

VODA ZLÍN 2024

VODOHOSPODÁŘSKÁ KONFERENCE – INTERHOTEL ZLÍN 14. – 15. 3. 2024

Sborník příspěvků

VODA ZLÍN 2024

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

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

1. vydání, březen 2024

Náklad: 280 ks

Sborník neprošel jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-909129-0-8

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 1 082 km vodovodních a 632 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 226 843 obyvatel a v oblasti odkanalizování odpadních vod pro 164 008 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



OBSAH

Čtvrtek 14. 3. 2024

Metodika a moderní metody pro snižování ztrát z vodovodní sítě	8
Lukeš Martin, Beneš Ondřej, Kobr Jan	
Aktuality hygienického dozoru nad vodami se zaměřením na monitoring obsahu olova v pitné vodě ve školách a školských zařízeních	14
Javoříková Eva	
Vplyv klimatických zmien na zásobovanie pitnou vodou v podtatranskej oblasti	19
Galík Matúš, Sedláková Janka	
Environmentální posouzení výroby pitné vody pro město Plzeň metodou LCA	25
Klimtová Martina, Kočí Vladimír	
Přírodní zdroje záření a zásady jejich regulace v oblasti vodárenství	31
Šinágllová Růžena	
Améby - důležitý indikátor kvality pitných a teplých vod	36
Nagyová Viera, Chomová Lucia, Němová Hana	
Odstraňovanie mangánu z pitnej vody ultrafiltráciou	41
Ilavský Ján, Barloková Danka, Prosňanský Michal	
Vypínací zkoušky pro ověření průběhu hydraulického rázu v praxi	47
Krupička Jan, Kasal Rostislav, Coufal Marek	
Jak přispívá tvárná litina k udržitelné budoucnosti?	53
Pfleger Miroslav	
Chytrá vodárenská infrastruktura	59
Ašenbryl Jiří	
Zkušenosti s použitím nízkoodběrových servopohonů pro řízení ventilů Cla-val	62
Ševčík Jiří, Pavlík Jiří	
Kavitace a její eliminace v procesu regulace průtoku v potrubí vodárenských technologií	67
Bařina Tomáš, Slaviček Jaroslav	
„Voda by nemala byť agresívna alebo korozívna“ – rôzne spôsoby hodnotenia agresivity vody ..	75
Burger Tibor, Kosnáč Matúš	
Je nerezová ocel doopravdy korozivzdorná?	78
Kratěna Jiří	

Vliv ozonizace na odstranění pesticidů na ÚV U Svaté Trojice	85
Hatáková Ladislava, Beneš Jiří	
Granulované aktivní uhlí jako součást technologie úpravy vody	91
Filip Vladimír, Šváb Marek, Riederová Eva	
Úprava vody Hrobice – rekonstrukce a první provozní zkušenosti	97
Houdková Lucie, Kundrátek Jan, Strnadel Petr, Havránek Lukáš, Strouhal Jiří, Škreptáč Kamil	
ÚV Podolí – modernizace technologie, aneb co nás vodaře čeká a nemine	103
Sýkorová Zuzana, Kvaček Robert, Sýkora Petr, Kohoutová Kateřina, Šesták Jindřich	
Eliminace pesticidů ve zranitelných oblastech s pozitivním dopadem na kvalitu podzemních vod	109
Bílková Zuzana, Halešová Taťána, Tomešová Daniela, Švecová Blanka	
Zajištění dodávky pitné vody po kontaminaci podzemní vody relevantním metabolitem acetochlorem ESA	114
Jedličková Zdeňka, Mazel Luboš	
Úprava vody pro dopouštění Velkého Boleveckého rybníka	120
Drda Milan, Hrušková Petra, Hnojna Kryštof	

Pátek 15. 3. 2024

Efektivní způsob pro návrh propojení vodovodních systémů	126
Sucháček Tomáš, Náplavová Eva	
Čištění vodovodního potrubí řízeným proplachováním po úsecích	132
Ručka Jan, Rajnochová Markéta, Zuzaňák René	
Zkušenosti se zaváděním technologie Astacus do běžného provozu vodárenské společnosti	138
Svoboda Miroslav, Ondráček Michal, Haška Aleš	
Výskyt hormonů a léčiv ve vodách	144
Švecová Blanka, Tomešová Daniela, Halešová Taťána, Bílková Zuzana	
Rekonstrukce a sanace budov na vodárenské soustavě pohledem projektanta	150
Horňák Matej, Coufal Marek, Kasal Rostislav	
Rekonstrukce betonových konstrukcí ve vodárenství – zkušenosti a příklady z realizací	157
Jenýš Petr	
Využití neuronových sítí při minimalizaci nákladů na elektrickou energii při provozu vodovodů ...	165
Mečíř Filip, Kučera Tomáš	
Majetková evidence vodovodů – jaké jsou možnosti využití?	170
Macek Lubomír	

Inzeráty:	AVK	Disa	DoDo	Hawle	Medmes	Saint-Gobain	SEZAKO
	TRASKO	TRANSIGMA	VAG	Javorník	VHS Brno	Voda Želivka	

Mediální partneři konference	188
---	-----

Metodika a moderní metody pro snižování ztrát z vodovodní sítě

Ing. Martin Lukeš, MBA¹

Ing. Ondřej Beneš, Ph.D., MBA, LL.M.¹; Ing. Jan Kobr, Ph.D.²

¹ Veolia Holding Česká republika, a.s.

² Pražské vodovody a kanalizace, a.s.

1. ČSN 75 5020 Vykazování ztrát pitné vody z vodovodů

1.1 Úvod

Pitná voda, její dostatek a potřebná kvalita, je sledována od nepaměti a můžeme říci celosvětově. V evropské unii jedním z prvních počínů byla akce Right2Water, a jedním z posledních počínů bylo přejetí Drinking Water Directiv (DWD), která reflektuje závěry ze slyšení iniciativy v Evropském parlamentu.

Směrnice zvyšuje transparentnost při dodávkách vody a ukládá dodavatelům vody sledovat a veřejně informovat spotřebitele na webových stránkách o účinnosti dodávky vody, míry úniků vody a energetické účinnosti, a to ve všech členských státech jednotně od ledna 2026. Členské státy tak mají povinnost hodnotit, vykazovat a řešit úniky vody. Pro sledování míry úniků vody směrnice navrhuje použít indikátor ILI, i když připouští i jinou vhodnou metodu bez bližšího upřesnění.

Při překročení prahové hodnoty ILI (nebo prahové hodnoty jiné metody), za členský stát, vzniká povinnost předložit komisi EU akční plán – soubor opatření – na snížení míry úniků vody v následujícím období.

1.2 VUPE

Sledování účinnosti dodávky vody veřejnými vodovody je u nás zavedeno povinnými hlášeními vlastníky vodoхозяйské infrastruktury na příslušné vodoprávní úřady vyhláškou č.428/2001 Sb., tzv. hlášení vybraných údajů z provozní evidence (VUPE). Vydání DWD nepřímo vyvolalo revizi vykazovaných údajů.

Pro každý záznam vodovodních řadů (rozvodné sítě) v majetkové evidenci se sledují ztráty vody v ukazatelích:

- Voda nefakturovaná, v členění na ztráty vody, vlastní spotřeba, ostatní voda nefakturovaná [m³/rok]
- Ztráty vody na 1 km přepočtené délky [l/km/den]
- Procento ztrát vody [%]

Již na první pohled je zřejmé, že naše evidované údaje a požadavek na hlášení indikátoru ILI se nepotkává.

% ztrát je ukazatel příliš obecný a nepřesný, ztráty vody na 1 km přepočtené délky se v Evropě všeobecně nepoužívají, voda nefakturovaná neumožňuje porovnání různých společností (či států) mezi sebou.

1.3 ČSN

Příprava na přijetí DWD ukázala potřebu sjednotit a uvést ukazatele používající se u nás pro hodnocení ztrát vody. Další výzvou bylo najít používaným anglickým termínům ve směrnici jednoznačný český význam a ustanovit jednoznačné názvosloví. Norma ČSN nemá ambici stanovit národní metodiku pro hodnocení ztrát ve smyslu DWD, ale soustředit a definovat používané ukazatele dotýkající se problematiky hodnocení ztrát vody.

Přípravu normy zadal SOVAK, který řešil dopad připravované DWD na provozovatele vodovodů v ČR.

Připomínkové řízení této normy mělo celkem 6 kol, tedy poměrně dost. Při vyjasňování připomínek se řešila vzájemné definice i v rámci stávající české legislativy a výkaznictví. Zejména problematické byly rozdílné definice ukazatelů ve výkazech ČSÚ VH8b-01 a VUPE.

Ukázalo se, že některé používané pojmy typu specifické ztráty, jednotkové ztráty, měrné ztráty nemají dosud jednoznačnou definici, nebo dochází k záměně vody nefakturované za ztráty vody a dostáváme se do rozporu v zaváděném názvosloví.

Zajímavostí byl požadavek MZe, přidat do definice vody fakturované vodu dodanou odběratelům zdarma, z důvodů, že v některých obcích je dodávka vody dotována.

Výsledkem je, že ČSN sjednocuje národní pojmy týkající se ztrát, pojmy uváděné v DWD a uvádí i pojmy z metodiky v International Water Association (IWA) Water balance v českém předkladu.

Výsledkem je definice stanovení 8 technických ukazatelů ztrát vody.

1.4 EurEau

V mezidobí EurEau shromáždilo od svých členů reakce na připravovanou DWD, zejména požadavek na hodnocení ztrát prostřednictvím ukazatele ILI, a zaslalo komisi stanovisko s návrhem na zavedení harmonizovaného indexu ztrát vody místo uvedeného ILI včetně podrobného zdůvodnění.

V květnu 2021 EurEau zveřejnilo Stručnou zprávu o zásobování pitnou vodou a ztrát vody, v listopadu 2023 zveřejnilo stanovisko k návrhu harmonizovanému indexu ztrát vody, pro naplnění povinností z DWD.

Výsledkem je, že EurEau navrhuje používat objemový index z dostupných ročních údajů, které eviduje prakticky každý provozovatel:

Index= voda nefakturovaná m³ / km délky vodovodních řadů / rok

Objemové ukazatele budou stanoveny dle metodiky IWA Water Balance, délka sítě bez přípojek.

1.5 Závěr

Ztráty vody s gradující klimatickou změnu jsou a budou velkým tématem a dá se předpokládat i gradace tématu do budoucna. Se zvyšující se cenou pitné vody bude jejich význam nabývat i v ekonomické rovině. Požadavek na zveřejňování údajů jak na úrovni jednotlivých vlastníků / vodárenských společností, tak na úrovni států je legitimní a přispívá k transparentnosti na trhu s dodávkou pitné vody.

Navrženému indexu EurEau odpovídá ukazatel Specifická voda nefakturovaná uvedený v ČSN Vykazování ztrát pitné vody z vodovodů, takže můžeme říci, že jsme připraveni.

2. Satelitní metody snižování ztrát vody

2.1 Úvod

Jedním ze zásadních úkolů provozovatele vodovodní sítě je minimalizace úniků vody z distribuční sítě. Pro tuto činnost provozovatel vyčleňuje poměrně početné týmy diagnostiků, na jejichž vybavení vynakládá nemalé finanční prostředky, přičemž v některých případech se nemusí zdát, že jsou tyto prostředky vynaloženy účelně, a že diagnostické týmy vyhledávají poruchy kýženým tempem.

Vhodnou pomůckou pro lepší identifikaci míst, na která se mají diagnostici při své činnosti zaměřit, by tak mohly být satelitní technologie, které slibují usnadnění, a tedy i urychlení práce diagnostických týmů. Čtrnáct společností ze skupiny VEOLIA, které provozují vodovodní sítě v Evropě, severní Americe, Asii a Austrálii se zapojilo do testování těchto technologií, aby prověřily jejich efektivitu a spolehlivost. Celkem takto bylo testováno šest různých technologií.

2.2 Metody satelitního průzkumu

V rámci testování byly vyzkoušeny technologie šesti značek, přičemž tři z nich kombinují satelitní snímkování s daty z GIS a historií poruch vodovodní sítě a pomocí umělé inteligence jsou schopny vytipovat oblasti s možnými úniky.

Jedna technologie se pak zaměřuje na snímkování vertikálních pohybů půdy s přesností na milimetr a tato data koreluje s daty z GIS. Nestandardní pohyby půdy v místech, kterými probíhá vodovodní síť jsou pak reportovány jako místa, kde může docházet k úniku vody.

Dvě technologie pak využívající odrazivosti paprsků vysílaných ze satelitu. Na základě rozdílného odrazu zvodnělých a nezvodnělých vrstev zeminy a datech z GIS vytvoří mapu s vytipovanými místy s možným únikem vody.

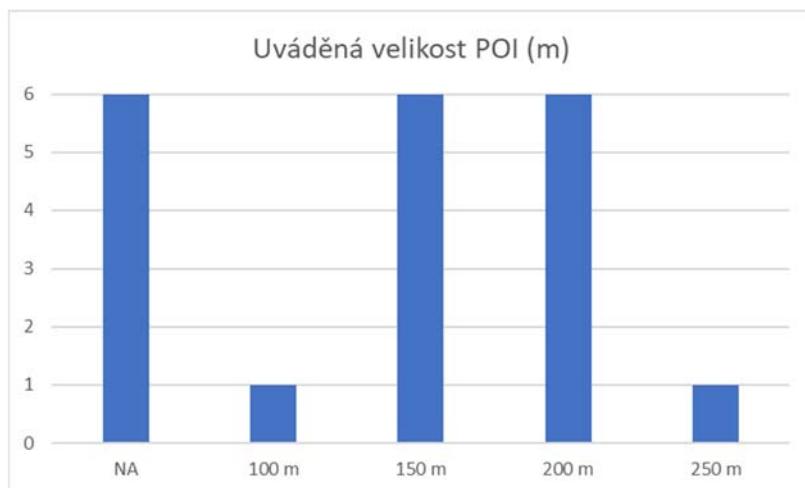
2.3 Zkušenosti se satelitním průzkumem ve skupině VEOLIA

Z výše zmíněných technologií byla každá z nich testována pouze jednou společností na jedné z provozovaných sítí, vyjma technologií využívajících rozdílnou odrazivost paprsků vysílaných ze satelitu – ty si pro testování vybralo třináct společností ve dvaceti provozovaných oblastech, a tedy je jediná, u níž lze relevantně posuzovat její efektivitu. Zbylé technologie byly jednotlivými společnostmi posuzovány v rámci benchmarkingu jako spíše doporučitelné či jako doporučitelné do velmi specifických provozních podmínek.

Technologie pracující s odrazivostí paprsků mají oproti zbylým zásadní výhodu v tom, že k jejich aplikaci není potřeba pokročilé zpracování GIS – s trochou nadsázky by bylo možné tvrdit, že jim postačí přibližný průběh sítí bez přesného umístění v ulici a bez nutnosti doložit data o materiálech potrubí a jejich dimenzích. Aplikace těchto technologií je tedy lákavá především pro provozovatele s nízkým povědomím o provozované síti, mezi které obvykle lze řadit ty, kteří na svých sítích mají velmi vysoké ztráty a od aplikace si slibují rychlé a razantní snížení ztrát vody.

Průběh spolupráce byl u všech testovaných lokalit takřka stejný. Nejprve byla vytipována část provozované sítě, která bude snímkována, následně společnost dodala data z GIS a data o odstraněných poruchách v období mezi pořízením snímků a ukončením vyhodnocování získaných dat, aby výsledná data mohla být o tyto odstraněné poruchy očištěna. Výstup byl společností dodán v rámci týdnů, a to ve formátu mapy s vyznačenými tzv. POI (point of interest), které označují střed pomyslného kruhu, ve kterém se nachází únik. Velikost smluvně stanovených POI byla u různých lokalit uvedena v rozsahu 100 – 250 m – četnost těchto velikostí uvádí obrázek č.1. (šest společností tuto hodnotu do benchmarkingu nedodalo).

Obr. 1 Četnost velikostí POI



Grafický výstup od nejčastěji využívané technologie Utilis je pak patrný na obrázku č. 2. Na satelitním snímku s promítnutou vodovodní sítí se okolo získaného POI vytvoří buffer o příslušném průměru a v tomto bufferu jsou zvýrazněny průběhy vodovodních potrubí, u kterých je podezření na únik vody. Dle místních podmínek a složitosti sítě pak provozovatel zvolí vhodnou metodu dohledání úniku v místě a vyšle do terénu tým diagnostiků, který poruchu dohledá. Dle hustoty vodovodní sítě v daném místě se může jednat o stovky metrů potrubí, které je potřeba zkontrolovat.

