jištěných spojů, které bezpečně přenesou veškeré síly v potrubí a není nutné betonovat opěrné bloky, což by v mnoha případech ani nebylo možné.



TURKU (Finsko)

V městě Turku (nejstarší město Finska) žije přes 200 tis. obyvatel (320 tis s přilehlými oblastmi). Toto přístavní město je známé např. výrobou největších osobních lodí na světě (Oasis of the Seas apod.).

Turku se dlouhodobě potýkalo se špatným zdrojem vody. Proto byl navržen přivaděč z řeky Kokenmaeenjoki vzdálené cca 100 km. Voda, jímaná z řeky, je dopravena přivaděčem délky 40 km do úpravny, zde je napuštěna do šterkopískových lagun a pak je čerpána jako podzemní. Poté je dopravena do 60 km vzdáleného centrálního vodojemu v Turku (plocha 65 tis. m²), přes finální úpravnu vody je pak rozvody o profilu DN 1000 distribuována dál.



Pro dopravu trubek do přístavu v Antverpách (Belgie) bylo využito celkem 50 vlaků a 35 říčních člunů. Trubní materiál se pak lodí dopravil do přístavu v Turku (1 loď za měsíc) do vytvořeného distribučního skladu.

Jednalo se o největší trubní projekt ve Finsku, který zahrnoval výstavbu celkem 100 km dlouhého řadu DN 1200. Na trase se řešilo několik podchodů dálnice (zatahované potrubí do chrániček), několikrát se naplavovanou shybkou přecházeli řeky. Vzhledem k poloze probíhala montáž i v zimních obdobích, projekt byl dokončen během 3 let. Pro krácení trubek a výrobu seků byly použity automatické řezací stroje, celkem bylo provedeno přes 1000 řezů.

Základní technická data trubního materiálu: Hmotnost vodovodní trubky z tvárné litiny DN 1000 délky 7 metrů je 2,4 tuny. Bylo dodáno 13 tis. ks trubek o celkové hmotnosti 50 tis. tun a 500 ks tvarovek.

TUSSA (Norsko)

Norské království je známé kromě dalšího i mohutným využitím obnovitelné energie. Přes 90 % elektrické je vyráběno v celkem přes 1200 malých a středních vodních elektrárnách. Zbytek se vyrábí ve větrných nebo přílivových elektrárnách, pouze zlomek procenta vzniká spalováním biomasy nebo fosilních paliv.

Pro projekty mikro elektráren byl vyvinut systém trubek, tvarovek, armatur a příslušenství pod jednotným obchodním názvem Hydropam. Obvykle je v určitém místě toku vytvořeno jímací místo, ze kterého se potrubím přivádí v dostatečném spádu voda na turbínu. V horní části jsou obvykle nainstalovány automatické bezpečnostní klapky, které pomocí čidla reagují na zvýšení průtoku, což většinou signalizuje problém. Díky protizávaží se přírubová klapka automaticky zavře a ochrání tak technologii v dolní části přivaděče.

VRATSA (Bulharsko)

Největším projektem posledních desetiletí v Bulharsku byla náhrada 50 let starého přivaděče vody z vodní nádrže Sretčenska do města Vratsa (cca 60 tis. obyvatel). Potrubí z betonových trubek bylo nutné z důvodu velkých ztrát vyměnit a zároveň posílit jeho kapacitu. Specifikum řadu je přechod přes vrchovinu v nadmořské výšce okolo 700 až 800 m.n.m.

Projekt byl navržen z profilů DN 1000 a 800. Celkem šlo o 32 km dlouhý řad, kromě základní ochrany bylo přes 23 km potrubí dodáno s vnější ochranou z cementové malty (ozn. ZMU = Zementmoertel Umhuellung). Potrubí s vnější cementací bylo zvoleno z důvodu mechanické ochrany, jejíž odolnost by se využila v kamenitém prostředí, kdy by bylo obtížné dovážet tříděný obsypový materiál. Díky tomu se tak snížili náklady na nákup materiálu a na jeho dopravu.



Díky příznivé konstelaci profilů bylo možné při expedici použít systém vsazování trubky do trubky, v tomto případě DN 800 dovnitř trubky DN 1000. Díky tomuto systému se tak mohli dopravit dvě trubky najednou. To umožnilo snížení ceny dopravy a zároveň zrychlení dodávek (celý projekt dodán během jednoho roku). Byla nalezena možnost přímého lodního spojení, ale nikoliv po moři, ale přímo po evropských tocích. Doprava nákladními čluny vedla z místního přístavu v Toul postupně po řekách Mosela, Rýn, Mohan a Dunaj až do přístavu Lom v Bulharsku. Lodě naložené trubkami mohli tak vidět lidé v městech jako Trevír (nejstarší město Německa), Frankfurt na Mohanem, Norimberk, Linec, Vídeň, Budapešť nebo Bělehrad.

Celkem bylo dopraveno přes 4.700 ks trubek a téměř 1000 tvarovek DN 80 až 1000.

Problematika instalace požárních hydrantů v městech a obcích

Ing. Tomáš Bařina

Technický specialista marketingu VAG s.r.o.

Úvod

Hydranty hrají klíčovou roli v zajištění dodávky vody nejen pro hašení požárů, ale také pro provozní účely vodárenských společností. Vzhledem k jejich důležitosti podléhají přísným legislativním a technickým požadavkům, které zajišťují jejich bezpečnost, funkčnost a dlouhou životnost. Tento článek se zaměřuje na klíčové legislativní normy, hygienické a technické požadavky i konstrukční prvky hydrantů, které ovlivňují jejich provoz a spolehlivost a nabízí také několik doporučení z praxe.

1. Legislativní požadavky

Hydranty jsou nezbytnou součástí vodárenské infrastruktury, přičemž jejich využití sahá jak do oblasti požární ochrany, tak do provozních účelů vodárenských společností. Z tohoto důvodu se na ně vztahuje řada legislativních požadavků a norem, které určují jejich konstrukční vlastnosti, způsob certifikace a podmínky použití.

V praxi se setkáváme s tím, že laická veřejnost vnímá hydranty primárně jako zdroj vody pro hasiče nebo nouzový odběr. Pro vodárenské společnosti ale plní i další důležité úkoly, například odvodušňování, odkalování, vyprazdňování či tlakové odlehčení jednotlivých úseků vodovodní sítě.

1.1. Požadavky na hydranty dle normy ČSN EN 1074-6

Provozní hydranty, které jsou součástí vodárenské infrastruktury, podléhají požadavkům normy ČSN EN 1074-6 – Armatury pro zásobování vodou – Požadavky na použitelnost a jejich ověřování zkouškami. Tato norma stanovuje parametry jako konstrukční požadavky, hydraulické charakteristiky, těsnost, životnost, odolnost vůči předepsaným zkouškám či výkonnost odvodňovacího systému.

1.2. Požární hydranty a jejich certifikace


1015
VAG s.r.o. 695 01 Hodonín - CZ 08 (1015-CPR-B-02145-21)
EN 14384 NOVA 284 Nadzemní hydrant DN 80 & 100, PN 16 provedení AUD litina s kuličkovým grafitem Směr zavírání ve směru hodinových ručiček Těsnění vřetena a ovládání EN 1074-1 & -6 Počet otáček DN 80: mrtvý chod 4 / max. 10 DN 100: mrtvý chod 4 / max. 12 Krouticí moment [N.m] MOT 125, mST 250 Připojovací příruba EN 1092-2 Výtoková hrdla DIN 14318, 14319 Typ C Průtokový součinitel Kv [m ³ /h] DN 80: 1 x B = 110, 2 x B = 140 DN 100: 1 x B = 120, 2 x B = 210, 1 x A = 270

Pokud jsou hydranty (podzemní i nadzemní) vyčleněny jako zdroj požární vody v rámci požárního řádu obce nebo města, musí také splňovat požadavky následujících norem:

- ČSN EN 14339 – Požární podzemní hydranty
- ČSN EN 14384 – Nadzemní požární hydranty

Zároveň podléhají Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011, podle kterého musí výrobce nebo dodavatel deklarovat shodu hydrantu Prohlášením o vlastnostech. Toto prohlášení musí být doprovázeno zprávou o dohledu ne starší než 12 měsíců a hydranty musí být označeny značkou CE.

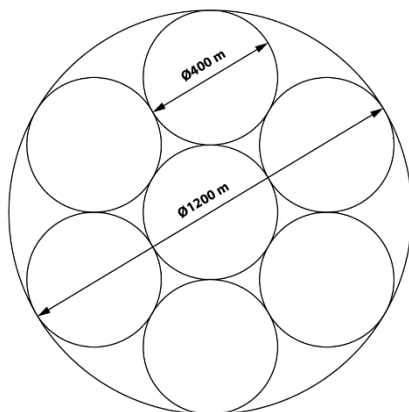
V praxi se často setkáváme s názorem, že Prohlášení o vlastnostech není potřeba, pokud hydrant nebude mít funkci požárního hydrantu. Tento názor je mylný, protože v okamžiku uvedení hydrantu na trh (například do velkoobchodu) není možné předem určit jeho konečné použití. Proto je nutné, aby každý hydrant splňoval všechny platné legislativní požadavky.

1.3. Hygienické požadavky na hydranty v rozvodech pitné vody

Pokud jsou hydranty instalovány na vodovody určené k distribuci pitné vody, musí splňovat hygienické požadavky stanovené ve Vyhlášce č. 409/2005 Sb. Tato vyhláška vyžaduje, aby hydranty měly hygienický certifikát vydaný českou akreditovanou osobou, která potvrzuje jejich vhodnost pro kontakt s pitnou vodou. Tento certifikát nelze nahradit osvědčením z jiné země.

1.4. Hydranty v městech a obcích

Města a obce jsou zodpovědné za zajištění vodních zdrojů pro hašení požárů a musí dbát na jejich nepřetržitou funkčnost dle Zákona o požární ochraně č. 133/85 Sb.. Zároveň jsou povinny zpracovat a vydat „Požární řád obce“ formou obecně závazné vyhlášky, která odpovídá ustanovením zákona o obcích (č. 128/2000 Sb.). Podobně provozovatelé vodovodů sestavují „Provozní řád vodovodu obce“ podle zákona o vodovodech a kanalizacích (č. 275/2013 Sb.), jehož součástí je také seznam hydrantů určených primárně pro hašení požárů.



Česká legislativa jasně preferuje využívání nadzemních hydrantů pro požární ochranu, což se odráží v maximálních povolených vzdálenostech od objektů. Pro nadzemní hydrant je stanovena vzdálenost 600 metrů, což umožňuje pokrytí plochy přes 1 km². Naproti tomu podzemní hydranty mohou být vzdáleny maximálně 200 metrů a pokryjí tedy výrazně menší území. Z toho vyplývá, že jeden nadzemní hydrant dokáže plochou nahradit nejméně sedm hydrantů podzemních.

1.5. Průtoková charakteristika hydrantů

Norma ČSN EN 1074-6 ukládá výrobcům povinnost definovat minimální objem vody, který hydrant propustí při tlakové ztrátě 0,1 bar mezi vstupem a výstupem. Pokud projekt požaduje určitý minimální průtok vody k zajištění dostatečného množství pro plnění hasičských cisteren, lze na základě výpočtů určit potřebný tlak v potrubí před hydrantem.

Výchozí vzorec pro výpočet průtokového množství vody je následující:

$$Q = K_v \times \sqrt{\Delta p}$$

Q požadované průtokové množství vody
 K_v průtokový součinitel při diferenciálním tlaku 1 bar
 Δp tlaková ztráta hydrantu

Pro standardní VAG NOVA 284 Nadzemní hydrant se dvěma B-výstupy by modelový příklad pro zjištění potřebného tlaku v potrubí vypadal např. takto:

Požadované množství vody Q	1900 l/min
Dynamický tlak pro hasičský vůz	1,5 bar
Tlaková ztráta hadic	2 × 0,4 bar
K _v hydrantu	140 m ³ /h = 2333 l/min
Δp = (Q / K _v) ² = (1900 / 2333) ²	0,66 bar

Min. tlak před hydrantem

$$1,5 + (2 \cdot 0,4) + 0,66 = 2,96 \text{ bar}$$

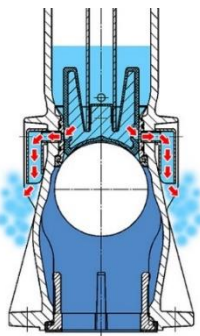
Vypočtená hodnota slouží jako klíčový parametr pro návrh celé vodovodní sítě, případně pro identifikaci míst, kde je nutné posílit tlakové poměry například instalací automatických čerpacích stanic (ATS).

2. Konstrukční prvky hydrantů**2.1. Dvojitý uzávěr s kuželkou a koulí**

Jako provedení s dvojitým uzávěrem je u hydrantů označováno konstrukční řešení, kde se pod kuželkou nachází ještě pogumovaná koule. Často se diskutuje o tom, zda je takovýto hydrantů nutné instalovat předřazené uzavírací šoupátko. Neexistuje žádné obecně závazné pravidlo, které by tuto otázku řešilo, a proto rozhodnutí o jeho použití závisí na interních předpisech konkrétní vodárenské společnosti.

Dvojitý uzávěr však přináší několik praktických výhod:

- zvýšení průtočného množství vody až o 15 % a snížení tlakové ztráty hydrantu díky eliminaci víření vody pod kuželkou,
- omezení vibrací (především u nadzemních hydrantů), což je zvláště důležité pro stabilitu hasicích systémů s vysokým provozním tlakem (např. v tunelech nebo průmyslových komplexech),
- vyšší bezpečnost při opravách, protože zpětný uzávěr zabraňuje nečekanému zvýšení tlaku při nesprávné manipulaci s hydrantem.



Dvojitý uzávěr je tedy významným benefitem zejména u nadzemních hydrantů, které jsou běžnou součástí protipožárních systémů.

Při uvádění hydrantů s dvojitým uzávěrem do provozu je nutné věnovat pozornost proplachování potrubí, neboť při snaze uspořit vodu někteří pracovníci hydranty otevřou pouze minimálně a mezi kuželkou a sedlem hydrantu může dojít k zachycení nečistot nebo kovových třísek z potrubí, což může po uzavření vést k netěsnosti nebo poškození hydrantu.

2.2. Zabezpečení proti vystřelení vnitřní sestavy

Vnitřní ovládací mechanismus hydrantu je upevněn například bajonetovým systémem, který zabraňuje jeho nečekanému uvolnění při náhlé změně tlaku během opravy. Tím se snižuje riziko zranění montéra. V Německu je tento bezpečnostní prvek povinný a patří mezi klíčová kritéria při výběru podzemních i nadzemních hydrantů.

2.3. Jednodílné těleso podzemní části

Někteří výrobci volí vícedílnou konstrukci podzemní části hydrantu, přičemž spojovací rovina bývá obvykle nad sedlem. Tento postup snižuje náročnost výroby a obrábění jednotlivých dílů, avšak vytváří potenciálně slabé místo z hlediska těsnosti hydrantu.

2.4. Nýtované spojení ovládací sestavy

Pro spojení vřetenové matice nebo kuželky s tyčemi ovládacího mechanismu se doporučuje použití nýtů z korozivzdorné oceli místo lisovaných spojů. Existují případy, kdy se lisovaný spoj uvolnil, což vedlo k nutnosti vykopat celý hydrant. U nýtovaného provedení lze při poškození kuželky či matice jednoduše nahradit pouze opotřebovanou část – stačí odbrousit nýt a nahradit jej nerezovým šroubem s maticí.

2.5. Ochrana výtoku podzemního hydrantu

Podzemní hydranty jsou vystaveny riziku zanesení výtoku šterkem a nečistotami, zejména pokud je víko hydrantu poškozené nebo chybí. Pryžňová manžeta na výtoku hydrantu zabraňuje pronikání nečistot dovnitř, aniž by negativně ovlivňovala průtok vody.

2.6. Integrované těsnění na přírubě

Hydranty s vestavěným těsněním na přírubě potrubí umožňují snadnou a bezpečnou instalaci. Tento konstrukční prvek zároveň snižuje riziko poranění montéra během montáže.

2.7. Definované místo lomu

Klasické hydranty s tuhým sloupem jsou do projektů obvykle voleny z důvodu nižších pořizovacích nákladů. Při rozhodování je však dobré zohlednit také míru rizika poškození hydrantu nárazem vozidla. Pokud totiž dojde k vyvrácení hydrantu, vznikají škody nejen na samotném zařízení, ale i na potrubí, jehož oprava vyžaduje výkop, výměnu hydrantu i dalších prvků vodovodní sítě. Použití hydrantů s konstrukcí umožňující bezpečné rozpojení hydrantu těsně nad úrovní terénu výrazně snižuje náklady související s havárií, které u hydrantů s tuhým sloupem mohou přesáhnout 100.000 Kč.

2.8. Odvodnění

Jedním ze základních požadavků na konstrukci hydrantu je jeho schopnost automatického odvodnění bez zbytkové vody, což se označuje jako „nulový zbytek vody“. Tento parametr je klíčový nejen pro prevenci zamrznutí, ale také pro minimalizaci hygienických a zdravotních rizik, zejména pokud hydrant zůstává dlouhodobě nevyužitý. Požadavek na správné odvodnění souvisí také s normou ČSN EN 1717, která stanovuje pravidla pro ochranu pitné vody ve vodovodních systémech a specifikuje opatření proti kontaminaci zpětným průtokem.

Doba potřebná k odvodnění hydrantu závisí na konstrukčním řešení a je určena normativně, přičemž zásadním parametrem je výška drenážního systému (Pv), tedy vzdálenost mezi drenážním otvorem hydrantu a jeho ovládací rovinou.

DN	Výška drenážního systému (Pva) ≤ 1 m [min]	Výška drenážního systému (Pva) > 1 m [min]	Max. množství vody zbývající po odvodnění [ml]
65	15	15 × Pv ^a	100*
80	15	15 × Pv ^a	100*
100	15	15 × Pv ^a	150*
150	15	15 × Pv ^a	200*

* Povoleno rozdílné množství vody v ml vtok vs. výtok



Výrobci kvalitních hydrantů rizikům spojeným se špatným odvodněním předchází zdvojením počtu drenážních otvorů, konstrukcí odvodňovacích otvorů, která brání ucpávání či ochranou drenážního systému proti vnějším vlivům. Vhodným řešením je také opatřit hydrant drenážním blokem, jehož objem odpovídá vnitřní kapacitě hydrantu, což umožňuje efektivní a rychlé odvodnění vody do okolního zásypu.

3. Doplnující doporučení z praxe

3.1. Drenáž hydrantu

Bez ohledu na to, zda byla pata hydrantu osazena drenážním blokem, musí být veškerá zbytková voda samovolně odvedena a rozptýlena do drenážního obsypu v okolí hydrantu. Tento obsyp je obvykle tvořen kačirkem nebo jiným typem kameniva. Častým problémem bývá nedostatečná kapacita obsypu, protože při projektování nebylo bráno v úvahu předpokládané množství opakovaných odběrů vody hasičskými vozy v případě požárního ohrožení. To vede k podmáčení terénu v okolí hydrantu a propadům půdy. Častou příčinou bývá také nedostatečná pečlivost stavebních firem, které nekladou dostatečný důraz na správné provedení obsypu.

Výrobci hydrantů doporučují pro komunální hydranty minimální objem obsypu 0,5 m³. Kapacita drenáže se odvíjí od tzv. mezerovitosti kameniva, což je poměr dutin ve směsi k celkovému objemu materiálu, vyjádřený v procentech. Například volně sypaný štěrk má mezerovitost přibližně 45 %, zatímco přechovaný o 15–20 % méně.

Vezmeme-li jako příklad největší komunální nadzemní hydrant VAG NOVA DN 100, jeho vnitřní objem činí 0,025 m³. Při deseti otevřeních během jednoho zásahu je nutné odvést 0,25 m³ vody. U kameniva frakce 16/32 s mezerovitostí 38 % po přechování vychází minimální potřebný objem obsypu na 0,7 m³.

Schopnost drenážního systému efektivně odvádět vodu závisí také na ochraně odvodňovacích otvorů. Běžně se k jejich ochraně používají vyztužené textilie a plastová pletiva, která však nemohou dosahovat kvalit skutečného drenážního bloku.

3.2. Umístění hydrantu

Využívání hydrantů k plnění hasičských vozů vede k náhlým změnám tlaku v potrubí a problémům v distribuci vody. Dle stavu potrubí také mohou prudké změny v proudění uvolňovat do vody inkrustace z povrchu potrubí a rez. Domácnosti v okolí těchto hydrantů po čas odběrů trpí omezením přístupu k čisté vodě a mají dlouhodobě vyšší náklady na čištění a výměny filtrů.

Při plánování rozložení hydrantů je tedy dobré uvažovat kam a jaké hydranty umístit, aby nedocházelo k poškozování vodovodní infrastruktury, nespokojenosti obyvatel a přesto bylo umožněno co nejrychlejší plnění hasičských cisteren.

Řešením je zřizování odběrných míst na větších vodovodních řadech mimo hlavní spotřebišť, což snižuje riziko negativních dopadů a umožňuje použití hydrantů s větší jmenovitou světlostí DN, které umožňují souběžné plnění vozů několika hadicemi a využití celého objemového potenciálu hydrantu.

4. Závěr

Hydranty jsou nepostradatelnou součástí vodovodních sítí. Dodržování legislativních a technických požadavků zaručuje nejen požární bezpečnost, ale také spolehlivost vodovodní infrastruktury. Pečlivá volba hydrantů a jejich pravidelná kontrola jsou proto nezbytné pro minimalizaci rizik a optimalizaci jejich životnosti.

Nejlépeším zdrojem informací o hydrantech jsou zavedení výrobci, kteří mají rozsáhlé zkušenosti z tisíců realizovaných instalací. Tito výrobci disponují vlastním know-how z vývoje, což jim umožňuje poskytovat cenné technické poradenství a doporučení, která jsou nejen v souladu s aktuálními normami a legislativními požadavky, ale také reflektují praktické zkušenosti z provozu hydrantů v různých podmínkách.

Použitá literatura

Technická, obchodní a školící dokumentace VAG

Z vlastníka provozovatelem – příležitosti a výzvy transformačního procesu

doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

Vodohospodářská společnost Olomouc, a.s.
tomas.kucera@vhs-ol.cz

Abstrakt

Tento článek popisuje proces, v jehož průběhu se společnost – dosavadní vlastník vodohospodářské infrastruktury – rozhodla vzít na sebe také roli provozovatele a přejít z oddílného modelu provozování ke smíšenému. Věnuje se zásadním milníkům této transformace, jako je sjednocení vlastnictví majetku, ukončení provozních smluv, zavádění nových informačních systémů a komunikace s budoucími odběrateli. Dále popisuje technické, ekonomické a personální výzvy, které taková změna obnáší. Tato reálná případová studie tak nabízí inspiraci dalším vlastníkům vodohospodářských sítí, kteří zvažují obdobný krok a chtějí se vyvarovat možných úskalí.

Úvod

V rámci českého vodárenství lze identifikovat několik modelů provozování, jež byly mnohokrát detailně popsány v odborné literatuře. V kontextu zákona o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu [1] a rovněž na základě historických privatizačních procesů dle zákona o podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby [2] se vyprofilovalo několik základních modelů, jak lze nakládat s vodohospodářskou infrastrukturou. Různé modely – oddílný (tzv. vlastník vs. provozovatel), konsolidovaný (integrováný) a smíšený – představují různé stupně zapojení veřejných a soukromých subjektů do správy a provozu vodovodů a kanalizací [3].

Z pohledu vývoje v 90. letech převládal v ČR oddílný model, kdy obce či města často vkládaly svůj majetek do nově vzniklých akciových společností, ale samotný provoz předávaly smluvnímu provozovateli. V posledním desetiletí se však ve výročních zprávách některých vodohospodářských společností [6,7] a také v odborné literatuře [8] projevuje trend většího zapojení vlastníků do provozních činností, a to částečně nebo zcela. Prosazuje se tzv. smíšený model, kdy vlastník infrastruktury (typicky obec, svazek obcí či město) přebírá některé klíčové úlohy v oblasti správy, investic, popř. zákaznické obsluhy, zatímco specializované aktivity (servis technologických celků nebo údržba zařízení) mohou nadále zůstat v rukou soukromého partnera.

Hlavním důvodem odklonu od čistě oddílného modelu bývá snaha o zvýšení strategické kontroly a transparentnosti. Je zdůrazňován [14] význam dlouhodobě udržitelných investic a kontroly cenotvorby, což se lépe naplňuje tam, kde vlastník disponuje reálným vlivem na provoz. Stejně tak ve studii [8] se uvádí, že přímé zapojení veřejné správy pomáhá stabilizovat vodné a stočné, přičemž posiluje zodpovědnost vůči občanům.

Zvýšená míra zapojení veřejných subjektů do provozu odpovídá rovněž mezinárodnímu fenoménu „re-municipalizace“ popsanému ve studii [9], kde je prezentováno, že veřejný tlak na kvalitu a dostupnost služeb vede k preferování modelů, v nichž se sdílí zodpovědnost za investice mezi veřejným a soukromým sektorem. Obce s přímým provozováním nabývají [4] lepší přehled o technologických potřebách i finančních tocích, a mohou tak lépe reagovat na změny dotačních schémat nebo na rostoucí požadavky spojené s kybernetickou bezpečností [5].

Z uvedených zdrojů lze tedy vyvodit, že odklon od oddílného modelu k modelu smíšenému je typicky motivován požadavkem na efektivnější nakládání s prostředky, posílení transparentnosti a zajištění trvalé kvality vodohospodářských služeb. Zároveň se ale ukazuje, že přechod k takovému řešení je spjat s vyšší organizační a technickou náročností. Obce a města, která se pro tento krok rozhodnou, musejí vynaložit značné úsilí na vybudování interních provozních kapacit, nastavení informačních systémů a získání potřebného know-how v oboru vodního hospodářství.

V posledním desetiletí můžeme pozorovat příklon k prvkům vlastnického a smíšeného modelu provozování, a to na různých příkladech, kde cesta „zpět“ k aktivní účasti vlastníka na provozování může mít různé podoby. V některých případech jde o vyloženě konsolidovaný model (obec je vlastníkem i provozovatelem), v jiných o kombinaci obecních a privátních sil v poměru, který lépe vyhovuje lokálním podmínkám a požadované míře kontroly.

Následující text popisuje konkrétní případ společnosti, tj. Vodohospodářské společnosti Olomouc, a.s. (dále jen VHS), která doposud v systému figuruje v roli vlastníka vodohospodářské infrastruktury a jako taková je většinově vlastněna městy a obcemi.

Z vůle vlastníků společnosti VHS bylo rozhodnuto o opuštění oddílného modelu provozování a přistoupit na smíšený model, tj. že si společnost bude provozovat sama svůj vlastněný vodohospodářský majetek, ale i poskytovat službu provozování dalším subjektům. Transformace, kterou společnost aktuálně dokončuje, odráží typické problémy i potenciál spojený s reálnými organizačními a technickými změnami.

Historický kontext

Do konce roku 1993 spravoval a provozoval státní majetek vodovodů a kanalizací v převážné části tehdejšího okresu Olomouc státní podnik Vodovody a kanalizace Olomouc. V souladu s koncepcí privatizace oboru vodovodů a kanalizací v České republice byla dnem 1.1.1994 založena Fondem národního majetku ČR Vodohospodářská společnost Olomouc, a.s., do jejíhož majetku byly převedeny ze státního vlastnictví některé vodovody a kanalizace.

VHS do 31.3.2000 svůj majetek i provozovala. Od 1.4.2000 tento majetek provozuje na základě smlouvy o nájmu, provozování a údržbě MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.¹ se sídlem v Olomouci.

Město Olomouc si po privatizaci v roce 1994 svůj infrastrukturní majetek vodovodů a kanalizací ponechalo ve svém vlastnictví. Smlouvou mandátní a o správě a pronájmu z roku 1994 byl tento majetek pronajat Vodohospodářské společnosti Olomouc, a.s. Od 1.4.2000 jsou městský vodovod a kanalizace pronajaty rovněž společnosti MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.

Důvody a kontext transformace

Společnost VHS je dlouhodobě vlastníkem rozsáhlého infrastrukturního majetku, přičemž provozování zajišťoval v posledních 25 letech smluvní provozovatel. V mnohých lokalitách se navíc objevovala situace, kdy část infrastruktury vlastnila VHS a část obec. Dosavadní uplatňovaná praxe jednotné ceny vodného a stočného a jednotného provozovatele vedla k potlačení potřeby přesného vymezení předávacích míst mezi jednotlivými vlastníky. Transformace tak vyžadovala mimo jiné sjednocení vlastnictví – obce vkládaly své sítě do VHS. Požadavek na posílení vlastní provozní role navazoval na obecný trend preferující větší zapojení veřejného sektoru do správy a provozu infrastruktury.

Společnost se rozhodla od dubna 2025 nepokračovat v dosavadním (oddílném) modelu provozování a převést veškeré provozní činnosti do vlastní režie. Klíčovým cílem bylo zajistit co nejhladší přechod, a to nejen z pohledu formálně-právního, ale také z hlediska technické a personální připravenosti. Vznikl tak časově a organizačně náročný proces, který musel reflektovat místní specifika i nové legislativní požadavky, například z oblasti kybernetické bezpečnosti.

¹ Do 1. 1. 2008 pod názvem Středomoravská vodárenská, a.s.

Klíčové kroky transformace

V počátečních fázích bylo nutné řešit a vyjasnit se zástupci obcí, kde dosavadní provozovatel ukončoval činnost, zda se budou zapojovat do procesu vkladu majetku do základního kapitálu společnosti, tj. úpisu akcií. Z tohoto prvotního kroku zůstalo několik obcí, které se rozhodly ponechat si majetek ve vlastnictví a s těmito obcemi bylo přistoupeno k přípravě a uzavírání provozních a pachtovních smluv. Proces vkládání majetku si vyžádal připravit detailní právní, účetní a technickou dokumentaci o vstupech majetku do VHS.

Následně se rozběhlo zavádění veškerých provozních procesů, které vyžadovalo důkladnou přípravu interního týmu a redefinici mnoha firemních postupů. V této souvislosti bylo nezbytné zavést nebo modernizovat klíčové informační systémy.

Podnikový informační systém

Jedním z hlavních pilířů transformace se stalo pořízení a implementace komplexního informačního systému, který poskytuje potřebné moduly pro administrativu, ekonomiku, technickou správu a zákaznický servis. Zavedení takového systému si vyžádalo dlouhé diskuse a velkou koordinaci napříč všemi úseky (finance, majetek, personalistika, technický úsek), přičemž mnohé agendy a procesy dosud nebyly ve firmě využívány:

1. **Docházkový IS**
 - Nasazení terminálu a mobilní aplikace pro evidenci docházky.
 - Nastavení pravidel (schvalování, žádosti), přístupových práv a datových výstupů do mzdového systému.
2. **Majetková evidence**
 - Vytvoření nových číselníků pro umístění a rozčlenění majetku na nová hospodářská střediska.
 - Důkladné vyčištění a sjednocení dat z různých zdrojů.
3. **IS dopravy**
 - Mobilní aplikace a GPS sledování vozidel.
 - Tvorba provozních deníků, vazba na externí a interní fakturace, správa servisu a údržby vozidel.
4. **Zákaznický informační systém (ZIS)**
 - Přechod a import dat od stávajícího provozovatele do nového systému QI.
 - Vytvoření zákaznického portálu, školení pracovníků a nastavení procesů pro údržbu a servis měřidel.
5. **Skladový systém**
 - Nastavení nových procesů evidence zboží, vazby na zavedení do majetku i technickou evidenci (servis, údržba).

Vyjadřovací portál

Společnost provozuje od roku 2022 vlastní vyjadřovací portál, který sloužil k vydávání stanovisek vlastníka k záměrům a projektům na dotčeném území v koordinaci se stávajícím provozovatelem.

S přechodem společnosti na novou roli provozovatele:

- byl do portálu doplněn nový typ žádostí a nové přílohy pro provozovatelská stanoviště,
- bylo nutné nastavit nová pravidla pro generování střetů se sítěmi a objekty, které budou ve vlastnictví nebo provozování VHS.

Provozní dokumentace a fyzické přebírání objektů

Pro zajištění plnohodnotného provozování infrastruktury bylo třeba:

- aktualizovat provozní řády skupinových vodovodů o nově vlastněné a provozované objekty, včetně vypracování rizikových analýz;
- zpracovat či převzít kanalizační řády tam, kde dosud chybí nebo nejsou aktualizované; pro nově provozované stokové sítě převzít schválené provozní a kanalizační řády, nebo je zpracovat;
- převzít veškerou provozní dokumentaci (místní provozní řády, deníky, revize, servisy), bezpečnostní dokumentaci (PO, BOZP), ekologickou dokumentaci a všechna povolení k objektům;
- provádět fyzické kontroly převáděného majetku, ověřit jeho stav, označení a kompletnost technické evidence a majetek fyzicky převzít; byl kontrolován stav, majetková evidence (označení) a technická evidence (popis zařízení na kartách).

Transformaci doprovázela také potřeba z důvodu metodiky cenotvorby vodného a stočného a pro potřeby technické správy nově strukturovat hospodářská střediska a sjednotit funkční celky v GIS. Bylo nutné vytvořit mnoho nových číselníků a zavést je do informačního systému.

Komunikace s budoucími odběrateli

Aby změna provozovatele proběhla hladce, společnost klade důraz na komunikaci s budoucími odběrateli, občany i firmami, veřejností a rovněž na transparentní a včasné informování obcí o změnách.

Byl zaveden nový zákaznický informační systém (ZIS) včetně zákaznického portálu, což poskytlo základ pro efektivní komunikaci s budoucími odběrateli. Na tuto snahu navázalo zřízení nového zákaznického centra v sídle společnosti a na pobočce, s doplněním rezervačních systémů a digitalizovaných forem komunikace. Pro efektivní odbavení přepisu odběratelských smluv byla zavedena

- **digitalizace** smluvní dokumentace – pořízení služby pro digitální podepisování (Signi) a hromadné obálkování (rozesílání smluv, faktur);
- **vytvoření formulářů** pro zákazníky;
- **připravena sběrná místa** na úřadech obcí, kde si mohou vyzvednout či odevzdat podepsané smlouvy.

Náročnou disciplínou byl také plynulý import odběratelských dat do nového ZIS.

Dodatečné úsilí si vyžádalo i doplnění portfolia povinných informací zveřejňovaných podle zákona o vodovodech a kanalizacích (ZVAK) a rozsáhlé fyzické kontroly objektů, které byly přebírány do správy.

Modernizace IT, dat a kybernetická bezpečnost

Významnou část finančních a organizačních kapacit směřovala společnost do modernizace IT infrastruktury. Byly pořízeny nové servery, pracovní stanice, notebooky a další zařízení, jež se napojily na bezpečnější a výkonnější datovou síť. Zásadní roli sehrála také migrace geografických dat (GIS), jež obsáhla historické vrstvy a záznamy, aby byly nadále dostupné pro analýzy a plánování investic i údržby.

Rozšíření telekomunikačních služeb, zavedení VoIP telefonie a cloudových komunikačních platform následně zvýšilo dostupnost firmy pro zákazníky, partnery i zaměstnance v terénu. Vedle toho se společnost musela postavit rostoucím nárokům na kybernetickou bezpečnost, ať už z důvodu vlastního zajištění klíčové infrastruktury nebo kvůli splnění evropské směrnice NIS2. Ta klade zvýšený důraz na ochranu sítě a informačních systémů, provádění bezpečnostních auditů a schopnost rychle reagovat na potenciální hrozby.

Výzvy a rizika

Jedním z nejpalčivějších bodů byla personální otázka. Společnost započala proces transformace v omezeném počtu zaměstnanců a bez jasné zkušenosti s provozováním. Postupně však VHS rozšířila personální kapacity tak, aby byly postupně a včas plněny přípravné práce. Rozšiřování počtu zaměstnanců si vyžádalo také stanovení nové organizační struktury společnosti a zavedení celé řady nových interních předpisů. Doplnění personálních kapacit je do značné míry zajištěno zákonným převzetím zaměstnanců od stávajícího provozovatele.

Další výzvou bylo finanční zajištění transformace, neboť investice do infrastruktury, informačních technologií a do navyšování odborných kapacit představovaly významnou zátěž pro rozpočet. Klíčová se ukázala i pečlivá koordinace mezi mnoha interními úseky (technickým, ekonomickým, personálním i právním) a externími partnery (obce, provozní firmy, dodavatelé technologií).

Neméně důležitou oblastí se stalo řízení změn a podpora pro nové procesy. Zavádění zcela odlišné firemní kultury v oblasti provozování majetku a zákaznických služeb si vyžádalo důslednou komunikaci s dotčenými obcemi a občany. VHS tak uspořádala sérii veřejných setkání, zřídila speciální infolinku a SMS bránu pro rozesílání hromadných oznámení, zavedla online formuláře pro vyřizování záležitostí i přijetí smluv.

Závěr

Transformace z vlastníka na provozovatele, která právě dobíhá u společnosti VHS ukazuje, jak komplexní, ale také perspektivní takový krok může být. Sjednocení vlastnictví infrastruktury, vypovězení stávajících provozních smluv a vybudování vlastního zázemí pro provozování nabízí do budoucna větší kontrolu nad provozními procesy, pružnější reakci na potřeby uživatelů a efektivnější nakládání s investicemi. Zároveň se však pojí s řadou výzev v oblasti personálu, financování, řízení změn i rostoucích nároků na kybernetickou bezpečnost.

Zkušenosti z této případové studie mohou posloužit dalším vlastníkům vodohospodářské infrastruktury jako užitečná inspirace, ať už řeší pouze drobné úpravy svého modelu, nebo plánují zcela zásadní proměnu v pojetí provozu.

Literatura

1. ČESKO. Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001.
2. ČESKO. Zákon č. 92/1991 Sb., o podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1991.
3. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR. *Historie a rozvoj vodohospodářství v ČR: metodické materiály*. Praha: Ministerstvo zemědělství.
4. PRŮMYSLOVÁ EKOLOGIE. *Základní modely provozování vodohospodářské infrastruktury v ČR*. [online]. [cit. 2025-02-06]. Dostupné z: <https://www.prumyslovaekologie.cz/>
5. EVROPSKÁ UNIE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2022/2555 ze dne 14. prosince 2022 o opatřeních pro vysokou společnou úroveň kybernetické bezpečnosti v Unii (NIS2). In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2022, L 333, 27.12.2022.
6. VODÁRNA PLZEŇ, a.s. *Výroční zpráva 2021*. Plzeň: Vodárna Plzeň, 2022. [bez ISBN].
7. VODÁRNY KLADNO – MĚLNÍK, a.s. *Výroční zpráva 2021*. Kladno: VKM, 2022. [bez ISBN].
8. OECD. *Water Governance in Cities*. Paris: OECD Publishing, 2016. [ISBN 978-9264-XXXX-X].
9. HALL, David; LOBINA, Emanuele; DE LA MOTTE, Robin. Public Resistance to Privatisation in Water and Energy. *Development in Practice*. 2005, roč. 15, č. 3/4, s. 286–301. ISSN 0961-4524.
10. SOVAK ČR. *Perspektivy a trendy ve vodním hospodářství: sborníky z konferencí*. Praha: SOVAK ČR.

11. VACULÍKOVÁ, Miroslava. Desatero správného provozovatele či vlastníka vodohospodářské infrastruktury [online]. Praha: SOVAK ČR, [2019?], [cit. 7. 2. 2025]. Dostupné z: <https://www.sovak.cz/sites/default/files/2019-05/Desatero%20spr%C3%A1vn%C3%A9ho%20provozovatele%20%C4%8Di%20vlastn%C3%ADka%20vodohospod%C3%A1%C5%99sk%C3%A9%20infrastruktury.pdf>
12. Evropská směrnice NIS2 (EU) 2022/2555 o opatřeních pro vysokou společnou úroveň kybernetické bezpečnosti v Unii (dříve 2016/1148 – Směrnice o bezpečnosti sítí a informací)
Klíčový legislativní předpis EU, který vytváří rámec pro kybernetickou bezpečnost provozovatelů základních služeb, včetně vodohospodářské infrastruktury.
13. Česká asociace pro vodu (CzWA). Příklady správy vodohospodářské infrastruktury v ČR. Sborníky z konferencí a seminářů pořádaných CzWA, které přináší případové studie jednotlivých provozních modelů, včetně úspěšných transformací z oddílného na smíšený model.
14. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR. *Koncepce rozvoje vodovodů a kanalizací ČR*. Praha: Ministerstvo zemědělství, [bez data vydání dostupného v citaci]. [cit. 2025-02-06]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/>

Testování kavitační odolnosti a oscilace redukčního ventilu ve vybraných zátěžových stavech

Ing. Jiří Ševčík

HUTIRA s.r.o.
Tel. 604 256 618

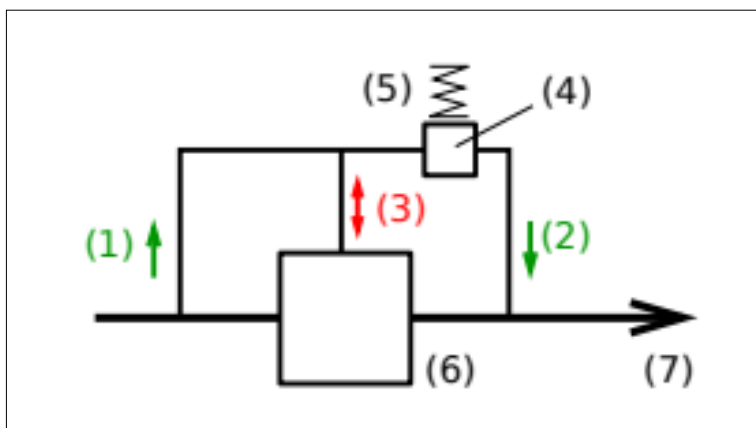
Abstrakt

Hydrodynamická kavitace je fyzikální jev, který představuje značné nebezpečí pro dlouhodobou a spolehlivou funkci regulačních armatur. Ve zprávě je popsáno měření a provedeno vyhodnocení klíčových hydraulických vlastností tlakově redukčního ventilu Cla-val v redukováném provedení NGE 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 redukčního ventilu, která bude následně použita v numerických simulacích přechodových dějů v potrubních systémech.

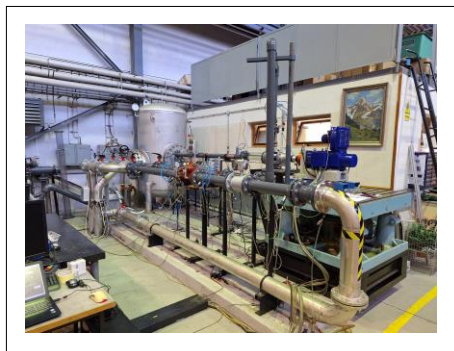
Redukční ventil byl v tomto případě použit jako pasivní prvek, který mění své otevření tak, aby hodnota výstupního tlaku byla udržována na konstantní (předem nastavené) hodnotě. Na obrázku 1 je znázorněno schéma redukčního ventilu.

Obrázek 1: Schéma redukčního ventilu: 1 – řídicí okruh přívodní část, 2- řídicí okruh odpadní část, 3 – plnění / vyprazdňování komory hlavního ventilu, 4 – řídicí ventil CRD, 5 – nastavení tlaku na pružině CRD, 6 – hlavní ventil, 7 – směr proudu v hlavní trati



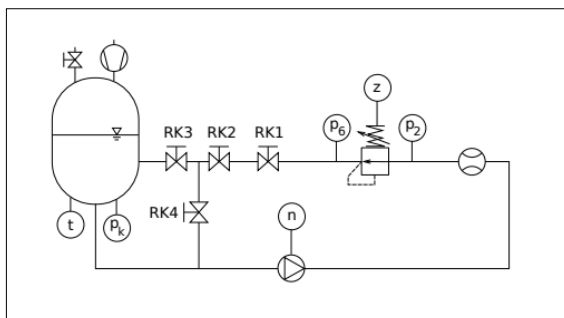
Redukce tlaku je prováděna škrcením hlavního proudu, který protéká přes hlavní ventil. Před tímto ventilem je proveden obtok (pilotní okruh), který odvádí část průtoku mimo a používá ho na vlastní řízení. Obtok je osazen řídicím ventilem, který na základě předem nastavené hodnoty požadovaného tlaku mění svoji polohu a mění tak odpor obtokové větve. Při každé změně pozice řídicího ventilu dochází k plnění nebo vyprazdňování pracovního prostoru nad membránou hlavního ventilu, čímž se mění jeho poloha a tím i celkový odpor redukčního ventilu. Na obrázku 2 je zachycena fyzická podoba měřeného ventilu v trati.