Obr. 2 Grafický výstup – Utilis

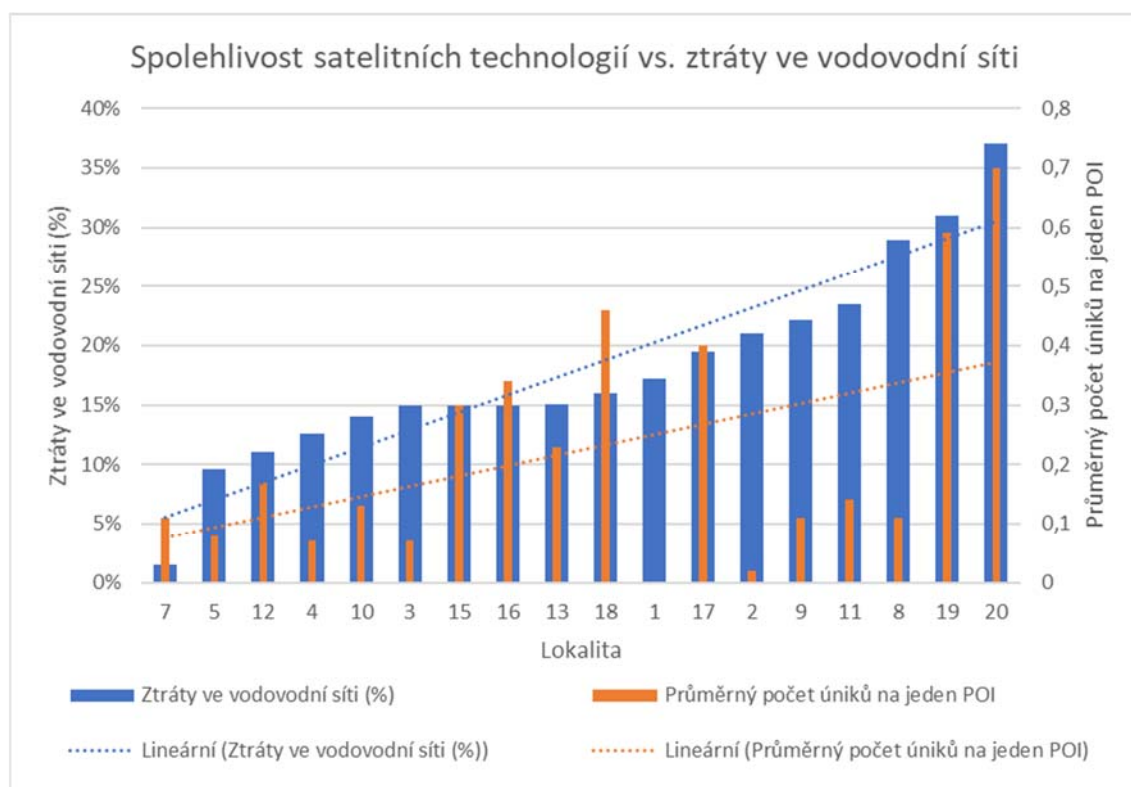


V případě některých testovaných lokalit probíhalo dohledávání úniků za přítomnosti zástupců dodavatelské společnosti a ve všech případech byla vedena podrobná evidence jednotlivých POI a počtu v nich dohledaných úniků. Některé POI byly zcela bez úniků a jiné zase obsahovaly úniků větší množství, takže je potřeba tabulku s výslednou efektivitou (obrázek č.3) brát s jistotu rezervou. Nejvyšší efektivitu satelitního vyhledávání úniků byla vykázána u dvou společností, přičemž tyto společnosti zároveň vykazují nejvyšší procento ztrát vody – jedná se tedy o lokality s poměrně rozsáhlými úniky a satelit měl tedy větší „šanci“, že v daném místě opravdu bude únik.

Obr. 3 Porovnání efektivity satelitní technologie se ztrátami ve vodovodní síti

Lokalita	Ztráty ve vodovodní síti (%)	Průměrný počet úniků na jeden POI	Lokalita	Ztráty ve vodovodní síti (%)	Průměrný počet úniků na jeden POI
1	17%	0,00	11	24%	0,14
2	21%	0,02	12	11%	0,17
3	15%	0,07	13	15%	0,23
4	13%	0,07	14	NA	0,27
5	10%	0,08	15	15%	0,30
6	NA	0,10	16	15%	0,34
7	1%	0,11	17	20%	0,40
8	29%	0,11	18	16%	0,46
9	22%	0,11	19	31%	0,59
10	14%	0,13	20	37%	0,70

Jasnou souvztažnost s narůstající spolehlivostí satelitní technologie se ztrátami na vodovodní síti dokládá i graf na obrázku 4, kde je patrný vzrůstající trend spolehlivosti jdoucí ruku v ruce s trendem nárůstu ztrát vody. Lokality 6 a 14 byly z grafu vyloučeny vzhledem k nedodání procenta ztrát vody do benchmarkingu.



Na základě získaných zkušeností lze satelitní technologii využívající odrazivosti paprsků od zvodnělých míst doporučit především těm provozovatelům, kteří mají velmi vysoké procento ztrát vody a mají velmi malé povědomí o provozované síti. Výsledky satelitního snímkování mohou takového provozovatele navést k nejkritičtějším oblastem s vysokými úniky vody a při dlouhodobé spolupráci tak může provozovatel značně zvýšit efektivitu své vodovodní sítě. Během tohoto času by provozovatel měl pracovat i s tradičními postupy jako je rozdělení provozované sítě do měřených pásem, aby mohl efektivně snižovat ztráty i v době, kdy mu již satelitní technologie nebude poskytovat takové výsledky jako ze začátku.

U provozovatelů s vysokou efektivitou sítě lze uvažovat o této technologii jako o metodě prvotního průzkumu nově provozované lokality či jako prostředku při prezentování pokročilosti své činnosti před vlastníkem sítě či před širokou veřejností.

Aktuality hygienického dozoru nad vodami se zaměřením na novinky v legislativě

Ing. Eva Javoříková

Krajská hygienická stanice Zlínského kraje se sídlem ve Zlíně

Bez vody není život; žádná řeka není bezedná; jen čistá voda je dobrá; vodu potřebuje každý, voda je potřeba všude; čím více o vodě víme, tím lépe ji dokážeme chránit; všichni kdo pijí vodu, se musí domluvit;

(výběr z bodů Evropské vodní charty, vyhlášené 6. května 1968 ve Strasburgu)

Od roku 2021 byla řešena velmi rozsáhlá transpozice a implementace směrnice Evropského Parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě do české legislativy.

Novela zákona č.258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví byla dne 16.6.2023 publikována ve Sbírce zákonů pod č. 167/2023 Sb., účinnost novely je od 1. července 2023. Novela prováděcího předpisu k tomuto zákonu – vyhlášky 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů, transponující směrnici 2020/2184 a prováděcí rozhodnutí Komise (EU) 2022/679 ze dne 19. ledna 2022, kterým se podle směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 stanoví seznam sledovaných ukazatelů týkající se látek nebo sloučenin, které u vody určené k lidské spotřebě vzbuzují obavy, vyšla ve Sbírce zákonů 20.12.2023- pod č. 371/2023 Sb., s účinností od 4. 1. 2024.

Uvedená transpozice si vyžádala dále novely souvisejících českých právních předpisů, např. zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, vyhlášku 428/2001 Sb. a prováděcí vyhlášku k vodnímu zákonu 254/2001 Sb. (zrušena Vyhláška č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik a od 1.3.2024 nahrazena novou Vyhláškou č.50/2023 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik (viz příloha 3, část 4).

Vzhledem k tomu, že změny ve výše uvedené legislativě jsou velmi rozsáhlé, zaměříme se prioritně na problematiku posuzování a řízení rizik, nové definice, úpravy stávajících a nové ukazatele v novelizované vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Cílem zavedení systému hodnocení a řízení rizik je zaměření včasné pozornosti a vstupů na relevantní rizika, efektivní vynakládání nákladů i úsilí, zavedení komplexního přístupu k bezpečnosti zásobování vodou, založeném na posouzení rizik celého zásobovacího řetězce.

V roce 2017 došlo k novele zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, která zavedla novou strukturu provozního řádu vodovodu a spočívala především v zavedení povinnosti pro osoby dodávající pitnou vodu pro veřejnou potřebu tj. provozovatele vodovodu pro veřejnou potřebu, u něhož je průměrná denní produkce vody menší než 10 m³, nebo počet fyzických osob trvale využívajících vodovod je menší než 50, pokud vodovod provozují jako součást své podnikatelské činnosti nebo jako součást jiné činnosti právnické, v rámci provozního řádu

zpracovat posouzení rizik. Přechodným ustanovením bylo stanoveno, že nový provozní řád s posouzením rizik musí uvedené osoby předložit nejpozději do 6 let (tzn. 11/2023).

Novelou zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví z roku 2023 byli z této povinnosti vyjmuti provozovatelé vodovodů uvedení v § 3 odst. 2 písm. a), tedy provozovatelé, jejichž průměrná denní produkce vody je menší než 10 m³, nebo počet fyzických osob trvale využívajících vodovod je menší než 50. Proto muselo být vytvořeno přechodné ustanovení, které upravuje postup pro tyto provozovatele. Tito „malí“ provozovatelé, kteří jsou nyní od zpracování posouzení rizik osvobozeni, nemají lhůtu prodlouženu, proto měli nové provozní řády (ve struktuře dané § 3c již z roku 2017) předložit v původní lhůtě, tzn. do 11/2023. Provozovatelé, co mají i nadále povinnost posouzení rizik zpracovávat, mají lhůtu k předložení nových provozních řádů prodlouženu ze 6 let na 8 let (tzn. do 1. 11. 2025), viz změna zákona č. 202/2017 Sb.

Povinné osoby – na koho se povinnost zpracovat posouzení a řízení rizik nyní nevztahuje?

- a) provozovatel vodovodu, u něhož je průměrná denní produkce menší než 10 m³, nebo počet fyzických osob trvale využívajících vodovod je menší než 50,
- b) osoba dodávající pitnou vodu z výdejních automatů, akumulčních nádrží, ve vzdušných, vodních a pozemních dopravních prostředcích,
- c) provozovatel veřejné studny, která byla označena jako zdroj pitné vody, pokud dodává pitnou vodu do objektů se sezónním provozem,
- d) osoba zásobující pitnou vodou z individuálního zdroje veřejné objekty, pokud dodává pitnou vodu do objektů se sezónním provozem.

První složkou nově zavedeného systému bezpečného zásobování pitnou vodou je posouzení a řízení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru surové vody, jehož účelem je zmapování míst odběru, ochranných pásem, jejich širšího okolí se zohledněním dopadu změny klimatu na zdroje vody, rizika úniků vody vedoucí ke ztrátám vody v síti a určení hlavních nebezpečí (pro kvalitu vody), které zde hrozí. Provozovatelé vodovodů by tak měli získat dokonalejší přehled o kvalitě surové vody a nově přihlížet k výsledkům posouzení a řízení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru surové vody, zohlednit tyto poznatky při vypracování posouzení a řízení rizik systému zásobování pitnou vodou – termín 12. 1. 2029.

Metodika by měla být zpracována VÚV T.G. Masaryka a riziková analýza částí povodí by měla být zpracována podniky Povodí, které disponují dobrými znalostmi pro povrchové i podzemní vody do července 2027.

Posouzení a řízení rizik každého systému zásobování (vodovodu), tj. riziková analýza celého systému od zdroje vody až po konec distribuční sítě – bylo již z velké části dříve implementováno v zákoně č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (§ 3c).

V návaznosti na § 3c odst. 1 písm. f) zákona č. 258/2000 Sb. byl dle požadavků nové směrnice upraven postup pro vypracování posouzení a nově řízení rizik v systému zásobování pitnou vodou a hodnocení jeho výsledků-došlo k aktualizaci přílohy č. 7 vyhlášky. V odstavci 5 § 3c je zpřesněno vymezení posouzení rizik:

Posouzení rizik obsahuje

- a) popis systému zásobování vodou od ochranného pásma provozovaného vodního zdroje včetně místa odběru surové vody přes úpravnu, akumulaci, přivaděče a rozvod vody ke koncovému spotřebiteli,
- b) popis zjištěných nebezpečí, odhad jejich pravděpodobnosti a posouzení jejich závažnosti a
- c) stanovení nápravných nebo kontrolních opatření k odstranění nebo zmírnění nepříjemných rizik v celém systému zásobování; tam, kde je součástí úpravy nebo rozvodu vody dezinfekce,

validaci této dezinfekce, aby byla zajištěna účinnost dezinfekčního ošetření a zároveň bylo minimalizováno znečištění způsobené vedlejšími produkty dezinfekce; validací dezinfekce se rozumí prokázání, že je použita schválená biocidní látka nebo metoda a že aplikovaná dávka a čas působení zvoleného typu dezinfekce jsou dostatečné k usmrcení patogenních mikroorganismů přítomných v upravované vodě, a dále prokázání, že je použití chemické dezinfekce skutečně nutné s ohledem na zdravotní riziko jejích vedlejších produktů.

V návaznosti na § 3d zákona č. 258/2000 Sb. byl dle nové směrnice vytvořen postup pro vypracování posouzení a řízení rizik vnitřního vodovodu a přípojky v prioritních prostorech včetně definování prioritních prostor z hlediska rizika přítomnosti ukazatele olovo v pitné vodě:

- a) prostory staveb, v nichž jsou provozovány školy a školská zařízení a prostory, které jsou určeny k poskytování služby péče o dítě v dětské skupině,
- b) zařízení pro poskytování zdravotních služeb v rozsahu § 15 odst. 1 tohoto zákona, ve kterých je poskytována lůžková péče,
- c) provozovny stravovacích služeb poskytující stravování v zařízeních pro poskytování zdravotních služeb v rozsahu § 15 odst. 1 tohoto zákona, ve kterých je poskytována lůžková péče,
- d) zařízení pro poskytování sociálních služeb v rozsahu § 15 odst. 1 tohoto zákona, ve kterých jsou poskytovány pobytové služby, nebo
- e) provozovny stravovacích služeb poskytující stravování v zařízeních pro poskytování sociálních služeb v rozsahu § 15 odst. 1 tohoto zákona, ve kterých jsou poskytovány pobytové služby,

a prioritních prostor z hlediska rizika přítomnosti bakterií rodu *Legionella* v rozvodu teplé vody:

- a) zdravotnická zařízení, ve kterých je poskytována lůžková péče,
- b) zařízení sociálních služeb, ve kterých jsou poskytovány pobytové služby,
- c) ubytovací zařízení v rozsahu § 21 tohoto zákona s kapacitou nad 50 osob

Detailní postup pro posouzení a řízení rizik vnitřního vodovodu a přípojky v prioritních prostorech je upraven novou přílohou č. 8 vyhlášky č. 252/2004 Sb.

Primárně je postup zaměřen na výskyt olova v rozvodech pitné vody a přítomnost legionel v teplé vodě.

Z hlediska výskytu olova v pitných vodách je přetrvávajícím problémem stávající olověné potrubí v domech a budovách a členské státy EU nemají vždy potřebnou pravomoc nařídit jeho výměnu, mělo by se, pokud jde o povinnosti týkající se domovních rozvodných systémů, usilovat o dosažení hodnoty 5 µg/l nejpozději k datu do 12. ledna 2036, kdy bude muset provozovatel tyto limity plnit.

Osoby provozující prioritní prostory, jsou povinny zpracovat posouzení a řízení rizik vnitřního vodovodu a závěry vyplývající z posouzení a řízení rizik včetně monitoringu zpracovat do provozního řádu. Rozhodný termín pro jeho předložení je pro osoby uvedené v § 3d odst. 3 a 4 zákona č. 258/2000 Sb. stanoven na 30. červen 2028.

Transpozice směrnice EU přináší do české legislativy řadu významných novinek, které přináší změny pro provozovatele zásobování pitnou vodou, pracovníky laboratoří, pro hygieniky.

Do legislativy byly doplněny nové definice - §2 vyhlášky č 252/2004 Sb.:

- směrná hodnota-indikační hodnota iniciující hodnocení a řízení zdravotních rizik,
- referenční hodnota-hodnota ukazatele jakosti surové vody, při jejímž překročení je nutné posoudit účinnost úpravy vody,
- nebezpečná událost-událost, při níž v systému zásobování pitnou vodou vznikne nebezpečí, nebo při níž se nepodaří nebezpečí z tohoto systému odstranit,

- riziko-kombinace pravděpodobnosti vzniku nebezpečné události a závažnosti následků nebezpečí,
- kritický bod-místo v systému zásobování nebo ve vnitřním vodovodu, kde se projevuje nebezpečná událost spojená s nepřijatelným rizikem a které je sledováno v rámci provozního monitorování.

Upravené limity stávajících ukazatelů v příloze č. 1 vyhlášky č 252/2004 Sb.:

- antimon – původně 5 µg/l, nově 10 µg/l
- bor – původně 1,0 mg/l, nově 1,5 mg/l (mírnější limit 2,4 mg/l při uvolňování boru z geol. podloží)
- chlorečnany – původně 200 µg/l, nově 250 µg/l (v sumě s chloritany max. 250 µg/l)
- chloritany – původně 200 µg/l, nově 250 µg/l (v sumě s chlorečnany max. 250 µg/l)
- chloridy – původně 100 µg/l, nově 250 µg/l (případný indikátor fekálního znečištění s doporučenou hodnotou < 100 µg/l)
- chrom – původně 50 µg/l, nově 25 µg/l
- olovo – do 12. ledna 2036-10 µg/l, poté 5 µg/l
- selen – původně 10 µg/l, nově 20 µg/l (mírnější limit 30 µg/l při uvolňování boru z geol. podloží)
- trihalomethany – původně 100 µg/l, nově 50 µg/l
- mangan-z důvodů potvrzené vývojové neurotoxicity již není možné tolerovat vyšší obsah manganu oproti limitu způsobený geologickým podložím, jak bylo dosud ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. uvedeno. Koncentrace manganu nad 0,05 mg/l jsou již rizikové pro dětskou populaci.
- úprava poznámky pro ukazatele chuť a pach: možnost nestanovení chuti „nelze stanovit“ z bezpečnostních důvodů, kdy by vzorek mohl ohrozit zdraví posuzovatele, zahrnutí chlorového zápachu do sensorických zkoušek.
- součástí kráceného rozboru intestinální enterokoky
- somatické kolifágy- tento ukazatel se stanoví, pokud z rizikové analýzy vyplýne, že se somatické kolifágy mohou v surové vodě vyskytovat. Je-li zjištěna přítomnost v surové vodě v koncentraci > 50 PTJ/100 ml, by se měl rozbor provést po všech krocích úpravy a posoudit, zda je riziko průniku patogenních virů skrze úpravu dostatečně pod kontrolou
- nerelevantní metabolity pesticidních látek-konkrétní limity pro 11 nejčastějších nerelevantních metabolitů pesticidních látek, pro další nerelevantní metabolity PL je stanovena jednotná limitní hodnota 0,5 µg/l

Nově sledované ukazatele dle přílohy č. 1 vyhlášky č 252/2004 Sb.:

- draslík-stanovování v minimální četnosti, doporučená hodnota- 1-10 mg/l)

Nově je od 4. 1. 2024 povinnost v pitné vodě v rámci úplného rozboru stanovovat tyto látky:

- bisfenol A (limit NMH = 2,5 µg/l)
- halogenoctové kyseliny (limit NMH = 60 µg/l) - pokud je voda chemicky dezinfikována
- PFAS suma (limit NMH = 0,1 µg/l) - pokud vyplýne z rizikové analýzy-ukazatel v pitné vodě není nutné stanovovat v případě, že jsou známé hodnoty, které byly pořízeny v rámci monitoringu kvality zdrojů nebo útvarů podzemních a povrchových vod podle zákona č. 254/2001 Sb. To platí za podmínky, že výsledky nejsou starší než 3 roky.

Povinnost plnění limitů stanovených pro bisfenol A, halogenoctové kyseliny a PFAS suma byla přechodným ustanovením odložena od 12. 1. 2026.

Tyto ukazatele je však nutné v rámci úplného rozboru začít stanovovat již od roku 2024. Limitní hodnoty tyto ukazatele v Příloze 1, části B stanoveny mají, ale jejich platnost je odložena do 12. 1. 2026. Nejpozději k tomuto datu tedy bude muset provozovatel vodovodu/studny tyto limity plnit. Aby však věděl, jaké hodnoty se mu ve vodě vyskytují a zda je nutné přijmout ke splnění limitu nějaká opatření, musí začít tyto ukazatele monitorovat s předstihem.

Proběhla diskuse se zástupci provozovatelů (mimořádné finanční náklady) -na webových stránkách Ministerstva zdravotnictví zveřejněno Stanovisko Ministerstva zdravotnictví k otázce stanovování bisfenolu A, halogenoaniontů kyselin a látek PFAS v pitných vodách v rámci úplného rozboru od 4. 1. 2024.

Odkazy

<https://www.mzcr.cz/stanovisko-ministerstva-zdravotnictvi-k-otazce-stanovovanibisfenolu-a-halogenoaniontu-kyselin-a-latek-pfas-v-pitnych-vodach-v-ramci-uplneho-rozboru-od-4-1-2024/>.

Odpovědi na dotazy k novele vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody (po novele vyhláškou č. 371/2023 Sb.) - SZÚ | Oficiální web Státního zdravotního ústavu v Praze (szu.cz)

Použité zdroje

- zákon č.258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví byla dne 16.6.2023 publikována ve Sbírce zákonů pod č. 167/2023 Sb., účinnost novely je od 1. července 2023
- novela vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody (po novele vyhláškou č. 371/2023 Sb.)
- Konzultační den hygieny vody „Nová legislativa“, SZÚ Praha
- Stručný přehled změn ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., ve znění vyhlášky č. 371/2023 Sb., MZČR, odbor ochrany veřejného zdraví, oddělení hygieny obecné a komunální

Vplyv klimatických zmien na zásobovanie pitnou vodou v podtatranskej oblasti

Ing. Matúš Galík, PhD.

Ing. Janka Sedláková

Podtatranská vodárenská prevádzková spoločnosť, a.s., Hraničná 662/17, 058 89 Poprad
matus.galik@pvpsas.sk, jana.sedlakova@pvpsas.sk

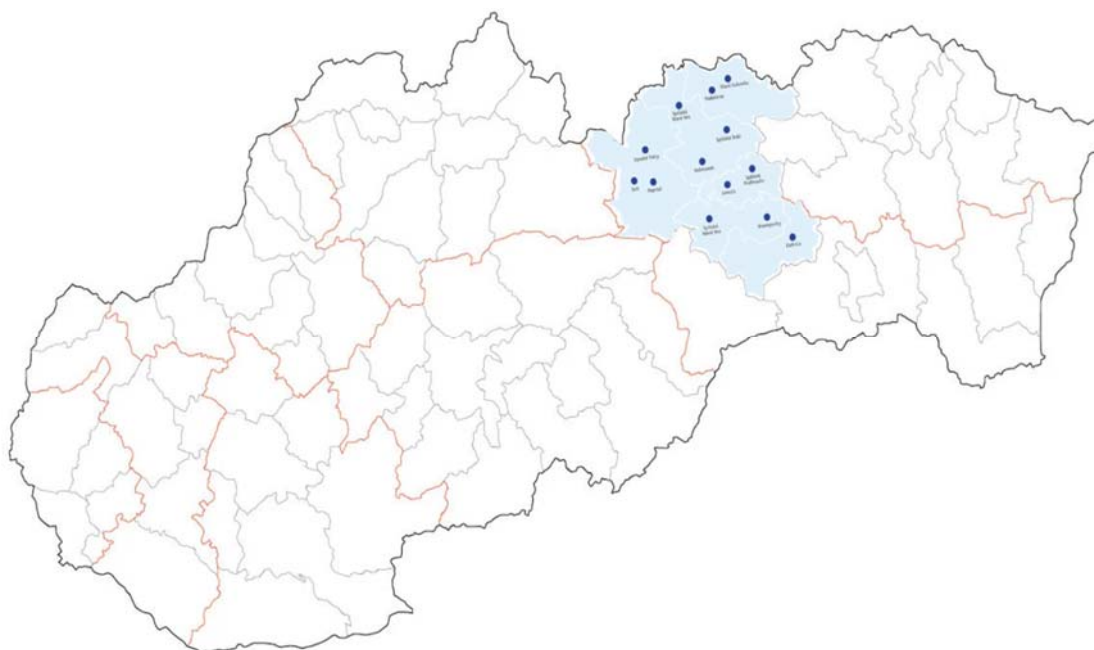
Abstrakt: Klimatické zmeny prinášajú zvýšený výskyt extrémnych a mimoriadnych javov, ktoré sa prejavujú formou suchých období s nedostatkom vody alebo prívalových búrok a povodní. Tieto zmeny majú negatívny dopad na zásobovanie pitnou vodou, čo pociťujeme aj v lokalitách, kde zabezpečujeme prevádzkovanie verejných vodovodov. Z hľadiska prevádzkovania vznikajú nové situácie, ktoré sa v minulosti nevyskytovali, a vyžadujú prijatie a realizáciu opatrení na zníženie dopadu vyvolaných zmien počasia. Vodárenské spoločnosti a prevádzkovatelia verejných vodovodov budú musieť postupne zmeniť pohľad na spôsob zásobovania pitnou vodou a prijímať opatrenia na zvládnutie klimatických zmien.

Kľúčové slová: klimatické zmeny, zásobovanie pitnou vodou, vodný zdroj

Úvod

Podtatranská vodárenská prevádzková spoločnosť, a.s. (PVPS, a.s.) zabezpečuje prevádzkovanie verejných vodovodov a verejných kanalizácií v majetku Podtatranskej vodárenskej spoločnosti, a.s. (PVS, a.s.), miest a obcí v regióne Tatry, Spiš, Zamagurie a v niektorých obciach v regióne Šariš.

Obr. 1 Zásobovaná oblasť



Ročná výroba pitnej vody sa pohybuje okolo 16 mil. m³ a slúži pre zabezpečenie dodávky vody pre cca 310 000 obyvateľov v šiestich zásobovaných okresoch: Poprad, Kežmarok, Stará Ľubovňa, Spišská Nová Ves, Levoča a Gelnica (viď obr. 1). Momentálne je v prevádzke 237 vodných zdrojov, jedná sa najmä o podzemné vodné zdroje, ale aj zopár povrchových odberov z vodárenských tokov. Niektoré vodné zdroje slúžia ako doplnkové vodárenské zdroje, ktoré zabezpečujú dodávku pitnej vody v prípade nedostatku vody z hlavného vodného zdroja alebo v čase havárií. Celková výdatnosť vodných zdrojov je cca 2 221,36 l/s. Hlavným a najväčším vodným zdrojom v prevádzke PVPS, a.s. je zdroj Liptovská Teplička. Z vodného zdroja Liptovská Teplička sú zásobované mesta Poprad, Kežmarok, Levoča, Spišská Nová Ves a obce nachádzajúce sa po trase hlavného privádzača.

Prejavy a následky klimatickej zmeny

Podľa viacerých zahraničných inštitúcií (NOAA, the Berkeley Earth research group, the Met Office Hadley Centre (United Kingdom)) je zaznamenaný výrazný nárast teploty v posledných niekoľkých desaťročiach, ale posledné desaťročie sa javí ako najteplejšie. Podľa nameraných teplôt je nárast od roku 1980 - 2020 o +1°C a krivka vývoja teploty má narastajúci charakter [1] .

Na Slovensku bolo zaznamenaných 12 najteplejších rokov od začiatku 90-tých rokov. Za posledných 100 rokov vzrástla priemerná ročná teplota vzduchu o +1,1 °C, zároveň došlo k poklesu atmosférických zrážok v priemere o 5,6 %. Regionálne rozdiely boli zaznamenané medzi južnou a severnou časťou územia. Na juhu Slovenska bol tento pokles 10 %, kým na severe a severovýchode 5%. Podľa Územnej štúdie Slovenska o zmene klímy sa globálne otepľovanie môže prejavovať rastom priemerov teploty vzduchu do roku 2075 o 2 až 4 °C [2].

V posledných rokoch je na Slovensku zaznamenaný nárast výskytu extrémnych lokálnych búrok, tropických teplôt v letných mesiacoch a pokles snehovej pokrývky. Výskyt extrémnych zrážkových úhrnov vedie k miestnym prívalovým povodňam, ktoré spôsobujú výraznú eróziu koryta toku a často aj materiálne škody na majetku. Dlhotrvajúce nadpriemerné teploty a pokles úhrnu zrážok spôsobuje zvýšenie pôdneho sucha a významne ovplyvňuje kvantitatívne množstva podzemných a povrchových vôd.

Podľa výsledkov hodnotenia vplyvu klimatických zmien na podzemné vody Slovenska, ktorú spracovala Slovenská asociácia hydrogeológov vyplýva, že v pohoriach Slovenska došlo k priemernému poklesu výdatností u zdrojov podzemných vôd o 12,6% a zároveň k poklesu zdrojov podzemných vôd v priemere okolo 15 – 20 % [3]. V prípade povrchových tokov je situácia obdobná, dlhodobé prietoky riek majú klesajúcu tendenciu od roku 1980, s výnimkou Dunaja [2]. Prebiehajúce klimatické zmeny budú mať negatívny dopad na vodnú bilanciu ako povrchových tak podzemných vôd.

Dopad klimatických zmien na zásobovanie pitnou vodou v podtatranskej oblasti

V posledných rokoch často dochádza k mimoriadnym situáciám vyvolaných náhlými lokálnymi búrkami a výskytom extrémne suchého počasia. Takéto zmeny počasia spôsobujú vrásky nie jednej vodárenskej spoločnosti. Najčastejšie sa to odzrkadľuje na kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľoch niektorých vodárenských zdrojov. U povrchových vodných zdrojov je to náhla zmena fyzikálnych a v niektorých prípadoch aj mikrobiologických ukazovateľov, pričom u podzemných vodných zdrojov je to skôr pokles výdatnosti.

V rámci pôsobnosti PVPS, a.s. sme zaznamenali mimoriadne situácie vyvolané prebiehajúcimi klimatickými zmenami, ktoré spôsobili doposiaľ neštandardné prevádzkové stavy pri zabezpečení

dodávky pitnej vody. Ako príklad uvádzame mimoriadnu situáciu spôsobenú povodňovým stavom v tatranskej oblasti v roku 2018 a mimoriadne sucho, ktoré v roku 2022 zasiahlo viaceré verejné vodovody v podtatranskej oblasti.

Povodeň v Tatranskej Javorine v roku 2018

V roku 2018 počas letných mesiacov sa vyskytli intenzívne zrážky v tatranskej oblasti. V obci Tatranská Javorina v priebehu 48 hodín bol zaznamenaný úhrn zrážok až 163,2 mm. Intenzita úhrnu atmosférických zrážok spôsobila značné problémy. V zasiahnutej lokalite z dôvodu mimoriadnej situácie bol vyhlásený 3. stupeň povodňovej aktivity nakoľko množstvo zrážok spôsobilo vybreženie vody z koryta potoka Javorinka, zaplavenie nehnuteľnosti, zničenie ciest, mostov a vodárenskej infraštruktúry. Na mieste zasahovali hasiči a vykonávali protipovodňové opatrenia.

V Tatranskej Javorine sa nachádza úpravňa vody, ktorá zabezpečuje výrobu pitnej vody pre obce Tatranská Javorina, časť Podspády a Ždiar (cca 1400 - 5000 zásobovaných obyvateľov). Úpravňa vody upravuje povrchovú vodu z toku Javorinka s celkovým projektovaným výkonom 16 l/s. Surová voda gravitačne priteká na úpravňu vody, úprava prebieha na tlakových filtroch a upravená voda je v akumulačnej nádrži zdravotne zabezpečená chlórnanom sodným.

Počas mimoriadnej situácie došlo k poškodeniu a znefunkčneniu odberného objektu, prírodného potrubia DN 200 v dĺžke 130 m na úpravňu vody a k poškodeniu zásobného potrubia DN 250 v dvoch miestach v dĺžke 195 m a 81 m do spotrebného miesta Tatranská Javorina. Po trase do spotrebného miesta Ždiar bolo povodňou spôsobené obnaženie prírodného potrubia DN 200 v dĺžke 100 m. Zároveň bol poškodený prírodný kábel elektrickej prípojky a prístupová cesta na úpravňu vody.

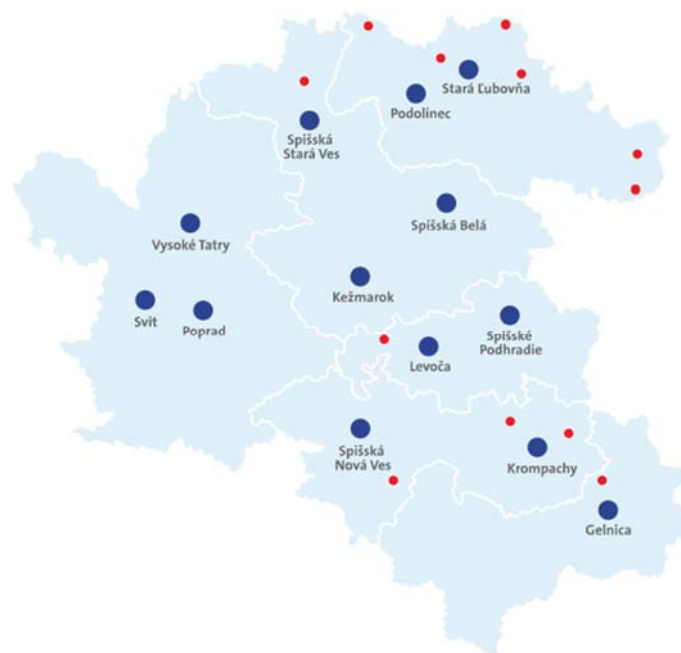
Vzhľadom na závažnosť situácie a rozsahu poškodenia bol zvolaný krízový štáb a boli prijaté opatrenia na stabilizáciu dodávky pitnej vody pre obyvateľstvo. Najprv sme pristúpili k náhradnému zásobovaniu rozvozom pitnej vody cisternami a k realizácii dočasných prepojení na provizórne zásobovanie vodou. Pre zabezpečenie elektrickej energie bola použitá elektrocentrála až do obnovenia elektrickej prípojky. Z dôvodu znefunkčnenia odberného objektu bola surová voda čerpaná a provizórnym potrubím privedená do úpravne vody. Po sprevádzkovaní úpravne vody sa vykonal preplach vodovodnej siete.