Obrázek 2: Měřicí trať s redukčním ventilem Cla-val DN 100 / PN 16



Vlastní měřicí okruh je detailněji znázorněn na obrázku 3. Okruh se skládá z tlakové nádoby, kterou je možné tlakovat pomocí kompresoru nebo vakuovat pomocí vývěvy. Voda v hlavní trati je poháněna čerpadly s proměnnými otáčkami, které vytváří tlak před redukčním ventilem. Toto čerpadlo může být doplněno ještě stejně výkonným druhým strojem a to buď v paralelní nebo sériové sestavě. Před redukčním ventilem se nachází indukční průtokoměr pro měření ustáleného průtoku, za redukčním ventilem jsou tři ruční klapky. Klapky RK1 a RK2 slouží k nastavení požadovaného průtoku. Klapka RK3 je využívána pro rychlé změny průtoku (v případě potřeby v kombinaci s otevřeným obtokem RK4).

Obrázek 3: Schéma měřicí trati v laboratoři



Během experimentů byly měřeny následující veličiny: tlak v nádobě p_k , teplota vody t , otáčky čerpadla n , průtok Q . Tlak před redukčním ventilem byl měřen přes jeden tlakový odběr (p_1) ve vzdálenosti 1,5 m od redukčního ventilu. Vstupní tlak p_2 byl také měřen pomocí čtyř tlakových odběrů rovnoměrně umístěných po obvodu a svedených do kolektoru. Odběry jsou umístěny ve vzdálenosti 20 cm před redukčním ventilem. Ve stejné vzdálenosti byl umístěn ještě jeden tlakový odběr p_3 . Za redukčním ventilem se nacházely tři tlakové senzory. Ve vzdálenosti 20 cm za redukčním ventilem byly měřeny tlaky p_5 a p_6 a ve vzdálenosti 1,3 m za redukčním ventilem tlak p_7 . Odběry pro p_6 byly opět měřeny kolektorově. Tlak nad membránou (ve víku redukčního ventilu) byl měřen snímačem p_4 . Poloha kuželky redukčního ventilu (otevření) z byla měřena polohovým senzorem HBM Balluf. Přenos byl zajištěn proudovou smyčkou 4-20mA.

Seznam použité měřicí techniky:

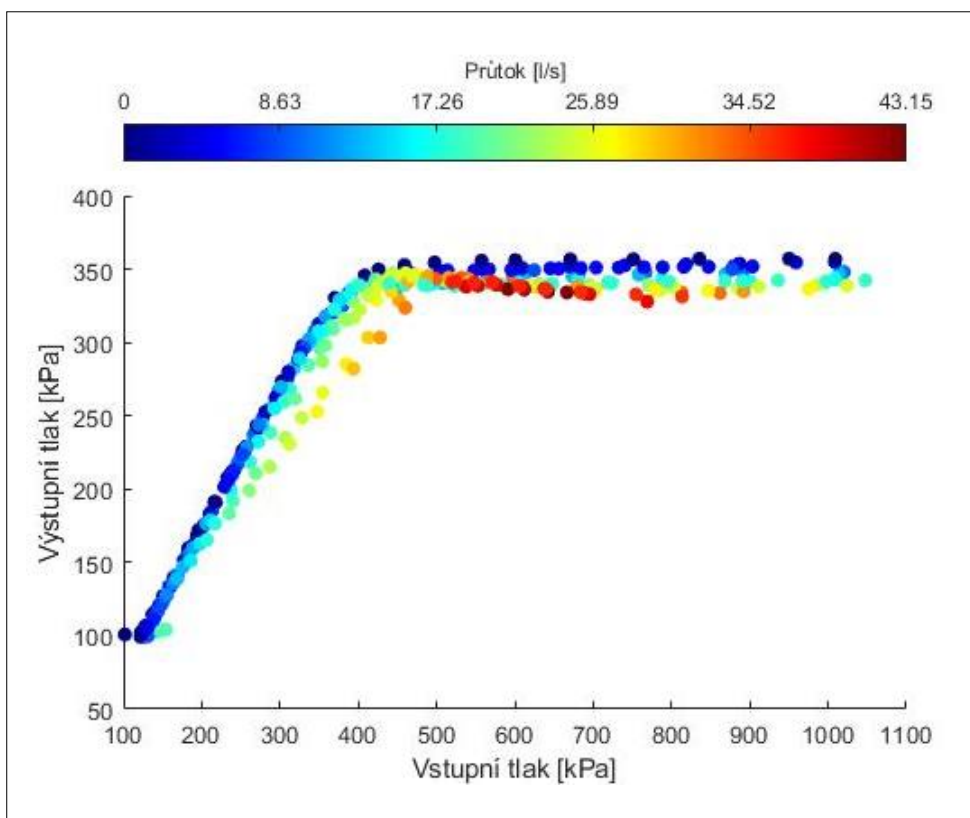
- $p_k, p_1 - p_7$: snímač tlaku DMP 331, výrobce BD SENZORS, měřicí rozsah 1000kPa
- Q : souprava magneticko-indukčního průtokoměru ELA, snímač MQI 9500 DN 100 / PN 16, rozsah 80 l/s, přesnost $\pm 0,5\%$ z měřené hodnoty
- t : snímač teploty HSO-502, výrobce HIT, rozsah 0-50°C, přesnost $\pm 0,1\%$ z měřené hodnoty
- z : indukční snímač polohy otevření redukčního ventilu HBM, typ WA, rozsah 100 mm, přesnost 1% z jmenovitého rozsahu

Signály zpracovávala měřicí ústředna NI 9188, 8 portů, Ethernet komunikace 1Gb, napěťová měřicí karta NI 9205, 16 bitů převodník, 250 kS/s/ agregovaně. Napájení bylo řešeno zdrojem STATRON typ 2224.1, UN = 24V. Signály byly svedeny na PC Intel Dual Core , 4GB RAM, 64 bit, OS Win7. Měření charakteristiky bylo prováděno s využitím měřicího programu LabVIEW, jehož licenci zakoupila VUT FASl.

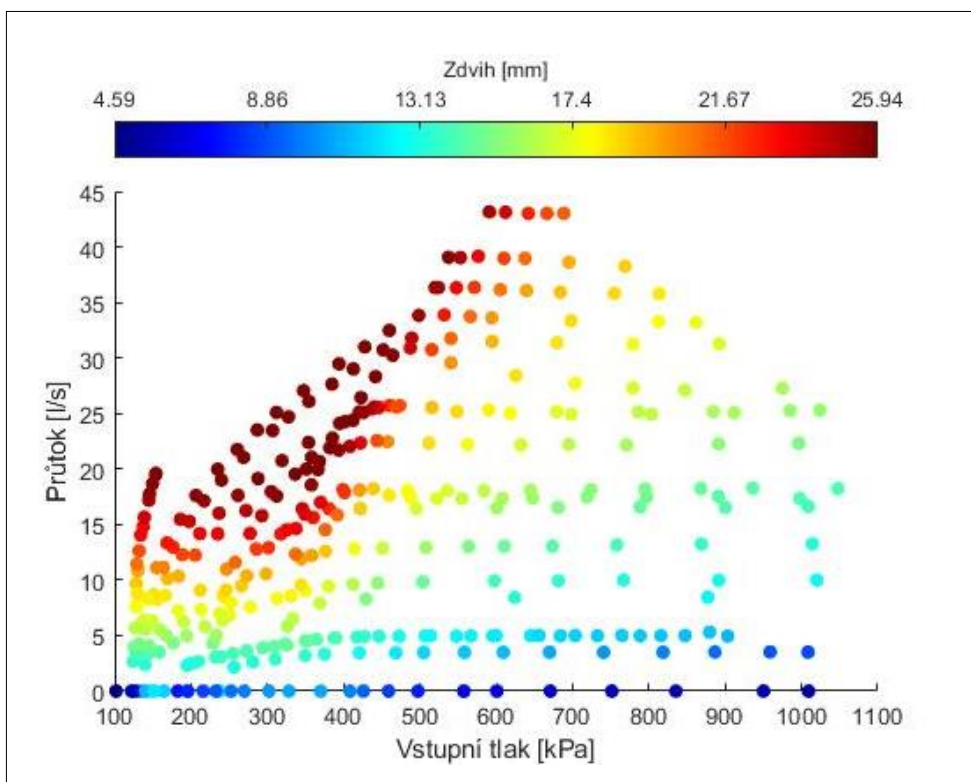
Statická charakteristika

Vlastní měření vycházelo z jednotně nastavené hodnoty výstupního tlaku 350 kPa. Vstupní tlak byl nastaven na 100 kPa až 1 MPa. Průtok redukčním ventilem byl měřen v rozmezí 0 - 43 l/s. Tlak v tlakové nádobě byl nastaven vývěvou na 100 -300 kPa. Vyhodnocená statická charakteristika redukčního ventilu je znázorněna na obrázku 4, ze kterého vyplývá, že hodnota tlaku v tlakové nádobě nemá na charakteristiku vliv a tedy nemá ani kavitačně vliv na průtokový koeficient K_v . Podtlakové stavy nebyly měřeny. Při nájezdu čerpadla po rampě se hodnota výstupního tlaku ustálila v okamžiku, jakmile byl vstupní tlak alespoň o 75 kPa vyšší než nastavená hodnota výstupního tlaku tedy 425 kPa. Hodnota výstupního tlaku je přesněji udržována, pokud se kuželka (hřídel redukčního ventilu) pohybuje v $\frac{1}{4}$ maximálního otevření redukčního ventilu. Při maximálním testovaném průtoku $Q = 43$ l/s se pohybujeme v rychlostech cca. 5,0 m/s a atakujeme tak konstrukční rychlost danou výrobcem. Při pokusech bylo snížením otáček na čerpadle dosaženo minimálního vstupního tlaku 590 kPa – to koresponduje s maximální ztrátou na samotném redukčním ventilu 240 kPa odpovídající maximálnímu testovanému průtoku 43 l/s (viz. obrázek 5).

Obrázek 4: Grafické znázornění vstupního a výstupního tlaku, současně s aktuálním průtokem

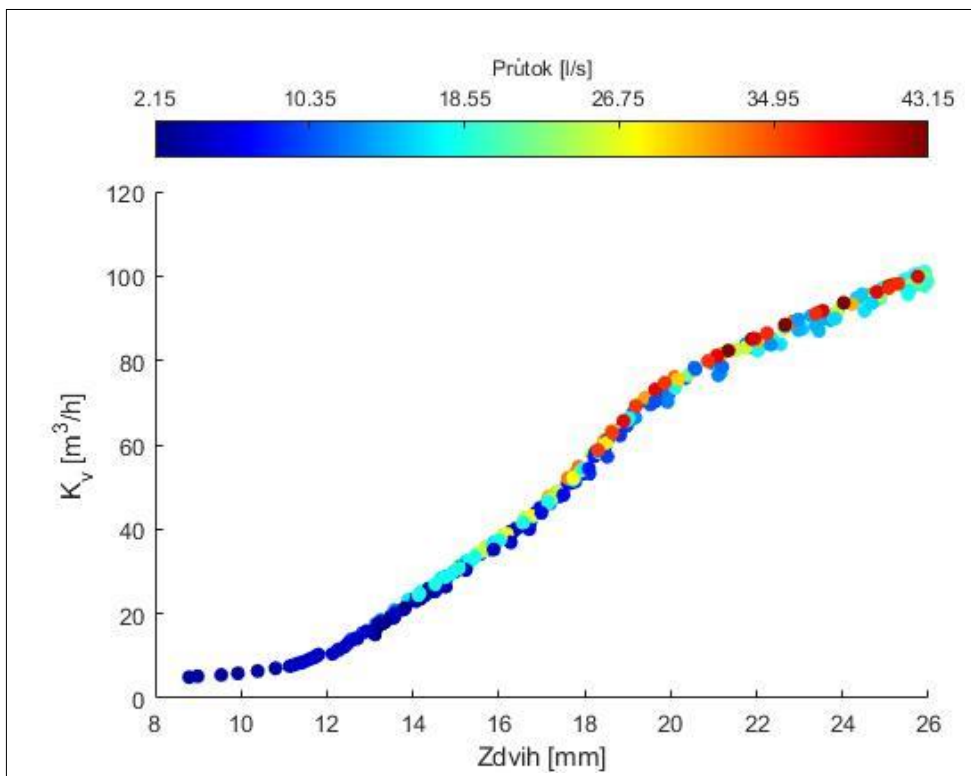


Obrázek 5: Dokumentuje vztah mezi průtokem a zdvihem, při vstupním tlaku cca. 600 kPa je zřejmé, že při průtoku 43 l/s jsme stále schopni udržet požadovaný výstupní tlak 350 kPa



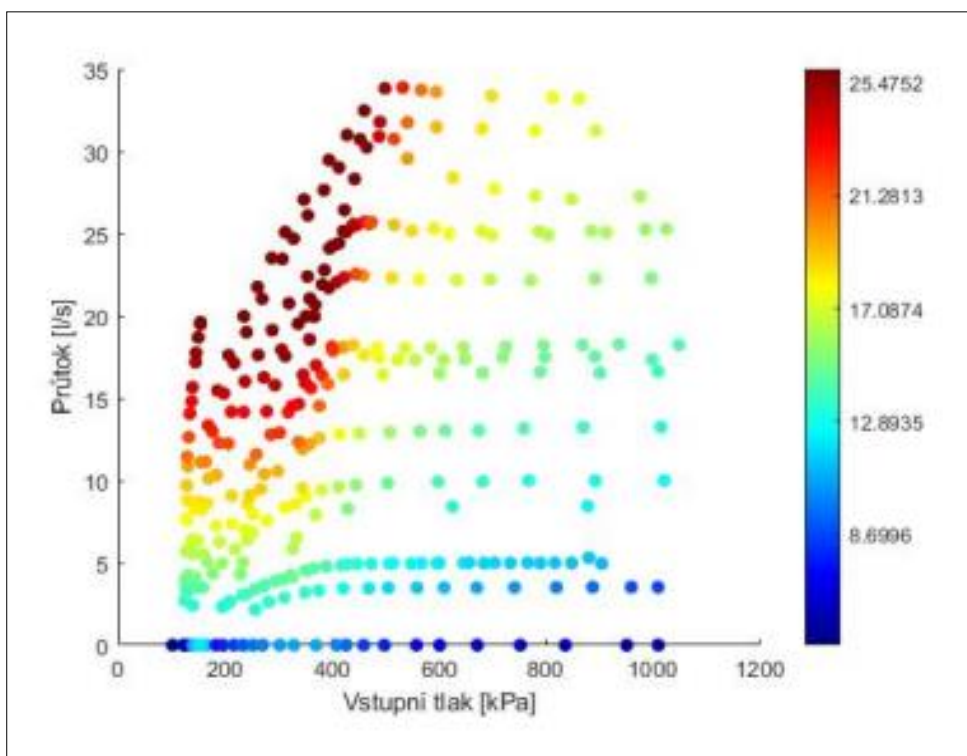
Na obrázku 6 je zaznamenáno jaký je průtokový koeficient K_v v návaznosti na otevření ventilu (při otevření nad 80% se liší proti katalogovým podkladům o cca. 20 m³/h).

Obrázek 6: Závislost průtokového koeficientu K_v na otevření redukčního ventilu



Z obrázku 7 je patrné otevření redukčního ventilu pro různé hodnoty výstupního tlaku a aktuálního průtoku. Z obrázku lze také odvodit pracovní rozsah tohoto hydraulického prvku. Je evidentní, že výstupní tlak 350 kPa je stále konstantní i při velmi malých náměrech průtoku pod 0,2 l/s.

Obrázek 7: Mapa otevření redukčního ventilu (v milimetrech) při požadovaném výstupním tlaku 350 kPa



Dynamická charakteristika

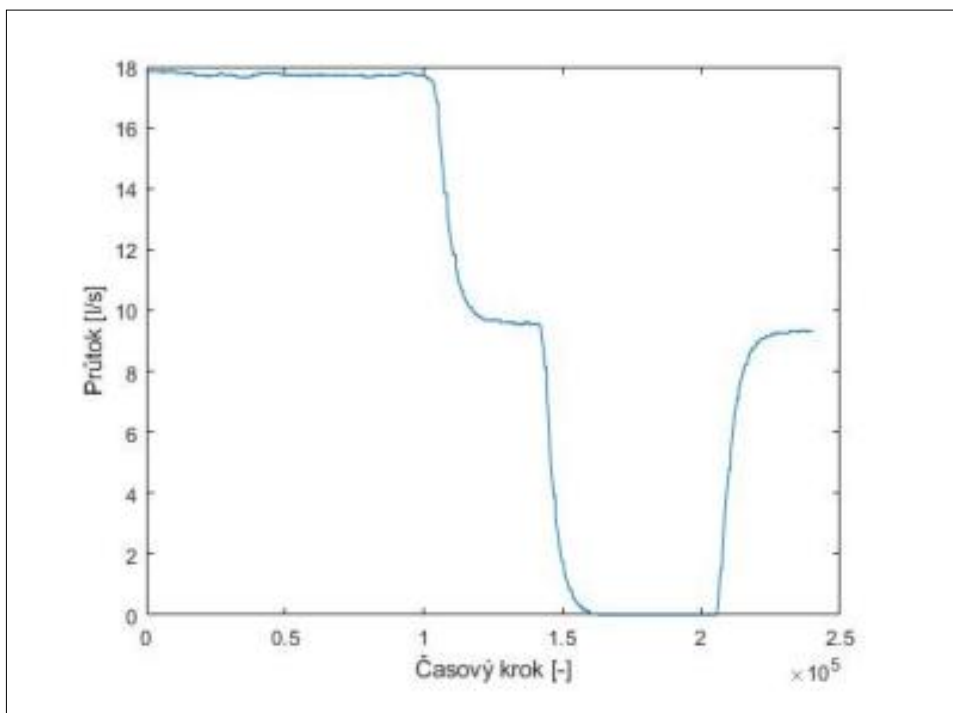
Tato charakteristika slouží k popisu chování redukčního ventilu při náhlých změnách provozních podmínek. Redukční ventily se umísťují také na vodovodních sítích kde může docházet vlivem velkoodběratelů k velmi rychlé změně průtoku a to jak na vstupní straně nebo i za redukčním ventilem. V období měření jsme zacílili na rychlou změnu odporu potrubí za redukčním ventilem.

Postup měření byl následující:

1. Nastavit tlak před redukčním ventilem pomocí otáček na čerpadlech
2. Nastavit průtok pomocí ručních klapek za redukčním ventilem
3. Pauza, při které docházelo k ustálení polohy hřídele redukčního ventilu
4. Rychlé přivření anebo otevření klapky za redukčním ventilem a čekání dokud hřídel ventilu se opět neustálí
5. Uložení měřených dat

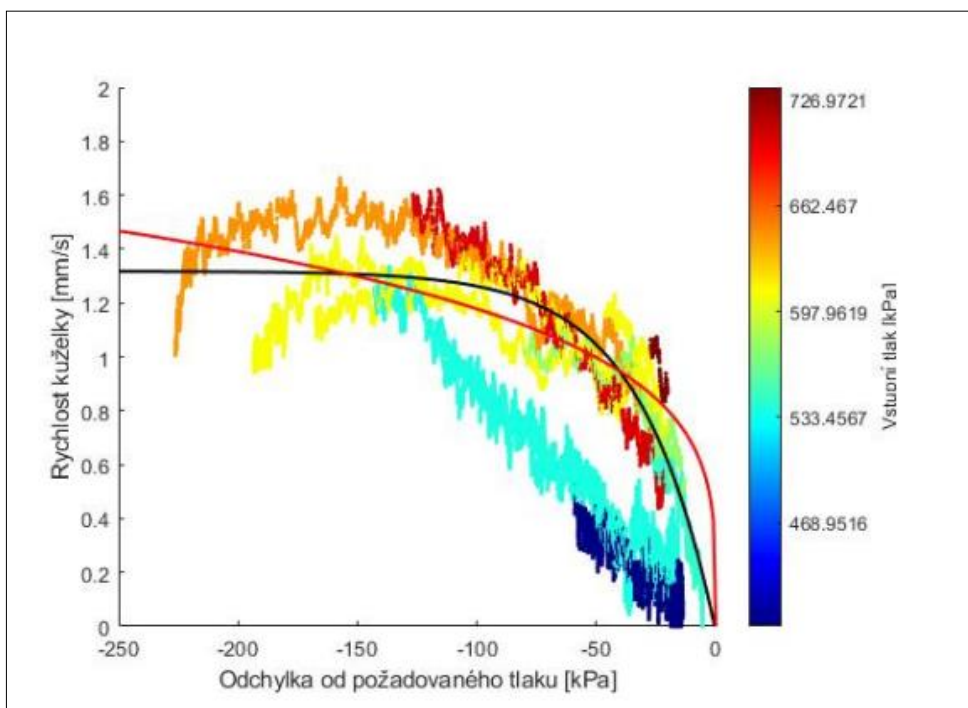
Na obrázku 8 je zachycen záznam tří přechodových dějů. Při ustáleném průtoku $Q = 18$ l/s byl náhle zvýšen odpor za redukčním ventilem a tím došlo ke snížení průtoku na hodnotu 10 l/s. Po ustálení tohoto stavu, byla ruční klapka za redukčním ventilem zcela uzavřena, takže průtok klesl na 0 l/s. Po chvíli byla ruční klapka opět otevřena a průtok se opět ustálil na hodnotě 10 l/s.

Obrázek 8: Ukázka záznamu se třemi změnami průtoku



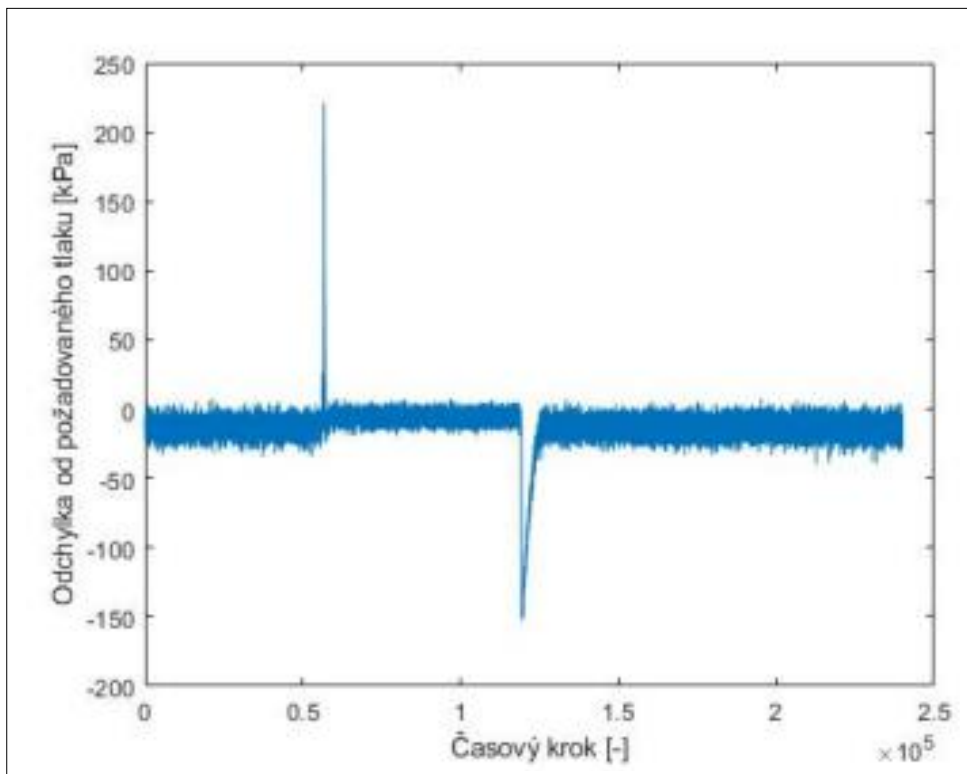
Na základě série měření přechodových dějů se podařilo sestavit závislost stanovující rychlost otevírání redukčního ventilu na základě odchylky tlaku od hodnoty 350 kPa. Zavírání probíhalo výrazně rychleji než otvírání, takže rychlost zavírání byla stanovena ze změny polohy hřídele redukčního ventilu během 100 vzorků.

Obrázek 9: Závislost rychlosti otvírání redukčního ventilu na odchylce tlaku od požadované hodnoty. Proložení exponenciální funkcí -černě, proložení mocninnou funkcí -červeně



Na obrázku 10 je znázorněna vazba přechodového děje, kdy došlo k prudkému snížení a opětovnému zvýšení průtoku a následně dorovnání hřídele do ustáleného stavu.

Obrázek 10: *Odchylka tlaku za redukčním ventilem od požadované hodnoty při náhlých změnách průtoku*



Závěr

Po celou dobu testování byly současně zaznamenávány akustické projevy na testovací lince. Na základě konkrétních měření nelze zcela zobecnit jak výrazně jsou akustické emise spojeny s daným redukčním ventilem. Obecně jsme zaznamenali, že při průtoku do 25 l/s jsou akustické projevy klidné a nad 25 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 třísť a je to doprovázeno významnými akustickými projevy. Naopak v horní části (při otevření) nad 80% je membrána již nad svou vodorovnou polohou a je postupně „vytahována“ stále více nahoru - blíže k víku. V tomto okamžiku již však nedochází k výraznějšímu navyšování průtočnosti. Tato informace je důležitá pro správný návrh redukčního ventilu a pro další implementaci do výpočetního softwaru např. DYNsip.

Jako přechodové děje byly měřeny pouze odezvy na rychlou změnu průtoku vyvolanou změnou odporu potrubí za redukčním ventilem. Podařilo se sestavit závislost otevírání redukčního ventilu, avšak pro uzavírání se nic podobného nepovedlo, protože rychlost pohybu hřídele redukčního ventilu je při uzavírání taková, že je srovnatelná s rychlostí změny průtoku. Dalším řešením by byla úprava pilotního okruhu a případné osazení druhého jehlového ventilu, tím by se dosáhlo nezávislosti mezi otevírací a zavírací rychlostí na redukčním ventilu. Je také možné zasáhnout do škrtkové clony, která je integrovaná do filtru a umožňuje změnit rovnováhu mezi množstvím vody, které proudí do komory.

V další fázi projektu se chceme ještě více zaměřit na regulační ventily, které však budou orientovány na funkci protirázových ochran. Z toho důvodu budeme nuceni upravit testovací trať a provést novou sérii měření ve spolupráci s odborníky z VUT na tuto problematiku.

Problém kavitace a chyby v projektech

Ing. Jiří Kratěna, Ph.D.¹

Ing. Václav Hodáň²

¹ SWECO a.s., Táborská 31, Praha 4

² LK Pumpservice, s.r.o., Kolbenova 898/11, 190 00 Praha 9

Abstrakt

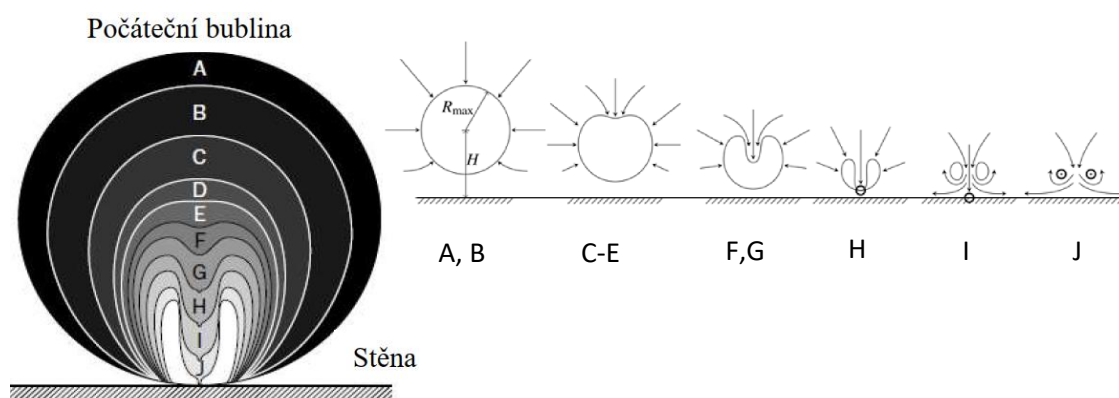
Příspěvek se zaměřuje na problém kavitace v oblasti vodního hospodářství, zejména v souvislosti s dopravou vody potrubím a jeho klíčovými prvky, jako jsou čerpadla, zpětné armatury, uzavírací armatury a regulační ventily. Kavitace, což je jev, kdy se v kapalině vytvářejí bubliny, může být způsobena různými faktory, včetně nevhodného tlaku a rychlosti proudění. Následky kavitace mohou vést k vážným poškozením zařízení a snížení účinnosti systému. Příspěvek také upozorňuje na časté chyby v projektech, které mohou tuto problematiku opomíjet, zejména při návrhu regulačních ventilů a čerpadel. Cílem je zvýšit povědomí o těchto otázkách a podpořit lepší projektové praxe v oboru.

Co je kavitace

Kavitace je jev vzniku a zániku bublin v proudící kapalině. Ke vzniku kavitace dochází v okamžiku, kdy tlak v kapalině poklesne pod tlak sytých par. Kapalina se začne odpařovat a její páry postupně tvoří bubliny. V momentě, kdy se bubliny dostanou do míst s vyšším tlakem, pára v nich začne kondenzovat a dochází k jejich zániku.

Zánik kavitační bubliny je ukázán na obr. 1 a obr. 2. Po vstupu do oblasti s vyšším tlakem přestává bublina růst, naopak dochází k jejímu zániku tzv. kolapsu. Tento proces je velice rychlý ve srovnání s dobou růstu.

Obr. 1 Stádia zániku kavitační bubliny na povrchu pevného tělesa



A,B - Bublina o maximálním poloměru.

C-E - Díky nerovnoměrnému pronikání vody do bubliny přestává mít kulový tvar a dochází k tvorbě „důlku“.

F,G - Dochází k tvorbě proudu procházejícím středem bubliny.

H - Proud dosáhl konce a protrhává bublinu.

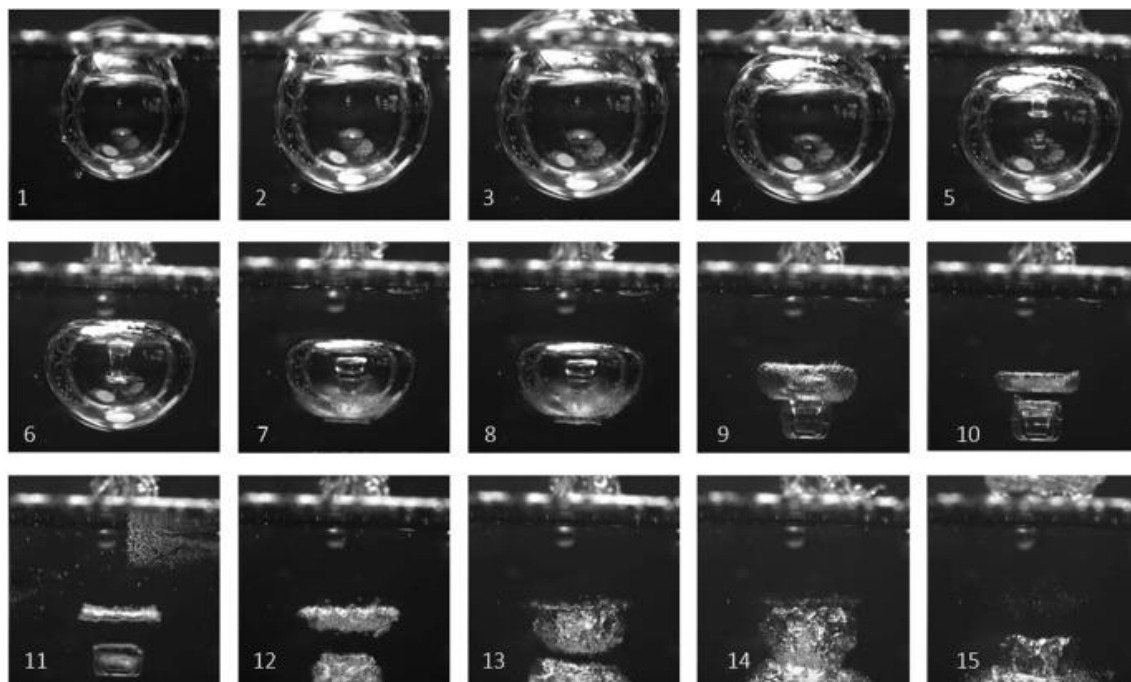
I - Bublina se protrhla a došlo k vyslání tlakového impulsu směrem ke stěně.

J - Bublina může dále kolabovat a způsobovat další impuls.

Bublina se skládá hlavně z páry, ale obsahuje i určité množství nerozpuštěného plynu. Zatímco pára během kolapsu kondenzuje na vodu, tak plyn může být pouze stlačen, ale nemůže nikam zmizet. Díky tomu se bublina rozpadne na několik dalších menších bublin, u kterých dochází k jejich opětovnému nárůstu a kolapsu.

Dochází-li k zániku bubliny poblíž stěny potrubí nebo obtékané lopatky, má vlivem proudící kapaliny strana blíže stěně tendenci kolabovat pomaleji. Bublina tak nezaniká rovnoměrně, ale dochází většímu pronikání kapaliny do ní z vnější strany tak, že se uprostřed vytvoří malý „důlek“ který se postupně zvětšuje, až dojde k úplnému protržení bubliny. Díky tomu dochází k vyslání vysokého tlakového pulzu směrem ke stěně a k jejímu možnému poškození.

Obr. 2 Zobrazené jednotlivých stádií zániku kavitační bubliny



Příčiny vzniku kavitace

Příčiny vzniku kavitace zahrnují snižování tlaku v kapalině, což zvyšuje pravděpodobnost vzniku kavitace. Při snižujícím se tlaku roste počet **kavitních** jader a bublin, které přetrvávají déle v proudu. Kavitace může také vznikat v oblastech vírů (vírová kavitace), na plochách uvnitř čerpadel (plošná kavitace) a v oblastech, kde se bubliny vzájemně ovlivňují (oblaková kavitace). Dále se kavitace může vyvolat i mechanickým opotřebením nebo zničením hydrodynamických komponent při kolapsu kavitačních bublin, což vede k extrémnímu nárůstu tlaku a teploty.

Detekce kavitace

V praxi se setkáváme s názorem, že hluk v čerpadle nebo za armaturou je kavitace. Ne vždy to je ale pravda. Rozhodnutí, jestli se jedná o kavitaci nebo ne je velice složité. Do potrubí není vidět. Kavitace v odstředivých čerpadlech nebo za armaturami může být detekována pomocí několika metod:

1. **Vibrační metoda:** Kavitace se projevuje jako náhlý nárůst amplitudy vibrací při vyšších průtocích. Frekvenční analýza vibračního signálu ukazuje důležité vlastnosti, které mohou indikovat kavitaci.
2. **Akustická metoda:** Kavitace může být detekována pomocí efektivní hodnoty akustického signálu, která se zvyšuje při různých průtocích. Při frekvenční analýze akustického signálu se také objevují užitečné vlastnosti, které odrážejí provoz a stav čerpadla.

3. **Metoda IAS (Instantaneous Angular Speed):** Tato metoda analyzuje tlakové pulzace čerpadla a kolísání otáček, které se zvyšují s přítomností kavitace. Efektivní hodnota IAS se mění s průtokem čerpadla a může být použita jako primární ukazatel kavitace.
4. **Metoda MCSA (Motor Current Signature Analysis):** Tato metoda analyzuje fázový proud motoru čerpadla. Efektivní hodnota fázového proudu koreluje s průtokem čerpadla a může poskytnout spolehlivou metodu pro identifikaci vzniku kavitace.

Každá z těchto metod má své výhody a nevýhody, a jejich účinnost může záviset na konkrétních podmínkách a aplikacích.

Hodnocení nebezpečí vzniku kavitace

Při návrhu čerpadel je potřeba věnovat pozornost parametru NPSH (Net Positive Suction Head). Parametr NPSH označuje množství energie na jednotku hmotnosti kapaliny, která je k dispozici na vstupu do čerpadla, aby se zabránilo kavitaci.

Existují dva typy NPSH:

- NPSH dostupný (NPSHA): Toto je skutečná hodnota NPSH, která je k dispozici v systému.
- NPSH požadovaný (NPSHR): Toto je minimální hodnota NPSH, kterou čerpadlo potřebuje k tomu, aby pracovalo bez kavitace.

Vztah pro výpočet NPSHA je následující:

$$NPSHA = \frac{p_{atm}}{\rho \cdot g} + \frac{p_{static}}{\rho \cdot g} - \frac{p_{vapor}}{\rho \cdot g} - h_{z,s}$$

kde:

- p_{atm} ... atmosférický tlak,
- p_{static} ...statický tlak na vstupu do čerpadla,
- p_{vapor} ... tlak nasycené páry kapaliny při dané teplotě,
- $h_{z,s}$... ztráty třením v sacím potrubí,
- ρ ... hustota kapaliny,
- g ... je gravitační zrychlení.

Tento vztah zohledňuje všechny faktory, které ovlivňují dostupné NPSHA na vstupu do čerpadla, jako je výška hladiny nad vztažnou rovinou čerpadla (pokud je čerpadlo nad hladinou, tak výška je záporná), teplota a typ čerpané kapaliny.

Charakteristiku NPSHR stanovuje výrobce čerpadla. Aby nedocházelo ke kavitaci, tak musí být splněna podmínka:

$$NPSHA > NPSHR$$

Tak, jako je pro vyhodnocení nebezpečí vzniku kavitace u čerpadel parametr NPSH, existuje u armatur podobný parametr – kavitační index systému Σ . Kavitační index systému je bezrozměrné číslo, které pomáhá určit, zda při daných provozních podmínkách dojde k tvorbě kavitace. Definice kavitačního indexu systému je následující:

$$\Sigma = \frac{p_1 - p_{vapor}}{p_1 - p_2}$$

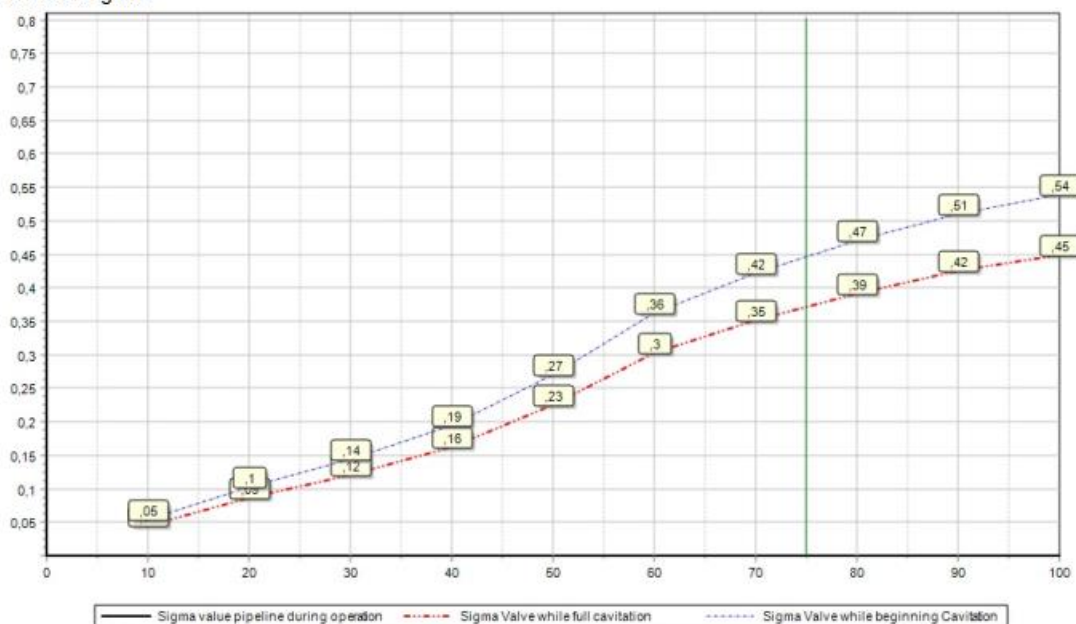
kde:

- p_1 ... tlak na vstupu do armatury,
- p_2 ... tlak na výstupu z armatury,
- p_{vapor} ... tlak nasycené páry kapaliny při dané teplotě.

Tento vztah zohledňuje všechny faktory, které popisují podmínky provozu armatur, jako je tlak před a za armaturou, teplota a typ dopravované kapaliny.

Kavitační index systému se porovnává s kavitačním součinitelem uzávěru (Σ_v), příklad kavitačního diagramu je na obr. 3. Aby byl zajištěn bezkavitační provoz armatury, musí být kavitační index systému větší než kavitační součinitel uzávěru.

Cavitation diagram



Následky

Při kavitaci se vytvářejí bubliny, které mohou způsobit hluk, mechanické poškození a erozi. Nejčastější je mechanické poškození lopatek čerpadel, disků armatur, potrubí apod. Poškození je způsobeno zánikem kavitačních bublin a následnými rázy na povrchu, v blízkosti stěny nebo při pulzujících změnách tvaru kavitační oblasti. Kavitace může také způsobit změny objemové (úbytek částic materiálu) a ovlivnit složení a stav povrchové vrstvy. Dále se mohou projevovat elektrochemické, chemické, tepelné, termoelektrické a piezoelektrické vlivy, které mohou být podstatné zejména u materiálů snadněji podléhajících korozi. Intenzita kavitace ovlivňuje, jak moc se tyto vlivy projevují. Ukázka následků kavitace je na obr. 4 a obr. 5. Na obr. 4 je zobrazen úbytek materiálu na oběžném kole lopatky čerpadla. Kromě úbytku materiálu kavitace může způsobit i mechanické poškození (obr. 5).

Obr. 4 Kavitační eroze na oběžném kole čerpadla

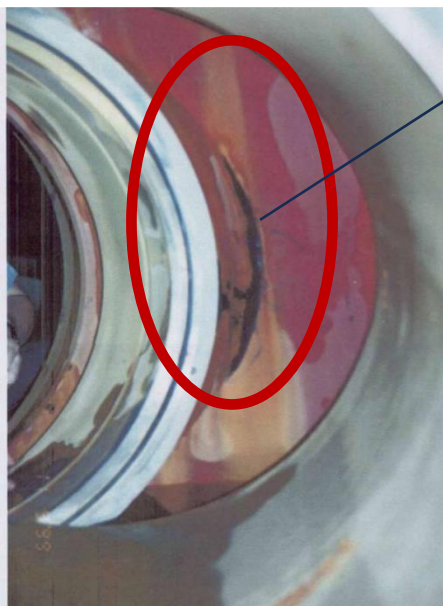


Obr. 5 Kavitační poškození lopatky čerpadla



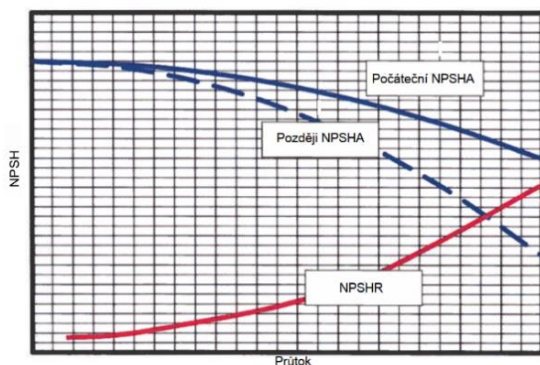
Další příklad následků kavitace je na obr. 6, kde je vidět poškození vnitřního povrchu tělesa kulového uzávěru DN 800, PN 50 kavitační erozí. K poškození došlo po pouhém půl roce provozu. Uzávěr pracoval jako uzavírací na výtlačku čerpadla a škrtil pouze při otevírání, resp. zavírání uzávěru při startu a vypnutí čerpadla (tzv. rozběh čerpadla do zavřeného výtlačku).