Následne vlastnícka spoločnosť PVS, a.s. zrealizovala opravu elektrickej prípojky a tiež osadenie nových potrubí v miestach dočasných prepojení. Pôvodný dnový odberný objekt bol nahradený novým odberným objektom, ktorý funguje na princípe coanda efektu. Stavebná časť odberného objektu je navrhnutá tak, aby bola schopná odolať povodňovým stavom.

Mimoriadne extrémne sucho v roku 2022

Rok 2022 bol z hľadiska mimoriadneho výskytu sucha v rámci celej Európy výnimočný. Extrémne suché počasie zasiahlo takmer 60 % územia Slovenska [4]. Viaceré vodárenské spoločnosti museli prijímať opatrenia na zabezpečenie dostatočnej výroby a dodávky pitnej vody pre obyvateľstvo. Aj v rámci pôsobnosti PVPS,a.s. sme pocítili dopad mimoriadne suchého počasia. Už na jeseň v roku 2021 bolo zaznamenané suché obdobie, ktoré malo negatívny vplyv na množstvo podzemnej vody v podtatranskej oblasti. V roku 2022 extrémne sucho ešte viac ovplyvnilo a znížilo výdatnosti vodných zdrojov na kritické minimum. Dopad to malo hlavne na zásobované obce, ktoré využívajú lokálne vodné zdroje závislé na atmosférických zrážkach. Najviac obcí bolo zasiahnutých v okrese Stará Ľubovňa, v okolí Krompách a Spišskej Novej Vsi (obr. 2).

Obr. 2 Miesta výskytu kritickej výdatnosti vodných zdrojov



Výrazný pokles výdatnosti vodných zdrojov spôsobil v zasiahnutých distribučných systémoch obmedzenie resp. prerušenie dodávky pitnej vody aj na niekoľko hodín. Pokles výdatnosti vodných zdrojov v najviac zasiahnutých zásobovaných oblastiach v porovnaní s priemernou výdatnosťou vodných zdrojov sa pohyboval v rozmedzí 35 – 80 %.

Okresné mesto Stará Ľubovňa i jeho okolité obce sa nachádzajú v oblasti tzv. Karpatského flyšu s kritickým nedostatkom pitnej vody, predovšetkým v letných mesiacoch [5]. Flyšové podložie z pohľadu hydrogeológie je veľmi chudobné na vodu a málo priepustné pre zrážkové vody, čím sa vytvárajú minimálne zásoby podzemnej vody. Z dôvodu dlhodobého deficitu vodných zrážok došlo k postupnému zníženiu výdatnosti prameňov zásobujúcich obce.

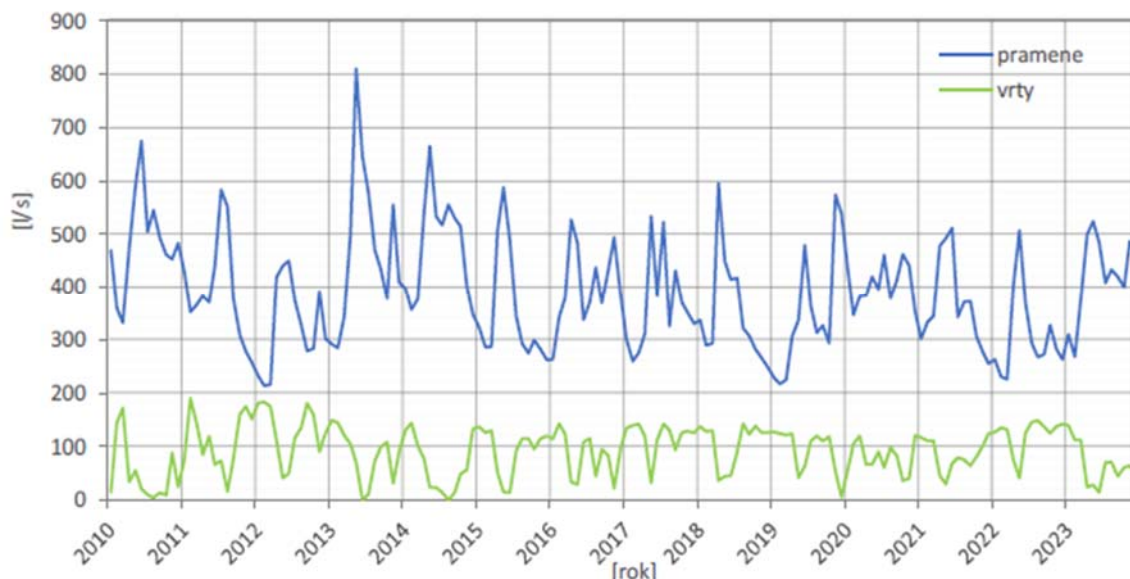
Krompachy a širšie okolie je po geologickej stránke veľmi zaujímavé, ale z pohľadu hydrogeológie je veľmi chudobné na vodu. V oblasti sa v minulosti vykonávala banská činnosť, ktorá sa výrazne podpísala na kvalite a kvantite vodných zdrojov. Vodné zdroje v záujmovom území vykazujú značnú kolísavosť a v suchých obdobiach niektoré celkom vysychajú alebo v zimnom období vymrzajú.

K riešeniu kritických situácií spôsobených nedostatkom pitnej vody sme pristupovali individuálne. Na základe vývoja spotreby a výdatnosti vodných zdrojov boli prijaté opatrenia na zabezpečenie dodávky pitnej vody. Prebiehala aktívna komunikácia s vlastníkom vodovodu PVS, a.s. a zástupcami dotknutých obcí.

V zasiahnutých lokalitách boli vyhlásené regulačné stupne v zmysle vyhlášky č. 220/2012 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o zásobovaní vodou na obdobie krízovej situácie. Zabezpečené bolo náhradne zásobovanie rozvozom pitnej vody cisternami po obciach. Vykonávalo sa vyhľadávanie skrytých únikov na sieti, v prípade zvýšenej poruchovosti sa pristúpilo k rekonštrukciám kritických úsekov, vykonávali sa opravy odberných objektov. Vlastník PVS, a.s. zabezpečil realizáciu revitalizácie vybraných vodných zdrojov (Mníšek nad Popradom, Dlhé Stráže, Kluknava), čo viedlo v niektorých prípadoch k stabilizácii výdatnosti vodných zdrojov. Pre doplnenie deficitu dodávky pitnej vody boli do prevádzky uvedené doplnkové vodné zdroje ÚV Veľká Biela Voda a ÚV Spišské Bystré, pre spotrebné miesta Levoča a Spišská Nová Ves.

Vplyv klimatických zmien pociťujeme aj na našom najväčšom vodárenskom zdroji Liptovská Teplička, ktorý zásobuje cca 210 000 obyvateľov. Tento vodný zdroj pozostáva zo sústavy prameňov a vrtov. Pre porovnanie na grafe 1. uvádzame priebeh výdatnosti prameňov a odberov z vrtov za obdobie 2010 -2023. Z grafu je zrejmé, že z dlhodobého hľadiska výdatnosť prameňov má klesajúci trend . V roku 2014 výdatnosť prameňov dosiahla maximálne množstvo v jarňých mesiacoch 665 l/s a v roku 2022 to bolo len 506 l/s. Chýbajúci deficit vody z prameňov sa dopĺňa čerpanou vodou z vrtov.

Graf 1 Výdatnosť prameňov a čerpané množstvo vody z vrtov.



Zhodnotenie prijatých opatrení a prevádzkové skúsenosti

Zmeny vo výdatnosti zdrojov nie sú rovnomerné rozložené naprieč prevádzkovanou oblasťou. Vzhľadom na charakter a kapacity vodných zdrojov v zasiahnutých oblastiach môžeme predpokladať, že v budúcnosti hrozí opakujúca sa situácia nedostatku pitnej vody. Najviac zasiahnuté boli oblasti, ktoré využívajú lokálne zdroje vody závisle na úhrne zrážok, čím sa stávajú ľahko zraniteľnými. Ako stabilné a efektívne riešenie pre zabezpečenie plynulého zásobovania je prepájanie jednotlivých vodovodných systémov a vytváranie skupinových vodovodov. Čo z vodovodmi, ktoré technicky nie je možné prepojiť s iným vodovodným systémom? V týchto prípadoch je potrebné pristúpiť k revitalizácii existujúcich vodných zdrojov a zamerať sa na vyhľadávanie nových vodných zdrojov resp. doplnkových vodných zdrojov.

Dôležité je zamerať sa v rizikových oblastiach na monitoring siete za účelom vyhľadávania skrytých únikov a udržiavať vodovodnú sieť vo vyhovujúcom technickom stave. Zvýšená pozornosť by sa mala venovať rekonštrukciám poruchových úsekov.

V prípade povodní sú najviac zraniteľné odberné objekty na vodných tokoch. Po realizácii nového odberného objektu v Tatranskej Javorine môžeme skonštatovať, že aj v prípade lokálnych povodní nezaznamenali sme poškodenie odberného objektu. Výhodou tohto typu odberu je samočistiaca schopnosť prepadovej hrany a tým minimalizovanie zásahu pracovníka. Pre zníženie zákalových stavov vyvolaných povodňami sme zaviedli reguláciu úpravní vody od závislosti na zákale surovej vody. Na prívodnom potrubí sa kontinuálne meria zákal na surovej vode a v prípade zvýšenej hodnoty automaticky sa uzavrie prítok na úpravňu vody a surová voda je presmerovaná do odpadného potrubia. Ak poklesne zákal, tak automaticky sa presmeruje prítok surovej vody na úpravňu vody. Týmto spôsobom vieme ochrániť technológiu úpravne vody.

S prebiehajúcimi klimatickými zmenami musíme sa vyrovnávať a ich akceptovať. Preto treba aktívnejšie pracovať na opatreniach, ktorými budeme vedieť zmierniť negatívny dopad a stabilizovať dodávku pitnej vody. Zamerať sa na ochranu existujúcich vodárenských zdrojov, ale aj potenciálnych vodných zdrojov. Zároveň zabezpečiť informovanosť obyvateľstva, aby rešpektovali prijaté opatrenia a zodpovedné pristupovali k pitnej vode a vodným zdrojom.

Záver

Vzhľadom na časté zmeny počasia a opakujúce sa suché obdobia bude problém v zásobovaní pitnou vodou pretrvávať, resp. bude sa prehlbovať. Ako možné riešenie na zvládnutie negatívneho dopadu klimatických zmien je zavádzanie opatrení na stabilizáciu dodávky pitnej vody. Stabilné a dlhodobé riešenie je prepojenie jednotlivých vodovodných systémov a vytváranie skupinových vodovodov. Dôležitá je údržba a obnova existujúcich vodných zdrojov a hospodárne prevádzkovanie vodárenskej infraštruktúry so zameraním na stratovosť vody. Zabezpečenie technického a technologického vybavenia vlastníkov a prevádzkovateľov verejných vodovodov na zvládnutie mimoriadnych situácií.

Realizácia spomínaných opatrení je časovo náročná a vyžaduje značné finančné prostriedky. Inak nebude možné trvalo udržať vyhovujúci stav v zásobovaní verejnými vodovodmi pri narastajúcich požiadavkách na kvalitu dodávaných služieb subjektov, vlastníkov a prevádzkovateľov vodárenských systémov.

Použitá literatúra

- [1] <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures>
- [2] [Prejavy klimatickej zmeny na globálnej úrovni - SHMÚ \(shmu.sk\)](#)
- [3] K. REHOROVKÁ, Vplyv klimatických podmienok na podzemne vody Slovenska, zborník PITNÁ VODA, Trenčianske Teplice 2007
- [4] M. TURŇA, G. IVAŇÁKOVÁ, I. KRČOVÁ, J. ROZKOŠNÝ, J. RIDZON; Zhodnotenie sucha v roku 2022, <https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1299>
- [5] M. KOVAĽ; 30 rokov prevádzky ÚV Jakubany (klasická vrs. Membránová filtrácia), Zborník PITNÁ VODA, Trenčianske Teplice 2019, str. 163-170
- [6] Vyhláška MŽP SR č. 220/2012 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o zásobovaní vodou na obdobie krízovej situácie

Environmentální posouzení výroby pitné vody pro město Plzeň metodou LCA

Ing. Martina Klimtová¹

prof. Ing. Vladimír Kočí, Ph.D. MBA²

¹ VODÁRNA PLZEŇ a.s., Malostranská 143/2, 317 68 Plzeň; martina.klimtova@vodarna.cz

² VŠCHT Praha, FTOP, Ústav udržitelnosti a produktové technologie,
Jankovcova 23, 170 00 Praha 7

Abstrakt

Základní funkcí úpravny vody (ÚV) Plzeň je úprava surové vody z dolního toku řeky Úhlavy do kvality pitné vody pro západočeskou metropoli a její blízké okolí. Proces úpravy tekoucí povrchové vody v tříštupňové technologii je velmi energeticky a materiálově náročný. Výroba pitné vody na ÚV Plzeň jednoznačně zatěžuje životní prostředí emitujícími látkami. Hlavními zdroji emisí v procesu ÚV Plzeň jsou výroba a spotřeba elektrické energie a spotřeba dávkovaných chemikálií, především koagulantu. Standardizovaná metoda posouzení životního cyklu, Life Cycle Assessment (LCA), poskytuje komplexní informace o environmentálních dopadech vodárenského provozu. Metodu LCA jsme aplikovali na posouzení reálného procesu úpravy vody s dávkovaným hlinitým koagulantem a porovnali s variantou dávkování koagulantu na bázi železa. V příspěvku také budou prezentovány výsledky environmentálních dopadů stávajícího vodárenského provozu z pohledu spotřeby elektrické energie v několika variantách energetických scénářů.

Klíčová slova: úprava vody, posuzování životního cyklu, metoda LCA, environmentální hodnocení

Úvod

Do oboru vodárenství začíná postupem doby pronikat otázka udržitelného provozování a posuzování konkrétních vodárenských provozů z pohledu jejich vlivu na životní prostředí. Environmentální posouzení dopadů v komplexním měřítku konkrétního vodárenského provozu v závislosti na spotřebě materiálů a energií umožňuje metoda posuzování životního cyklu LCA. Metoda LCA používá k vyjádření míry škodlivosti životnímu prostředí definované kategorie dopadů (Kočí, 2009). Od počátku milénia bylo zpracováno mnoho vědeckých studií, jejichž cílem bylo environmentálně posoudit a zhodnotit nějakou část vodohospodářské infrastruktury použitím metody LCA. Například studie (Barrios et al., 2008) je zaměřena na posouzení stávajícího stavu vodárenského provozu s variantou změny dávkovaných chemikálií. Rozsáhlejší studie hodnotí podle metody LCA úpravu vody a celý navazující distribuční systém (Maria José Amores, 2013) (Lemos et al., 2013). Nicméně v současné době je publikováno více studií zaměřených na environmentální posouzení pomocí LCA čistíren odpadních vod než úpraven vody (Byrne et al., 2017).

ÚV Plzeň při naplňování základní funkce, úpravy surové vody z tekoucího povrchového zdroje do kvality pitné vody, nepochybně přispívá emisemi různých látek do životního prostředí. Cílem naší studie bylo komplexně posoudit environmentální dopady celého životního cyklu procesu výroby 1 m³ pitné vody. Dále jsme porovnali environmentální dopady stávajícího provozu ÚV s úpravou před její rekonstrukcí, jejíž hybnou silou byla nadlimitní přítomnost pesticidních látek

v řece Úhlavě. Při úpravě povrchové vody obecně platí, že dobře fungující a optimalizovaný proces vodárenské koagulace a flokulace je zásadní pro následné procesy úpravy vody. V rámci naší práce jsme se zaměřili na porovnání environmentálních dopadů výroby pitné vody s používaným koagulantem na bázi hliníku a modelového scénáře alternativy, koagulantu na bázi železa.

Vzhledem k faktu, že každá ÚV vyžaduje značné množství elektrické energie, je právě výroba elektrické energie a následná její spotřeba v procesu úpravy vody zásadním přispěvatelem do celkových environmentálních dopadů vodárenského procesu (Mohapatra et al., 2002). S odkazem na zásadní roli elektrické energie ve vodárenském procesu jsme porovnali pomocí LCA stávající ÚV Plzeň s odběrem elektřiny ze současného energetického mixu České republiky s modelovými variantami zdrojů elektrické energie.