Obr. 6 Kavitační poškození tělesa kulového kohoutu

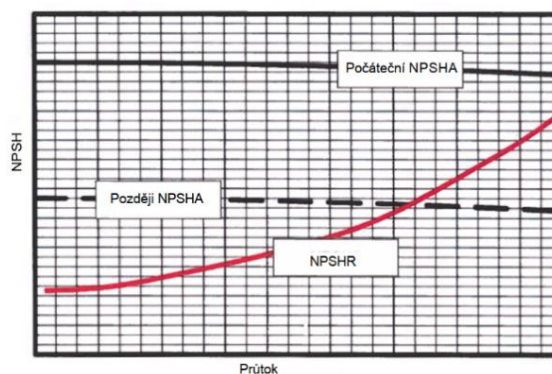


Poškození tělesa kulového kohoutu,
délka 40 cm, šířka 4 cm, hloubka 2 mm

**Obr. 7 NPSH v závislosti na průtoku
- změna dynamické složky systému**



**Obr. 8 NPSH v závislosti na průtoku
- změna statické výšky sání**



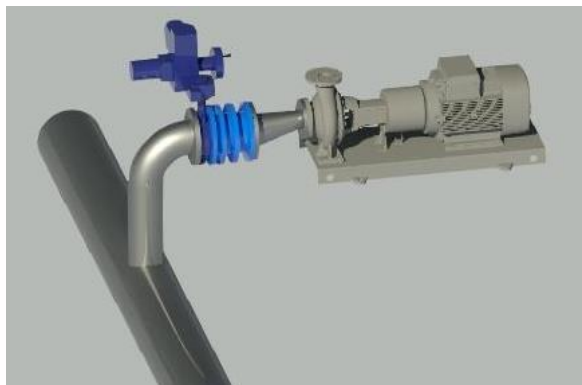
Chyby v projektech

Chybně stanovené NPSH – při výpočtu NPSHA nejsou brány v úvahu časové změny podmínek na sání čerpadel. S postupem času dochází ke zvyšování ztrát v potrubí, což ovlivňuje tvar křivky NPSHA, viz obr. 7. Dále nebývá zohledněno kolísání hladin, které může vést k variabilitě výšky na sání, viz obr. 8. V obou případech může nastat situace, kdy NPSHA klesne pod úroveň NPSHR, což následně způsobí kavitaci.

Chybný nátok na čerpadlo – tvar nátokového potrubí má zásadní vliv na vznik kavitace. Sání k čerpadlu byla vedena odbočka ze společného sání, za odbočkou bylo koleno, klapka a redukce (viz. Obr. 9). Při kontrole NPSH bylo zjištěno, že NPSHA je větší než NPSHR. Ale přesto docházelo ke kavitaci v sacím hrdle čerpadla. Při dispozičních návrzích je důležité vzít v úvahu dynamiku proudění v potrubí, kde se vyskytuje turbulentní proudění a vírové struktury. Při průtoku v koleně potrubí může docházet k odtrhávání proudnice, což vede k lokálnímu snížení tlaku pod tlak nasycených par a následně k vzniku kavitace. Jako řešení tohoto problému bylo následně navrženo osazení uklidňovacích lopatek do svislého potrubí před čerpadlo, což přispělo k stabilizaci proudění a snížení rizika kavitace.

U regulačních uzávěrů je nutné hlídat hlavně způsob výtoku z armatury. Na obr. 10 je zobrazen příklad, kdy na odtokovém potrubí z nádrže byl osazen regulační ventil, potrubí dále bylo napojeno na odtok, který byl o 1 m níže. Ve vodorovném odtokovém potrubí bylo proudění o volné hladině. Za ventilem docházelo ke vzniku podtlaku a ke kavitaci. Řešením v tomto případě bylo osazení zavzdušnění za ventil.

Obr. 9 Chybně provedený nátok na čerpadlo



Obr. 10 Regulační uzávěr s výtokem do volna



Závěr

Při návrhu systému s čerpadly, regulačními uzávěry je vždy potřeba věnovat pozornost hydraulice systému a proudění v potrubích. Při nedostatečné kontrole hydraulických parametrů, např. NPSH čerpadel, kavitačního indexu systému může dojít ke vzniku kavitace a tím i poškození použitého zařízení. U čerpadel a armatur výrobci uvádějí doporučení pro instalaci, tak je potřeba se jimi řídit a nebrat je na lehkou váhu.

Literatura a normy

LIVORA, T.: *Kavitace za porézní přepážkou*, Bakalářská práce, VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, 2024.

SOCHOREC, R.: *Testy kavitační eroze*, Bakalářská práce, VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, 2015.

PIŇOS, O.: *Vliv rozpuštěného vzduchu na hydrodynamickou kavitaci*, Diplomová práce, VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, 2024.

MANCUSO, G., LANGONE, M., ANDREOTTOLA, G. : *A critical review of the current technologies in wastewater treatment plants by using hydrodynamic cavitation process: principles and applications*, Journal of Environmental Health Science and Engineering, 2020.

THAMSEN, P. U., BUBELACH, T., PENSLER, T., SPRINGER, P.: *Cavitation in Single-Vane Sewage Pumps*, International Journal of Rotating Machinery Volume 2008, 2008

A ALHASHMI, S.: *Detection and diagnosis of cavitation in centrifugal pumps*, Doctor of Philosophy thesis, University of Manchester, Faculty of Engineering and Physical Sciences, School of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, 2005

PIŇOS, O.: *Vliv rozpuštěného vzduchu na hydrodynamickou kavitaci*. Diplomová práce, VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, 2023

Odstraňovanie vybraných liečiv z vody koaguláciou a adsorpciou

prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.

prof. Ing. Danka Barloková, PhD.

Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU,
Radlinského 11, 810 05 Bratislava, jan.ilavsky@stuba.sk, [danka.barloková@stuba.sk](mailto:danka.barloкова@stuba.sk)

Abstrakt

V článku je porovnávaná účinnosť odstraňovania vybraných liečiv z pitnej vody pomocou rôznych koagulantov a adsorpciou granulovaným aktívnym uhlím. Na experimenty bola použitá pitná voda s prídavkom štandardov s výslednou koncentráciou sledovaných liečiv 0,254-0,580 µg/l. Účinnosť troch koagulantov (síran železitý, chlorid železitý, polyaluminium chlorid PAX-XL18) sa stanovila koagulačnými testami. V prípade adsorpcie bola sledovaná účinnosť granulovaného aktívneho uhlia (Filtrisorb F400 a WG12) v závislosti od doby kontaktu sorbentu s vodou (30, 60, 120 a 240 minút) pri rovnakej dávke GAU. Analýzy sledovaných liečiv boli vykonané v laboratóriu ALS Praha. Na analýzu liečiv vo vzorkách vody bola použitá LC-MS prístrojová technika. Účinnosť adsorpcie sa v závislosti od doby kontaktu pohybuje od 13 do viac ako 90 %, v prípade koagulácie bola účinnosť (v závislosti od liečiva) od 0 do cca 80%.

ÚVOD

Kontaminanty vo forme reziduí liečiv predstavujú rastúcu skupinu znečisťujúcich látok, ktoré sú v širokom rozsahu uplatňované v oblasti ľudskej i veterinárnej medicíny. Odhaduje sa, že existuje viac ako 4000 liečiv a ich reziduí v životnom prostredí, je preto potrebné venovať značnú pozornosť týmto kontaminantom. Kategorizácia liečiv podľa ich terapeutického účinku je uvedená v tabuľke 1. Medzi skupinu s najvyššími koncentraciami v odpadných vodách patria analgetika v podobe nesteroidných protizápalových liečiv (NSAID) s ročnou celosvetovou spotrebou niekoľko tisíc ton. Pritom medzi konkrétne NSAID, ktoré sú najčastejšie stanovované vo vodnom prostredí, patria diklofenak, ibuprofen, naproxen a ketoprofen. Na základe ich častej prítomnosti v životnom prostredí a nadmernej spotrebe boli tieto uvedené NSAIDs (mimo ketoprofen) zaradené do zoznamu 10 hlavných liečiv, ktoré by Európska únia mala monitorovať. Z environmentálneho hľadiska je najväčší problém pri užívaní liečiv ich perzistencia a kritická biologická aktivita (napr. toxicita).

Kontaminácia našich ekosystémov farmaceutickými zvyškami je zložitý problém, ktorý možno z veľkej časti pripísať trom primárnym zdrojom: farmaceutickej výrobe, vylučovaniu ľudí a zvierat a nesprávnej likvidácii liekov.

Pochopenie rôznych spôsobov, ktorými sa používané liečivá môžu dostať do životného prostredia je kľúčovým krokom pri riešení tohto zložitého problému. Tieto cesty sú také rozmanité, početné, cyklické, svojim všadeprítomným vplyvom vynikajú štyri kľúčové zdroje: ČOV, priame vypúšťanie do vodných útvarov, kontaminácia pôdy hnojivami a vylúhovanie, priesaky a odtok.

Tabuľka 1 Kategorizácia liečiv, najčastejší zástupcovia a ich terapeutický účinok

Kategorizácia liečiv	Najčastejší zástupcovia uvedených kategórií liečiv (terapeutický účinok)
Analgetika a antiflogistika	Diklofenak, Ibuprofen, Naproxen, Ketoprofen (tlmenie bolesti a potlačenie zápalových reakcií)
Antibiotika	Tetracyklin, β -laktamy (penicilín), sulfonamidy, makrolidy (liečba baktériálnych infekcií)
Antiepileptika	Karbamazepin, Dilantin, Primidon (liečba epilepsie)
Antineoplastika	Cyklofosamid, Ifosfamid, lomeprol, lopamidol (liečba nádorových ochorení, kontrastná látka)
Antivirotika	Lamivudin, Ivermektin (liečba vírusových infekcií)
Antihypertenziva	Atenolol, Metoprolol (liečba vysokého krvného tlaku)
Antidepresiva	Paroxetin, Sertralin, Fluoxetin (liečba depresívnych porúch a iných psych. porúch)
Anticholesterolika	Gemfibrozil, kyselina klofibrová (znižovanie hladiny cholesterolu v krvi)

NSAIDs patria vďaka svojim pozitívnym účinkom medzi najčastejšie užívané lieky po celom svete a nachádzajú uplatnenie pri liečbe revmatoidnej artritídy, zápalu, horúčky, nachladnutia a chrípkových ochorení. Navyše sú považované za univerzálny prostriedky k tlmeniu rôznych druhov bolesti, ako je bolesť kĺbov, hlavy, zubov a dokonca i menštruačnej alebo pôrodnej bolesti. Napriek týmto pozitívnym účinkom môžu spôsobovať vznik žalúdočných vredov, srdcových infarktov, septický šok alebo môžu poškodiť ľadviny, tenké črevo alebo očné rohovku. Vďaka ich širokej dostupnosti ako voľne predajné lieky, ktoré je možné zakúpiť alebo získať bez lekárskeho predpisu, sú tieto liečiva široko konzumované. Na dnešnom celosvetovom farmaceutickom trhu je k dispozícii viac ako 50 rôznych nesteroidných protizápalových liečiv, ktoré každodenne užíva takmer 35 miliónov ľudí. Medzi najrozšírenejšie NSAIDs dnešnej doby patrí hlavne ibuprofen, diklofenak, naproxen a ketoprofen.

Štruktúra NSAIDs ovplyvňuje ich výsledné fyzikálno-chemické vlastnosti, častá prítomnosť hydroxylových, amidových a chirálnych uhlíkových atómov prispieva k ich vysokej polarite, chiralite, schopnosti absorbovať UV svetlo a nízku prchavosť. V dôsledku týchto hydroxylových (-OH) a amidových (-CONH₂) funkčných skupín, vykazujú NSAID vysokú reaktivitu a zároveň tiež stabilitu, čo má za následok ich perzistenciu v životnom prostredí a odolnosť voči biodegradácii [2].

Celosvetová spotreba Diklofenaku (DCF) sa odhaduje na 15000 ton ročne. Tato látka, objavená na konci 20. storočia ako derivát kyseliny octovej je dostupná pod rôznymi obchodnými názvami, na Slovensku pod názvom Voltaren. DCF sa bežne využíva vo forme sodnej (draselnej) soli, čo zvyšuje jeho rozpustnosť a absorpciu.

Ibuprofen (IBU) predstavuje derivát kyseliny propionovej, Z chemického hľadiska je dobre rozpustný v organických rozpúšťadlách, avšak vo vode má nižšiu rozpustnosť. Ročne sa na svete spotrebuje približne 30000 ton IBU, čo je zhruba 20krát viac, než v prípade DCF.

V prípade naproxenu (NPX) ide o derivát kyseliny propionovej. NPX je nerozpustný vo vode, a preto sa často využíva vo forme solí, čo jeho rozpustnosť zlepšuje. Odhaduje sa, že NPX denne užíva približne 30 miliónov ľudí po celom svete. Ročne sa vyrobí okolo 3000 ton NPX, čo je 10krát menej, než v prípade IBU.

Ketoprofen (KPF) opäť zastupuje derivát kyseliny propionovej, podobne ako NPX, je nerozpustný vo vode. Využíva sa pri liečbe lokálnej symptomatickej bolesti a zápalov pohybového ústrojenstva, chrbta alebo degeneratívnych ochorení pohybového aparátu. Tato látka poskytuje úľavu od bolesti a zápalov a je podávaná vo forme gélov, krémov alebo náplastí k dosiahnutiu lokálneho účinku.

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

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

Účinnosť klasickej úpravy pitnej vody je podľa dostupnej literatúry nízka, väčšinou do 30%, pre neionizujúce liečivá (hydrofóbne) ako napr. karbamazepín, sulfametoxazol menej ako 1%, pre ionizujúce liečivá (hydrofilné) závisí účinnosť odstránenia od ich fyzikálnych a chemických vlastností, rozpustnosti vo vode, obsahu humínových látok vo vode, pH vody, použitého koagulantu napr. pre síran železitý je pre ibuprofén 50% a diklofenak 30-77% účinnosť. Biodegradácia na pomalých pieskových filtroch alebo na GAU môže tiež znížiť hladiny niektorých liečiv prítomných v zdrojoch pitnej vody.

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

Vysokú účinnosť odstraňovania liečiv je možné dosiahnuť dezinfekčnými činidlami, napr. voľný chlór je schopný odstrániť až 50 % skúmaných liečiv, zatiaľ čo chlórámíny majú nižšiu účinnosť odstraňovania. Medzi zlúčeniny, ktoré vykazovali vysoké odstraňovanie voľným chlórom, ale nízke odstraňovanie chlórámínmi, patria antibiotiká, ako je sulfametoxazol, trimetoprim a erytromycín. Vysokú účinnosť odstránenia vykazujú aj chlórdioxid a ozón.

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

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

1. Odstraňovanie liečiv z vody koaguláciou

Cieľom práce bolo pomocou koagulačných pokusov sledovať účinnosť koagulácie pri odstraňovaní liečiv z modelovej vody (pitná voda s prídavkom zmesi štandardov liečiv), zistiť optimálnu dávku koagulantu a účinnosť koagulácie. Ako koagulačné činidlo bol použitý síran železitý, chlorid železitý a polyaluminium chlorid (PAX18). Koncentrácia farmaceutík sa pohybovala v intervale 0,254 až 0,580 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Dodaná štandardná zmes obsahovala tieto druhy liečiv: protizápalové látky (diklofenak, indometacín, ketoprofén, naproxén, paracetamol), antibiotiká (metronidazol, sulfametazín, sulfametoxazol, trimetoprim), kontrastné látky (iomeprol, iopamidol, iopromid), látky obehového systému (hydrochlorothiazid, valsartan, warfarín) a ostatné (bezafibrát, fluoxetín, ifosfamid, karbamazepín, kofeín).

Na koagulačný pokus bolo použité zariadenie so šiestimi miešadlami s možnosťou nastavenia otáčok pre rýchle a pomalé miešanie. Do štyroch kadičiek bol pridaný liter surovej (modelovej) vody. Po pridaní 1 % roztok FeCl_3 a $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ v objeme 1, 3, 5 a 7 ml, resp. 3, 5, 7 a 9 ml 1 % roztoku PAX18 nasledovalo 3 min rýchle miešanie (180 otáčok za minútu) a 20 min pomalé miešanie (40 otáčok za minútu). Po sedimentácii (1 hodina) bola z odseparovanej vody odobratá vzorka do 40 ml ampulky s konzervačnou látkou (0,32 ml 1% tiosíranu sodného) a podrobená analýze v laboratóriu ALS Praha. Zároveň bola sledovaná aj kvalita vody pred a po koagulácii. Boli sledované parametre: pH, vodivosť, zákal, farba, $\text{KNK}_{4,5}$, koncentrácia železa resp. hliníka.

2. Odstraňovanie liečiv z vody sorpciou

Analytické štandardy liečiv boli získané od spoločnosti Neochema. Bol pripravený zásobný roztok liečiv s počiatočnou koncentráciou 0,44-0,55 $\mu\text{g/l}$. Experimenty sa uskutočnili v Erlenmeyerových bankách s počiatočným objemom 400 ml modelovej vody. Do baniek sa pridalo 400 mg granulovaného aktívneho uhlia (Filtrisorb F400 a WG12). Tieto banky sa potom miešali počas 4 hodín pomocou OHAUS Orbital Shaker pri 400 otáčkach za minútu. Počas tejto doby sa z baniek odoberali vzorky v časových intervaloch 0, 30, 60, 120 a 240 minút. Vzorky sa odoberali do sklenených vialiek s objemom 40 ml, v ktorých bola konzervačná látka (0,32 ml 1% tiosíranu sodného).

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

VÝSLEDKY A DISKUSIA

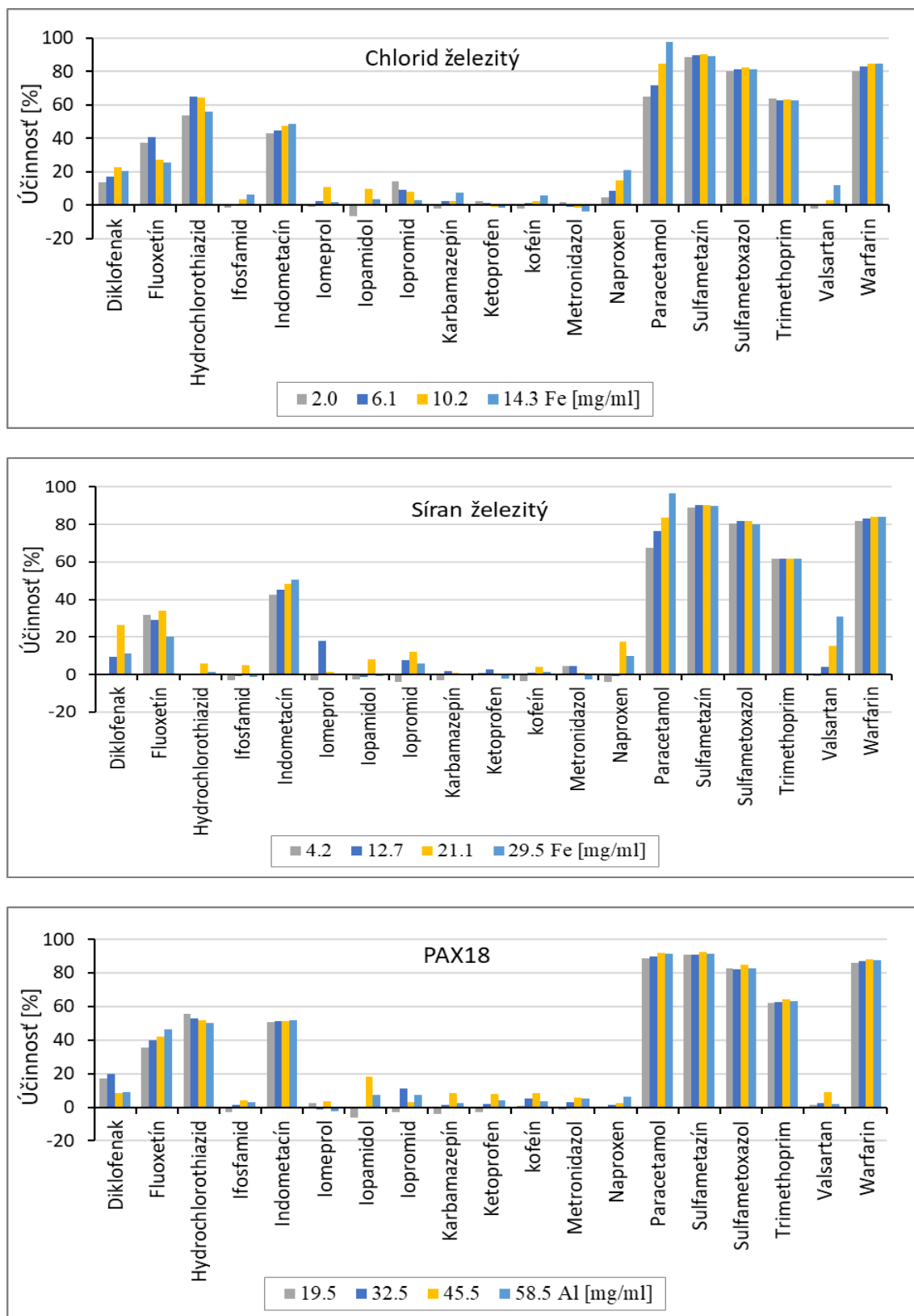
V tabuľke 2 je porovnaná kvalita sledovaných vôd pred a po pridaní koagulantu.

Tabuľka 2 Porovnanie kvality sledovaných vôd

parameter	SV	1% roztok FeCl_3				1% roztok $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$				1% roztok PAX18			
		1	3	5	7	1	3	5	7	3	5	7	9
		ml				ml				ml			
pH	7.61	7.25	6.51	6.18	5.01	7.10	6.53	6.12	4.64	7.27	7.04	6.89	6.71
vodivosť	43.2	45.2	49.1	51.7	56.1	44.7	45.7	47.8	49.6	44.7	45.8	46.7	47.6
zákal	1	1	2	2	4	3	4	6	8	0	0	1	1
farba	4	5	11	14	22	17	22	35	41	2	4	3	3
Fe	0.03	0.37	0.62	0.92	1.25	0.69	0.85	1.24	1.56	0	0	0	0
$\text{KNK}_{4,5}$	4.56	4.07	1.97	1.02	0.12	4.01	2.40	0.92	0.06	4.01	3.42	2.96	2.59
Al	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.203	0.225	0.392	0.529

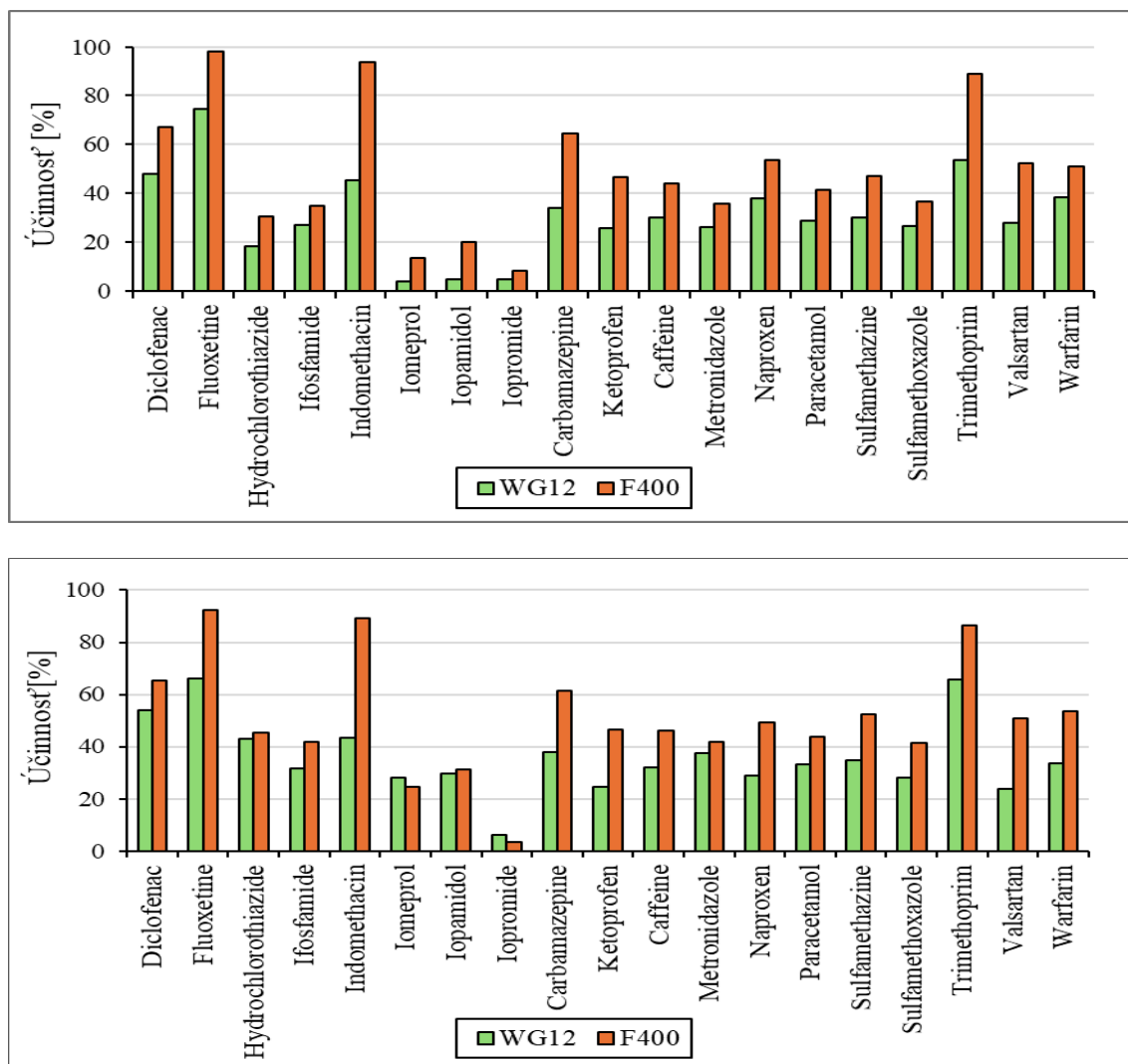
Výsledky koagulačných pokusov sú zobrazené na obrázku 1. Dávka koagulantu prepočítaná na obsah Fe, resp. Al v mg/ml je uvedená v legende obrázku. Z výsledkov vyplýva, že zvyšovanie dávky koagulantu sa výrazne neprejavilo vo zvýšení účinnosti, hlavne v prípade PAX18. Výsledky pre niektoré liečivá vykazovali záporné hodnoty, resp. menej ako 5%. Účinnosť koagulácie v prípade liečiv Paracetamol, Sulfametazín, Sulfametoxazol, Warfarín bola >80%, pre Trimetoprim, Hydrochlorotiazid cca 60%.

Obrázok 1 Účinnosť koagulácie na odstraňovanie farmaceutík z vody



Použitím statických testov bola porovnávaná adsorpčná účinnosť GAU (WG12, F400) na vybrané liečivá pri odstraňovaní z vody. Účinnosť použitých sorpčných materiálov bola monitorovaná pri pH 7,8 a 6,5, pri laboratórnej teplote (22-23 °C), pri počiatočnej koncentrácii liečiv 0,44-0,55 µg/l a dobe kontaktu vody a sorbentu 30 až 240 minút.

Obrázok 2 Účinnosť odstraňovania liečiv s GAU pri hodnote pH 7,8 a 6,5 a dobe kontaktu 30 minút



Z porovnania výsledkov vyplýva, že Filtrasorb F400 dosahoval vyššiu účinnosť odstraňovania liečiv z vody ako materiál WG12. Účinnosť adsorpcie sa v závislosti od doby kontaktu pohybuje od 13 do viac ako 90 %. Z výsledkov zároveň vyplýva rozdielna účinnosť jednotlivých liečiv, preto je potrebné overiť použitie granulovaného aktívneho uhlia priamo pre konkrétny kontaminant a kvalitu upravovanej vody. Pri niektorých liečivách zohráva dôležitú úlohu aj pH vody a doba kontaktu vody s GAU.

PodĎakovanie

Článok bol pripravený za finančnej podpory projektov APVV-22-0610 a VEGA 1/0666/23.

Literatúra

- [1] Ilavský, J., Barloková, D., Marton, M. Adsorpcia vybraných liečiv z vody použitím granulovaného aktívneho uhlia. In Voda Zlín 2022 : sborník přednášek z konference. Zlín, ČR, 10. - 11. 3. 2022, 1. vyd. Olomouc : Moravská vodárenská, 2022, s. 110-114. ISBN 978-80-905716-9-3.
- [2] Placová, K. Studium výskytu vybraných léčiv ve vodách z městské čistírny odpadních vod a optimalizace metod jejich detekce. Dizertačná práca, VŠB-TU Ostrava 2024, s. 131.

Provozní zkušenosti při úpravě povrchové a podzemní vody

Ing. Martina Klimtová

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

Abstrakt

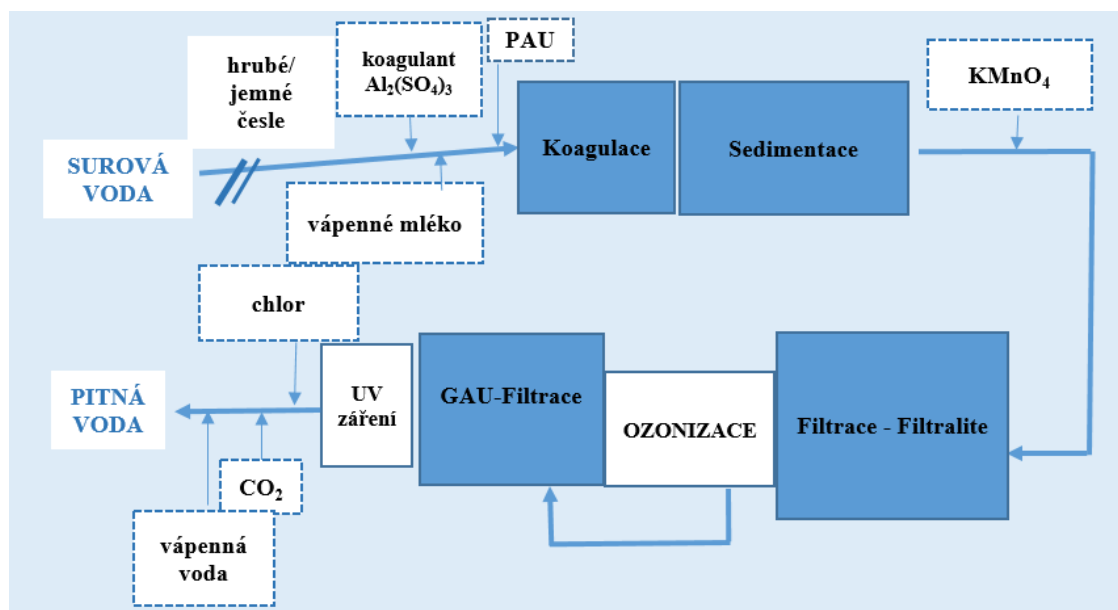
Společnost VODÁRNA PLZEŇ (VP) provozuje vedle nejvýznamnější úpravny vody (ÚV) v Plzni, co se výkonu a velikosti spotřebiště týká, dalších 26 menších úpraven, které upravují surovou vodu výhradně z podzemních zdrojů do kvality vody s přívlastkem „pitná“ ve všech požadovaných ukazatelích platné vyhlášky č. 252/2004 Sb. ÚV Plzeň, jejíž robustní technologie sestává s ohledem na charakter povrchového zdroje vody ze tří separačních stupňů. Technologie ÚV Plzeň po téměř deseti letech od rozsáhlé rekonstrukce zdárně čelí v průběhu každého roku výrazným změnám v kvalitě tekoucího povrchového zdroje vody. Udržování dobré kondice a efektivního provozování stávající technologické linky ÚV vyžaduje vedle pečlivé obsluhy jednotlivých zařízení nebo dílčích částí vodárenského procesu také jejich včasná modernizace.

Příspěvek se také dotýká problematiky provozování malých vodovodů pro veřejnou potřebu, kterým společnost VP věnuje stejnou péči jako v případě vodovodního systému zásobování západočeské metropole. Dokladem zodpovědného přístupu VP k vodovodům s počtem zásobovaných obyvatel menším než 100 je realizace nápravných opatření po skončení platnosti prodloužených rozhodnutí o mírnějších hygienických limitech pro některé ukazatele v rámci vlastních investic.

Úpravna vody Plzeň

ÚV Plzeň s reálným výkonem 500 l/s jímá surovou vodu z dolního toku řeky Úhlavy. S ohledem na proměnlivou kvalitu zdroje technologie čítá tři separační stupně: koagulaci s navazující sedimentací, filtraci přes dvouvrstvý zrnitý materiál a sorpci na povrchu granulovaného aktivního uhlí (GAU). Do čerpané surové vody je po korekci pH (vápenným mlékem) dávkován koagulant na bázi hliníku a po homogenizaci navazuje proces sedimentace v podélných usazovacích nádržích. Následně voda gravitačně natéká do šesti otevřených rychlofiltrů s drenážním systémem Leopold. Filtrát pokračuje do objektu ozonizace, kde v reakčních nádržích dochází ke kontaktu upravované vody s ozonem. Třetí separační stupeň představují čtyři otevřené filtry s náplní GAU, na jehož povrchu dochází k sorpci rozpuštěných organických látek, produktů ozonizace a případných zbytků anorganických látek z předchozích separačních stupňů. Následuje hygienické zabezpečení upravované vody UV zářením a dávkování plynného chloru. Závěrečnou fází úpravy vody je její stabilizace spojená s dávkováním oxidu uhličitého a vápenné vody (viz **Obr. 1**). Upravená voda je z akumulčních nádrží v areálu ÚV čerpána do pásmových vodojemů a dále distribuována do rozsáhlého spotřebiště západočeské metropole a jejího okolí, téměř 260 000 odběratelům.

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



Vodárenská koagulace

Koagulace je proces neodmyslitelně spojený s úpravou povrchových vod. Základním principem je interakce mezi koloidními nebo rozpuštěnými nečistotami v surové vodě a dávkovaným koagulantem za vzniku vloček, které lze v následných krocích úpravy separovat. Proces koagulace je ovlivněn mnoha faktory (např. obsahem organických látek v surové vodě, teplotou, alkalitou a pH vody, použitým koagulantem) [1]. Hodnota pH je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících proces koagulace. Obecně platí, že látky kyselé povahy se odstraňují při nižších hodnotách pH a naopak látky zásadité povahy se odstraňují při vyšších hodnotách pH. Srážení vody pomocí hlinitých koagulantů u organicky znečištěných vod probíhá v rozmezí pH 5,2 – 6,4. Pro vytvoření optimálních koagulačních podmínek je třeba po přidání koagulantu upravit pH. U směsí nečistot ovlivňují vzájemné interakce mezi jednotlivými složkami jak pH koagulace, tak dávkování koagulantu, což naznačuje, že je vždy třeba provést optimalizaci procesu [2].

V období podzimu a zimy teplota vody v řece Úhlavě zpravidla klesá pod 10°C. V zimním období kvalita surové vody ve srovnání s ostatními ročními obdobími bývá bez výrazného organického znečištění, bez výkyvů se zvýšeným zákalem a absorbancí, bez biologického znečištění. V důsledku méně častých vydatných srážek a okalových stavů v chladnějším období, nedochází k výrazným výkyvům v kvalitě surové vody v krátkých časových intervalech. V zimních měsících se zpravidla surová voda, s teplotou okolo 5°C, upravuje nízkými dávkami koagulantu a určujícím parametrem pro zvolenou dávku síranu hlinitého je hodnota absorbance surové vody z kontinuálního analyzátoru. Na základě koagulačních testů, prováděných v roce 2024 je na ÚV Plzeň zimním období s dobrou kvalitou říční vody přechodně dávkován koagulant polyaluminiumchlorid (PAX).

Vápenné hospodářství

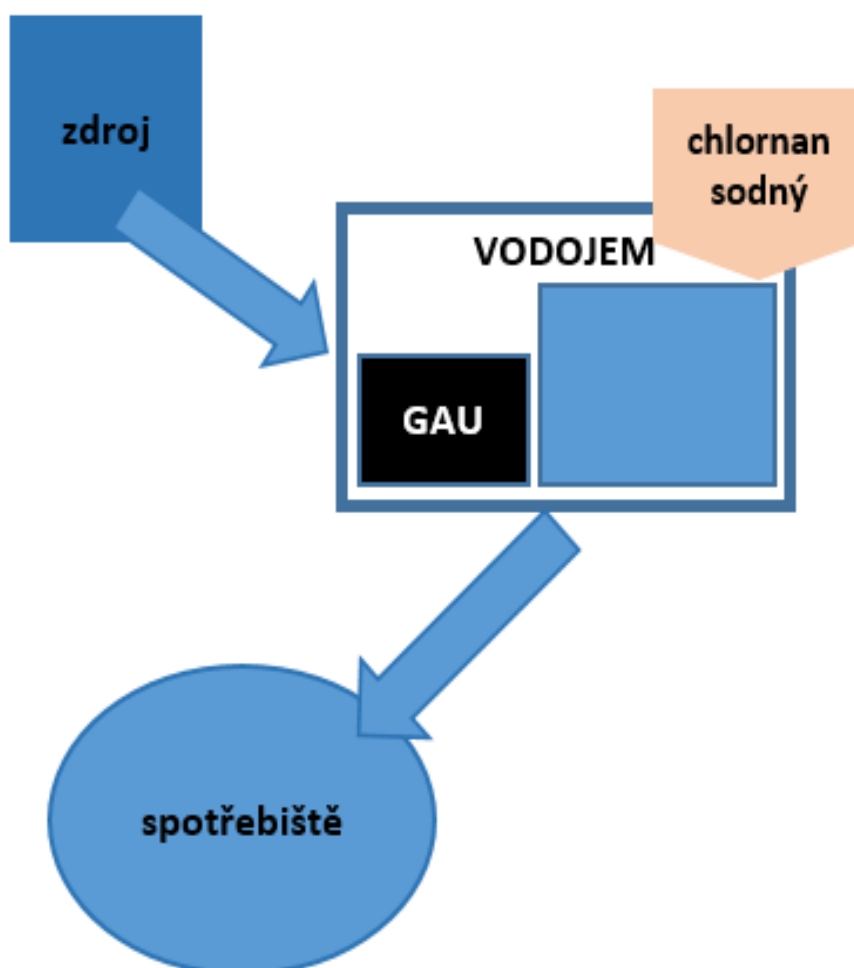
Suspenze vápenného mléka a vápenné vody má v procesu úpravy povrchové vody v Plzni nezastupitelnou úlohu. Vápenné mléko přispívá k vytvoření optimálních podmínek koagulace, řednější forma suspenze, vápenná voda, pomáhá při odstraňování manganu na druhém separačním stupni a dále spolu s dávkovaným oxidem uhličitým při stabilizaci upravené vody.

Vápenný hydrát je skladován ve dvou venkovních silech, ze kterých je pseudopravou posouván do denních zásobníků. Dva dávkovače ve střídavém režimu dopraví hydrát do homogenizační nádrže (objem 10 m³), ve kterých je suspenze míchána vrtulovými míchadly a jedním cirkulačním čerpadlem. Koncentrace vápenného mléka je hlídána hmotnostním průtokoměrem. Z homogenizační nádrže je vápenné mléko čerpáno hadicovými čerpadly do pěti sytičů. Každý sytič je regulován podle hodnot zákaloměru a analyzátoru vodivosti. V pravidelných intervalech je prováděna korekce analyzátorů vodivosti podle výsledků vodivosti z laboratoře. Pro zajištění bezpečného provozu s minimem poruch je velmi důležitá provozní disciplína personálu, pravidelná údržba čerpadel a proplachy dopravních tras vápenné suspenze.

Vodovod Černíkovice

Vodovodní zásobovací systém pro obec Černíkovice je gravitační s jedním tlakovým pásmem. Voda ze dvou jímacích zářezů je perforovanou kameninou přivedena do první předkomory zemního vodojemu. Jímací zářezy vykazují vodu v průměru mírně kyselé reakce, středně tvrdou, agresivní, s koncentrací dusičnanů oscilující kolem 40 mg/l, prostou ostatních forem dusíku a kromě trvale nadlimitních hodnot metabolitu Alachlor ESA jsou také detekovány stopové koncentrace Atrazinu a Metazachloru ESA.

Obr. 2 Obecné schéma gravitačního vodovodu



Od začátku roku 2020 je ve vodojemu zabudována nerezová nádoba s obdélníkovým půdorysem. Na děrované mezidno je nasypána vrstva GAU do výšky 30 cm. Přivedená podzemní voda proteče vrstvou GAU v otevřeném filtru a natéká do akumulární komory vodojemu, kde je hygienicky zabezpečena příslušnou dávkou roztoku chlornanu sodného (**Obr. 2**). Z vodojemu odtéká do obce pitná voda, která splňuje limitní hodnoty platné vyhlášky ve všech ukazatelích, včetně pesticidních látek [3]. **Tabulka 1** uvádí přehled průměrných hodnot vybraných pesticidních látek, přítomných v surové vodě, v porovnání s průměrnými hodnotami pesticidů ve filtrátu po sorpci na GAU. Z uvedených průměrných hodnot v tabulce vyplývá, že účinnost separace pesticidních látek na GAU dosahuje 97,5 – 100% odstranění.

Tabulka 1. Porovnání koncentrace vybraných metabolitů pesticidních látek v surové vodě a v upravené vodě filtrací vrstvou GAU.

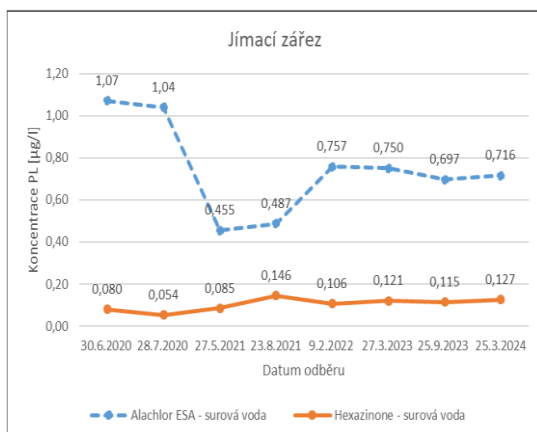
Vodovod Černíkovice		Průměrné hodnoty z období	
		2018 - 2024	2020 - 2024
Vybrané pesticidní látky a jejich metabolity	Měrná jednotka	Jímací zářez - surová voda	Odtok z GAU-filtrace - upravená voda
Acetochlor ESA	µg/l	0,034	0,021
Acetochlor OA	µg/l	0,021	<0,020
Alachlor ESA	µg/l	1,610	0,266
Alachlor OA	µg/l	<0,020	<0,020
Dimethachlor ESA	µg/l	0,058	<0,020
Dimethachlor OA	µg/l	0,030	<0,020
Metazachlor ESA	µg/l	0,170	0,033
Metazachlor OA	µg/l	0,021	<0,020
Metolachlor ESA	µg/l	0,154	0,034
Metolachlor OA	µg/l	<0,020	<0,020

Vodovod Babina

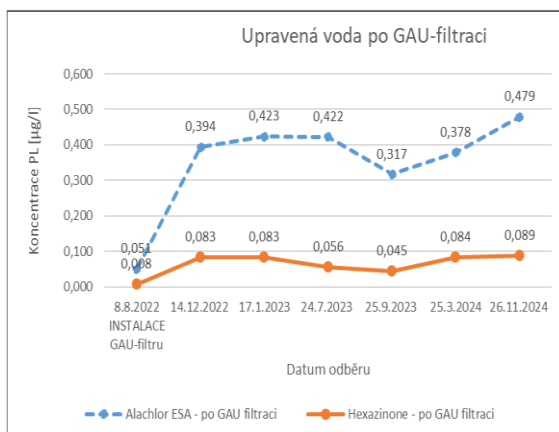
Vodovodní síť obce Babina tvoří dvě oddělená tlaková pásma: horní tlakové pásmo zásobuje pitnou vodou 50 obyvatel výtlačně z podzemního vrtu a gravitační pásmo zásobující 150 obyvatel obce tvoří jímací zářezy, jednokomorový vodojem s hygienickým zabezpečením vody a navazujícím rozvodným řadem (**Obr. 2**). Vlivem hydrogeologického podloží a antropogenní činnosti v těsné blízkosti ochranného pásma zdroje se v podzemní vodě v posledních letech nachází nadlimitní koncentrace pesticidní látky Hexazinon a metabolitu Alachlor ESA (viz **Obr. 3**). S ohledem na nevyhovující kvalitu zdroje vody pro vodovod bez úpravy byla orgánem ochrany veřejného zdraví vydána výjimka pro nevyhovující parametry. Protože během období platnosti mírnějšího hygienického limitu pro výše uvedené ukazatele (2x 3 roky) nebylo ze strany majitele vodovodu zrealizováno nápravné opatření, přesunul se problém s nevyhovující kvalitou upravené vody na provozovatele, tedy VP. Vzorem pro řešení odstranění nežádoucích pesticidních látek z podzemní vody v Babině byla instalace nádrže s náplní GAU v černíkovickém vodojemu.