Charakteristika posuzované ÚV Plzeň

ÚV Plzeň s projektovaným výkonem 1000 l/s a reálným výkonem 480 l/s upravuje povrchovou vodu z řeky Úhlavy třístupňovým procesem. Do čerpané surové vody je po případné úpravě pH dávkován koagulant, síran hlinitý. Po homogenizaci následuje proces sedimentace ve dvanácti podélných usazovacích nádržích. Po separaci vzniklých vloček voda gravitačně natéká do šesti otevřených filtrů s drenážním systémem Leopold a náplní Filtralite Mono-Multi. Před vstupem upravované vody do objektu filtrace je zaústěné dávkování manganistanu draselného pro oxidaci manganu. Filtrát pokračuje do objektu ozonizace, kde se rozvádí na čtyři samostatné linky. Ozonizovaná voda postupuje tříkomorovou ozonizační nádrží nejprve sestupnou, pak vzestupnou směšovací sekcí a nakonec vymírací sekcí. Voda po ozonizaci je čerpána na třetí separační stupeň technologické linky, do čtyř otevřených filtrů s náplní granulovaného aktivního uhlí (GAU). Prostřednictvím GAU-filtrace dochází k sorpci rozpuštěných organických látek, produktů ozonizace a případných zbytků anorganických látek z předchozích separačních stupňů. Po GAU-filtraci následuje dezinfekce upravované vody UV zářením pomocí dvojice UV reaktorů. Před vstupem upravené vody do akumulčních nádrží dochází k finální úpravě pitné vody, ke stabilizaci vody dávkou oxidu uhličitého a vápenného hydrátu v podobě vápenné vody a dále k hygienickému zabezpečení nízkými dávkami chloru. Upravená voda je z akumulčních nádrží v objektu ÚV čerpána do pásmových vodojemů v Plzni a dále dodávána téměř 200 000 odběratelům v Plzni a jejím okolí.

Metoda LCA

Metoda LCA přistupuje k hodnocení dopadů na životní prostředí produktů lidské činnosti s ohledem na celý životní cyklus. Hodnocení metodou LCA se provádí dle ČSN EN ISO 140401 a ČSN EN ISO 140442 (ISO 14040, 2006a) (ISO 14044, 2006b). Metoda LCA je robustní a transparentní nástroj kvantifikace potenciálních environmentálních dopadů svázaných s jednotlivými vstupními i výstupními materiálovými a energetickými toky. Pomocí metody LCA lze převést jasné definovaným postupem veškeré uvažované emisní toky na tak zvané kategorie dopadu (acidifikace, eutrofizace, změna klimatu, úbytek ozonové vrstvy aj.). Výstupem transpozice je souhrnná hodnota vyjadřující míru zasažení dané kategorie dopadu. Vzájemné porovnání různých environmentálních dopadů umožňují charakterizační modely a metodiky. K určení velikosti podílu environmentální škody konkrétní kategorie slouží v LCA definovaná normalizace. Normalizované výsledky indikátorů kategorií lze orientačně porovnávat.

Metodika a charakteristika posuzovaného systému

Pro vytvoření modelů LCA byla vybrána provozní data ÚV Plzeň z roku 2012, 2019 a 2022. Vodárenský proces před rekonstrukcí a doplněním technologie reprezentoval rok 2012. Na základě shromážděných provozních dat z roku 2019 jsme provedli porovnání a hodnocení variant

použitých koagulantů. A provozní data ÚV Plzeň z roku 2022 jsme použili k vytvoření modelů energetických scénářů pro alternativní zdroje elektrické energie.

Hranici posuzovaného systému vymezují všechny procesy související s výrobou pitné vody. Prvním takovým procesem je čerpání vstupní surové vody z řeky, následuje dávkování chemikálií, vlastní procesy úpravy vody ve třech separačních stupních a hranice se uzavírá čerpáním výstupní pitné vody do městských vodojemů. Distribuce pitné vody vodovodním systémem, výroba vodovodního potrubí, stavby a údržba objektů v areálu ÚV nejsou do hodnocení zahrnuty. Do zpracování jsou zahrnuty veškeré

Funkční jednotkou a referenčním tokem posuzované ÚV byl zvolen 1 m³ vyrobené pitné vody.

Pro posouzení reálných a modelových scénářů procesu výroby pitné vody v Plzni byla vybrána metodika Environmental Footprint, verze EF 3.0. Jako databázový nástroj pro získání generických dat byla použita databáze GaBi.

Výsledky a diskuze

Tabulka 1 uvádí přehled vybraných indikátorů kategorií dopadu výše uvedené metodiky hodnoceného stávajícího procesu výroby pitné vody. Z hodnot jednotlivých kategorií dopadu, vyjádřených referenční jednotkou, a také z procentuálních podílů částí procesu ve vztahu k celkovým dopadům ÚV vyplývá, že hlavními zdroji emisí jsou spotřeba a výroba elektrické energie a velmi významným přispěvatelem je také spotřeba a výroba chemikálií. V prvním sloupci Tabulky 1 jsou vyznačené kategorie dopadu, které jsou procesem výroby pitné vody v Plzni nejvíce zasaženy.

Tab. 1 Vybrané výsledky indikátorů metodiky EF 3.0. při výrobě 1 m³ pitné vody v ÚV Plzeň

Indikátory kategorie dopadu	ÚV Plzeň v 2022	Kalová koncovka	Elektřina	chemikálie	Zemní plyn	Doprava
Acidification [Mole of H ⁺ eq.]	1,58E-03 100%	5,75E-08 0%	7,24E-04 45%	6,97E-04 44%	2,30E-05 1%	1,02E-05 1%
Climate Change - total [kg CO ₂ eq.]	4,90E-01 100%	1,44E-04 0%	3,05E-01 62%	9,77E-02 20%	4,18E-02 9%	2,71E-03 1%
Ecotoxicity, freshwater - total [CTUe]	4,10E+00 100%	2,93E-04 1%	1,98E+00 48%	1,82E+00 44%	5,93E-03 0%	2,50E-02 1%
Eutrophication, freshwater [kg P eq.]	3,83E-05 100%	8,08E-09 0%	9,21E-07 2%	3,72E-05 97%	4,66E-09 0%	9,62E-09 0%
Eutrophication, marine [kg N eq.]	2,58E-04 100%	7,16E-08 0%	1,42E-04 55%	7,23E-05 28%	1,04E-05 4%	4,75E-06 2%
Eutrophication, terrestrial [Mole of N eq.]	2,81E-03 100%	1,91E-07 0%	1,47E-03 52%	8,81E-04 31%	1,13E-04 4%	5,33E-05 2%
Human toxicity, cancer - total [CTUh]	1,62E-10 100%	7,89E-15 0%	3,49E-11 22%	1,17E-10 72%	4,22E-12 3%	5,09E-13 0%
Human toxicity, non-cancer - total [CTUh]	6,09E-09 100%	1,10E-12 0%	2,43E-09 40%	2,74E-09 45%	5,13E-10 8%	3,30E-11 1%
Ionising radiation, human health [kBq U235 eq.]	7,33E-02 100%	3,51E-07 0%	5,20E-02 71%	1,43E-02 20%	1,65E-05 0%	6,71E-06 0%
Land Use [Pt]	2,44E+00 100%	1,73E-05 0%	1,85E+00 76%	3,24E-01 13%	1,62E-03 0%	1,50E-02 1%
Ozone depletion [kg CFC-11 eq.]	4,96E-09 100%	2,25E-17 0%	2,31E-12 0%	4,94E-09 99%	7,40E-16 0%	2,31E-16 0%
Particulate matter [Disease incidences]	1,24E-08 100%	5,53E-13 0%	5,45E-09 44%	5,55E-09 45%	4,24E-10 3%	5,85E-11 0%
Photochemical ozone formation, human health [kg NMVOC eq.]	7,31E-04 100%	1,01E-07 1%	3,91E-04 53%	2,17E-04 30%	3,61E-05 5%	9,21E-06 1%
Resource use, fossils [MJ]	8,20E+00 100%	2,00E-04 0%	5,38E+00 66%	1,36E+00 17%	6,87E-01 8%	3,59E-02 0%
Water use [m ³ world equiv.]	1,93E+00 100%	4,98E-07 0%	4,68E-03 0%	6,25E-02 3%	3,31E-05 0%	3,04E-05 0%

Výsledky vybraných indikátorů kategorií dopadu uvedené v Tabulce 2 potvrdily předpoklad, že proces úpravy vody před rekonstrukcí, se dvěma stupni separace, v porovnání se současnou třístupňovou technologií vykazoval vyšší celkové environmentální dopady. Nižší spotřeba elektřiny ÚV po rekonstrukci se významně promítla na snížení kategorií dopadu, které souvisí s výrobou elektrické energie na území České republiky.

Tab. 2 Porovnání výsledků indikátorů kategorií dopadu procesu výroby 1 m³ pitné vody na ÚV před rekonstrukcí se současným stavem (ÚV Plzeň v 2012 a ÚV Plzeň v 2019)

Indikátory kategorií dopadu	ÚV PŘED	ÚV PO
	rekonstrukcí	rekonstrukci
Acidification [Mole of H ⁺ eq.]	2,30E-03	1,84E-03
Climate Change - total [kg CO ₂ eq.]	7,62E-01	5,71E-01
Ecotoxicity, freshwater - total [CTUe]	5,45E+00	4,36E+00
Eutrophication, freshwater [kg P eq.]	4,36E-05	3,71E-05
Eutrophication, marine [kg N eq.]	3,91E-04	3,13E-04
Eutrophication, terrestrial [Mole of N eq.]	4,25E-03	3,41E-03
Human toxicity, cancer - total [CTUh]	1,99E-10	1,62E-10
Human toxicity, non-cancer - total [CTUh]	8,34E-09	6,38E-09
Ionising radiation, human health [kBq U235 eq.]	9,66E-02	7,45E-02
Land Use [Pt]	3,11E+00	2,36E+00
Ozone depletion [kg CFC-11 eq.]	5,62E-09	4,81E-09
Particulate matter [Disease incidences]	2,39E-08	1,99E-08
Photochemical ozone formation, human health [kg NMVOC eq.]	1,11E-03	8,85E-04
Resource use, fossils [MJ]	1,23E+01	9,17E+00
Water use [m ³ world equiv.]	2,04E+00	1,93E+00

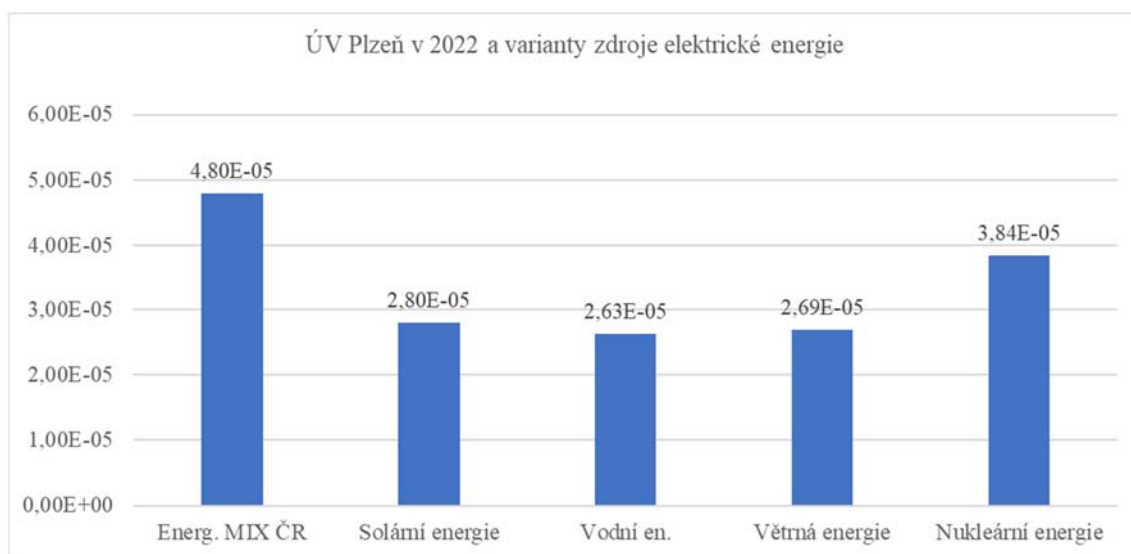
V Tabulce 3 jsou prezentovány výstupní hodnoty dvou variant koagulantů pro vybrané kategorie dopadu. Celkové environmentální dopady procesu úpravy vody s použitím železitého koagulantu byly pro všechny kategorie dopadu nižší než trvalé dávkování hlinitého koagulantu. Nižší celkové dopady lze částečně vysvětlit nižší potřebou síranu železitého než síranu hlinitého při úvaze stejného znečištění upravované vody.

Tab. 3 Porovnání výsledků vybraných indikátorů kategorií dopadu procesu ÚV Plzeň s používaným koagulantem a jeho alternativou

Indikátory kategorií dopadu	Hlinitý koagulant		Železitý koagulant	
	ÚV	Al ₂ (SO ₄) ₃	ÚV	Fe ₂ (SO ₄) ₃
Acidification [Mole of H ⁺ eq.]	1,84E-03	6,47E-04	1,50E-03	3,10E-04
Climate Change - total [kg CO ₂ eq.]	5,71E-01	4,21E-02	5,41E-01	1,24E-02
Ecotoxicity, freshwater - total [CTUe]	4,36E+00	1,62E+00	3,09E+00	3,55E-01
Eutrophication, freshwater [kg P eq.]	3,71E-05	3,59E-05	1,30E-06	1,10E-07
Eutrophication, marine [kg N eq.]	3,13E-04	5,96E-05	2,66E-04	1,29E-05
Eutrophication, terrestrial [Mole of N eq.]	3,41E-03	7,43E-04	2,81E-03	1,38E-04
Human toxicity, cancer - total [CTUh]	1,62E-10	1,06E-10	6,28E-11	7,06E-12
Human toxicity, non-cancer - total [CTUh]	6,38E-09	2,02E-09	4,68E-09	3,15E-10
Ionising radiation, human health [kBq U235 eq.]	7,45E-02	1,08E-02	6,47E-02	1,07E-03
Land Use [Pt]	2,36E+00	2,43E-01	2,14E+00	2,16E-02
Ozone depletion [kg CFC-11 eq.]	4,81E-09	4,78E-09	3,08E-11	3,42E-14
Particulate matter [Disease incidences]	1,99E-08	4,65E-09	1,75E-08	2,17E-09
Photochemical ozone formation, human health [kg NMVOC eq.]	8,85E-04	1,84E-04	7,61E-04	6,06E-05
Resource use, fossils [MJ]	9,17E+00	8,96E-01	8,79E+00	5,13E-01
Water use [m ³ world equiv.]	1,93E+00	5,54E-02	1,88E+00	1,46E-03

Obrázek 1 názorně ukazuje rozdílné hodnoty celkových environmentálních dopadů podle metodiky EF 3.0 stávajícího procesu výroby 1 m³ pitné vody na ÚV Plzeň a modelových variant alternativních zdrojů elektrické energie. Energetický mix ČR má majoritní podíl elektřiny vyrobené z fosilních zdrojů, následuje energie vyrobená v jaderné elektrárně a pouhých 13% tvoří energie vyrobená z obnovitelných zdrojů. Není tedy překvapením, že vodárenský proces s elektřinou z distribuční sítě vykazuje největší celkové environmentální dopady. Hypotetická možnost využití elektřiny vyrobené pouze v jaderné elektrárně neskýtá výrazný pokles v celkových dopadech ve srovnání s reálnou energetickou možností. K významnému poklesu normalizovaných hodnot dochází v případě úvahy „čisté“ elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

Obr. 1 Porovnání celkových environmentálních dopadů provozu ÚV Plzeň různých variant zdrojů elektrické energie (normalizované výsledky)



Závěr

Výsledky použité metodiky doložily, že na celkových environmentálních dopadech procesu úpravy povrchové vody v Plzni se nejvíce podílí výroba a spotřeba elektrické energie a také výroba dávkovaných chemikálií, především koagulantu. Přestože v rámci rekonstrukce byla technologie ÚV Plzeň rozšířena o jeden separační stupeň a doplněna o energeticky náročný proces dezinfekce UV zářením, v porovnání s provozem ÚV před rekonstrukcí, vykazuje nižší celkové environmentální dopady. Vodárenská koagulace hraje v procesu úpravy povrchové vody zásadní roli. Z výstupů hodnocení ÚV Plzeň podle LCA se výroba a spotřeba koagulantu výrazně promítá do celkových environmentálních dopadů. Porovnání stávající technologie s použitím hlinitého koagulantu, který vyhovuje z hlediska charakteru povrchového zdroje, poskytla příznivější výsledky ve všech kategoriích dopadu alternativa železitého koagulantu. Při výrobě hlinitého koagulantu dochází k uvolňování toxických látek do všech složek životního prostředí. V České republice je výroba elektrické energie svázána především s úbytkem fosilních surovin, proto největší zátěž pro životní prostředí v porovnání s alternativami zdrojů vykazoval stávající proces úpravy vody se spotřebovanou elektřinou z distribuční sítě.