Voda z jímacích zářezů je přivedena ve spádu příváděcím řadem do nově vybudované šachty (v těsné blízkosti vodojemu) s instalovaným otevřeným filtrem s náplní GAU, za účelem odstranění přítomných pesticidních látek. Podzemní voda po filtraci přes vrstvu GAU přitéká do vodojemu Babina, kde je hygienicky zabezpečena chlornanem sodným. Z hodnot v grafu na **Obr. 4** lze vyčíst vysokou účinnost odstranění pesticidních látek průtokem vrstvou GAU v otevřeném filtru.

Obr. 3 Koncentrace pesticidů v surové vodě



Obr. 4 Koncentrace pesticidů v upravené vodě



Vodovod Světec

Gravitační vodovod slouží k zásobování 15 obyvatel obce Světec. Zdroj vody je podchyten třemi jímacími zářezy a sveden do hlavní sběrné jímky. Podzemní voda je následně gravitačně odváděna přívodním řadem do vodojemu s hygienickým zabezpečením vody. Od října 2024 je na přívodním potrubí osazen pomocí dvou krajních přírub komponent s náplní GAU. Funkčnost GAU-filtru a účinnost odstranění nežádoucích pesticidních látek je kontrolována analýzou pesticidních látek v pravidelných intervalech a po zjištění narůstající koncentrace některého metabolitu je náplň GAU vyměněna. Hodnoty v pravém sloupci **Tabulky 2** dokladují dobrou funkčnost GAU-filtru.

Tabulka 2. Koncentrace vybraných metabolitů pesticidních látek v surové vodě a v upravené vodě po filtraci v instalovaném GAU-filtru.

Vodovod Světec		Průměrné hodnoty z období	
		2022 - 2024	2024
Vybrané pesticidní látky a jejich metabolity	Měrná jednotka	Jímací zářez - surová voda	Odtok z GAU-filtrace - upravená voda
Alachlor ESA	µg/l	0,267	0,042
Alachlor OA	µg/l	<0,020	<0,020
Dimethachlor ESA	µg/l	0,036	<0,020
Dimethachlor OA	µg/l	<0,020	<0,020
Metazachlor ESA	µg/l	1,560	0,233
Metazachlor OA	µg/l	0,045	<0,020
Metolachlor ESA	µg/l	<0,020	<0,020
Metolachlor OA	µg/l	<0,020	<0,020

Vodovod Robčice – Břízsko

Gravitační vodovod Robčice - Břízsko zásobuje pitnou vodou 55 obyvatel z obou obcí z jímacího zářezu. Podzemní voda s trvale nadlimitní (kolísavou) koncentrací dusičnanů nejprve protéká vrstvou drčeného mramoru v odkyselovací jímce a po odkyselení je voda čerpána do vodojemu o užitném objemu 50 m³. Během čerpání je do odkyselené vody dávkován chlornan sodný za účelem hygienického zabezpečení dodávané vody. Z vodojemu jsou následně obě spotřebišť zásobována gravitačně.

Aby byla i po skončení platnosti prodlouženého mírnějšího hygienického limitu pro dusičnany (podzim roku 2022) zásobovaným obyvatelům dodávána voda v souladu s požadavky na jakost pitné vody [3], musí být voda z jímacího zářezu ve vodojemu ředěna pitnou vodou, zavezenou cisternou ze sousedních vodovodů. Ředící poměr se určuje podle aktuální koncentrace dusičnanů ve zdroji v průběhu roku. Podle laboratorně zjištěné koncentrace dusičnanů ve zdroji je snížena hladina ve vodojemu a do akumulární komory je napuštěna pitná voda z cisterny. Výsledná koncentrace dusičnanů ve směsi upravené vody se laboratorně ověřuje.

Závěr

- Základním předpokladem pro správný a efektivně udržitelný vodárenský provoz zrekonstruované ÚV a zachování plné funkčnosti moderní technologie je pečlivý přístup pracovníků obsluhy a stejnou mírou pravidelná údržba a provozní servis jednotlivých zařízení.
- VP při provozování „malých“ vodovodů pro veřejnou potřebu musí v některých případech v rámci vlastních zdrojů investovat do realizace nápravných opatření za účelem dodávky pitné vody ve všech parametrech kvality.

Literatura

- [1] Pivokonský, M., Vašatová, P., 2020. Koagulace při úpravě vody: teorie a praxe. Vydání první. Academia, Praha.
- [2] Naceradska, J., Pivokonska, L., Pivokonsky, M., 2019. On the importance of pH value in coagulation. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua 68, 222–230.
- [3] Novela vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Filtrační sklo s aktivovaným povrchem – představení materiálu a provozní výsledky

Ing. Jaroslav Boráň, Ph.D.¹

Ing. Jan Kunderátek¹; Ing. Lucie Houdková, Ph.D.¹; 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

V příspěvku je představen nový filtrační materiál vhodný pro drenážní systémy TRITON. Jedná se o filtrační sklo, které je dodáváno pod obchodním názvem GreenFil. Filtrační materiál je vyroben z recyklovaného hnědého a zeleného skla a byl vyvinut jako přímá náhrada písku pro otevřené i tlakové filtry. Specifikem tohoto materiálu je jeho aktivovaný povrch, který je plně bioresistentní, což brání tvorbě biofilmu na povrchu zrn. Další výhodou v porovnání s pískem jsou vyšší účinnosti při odstraňování jemných částic (zejména pod 10 mikronů) a nižší rychlosti prací vody pro dosažení požadované úrovně expanze. Filtrační materiál se vyrábí ve dvou modifikacích povrchu, polární (P) a nepolární (NP), a v několika zrnitostních třídách. GreenFil P má hydrofilní povrch a negativní náboj a výborně odstraňuje těžké kovy. GreenFil NP má povrch hydrofobní a je vhodný pro odstraňování organických látek či mikroplastů. Materiál je vhodný pro jednovrstvé i vícevrstvé filtry, přičemž ve spojení s drenážním systémem TRITON není nutná podpůrná vrstva, a samozřejmě je atest pro styk s pitnou vodou.

Úvod

Společnost KUNST jako výhradní dodavatel drenážního systému TRITON přináší na český trh filtrační materiál na bázi recyklovaného skla, jehož výrobcem je společnost Dryden Aqua. Ta vyrábí tento filtrační materiál pod názvem AFM® a ve spolupráci se společností Johnson Screen ho dodává pro drenážní systémy TRITON pod obchodním názvem GreenFil.

Filtrační materiál GreenFil

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 je vyráběn ve dvou továrnách, jedna se nachází ve Skotsku a jedna ve Švýcarsku. Při výrobě jsou ze skleněného recyklátu odstraněny všechny nečistoty a rovněž bílé sklo, které není vhodné pro výrobu zrn s aktivovaným povrchem. Materiál se dodává v několika zrnitostních třídách, obdobně jako ostatní filtrační materiály. Přehled dostupných tříd je uveden v tab. 1.

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

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	Podpurná nebo filtrační vrstva
	GreenFil P		
F	GreenFil P	2,0–4,0 mm	Podpurná vrstva

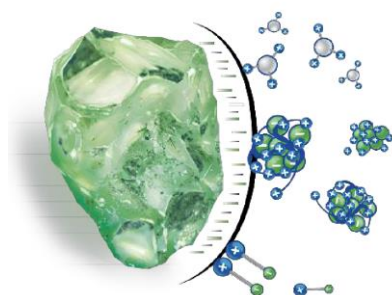
Aktivovaný povrch se vytváří v několika výrobních krocích zahrnujících chemické a termické metody. Materiál se vyrábí se dvěma typy aktivovaného povrchu (viz obr. 1), a to s hydrofobním (nepolárním = NP) nebo s hydrofilním (polárním = P) povrchem. Oba typy povrchu jsou samosterilizační, čímž dochází k omezení růstu bakterií, zamezuje se kanálikování 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 části, jejich tvar a kulovitost, což je přínosné z hlediska hydraulických vlastností filtračního lože.

Filtrační materiál s polárním negativním nábojem povrchu (hydrofilní), GreenFil P, se vyznačuje zvýšenou schopností vázat kladně nabitě částice a vločky, které obsahují negativně nabitě vázané částice. Díky tomu je tento materiál vhodný pro odstraňování kladně nabitých částic, jako jsou těžké kovy (např. železo, mangan či arsen).

Filtrační materiál s nepolárním povrchem (hydrofobní), GreenFil NP, se kromě výborné mechanické účinnosti filtrace vyznačuje účinným odstraňováním hydrofobních nečistot, tedy organických látek jako jsou uhlovodíky, bílkoviny či mikroplasty.

Obr. 1 Zrnka s polárním a nepolárním povrchem

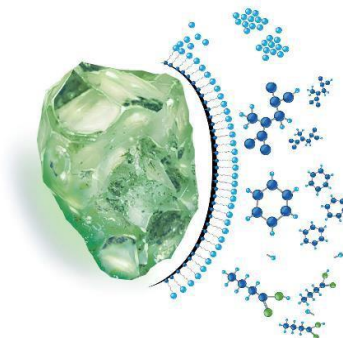
GreenFil P



Polární povrch

- výborný pro odstraňování těžkých kovů

GreenFil NP

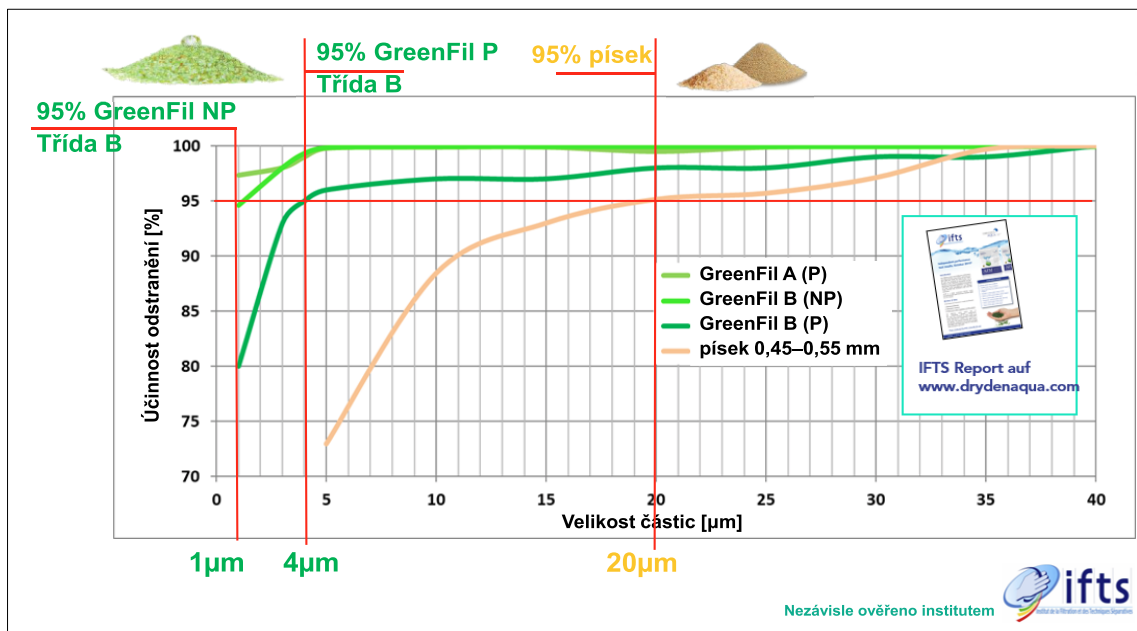


Nepolární povrch

- výborný pro odstraňování organických látek

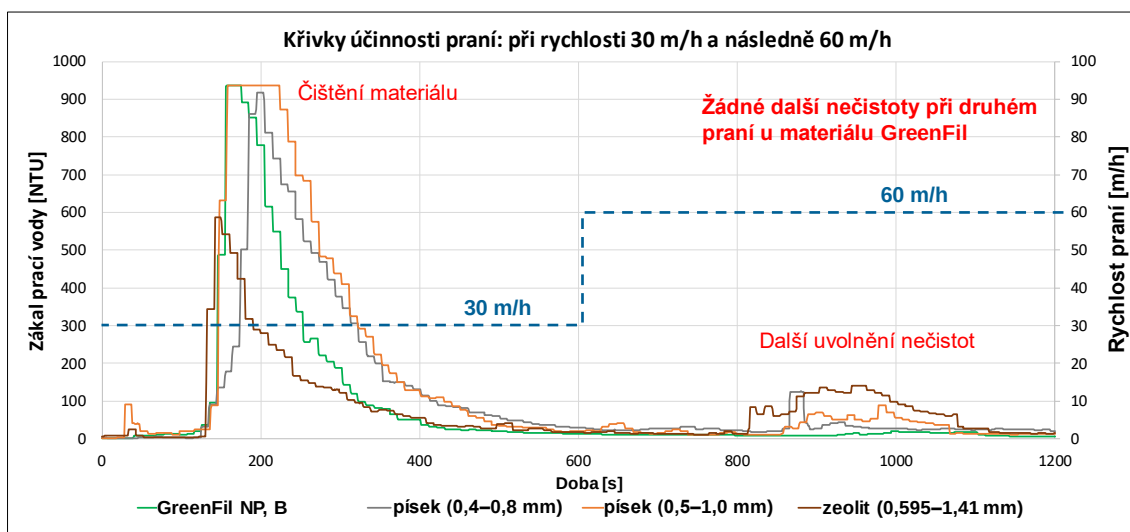
Mezi výhody filtračního materiálu GreenFil patří vysoká účinnost při odstraňování nerozpuštěných látek, která se pohybuje v závislosti na typu povrchu a zrnitosti na hodnotách okolo 95 % již u části velikosti 1 μm , zatímco u klasického filtračního písku je této účinnosti dosaženo u částic velikosti okolo 20 μm . Srovnání jednotlivých materiálů z hlediska odstraňování nerozpuštěných látek je uvedeno v grafu na obr. 2.

Obr. 2 Účinnost odstraňování nerozpuštěných látek na různých filtračních materiálech (bez flokulace a při rychlosti filtrace 20 m/h)



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. Experimenty ukazují, že již při nižších pracích rychlostech dochází k vyprání většiny zachycených nerozpuštěných částic, což ukazuje následné zvýšení prací rychlosti bez zvýšeného zákalu (na rozdíl od písku), jak je vidět v grafu na obr. 3.

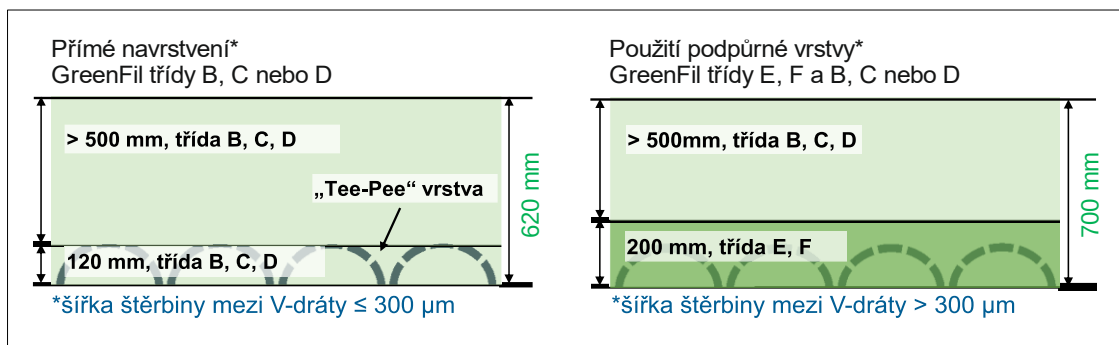
Obr. 3 Porovnání účinnosti praní různých filtračních materiálů



Použití filtračního materiálu GreenFil a drenážního systému TRITON

Filtrační materiál GreenFil je možné aplikovat přímo na drenážní systém TRITON, ale možná je i aplikace podpůrné vrstvy, pro kterou se používá zejména třída E a F. Použití podpůrné vrstvy ve výšce přibližně 20 cm se doporučuje v případech, kdy štěrbina mezi jednotlivými V-dráty elementu TRITON je větší než 300 µm, jak je znázorněno na obr. 4. ≤

Obr. 4 Ukázka možnosti vrstvení materiálu GreenFil na drenážní systém TRITON



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. Doporučené prací rychlosti pak uvádí tab. 2.

Tab. 2 Podmínky pro zpětné praní materiálu GreenFil (a případné kombinace s jinými materiály)

Zpětné praní	Voda	Vzduch, pak voda	Vzduch a voda ⁵
Bez podpůrné vrstvy ¹	✓	✓	✓
S podpůrnou vrstvou ²	✓	✓	✗
Typ NP	✓	✗	✗
Typ P	✓	✓	✓
Antracit / GAU ³	✓	✓	✗
Praní min. 30 m/h ⁴	Třída B	Třída B	Třída B
Praní min. 35 m/h ⁴	Třída C	Třída C	Třída C
Praní min. 60 m/h ⁴	Třída D	Třída D	Třída D

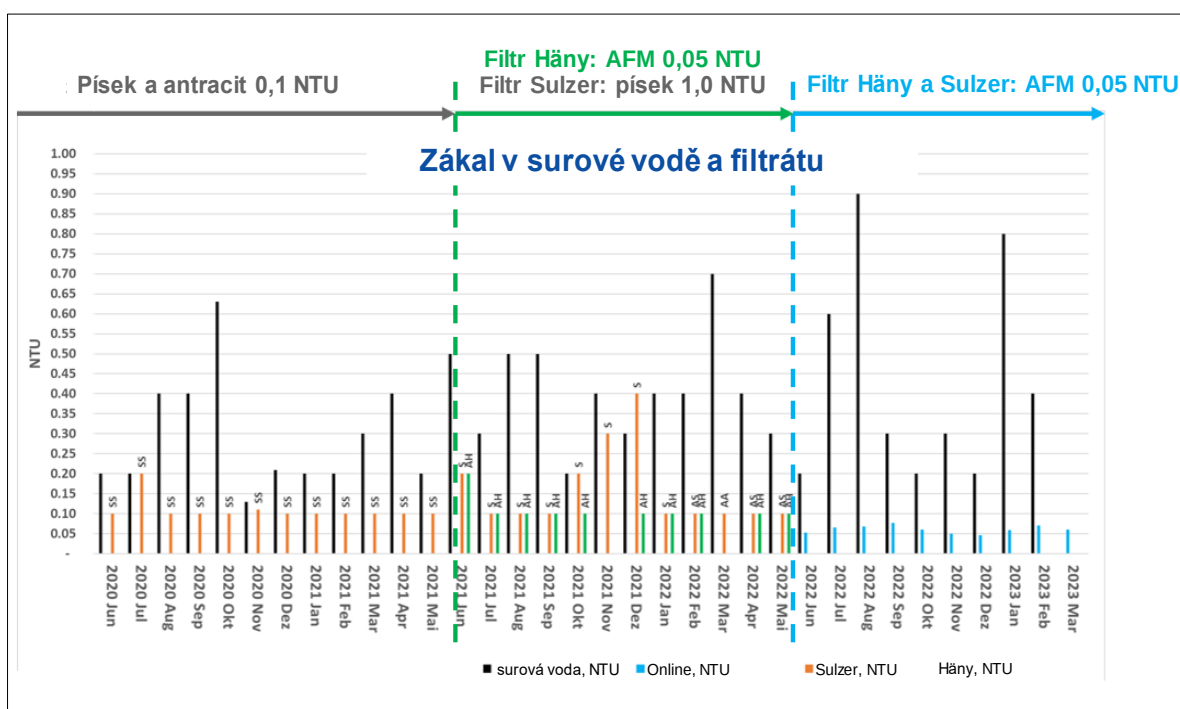
Vysvětlivky:
¹ Vrstva tvořena materiálem jedné třídy
² Vrstva podpůrného materiálu + vrstva filtračního materiálu (např. třídy E + B nebo C)
³ Antracit jako dvojevrstvé medium, horní vrstva: třída B & C = zrnitost 0,7–0,8 mm, třída D = zrnitost 1,5–1,6 mm
⁴ Expanze lože při praní vodou minimálně 15%, praní vzduchem při 40–60 m/h
⁵ Drenážní systém Triton: překročení kritické rychlosti praní při průtoku vzduchu 40–60 m/h a vody přibližně 10 m/h

Příklady z praxe

Úpravná vody Thalwil, Švýcarsko

Na úpravně vody Thalwil, Švýcarsko, byla při rekonstrukci v roce 2022 vyměněna stávající filtrační náplň tvořená pískem za filtrační sklo s aktivovaným povrchem. Protože byl ponechán původní systém mezidna s filtračními hlavicemi, byl tento materiál dodán pod obchodním názvem AFM®. Úpravná Thalwil čerpá surovou vodu z Curyšského jezera, z hloubky přibližně 40 až 60 m a její projektovaná kapacita je 32 400 m³/d. Úpravná disponuje 14 otevřenými filtry, přičemž 6 je typu Häny a 8 typu Sulzer. V rámci rekonstrukce bylo na úpravnu navezeno 400 t filtračního materiálu AFM s hydrofobním povrchem. Filtry jsou řešeny jako dvouvrstvé, spodní vrstvu filtračního lože tvoří 600 mm materiálu zrnitosti 0,4 až 0,8 mm a horní vrstvu tvoří 250 mm materiálu zrnitosti 0,7 až 2,0 mm. Z provozního sledování kvality filtrátu před a po rekonstrukci je patrné (viz obr. 5), že tato dosahovala konstantních hodnot zákalu, který je nižší než na původní pískové náplni a zároveň není ovlivněn zhoršenou kvalitou surové vody.

Obr. 5 Provozní sledování kvality surové a upravené vody před a po rekonstrukci



Úpravná vody Sojovice, Česko

Úpravná vody Sojovice, která zabezpečuje předúpravu surové vody z řeky Jizery pře umělou infiltrací, je první realizací, kde je použito filtrační sklo s aktivovaným povrchem v kombinaci s drenážním systémem TRITON, tedy materiál je dodán pod obchodním názvem GreenFil. V době přípravy článku do sborníku je v jednom z šesticí pískových filtrů nahrazován filtrační písek novou náplní (obr. 6), která se skládá z 90 cm GreenFil NP třídy D (tedy zrnitost 0,7 až 1,2 mm) a 40 cm antracitu zrnitosti 1,4 až 2,5 mm. Najíždění filtru do provozu se předpokládá v polovině února 2025 a tedy na přednášce budou prezentovány první provozní výsledky.

Obr. 6 Plnění filtru materiálem GreenFil na ÚV Sojovice



Závěr

Materiál GreenFil je možné aplikovat přímo na drenážní systém TRITON bez nutnosti použití podkladní vrstvy. Je vhodný pro jednovrstvé i vícevrstvé aplikace. Materiál je samozřejmě certifikovaný pro styk s pitnou vodou.

Závěrem souhrn hlavních výhod materiálu GreenFil:

- Inhibuje růst bakterií: netvoří se biofilm a materiál nehrudkuje – velmi spolehlivá filtrace od velikosti částic 1 μm
- Praní vzduchem je možné, není však vyžadováno.
- Lepší využití vody (úspora 50 % prací vody) a nižší náklady na energie (dmychadla).
- Vyšší expanze filtračního lože díky nižší hmotnosti materiálu (až o 15 %) – vhodné jako náhrada písku při modernizacích a rekonstrukcích.
- Delší filtrační cykly a delší životnost filtru díky lepšímu čištění filtračního materiálu.
- Vhodné pro jednovrstvé i vícevrstvé aplikace bez narušení lože.
- Nižší náklady na životní cyklus jako důsledek kumulace výše uvedených efektů.

Provozní zkušenosti s technologií nanofiltrace na ÚV Domašov

Mgr. Radim Pařík¹

Ing. Jitka Pospíšilová²; Bc. Michal Mikušák²

¹ Česká voda – MEMSEP a.s.

² Moravská vodárenská, a.s.

Abstrakt

Příspěvek se zabývá provozními zkušenostmi získanými za 5 let provozu nanofiltrace na úpravě vody Domašov nad Bystřicí. V ČR se jedná o první instalaci svého druhu, a i v rámci střední Evropy jde o unikátní projekt. Nanofiltrace zde slouží jako třetí separační stupeň v případě okálových stavů, kdy na stávající technologické lince není možné dosáhnout kvality upravené vody dané Vyhláškou MZ ČR 252/2004 Sb. Do provozu je uváděna pouze v období zhoršené kvality surové vody, což např. v roce 2020 činilo celých 100 dní. Vzhledem k vysoké separační účinnosti nanofiltrace nebylo ani v jednom případě nutné náhradní zásobování spotřebiště tak, jak tomu bývalo v minulosti. Příspěvek pojednává především o provozních zkušenostech zejména s chemickým čištěním, konstrukcí a účinnosti separace pro jednotlivé ukazatele.

Charakteristika technologické linky ÚV Domašov nad Bystřicí

Úpravna vody zásobuje pitnou vodou obce Domašov nad Bystřicí, Horní Loděnice, Jívová a Hraničné Petrovice, tedy zhruba 1 500 obyvatel. Současná úpravna je dimenzována na maximální výkon 5 l/s. Průměrný výkon úpravní vody se aktuálně pohybuje okolo 2 l/s. Zdrojem surové povrchové vody je řeka Bystřice. Základní technologická linka se skládá ze dvou separačních stupňů. V prvním stupni je dávkována vápenná voda, manganistan draselný a síran hlinitý. Po homogenizaci dávkovaných chemikálií dochází k flokulaci s rychlým a pomalým mícháním pomocí pádlových míchadel a děrovaných stěn. Vzniklá suspenze je odstraňována v lamelové sedimentační nádrži o rozměrech 4,8 m x 4,8 m s hloubkou 4,2 m. Druhý separační stupeň je tvořen dvojicí pískových otevřených filtrů o půdorysu 3,0 x 2,7 m s mezidnem. Pro dezinfekci upravené vody je použit plynný chlor. Veškeré odpadní vody jsou likvidovány na kalových polích. V roce 2019 byl do technologické linky zařazen 3. separační stupeň – nanofiltrace (NF). Na odtoku filtrované vody, za pískovými filtry, byla provedena odbočka, odkud je v případě potřeby možné vést filtrovanou vodu na technologii nanofiltrace. Ta obsahuje vyrovnávací nádrž (1,2 m³), podávací čerpadlo, svíчковý filtr (10 µm) a jednotku nanofiltrace o maximálním výkonu 4,16 l/s upravené vody (permeátu). Nanofiltrace je provozována pouze v období, kdy není původní linka schopna plnit požadavky na kvalitu pitné vody. Ve zbývajícím čase je udržována v režimu standby pro možnost okamžitého zprovoznění.

Surová voda

Zdrojem surové povrchové vody pro úpravnu vody Domašov nad Bystřicí je řeka Bystřice. Kóta dna řeky v místě situování jímacího objektu 498,85 m.n.m.

Jedná se o řeku horského charakteru s vysokou odtokovou rychlostí, což se projevuje na vysoké variabilitě kvality i průtoku vody. Ke zvýšení průtoků a zhoršení kvality vody dochází zejména v období okálových stavů, které jsou primárně následkem jarního tání a zvýšených podzimních dešťových srážek, ale také nárazově při letních bouřkách nebo přívalových deštích. V tomto

období dochází k zhoršení parametrů v ukazatelích barva, zákal, huminové látky, TOC/CHSK_{Mn}, koncentrace železa (Fe), manganu (Mn) a hliníku (Al). Kvalita vody je kromě okálových stavů potenciálně ovlivňována i dalšími zdroji znečištění:

- 1) pastva hospodářských zvířat v okolí řeky,
- 2) čistírna odpadních vod nacházející se nad jímacím objektem, která je v technicky nevyhovujícím stavu s diskutabilní kvalitou vypouštěné vody,
- 3) periodické vypouštění odpadních vod z praní filtrů v závodě Ondrášovka (s vysokým obsahem železa, manganu, nerozpuštěných látek a mikrobiologického znečištění).

Tabulka 1 obsahuje přehled vybraných parametrů surové vody za roky 2019 – 2024.

Tabulka 1: Vybrané parametry surové vody v letech 2019 – 2024

Parametr	Jednotka	2019 – 2024		
		Prům.	Min.	Max.
pH	[-]	7,3	6,0	8,0
teplota	°C	8,9	0,2	19,4
zákal	ZF (n)	6,9	2,1	41,0
Fe celk.	mg/l	0,629	0,18	1,6
Mn	mg/l	0,076	0,02	0,278
Al	mg/l	0,076	0,01	2,140
Ca	mg/l	25,87	9,4	51,0
Mg	mg/l	3,68	1,3	8,5
Huminové látky	mg/l	5,671	0,6	24,0
CHSK _{Mn}	mg/l	5,97	2,1	25,0
CHSK _{Cr}	mg/l	19,68	10,0	50,8
barva	mg/l Pt	134,0	54	430
NL	mg/l	8,026	3,0	74
konduktivita	mS/m	21,9	9,2	76,3

Čiřená filtrovaná voda

Zdrojem vstupní vody pro nanofiltraci je čiřená filtrovaná voda v okamžicích, kdy tato voda v důsledku zhoršení kvality surové vody nesplňuje kvalitativní parametry dané Vyhláškou č. 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Tabulka 2 obsahuje přehled kvalitativních parametrů vstupní vody na nanofiltraci v roce 2024. Uvedené parametry byly stanoveny ve vzorcích odebraných při spuštění nanofiltrace (celkem 15 spuštění v roce 2024), parametry TOC, Ca a Mg byly navíc při provozu nanofiltraci stanovovány denně (celkem 52 stanovení).

Tabulka 2: Kvalita vstupní vody na nanofiltraci v roce 2024.

Parametr	Jednotka	Prům.	Min.	Max.
NL	mg/l	5,2	3	17,2
Huminové látky	mg/l	4,4	1,2	12
pH	[-]	6,9	6,7	7,1
RAS	mg/l	76	19	120
Fe	mg/l	0,21	0,05	0,7
Mn	mg/l	0,087	0,015	0,186
Al	mg/l	0,940	0,05	2,72
CHSK _{Mn}	mg/l	6,55	2,3	14
barva	mg/l Pt	88	9	230
zákal	ZF (n)	3,4	0,31	11
TOC	mg/l	4,82	1,36	10,83
Ca	mg/l	21,91	12,2	38,2
Mg	mg/l	2,84	1,22	7,57

Z uvedené tabulky je zřejmé, že během okálových stavů nedosahuje kvalita vody upravené na prvních dvou separačních stupních požadované úrovně kvality pitné vody, konkrétně v parametrech:

- železo Fe – průměrná koncentrace 0,21 mg/l překračuje limit 0,2 mg/l.
- mangan Mn – průměrná koncentrace 0,087 mg/l překračuje limit 0,05 mg/l.
- hliník Al – průměrná koncentrace 0,94 mg/l překračuje limit 0,2 mg/l.
- CHSK_{Mn} – průměrná koncentrace 6,55 mg/l překračuje limit 3,0 mg/l.
- barva – průměrná koncentrace 88 mg/l Pt překračuje limit 20 mg/l Pt.
- zákal – průměrná hodnota 3,4 ZF (n) splňuje limit 5,0 ZF (n), ten byl ale v některých případech překračován až do maximální hodnoty 11 ZF (n).

Z uvedeného vyplývá, že přes čiření a pískovou filtraci v takových obdobích prochází jak nerozpuštěné látky, tak organické znečištění. Výrobce nanofiltračních membrán uvádí obecný požadavek na kvalitu vstupní vody pro parametr zákal s hodnotu ≤ 1 NTU, tento limit je reálně překročen i průměrnými hodnotami (3,4 ZF (n)). Výše uvedené koncentrace a skutečnosti tak vysvětlují vysokou četnost nápravných chemických čištění CIP (Cleaning In Place) nanofiltrace na ÚV Domašov, která se pohybuje v řádu jednotek dnů. Pro srovnání uvádíme, že běžné četnosti provádění CIP nanofiltračních technologií s optimalizovanou předúpravou pro povrchové vody jsou průměrně 4-6 x ročně.

Vliv NF na kvalitu upravené vody

Vliv nanofiltrace na kvalitu upravené vody demonstruje následující tabulka 3, která obsahuje průměry naměřených koncentrací vybraných parametrů ve vzorcích nátoky na nanofiltraci a permeátu z nanofiltrace v roce 2024. U všech ukazatelů bylo dosaženo splnění limitů daných legislativou a ani jednou tak nedošlo k přerušení dodávky pitné vody do spotřebiště a k nutnosti náhradního zásobování.

Tabulka 3: Srovnání průměrné kvality vody natékající na NF a kvality permeátu NF v roce 2024.

Parametr	Jednotka	nátok NF	výstup NF	Účinnost odstranění
Huminové látky	mg/l	4,4	0,8	81,4 %
RAS	mg/l	76	69	9,7 %
Fe	mg/l	0,21	<0,05	>76,3 %
Mn	mg/l	0,087	0,036	59,1 %
Al	mg/l	0,940	0,053	94,4 %
CHSK _{Mn}	mg/l	6,55	0,74	88,7 %
barva	mg/l Pt	88	<5	>94,3 %
zákal	ZFn	3,4	0,6	83,1 %
TOC	mg/l	4,82	0,46	90,5 %
Ca	mg/l	21,91	17,95	18,1 %
Mg	mg/l	2,84	2,00	29,5 %

Membrána je absolutní bariérou pro nerozpuštěné látky, které byly ve všech vzorcích permeátu pod limitem detekce (<3 mg/l). Obdobně tomu bylo i v případě železa (LOD <0,05 mg/l), což ukazuje na jeho výskyt v převážně nerozpuštěné formě coby výsledek předchozí předúpravy. U manganu došlo v 5 případech k mírnému překročení limitu 0,05 mg/l (max. 0,078 mg/l), průměrná hodnota všech 15 stanovení byla 0,036 mg/l.

Vysokých účinností odstranění bylo dosaženo u organických látek, konkrétně 81,4 % u huminových látek, 88,7 % u ukazatele CHSK_{Mn} a 90,5 % u celkového organického uhlíku TOC.

V porovnání s technologií reverzní osmózy má nanofiltrace jen mírný vliv na pokles mineralizace permeátu oproti vstupní vodě. U rozpuštěných anorganických solí RAS došlo k průměrnému poklesu 9,7 %. Vzhledem ke svému hygienickému a technologickému významu byly zvlášť sledovány koncentrace vápníku a hořčíku, kde došlo k průměrnému poklesu koncentrací o 18,1 %, resp. o 29,5 %. Technologická linka ÚV Domašov není vybavena remineralizací pro dosažení doporučených hodnot Ca a Mg.

Bilance

Tabulka 4 níže obsahuje základní bilance ÚV Domašov, pro porovnání období bez nanofiltrace a s nanofiltrací jsou uvedeny roky 2015 – 2024. Jasně viditelná je velmi vysoká vlastní spotřeba technologické vody v období 2015 – 2018 před instalací NF, která se pohybovala v rozmezí 40-45 %. Hlavním důvodem bylo výrazné zkrácení filtračních cyklů pískových filtrů během okálových stavů a s tím spojené časté praní, jen tak mohlo být dosaženo požadované kvality upravené vody. I přesto však došlo v letech 2016 a 2017 k přerušení dodávek pitné vody z důvodu nevyhovující kvality. V roce 2019 došlo k instalaci technologie nanofiltrace, která byla v tomto roce ve zkušebním provozu. Doba provozu v tomto roce činila 12 dní, i tak lze vypočítat dopad na spotřebu technologické vody, která výrazně klesla na 10,9 %. Následující rok 2020 byl zátěžovým testem technologie, protože z důvodu častého zhoršování kvality surové vody byla NF v provozu 100 dní (přes NF prošla třetina veškeré upravené vody za tento rok), což měla za následek zvýšení spotřeby vody na 18,2 %. V dalších letech bylo vytížení nanofiltrace proměnlivé (12 až 61 dní za rok). V posledním roce (2024) byla zvýšená vlastní spotřeba technologické vody (20,7 %) v důsledku zkrácení filtračních cyklů pískových filtrů během okálových stavů, kdy ale nebylo vždy nutné uvádět nanofiltraci do provozu.

Tabulka 4: Bilance ÚV Domašov v letech 2015 – 2024.

	Odebraná surová voda	Voda vyrobená	Voda technologická	Voda vyrobená na NF	Počet dní provozu NF	Náhradní zásobování	Vlastní spotřeba vody	Podíl NF z vody vyrobené
Jednotky	m ³ /rok	m ³ /rok	m ³ /rok	m ³ /rok	dny	dny	-	-
2015	104 001	58 136	45 865	-	-	0	44,1 %	
2016	88 436	51 804	36 632	-	-	38	41,4 %	
2017	124 695	69 269	55 426	-	-	93	44,4 %	
2018	123 275	69 246	54 029	-	-	0	43,8 %	
2019	73 990	65 927	8 065	3 419	12	0	10,9 %	5 %
2020	76 378	62 502	13 876	20 553	100	0	18,2 %	33 %
2021	72 767	64 741	8 026	2 841	12	0	11,0 %	4 %
2022	79 209	67 607	11 602	9 730	36	0	14,6 %	14 %
2023	70 178	59 844	10 334	16 891	61	0	14,7 %	28 %
2024	74 750	59 281	15 469	17 876	52	0	20,7 %	30 %

Nárůst vlastní spotřeby technologické vody související s obdobími zhoršené kvality surové vody má následující dílčí vysvětlení:

- 1) Již zmíněné zkrácení filtračních cyklů pískových filtrů.
- 2) Vlastní ztráty technologie nanofiltrace, která pracuje s 80 % konverzí, tzn. že 20 % vody natékající na nanofiltraci je odváděno jako tzv. koncentrát.
- 3) Častá chemická čištění nanofiltrace.

Od okamžiku instalace technologie nanofiltrace až dosud (2019 - 2024) nedošlo na ÚV Domašov k výpadku dodávek pitné vody z důvodu její nevyhovující kvality.

Chemická čištění nanofiltrace

Významnou součástí provozu nanofiltrace jsou chemická čištění CIP. Pro čištění byly využívány následující chemikálie z portfolia skupiny Veolia:

- 1) Hydrex™ 4501 – směs NaOH, EDTA a tenzidů pro alkalické čištění.
- 2) Hydrex™ 4921 – směs organických kyselin pro kyselé čištění.
- 3) Hydrex™ 4900 – směs kyseliny dusičné a fosforečné pro kyselé čištění.

Četnosti prováděných CIP za jednotlivé roky, spotřeby čistících chemikálií a náklady jsou shrnuty v tabulce 5 níže. K dispozici nebyla přesná data za rok 2019.

Tabulka 5: Náklady a spotřeby pro chemická čištění CIP NF za roky 2020 – 2024.

	2020	2021	2022	2023	2024	Jednotky
Počet CIP za rok	28	3	11	19	19	-
Hydrex 4501 (alkalický)	180	30	44	66	84	kg/rok
Hydrex 4921 (kyselý)	140	30	50	60	78	kg/rok
Hydrex 4900 (kyselý)	50	-	-	10	15	kg/rok
Náklady na chemikálie	124 328	20 310	31 714	52 575	69 915	Kč/rok
Náklady chemie na 1 m ³ NF permeátu	6,05	7,15	3,26	3,11	3,91	Kč/m ³

Četnosti provedených CIP zhruba kopírují počet dní provozu nanofiltrace v daném kalendářním roce, viz tabulku 4. Spotřeby jednotlivých chemikálií ukazují, že kromě zásaditého roztoku k odstranění zachycených organických látek je pravidelně využíván směsný roztok organických kyselin za účelem odstranění zachyceného zbytkového železa. Silnější směs kyselin (Hydrex™ 4900) byla využívána spíše výjimečně. Od roku 2022 došlo k ustálení nákladů na čisticí chemikálie mezi 3-4 Kč na m³ upraveného permeátu.

I po 5 letech intenzivních a častých chemických čištění zůstávají v provozu původní membránové moduly. Průměrné hodnoty tlakové ztráty jsou podobné jako v roce 2019 (300 kPa), došlo pouze k mírnému nárůstu pracovního tlaku za čerpadlem (609 kPa vs. 560 kPa v roce 2019). Jak naznačují hodnoty uvedené v tabulce 3, nedošlo vlivem intenzivního působení chemických roztoků ani k poklesu separačních schopností membrán.

Závěr

Instalací nanofiltrace na ÚV Domašov se podařilo zamezit výpadkům dodávek pitné vody z důvodu její nevyhovující kvality během okálových stavů. I přes vlastní ztráty 20 % vstupní vody na technologii NF se podařilo ve většině let výrazně snížit celkové vlastní ztráty technologické linky hluboko pod 20 %. Jedním z negativ je mírné snížení koncentrací Ca a Mg, což je však akceptováno Krajskou hygienickou stanicí Olomouckého kraje. Po celou dobu provozu od 1.5.2019 nebylo nutné přikročit k výměně membrán. Jedná se o pozitivní referenci toho, jak lze kvalitním návrhem na základě poloprovozních testů dosáhnout smysluplné a přínosné aplikace membránových technologií pro pitnou vodu, přičemž nezbytným předpokladem byl a je i zodpovědný a pečlivý přístup provozovatele.

Úpravna vody Kašparov – komplexní úprava vody z vrtu HV102 s využitím keramické membránové filtrace

Milan Drda

Ing. Kryštof Hnojna

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

Abstrakt

Na úpravně vody Kašparov byla pro úpravu vody z podzemního zdroje poprvé v České republice využita technologie keramické membránové mikrofiltrace. Nová úpravna vody Kašparov je vybudována na ploše původního objektu nad vrtem HV102 a dochází k minimálnímu záboru okolních pozemků. Jako zdroj surové vody pro úpravu na technologické lince nové úpravny vody slouží stávající artézský vrt Kašparov HV 102. Surová voda z artézského vrtu HV 102 má zhoršenou kvalitu a ve vztahu k Vyhlášce č. 252/2004 Sb. v platném znění se vyznačuje především mírně zvýšenými koncentracemi železa a manganu, nízkými koncentracemi rozpuštěného kyslíku a vysokou tvrdostí vody, způsobenou vysokým obsahem vápníku. Surová voda se rovněž vyznačuje vysokým obsahem hydrogenuhličitanů (HCO_3^-), a tedy vysokou pufrovací kapacitou. Občasně mírně přeslimitní jsou rovněž ukazatele teplota a barva. Nepříjemnou vlastností surové vody je její zhoršená senzorická kvalita (mírný zápach), způsobená zvýšeným, ale analyticky nedetekovatelným obsahem sirovodíku (sulfan, H_2S). Odběr ze zdroje/artézského vrtu Vrt HV 102 je maximálně = 20 l/s.

Úvod

Hlavním důvodem této stavby byl požadavek provozovatele na doplňkový zdroj vody, který pokryje nedostatek vody v ostatních zdrojích při špičkových odběrech.