Podstatnou funkcí ÚV je úprava vody do požadované kvality pitné vody a obecně provozy ÚV v porovnání s provozy ČOV nemají příliš možností, jak si zajistit energetickou soběstačnost a touto cestou cílit na snižování environmentálních dopadů.

Literatura

Barrios, R., Siebel, M., Van Der Helm, A., Bosklopper, K., Gijzen, H., 2008. Environmental and financial life cycle impact assessment of drinking water production at Waternet. *Journal of Cleaner Production* 16, 471–476. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.07.052>

Byrne, D.M., Lohman, H.A.C., Cook, S.M., Peters, G.M., Guest, J.S., 2017. Life cycle assessment (LCA) of urban water infrastructure: emerging approaches to balance objectives and inform comprehensive decision-making. *Environ. Sci.: Water Res. Technol.* 3, 1002–1014. <https://doi.org/10.1039/C7EW00175D>

ISO 14040, 2006a. ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.

ISO 14044, 2006b. ISO 14044:2006 Environmental management Life cycle assessment Requirements and guidelines.

Kočí, V., 2009. Posuzování životního cyklu Life Cycle Assessment - LCA, Vyd. 1. ed. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim.

Lemos, D., Dias, A.C., Gabarrell, X., Arroja, L., 2013. Environmental assessment of an urban water system. *Journal of Cleaner Production* 54, 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.04.029>

Maria José Amores, 2013. Environmental assessment of urban water cycle on Mediterranean conditions by LCA approach. *Journal of cleaner production* v. 43, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.033>

Přírodní zdroje záření a zásady jejich regulace v oblasti vodárenství

Ing. Růžena Šináglová

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Senovážné náměstí 9, 110 00 Praha 1
ruzena.sinaglova@sujb.cz

Abstrakt

Příspěvek Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) pro konferenci VODA ZLÍN 2024 podává základní informaci o přírodních zdrojích záření, možnostech expozice pro člověka a zásadách její regulace. Neexistuje možnost, jak se mohou lidé expozici zdrojům záření, které jsou přírodní povahy, zcela vyhnout, expozici lze pouze, do určité míry ovlivnit způsobem života - vlastní volbou jak a kde žijeme, co jíme a pijeme [6].

Zákon č. 263/2016 Sb. [1] (dále atomový zákon) se v oblasti, která souvisí s vodárenstvím, vztahuje na pitnou a balenou vodu a na pracovní podmínky pracovníků vykonávajících práce na pracovištích, kde je nakládáno s vodou z podzemních zdrojů, kde jsou upravovány vlastnosti vody z podzemních zdrojů nebo kde je nakládáno vodárenskými kaly z úpravy vody z podzemního zdroje. Atomový zákon reguluje oblast dodávání pitné vody dodávané pro veřejnou potřebu a balené vody dodávané na trh v České republice a stanovuje povinnosti dodavatelům pitné vody a provozovatelům úpraven vody z podzemních zdrojů.

Úvod

Přírodní ozáření způsobují primárně dva zcela odlišné zdroje záření - záření kosmické a záření z pozemních zdrojů, z přírodních radionuklidů, které jsou obsaženy v životním prostředí. Druhotně jde o záření radionuklidů, které vznikají průběžně reakcemi kosmického záření se stabilními prvky ve vnějším obalu Země a záření radionuklidů tvořících přeměnové řady, se kterými se setkáváme v přírodě (uran-radiové, thoriové a aktiniové) [7].

Kosmické záření je významným zdrojem přírodního záření a tvoří převažující část zevního ozáření. Pochází z vesmíru a částečně také ze Slunce, ze kterého se uvolňuje během erupcí. Dopadá na Zemi přímo a vlivem interakcí se složkami atmosféry vytváří jiné druhy záření nebo radioaktivního materiálu. Protože zemská atmosféra a magnetické pole Země intenzitu kosmického záření významně snižují, jsou některé části Země ozářeny více než jiné. Kosmické záření se dále vychyluje magnetickým polem severního a jižního pólu důsledkem čeho jsou polární oblasti jeho působení vystaveny více než oblasti rovníkové. Úroveň expozice kosmickému záření stoupá též s nadmořskou výškou [6]. Atomový zákon reguluje ozáření posádek na palubách letadel, do oblasti vodárenství tento druh záření nezasahuje.

Vše, co se vyskytuje na zemském povrchu i uvnitř Země obsahuje přírodní radionuklidy s extrémně dlouhodobými poločasy rozpadu (např.: U238, Th232, K40), které sice vznikly již v raných stádiích vesmíru, ale v důsledku velmi dlouhých poločasů rozpadu (miliardy let) se na Zemi vyskytují ve významné míře. Spolu s radionuklidy vznikajícími jejich přeměnou, např. Ra226 a Rn222 tvoří významnou expozici z pozemních zdrojů. Atomový zákon reguluje obsah přírodních radionuklidů v pitné vodě a stavebních materiálech, ozáření přírodními radionuklidy v budovách a na pracovištích, do oblasti vodárenství zasahuje regulací obsahu přírodních radionuklidů

v pitné a balené vodě a regulací ozáření pracovníků při nakládání s vodou z podzemních zdrojů nebo úpravě jejích vlastností.

Všechny rostlinné i živočišné druhy na Zemi byly a jsou vystaveny ozáření z přírodního pozadí, pod kterým rozumíme vystavení osob ionizujícímu záření z radionuklidů v lidském těle, běžnému kosmickému záření na zemském povrchu nebo záření z radionuklidů obsažených v zemské kůře [7]. Regulace ozáření z přírodního pozadí je z důvodu jeho povahy obtížná a atomovému zákonu tento druh ozáření nepodléhá.

Radon

Radon 222 je produkt rozpadové řady uranu 238 přítomného v horninách a půdách. Radon je plynného skupenství, běžně uniká z půdy, je přítomen všude v atmosféře, je rozpuštěn v podzemní vodě, proniká do budov. Má krátký poločas rozpadu, jeho dceřiné produkty jsou krátkodobé s výjimkou posledního, stabilního izotopu olova. Po vdechnutí se radon rychle rozpadá a jeho rozpadové produkty (např. Po210 a Po214) jsou zachycovány v plicích, kde jimi uvolňované alfa částice ozařují buňky výstelky dýchacích cest [6].

Radon se nachází jak ve vodě, tak v objektech, v různém množství. Konkrétní situace souvisí s množstvím radonu přítomným v podloží, znalost geologického podloží tak pomáhá identifikovat oblasti, kde je vyšší pravděpodobnost výskytu radonu. Českou geologickou službou byla v rámci Radonového programu ČR [10] sestavena geologická prognózní mapa radonového indexu geologického podloží, rozděluje území ČR z hlediska nebezpečí výskytu radonu na oblasti s nízkým, středním a vysokým radonovým rizikem. Mapová aplikace zpřístupňuje statisticky zpracovaná data o radonovém riziku pro administrativní jednotky ČR formou tzv. komplexní radonové informace, jejím těžištěm jsou obce a jejich části, dle kterých lze informace o riziku radonu v daném místě snadno vyhledat [8,9]. Mapy slouží pouze k poskytnutí základních informací o situaci v daném místě, skutečný stav je třeba vždy ověřit měřením.

Regulace obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě

Na mnoha místech v České republice se podzemní voda buď dostává do přímého styku s podložím obsahujícím přirozené produkty rozpadové uranové řady, nebo se dostává do styku jen s radonem, který se šíří v podzemí na velké vzdálenosti, kde kontaminuje podzemní vodu i bez přímé návaznosti na podloží obsahující uran, v takovém případě jsou ve vodě přítomny ve větší míře pouze dceřiné rozpadové produkty radonu.

Požadavky pro pitnou vodu upravuje atomový zákon a vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje (dále jen vyhláška) [2], podrobnosti k provádění některých ustanovení atomového zákona a vyhlášky jsou uvedeny v Doporučení SÚJB [3]. Platná právní úprava se nevztahuje na minerální vodu, která pochází z přírodního léčivého zdroje nebo zdroje přírodní minerální vody, o nichž bylo vydáno osvědčení o zdroji podle jiného právního předpisu, ani na vodu určenou k lidské spotřebě ze zdroje pro individuální zásobování s denní kapacitou v průměru nižší než 10 m³ nebo zásobující méně než 50 osob, pokud tato voda není dodávána v rámci podnikatelské činnosti nebo služby pro veřejnost. Uvedené právní předpisy stanoví dodavatelům vody pro veřejnou potřebu a výrobcům a dovozcům balené vody povinnosti, např. zajistit systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů pro vodu z podzemního zdroje a pro směs vody z podzemního zdroje a vody povrchové a oznamovat výsledky měření SÚJB spolu s dalšími evidovanými údaji.

Atomovým zákonem a vyhláškou jsou stanoveny vyšetřovací úrovně pro celkovou objemovou aktivitu alfa (0,2 Bq/l) a celkovou objemovou aktivitu beta (0,5 Bq/l) a referenční úrovně obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě pro objemovou aktivitu radonu (100 Bq/l) a indikativní dávku (0,1 mSv/rok). Při překročení vyšetřovacích úrovní musí být proveden doplňující rozbor

pro stanovení objemové aktivity dalších radionuklidů, jehož výsledky se použijí k výpočtu indikativní dávky, která se porovnává s referenční úrovní 0,1 mSv/rok. Pokud není na vodovodu zařízení k cílenému odstranění radionuklidů a měřením je prokázáno po řadu 5ti po sobě jdoucích let nepřekročení referenční úrovně, nemusí se v následujících letech provádět měření vody, pokud nedojde ke změně, která by mohla ovlivnit obsah přírodních radionuklidů ve vodě. V případě překročení referenční úrovně celkové objemové aktivity radonu 100 Bq/l nebo indikativní dávky 0,1 mSv/rok musí být provedeno opatření, které snižuje míru ozáření na úroveň tak nízkou, jaké lze rozumně dosáhnout při zohlednění všech hospodářských a společenských hledisek. Je to proces tzv. optimalizace radiační ochrany, kterým se rozhoduje o tom, zda je či není třeba provádět opatření pro snížení obsahu radionuklidů ve vodě. Pro radon je zavedena nejvyšší přípustná hodnota objemové aktivity radonu (300 Bq/l), při jejímž překročení se voda nesmí dodávat, o opatření na snížení radonu ve vodě se v takovém případě již nerozhoduje, ale musí být provedeno vždy.

Vyhláška upřesňuje rozsah, četnost a způsob evidence výsledků měření a dalších údajů, které se oznamují SÚJB. Tyto údaje musí být oznamovány SÚJB poprvé před zahájením dodávání pitné vody pro veřejnou potřebu a balené vody na trh v ČR, a následně opakovaně v každém kalendářním roce. Ukončení dodávání pitné vody pro veřejnou potřebu nebo ukončení dodávání balené vody na trh v ČR musí být oznámen SÚJB neprodleně. Evidované údaje musí být uchovávány po dobu 5 let od ukončení dodávání pitné vody pro veřejnou potřebu nebo ukončení dodávání balené vody na trh v ČR.

Regulace ozáření pracovníků na pracovišti

Atomový zákon stanoví, z hlediska přírodního ozáření, požadavky také na pracoviště, kde je s vodou z podzemního zdroje nakládáno, nebo kde jsou upravovány její vlastnosti. Oba výše citované právní předpisy stanovují pravidla pro pracovní podmínky pracovníků vykonávajících zde práce a stanovují podmínky pro uvolňování radioaktivní látky z technologií úpravy podzemních vod. Podrobnosti k provádění některých ustanovení atomového zákona a vyhlášky jsou uvedeny v Doporučení SÚJB [4,5].

Pokud je pitná voda pro veřejnou potřebu dodávána zcela bez úpravy (případně jen s hygienickým zabezpečením nebo jen po odradonování), jedná se o pracoviště, kde je s podzemní vodou pouze nakládáno (např. stáčírna a úpravny vod, čerpací stanice, vodojemy apod.), tato pracoviště jsou zařazena jako „*pracoviště s možným zvýšeným ozářením z radonu*“, kde je třeba ověřovat pracovní podmínky osob vykonávajících zde práce ve vztahu k radonu v ovzduší.

Převážnou většinu podzemních zdrojů vody v ČR lze využívat teprve až po úpravě některé z vlastností surové vody, aby podzemní voda mohla být do sítě dodávána jako voda pitná. Zařízení na úpravu vlastností podzemní vody jsou z hlediska radiační ochrany „*pracovišti s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření*“, na nichž je třeba, vedle ověřování pracovních podmínek osob vykonávajících zde práce, také vhodným způsobem nakládat s materiály, které jsou z těchto pracovišť uvolňovány mimo areál úpravny vody.

K základním povinnostem společným pro oba typy pracovišť patří: zajistit měření za účelem stanovení osobních dávek pracovníka a evidenci výsledků měření a osobních dávek pracovníka, oznamovat Úřadu informace o pracovišti, výsledcích měření a osobních dávkách pracovníka, zajistit optimalizaci radiační ochrany na pracovišti, pokud je překročena stanovená úroveň a informovat každého pracovníka o možném zvýšeném ozáření z přírodního zdroje záření, o výsledcích měření na pracovišti, o osobních dávkách stanovených měřeními a o související zdravotní újmě v důsledku ozáření a o provedených opatřeních ke snížení ozáření. Je-li úprava vody pracovištěm s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření, musí provozovatel zajistit ochranu těhotné ženy podle § 64 odst. 3 atomového zákona.

Uvolňování radioaktivní látky

Pro pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje platí podmínky stanovené v § 95 atomového zákona pro uvolňování radioaktivní látky z tohoto pracoviště. Pokud jsou odpadní produkty vznikající při procesu úpravy vody, jako odpadní voda, vodárenské kaly a použité filtry a filtrační náplně uvolňovány mimo areál úpravní vody, jsou považovány za radioaktivní látky definované v § 2 odst. 2 písm. b) atomového zákona.

Před uvolněním je třeba měřením ověřit obsah přírodních radionuklidů v nich, výsledky porovnat s tzv. uvolňovacími úrovněmi a podle toho s těmito látkami nakládat. Každý, kdo uvolňuje radioaktivní látku z pracoviště, je povinen předcházet neodůvodněnému nahromadění radioaktivní látky uvolňované z pracoviště, zajistit měření a hodnocení obsahu radionuklidů v radioaktivní látce uvolňované z pracoviště, a to včetně případů, kdy je uvolňovaná radioaktivní látka určena pro opakované použití nebo recyklaci, výsledky měření evidovat a oznamovat SÚJB a mít zpracovaný vnitřní předpis pro nakládání s radioaktivní látkou uvolňovanou z pracoviště a postupovat podle něj.

Radioaktivní látku lze uvolňovat bez povolení SÚJB v tom případě, kdy nejsou překročeny stanovené uvolňovací úrovně (§ 105 vyhlášky). Bez povolení SÚJB lze radioaktivní látku uvolňovat též v případě, kdy je prokázáno, že efektivní dávka každého jednotlivce z obyvatelstva způsobená v kalendářním roce uvolněním radioaktivní látky je menší než 0,3 mSv. V ostatních případech je možné uvolňovat radioaktivní látku jen na základě povolení SÚJB.

Měření na pracovišti za účelem stanovení osobních dávek pracovníků

Při nakládání s vodou z podzemních zdrojů se radon, radioaktivní plyn obsažený v surové vodě, může z vody uvolňovat a hromadit se ve vnitřním prostředí staveb. Objemová aktivita radonu (OAR) se měří jak u pracovišť s možným zvýšeným ozářením z radonu, tak u pracovišť s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu. U pracovišť s možným zvýšeným ozářením z radonu se měření OAR provádí tam, kde je celková pracovní doba pracovníků delší než 100 hodin za rok, u pracovišť s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu se měření OAR provádí vždy. Na pracovišti s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu musí být provedeno také měření k posouzení, zda je překročena úroveň 1 mSv/rok pro efektivní dávku, která nezahrnuje dávku obdrženou z ozáření z přírodního pozadí a z ozáření radonem.

Závěr

Přírodní zdroje způsobují největší podíl expozice obyvatel světa, v radiační expozici obyvatel přírodní zdroje v celosvětovém měřítku dominují, největší část expozice připadá na radioaktivní látky ve vzduchu, který dýcháme, v potravě, kterou jíme a ve vodě, kterou pijeme [6]. Regulace přírodních radionuklidů při dodávání pitné vody a při její úpravě se řídí současnými zásadami radiační ochrany pro ochranu zdraví lidí a životního prostředí.

Regulace přírodního ozáření z pitné vody v ČR má dlouholetou tradici. Poprvé byly požadavky pro pitnou vodu zavedeny do právních předpisů ČR vyhláškou ministerstva zdravotnictví v roce 1991, předmětem regulace byl tehdy pouze radon, regulace významně zasáhla do oblasti vodárenství rozvojem technologií pro odstranění radonu z pitné vody. Od roku 1997 se kromě radonu sledují v pitné vodě další přírodní radionuklidy emitující záření alfa a beta. Atomový zákon stanovuje povinnosti dodavatelům pitné vody dodávané pro veřejnou potřebu a pro výrobce balené vody.

Atomový zákon reguluje také ozáření pracovníků na pracovišti. Povinnosti zajistit měření za účelem stanovení osobních dávek pracovníků a měření obsahu přírodních radionuklidů v uvolňované látce jsou stanoveny v oblasti vodárenství provozovatelům úpraven vody z podzemních zdrojů, od roku 2017 je stanoveno povinné poskytování údajů o pracovišti Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost.

Literatura

- [1] ZÁKON č. 263/2016 Sb., atomový zákon
- [2] VYHLÁŠKA č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje
- [3] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST (2017): Doporučení: Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě pro veřejnou potřebu a v balené vodě, čj. SÚJB/OS/19078/2017, DR-RO-5.1(Rev.0.0), dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/prirodni-zdroje-ionizujiciho-zareni/aktualne-platna-doporuceni-sujb>
- [4] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST (2022): Doporučení: Stanovování osobních dávek pracovníků na pracovištích s možným zvýšeným ozářením z radonu, čj. SÚJB/OS/15484/2022, DR-RO-5.5(Rev.0.1), dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/prirodni-zdroje-ionizujiciho-zareni/aktualne-platna-doporuceni-sujb>
- [5] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST (2018): Doporučení: Stanovování osobních dávek pracovníků na pracovištích s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu, čj. SÚJB/OS/3914/2018, DR-RO-5.3(Rev.0.0), dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/prirodni-zdroje-ionizujiciho-zareni/aktualne-platna-doporuceni-sujb>
- [6] UNEP, Program OSN pro ochranu životního prostředí (2016): Ionizující záření, účinky a zdroje, ISBN: 978-92-807-3600-7
- [7] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST: Ozáření z přírodních druhů záření, dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/prirodni-zdroje-ionizujiciho-zareni/ozareni-z-prirodnich-zdroju-zareni>
- [8] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA, STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST: Komplexní radonová informace pro administrativní jednotky, dostupné z: <https://mapy.geology.cz/radon/>
- [9] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA (2002): Mapy radonového indexu geologického podloží 1:50 000 sestavované v rámci Radonového programu ČR, dostupné z: <https://cgs.gov.cz/onas/aktuality/radonove-mapy-1-50-000-zpristupneny-na-portalu-cgs>
- [10] RADONOVÝ PROGRAM ČESKÉ REPUBLIKY: www.radonovyprogram.cz

Améby - dôležitý indikátor kvality pitných a teplých vôd

RNDr. Viera Nagyová, PhD.

Mgr. Lucia Chomová, PhD.; Ing. Hana Némová

Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky

Abstrakt

Améby (meňavky) sú jednobunkové organizmy najčastejšie žijúce v prostredí spojenom s vodou. Niektoré druhy meňaviek môžu spôsobiť vážne ochorenia človeka súvisiace s využívaním pitnej vody alebo teplej vody. Epidemiologicky významná je schopnosť améb vytvárať cysty odolné bežnej dezinfekcii a možnosť ich symbiotického vzťahu s inými patogénnymi mikroorganizmami.

Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky v Bratislave dlhodobo monitoruje výskyt améb v súvislosti s možným výskytom legionel predovšetkým v zdravotníckych zariadeniach a domovoch sociálnych služieb so zameraním na druhy potenciálne patogénne pre človeka. Špeciálna pozornosť je venovaná meňavkám rodu *Acanthamoeba*. Na ich identifikáciu a charakterizáciu sa okrem klasických mikroskopických a kultivačných metód využívajú molekulárno-biologické metódy.

Úvod

Améby patria medzi prvoky, ich telo je tvorené jednou bunkou, pohyb zabezpečuje tok cytoplazmy v bunke, niektoré druhy vytvárajú panôžky. V ich životnom cykle sa väčšinou vyskytujú dve štádiá - pohyblivé štádium trofozoit a pokojové štádium cysty. Niektoré druhy cysty netvorí. K nahým amébam patria aj niektoré parazitické améby, zdravotne významné druhy, schopné vyvolať vážne ochorenia človeka. Améby sa vyskytujú v rôznych biotopoch spojených s vodou a výnimkou nie sú ani miesta prichádzajúce do styku s vodou určenou na ľudskú spotrebu. Distribučný systém pitnej vody pozostáva z rozvodnej siete potrubí a rezervoárov a améby sú schopné do tohto systému vstupovať. Najideálnejšími miestami ich prežívania a delenia sú slepé zakončenia v rozvodoch vody a rezervoáre, vnútorné strany rozvodových potrubí, kde sa hromadí viac sedimentu a ako súčasť biofilmu môžu kolonizovať ich steny. Biofilm je spoločenstvo, kde v matrici slizovitej konzistencie prežívajú baktérie, mikromycéty alebo iné druhy prvokov, slúžiace amébam ako potrava. Améby sa z vody nedajú odstrániť bežne používanými dezinfekčnými prostriedkami. Nepriaznivé podmienky v prostredí dokážu prežiť v podobe cyst. Druhovú diverzitu améb v systéme dokáže ovplyvniť teplota vody v distribučnej sieti. Všeobecne platí, že v chladnejšej vode sa darí väčšine druhov. Vyššiu teplotu vody uprednostňujú druhy, medzi ktorými sa môžu vyskytovať aj ľudské patogény ako akantaméby. Akantaméby prežívajú nepriaznivé podmienky v štádiu cyst s dvoma membránami, vnútorná môže byť hviezdovito zvlínená, vonkajšia má často polygonálny tvar, dobre rozoznateľný aj v svetelnom mikroskope (Obr.1). Ochoreniami spôsobenými akantamébami sú ohrození najmä chronicky chorí pacienti. Nákaza je možná cez poranenú pokožku, po styku človeka s kontaminovanou vodou. Takto môžu niektoré patogénne kmene spôsobiť závažné ochorenia, napr. granulomatózny meňavkový zápal mozgových blán (GAE). Rizikové je nosenie kontaktných šošoviek pri kúpaní v bazénových vodách, ich umývanie kontaminovanou vodovodnou vodou, nedostatočná hygiena úložných roztokov na šošovky. Touto cestou môže

vzniknúť nákaza spôsobujúca zápal rohovky, amébová keratitída [1]. Sprchovanie teplou, aj keď pitnou vodou, je tiež považované za rizikový faktor infekcie akantamébami. Cysty týchto meňaviek, vzhľadom na svoju stavbu, sú mimoriadne odolné voči dezinfekcii a dekontaminácii. Za dostačujúcu sa považuje len tepelná a ÚV dezinfekcia. Zdravotne významným je fakt, že akantaméby, ale aj ďalšie druhy améb časté v rozvodných systémoch, sa považujú za hostiteľov aj prenášačov viacerých patogénnych bakteriálnych druhov [2]. V ich cytoplazme po encystácii dokážu baktérie alebo vírusy prežívať nepriaznivé podmienky (napr. dezinfekciu) a potom sa ďalej šíriť. Najznámejším symbiontom améb je *Legionella pneumophila*, pôvodca vážneho zápalu pľúc.

Metodika a postup

Úrad verejného zdravotníctva SR monitoruje výskyt améb v zdravotníckych zariadeniach v rámci jedného zo svojich projektov. Monitoringom sa sleduje osídlenie vôd amébami so zameraním na rod *Acanthamoeba*. Za obdobie r. 2019 - 2023 boli odobraté vzorky v 18 nemocniciach v rôznych mestách SR a v 3 domovoch sociálnych služieb. V niektorých zariadeniach boli odbery realizované len raz, v niektorých boli uskutočnené viackrát, s rôznym časovým odstupom, prípadne po realizovaných opatreniach. Odberové miesta v zariadeniach boli vybrané účelovo, v počte 1 – 10 miest, so zohľadnením situácie v konkrétnom zariadení..

Metóda na stanovenie améb je akreditovaná a vykonáva sa podľa zavedených postupov. Prítomnosť améb sa vyšetruje kultivačnou metódou pri rôznych teplotách, v závislosti od pôvodu vzorky. Vzorky vôd sa očkujú na platne s agarovým médiom a špeciálne pripravenou bakteriálnou kultúrou, ktorá slúži amébam ako potrava. Platne sa niekoľko dní kultivujú v termostatoch a mikroskopicky sa vyhodnocujú na prítomnosť trofozoitov alebo cyst améb. Na potvrdenie prítomnosti améb vo vzorke stačí pozitívny nález aspoň pri jednej kultivačnej teplote.

Z pozitívnych vzoriek sa vyberali vzorky s predpokladanou prítomnosťou améb rodu *Acanthamoeba*. Kritériami výberu boli mikroskopicky hodnotiteľné morfológické znaky, veľkosť a tvar cyst a trofozoitov, aj kultivačná teplota, pri ktorej améby prosperovali. Vzorky sa ďalej pasážovali, pričom v počiatočných fázach procesu sa eliminovali organizmy, ktoré na platniach vyrástli okrem améb, najmä baktérie a plesne. Cieľom pasážovania bolo izolovať a namnožiť jedince, o ktorých sa predpokladalo, že sú akantaméby. Proces čistenia sa opakoval niekoľkokrát, až po dosiahnutie čistej, alebo relatívne čistej kultúry, vhodnej na molekulárne analýzy. Z takto pripravených kultúr sa izolovala celková DNA, ktorá sa následne použila na spracovanie v PCR reakcii.

V prvej fáze PCR analýzy sa na elektroforetickom géli kvalitatívne vyhodnotila prítomnosť špecifického génu charakteristického pre rod *Acanthamoeba*. Prítomnosť daného segmentu na molekule DNA je potvrdením rodovej špecificity akantaméb. Po pozitívnej rodovej identifikácii sa DNA čistých kultúr použije v ďalšej PCR reakcii vhodnej pre genotypizáciu. Výsledný PCR fragment sa spracováva pomocou bioštatistických programov a použije sa na fylogenetické analýzy, pomocou ktorých je možné zaradiť akantaméby do jednotlivých genotypov.

Výsledky

Počas rokov 2019-2023 sa z 21 rôznych nemocničných a sociálnych zariadení, vrátane opakovane navštívených, odobralo a bolo na prítomnosť améb celkovo vyšetrených 143 vzoriek. Odberali sa vzorky pitných a teplých vôd, napríklad z kohútikov umývadiel či sprchových ružíc v izbách pacientov nemocníc, v operačných sálach nemocníc, v kotolniach a pod. Pri odberoch vzoriek sa merala teplota vody a ďalšie ukazovatele merané v teréne. Prehľad vyšetrených vzoriek za roky 2019-2023 je uvedený v Tab.1.

Tab. 1 Prehľad vyšetrených vzoriek za roky 2019-2023

Rok	Počet zariadení	Počet vzoriek	Pozitívne na prítomnosť améb (kultivačná metóda)
2019	3	34	15
2020	3	19	8
2021	5	22	8
2022	7	25	10
2023	11	43	24
Spolu	21	143	65

Pozitívnych na prítomnosť améb bolo 65 vzoriek, čo predstavuje viac ako 45 %. Takmer všetky, na prítomnosť améb pozitívne vzorky, boli teplé vody. Z vyšetrených pitných vôd sa améby vyskytovali v 7 vzorkách, z toho v jednom nemocničnom zariadení opakovane dvakrát. Teplota teplých vôd meraná pri odbere sa najčastejšie pohybovala v rozmedzí 35 – 45 °C. Len tretina odobratých teplých vôd dosahovala teplotu nad 50 °C (odporúčaná aspoň 55 °C), najnižšia nameraná teplota bola 27,5 °C.

V pozitívnych vzorkách, ktoré neboli ďalej spracované PCR metódami, bolo mikroskopicky identifikovaných viac taxónov améb, najčastejšie to boli *Vermamoeba vermiformis*, *Vexillifera bacillipedes*, rody *Vanella*, *Paramoeba* [2]. Nie všetky prvotne zachytené spoločenstvá améb však boli schopné prežiť proces pasážovania. Niektoré tolerovali len niekoľko cyklov procesu alebo ho netolerovali a došlo k ich úhynu.

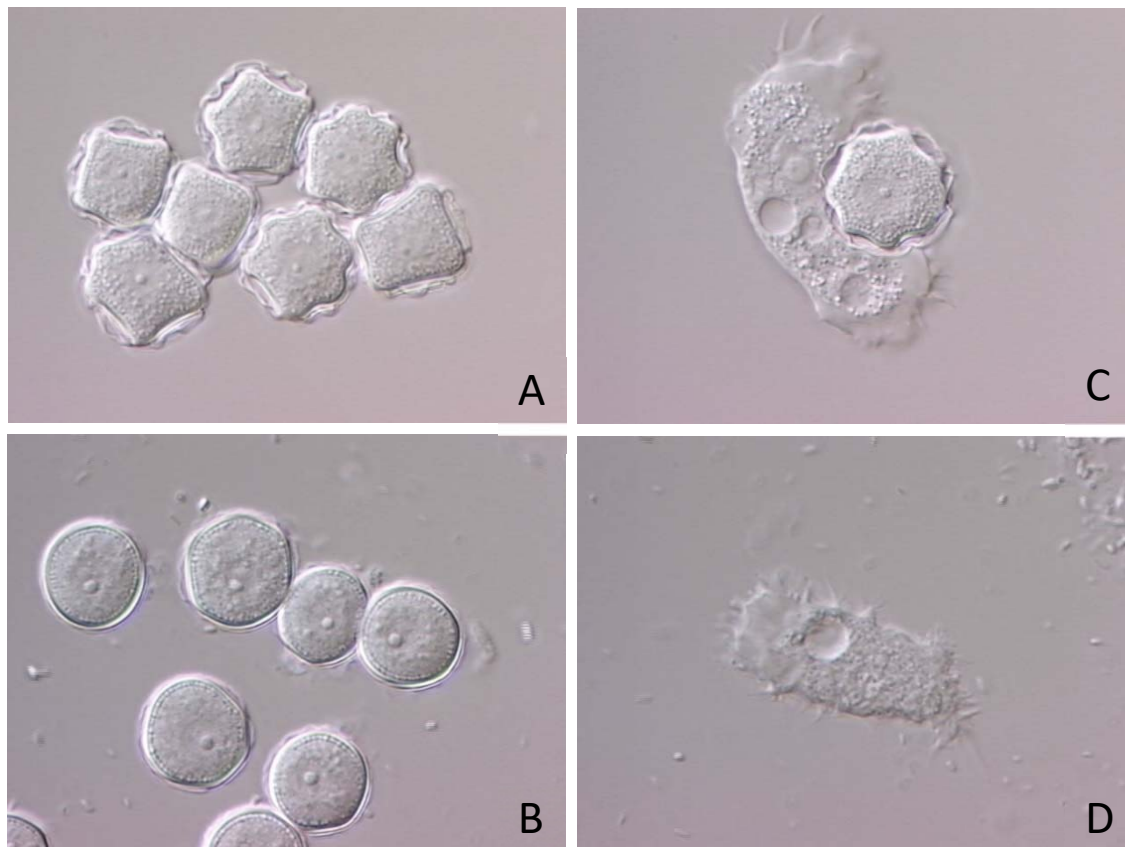
Z vyšetovaných vzoriek teplých a pitných vôd za dané obdobie sa molekulárnymi metódami potvrdila prítomnosť akantaméb v dvoch vzorkách teplej vody odobratých z rôznych sprchových ružíc v jednom nemocničnom zariadení. Genotypizácia týchto akantaméb bude vykonaná v najbližšom období.

Z doposiaľ celosvetovo potvrdených 23 genotypov (T1-T23) [3] sa nám v priebehu rokov 2004-2024 v pitnej vode podarilo iba jedenkrát identifikovať akantamébu genotypu T4. Tento genotyp patrí vo svete medzi najrozšírenejší genotyp akantaméb.

Diskusia

Z uvedených výsledkov vyplýva, že kolonizácia vôd a distribučných systémov amébami je v zdravotníckych zariadeniach hojná. Z hľadiska ochrany zdravia je táto situácia znepokojujúca. Dlhodobý pretrvávajúci problémom, napomáhajúcim prosperovaniu kolonizácie, je najmä nízka teplota teplej vody. Rôzne rody a druhy améb, zachytené a mikroskopicky identifikované v pozitívnych vzorkách, sú bežnou súčasťou biologického oživenia vôd, podieľajú sa na tvorbe biofilmov, či regulácii stavu ostatných mikroorganizmov. Niektoré z nich môžu byť hostiteľmi patogénnych mikroorganizmov. Štúdie druhu *Vermamoeba vermiformis* potvrdili, že je vektorom patogénov, ako napr. legionela, *Pseudomonas aeruginosa*, *Campylobacter jejuni*, alebo vírusov. Potvrdila sa jeho prítomnosť pri výskyte rôznych tkanivových lézií u ľudí, pri nozokomiálnych nákazách aj akantamébových keratitídach [2].