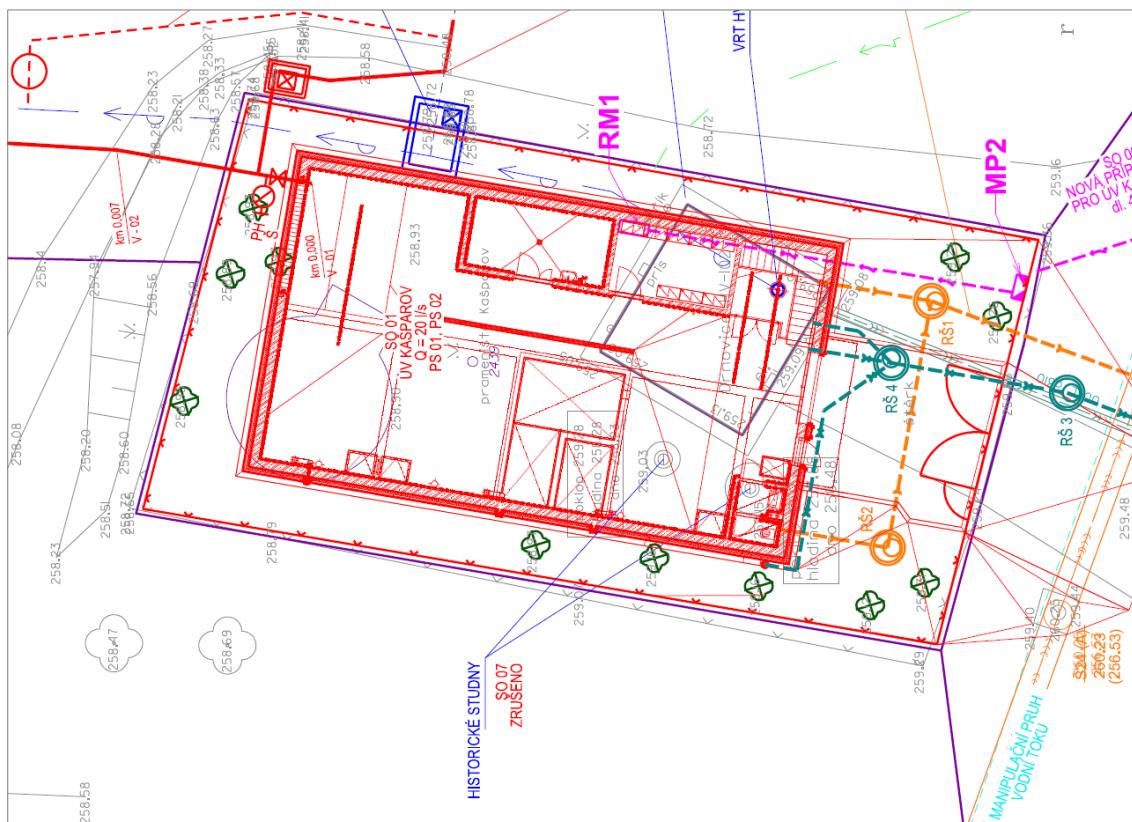
Výstavbou nové úpravny vody Kašparov byl dotčen extravilán obce Drnovice.

Jedná se o výstavbu nové úpravny vody na pozemku investora s navazujícími inženýrskými sítěmi. Pozemek určený pro ÚV dříve tvořil areál nevyužívaného jímacího vrtu HV102, nad kterým se nacházel původní stavební objekt (Obr. 1). Ostatní pozemky jsou nezastavěná pole, travnaté plochy a plochy s náletovými křovinami a stromy. Stavba respektovala stávající zástavbu, stávající objekty, inženýrské sítě a síť krajských a místních komunikací. Projektantem stavby byla společnost AQUA PROCON s.r.o.

Stručný popis postupu výstavby

- výstavba nové vodoměrné šachty pro areál bývalého ZD Kašparov a vodovodní přípojky provizorně napojené na současné potrubí LT DN 150
- demolice všech objektů na stavením pozemku pro ÚV
- výstavba nové ÚV včetně napojení na nn a kanalizaci
- dokončovací práce v okolí ÚV a výstavba nového výtlačného řadu
- propojení výtlačku na současné potrubí DN 300 a přepojení vodovodní přípojky na nový řad
- zahájení zkušebního provozu, po ukončení zkušebního provozu zapojení ÚV do trvalého provozu

Obr. 1. Umístění nové úpravny vody Kašparov



Popis technologie úpravy vody

Navrhovaný provozní výkon (Q_{nom}) nové úpravný vody je 15 l/s (54 m³/h), v případě nárazového zvýšení spotřeby vody je možné provozovat úpravnu na maximální výkon (Q_{max}) 20 l/s (72 m³/h), cca po dobu několika dnů.

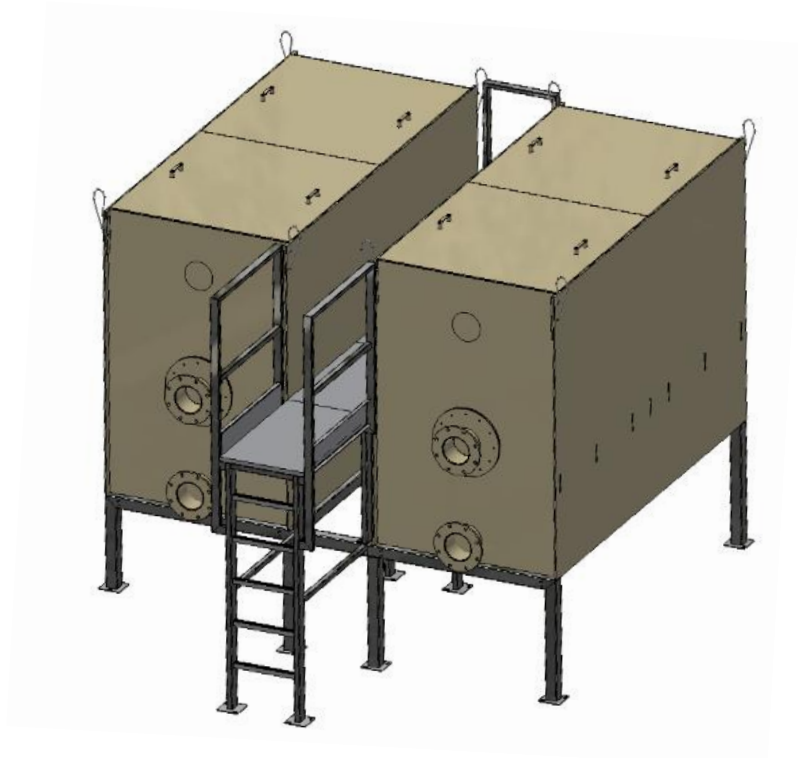
Mezi společnostmi VaK Vyškov, a.s. a projektovou a inženýrskou společností AQUA PROCON s.r.o. bylo dohodnuto, že hlavní částí navržené technologie úpravy surové podzemní vody bude technologie (přímé) keramické membránové filtrace.

Ze závěrů a zhodnocení několika dlouhodobějších poloprovozních zkoušek – na zdrojích podzemní surové vody s kvalitou vody velmi podobnou kvalitě surové vody v artézském vrtu HV 102 bylo prokázáno, že technologie keramické membránové filtrace úpravy podzemní surové vody je vhodným, moderním, vysoce účinným a spolehlivým systémem, který zaručí stabilní dodávku pitné vody, která bez výjimky splňuje Vyhlášku č. 70/2018 Sb., ve znění Vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu.

Skladba technologické linky

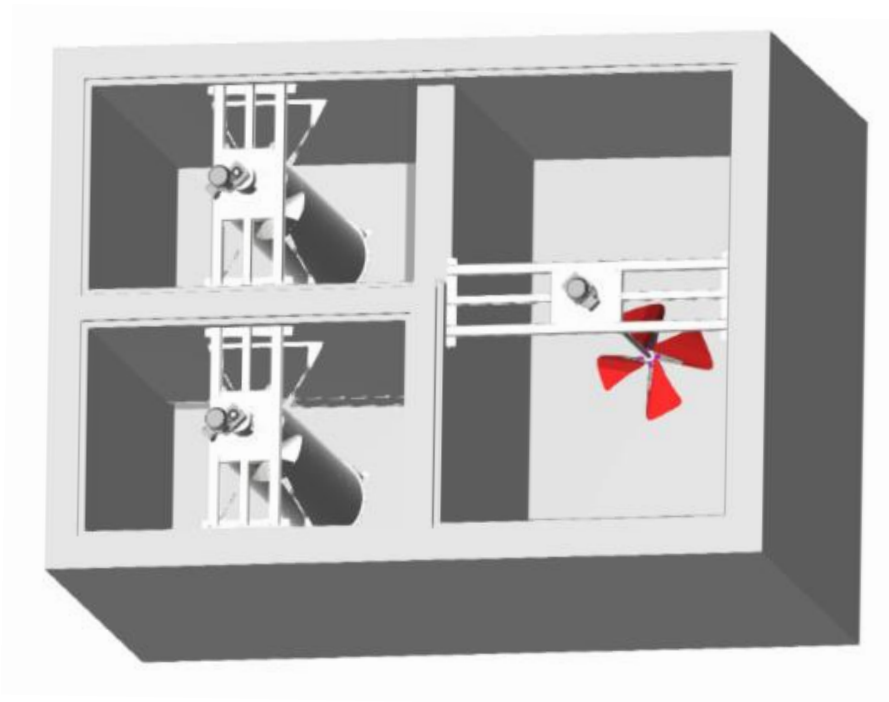
1. beztlaký provzdušňovací reaktor – 2 ks (Obr. 2)

Obr. 2. Beztlaké uzavřené provzdušňovací reaktory



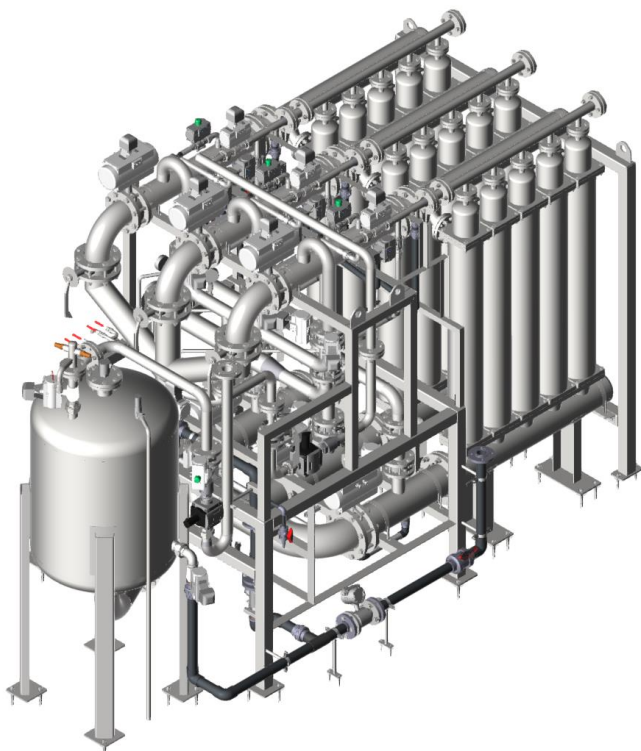
2. beztlaký koagulační reaktor s usazovací a vyrovnávací komorou – 1 ks (I. separační stupeň)

Obr. 3. Beztlaký dvoukomorový koagulační reaktor s míchanou vyrovnávací nádrží



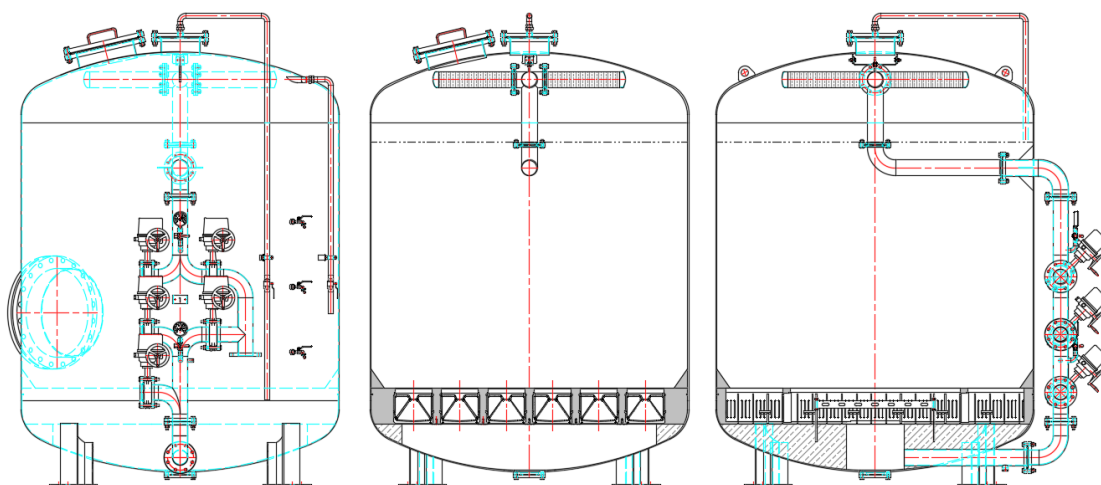
3. jednotka tlakové keramické membránové filtrace: 3 sekce/řady keramických membrán, každá sekce s 5 ks membránových elementů/kolon (II. separační stupeň) – 1 ks jednotka, s odpovídajícím vybavením a provozními periferiemi

Obr. 4. Jednotka tlakové keramické membránové filtrace



4. tlakový filtr s náplní granulovaného aktivního uhlí (GAU) – 2 ks (III. separační stupeň)

Obr. 5. Tlakový filtr s náplní GAU



5. hygienické zabezpečení upravené vody – dávkování chlornanu sodného

Související strojně – technologické vybavení, které je rovněž umístěné uvnitř stavebního objektu nové úpravy vody zahrnuje:

6. čerpací stanice upravované vody, zapojení 2+1, pro čerpání upravované vody po procesu koagulace na jednotku membránové filtrace
7. kompresor vzduchu, zapojení 1+1, s 2 ks vzdušníků - pro fyzikální praní membránových elementů a rovněž pro finální krátké praní membránových elementů vzduchem, 1 ks vzdušník pro dodávku tlakového vzduchu pro pneu-terminál – ovládání pneuventilů jednotky membránové filtrace
8. čerpadlo prací vody, zapojení 1+1, pro fyzikální a chemické praní jednotky membránové filtrace
9. čerpadlo prací vody, zapojení 1+0, pro praní tlakových GAU filtrů
10. čerpací stanice upravené vody, zapojení 1+1 – výtlač upravené hygienicky zabezpečené vody do spotřebiště; výtlačné potrubí včetně instalace tlakové nádoby protirázové ochrany čerpadel včetně kompresoru pro tlakovou nádobu
11. kalové hospodářství – řešení nakládání s odpadními vodami z procesu koagulace upravované vody, fyzikálního a chemického praní jednotky membránové filtrace a praní GAU filtrů
12. chemické hospodářství (úprava pH a dávkování oxidačního činidla do upravované vody, chemické /oxidační a kyselé/ praní jednotky membránové filtrace, neutralizace a dechlorace odpadních vod z chemického praní, hygienické zabezpečení upravené vody, alternativně – pomocná/podpůrná koagulace nerozpuštěných látek v koagulačním reaktoru)

Upravená, hygienicky zabezpečená voda je z obou komor akumulace dvěma sacími potrubími, která jsou následně spojena do společného sacího potrubí, přivedena do čerpací stanice na sání výtlačných čerpadel – zajišťují výtlač upravené vody do spotřebiště.

Čerpání upravené vody do spotřebiště zajišťuje dvojice čerpadel, pracujících v režimu 1+1, čerpadla jsou vybavena integrovanými frekvenčními měniči pro regulaci výkonu. Na společném výtlačném potrubí čerpadel je instalována tlaková nádoba protirázové ochrany čerpadel včetně kompresoru pro tlakovou nádobu. Výtlačné potrubí do spotřebiště je opatřeno mechanickým vodoměrem a lokálním manometrem, rovněž s instalovaným tlakovým čidlem pro přenos dat/hodnot do PLC.

Hodnocení jednotlivých rozhodujících technologických stupňů úpravy vody z hlediska návrhových, provozních (i energetických) nákladů, případně rozumnému používání chemických látek v procesech úpravy vody a bezpečnosti zajištění výroby pitné vody

ad. 1. beztlaký uzavřený provzdušňovací reaktor – 2 ks - Reaktor je v materiálovém provedení PP a nerez 1.4404 s potravinářským atestem, se systémem vnitřního nátokového žlabu a vestavbou/konstrukcí speciálních deflektorů (atypická soustava přepážek a rozrážečů) pro dosažení maximálního fázového rozhraní voda-vzduch a nasycení vody vzdušným kyslíkem (Obr. 2 [1]) – příkon ventilátoru je 0,13 kW, pomocí kterého se bez potřeby dalších zdrojů nebo chemikálií zajistí provzdušnění vody, oxidace železa (popř. i manganu) – správně použitá technologie, jak z hlediska materiálu tak z hlediska využití kyslíku pro oxidaci ze vzduchu bez dalšího použití chemikálií. Energetická spotřeba na oxidaci 1 m³ upravované vody je při Q_{max}=20 l/s 3,6 Whod.

ad. 2. beztlaký dvoukomorový koagulační reaktor s míchanou vyrovnávací nádrží – 1 ks – koagulační reaktor a míchaná vyrovnávací nádrž jsou míchané pomocí hydrofoilních axiálních míchadel (Obr. 3). Tvar lopatek a otáčky míchadel byly pro každou komoru a požadovaný rychlostní gradient navrženy v souladu s výsledky výzkumného projektu „Technologická

agentura ČR – Návrh míchadla optimalizovaného pro procesy čištění a úpravy vod, Smlouva o poskytnutí podpory číslo TH04020226“ [2] tak, aby bylo dosaženo vysoké účinnosti míchání bez zkratových proudů v nádrži. Otáčky motorů jsou z důvodu optimalizace provozních parametrů řízeny pomocí frekvenčních měničů (kromě míchadla vyrovnávací nádrže) – správně použitá technologie z hlediska účinnosti míchání i spotřeby energie (využití aktuálních výsledků výzkumu a vývoje [2]).

ad. 3. jednotka tlakové keramické membránové filtrace (Obr. 4 [3]): 3 sekce/řady keramických membrán, každá sekce s 5 ks membránových elementů (první separační stupeň) [3] – konkrétní použití membránové separace je z hlediska technologického velmi výhodné z hlediska nízké spotřeby prací vody (v rámci poloprovozních zkoušek na blízkých lokalitách s podobnými podmínkami byla spotřeba prací vod 0,15 % až 0,52 % a úplné separace nerozpuštěných látek díky velikosti póru membrány 0,1 μm , což je také velmi významné pro další separační stupeň. Velikosti pórů membrán jsou zároveň mechanickou bariérou před proniknutím všech legislativou sledovaných virů a většiny bakterií. Proto jsou tyto membránové technologie nazývány mechanickou dezinfekcí. To zaručuje vysokou bezpečnost upravované vody z mikrobiologického hlediska.

ad 4. tlakový filtr s náplní granulovaného aktivního uhlí (GAU) – 2 ks (druhý separační stupeň) (Obr. 5 [3]): Filtry s GAU jsou osazeny drenážním systémem Leopold, který zaručuje rovnoměrné praní po celé ploše dna filtru a zároveň neumožňuje vznik tryskového proudění (na rozdíl od filtračních trysek), které způsobuje abrazi GAU, proto očekáváme optimální spotřebu prací vody a minimální abrazi GAU. Navíc na tento technologický stupeň voda natéká bez potřeby dalšího čerpání přímo z jednotky keramické membránové filtrace, která ho zároveň chrání před zanášením nerozpuštěnými látkami. Jako náplň je použito granulované aktivní uhlí typu WG12 [4], které má minimální podíl prachových částic a koeficient stejnozrnnosti 1,3. Minimální podíl prachových částic znamená významnou úsporu při praní filtru po nasypání filtrační náplně do filtru (až 10 x oproti jiným typům GAU) a stejnozrnnost 1,3 zajišťuje nízkou tlakovou ztrátu po celou dobu životnosti GAU. Z hlediska šetrnosti ke zdrojům je konstrukce filtru a vlastnosti filtrační náplně nejvýznamnějším faktorem.

ZÁVĚR

Na základě výše uvedeného představení a hodnocení se ukazuje, že projekt nové úpravy vody Kašparov byl zpracován s vizí stát se průkopníkem optimálního využití nejmodernějších technologií a energeticky úsporných řešení při zachování vysoké kvality a bezpečnosti upravené vody.

Ke konci roku 2024 byla stavba nové úpravy vody Kašparov kompletně dokončena. Aktuálně je po provedení individuálních a komplexních zkoušek připravená k uvedení do zkušebního provozu. Věříme, že budeme moci na konferenci prezentovat dílčí výsledky ze zkušebního provozu a budeme moci potvrdit, že keramická membránová filtrace byla pro tuto úpravnu správná volba.

SEZNAM LITERATURY

1. Zadávací dokumentace pro veřejnou zakázku, ÚV Kašparov, AQUA PROCON s.r.o., Zakázkové číslo 1545920-18, 04/2021.
2. Návrh míchadla optimalizovaného pro procesy čištění a úpravy vod, 2020. <https://starfos.tacr.cz/https://starfos.tacr.cz/cs/projekty/TH04020226>.
3. Výrobní dokumentace ENVI-PUR, s.r.o., Zakázkové číslo F2302, 12/2023.
4. GAU WG 12, 2024. www.envi-pur.cz. <https://www.envi-pur.cz/upravny-pitne-vody-granulovane-aktivni-uhli/>.

Možnosti využití digitalizace a AI v distribuci a úpravě pitné vody

Ing. Jindřich Procházka, Ph.D.

Ing. Zuzana Kalinčíková; Ing. Vlastimil Dvořák

Xylem VUE

Úvod

V dnešní době jsou data a jejich analýza všudypřítomné a ovlivňují každý aspekt našeho života. Není tedy překvapením, že sběr a zpracování dat proniká i do tradičně konzervativního oboru, jakým je vodárenství. Množství dat z provozů a vodárenských systémů rychle roste. Zahrnuje základní údaje o průtoku a spotřebě vody, včetně citlivých údajů o spotřebě domácností, které vypovídají o životě rodin. Dále se jedná například o údaje o tlaku vody v distribuční síti, data z akustických čidel a kvalitativní data, která mohou být lokalizována nejen na technologické uzly, ale i na konkrétní místa v distribuční síti.

Pokud se podíváme na zásobování vodou v širším kontextu, vidíme souvislost s množstvím dostupné surové vody a klimatickými údaji, což je důležité pro strategické plánování. S postupující klimatickou změnou se problémy, které jsme dříve považovali za kuriozity z jiných klimatických oblastí, začínají dotýkat i nás ve střední Evropě. Například v oblasti snižování ztrát vody může být důležitější bilance mezi potřebou vody a dostupným množstvím surové vody než finanční efektivita odstraňování ztrát.

V našich podmínkách je hlavní motivací pro digitalizaci a inteligentní řízení zvyšování efektivity systémů, zlepšování kvality služeb a zvyšování kontroly nad celým systémem od akumulace surové vody, přes její úpravu a distribuci až po čištění odpadních vod a navracení použité vody přírodě.

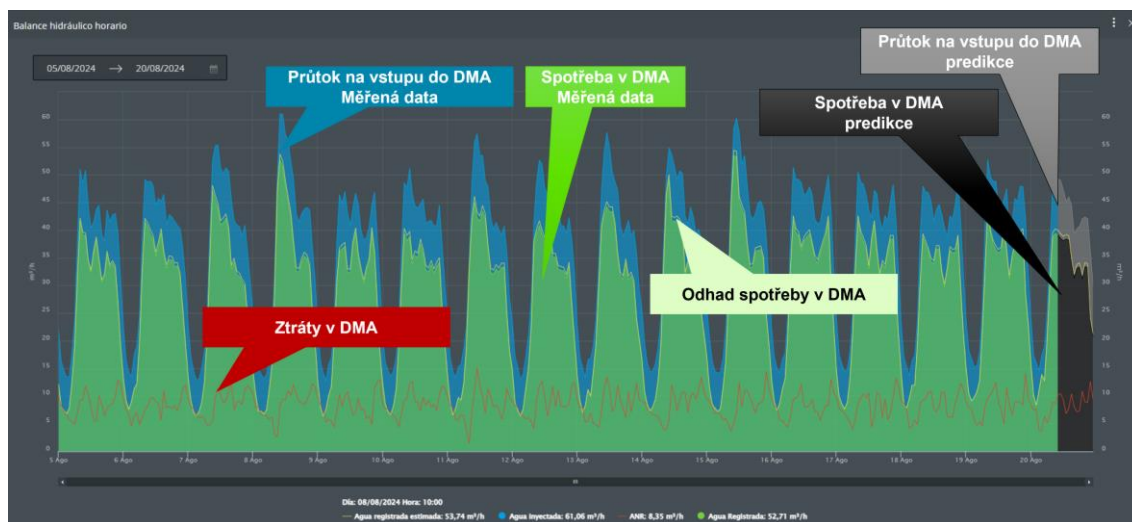
Příklad z Valencie

V posledních letech zažívá vodárenství významný rozvoj IT systémů. Největší pokrok v oboru je nyní dosahován právě díky datovým systémům, které sbírají a unifikují data vodárenských společností a provozují specializované aplikace pro vyšší efektivitu a kontrolu majetku. Příkladem je Valencie, kde společnost Global Omnium začala zpracovávat data již na přelomu tisíciletí. Po analýze dospěla k závěru, že tato oblast přesahuje možnosti běžného provozovatele, a proto založila společnost Idrica. Idrica kombinuje znalosti z provozování vodovodů s odborností v IT, řízení, automatizaci, analýze a zpracování dat a umělé inteligenci. Výsledkem je ucelená a unifikovaná datová platforma, která je škálovatelná a široce použitelná. Tento systém není omezen na jeden konkrétní vodovod, ale dokáže pracovat s daty z prakticky jakékoli vodárenské soustavy. Základním kamenem jsou samotná data. Klíčem je schopnost zpracovávat jakákoli vstupní data, což znamená, že systém je nezávislý na dodavateli zařízení a poskytovateli dat. Tato data, sbíraná z různých systémů a v různých formách, jsou následně unifikována do jednotné databáze, tzv. „data lake“. Tento krok je zásadní, protože zajišťuje, že ke stejným datům mohou přistupovat různé moduly a uživatelé, kteří uvidí vždy stejné hodnoty. Tím se eliminuje riziko záměn jednotek, nesrovnalostí v bilančních obdobích a různých interpretací názvů stejných objektů v rámci jednoho provozovaného souboru majetku.

Jakmile jsou data unifikována, je možné nad nimi provozovat specializované aplikace. To lze dobře demonstrovat na využití dat ze smart meteringu. Tyto údaje jsou primárně využívány k fakturaci. Dalším příkladem využití těchto dat může být zlepšování služeb, kdy můžeme zákazníka informovat o jeho spotřebě, mimořádném odběru nebo poruše na vnitřní instalaci. Zároveň je možné strojově analyzovat odběr zákazníka a určit, zda se jedná o domácnost, restauraci nebo třeba průmysl. Toto začlenění umožňuje detekovat změny v chování, které mohou signalizovat poruchu na vnitřních rozvodech nebo pokus o nelegální odběr vody. Propojení dat ze smart meteringu s GISem a dalšími měřidly na síti otevírá cestu k tvorbě fyzických i virtuálních DMA (district measured area – měrné okrsky) a bilancování dodávky a spotřeby vody v nich. DMA jsou silným nástrojem pro bilancování, detekci a lokalizaci případných úniků vody z distribuční soustavy.

Další úrovní využití dat je nasazení hydraulického modelu, který v kombinaci s živými daty pomáhá detekovat anomálie a poskytuje silný nástroj pro tzv. „what-if“ (co-když) scénáře. Tento model umožňuje simulovat různé provozní zásahy a okamžitě vidět jejich dopady na síť – změny proudění a tlaků v síti a například zobrazit, kteří zákazníci budou konkrétním krokem zasaženi. Dalším krokem je propojení se zákaznickým systémem, který automaticky informuje pouze zasažené zákazníky o plánovaném výpadku zásobování vodou. Tyto naplánované zásahy na síti lze dále předávat výjezdové skupině, která dostane elektronicky pracovní úkol. Po jeho splnění provede záznam o zásahu přímo na místě. Ten pak putuje zpět do systému a je například pracovníkem GIS využit k aktualizaci databáze o nový objekt nebo zpřesnění stávajících geografických dat.

Obrázek 1: Příklad uživatelského rozhraní modulu pro bilancování DMA.



Kromě výše popsaného existuje mnoho dalších modulů. Například je možné plánovat obnovu infrastruktury podle jejího stáří, četnosti poruch, nákladů nebo prioritizace dle zákazníků. Samostatnou kapitolou je zajištění kvality vody při její výrobě a distribuci. Lze modelovat různé kvalitativní parametry v síti, míchání vod z různých zdrojů nebo dobu zdržení vody v systému, což může sloužit jako jeden z parametrů pro řízení celé sítě.

Z hlediska aplikace umělé inteligence jsou v současnosti nejvíce využívané aplikace v oblasti hledání ztrát vody a výroby pitné vody, respektive její kvality. Moduly na bázi umělé inteligence se dokáží naučit určité vzorce chování a replikovat je v podobě predikce budoucího vývoje nebo chování při určitých událostech. Toto lze využít jako tzv. digitální dvojče. Praktické využití se

nabízí již zmíněné oblasti hledání ztrát, kde digitální dvojče predikuje chování soustavy. Pokud je realita jiná než predikce, znamená to, že se vyskytla anomálie, například porucha, a dochází k úniku vody. Simulací různých scénářů dokáže digitální dvojče poměrně přesně, v závislosti na přesnosti vstupních dat, lokalizovat místo a velikost úniku. V oblasti kvality lze vytvořit model, který předpovídá kvalitu surové vody podle jejího průtoku nebo počasí. Dále je možné vytvořit virtuální kopii některého z procesů, například koagulace, nebo filtrace, a model využít pro řízení systému, který autonomně volí správné dávky koagulantu na základě omezených informací o vstupující surové vodě, nebo řídí délky filtračních cyklů a praní filtrů.

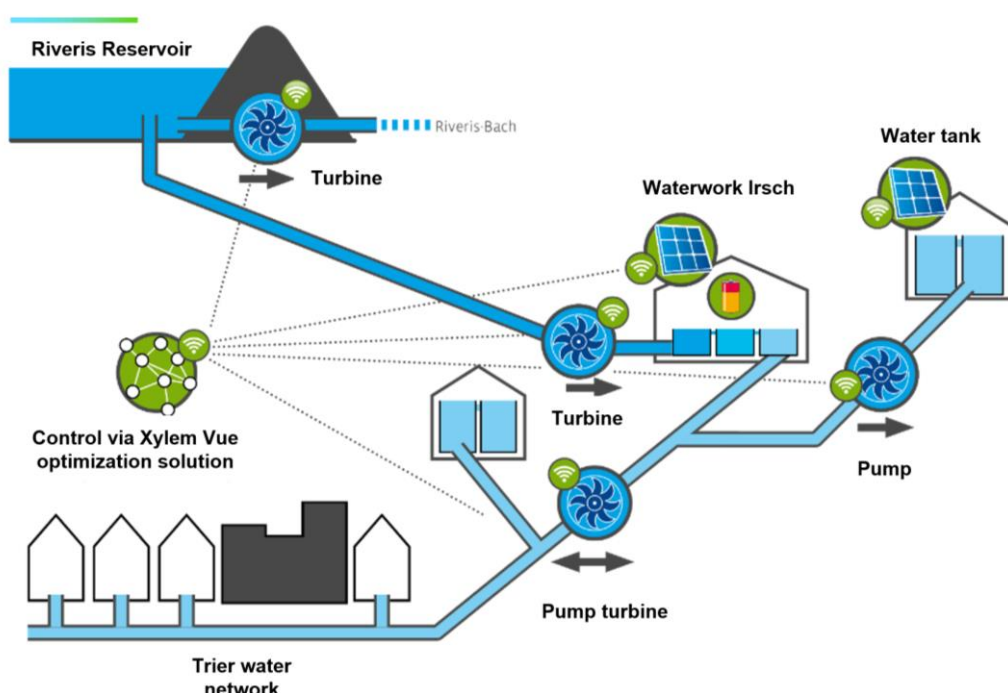
Příklad z Trieru

V současnosti je hojně diskutovaným tématem energetika, náklady na energie a budoucí energetická neutralita vodárenských společností. Tato otázka je nyní probírána zejména z pohledu čištění odpadních vod, ale na příkladu německého města Trier si můžeme ukázat, že energetiku vodního hospodářství lze vnímat jako jeden celek, v jehož rámci se lze energetické neutralitě velmi přiblížit.

Město Trier leží v jihozápadním Německu ve spolkové zemi Porýní-Falc a je jedním ze zakládajících členů Landwerke Eifel, která spojuje zásobování zhruba 250 000 obyvatel s roční spotřebou cca 21 milionů m³ a 100 km trubních rozvodů. Cesta k energetické neutralitě začala v oblasti čištění odpadních vod, optimalizací čistírny pomocí digitálního dvojčete. Další krok vedl do oblasti pitné vody. Po instalaci obnovitelných zdrojů elektrické energie dosahoval provoz poměrně dobré energetické bilance, kdy si dokázal sám vyrobit prakticky veškerou potřebnou elektrickou energii. Elektrická energie je ze vyráběna především pomocí vodních a solárních elektráren. Dalším důležitým krokem k dosažení vysoké soběstačnosti bylo snížení ztrát vody na 5 %. Pitná voda byla čerpána z níže položených zdrojů do oblastí položených až o 400 m výše, což si vyžádalo mnoho energie na čerpání. Snížením ztrát vody klesla potřeba čerpání, a v kombinaci s připojením dalších zdrojů bylo dokonce dosaženo stavu, kdy je možné ze zdrojů položených výše zásobovat níže položené oblasti a místo ztráty energie na čerpání je elektrická energie v distribuční soustavě naopak vyráběna.

Problém však nastával v okamžité bilanci, kdy byla velká část energie dodávána do energetické soustavy a v jiném období byla energie zpět nakupována. Rozdíl v ceně činil cca 0,2 EUR/kWh, což představovalo roční náklady přibližně 100 000 EUR. Hlavní příčinou bylo využití solární energie, jejíž produkce ne vždy koresponduje s její spotřebou. Pro odstranění tohoto problému je možné se na zásobu vody ve vodojemech dívat také jako na uloženou energii. Pro optimalizaci energetické bilance byl pak společností Xylem vyvinut softwarový nástroj, který autonomně řídí zásobování vodou v celé oblasti. Nasazený systém vyhodnocuje několik kritérií a na jejich základě optimalizuje čerpání. Klíčovou částí systému je vyhodnocení aktuální spotřeby energie a pomocí neuronové sítě (AI) predikce potřeby vody v následujícím období. Současně systém vyhodnocuje predikci ceny elektrické energie a předpověď počasí, respektive odhad produkce solární energie. Kombinací těchto údajů systém nalézá optimální způsob plnění vodojemů tak, že objem nakupované energie je pouze cca 10 % z celkové spotřeby, tedy že 90 % potřebné elektrické energie si společnost dokáže vyrobit sama z obnovitelných zdrojů a tuto energii okamžitě přímo spotřebovat.

Obrázek 2: Zjednodušené schéma se znázorněním zdrojů a spotřebičů elektrické energie.



Další úroveň optimalizace je využívání zdrojů. Prioritu mají podzemní zdroje vody, které jsou kvalitnější a méně náročné na úpravu a povrchové zdroje slouží především k vykrývání špičkové spotřeby. Z hlediska energetického je u jednotlivých zdrojů vyhodnocována nejen náročnost jejich úpravy, ale i náročnost čerpání vody z nich. Pokud je v podzemním zdroji méně vody, respektive hladina spodní vody je níže, a je potřeba ji čerpat z větší hloubky, energetická náročnost čerpání stoupá. Klíčovým parametrem není jen samotná spotřeba elektrické energie, ale cena výroby vody z jednotlivých zdrojů. Na základě nákladovosti výroby z jednotlivých zdrojů systém prioritizuje různé zdroje vody různých společností sdružených ve spolku. Celý systém pracuje se základním obdobím predikce na příštích 24 hodin s členěním do 15minutových intervalů, ve kterých je cílem dosažení energetické neutrality. Náklady nejsou jedinou prioritou. Důležité je především zajištění bezpečného trvalého zásobování a kvality. V oblasti kvality je důležitým faktorem stáří vody v soustavě, které nesmí překročit předem definované meze. Celý systém je tak velmi komplexní a sofistikovaný, nicméně finanční i nefinanční benefity jsou značné.

Závěr

Využití dat, datových modelů a aplikací využívajících umělou inteligenci pro analýzu dat a predikci budoucího vývoje nám umožňuje propojit různá data, někdy i zdánlivě nesouvisějící, a poskytuje velmi přesný přehled o chování celých systémů. Na základě unifikace dat je zajištěno, že jednotlivé úseky vodárenských společností mluví o stejných číslech a stejnou řečí. IT a AI systémy nejsou náhradou zaměstnanců a pracovní síly, ale silnými nástroji, které usnadňují práci a poskytují informace potřebné pro rozhodování od technických provozních opatření, přes bilancování a optimalizaci ekonomiky, až po strategické plánování obnovy infrastruktury a zajištění zdrojů vody v dlouhodobém horizontu.

Vliv aplikace hydraulického posouzení na vodovodní síť

Ing. Štěpán Zrostlík, Ph.D.

Ing. Mikoláš Kesely, Ph.D.; Ing. Rostislav Kasal, Ph.D.

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., Nábřeží 90/4, 150 56 Praha 5

Abstrakt

Příspěvek se zaměřuje na reálné využití hydraulických posouzení vodovodních řadů, která byla zpracována s cílem zlepšení provozních a kapacitních parametrů vodovodních systémů. V článku je představen proces, jakým způsobem jsou hydraulická posouzení aplikována na konkrétní části vodovodní sítě a jak mohou přispět k efektivnějšímu provozu a zvýšení spolehlivosti zásobování vodou. Na konkrétních příkladech jsou demonstrovány příklady sestavení matematického modelu vodovodní sítě, který byl kalibrován na reálných podmínkách při realizaci měření na této síti. Takto sestavený matematický model se stal základním nástrojem pro analýzu chování sítě a pro návrh optimalizačních opatření, která mají za cíl zlepšit hydraulické parametry systému jako je tlak vody, rychlost proudění, či distribuce vody do jednotlivých oblastí.

Součástí příspěvku jsou rovněž reálné příklady implementace navržených opatření na konkrétních úsecích vodovodní sítě, včetně podrobného popisu postupu, jakým byla opatření realizována. Klíčovým prvkem této části příspěvku je porovnání měřených hodnot před a po realizaci navržených opatření, což umožnilo objektivně vyhodnotit jejich vliv na celkovou funkčnost vodovodní sítě. Díky těmto měřením bylo možné jednoznačně prokázat konkrétní přínosy zhotovení hydraulického posouzení.

Princip a účel hydraulického posouzení

Hydraulické posouzení vodovodní sítě, nebo jednotlivých vodovodních řadů, je prováděno za účelem ověření jeho funkčnosti. Důvod vzniku posouzení může být na základě již prvotně indikovaných problémů při samotném provozu nebo se může jednat o posouzení na základě současné nebo budoucí očekávané funkce vodovodního řadu.

Samotné posouzení řadů je prováděno na základě ustáleného proudění v potrubí, výjimku tvoří posuzování vodního rázu, který je speciální úlohou řadící se do specifické samostatné kategorie. Následně prováděné výpočty jsou v režimu takzvaného kvaziustáleného proudění, kdy jsou uvažované změny v průtocích prováděny v krocích, které jsou samostatně řešeny jako ustálené stavy.

Posouzení je prováděno na matematickém modelu, kterým je schematizována vodovodní síť či samostatný vodovodní řad. Prováděné výpočty je možné realizovat ručně, s pomocí excelu, či při rozsáhlejších modelech pomocí k tomu vytvořených softwarů. Fyzikální podstata je založena na základních zákonech popsanych již řadu let v odborné literatuře [1] a základních výukových podkladech [2]. Volba míry schematizace závisí na dostupnosti podkladů a účelu prováděného posouzení. V rámci stavby modelu jsou pro jednotlivé prvky udávány parametry, na kterých závisí přesnost sestaveného modelu. Sestavené matematické modely můžeme rozdělit do dvou kategorií. První jsou nekalibrované modely, které jsou postavené na získaných informacích od majitele a provozovatele. Druhým typem jsou kalibrované modely, které jsou povýšeny o kalibraci vodovodní sítě na základě provedených měření na zájmovém vodovodu či řadu. Kalibrací jsou ověřeny vstupní parametry a případně upraveny zadávané parametry matematického modelu vodovodní sítě.

S využitím sestaveného, případně kalibrovaného, modelu je následně možno pro jednotlivé části ověřovat chování vodovodní sítě, které má následně vliv na samotnou distribuci vody s možností stanovení tlakových poměrů.

Kalibrační zásahy

Kalibrační zásahy do sestaveného modelu můžou být různých druhů. Od a) úpravy nastavených parametrů řídicích armatur nebo b) úpravy řízení při zjištěném rozporu provozního řádu oproti zjištěné skutečnosti při měření, přes c) zásahy uzavírání zokruhovaných vodovodních řadů, které se ve skutečnosti chovají jako větevnatá síť, až po poslední velkou část úprav, což jsou d) úpravy parametrů samotných vodovodních řadů. Nejčastěji upravovaným parametrem je hydraulická drsnost potrubí, kterou si je možno zjednodušeně představit jako velikost výstupků zasahujících do průtočného profilu. Velikost tohoto parametru se typicky pohybuje od setin milimetru po několik desítek milimetru [3]. V případech velikosti hydraulické drsnosti odpovídající desítkám milimetrů přichází v úvahu zasáhnout i do změny velikosti samotného potrubí. Tento kalibrační zásah nejčastěji zohledňuje zmenšení průtočného profilu inkrustací. Při kalibraci je samozřejmě možno narazit i na opačné případy, kdy je potřeba průtočný profil zvětšovat. Tento případ obvykle nastává buď při špatné evidenci velikosti profilu řadu nebo při úplné neznalosti dimenze potrubí řadu. Příklad velmi inkrustované stěny potrubí z důvodu historicky používaného zdroje s velkým obsahem železa je na následujícím obrázku č.1 v levé části. Jedná se o výřez potrubí z místní části spadající pod Mníšek pod Brdy.

Obrázek 1. Inkrustované litinové potrubí DN 100 výřez v porovnání s novým TLT potrubím



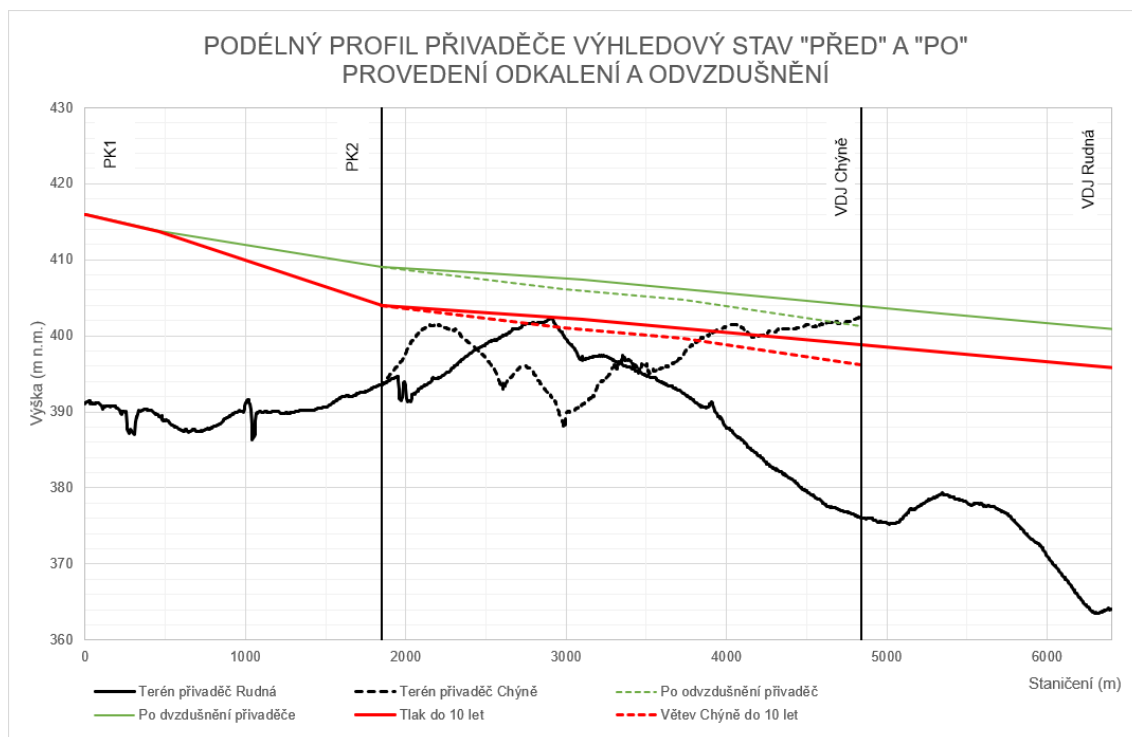
Možná interpretace kalibračních zásahů

Kalibrační zásahy jsou v rámci prací na modelu prováděny pro jednotlivé úseky vodovodních řadů mezi realizovanými měrnými profily, kdy je pro kalibraci řadů nutno vždy znát průtok daným řadem a rozdíl tlaků na začátku a na konci kalibrovaného úseku. Následně se pro tento úsek nastavují jednotlivé parametry hromadně. Takovýto přístup má jednu nevýhodu, která ovšem nelze odstranit. Tou je nemožnost rozlišení místní ztráty například přivřeným šoupětem od zhoršeného stavu celého kalibrovaného úseku.

Proto je vždy nutno k výsledku kalibrace přistupovat individuálně na základě všech známých informací. Například při zjištění menší než očekávané kapacity u relativně nového plastového úseku je pravděpodobnější, že se jedná o lokální omezení, které snižuje možné průtočné množství a špatný stav celého úseku potrubí je v tomto případě méně pravděpodobným vysvětlením. Jednak se může jednat o přivřenou armaturu nebo jinou lokální překážku, další možnou příčinou může být přítomnost vzduchu v potrubí.

Praktickým příkladem nežádoucího vlivu vzduchu přítomného ve vodovodním potrubí je přiváděcí řad zobrazený v podobě podélného profilu s čarami energie na následujícím obrázku. Při prvním provedeném měření byla na PE řadu d355 identifikována zvýšená drsnost odpovídající spíše staršímu ocelovému potrubí. Po představení výsledků provozovatel provedl kontrolu řadu s odkalením a odvzdušněním. Následně bylo provedeno opakované měření, při kterém byla hydraulická drsnost identifikována v rozmezí běžných hodnot odpovídajícím PE přiváděcím řadům.

Obrázek 2. Podélný profil přiváděče před a po odvzdušnění přiváděče



Způsob hodnocení a návrh opatření

Po sestavení a případném kalibrování modelu je následně možno přikročit k samotnému posuzování řadu či vodovodní sítě. Je nutné si uvědomit, že ne vždy při zjištění vysokých hodnot hydraulické drsnosti musí být potrubí problematické, důležitým faktorem je množství převáděné vody. Model se proto musí zatížit dle současných realizovaných odběrů, případně i očekávanými výhledovými odběry. Po zadání těchto odběrů je možno posoudit distribuci vody vzhledem k tlakovým poměrům na vodovodní síti nebo přiváděcích. U přiváděcích řadů je kontrolováno, že tlaková třída potrubí není překročena a nedochází ke vzniku podtlaku. U vodovodní sítě sloužící pro zásobování vodou jsou hodnoty tlaku porovnávány s hodnotami požadovanými vyhláškou 146/2024 Sb. Ty jsou stanoveny na rozmezí 0,25 až 0,6MPa. V případě zástavby do dvou pater je možno s pracovat tlakem minimálně 0,15MPa. V ojedinělých případech může naopak být tlak až do 0,7MPa. Při návrhu úprav vodovodní sítě je nutno přihlídnout ke stávající zástavbě. Případné snižování tlaku v rozmezí předepsaných hodnot nesmí mít negativní vliv na odběratele.

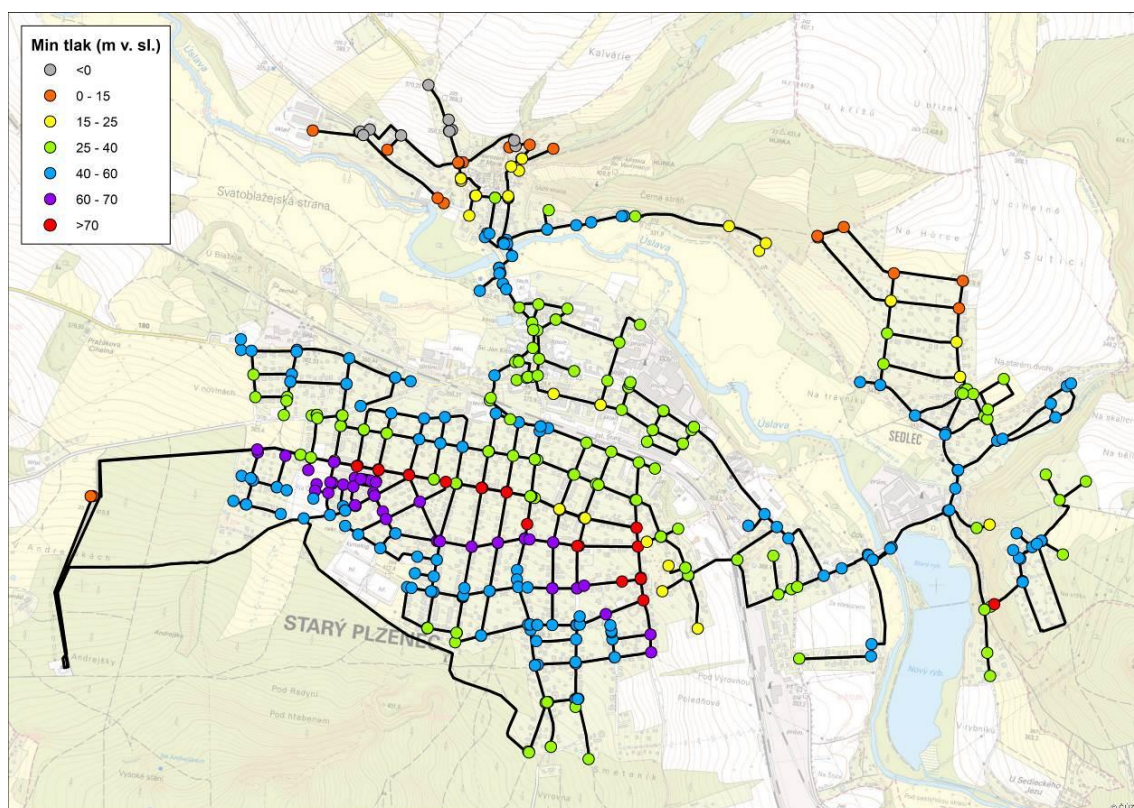
Navrhované úpravy mohou být běžné výměny potrubí za větší, menší, či stejný profil o lepších průtočných parametrech. Může se jednat o návrh nového tlakového pásma, změnu způsobu zásobování (přepojení na jiný řad) nebo jen o doporučení změny nastavení výstupních parametrů redukčního ventilu nebo čerpací stanice.

Návrh opatření s pozitivním efektem

Příkladem využití hydraulického posouzení je zpracovaný generel vodovodní sítě ve Starém Plzenci, kdy byly provozovatelem identifikovány poruchy v dodávce vody – myšleno jako poklesy tlaku vody v odběrových špičkách. Z tohoto důvodu došlo dokonce k vyhlášení omezení připojování nových odběratelů v této lokalitě. Tato skutečnost vedla k zadání posouzení vodovodní sítě za účelem vyhodnocení současného stavu a návrhu opatření tak, aby byla zajištěn spolehlivá dodávka vody pro výhledový stav.

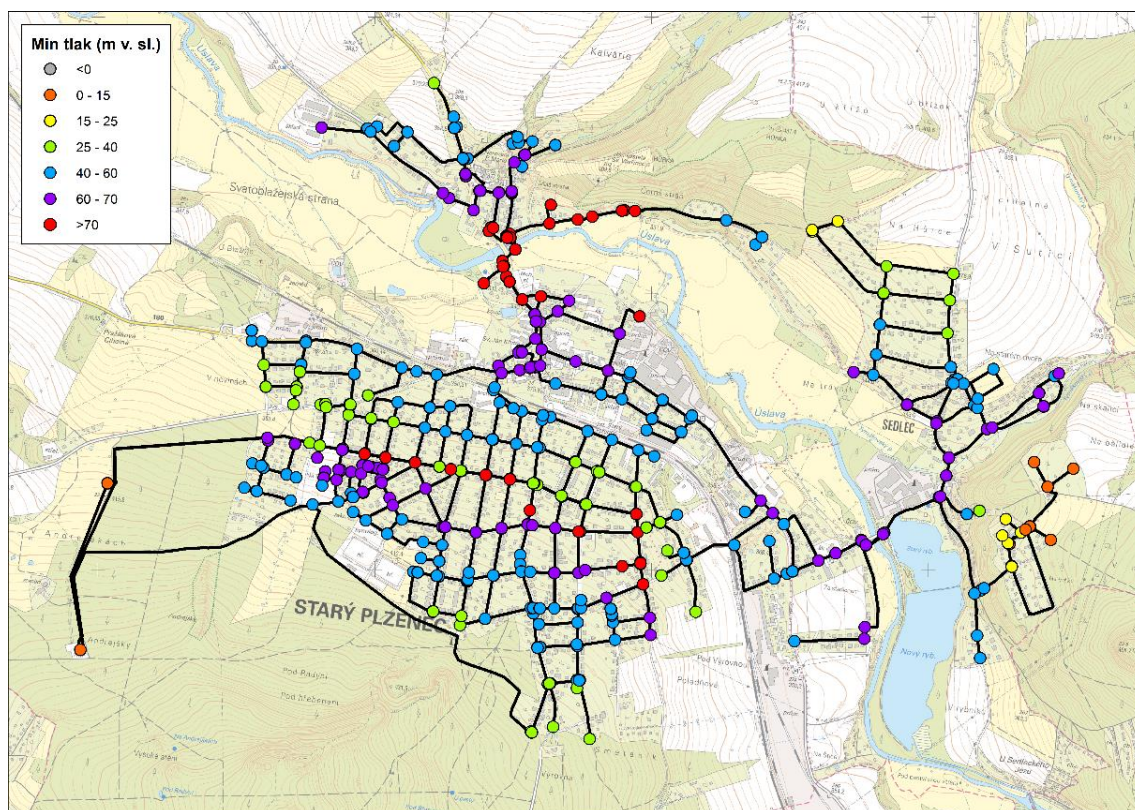
V rámci zpracování posouzení byl na základě provedené měrné kampaně sestaven kalibrovaný matematický model, který potvrdil provozovatelem indikované nevyhovující tlakové poměry v odběrových špičkách. Tato skutečnost je znázorněna na následujícím obrázku zobrazujícím minimální tlaky právě při odběrových špičkách.

Obrázek 3. Minimální tlaky v odběrových špičkách při zhotovení generelu



Pro zlepšení poměrů na síti byla navržena řada opatření tak, aby bylo možno povolit připojování dalších odběratelů. Po určení hlavního navrženého opatření se podařilo zasáhnout před samotnou stavbou do plánovaného propojení a tím navýšit dimenzi propojení z plánované DN 80 na realizovaný řad DN 200. Po realizaci tohoto opatření bylo znovu zadáno posouzení sítě s cílem stanovit současnou zbytkovou kapacitu pro připojení nových odběratelů. Po provedení měrné kampaně umožňující rekalibraci matematického modelu bylo zjištěno, že provedené úpravy na vodovodní síti jsou dostačující pro možnost napojení všech plánovaných odběratelů dle očekávání v územním plánu. Zbývá navržená opatření ještě zlepšit provozní podmínky i při neplánovaných událostech na vodovodní síti.

Obrázek 4. Tlakové poměry po realizaci hlavních navržených opatření



Přínos provedení posouzení

Zhotovením hydraulického posouzení je možno efektivně rozhodovat o plánovaných investicích na vodovodní síti z krátkodobého i dlouhodobého hlediska.

Posouzení mohou být provedena ve dvou úrovních podrobností. První je pouze na základě předaných informací od objednatele a druhá je provedení měrné kampaně pro následnou kalibraci jednotlivých řadů.

Při provedení měrné kampaně je možno odhalit nesrovnalosti v teoretických a skutečných kapacitách jednotlivých vodovodních řadů ať už je příčinou jakýkoliv důvod. Zároveň je možné určit skutečný stav jednotlivých řadů, který je přenesen do sestavovaného matematického modelu.

Literatura

- [1] Hydraulika (1983), SNTL Praha, V. Kolář, C. Patočka a J. Bém
- [2] Hydraulika 10, 20 – Příklady (2001), Vydavatelství ČVUT, Praha, V. Havlík a I. Marešová
- [3] Simulation of Hydraulic Parameters in Water Distribution Network using EPANET: A Case Study of Surat City (2015) D. Mehta, S. Waikhom, V. Yadav Water Resources and River Engineering (HYDRO - 2015)

Vyhodnocení teploty vody ve vodovodní síti v horkém letním období – případová studie

Ing. Jan Ručka, Ph.D.^{1,2}

Ing. Aleš Haška¹; Ing. Markéta Rajnochová^{1,2}; Ing. René Zuzaňák²

¹ Ústav vodního hospodářství obcí, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně
tel.: 604 794 350, e-mail: jan.rucka@vut.cz

² VODA BRNO, s.r.o. univerzitní spin-off firma VUT v Brně, www.vodabrno.cz

Úvod

Mění se klimatické podmínky vedou v letních měsících k dlouhodobým obdobím s vysokými teplotami vzduchu, které způsobují prohřívání půdy až do hloubek, kde je uloženo vodovodní potrubí. Důsledkem je nežádoucí nárůst teploty vody ve vodovodní distribuční síti. V červenci 2023, kdy teploty vzduchu překračovaly 30 °C, proběhl v jihomoravských obcích Řícmanice a Kanice řízený proplach vodovodní sítě, který měl primárně za cíl odstranit z potrubí jemné sedimenty, které přispívaly ke vzniku zákalových událostí ve spotřebišti a stížnostem spotřebitelů na jakost pitné vody. K proplachu byla využita technologie Astacus. Proplachovací robot během proplachu potrubí automaticky zaznamenával data o tlacích, průtocích, objemech a teplotě vypouštěné vody. Informace o teplotách vody proudící z hydrantů byly následně zpracovány a vyneseny do mapy obce. Na tomto základě byla provedena podrobná analýza a statistické vyhodnocení změn teplot vody během její dopravy vodovodním potrubím. Cílem studie bylo identifikovat faktory ovlivňující změny teploty vody, což může být užitečné pro provozovatele vodovodů při navrhování nových sítí nebo při implementaci nápravných opatření.

Legislativní úprava teploty pitné vody ve vodovodní síti

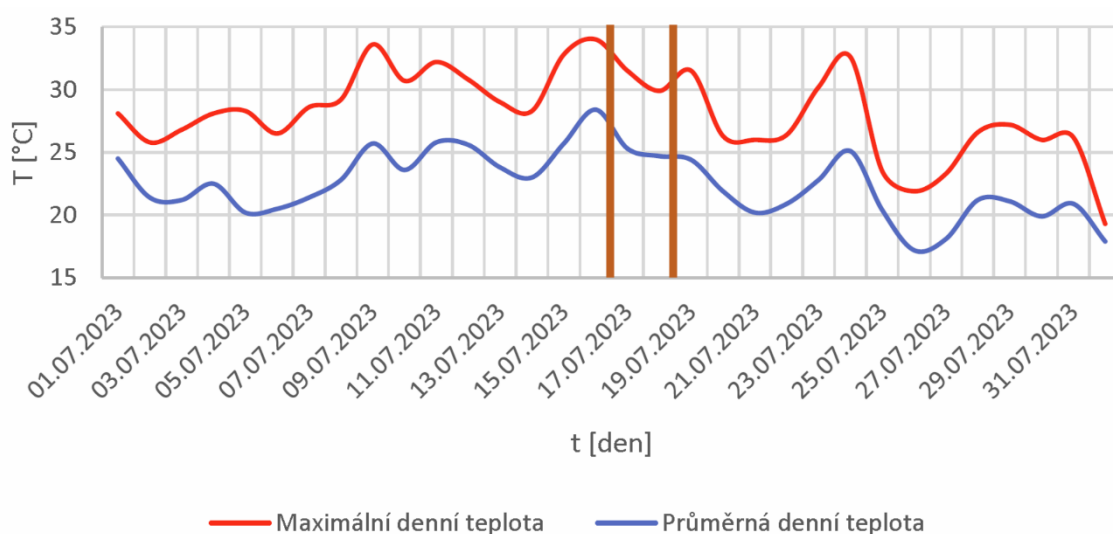
Příloha č. 1 k vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, stanovuje doporučenou hodnotu teploty pitné vody v rozmezí 8 až 12 °C. Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/2184, ze které naše vyhláška vychází, konkrétní doporučenou teplotu pitné vody neuvádí. Zmiňuje se však o bakteriích rodu *Legionella*, které jsou přenášeny systémy dodávajícími teplou vodu, a mohou představovat riziko pro lidské zdraví. *Legionella* je nejčastější příčinou vodou přenosných epidemií v Evropě. Směrnice se odkazuje na doporučení Světové zdravotnické organizace, které bylo publikováno např. v „Plánech pro zajištění bezpečného zásobování pitnou vodou“ (WHO, 2022). Nejlépe se *Legionella* množí ve vodě o teplotě 25 až 50 °C, což je teplotní rozsah běžný v domácích a průmyslových rozvodech vody. Dle doporučení WHO by proto teplota vody ve vodovodním potrubí neměla přesahovat ideálně 20 °C, nejvýše však 25 °C, právě s ohledem na *Legionellu*, která se pitnou vodou při těchto teplotách nejen dopravuje, ale zejména se v potrubí množí (WHO, 2022). Jiný zdroj uvádí, že bakterie *Legionella pneumophila* se množí optimálně při teplotách od 25 do 45 °C. Při teplotách pod 25 °C nedokáže soutěžit s ostatními mikroorganismy. Při teplotách od 20 do 25 °C se množí velmi pomalu. Ve vodovodních systémech s teplotou pod 15 °C nebyla nikdy nalezena. Termodesinfekce funguje při teplotách ≥ 60 °C (Kooij a Wielen, 2013). Z hydraulického hlediska vytvářejí optimální podmínky pro množení bakterie *Legionella* úseky se stagnující vodou (mrtvé konce potrubí). Mikrobiologická bezpečnost však není jediným argumentem, proč udržovat teplotu pitné vody v požadovaném rozmezí nejen ve vnitřních vodovodech a přípojkách, ale také ve veřejných vodovodech.

Význam a vliv teploty vody

Teplota vody je klíčovým faktorem ovlivňujícím její kvalitu, protože řídí fyzikální, chemické a biologické procesy, například rozpustnost chemických látek nebo rychlost rozkladu chloru. I v relativně úzkém teplotním rozmezí běžném pro pitnou vodu ve vodovodních sítích se rychlost některých reakcí může změnit i několikanásobně (Pitter, 2019). Teplota vody zároveň významně ovlivňuje podmínky pro přežití a růst mikroorganismů i dynamiku jejich metabolismu ve vodovodní distribuční síti. To má přímý dopad na tvorbu biofilmů, z nichž se mikroorganismy mohou do proudící vody uvolňovat. Kromě toho jsou některé procesy úpravy vody teplotně závislé a jejich účinnost se může měnit v závislosti na teplotě (Agudelo-Vera a kol., 2020).

Teplota vody výrazně ovlivňuje také její sensorické vlastnosti, tedy způsob, jakým ji vnímá spotřebitel. Experimentální studie ukázaly, že při teplotě vody přesahující 22 °C spotřebitelé intenzivněji vnímají její chuť a pach. Naopak při teplotě blízké 0 °C byl chuťový vjem výrazně utlumen a všechny vzorky vody byly hodnoceny jako velmi podobné (Lin a kol., 2019). Z těchto poznatků vyplývá, že pokud má voda během přepravy potrubím tendenci získat nežádoucí chuť nebo zápach, v letních měsících se tento efekt zesílí nejen vlivem vyšší mikrobiální aktivity, ale také díky citlivějšímu vnímání spotřebitelů. V zimním období se naopak mohou sensorické závady projevit jen minimálně nebo vůbec. Proto je důležité vnímat teplotu vody jako další klíčový parametr nejen při její výrobě, ale také během její distribuce. Lepší pochopení teplotních změn ve vodovodní síti by nám umožnilo optimalizovat technologické procesy i provozní režim vodovodů tak, aby byla kvalita dodávané vody co nejstabilnější.

Obr. 1 Teploty vzduchu v Kanicích v době realizace proplachu a měření 17.-19. 7. 2023



Pro komplexnější posouzení vlivu prostředí na teplotu vody ve vodovodní síti je k dispozici jen omezené množství dat a několik málo zahraničních studií, které se soustředily na modelování změn teploty ve vodárenské distribuční síti a na predikci teploty dodávané vody u odběratelů. Tyto studie byly založeny na dlouhodobém monitorování a analýze teplot na desítkách míst v rámci sledované vodovodní sítě. Měřeny byly teploty vody v potrubí, teploty půdy v jeho okolí a teploty vzduchu, a to po dobu několika měsíců. Na základě těchto dat byly vytvořeny a kalibrovány modely simulující abstrahované vazby, což tvoří základ modelového výzkumu.

Náš přístup, který prezentuje tato studie, je však odlišný. Zaměřili jsme se na měření a analýzu teploty vody vytékající z hydrantu během řízeného proplachu potrubí. Proplach proběhl v období od 17. do 19. 7. 2023, kdy byly vysoké teploty vzduchu, viz **Obr. 1**. Měření probíhalo automatizovaně, s frekvencí 10 měření za sekundu v průběhu celého procesu. Získaná data jsme následně vizualizovali na mapě a hledali souvislosti mezi teplotou vody a dalšími faktory, které ji mohou ovlivňovat. Podrobnosti tohoto přístupu jsou rozvedeny v následujícím textu.

Použitá metodika měření a vyhodnocení teploty vody

Jak je patrné z výše uvedeného textu, je více možných postupů, jak vyšetřit teplotu vody ve vodovodní síti. Jednou možností je, instalovat na mnoha místech sítě teploměry a sledovat vývoj teploty na pevně daných místech v průběhu času. Tak postupují autoři výše zmíněných zahraničních studií. My jsme zvolili podstatně méně nákladný postup, kdy je teploměr osazen ve stroji Astacus, kterým se provádí čištění potrubí. Informace o teplotě vody získáváme snadněji s nižšími náklady a ve větší hustotě. Každý z postupů má své silné stránky, které se s výhodou mohou vzájemně doplňovat. Celý náš postup lze rozčlenit do následujících kroků:

- 1) Sestavení proplachovacího plánu vodovodní sítě, viz **Obr. 3**
- 2) Řízený proplach potrubí po jednotlivých úsecích podle propl. plánu, viz **Obr. 2**
- 3) Sestavení grafů z měřených hodnot – průběh teploty a objemu v čase (server),
- 4) Sestavení grafů pro průběh teploty po délce potrubí, viz **Obr. 4**
- 5) Vynesení hodnot teploty vody v potrubí do mapy, viz **Obr. 5**
- 6) Přiřazení dalších hodnocených faktorů pro každý bod v mapě,
- 7) Statistické vyhodnocení vlivu faktorů na teplotu vody.

Sestavení proplachovacího plánu lze provést i bez simulačního modelu sítě např. v GIS, nebo barevnými fixami do mapy vodovodu. Řízený proplach se provede s využitím automatického programu „Proplach podle topologie“, kdy stroj na místě vypočítá parametry proplachu a autonomně jej provede. Zadává se délka proplachovaného úseku, dimenze, materiál a nejnižší dovolený tlak vody v potrubí, který stroj nesmí při proplachu podkročit. Teplota se měří automaticky a není potřeba tomuto věnovat speciální pozornost. Teploměry, které jsou ve strojích Astacus osazeny, byly kalibrovány v AMS pro 5, 15 a 25 °C. Měřená data a grafy s průběhem teploty a objemu sestaví server automaticky z dat, která od stroje v terénu obdrží, a pošle je emailem uživateli souhrnně vždy po půlnoci společně se souhrnným reportem. Na základě těchto dat lze v prostředí MS Excel sestavit graf s průběhem teploty po délce potrubí, viz **Obr. 4**, odečíst data o teplotě a přenést je do mapy. My jsme pro potřeby této studie teplotu do mapy přenášeli automatizovaně s využitím sw nástrojů GIS. Tímto postupem bylo na mapě Kanic vizualizováno celkem 963 míst s teplotou vody v potrubí. Jednotlivé body byly umísťovány v ose potrubí po vzdálenosti 5 m. Následně byly pro každý jeden bod stanoveny hodnoty čtyř faktorů dle **Tab. 1**, které teplotu vody ovlivňují, a současně jsme měli dostatek informací pro jejich vyhodnocení. Stáří vody bylo stanoveno s využitím hydraulického simulačního modelu v EPANET 2.2, který pro řešenou síť existuje v kalibrované podobě. Tímto postupem bylo vytvořeno 963 položek se záznamem o teplotě a dalších čtyřech faktorech. Tyto data jsme následně podrobili statistické analýze.

Tab. 1 Hodnocené faktory ovlivňující teplotu vody v potrubí a jejich kategorie

Povrch	Zastínění	Stáří vody	Materiál potrubí
Asfalt	0 %	0–48 hodin	PVC
Chodník/dlažba	50 %	48–56 hodin	PE
Travní porost	80 %	56–64 hodin	LT
-	100 %	64–72 hodin	-
-	-	> 72 hodin	-

Zahraniční literatura připisuje nezanedbatelný vliv také hloubce uložení potrubí (krytí), geologickému složení okolní zeminy a obsypů a dimenzi potrubí. My jsme pro jejich vyhodnocení neměli dostatek informací, nebo byl jejich rozptyl v této vodovodní síti příliš malý na to, abychom mohli spolehlivě určit jejich vliv.

Teplota vody ve vodovodní síti obce Kanice

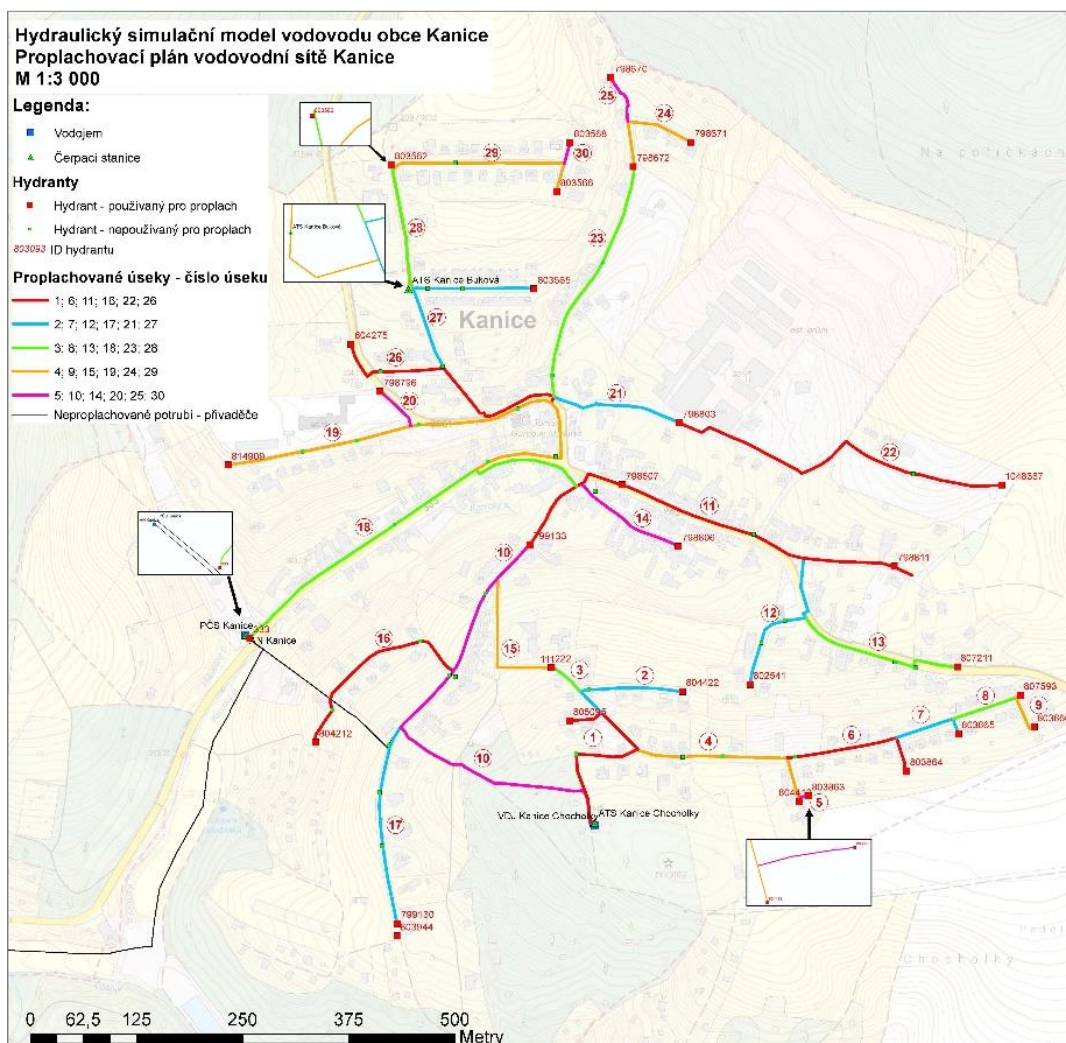
Kanice a Řícmanice jsou dvě obce v Jihomoravském kraji, v okrese Brno-venkov, ve vzdálenosti přibližně 10 km severovýchodně od Brna. V obcích žije celkem 1939 obyvatel. V červenci 2023 byly vodovodní sítě obou obcí vyčištěny řízeným proplachem s cílem odstranit z potrubí jemné sedimenty, které byly příčinou stížností obyvatel na kvalitu vody. Čištění provedla společnost VODA BRNO, s.r.o. společně s technikou VODÁRENSKÉ AKCIOVÉ SPOLEČNOSTI, a.s., která vodovod provozuje. Před proplachem byly vypracovány proplachovací plány obou obcí, viz **Obr. 3**, které definovaly úseky potrubí o délce cca 200 až 300 m, které byly proplachovány přes koncové hydranty. K proplachu se použila technologie Astacus, viz **Obr. 2**.

Obr. 2 Čištění potrubí řízeným proplachem - Technologie Astacus, současně se automatizovaně měří a vyhodnocuje teplota, tlak, průtok a objem vypouštěné vody



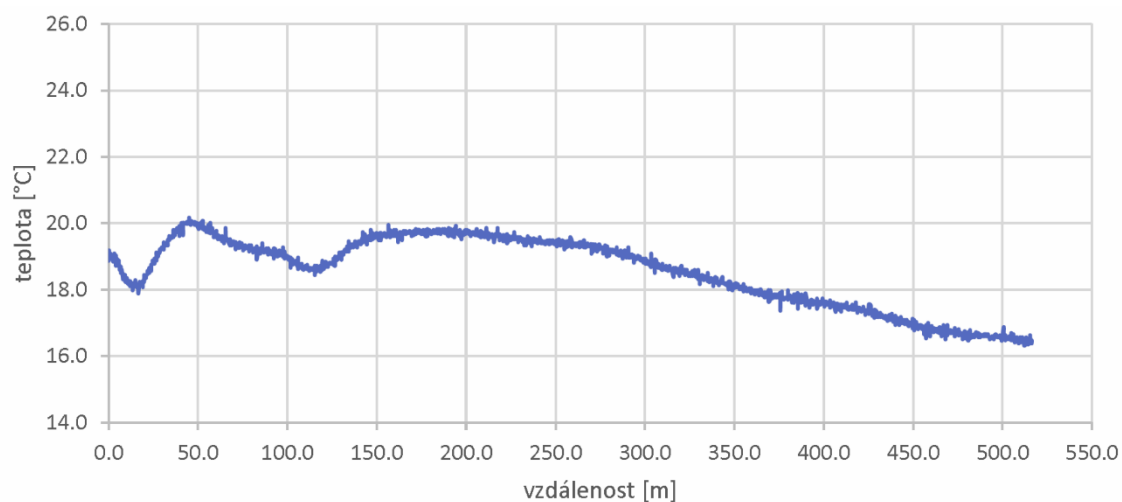
Proplachovací robot Astacus obsahuje bateriový indukční průtokoměr a regulační uzávěr s elektropohonem. Řídící jednotka stroje během proplachu průběžně vyhodnocuje data z průtokoměru a tlakoměru, a motorem ovládá regulační uzávěr tak, aby byl měřený průtok v rámci povolené toleranční odchylky k průtoku, který se požaduje dle výpočtu. Současně se vyhodnocuje tlak vody v potrubí, resp. rychlost změny tlaku. Tímto způsobem robot sám proplach či hydrantový test zahájí, provede i ukončí. Ihned po provedení proplachu je voda ve vodovodu opět pitná. Proplach se provádí za plného provozu vodovodu.

Obr. 3 Proplachovací plán vodovodní sítě obce Kanice



Během proplachu se automaticky měří také teplota vody, která strojem protéká. Naměřená data stroj odesílá na server, který z nich automaticky vytvoří grafy, datové soubory a souhrnné reporty.

Obr. 4 Průběh teploty vody po délce potrubí; proplachovaný hydrant s osazeným strojem Astacus odpovídá staničení 0,0 m



Pro lepší představu si lze proplachovaný úsek potrubí představit jako dlouhý válec vody, jehož délka odpovídá délce proplachovaného úseku, a jeho průměr odpovídá vnitřnímu profilu potrubí. Stroj Astacus má zabudovaný GPS chip, takže je známa poloha hydrantu, kde se voda z potrubí vypouští. Na základě těchto informací lze určit polohu každého jednotlivého elementárního objemu vody v potrubí, jehož teplota byla při proplachu zaznamenána, viz **Obr. 5**. Úloha byla řešena jako jednodimenzionální.

Obr. 5 Vizualizace měřené teploty vody do podkladní mapy. Voda na obrázku proudí z VDJ zleva doprava. Proplachovaný hydrant s osazeným strojem Astacus je na obrázku zcela vpravo. Průběh teploty vody tohoto úseku je patrný z grafu na Obr. 4.



Výsledky vyhodnocení teploty vody v síti

Na základě statistického vyhodnocení teploty vody a výše uvedených čtyř faktorů v 963 místech vodovodní sítě obce Kanice bylo možné učinit následující závěry:

- Voda vstupující do sítě z VDJ měla teplotu 15,0 °C, její dopravou potrubím došlo k ohřátí na průměrných 19,4 °C, průměrně tedy o 4,4 °C. Lokálně však byly patrné značné rozdíly v teplotách vody, zejména v závislosti na míře zastínění povrchu a době zdržení vody v potrubí (stáří vody).
- Nejvyšší zaznamenaná teplota vody v potrubí byla 24,6 °C, tedy ohřátí o 9,6 °C.
- V potrubí teplota vody kolísá a může se dopravou v potrubí nejen zvýšit, ale také klesnout, viz **Obr. 4**. Nejvyšší rozdíl teplot byl zaznamenán 7,1 °C na úseku délky 400 m.
- Teplota vody v potrubí je zvyšována vlivem slunečního svitu. Největší vliv na teplotu vody v potrubí má míra zastínění povrchu, resp. denní doba přímého slunečního svitu. Mezi 51 nejteplejšími body v celé síti je jich 49 s nulovým zastíněním povrchu, tedy úseky na přímém celodenním slunci.
- Starší voda v síti je teplejší než voda s nižším stářím. Úseky potrubí, kde je nejstarší voda vykazují průměrně vyšší teploty vody.
- Vliv materiálu nelze vyhodnotit, protože v řešené vodovodní síti je pouze jeden krátký úsek z litiny, jinak je síť z plastových materiálů PE a PVC.
- Nelze vyhodnotit ani vliv hloubky uložení a dimenzí potrubí. Hloubky uložení nebyly k dispozici pro všechny úseky potrubí a dimenze se v řešené síti vyskytují pouze DN80 až DN160.
- Také nelze spolehlivě analyzovat kombinace faktorů, protože i přes zdánlivě vysoký počet bodů, není dostatečný počet měření, aby bylo dostatek hodnot v kombinacích jednotlivých faktorů.

Závěr a doporučení

Prezentovaná studie analyzuje dopad vysokých letních teplot na teplotu vody ve vodovodní distribuční síti obcí Kanice a Řícmanice. Získaná data potvrzují, že teplota vody v potrubí se může během dopravy potrubím zvýšit až o 9,6 °C, přičemž hlavním faktorem ovlivňujícím ohřev vody je míra zastínění povrchu, resp. denní délka přímého slunečního svitu, a také doba zdržení vody v síti. Studie zdůrazňuje význam sledování teploty vody nejen kvůli senzorickým vlastnostem vody, ale především kvůli mikrobiologické bezpečnosti. Teplota vody přesahující 25 °C zvyšuje potenciál pro růst bakterií rodu *Legionella*, které se optimálně množí v rozmezí 25 až 50 °C. Výsledky také ukazují zajímavý fakt, že teplota vody během její dopravy vodovodním potrubím může v letním horkém období nejen růst, ale také klesat. Pro zpracování této studie bylo využito automatizované měření teploty vody během proplachu potrubí technologií Astacus. Studie poskytuje cenné poznatky pro provozovatele vodovodních sítí a podtrhuje důležitost dalšího výzkumu v této oblasti.

Poděkování

Práce byla financována z rozpočtu projektu VUT v Brně reg. č. FAST-S-25-8737, který je financován z programu Specifického vysokoškolského výzkumu Vysokého učení technického v Brně.

Použitá literatura a zdroje

- [1] Agudelo-Vera, C.; Avvedimento, S.; Boxall, J.; Creaco, E.; de Kater, H.; Di Nardo, A.; Djukic, A.; Douterelo, I.; Fish, K.E.; Iglesias Rey, P.L.; Jacimovic, N.; Jacobs, H.E.; Kapelan, Z.; Martinez Solano, J.; Montoya Pachongo, C.; Piller, O.; Quintiliani, C.; Ručka, J.; Tuhovčák, L.; Blokker, M. Drinking Water Temperature around the Globe: Understanding, Policies, Challenges and Opportunities. *Water*, 2020, roč. 1049, č. 12(4), s. 1-19. ISSN: 2073-4441.
- [2] Pitter, Pavel. *Hydrochemie*. 5. vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2019. ISBN: 978-80-7080-928-0.
- [3] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě. In: Úřední věstník Evropské unie. 2020, L 435, s. 1–62. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu>
- [4] Van der Kooij, D.; Van der Wielen, Paul W.J.J. *Microbial growth in drinking-water supplies: problems, causes, control and research needs*; IWA Publishing, 2013 ISBN: 9781780400402
- [5] Veniger, J.; *Teplota vody ve vodovodní síti*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.
- [6] World Health Organization (WHO). *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda*. Geneva: World Health Organization, 2022. ISBN: 978-92-4-004506-4.
- [7] Lin, Tsair-Fuh; Watson, S.; Dietrich, A. M.; Suffet, I. H. (Mel), eds. *Taste and Odour in Source and Drinking Water: Causes, Controls, and Consequences*. London: IWA Publishing, 2019. ISBN: 978-1-78040-666-4.

Vodárna Káraný – geochemické vyhodnocení původu železa v surové vodě jímacích studní čerpací stanice R38 a opatření k jeho eliminaci

RNDr. Petr Kohout¹

Mgr. Marek Skalický²

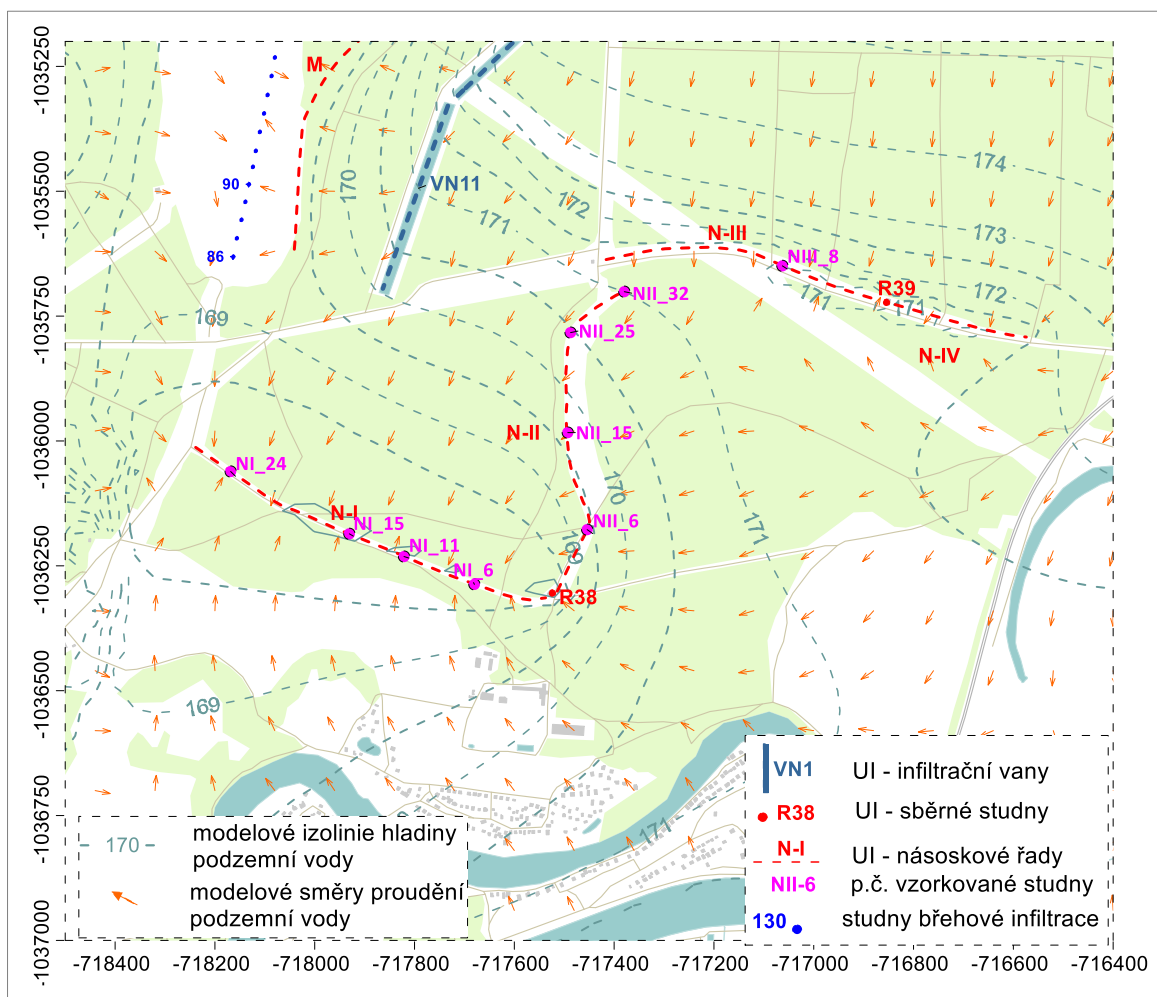
¹ Forsapi s.r.o., K Horoměřicům 1113/29, 165 00 Praha 6, petr.kohout@forsapi.cz

² Vodárna Káraný, a.s., Podolská 15/17, 147 00 Praha 4, skalicky@vodarnakarany.cz

1. Úvod

V jímacím řadu násoskového systému čerpací stanice R38 vodního zdroje - Vodárna Káraný a.s. (obr. 1), který využívá jímání kvartérních vod nabohacených umělou infiltrací (UI), byly zjišťovány zvýšené koncentrace železa (Fe) (nad hygienickými limity pro pitnou vodu dle Vyhlášky č. 252/2004 Sb., příloha č.1) a nepravidelně také zvýšený zákal, který negativně ovlivňuje vodárenské technologie, zejména potrubí, zanášením.

Obr. 1 Situace blízkého okolí jižní části komplexu UI a studní násoskového řadu R38.



Provedení technické úpravy násoskového systému v roce 2016 (Patka, 2016) – vyvložkování původního železného potrubí propojující systém jímacích vrtů potrubím z plastu, nevedlo k odstranění zvýšených koncentrací železa a zákalu surové vody.

V letech 2019 až 2024 se v jímacím prostoru uskutečnily 4 etapy výzkumných prací řešících původ a příčiny nadměrného množství železa v surové vodě a možnosti jeho eliminace. Výzkum zahrnoval komplex geologických prací – ověřování hydraulických vlastností studní, kamerové zkoušky, fyzikální, hydrochemický a biologický monitoring surové vody, hodnocení vzájemné interakce kvartérní a cenomanské zvodně v prostoru kombinovaného jímání obou zvodní, numerické modelování proudění podzemní vody při odlišných scénářích jímání a umělé infiltrace (Kohout, Gvoždík, Milický, Polák, 2019; Kohout, Gvoždík, Milický, 2021; Kohout, Gvoždík, Milický, Polák, 2023; Kohout, 2025).

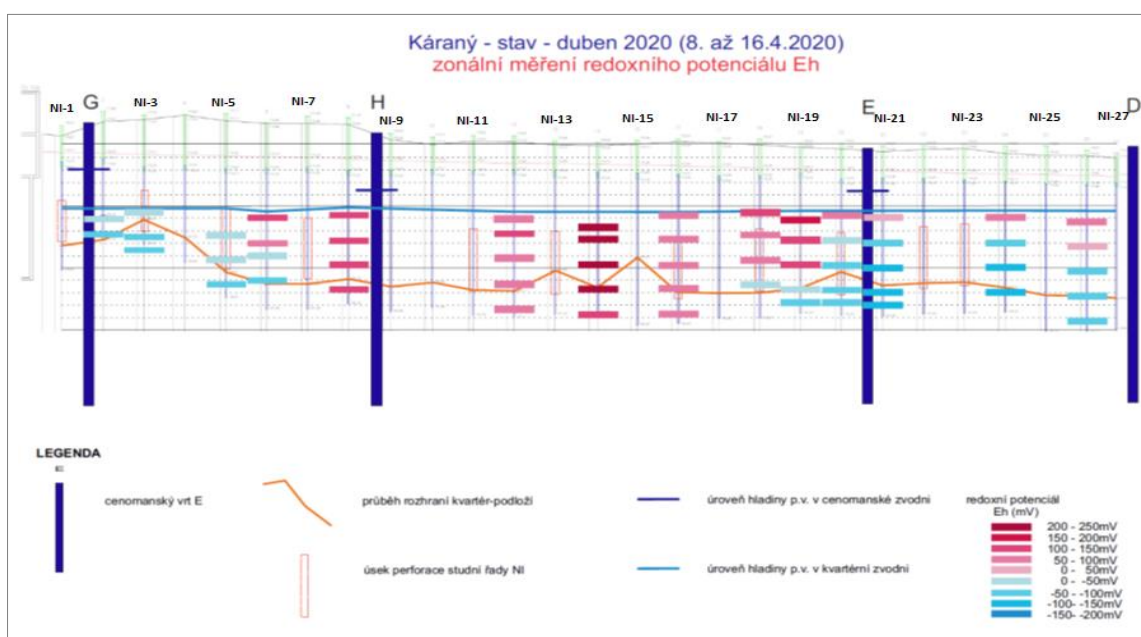
2. Výsledky výzkumných prací

2.1 Identifikace a monitoring laterální a vertikální heterogenity fyzikálních, chemických a mikrobiologických vlastností surové vody v jednotlivých jímacích studních

V průběhu 1. a 2. fáze výzkumu, kdy se upřesňovala a upravovala metodika prací, přinesly kamerové zkoušky, terénní měření fyzikálních vlastností surové vody a výsledky laboratorních rozborů vzorků surové vody následující poznatky:

- Kamerové zkoušky na objektech řady NI zjistily vysoký stupeň kolmatace pažnic v 60% kamerovaných objektů řady NI, ve kterých biomasa tvořená železitými povlaky souvisle pokrývá úseky perforace i jímacího potrubí bez volného prostoru a mocnost železitých povlaků dosahuje až 10 centimetrů. Nižší stupeň kolmatace byl pozorován ve 40% sledovaných studních, ve kterých nejsou úseky vrtu s perforovanou pažnicí zasaženy kolmatací, a v úsecích plné perforace vrtu je přítomnost železitých povlaků biomasy malá.
- Terénní měření fyzikálních vlastností podzemní vody ve studních řady NI přineslo informace o distribuci fyzikálních vlastností podzemní vody ve vybraných studních. V jímacích studních byla zjištěna výrazná laterální a vertikální heterogenita rozložení oxidačně redukčního potenciálu podzemní vody mající zásadní souvislost s výskytem jednotlivých valenčních forem železa (rozpustné Fe^{2+} a nerozpustné Fe^{3+}). Na obr. 2 je znázorněno rozložení oxidačně redukčního potenciálu ve studních řady NI.

Obr. 2 Rozložení oxidačně redukčního potenciálu v podzemní vodě studní řady NI.



- Odběry vzorků a stanovení valenčních forem železa ve vybraných studních řadu NI potvrdilo vzájemnou závislost oxidačně redukčního potenciálu podzemní vody na výskytu jednotlivých valenčních forem železa (rozpuštěné dvojmocné a nerozpustné trojmocné železo) ve studních řadu NI. V tab. 1 jsou uvedeny výsledky terénního měření a analýz železa.

Tab. 1 Výsledky stanovení forem železa ve vybraných studnách řadu NI (květen 2020)

parametr	jednotka	NI-2	NI-5	NI-8	NI-12	NI-16	NI-19	NI-21	NI-24
	datum	04.05.2020	04.05.2020	04.05.2020	04.05.2020	04.05.2020	04.05.2020	04.05.2020	04.05.2020
pozice odběru vzorku	m.o.b.	9	10	11	11	11	11	11	11
Fe celkový filtrovaný HNO ₃	mg/l	1,54	1,25	0,0125	<0,002	0,004	0,752	1,4	2,84
Fe ³⁺ filtrovaný HNO ₃	mg/l	0,038	<0,01	0,012	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	<0,01
Fe ²⁺ filtrovaný HNO ₃	mg/l	1,51	1,26	<0,01	0,014	0,01	0,701	1,5	3,01
redox potenciál	mV	-59	-50	69	92	85	-83	-115	-123

Na základě zjištěných poznatků bylo zahájeno systematické monitorování vertikálního a laterálního rozložení oxidačně redukčního potenciálu ve všech studních obou řadů – NI a NII, doplňované odběry vzorků na stanovení jednotlivých valenčních forem železa a mikrobiologická stanovení v odlišných scénářích jímání podzemních vody a uplatnění dotace kvartérního kolektoru umělou infiltrací z nádrže VN-11. Výsledky další fáze výzkumu přinesly následující poznatky:

- Podle rozložení oxidačně redukčního potenciálu je možné kvartérní zvodeň jímánou řadem studní NI rozdělit do 3 odlišných oblastí:
Oblast 1: reprezentovaná studnami NI-1 až NI-6. V této části zvodně docházelo ke střídání kladných a záporných hodnot oxidačně-redukčního potenciálu v průběhu realizace projektu. V návaznosti na hodnoty Eh dochází v této části zvodně k výskytu vysokých koncentrací rozpuštěné formy Fe²⁺ (velmi pravděpodobně dochází k dotaci z cenomanské zvodně, která způsobuje změnu Eh kvartérní vody do redukčních podmínek). Rozpuštěné Fe²⁺ se v těchto podmínkách mění mikrobiologickými pochody i chemickou oxidací na nerozpustnou formu železa trojmocného. Tím se vytvářejí velice vhodné podmínky pro rozvoj mikroorganismů a pro vznik biomasy tvořené železitými povlaky.
Oblast 2 je zastoupená studnami NI-7 až NI-18. Podzemní voda v tomto úseku studní měla v průběhu řešení projektu vysoké kladné hodnoty Eh s výjimkou epizodických událostí a nízké koncentrace Fe²⁺ i Fe³⁺.
Oblast 3 je reprezentovaná studnami NI-19 až NI-27. Tato část zvodně se vyznačuje především redukčními podmínkami, doprovázenými vysokými koncentracemi rozpuštěného dvojmocného železa.
- Podle rozložení oxidačně redukčního potenciálu je možné kvartérní zvodeň jímánou řadem studní NII rozdělit do 2 odlišných oblastí:
Oblast 1: reprezentovaná studnami NII-1 až NII-19. V této části zvodně dochází ke střídání kladných a záporných hodnot oxidačně-redukčního potenciálu v průběhu realizace projektu v závislosti na režimu čerpání a umělé infiltraci do vodních nádrží. Při zaznamenání záporných hodnot Eh byly na vybraných studních pozorovány zvýšené koncentrace rozpuštěné formy Fe²⁺.
Oblast 2 je zastoupená studnami NII-20 až NII-32. Tato část zvodně měla v průběhu řešení projektu vysoké kladné hodnoty Eh a naměřené koncentrace železa jsou v této části zvodně velmi nízké a rozpuštěné dvojmocné železo bylo analyzováno v koncentracích blízkých mezi stanovitelnosti (<0,01 mg/l).
- Stanovení jednotlivých forem železa jednoznačně potvrdilo, že rozložení oxidačně redukčního potenciálu v jímácích objektech má rozhodující vliv na výskyt železa v podzemní vodě a jeho forem.

- Charakterizace mikrobiologického osídlení ve studních: Biomasu vrtů tvoří převážně aerobní skupina bakterií, které získávají energii oxidací železa a manganu. Tato široká skupina je nazývána železitě a manganové bakterie. Přítomnost železa ve vodě studní řadu NI je základní podmínkou rozvoje aerobní skupiny železitých a manganatých bakterií. Téměř ve všech studních řadu NI jsou detekovatelné obsahy dvojmocného železa. Toto železo je pak s intenzitou úměrnou míře aerace oxidováno na trojmocné sraženiny. Bouřlivý rozvoji mikroflóry lze pozorovat při odstávce jímání z řadu, kdy lze předpokládat, že je tato oxidace součástí především biologických metabolických pochodů.

2.2 Původ a zdroje železa v kvartérní zvodni – řad studní NI a NII

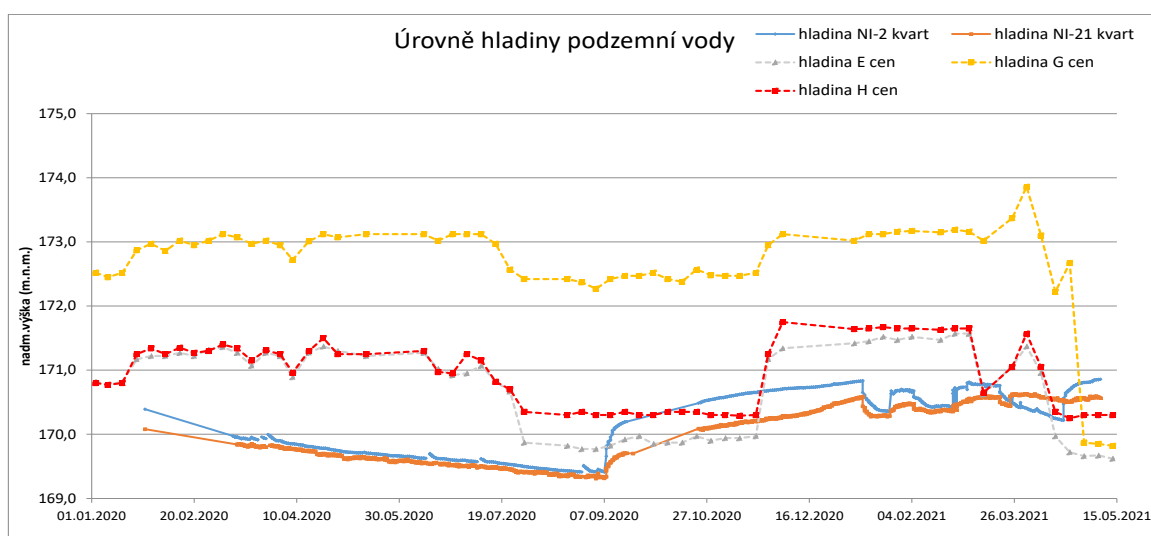
Dlouhodobý monitoring podzemní vody cenomanské zvodně potvrzuje vysoké koncentrace Fe^{2+} v cenomanské vodě. V tabulce 2 jsou uvedeny výsledky koncentrací jednotlivých forem železa v cenomanském vrtu E a v blízkém vrtu EK monitorujícím kvartérní zvodně, ve kterém byly pozorovány vysoké koncentrace celkového železa a nerozpuštěné formy trojmocného železa Fe^{3+} . Je tedy vysoce pravděpodobné, že kvartérní vody ve vrtu EK jsou ovlivněny dotací cenomanské vody.

Tab. 2 Výsledky stanovení forem železa v cenomanské a kvartérní zvodni vrtů E a EK

parametr	jednotka	E	EK
		cenoman	kvartér
		26.08.2020	26.08.2020
redox potenciál terén	mV	-90	-75
Fe celkový nefiltrovaný	mg/l	4,94	1,21
Fe ³⁺ nefiltrovaný HCl	mg/l	<0,01	1,13
Fe ²⁺ nefiltrovaný HCl	mg/l	5,46	0,081

Ve studnách řadu NI probíhalo po celou dobu realizace projektu kontinuální měření úrovně hladin kvartérní zvodně. Piezometrická úroveň cenomanské zvodně je rovněž pravidelně měřena pracovníky PVK a.s. Na obrázku 3 jsou znázorněny úrovně hladin v období ledna 2020 až května 2021.

Obr. 3 Piezometrické úrovně cenomanské zvodně a úrovně hladiny kvartérní podzemní vody.



Z dlouhodobého monitoringu hladin a z výsledků numerického modelování v zájmovém území vyplývá, že hladina podzemní vody ve vrtech cenomanu, dokonce i při odběrech přes 40 l/s, je na vyšší úrovni než hladina v kvartérním kolektoru (maximální hladiny v R38 jsou cca 170.5 m n. m., hladina ve vrtu E při odběrech 44 l/s z Artéska je zhruba o 1 m výše na úrovni 171.5 m n. m., až při zvýšení odběru na 58 l/s hladina ve vrtu E klesla pod úroveň hladiny v kvartéru na 169.5 m n. m.). **Vlivem vyšší tlakové úrovně v kolektoru cenomanu dochází k přetoku podzemní vody do svrchního kolektoru, kde je ve směsi s kvartérní vodou jímána ve studnách řadu R38.** Podzemní voda z cenomanu má velmi podobné vlastnosti, tj. vysoký obsah železa ve dvojmocné formě (Fe^{2+}) a negativní Eh, jako železitá kvartérní podzemní voda vzorkovaná ve studnách R38. **Voda z cenomanu je tedy velmi pravděpodobně zdrojem železité vody čerpané v R38.** Přetok z cenomanu do kvartéru je přirozený a je dán vzájemnými tlakovými poměry mezi kolektory.

Otázkou je, proč jsou zvýšené obsahy železa pozorovány pouze v některých studnách:

- zřejmě nedochází k plošnému přetoku vody z cenomanu do kvartéru, ale přetok je spíše lokální nebo bodový,
- plošně omezený přetok může být přirozeného charakteru – izolátorem oddělujícím cenomanské pískovce od kvartérních štěrkoísků je slínovec, který může být lokálně rozpukaný nebo mít lokálně menší mocnost, kde dochází ke vzájemné komunikaci cenomanských a kvartérních vod,
- bodový přetok může ale být i umělého charakteru – v okolí řadu R38 byla řada dalších hlubokých vrtů (např. původní staré vrty Artéska nebo další vrty až z roku 1900), které nemusely být dokonale zlikvidovány a které dnes mohou hydraulicky propojovat oba kolektory (jak bylo zjištěno při opravě havarovaného vrtu F – Šeda, 2020 a 2021).

2.3 Navržená opatření k eliminaci zvýšených koncentrací železa v surové vodě řadu studní NI a NII

Výsledky výzkumných prací přinesly základní poznatek, že obsahy železa v surové vodě jsou v jednotlivých skupinách studní (vymezených na základě rozložení oxidačně-redukčních podmínek) výrazně odlišné a využití skupiny studní s nízkými koncentracemi železa může vést k eliminaci obsahu železa i manganu v surové vodě čerpané ze stanice R38.

Správcí vodního zdroje byla navržena optimalizace jímání surové vody čerpací stanicí R38 zapojením vybraných studní s nízkou koncentrací železa a manganu a naopak vyřazením skupiny studní, do kterých ve zvýšené míře přitéká podzemní voda z cenomanské zvodně a dotuje kvartérní zvodně dvoumocným železem.

Výběr vhodných objektů studní do systému čerpání souvisí rovněž s aktuálním stavem zvodně v průběhu roku. Zatímco řad studní N-I zajišťuje dostatečnou vydatnost v průběhu celého roku, vydatnost studní řadu N-II je v průběhu roku výrazně ovlivněna umělou dotací předupravené povrchové vody do infiltračních vodních nádrží (VN-10 a 11).

Výběr vhodných studní zapojených do čerpací stanice R38 je rozdělen do 2 rozsahů podle stavu kvartérní zvodně:

- Rozsah I – zapojené studny NI-6 až NI-18 (řad studní N-I) a zapojené studny NII-20 až NII-32 (řad studní N-II)

Uvedené studny na řadu N-I umožňují snížit obsah celkového železa v jímáné vodě čerpací stanice R38 pod hygienický limit a zapojením vybrané skupiny studní řadu N-II rovněž snížit obsah manganu.

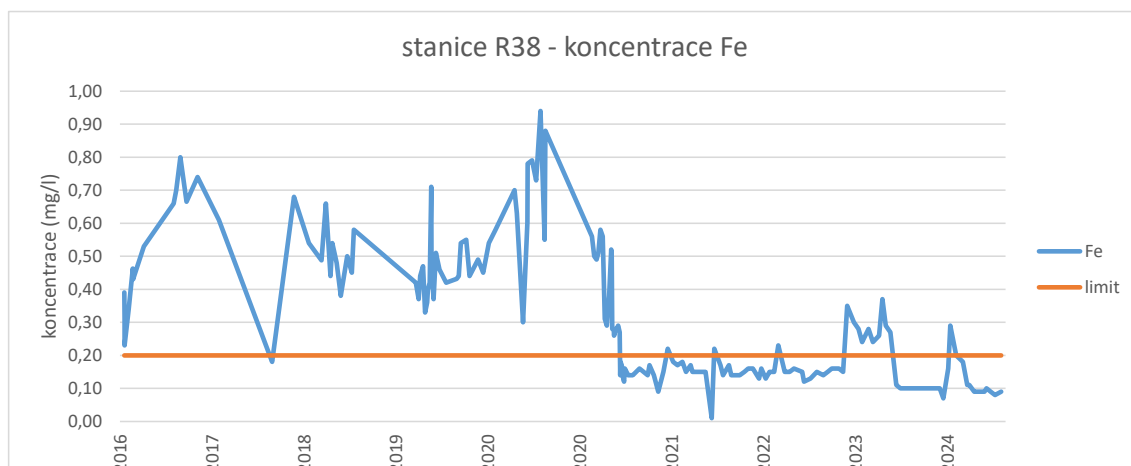
Zapojení skupiny studní na řadu N-II je ale limitováno dostatečným nabohacením kvartérní zvodně v oblasti dosahu čerpání, aby nedošlo k vyčerpání studní, zavzdušnění řadu a výpadkům čerpání.

Za příznivé podmínky pro uplatnění čerpání z řadu N-II je možné považovat pouze období při napouštění vodní nádrže VN-10 a 11.

- Rozsah II – zapojené studny NI-6 až NI-18 (řad studní N-I)
Vybraná skupina studní na řadu N-I umožňuje snížit obsah celkového železa a zákalu v jímáné vodě čerpací stanice R38 pod hygienický limit, ale nedovoluje zároveň snížit obsah manganu v jímáné vodě.

Na základě doporučení zajišťuje správce vodního zdroje čtenější měření obsahu Fe v čerpané vodě R38. Výsledky monitoringu jsou znázorněny na obrázku 4.

Obr. 4 Vývoj koncentrace železa v surové vodě stanice R38 (listopad 2016 až září 2024).



Z obr. 4 jasně vyplývá, že přijatá opatření vedla k zásadnímu snížení obsahu železa v surové vodě jímáné čerpací stanicí R38 a zároveň k eliminaci odstávek stanice v důsledku strhávání biomasy železitých konglomerátů, které poškozuji technologii úpravy surové vody.

3. Závěr

Důležité pro udržitelnost kombinovaného zapojování vhodných studní obou řadů je ověření, zda jímání pouze určitých studní zásadně neovlivní hydrodynamický stav v kvartérní zvodni a nezačne docházet k přetékání cenomanských vod do částí kvartérního kolektoru, které nebyly dosud těmito vodami ovlivněny. Proto se v současné době uskutečňuje další etapa výzkumných prací, která režimy jímání na řadu NI a NII monitoruje a vyhodnocuje pro konečnou optimalizaci provozu vodárenského systému R38.

Seznam literatury

Kohout P., Gvoždík L., Milický M., Polák M. (2019-2023): Geochemické a hydraulické vyhodnocení původu Fe v surové vodě (s aktualizací hydraulického modelu proudění podzemní vody) – etapy I.-III, MS PROGEO, 2019 - 2023

Kohout P. (2025): Geochemický monitoring železa v surové vodě – IV.etapa. Forsapi, 2025

Patka, Jan (2016): Regenerace násoskových řadů NI až NIV R-stanic R38 a R39 v areálu umělé infiltrace KÁRANÝ. Vodárna Káraný a.s. Závěrečná zpráva. Aquatest a.s., prosinec 2016.

Šeda, Svatopluk (2020): Káraný – náhradní vrt F1. Zpráva o provedení prací. Fingeo s.r.o., Choceň, prosinec 2020.

Revize II. stupně OPVZ podzemních vod - zpracování podkladů

Ing. Petr Nohel¹

Jiří Kalivoda¹; Mgr. David Honek, Ph.D.²; RNDr. Jitka Novotná³

¹ Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.

² VÚV TGM, v.v.i.

³ Česká geologická služba

Abstrakt

Vodní zdroj podzemní vody Březová nad Svitavou dosahuje množstvím odebírané vody evropského významu. Platnost současného ochranného pásma II. stupně o velikosti přibližně 52 km² končí koncem roku 2025. Z tohoto důvodu společnost BVK a.s. společně s odbornými institucemi přistoupila ke zpracování podkladů pro revizi ochranného pásma II. stupně. Příspěvek přináší pohled na zpracování podkladů pro revizi „pásma“ prováděných v roce 2022 – 2024 po jednotlivých etapách.

Vodní zdroj Březová nad Svitavou je jedním ze dvou zásadních zdrojů surové vody pro Brněnskou vodárenskou soustavu, která zásobuje 435 tis. obyvatel. Druhým zdrojem je vodárenská nádrž Vír (povrchová voda). Podzemní voda z Březové je vedena samospádem dvěma Březovskými přivaděči (I.BV - DN 600, šedá litina, 1913, 58 km a II.BV – DN 1000, ocel, 1975, 55 km) do Brna. Jedná se o významný zdroj kvalitní podzemní vody (až 30 mil. m³/rok) v křídových sedimentech hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy (rozloha 358 km²). Hydrogeologická struktura je tvořena čtyřmi kolektory (cenoman – coniak) vzájemně oddělenými izolátory, z nichž nejvýznamnější je z pohledu množství podzemní vody kolektor středního turonu – kolektor C. Hlavním zdrojem pro tvorbu podzemní vody jsou samozřejmě atmosférické srážky, ať už sněhové nebo dešťové, ale hlavně vsáknuté do hornin hydrogeologického rajonu. Jelikož je kolektor C převážně odkrytý, je tudíž nejvíce zvodněný, ovšem na druhou stranu je také nejvíce náchylný k možnému znečištění. Druhým vodárensky významným kolektorem rajonu je spodní turon – kolektor B, který je převážně zakrytý a výrazně méně zatížen znečištěním (především nitráty), proto je také prioritně využíván Skupinovým vodovodem Svitavy.

Ochranná pásma byla pro vodní zdroj Březová nad Svitavou stanovena rozhodnutím, v roce 1999 pro I. stupeň, v rozsahu 113 ha a bez časového omezení. I. stupeň je kompletně oplocen a zahrnuje pouze jímací a provozní objekty včetně obslužné komunikace. Pozemky jsou trvale zalesněny nebo zatravněny. II. stupeň byl stanoven taktéž rozhodnutím v roce 2008, s omezenou platností do 31. 12. 2025, v rozsahu 5.255 ha, přičemž zornění se zde pohybuje kolem 57% plochy pásma.

V roce 2022 jsme zahájili zpracování podkladů pro revizi ochranného pásma II. stupně vodního zdroje Březová nad Svitavou (dále jen OPVZ2) ve čtyřech na sebe navazujících etapách. Přičemž zpracování I. a II. etapy získala ve veřejné soutěži ČGS a další dvě etapy následně VUV TGM, v.v.i.

Etapu I - Analýza změn ve vývoji jakosti podzemních vod v Hydrogeologickém rajonu 4232 Ústecká synklinála pro kolektory B a C na dlouhodobých časových řadách.

Cílem prací byla identifikace kontaminantů z výsledků analytických rozborů vzorků podzemních vod. Analýza chemismu podzemní vody byla zaměřena na posouzení trendů kontaminantů

a dalších parametrů s koncentracemi přesahujícími 75% limitu pro pitné vody (vyhláška č. 252/2004 Sb.), minimálně však posoudit nitráty, pesticidy, fluoridy, chloridy a organické látky (především ropné látky). Cílem analýzy chemismu podzemní vody bylo zhodnotit vliv OPVZ2 na jakost vody a navrhnout případná zlepšení.

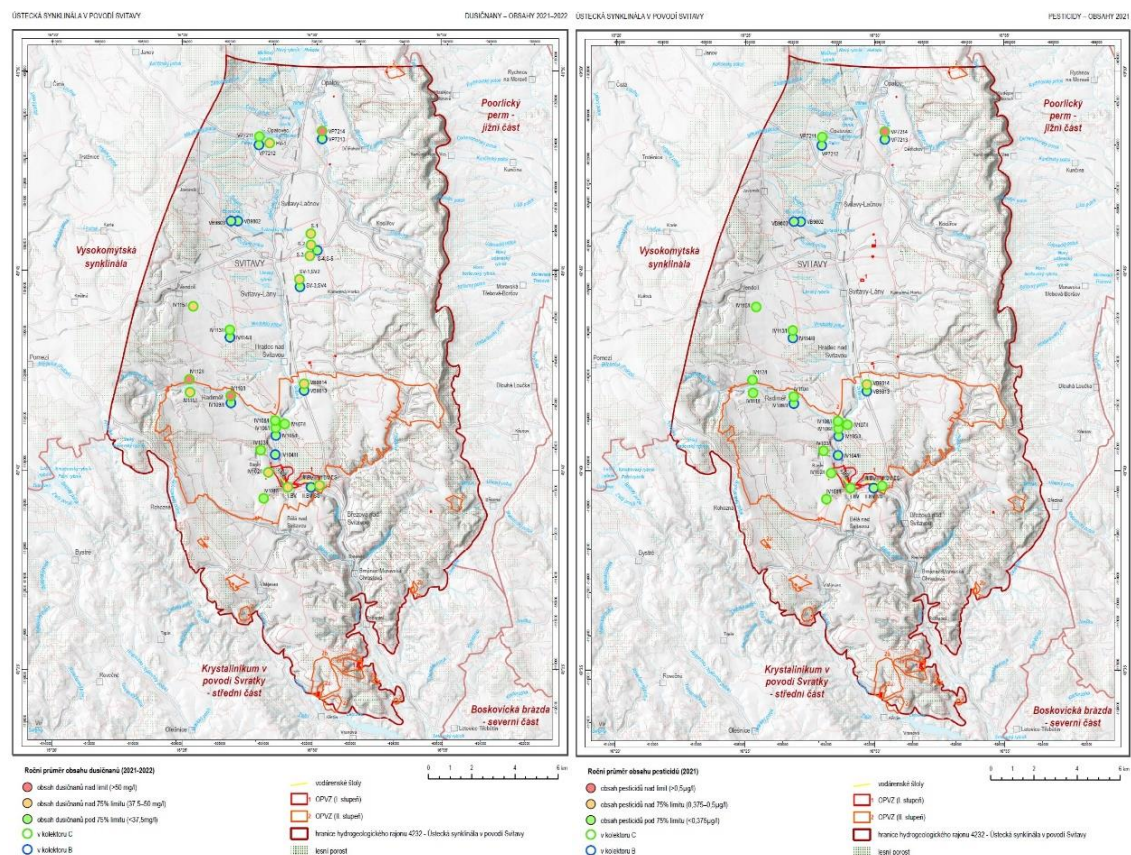
Jako podklad pro analýzu byly použity výsledky analýz jímané vody ve zdroji Březová - BVK (3 objekty) a zdrojů pro Skupinový vodovod Svitavy (9 objektů). Dále byla využita data ze systému indikačních vrtů BVK (15 vrtů), monitorovacích vrtů ČHMÚ (8 vrtů) a výsledky analýz z vrtů realizovaných Českou geologickou službou v rámci projektu Rebilance podzemních vod (3 vrtů).

Z výsledků hodnocení vyplynulo, že organické látky, stejně tak i látky ropného původu (C_{10} - C_{40}), nejsou v exploatovaných kolektorech problémem a jejich stanovování lze výrazně omezit.

Fluoridy byly zjištěny v nadlimitních koncentracích pouze ve vrtu IV114 (kolektor B), přičemž trend je vzestupný. Zvýšení obsahu fluoridů může souviset se zvýšením přítoku podzemních vod z podložního krystalinika. Antropogenní vliv se nepředpokládá.

Chloridy byly v koncentraci nad 75 % limitu zjištěny pouze ve vrtu IV107 (kolektor C) s mírně vzestupným trendem. V roce 2021 a 2022 došlo k poklesu obsahu chloridů v podzemní vodě. Příčinou by mohlo být zachycení kontaminačního mraku chloridů související se zimní údržbou komunikací.

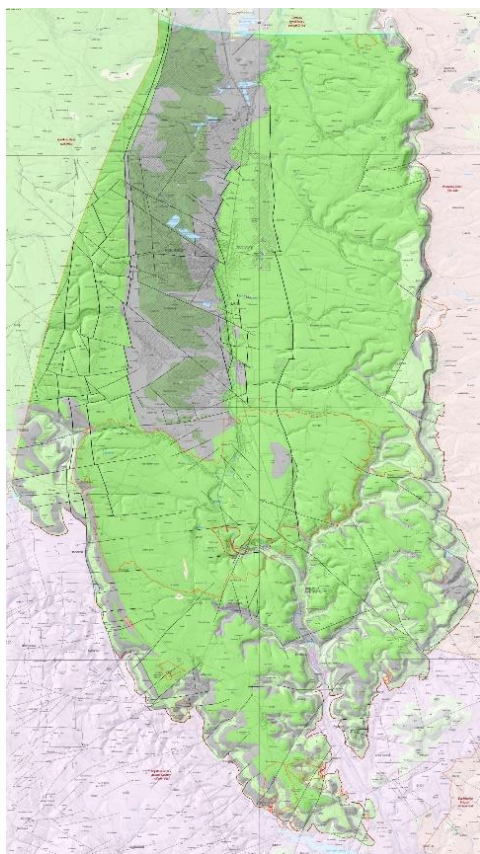
Dusičnaný je podzemní voda v kolektoru C kontaminována v celém objemu zvodně; téměř limitní obsah dusičnanů je zásadním problémem z hlediska kvality podzemní vody užívané jako vody pitné v tomto kolektoru. Obsah dusičnanů se pohybuje v rozmezí 40 až 50 mg/l. K prudkému nárůstu došlo po roce 1993-97. Od roku 2008 došlo k zastavení nárůstu, nicméně ani po vyhlášení nového rozsahu OPVZ2 nenastal pokles, došlo prakticky ke stagnaci, poklesový trend je jen velmi mírný. Jako příčinu vysokých obsahů dusičnanů v podzemní vodě lze jednoznačně identifikovat zemědělství. V kolektoru B jsou obsahy dusičnanů v podzemní vodě významně nižší; stanovovány jsou koncentrace 10 až 15 mg/l. V celé zvodni je možné trend označit za setrvalý.



Pesticidy a jejich metabolity byly v nadlimitních koncentracích (suma nad 0,5 µg/l) stanovovány pouze ve třech vrtech. Nejvyšší hodnoty jsou dlouhodobě stanovovány ve vrtu VP7214, kde jsou analyzovány i velmi vysoké obsahy dusičnanů (nad 80 mg/l). Ve vrtu byly v nadlimitní koncentraci 0,1 µg/l analyzovány alachlor ESA, metalochlor ESA, chloridazon desfenyl, dimetachlor CGA. Jde o metabolity primárních pesticidů. Podlimitně je v podzemní vodě z primárních látek zjišťován atrazin.

Pesticidy je zasažen hydrogeologický kolektor C, v současnosti nejde o zasažení celého objemu zvodně. V kolektoru B nebyly pesticidy zjištěny.

Etapu II – Ověření, upřesnění a nové vymezení rozsahu hydrogeologických hranic všech kolektorů a izolátorů Ústecké synklinály v povodí Svitavy



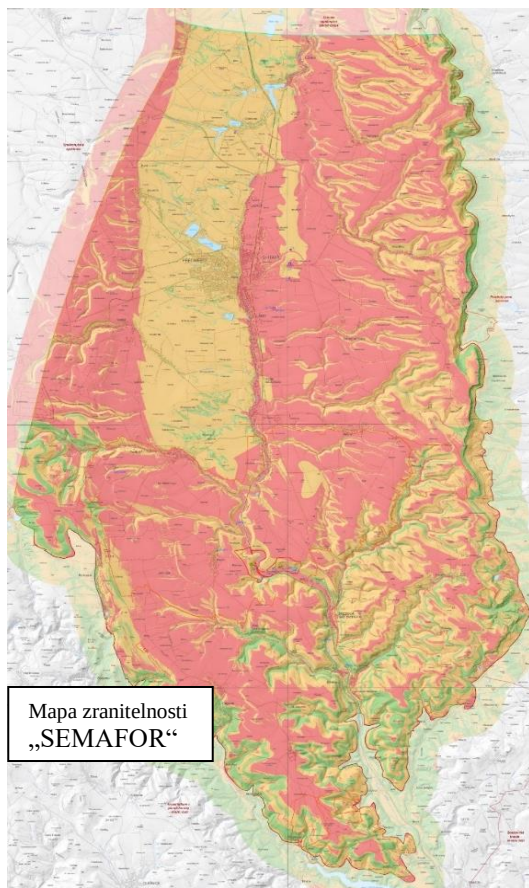
Hydrogeologický rajon (HGR) 4232 byl interpretován jako brachysynklinální uzávěr Ústecké synklinály, který je protiklonně proříznut tokem řeky Svitavy a byl přirozeně drénován přelivnými prameny u Březové nad Svitavou. Ty byly už na počátku 20. století podchyceny pro zásobování města Brna pitnou vodou. HGR 4232 je orientovaný ve směru S–J. Jeho šířka v S části dosahuje zhruba 7 km, směrem ke středu se ale rozšiřuje až na 16 km v okolí Radiměře; J část hydrogeologického rajonu je trychtýřovitého tvaru. Severní omezení HGR je dáno rozvodnicí podzemní vody mezi proudovým systémem drénovaným do Orlice (Ústecká synklinála v povodí Orlice) a proudovým systémem drénovaným do Svitavy, která je v čase kvazistabilní. Její poloha se v jednotlivých kolektorech mění podle aktuálního piezometrického stavu podzemních vod. Výše uvedený čtyřkolektorový sled tvoří bazální křídový kolektor A v perucko-korycanském souvrství, který je vodo hospodářsky nevýznamný pro omezení oběh a kvalitu podzemní vody. Naopak kolektory B a C vyvinuté ve svrchních částech bělohorského a jizerského souvrství ve facii prachovců a pískovců s puklinovou

porozitou jsou dost silně až silně propustné, s vysokou transmisivitou a intenzivním oběhem podzemní vody. Sedimentaci březenského souvrství u Svitav završuje písčité delta – kolektor D. Níže položené zvodně pod kolektorem C jsou doplňovány na výchozech kolektorů především ve východním křídle synklinály.

V rámci realizovaných prací byl nově definován charakter slínovců Ca/Cb, které byly v minulosti pokládány za hydrogeologický izolátor. Nově jsou plochy slínovců vystupující napovrch definovány jako hydrogeologický kolektor. Oběh podzemní vody v kolektorech je oddělený, s výjimkou tektonických poruch, které mohou kolektory lokálně propojovat. V oblastech zlomových struktur byly dále zjištěny projevy krasování, což bylo promítnuto do kategorie zvýšené zranitelnosti.

Dotace influkcí ze Svitavy je omezena vlivem uložení jejího toku do betonového koryta. Pro kvartérní pokryv hydrogeologických kolektorů C bylo provedeno zhodnocení hydrogeologické charakteristiky a vyčleněny sedimenty, které mají z hlediska tvorby podzemních vod odlišnou funkci než podložní křídové sedimenty (spraše a jíly).

Cílem této etapy bylo upřesnit rozsah hranic všech hydrogeologických kolektorů a izolátorů, tedy kolektory - A, B, C, D a izolátory A/B, B/C, C/D. Zpřesnění rozsahu a hranice bylo zpracováno do mapy v měřítku 1 : 25 000. Na tomto základě byly vymezeny plochy rozhodné pro tvorbu podzemních vod (plochy s vysokým potenciálem infiltrace srážkových vod). Infiltrace srážek je ovlivněna především vegetací, sklonem terénu, charakterem půd a charakterem horninového prostředí. Pro identifikaci ploch rozhodných pro tvorbu podzemní vody byly tedy vyhodnoceny hydrogeologické a morfologické poměry.



Následně byl hodnocen význam jednotlivých ploch z hlediska zranitelnosti podzemní vody - kategorizace ploch. Hodnocené parametry byly následující:

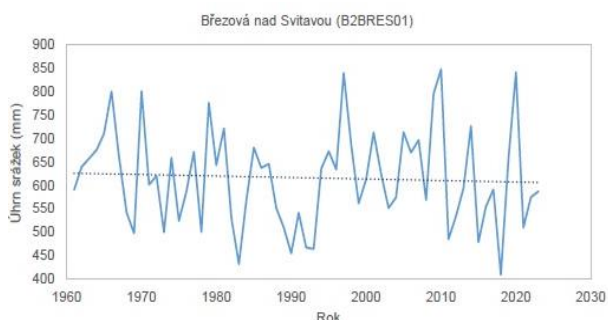
- hydrogeologický kolektor/ izolátor, (plochy izolátoru Ca/Cb v místech, kde vystupuje na povrch, uvažován jako puklinově propustný hydrogeologický kolektor);
- existence doložených tektonických zón, v jejichž okolí dochází k intenzivní infiltraci srážkové vody;
- sklon terénu – plochý reliéf umožňuje intenzivnější vsakování srážkové vody;
- charakter výplně bezvodých údolí („zmol“), přičemž písčité výplně nad hydrogeologickým kolektorem umožňují infiltraci srážek i vod soustředěného odtoku, který vzniká při překročení infiltrační kapacity krajiny;
- přítomnost nadložního kvartérního hydrogeologického izolátoru (spraší), které významně omezují infiltraci srážek do podložní horniny.

Po sečtení vah s různou mírou zranitelnosti podzemních vod bylo území HGR zjednodušeno a rozčleněno do tří tříd a barevně zobrazeno jako „semafor“.

Etapu III – Analýza rizik ohrožení jakosti, vydatnosti nebo zdravotní nezávadnost podzemních vod v Hydrogeologickém rajonu 4232 Ústecká synklinála pro kolektory B a C

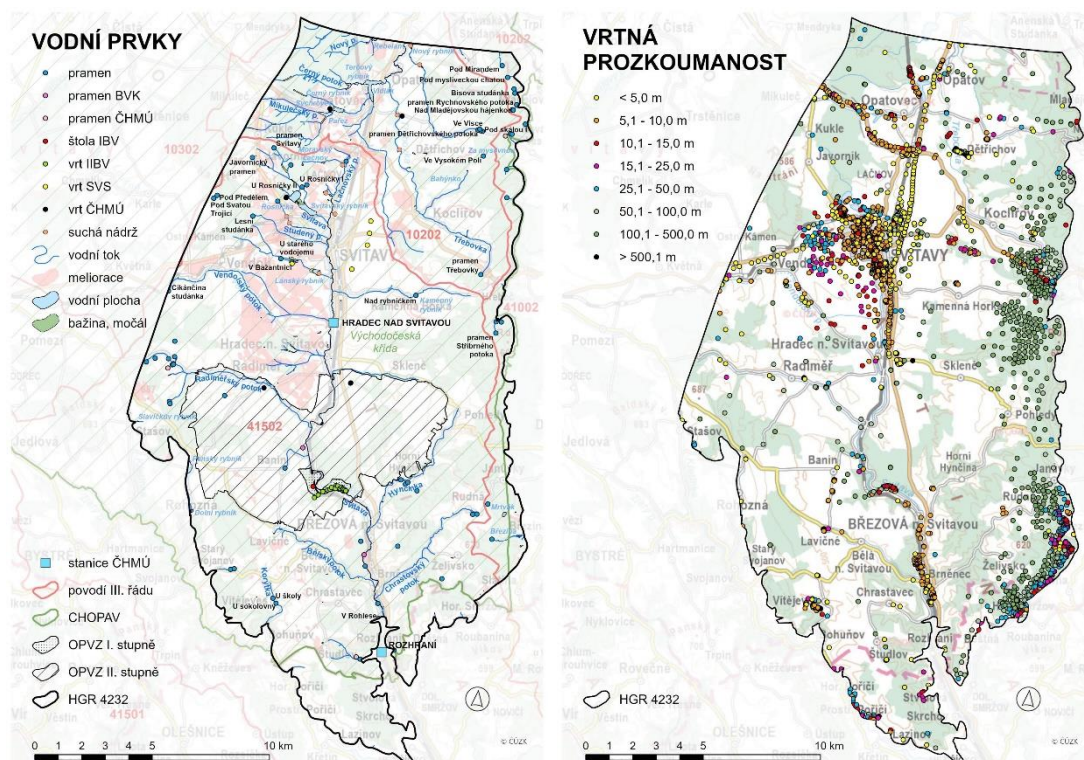
Analýza byla obecně zaměřena na:

- 1) ohrožení vodního zdroje suchem;
- 2) vývoj „land-use“ a snižování infiltračních ploch;
- 3) občasné a drobné toky, drenážní vody;
- 4) vrtné práce a jejich dopady;
- 5) ohrožení antropogenní činností



Stěžejním bodem práce bylo zajištění a zpracování dostupných mapových a databázových podkladů pomocí nástrojů GIS do mapových výstupů. Mapy byly zpracovány pro celé území hydrogeologického rajonu HGR. Mapové kompozice přináší přehled o rozložení různých sledovaných jevů. Díky tomu lze relativně dobře odhalit různé vazby jak uvnitř jednotlivých jevů, tak i mezi nimi, což je pro komplexní zhodnocení důležité.

Prezentovat všechny mapy není v tomto formátu možné, některé budou součástí prezentace, proto jsme se omezili jen na příklady a tabulkové vyjádření rozsahu některých posuzovaných kategorií.



Vodní prvky: Páteřním tokem území je řeka Svitava, která v severní části HGR pramení, respektive skoro celý HGR je zdrojnicí vod pro tuto řeku. V suchých letech bývá však tok až k městu Hradec nad Svitavou skoro bez vody, někdy se nadneseně hovoří o „pramenu řeky Svitavu na výsti ČOV Hradec nad Svitavou“, která čistí odpadní vody ze sídel Svitavy, Hradec n/S a Radiměř. Přítoky jsou vesměs po většinu roku suché a povrchová voda proudí v údolnicích jen při příválových deštích. V území je velmi málo vodních ploch, které jsou ve většině situovány v okolí města Svitavy.

Využití území: vývoj „land-use“ neprokázal výrazné snížení infiltrační plochy, dochází k mírnému nárůstu zastavěné plochy a TTP v řádu desetin procenta za 20 let, tento nárůst je kompenzován snížením zemědělských ploch.

Využití území	HGR
Zástavba	5,52%
Zemědělská plocha	52,72%
Trvalý travní porost	6,88%
Les	34,60%
Vodní plocha	0,17%
Jiné	0,11%

Dále byly posuzovány např. kategorie vrtná prozkoumanost, chráněná území, obyvatelstvo a vybavenost sídel (vodovodní a kanalizační síť, elektrická síť, produktovody, dopravní síť, skládky), průmysl (včetně těžby) a zemědělské hospodaření (meliorace) a samozřejmě také hydrogeologické podmínky.

Dopravní síť	HGR
Železnice	43,75 km
Železniční stanice	14
Silnice 1. třídy	56,05 km
Silnice 2. třídy	42,81 km
Silnice 3. třídy	109,87 km
Silnice ostatní	8,06 km
Cesta (polní, lesní)	1 816,78 km
Pěšina	19,62 km
Silnice ve výstavbě	16,17 km
Silnice plánované	13,58 km
Čerpací stanice	15

Posouzení ročního sledování per a polyfluorovaných alkylových sloučenin v pitné vodě vodovodů pro veřejnou potřebu provozovaných VAS, a.s.

Ing. Zdeňka Jedličková

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

PFAS jsou systematicky vyráběné sloučeniny, které téměř nepodléhají rozkladu. Vyznačují se vysokou stabilitou a odolností vůči degradaci, což je činí perzistentními. Mohou být rizikové pro zdraví lidí i zvířat, jelikož jsou přítomny kolem nás – „v životním prostředí“.

Dne 12.1.2026 bude suma dvaceti PFAS s nejvyšší mezní hodnotou 0,10 µg/l součástí úplného rozboru pitné vody, a to na základě vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů. Od 4.1.2024 je výše uvedenou vyhláškou stanovena směrná hodnota 0,01 µg/l pro sumu PFOA, PFNA, PFHxS a PFOS.

Zkratka PFAS popisuje polymerní i nepolymerní plně (per-) i částečně (poly-) fluoralkylované sloučeniny. PFASy se používají pro jejich unikátní vlastnosti jakými jsou vysoká tepelná a chemická stabilita, kterou zajišťují vysoce stabilní vazby mezi uhlíkem a fluorem. Jedná se o molekuly, které jsou velmi odolné vůči chemickému, tepelnému a biologickému rozkladu. Vysoká stabilita je v průmyslových a spotřebitelských produktech žádoucí, ale pro životní prostředí, do kterého se PFAS dostávají, je velkým rizikem.

V současné době jsou PFASy nejvíce používány při pokovování předmětů, při výrobě polovodičů, jako aditiva do hasících pěn a hydraulických tekutin a ve fotografickém průmyslu. PFAS se také mohou nacházet v nádobí – teflon, nátěrových hmotách, čistících prostředcích, ve vodě odpuzujících oděvech a obuvi (Gore-tex), kosmetice, obalových materiálech pro potraviny (obaly a nádoby pro fast-food provozy) nebo v přípravcích na ošetření rostlin atd.

Ke kontaminaci povrchových vod PFASy dochází především vypouštěním odpadních vod z průmyslových a komunálních čistíren odpadních vod (ČOV). Uvádí se, že největší koncentrace PFAS lze nalézt v odpadních vodách vypouštěných např. ze závodů na výrobu hasebních směsí, z textilních závodů, ale i z nemocnic a kovozpracujícího průmyslu. Ke kontaminaci podzemních vod může docházet transportem PFAS ze skládek, na kterých je uložen např. impregnovaný textil, podlahové krytiny, obalové papírové materiály, aplikací postřiků na ochranu rostlin, průsakem kontaminovaných povrchových vod do vod podzemních atd.

Stálost, odolnost a s ní spojená všudypřítomnost PFAS ve složkách životního prostředí aktuálně vyvolává v mnoha zemích světa značné znepokojení, a to z důvodu možných negativních účinků PFAS na lidské zdraví. PFAS byly zjištěny v játrech, plicích, spermatu a ledvinách, ale také v tukové tkáni a v mozku. Do lidského organismu se dostávají především cestou orální (voda, potrava), ale je pravděpodobná i cesta inhalační a transdermální.

Z výše uvedených důvodů jsou zaváděny legislativní limity pro PFAS a je prováděna regulace v používání PFAS (např. v roce 2020 zakázalo Dánsko PFAS v obalech, které přicházejí do styku s potravinami, na řadě by mělo být oblečení a obuv).

S účinností od 4.1.2024 byl do vyhlášky č. 252/2004 Sb. v platném znění, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody zařazen nový ukazatel sumy čtyř PFAS - PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS se směrnou hodnotou 0,01 µg/l. Směrná hodnota (dále i SH) je nově zavedený pojem, jedná se o indikační hodnotu iniciující hodnocení a řízení zdravotních rizik. Na tyto čtyři látky upozornil Evropský úřad pro bezpečnost potravin z důvodu nebezpečnosti pro zdraví.

Dále byl do tabulky B bodu 2. přílohy č. 5 vyhlášky č. 252/2004 Sb., v platném znění zařazen ukazatel sumy dvaceti konkrétních per- a polyfluorovaných alkylových sloučenin. Pro tento limit není v platném znění vyhlášky stanoven limit. Nejvyšší mezní hodnota (dále NMH) 0,10 µg/l pro sumu PFAS bude platit od 12.2.2026, jak vyplývá z budoucího znění uvedené vyhlášky. Z vyjádření MZd ČR vyplývá, že roky 2024, 2025 mají být roky screeningovými, aby provozovatelem vodovodu pro veřejnou potřebu bylo ověřeno, že v dodávané pitné vodě nebude překračována NMH sumy PFAS.

Tab. č. 1 Výčet 20-ti PFAS uvedených ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., v platném znění:

Per- a polyfluorované alkylové sloučeniny považované v pitné vodě za rizikové	
Perfluoralkylkarboxylové kyseliny (PFCAs)	Perfluoralkylsulfonové kyseliny (PFSA)
perfluorobutanová kyselina (PFBA)	perfluorobutansulfonová kyselina (PFBS)
perfluoropentanová kyselina (PFPA)	perfluoropentansulfonová kyselina (PFPS)
perfluorohexanová kyselina (PFHxA)	perfluorohexansulfonová kyselina (PFHxS)
perfluoroheptanová kyselina (PFHpA)	perfluoroheptansulfonová kyselina (PFHpS)
perfluoroktanová kyselina (PFOA)	perfluoroktansulfonová kyselina (PFOS)
perfluorononanová kyselina (PFNA)	perfluorononansulfonová kyselina (PFNS)
perfluorodekanová kyselina (PFDA)	perfluorodekansulfonová kyselina (PFDS)
perfluoroundekanová kyselina (PFUnDA)	perfluoroundekansulfonová kyselina (PFUnDS)
perfluorododekanová kyselina (PFDoDA)	perfluorododekansulfonová kyselina (PFDoDS)
perfluorotridekanová kyselina (PFTTrDA)	perfluorotridekansulfonová kyselina (PFTTrDS)

V roce 2024 VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s. zahájila monitoring PFAS v pitné vodě. Stanovení sumy PFAS provádí laboratoř Povodí Moravy, která v březnu 2024, pro toto stanovení, získala akreditaci.

Na konci roku 2024 bylo vyhodnoceno 165 odběrů, převážná část odběrů byla provedena u spotřebitelů pitné vody.

Posouzení stanovení PFAS v pitné vodě je rozděleno do tří bloků, do vyhodnocení nebyly zařazeny výsledky stanovení PFAS v přebírané vodě od jiných společností:

- Stanovení PFAS v pitné vodě vyrobené z vody podzemní, jejíž jímací objekty (vrty, studny, zářezy, pramenní jímky) se nenacházejí podél vodních toků nebo nejsou ovlivněné vodou z povrchového toku.
- Stanovení PFAS v pitné vodě vyrobené z vody podzemní, která je prokazatelně ovlivněná povrchovým tokem.
- Stanovení PFAS v pitné vodě vyrobené z vody povrchové. Zdrojem surové vody je pět vodárenských nádrží a jedna víceúčelová nádrž.

a) Pitná voda vyrobená z vody podzemní, neovlivněné vodním tokem

Ze 109 vzorků pitné vody (vzorek = zásobovaná oblast) bylo 98 vzorků pod mezí stanovitelnosti sledovaných PFAS.

K překročení meze stanovitelnosti došlo u PFNA v osmi vzorcích, PFOA u dvou vzorků, po jednom překročení došlo u PFBA, PFHxA, PFHpA a PFDoDA. Z perfluorovaných sulfonových kyselin došlo ve dvou případech k překročení PFOS a jedenkrát byla překročena PFHxS. Maximální hodnota PFAS sumy ze 109 odběrných míst různých zásobovacích oblastí byla 3,022 ng/l, průměrná 0,05 ng/l (NMH 100 ng/l), maximální hodnota PFNA, PFOA, PFOS, PFHxS sumy 1,392 ng/l, průměrná 0,0234 ng/l (SH 10 ng/l). Uvedené maximální hodnoty ovlivňuje jeden vzorek pitné vody, kde zdrojem surové vody jsou mimo jiné pramenní jímky nacházející se v blízkosti silnice.

Tab. č. 2 PFAS nad mezí stanovitelnosti v pitné vodě vyrobené z vody podzemní, neovlivněné vodním tokem

celkový počet vzorků 109	PFNA	PFOA	PFBA	PFHxA	PFHpA	PFDoDA	PFOS	PFHxS	PFAS suma	suma 4 PFAS
limit									100 ng/l	10 ng/l
počet vzorků s překročením hodnoty MS	8	2	1	1	1	1	2	1	11	10
max. hodnoty v ng/l ze všech vzorků vody	0,162	1,23	1,19	1,16	0,47	0,067	0,312	0,34	3,022	1,392
prům. hodnoty v ng/l ze všech vzorků vody	0,0486	0,721	1,19	1,16	0,47	0,067	0,203	0,34	0,05012	0,0234

b) Pitná voda vyrobená z vody podzemní, ovlivněné povrchovým tokem.

Ze tří odběrných míst byly ve všech vzorcích vody stanoveny nad mezí stanovitelnosti z perfluorkarboxylových kyselin – PFBA, PFNA, z perfluoralkylsulfonových kyselin – PFOS. Zdrojem surové vody vzorků I a IIb jsou jímací objekty (dále JO) nacházející se v blízkosti břehové čáry vodních toků. Zdroji vody vzorku IIa jsou JO rozptýlené v různé vzdálenosti od vodního toku, z hydrogeologických poměrů jsou využitelné dvě zvodně. Kvalita podzemní vody u vzorků pitné vody IIa, IIb je ovlivněna totožným povrchovým tokem. Podzemní zdroj pro zásobovací oblast I je ovlivněn povrchovou vodou z toku zásobující nádrže pro zásobovací oblasti E, F (viz níže – pitná voda vyrobená z vody povrchové). Koncentrace konkrétních PFAS nad mezí stanovitelnosti, suma PFAS a suma PFNA, PFOA, PFOS, PFHxS jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. č. 3 PFAS nad mezí stanovitelnosti v pitné vodě vyrobené z vody podzemní, ovlivněné vodním tokem

	PFBA	PFOA	PFNA	PFDA	PFBS	PFOS	PFAS suma	suma 4 PFAS
	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
I	2,05	0,269	0,172	0,098		0,780	3,369	1,221
IIa	1,50	0,214	0,109			0,130	1,953	0,453
IIb	1,69		0,142	0,053	1,01	0,255	3,15	0,397

c) Pitná voda vyrobená z vody povrchové

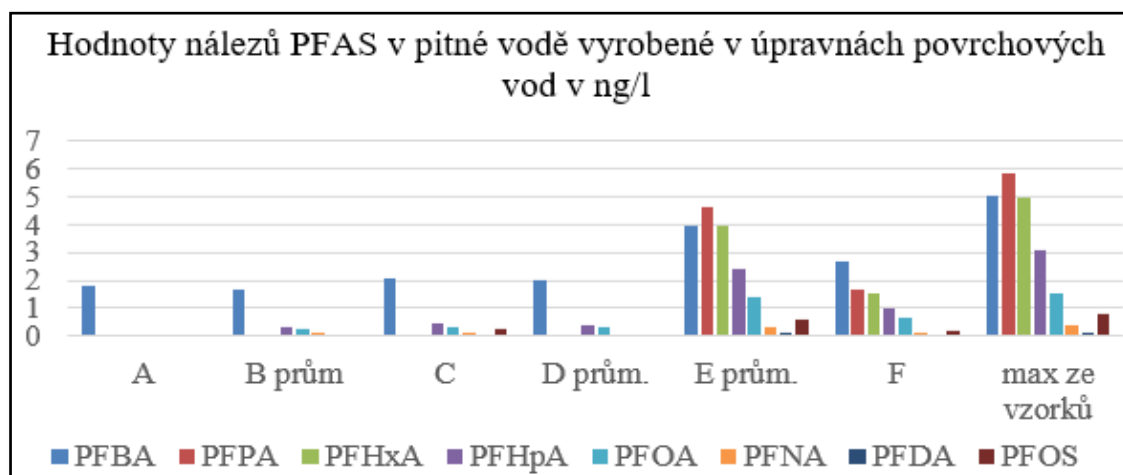
V pitné vodě vyrobené na šesti úpravnách povrchových vod byly nad mezí stanovitelnosti především PFBA, PFNA, následovaly PFHpA, PFOA, pak PFOS, a s nejnižší četností stanovení PFPA, PFHxA a PFDA. Ostatní PFAS byly pod mezí stanovitelnosti.

Maximální hodnota PFAS suma ze šesti zásobovacích oblastí byla 21,359 ng/l, min. 0,65 ng/l (NMH 100 ng/l), maximální stanovená hodnota PFNA, PFOA, PFOS, PFHxS suma byla 2,671 ng/l, minimální 0,046 ng/l (SM10 ng/l).

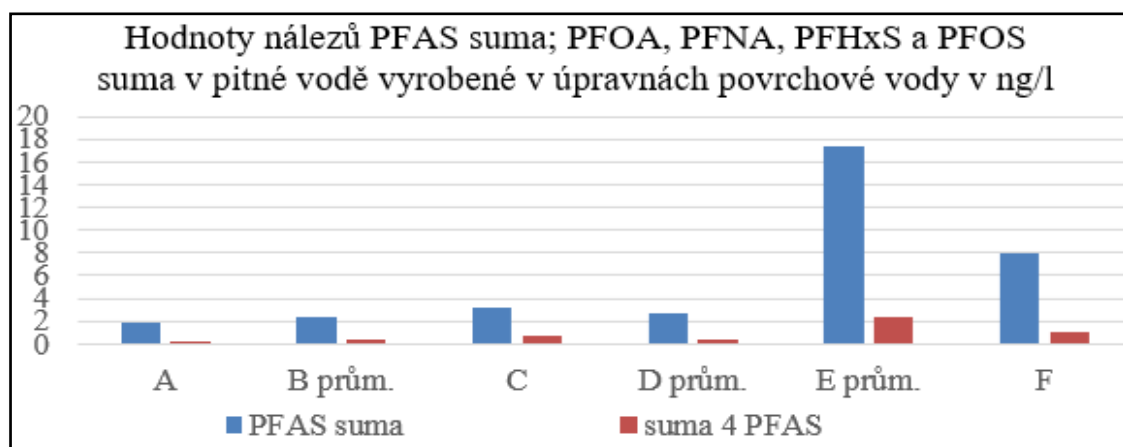
Tab. č. 4 Porovnání hodnot PFAS sumy a PFNA, PFOA, PFOS, PFHxS sumy v pitné vodě vyrobené na šesti úpravkách povrchové vody

zásob. oblast z ÚV	PFAS suma (ng/l)	suma 4 PFAS (ng/l)
A	1,876	0,046
B prům.	2,42	0,39
C	3,119	0,639
D prům.	2,764	0,363
E prům.	17,369	2,31
F	7,939	0,969
max. ze vzorků	21,359	2,671
min. ze vzorků	0,65	0,046

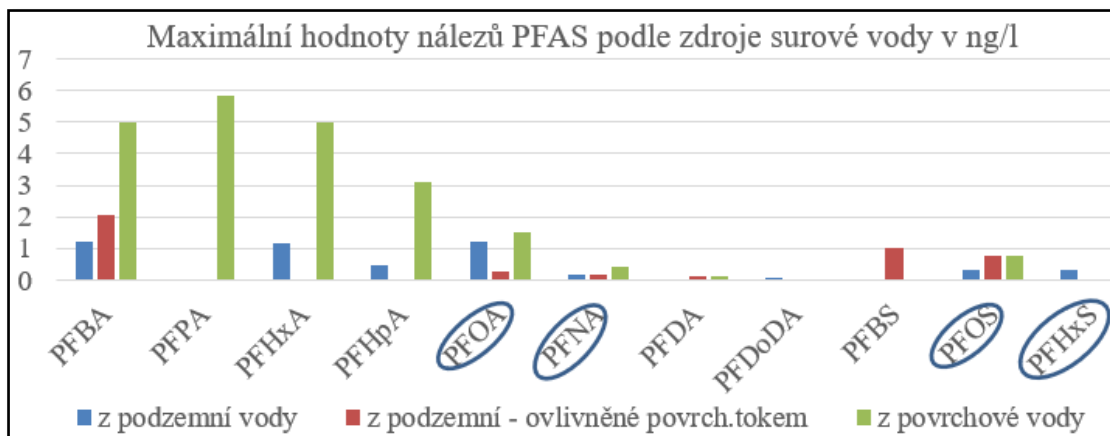
Graf č. 1 Porovnání PFAS v pitné vodě vyrobené v úpravkách povrchové vody



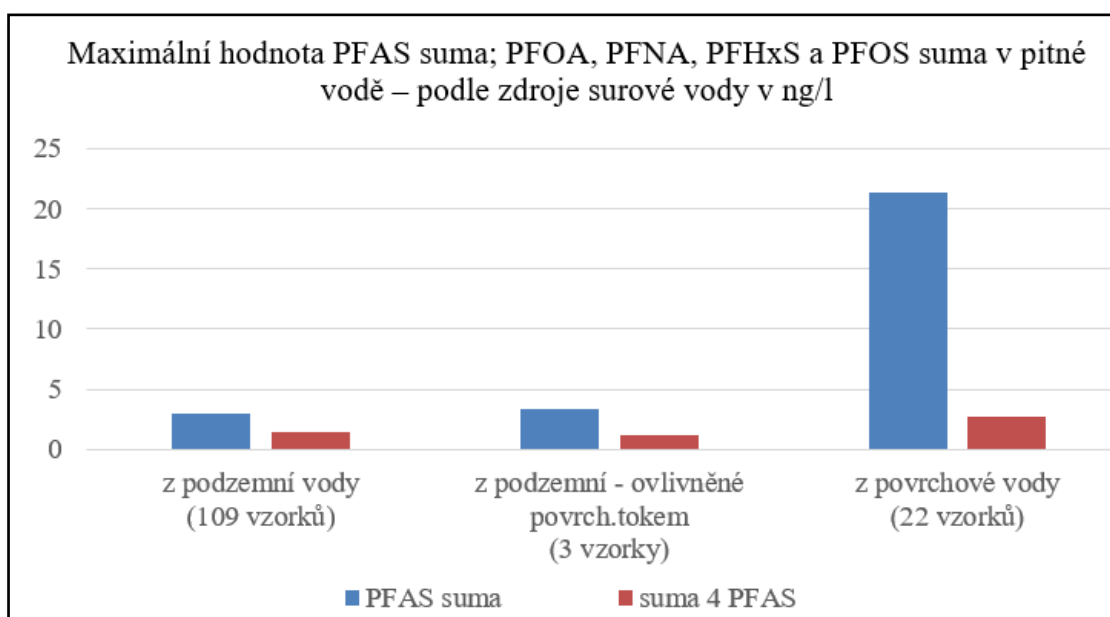
Graf č. 2 Hodnoty nálezů sum PFAS v pitné vodě vyrobené v úpravkách povrchové vody



Graf č. 3 Porovnání výsledků (maximálních hodnot PFAS) v pitné vodě podle zdroje surové vody



Graf č. 4 Porovnání max. hodnot PFAS suma; PFNA, PFOA, PFOS a PFHxS suma v pitné vodě



Závěr

Ze všech vzorků pitné vody byl záchyt jednotlivých PFAS nad mezí stanovitelnosti, ze sledovaných dvaceti PFAS, u jedenácti látek. Dominují perfluorkarboxylové kyseliny – PFBA, PFOA, PFNA a jedna perfluorovaná sulfonová kyselina - PFOS.

V pitné vodě vyrobené z vody podzemní, neovlivněné povrchovým tokem, bylo ze 109 vzorků nad mezí stanovitelnosti analyzováno osm látek, nejčastěji (8x) byla zachycena látka PFNA. U ukazatele PFAS suma bylo maximálně dosaženo cca 3% NMH, prům. 0,05% NMH; u PFNA, PFOA, PFOS a PFHxS sumy max. cca 14% SM, prům. 0,2% SM. Maximální hodnoty ovlivnil jeden vzorek pitné vody.

V pitné vodě vyrobené z vody povrchové byly nejčastěji analyzovány látky: PFBA, PFHpA, PFOA, PFNA. Na úpravných vod, na kterých není součástí technologické linky ozonizace byly zachyceny i látky PFPA, PFHxA. Největší množství ze sledovaných PFAS a nejvyšší koncentrace konkrétních PFAS byly stanoveny v pitné vodě vyrobené z povrchové vody víceúčelové nádrže, dále následovala pitná voda vyrobená z povrchové vody vodárenské nádrže nacházející se po proudu na téže toku. Nižší počet látek PFAS nad mezí stanovitelnosti a nižší koncentrace PFAS

vykazovala pitná voda vyrobená na dalších čtyřech ÚV. Tyto ÚV disponují kromě filtrů s GAU i ozonizací. U ukazatele PFAS suma bylo maximálně dosaženo cca 21,4 % NMH; u PFNA, PFOA, PFOS a PFHxS suma cca 26,7 % směrné hodnoty.

V současné době bohužel nemůžeme porovnat kvalitu povrchové vody ani účinnost úpraven vod v ukazateli suma PFAS, jelikož ze všech nádrží nemáme výsledky surové vody v ukazateli PFAS suma.

V pitné vodě vyrobené z vody podzemní, ovlivněné povrchovým tokem, byla analyzována nejvyšší kontaminace PFAS v zásobovací oblasti, jejíž zdroj surové vody je ovlivněn povrchovou vodou protékající nádržemi, ze kterých je vyráběna pitná voda pro zásobovací oblasti E, F. Max. hodnota PFAS sumy dosáhla cca 3,4% NMH; max. PFNA, PFOA, PFOS a PFHxS suma cca 12% SM.

Výsledky monitoringu výskytu PFAS v pitné vodě dodávané spotřebitelům VODÁRENSKOU AKCIOVOU SPOLEČNOSTÍ, a.s. prozatím ukázaly, že stanovené koncentrace PFAS suma a PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS suma jsou poměrně příznivé, jelikož všechny nálezy byly pod 30-ti procenty nejvyšší mezní hodnoty i směrné hodnoty.

Literatura

- 1) Provozní evidence VAS, a.s.
- 2) Vyhláška č. 252/2004 Sb., v platném a budoucím znění
- 3) Článek z Hospodářských novin - Kolik věčných chemikálií vypijeme ve vodě? Nově to bude testovat státní laboratoř
- 4) Možnosti ohlašování per- a polyfluorovaných látek (PFAS) do IRZ, Univerzita Pardubice, rok 2021

Inovativní řešení problematiky pesticidů ve vodních zdrojích

Ing. Zuzana Bílková, Ph.D.

Ing. Alice Vagenknechtová, Ph.D.; Mgr. Daniela Tomešová;

Ing. Blanka Beňová, Ph.D.; Michaela Landová

Projektové oddělení, ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9

Úvod

V důsledku zemědělského hospodaření dochází ke kontaminaci nejen půdy, ale také povrchových i podzemních vod. V České republice se spotřebu pesticidů daří dlouhodobě snižovat – od roku 2009 klesla na zemědělské půdě spotřeba účinných pesticidních látek obsažených v přípravcích na ochranu rostlin (POR) o cca třetinu, a to na hodnotu 3,2 tis. t [1]. Přesto u nás pesticidy stále představují nejčastější příčinu povolování výjimek z hygienického limitu pro pitnou vodu [2]. V roce 2023 byla tato výjimka udělena celkem 96 zásobovaným oblastem, přičemž u 56 z nich byly příčinou udělení právě pesticidní látky. Ke zlepšení této nepříznivé situace by mohly přispět pasivní, snadno udržovatelné a nízkonákladové *in-situ* denitrifikační štěpkové bioreaktory, které jsou již v některých zemích (např. v USA) s úspěchem používány k odstraňování jiného typu zemědělského znečištění, a sice dusičnanů, a to přímo v místě jeho vzniku, a zabraňují tak jeho dalšímu šíření do životního prostředí.

Denitrifikační štěpkové bioreaktory

Denitrifikační bioreaktory představují účinný nástroj pro odstraňování dusičnanů z vod odtékajících ze zemědělsky obhospodařovaných ploch [3]. Jedná se o *in situ* technologii, která využívá kontejnerový systém naplněný vhodným organickým materiálem. Náplň bioreaktoru je dlouhodobým zdrojem biodostupného organického uhlíku a podporuje tak heterotrofní denitrifikaci, přeměňující dusičnany na plynný dusík. Tato její funkce je založena na třech klíčových aspektech: biodostupný organický uhlík uvolňovaný z náplňového materiálu zajišťuje anoxické prostředí, je donorem elektronů při denitrifikačním procesu a slouží jako substrát pro růst mikroorganismů [4].

Organická náplň bioreaktoru je jedním z nejdůležitějších faktorů majících vliv na denitrifikační proces. Nejčastěji se používá dřevo ve formě štěpky nebo pilin [4]. Tento materiál poskytuje po dlouhou dobu konstantní rychlost odstraňování dusičnanů [5], vykazuje vhodný poměr C:N, který vede k nižšímu vyluhování dusíkatých látek a jejich následnému uvolňování do vodního prostředí [6], udržuje si vysokou hydraulickou vodivost [7] a vyžaduje minimální údržbu [5].

Mezi další důležité faktory ovlivňující na odstraňování dusičnanů v denitrifikačních bioreaktorech patří hydraulická doba zdržení (HRT), teplota a mikrobiální osídlení [8].

Odstraňování pesticidů v denitrifikačních štěpkových bioreaktorech

Některé studie věnující se denitrifikačním štěpkovým bioreaktorům nastínily možnost jejich využití k souběžnému odstraňování jak dusičnanů (mikrobiální rozklad), tak i pesticidních látek (mikrobiální rozklad a sorpce) [9–11]. Ověřit tuto hypotézu na poloprovozním zařízení v podmínkách České republiky – to je cíl aktuálně řešeného projektu SS06020006 s názvem „Komplexní zhodnocení kontaminace půd pesticidními látkami a *in-situ* remediační opatření

k eliminaci jejich vstupu do podzemních vod“. Projekt je pod vedením ALS Czech Republic, jakožto hlavního příjemce, realizován v letech 2023 až 2025, a to v rámci Programu Prostředí pro život Technologické agentury České republiky. Dále se na řešení projektu podílí odborníci z Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně, Výzkumného ústavu monitoringu a ochrany půdy, v.v.i. (VÚMOP) a ze společnosti EPS biotechnology, s.r.o. O výsledky projektu projeví zájem jak zemědělské družstvo, tak výrobci pitné a balené vody a řada státních institucí zabývajících se kvalitou a ochranou vod.

Poloprovozní jednotka

V rámci projektu SS06020006 byla na podzim roku 2023 vybudována poloprovozní jednotka denitrifikačního štěpkového bioreaktoru (Obr. 1), a to v experimentálním povodí VÚMOPu. Lokalita se dlouhodobě potýká s kontaminací pesticidy, které ohrožují přilehlé chráněné území CHKO Moravský kras.

Obr. 1: Poloprovozní jednotka štěpkového denitrifikačního bioreaktoru určená k souběžnému odstraňování dusičnanů a pesticidů.



Základem konstrukce bioreaktoru je na zakázku vyrobená atypická válcová nádrž se specifickým vnitřním uspořádáním a objemem cca 5 m³. Nádrž je usazena cca 70 cm pod úroveň terénu, naplněna topolovou dřevní štěpkou (v množství cca 4 m³) a zaplavena vodou. Plnění nádrže štěpkou probíhalo postupně, v závislosti na nasycení štěpky vodou a jejím usazování na dně nádrže. Z důvodu odlehlosti lokality je poloprovozní jednotka zásobována elektrickou energií ze solárního panelu. Provoz bioreaktoru je sice navržen jako bezúdržbový, elektrická energie je však nezbytná pro automatické vzorkovače, čidla měřící základní fyzikální a chemické parametry a datovou stanici s dálkovým přenosem dat v reálném čase do on-line prostředí, kterými je poloprovozní jednotka vybavena. Voda je do bioreaktoru kontinuálně přiváděna z blízkého vodního toku bezúdržbovou gravitační metodou. Toto řešení si vyžádalo vybudování malé hrázky, která vzdouvá vodní hladinu toku o cca 60 cm nad stávající úroveň. Z hrázky je korytem toku vedeno cca 100 m dlouhé plastové vodovodní potrubí, které přivádí vodu přímo do bioreaktoru. Ústí potrubí je osazeno škrťacím ventilem, který umožňuje regulovat průtok vody bioreaktorem.

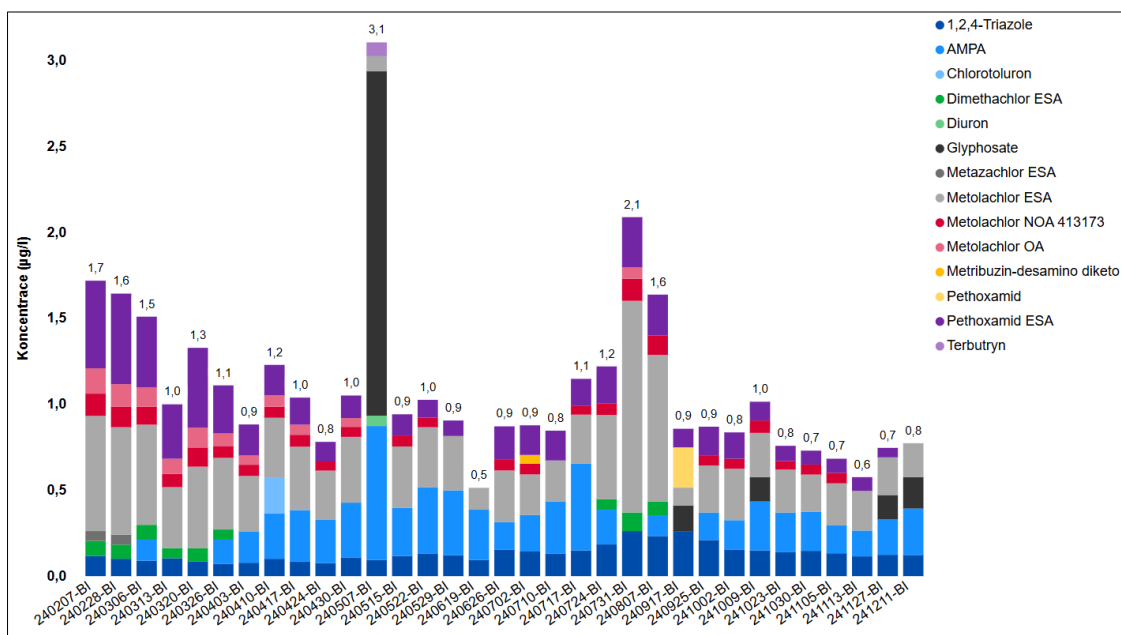
Na Obr. 2 a 3 jsou sumarizovány koncentrace pesticidů na přítoku a odtoku do/z bioreaktoru v průběhu celého roku 2024. V tomto roce bylo v bioreaktoru na přítoku a odtoku odebráno celkem 33 vzorků. Na přítoku kolísala koncentrace pesticidů v rozmezí 0,51–3,10 µg/l, na odtoku v rozmezí 0,42–1,57 µg/l. V průměru tedy došlo k poklesu koncentrace pesticidů z 1,10 µg/l na 0,79 µg/l, což odpovídá průměrné účinnosti odstranění 29 %.

Na přítoku do bioreaktoru bylo zachyceno celkem 14 pesticidních látek, z toho 5 účinných látek a 9 metabolitů. Ve všech odebraných vzorcích byly nalezeny, tj. stanoveny v koncentraci nad limitem reportování (LOR), dvě látky, a to metabolity 1,2,4-triazol a metolachlor ESA.

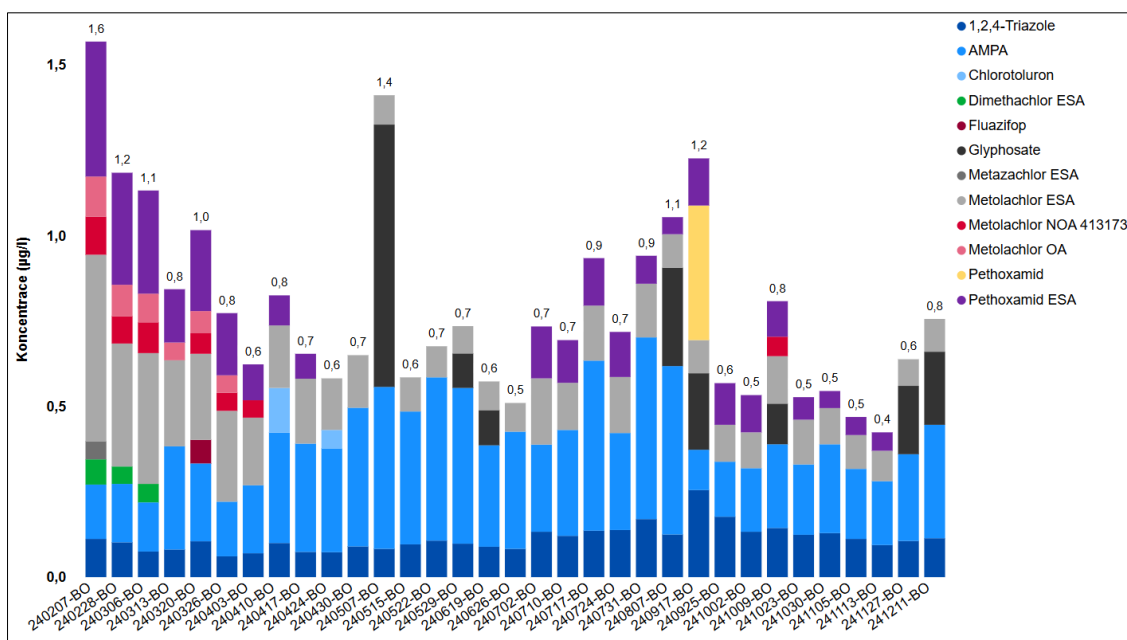
1,2,4-triazol je společným metabolitem řady azolových pesticidů [12] a v mnoha ohledech je problematický. Jeho analytické stanovení je obtížné [13], byl posouzen jako relevantní [12] a v neposlední řadě se jedná o častý kontaminant podzemních zdrojů využívaných pro výrobu pitné vody [14].

Metolachlor ESA je metabolitem účinné látky metolachlor, která patří do skupiny chloracetanilidových pesticidů, což je skupina, která byla na přítoku do bioreaktoru zastoupena zdaleka nejvíce (metolachlor ESA 33 nálezů, metolachlor NOA 413173 25 nálezů, metolachlor OA 11 nálezů, dimethachlor ESA 9 nálezů, metazachlor ESA 2 nálezy).

Obr. 2: Pesticidy na přítoku do poloproduční jednotky.



Obr. 3: Pesticidy na odtoku z poloproduční jednotky.



Závěr

V České republice představují pesticidy nejčastější důvod pro udělení výjimky z hygienického limitu pro pitnou vodu. Ke zlepšení této nepříznivé situace by mohly přispět štěpkové denitrifikační bioreaktory, které jsou pasivní, snadno udržovatelné a nízkonákladové a které jsou schopny odstraňovat znečištění přímo v místě jeho vzniku.

Poděkování

Článek vznikl v rámci projektu SS06020006 s názvem „Komplexní zhodnocení kontaminace půd pesticidními látkami a *in-situ* remediační opatření k eliminaci jejich vstupu do podzemních vod“, který je financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí ČR v rámci Programu Prostředí pro život a který je financován v rámci Národního plánu obnovy z evropského Nástroje pro oživení a odolnost.

Literatura

- [1] <https://ukzuz.gov.cz/public/portal/ukzuz>
- [2] Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2023. Státní zdravotní ústav, Praha, 2024.
- [3] Christianson, L.E. et al. (2016). Moving denitrifying bioreactors beyond proof of concept: Introduction to the special section. J. Environ. Qual. 45, pp. 757–761.
- [4] Schipper, L.A. et al. (2010). Denitrifying bioreactors – An approach for reducing nitrate loads to receiving waters. Ecol. Eng. 36, pp. 1532–1543.
- [5] Robertson, W.D. (2010). Nitrate removal rates in woodchip media of varying age. Ecol. Eng. 36, pp. 1581–1587.
- [6] Robertson, W.D. et al. (1999). Nitrogen removal from landfill leachate using an infiltration bed coupled with a denitrification barrier. Groundwater Monit. R. 19, pp. 73–80.
- [7] van Driel P.W. et al. (2006). Denitrification of agricultural drainage using wood-based reactors. T. ASABE 49, pp. 565–573.
- [8] Christianson, L.E. et al. (2012). A practice-oriented review of woodchip bioreactors for subsurface agricultural drainage. Appl. Eng. Agric. 28, pp. 861–874.
- [9] Wrightwood, O.M., Hattaway, M.E., Young, T.M., Bischel, H.N. (2022). Assessment of Woodchip Bioreactor Characteristics and Their Influences on Joint Nitrate and Pesticide Removal. ACS ES&T Water, 2(1), 106–116.
- [10] Abdi, D.E., Owen, J.S., Brindley, J.C. et al. (2020). Nutrient and pesticide remediation using a two-stage bioreactor-adsorptive system under two hydraulic retention times. Water Research, 170.
- [11] Hassanpour, B., Georhing, L.D., Klein, A.R., Giri, S., Aristidle, L., Steenhuis, T.S. (2019). Application of denitrifying bioreactors for the removal of atrazine in agricultural drainage water. Journal of Environmental Management, 239, 48–56.
- [12] Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D. and Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal 22(4), 1050–1064.
- [13] Halešová, T., Václavíková, M., Tomešová, D., Erban, T. (2021). 1,2,4-triazol: (Ne)známý relevantní metabolit ve vodách? Vodní hospodářství 2021(1), 4–7.
- [14] Kodeš, V., Hušková R. (2023). Pesticidní látky s pravděpodobným výskytem ve zdrojích vody – aktualizace z dat pro období 2020–2022. Sovak 2023(11), 20–24.

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

OBSAH



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

OBSAH

DISA PLUS s. r. o.

Kasárenská 2050 | SK - 911 05 Trenčín
+421 326 420 750 | www.disaplus.sk | info@disaplus.sk

Společnost DoDo Technik s.r.o. se stala významným hráčem na českém a slovenském trhu, kde se zaměřuje na distribuci špičkových technologických produktů v oblasti kanalizační infrastruktury. Firma získala exkluzivní zastoupení renomovaného italského výrobce kanalizačních nástaveb CAPPELLOTTO, a s tím přináší na náš trh inovativní a spolehlivá řešení. Kromě toho spolupracuje se švédským výrobcem čisticích trysek AquaTeq, poskytující moderní technologie pro účinné a ekologické čištění vodovodních a kanalizačních systémů.

Nástavby jsou vyrobeny z nerezové oceli, tím je zaručena jejich dlouhodobá životnost. Jsme schopni nabídnout jednoduché sací nástavby určené k prevozu kalů, kombinovaná vozidla nebo kanalizační nástavby s recyklací vody, vše s možností certifikace ADR nebo ATEX.



V případě zájmu nás neváhejte kontaktovat...

DoDo Technik s.r.o.,

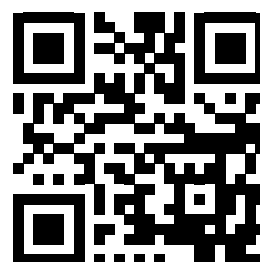
Ocelářská 1354/35, 190 00 Praha

dodo@dodotechnik.cz

+420737302007

www.dodotechnik.cz

OBSAH





Multitoleranční spojky

Synoflex

jištěné proti posunu
pro všechny druhy
potrubí



- od DN 40 až po DN 600
- možnost úhlového vychýlení
- už žádné netěsné spoje
- eliminace netěsností způsobených korozi
- výrobek lze používat opakovaně

made for generations.

OBSAH

video
Synoflex v akci





Medmes



PROJEKCE • DODÁVKY • MONTÁŽ

ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD • ÚPRAVNY VODY
ČERPAČÍ STANICE PRO PRŮMYSL OVÉ PODNIKY, OBCE A MĚSTA
VÝROBA PLASTOVÝCH NÁDRŽÍ A KOMPONENTŮ • STROJÍRENSKÁ VÝROBA
VÝROBA, PRODEJ, MONTÁŽ
DOMOVNÍCH ČISTÍREN A ČERPAČÍCH
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

OBSAH



UDRŽITELNÁ ŘEŠENÍ S RESPEKTEM K PŘÍRODĚ



ČIŠTĚNÍ VELKOPROFILOVÉ KANALIZACE, JÍMEK A ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD



ČIŠTĚNÍ VELKOPROFILOVÉ
KANALIZACE



ČIŠTĚNÍ
KANALIZACE



ČIŠTĚNÍ ODPADNÍHO
POTRUBÍ



MONITOROVÁNÍ KANALIZACE
A INŽENÝRSKÝCH SÍTÍ



PRÁCE
SACÍMI BAGRY



TLAKOVÉ ZKOUŠKY
KANALIZACE



LOKÁLNÍ OPRAVY
POTRUBÍ



KOMBINACE VOZIDEL
PŘI UZAVÍRKÁCH



FRÉZOVÁNÍ
KOŘENŮ A INKRUSTACÍ



ČIŠTĚNÍ TUKOVÝCH
LAPULŮ A ODVODNĚNÍ KALŮ



ČIŠTĚNÍ
ROPNÝCH LAPOLŮ



ČIŠTĚNÍ VYSOKOTLAKÝM
VODNÍM PAPRSKEM



ČIŠTĚNÍ RYBNÍKŮ
A VODNÍCH NÁDRŽÍ



VYHLEDÁVÁNÍ
TRASY POTRUBÍ



ZKOUŠKY VODOTĚSNOSTI
NÁDRŽÍ



PROVĚŘOVÁNÍ
GENERÁTOREM KOUŘE



- Dosah čištění kanalizace z jednoho bodu až 350 m
- Čištění jímek a ČOV vysoce výkonnými sacími bagry
- Převoz bezpečného i nebezpečného odpadu vozy ADR

SEZAKO Prostějov, s.r.o.

J. B. Pecky 4342/14

796 01 Prostějov

Tel.: 582 336 366

sezako@sezako.cz

www.sezako.cz



Zhlédněte video
Čištění bioplynové stanice



Zhlédněte video
Čištění velkoprofilové
kanalizace - Wiedemann
Super 2000



Zhlédněte video
Čištění vodních
děl na ČOV





Vše pro vodovody a kanalizace



TECHNOMA 
Oficiální zastoupení v ČR

www.technoma.cz

www.trm.cz

OBSAH

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

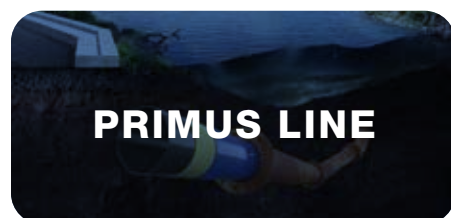
LOKÁLNÍ
OPRAVY

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

OBSAH



www.traskobvt.cz

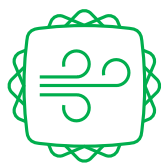
■ PROČ STOJÍTE PŘI NÁS?

- 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

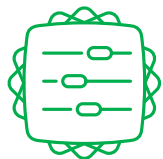
■ MÁME ŘEŠENÍ PRO:

- plyn
- pitnou vodu
- odpadní vodu
- průmysl

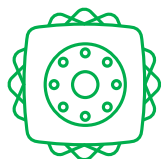




VAG UseCAD®
Air Valves



VAG UseCAD®
Control



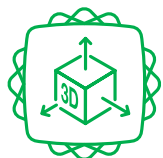
VAG UseCAD®
Flange



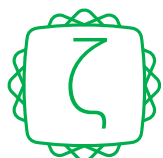
VAG UseCAD®
Flow



VAG UseCAD®
PICO



VAG UseCAD®
Visualizer



VAG UseCAD®
ZETA

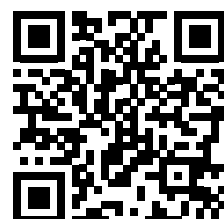


MyVAG

Užitečné nástroje
pro tvůrčí nápady

- **2D & 3D**
podklady pro projektanty
- **Online výpočtové programy**
pro technické návrhy
- **Interaktivní ceník**
vhodný pro import do databází
- **Archiv dokumentů**

The Valve Experts
www.vag-group.com/myvag



OBSAH

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

OBSAH

www.vhs-brno.cz



VODA
ŽELIVKA



LET WOMBAT

OBSAH

MEDIÁLNÍ PARTNEŘI KONFERENCE

časopis
stavebnictví

STAVEBNISERVER.com

VODARENSTVI.cz

 ***vodní
hospodářství®***

OBSAH