Obr. 1 A, B – cysty akantaméb, C – cysta a trofozoit, D – trofozoit



Stanoveniu améb kultivačnou metódou sa venujú sporadicky iba niektoré pracoviská úradov verejného zdravotníctva, bežne táto skúška nie je využívaná ani požadovaná, čo súvisí so skutočnosťou, že améby ako samostatný ukazovateľ v legislatíve SR pre pitnú a teplú vodu, absentuje. Pri mikroskopických rozboroch týchto vôd sa améby evidujú v ukazovateli živé organizmy [4]. Pri vyšetreniach sú tieto organizmy často prehliadané, najmä, keď ich vo vzorke nie je veľa, alebo vzorka obsahuje vyššie percento abiosestónu. Trofozoity sú často veľmi malé a priehľadné, cysty môžu pripomínať prázdne spóry mikromycét. V nejednoznačných prípadoch je na potvrdenie ich prítomnosti vo vzorke, napriek jej časovej náročnosti, vhodnejšia kultivačná metóda. Na druhej strane, v niektorých prípadoch améby identifikované vo vzorke mikroskopicky, na kultivačnom médiu nemusia prežiť.

Záver

Monitoring vo väčšine zdravotníckych a sociálnych zariadení preukázal hojné osídlenie vôd a distribučných systémov amébami. Riziko však predstavuje aj prítomnosť ostatných druhov améb, ktoré môžu byť pri využívaní vôd na ľudskú spotrebu rezervoárom a vektorom ľudských patogénnych mikroorganizmov.

Literatúra

- [1] Ondriska F. a kol. (1996): Klinická parazitológia. Univerzita Komenského Bratislava. Publikácia s podporou grantov VEGA 1/0365/16 a KEGA 041UK-4/2015. ISBN 978-80-223-4217-9.
- [2] Delafont V., Rodier M. H., Maisonneuve E., Cateau E. (2018): *Vermamoeba vermiformis*: a Free-Living Amoeba of Interest. *Microbial Ecology*, vol. 76, str. 991-1001.

- [3] Putaporntip, Ch., Kuamsab, N., Nuprasert, W., Rojrungrat, R., Pattanawong, U., Tia, T., Yanmanee, S., Jongwutiwes, S. (2021): Analysis of *Acanthamoeba* genotypes from public freshwater sources in Thailand reveals a new genotype, T23 *Acanthamoeba bangkokensis* sp. nov. www.nature.com/scientificreports, 11:17290.
- [4] Vyhláška MZ SR č. 91/2023, ktorou sa ustanovujú ukazovatele a limitné hodnoty kvality pitnej vody a kvality teplej vody, postup pri monitorovaní pitnej vody, manažment rizík systému zásobovania pitnou vodou a manažment rizík domových rozvodných systémov.

Odstraňovanie mangánu z pitnej vody ultrafiltráciou

prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.¹

prof. Ing. Danka Barloková, PhD.¹, Ing. Michal Prosňanský, PhD.²

¹ Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU v Bratislave

² Praktikump, s.r.o., Priemyselná 444, 965 01 Ladomerská Vieska

Abstrakt

Na odstraňovanie mangánu z vody sa používajú rôzne technológie. V článku sa zaoberáme odstraňovaním mangánu z pitnej vody použitím ultrafiltrácie a dávkovaním chlórdioxidu, resp. manganistanu draselného pred ultrafiltráciou. Bola sledovaná dávka oxidačných činidiel, doba kontaktu s vodou, koncentrácia mangánu v surovej a upravenej vode. Na experimenty sa použilo plne automatizované ultrafiltračné zariadenie s membránovým modulom UA-640 (Microdyn-Nadir). Na dosiahnutie doby kontaktu vody s oxidačným činidlom bol pred ultrafiltráciu predradený rúrový reaktor so statickým mixérom, statický mixér slúžil na dosiahnutie homogenizácie oxidačného činidla so surovou vodou a rúrový reaktor na dosiahnutie dostatočného času na oxidáciu mangánu.

Úvod

Mangán je v zemskej kôre rovnomerne rozšírený prvok doprevádzajúci železné rudy. Je na 12. mieste v poradí prvkov, ktoré sú zastúpené v litosfére (tvorí asi 0,2 % hmot.). Mangán sa najčastejšie nachádza v metamorfovaných sedimentoch, v pôde a v niektorých odumretých častiach rastlín. Je jedným prvkom z makroživín, ktorý spolu s kobaltom, meďou a molybdénom je potrebný pre väčšinu mikroorganizmov.

Mangán sa do vody dostáva vylúhovaním z viacerých mangánových rúd. Najčastejšie sú to tieto mangánové rudy: burel alebo pyroluzit (MnO_2), braunit (Mn_2O_3), hausmanit (Mn_3O_4), manganit ($\text{MnO}(\text{OH})$) a dialogit (MnCO_3).

Zvýšenie koncentrácie mangánu v podzemných vodách môže nastať pri dočasnom znížení hladiny podzemnej vody. V tomto období môže nastať oxidácia sírnikových rúd vzdušným kyslíkom a vzniknutá kyselina sírová vylúhuje mangán. Väčšinou sa mangán v prírodných vodách vyskytuje v koncentráciách pod 1,0 mg/l. Vyšší obsah mangánu sa môže vyskytovať vo vodách s humínovými látkami. Vysoké koncentrácie Mn možno nájsť len v kyslých banských vodách.

Antropogénnymi zdrojmi mangánu môžu byť niektoré priemyselné odpadové vody, napr. zo spracovania rúd, z metalurgických závodov a z chemických prevádzok, kde sa oxiduje manganistanom draselným.

Mangán sa môže vyskytovať vo vodách v rôznych oxidačných stupňoch. V prírodných vodách má najväčší význam mangán v oxidačných stupňoch II, III a IV. V technológii vody sa niekedy používa mangán v oxidačnom stupni VII.

Rýchlosť oxidácie Mn^{2+} , ako aj hydrolýza vznikajúcich oxidov vyšších oxidačných foriem mangánu v podzemnej vode závisí od hodnoty pH, teploty, oxidačno-redukčného potenciálu, reakčnej doby a horninového prostredia.

V koncentráciách vyskytujúcich sa v prírodných vodách je mangán zdravotne neškodný. Významne však ovplyvňuje senzorické vlastnosti vody, podobne ako železo. Chuť vody môže byť nepriaznivo ovplyvnená už pri koncentrácii nad 0,1 mg/l. Materiály prichádzajúce do styku s vodou sa na rozdiel od železa sfarbia už pri nižších koncentráciách. To sa týka i možnosti rozvoja mangánových baktérií. Preto je obsah mangánu v pitnej vode a vo vodách používaných v rôznych odvetviach priemyslu prísne limitovaný, pretože je škodlivejší než železo. Vyhláškou č.91/2023 Z.z. sa v pitnej vode predpisuje pre mangán maximálna koncentrácia 0,05 mg/l a pre povrchovú vodu je odporúčaná hodnota 0,3 mg/l (Nariadenie vlády č. 269/2010 Z.z. ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd).

Princíp väčšiny metód používaných na odstraňovanie mangánu spočíva v tom, že pôvodne rozpustený mangán v oxidačnom stupni II sa premieňa na nerozpustené zlúčeniny MnO_2 , ktoré je možné odstrániť jednostupňovou alebo dvojstupňovou separáciou. Oxidácia a hydrolýza mangánu prebieha za prísnych podmienok s ohľadom na vlastnosti vody a typ zariadenia na odstraňovanie mangánu.

Jednostupňová úprava vody (filtrácia) je určená pre koncentrácie železa a mangánu do 5 mg/l a dvojstupňová úprava (usadzovacie nádrže a filtre) sa používa pre vodu s koncentraciou železa a mangánu nad 5 mg/l.

Na odstraňovanie Mn z podzemných a povrchových vôd je možné použiť oxidáciu prevzdušňovaním, oxidáciu rôznymi oxidačnými činidlami (O_2 , Cl_2 , O_3 , $KMnO_4$), alkalizáciu (pridaním vápna), kontaktnú filtráciu, iónovú výmenu, membránové procesy, biologickú filtráciu a metódu in situ. Výber metódy závisí od kvality vodárenského zdroja a požadovanej koncentracii Fe a Mn v upravenej vode.

V našom poloprevádzkovom pokuse sme sa zamerali na odstránenie mangánu z podzemnej vody kombináciou oxidácie mangánu vybranými oxidačnými činidlami a separácie prostredníctvom membránovej filtrácie. Vzhľadom k tomu, že účelom úpravy vody je pitná voda, najvhodnejším typom membránovej filtrácie je ultrafiltrácia. Výhodou tejto metódy odstraňovania Mn z vody, v porovnaní s kontaktnou filtráciou (materiál s vrstvou MnO_2 na povrchu, napr. Greensand, Birm, Cullisorb M, Klinopur-Mn a iné) je výrazne nižšia citlivosť na zmenu koncentrácie Mn v surovej vode. Pri zmene koncentrácie Mn sa jednoduchou zmenou dávky oxidačného činidla zabezpečí požadovaná účinnosť úpravy vody. V prípade filtračnej náplne s vrstvou MnO_2 je nevyhnutné zväčšiť v prípade zvýšenej koncentrácie Mn v upravovanej vode, objem filtračnej náplne, čo si vyžaduje zvýšené priestorové nároky, čo býva často problém.

Vodárenský zdroj Jelka sa nachádza v severovýchodnej časti Chránenej vodohospodárskej oblasti Žitný ostrov. Je zdrojom vody pre skupinový vodovod Jelka-Galanta-Nitra. Pozostáva zo siedmych vŕtaných širokopriemerových studní, označených HJ-1 až HJ-7 so sumárnym odporúčaným odberom vody 720 l/s, s hĺbkou studní od 40 do 65 m. Podzemná voda je stredne mineralizovaná výrazného kalcium-magnézium-bikarbonátového typu, hygienicky zabezpečená dávkovaním chlórdioxidu.

Koncentrácia mangánu po zmiešaní vody zo všetkých studní je dlhodobo pod 0,05 mg/l. Avšak priemerná koncentrácia Mn v studni HJ-6 je priemerne až 0,151 mg/l. Čerpané množstvo z tejto studne je 80 l/s, čo predstavuje hmotnostný tok mangánu 382 kg/rok. Po trase mangán oxiduje na MnO_2 a postupne vypadáva v potrubí, resp. v akumulčných nádržiach, pričom ročný tok MnO_2 predstavuje až 604 kg/rok. Toto významné množstvo usadeného MnO_2 spôsobuje dlhodobé problémy najmä pri nárazových odberoch, kedy sa usadeniny vyplavujú do pitnej vody a zhoršujú senzorické vlastnosti vody a upchávajú armatúry.

Experimentálna časť

Zariadenie na poloprevádzkový pokus pozostáva z nasledovných zariadení: 1) dávkovacieho čerpadla na dávkovanie oxidačného činidla, ktoré je nastrekované do potrubia na vstupe do 2) statického mixéra slúžiaceho na homogenizáciu oxidačného činidla so surovou vodou. Potom nasleduje 3) rúrový reaktor, ktorého funkciou je dosiahnutie dostatočnej doby zdržania na oxidáciu mangánu. Posledným stupňom úpravy vody je 4) separačný stupeň – ultrafiltrácia, ktorým sa odfiltruje zoxidovaný mangán. Upravená voda sa akumuluje v 5) v nádrži upravenej vode, v ktorej je umiestnené ponorné pracie čerpadlo. 6) v pravidelných intervaloch automat prepína filtráciu so spätným preplachom, na ktorý slúži spomenuté pracie čerpadlo.

Na odstraňovanie mangánu z vody bolo použité plne automatizované ultrafiltračné zariadenie s membránovým modulom UA-640 (Microdyn-Nadir) s riadiacim systémom, meraním transmembránového tlaku, spätným preplachom membrány vodou a vzduchom, s možnosťou chemického prania. Tab. 1 uvádza základné údaje membránového modulu.

Tab. 1 Špecifikácie modulu UA-640

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

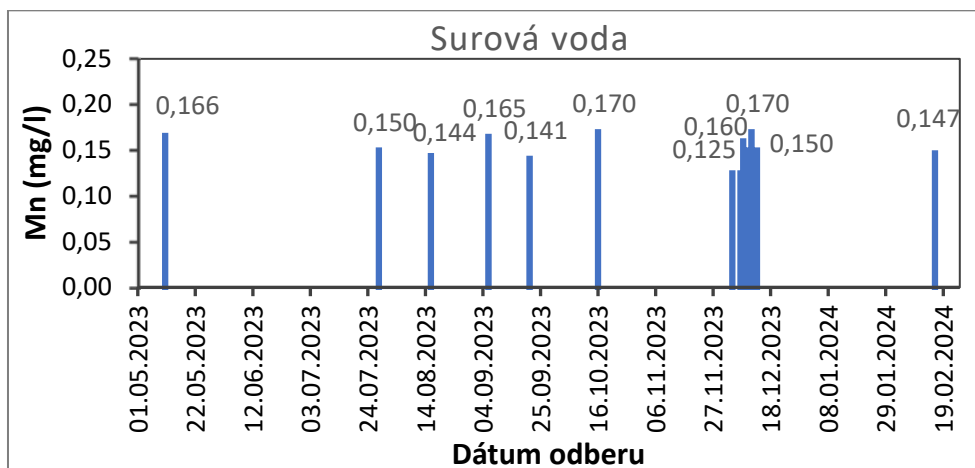
Pri odstraňovaní mangánu z vody je potrebné mangán previesť z rozpustenej na nerozpustenú formu, na oxidáciu sme použili 10% roztok chlórdioxidu (ClO₂), resp. 4% roztok manganistanu draselného (KMnO₄). Pre zvýšenie doby oxidácie a tvorbu nerozpustných častíc MnO₂ sme použili rúrový reaktor.

Rúrový reaktor má na vstupe do reaktora osadený statický mixér opatrený portom na nástrek chemikálie. Statický mixér je navrhnutý tak, aby prebehlo intenzívne miešanie medzi vodou a nastrekutou chemikáliou. Statický mixér má priemer DN25. Následne sa potrubie rozširuje na DN70 z materiálu PVC a má dĺžku > 6,0 m. Takto je dosiahnutý objem rúrového reaktora 30 L. Pri prietoku 1,3 m³/h je zabezpečená doba zdržania > 1.0 min a mierne turbulentné podmienky ovplyvňujú aglomeráciu koloidných častíc do adekvátnych vločiek. Rúrový reaktor je upevnený na nerezovú konštrukciu.

Výsledky a diskusia

Na obr. 1 je priebeh koncentrácií mangánu v surovej vode počas poloprevádzkových experimentov.

Obr. 1 Koncentrácia mangánu v surovej vode

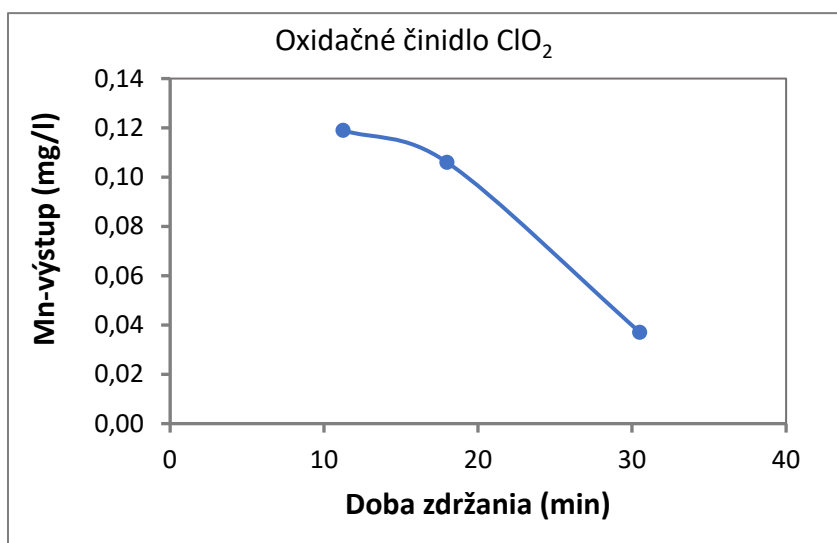


Tab. 2 sumarizuje výsledky s použitím oxidačného činidla ClO_2 . Pri prietoku 60 l/h a dobe zdržania vody v rúrovom reaktore cca 30 minút sa dosiahla 74,31% účinnosť odstraňovania Mn z vody, výsledná koncentrácia mangánu v upravenej vode bola 0,037 mg/l. Chlórdioxid sme zvolili aj z toho dôvodu, že sa používa v ÚV Jelka na hygienické zabezpečenie pitnej vody.

Tab. 2 Priebeh experimentov s oxidačným činidlom ClO_2

Prietok	Filtračná plocha	Špec. prietok	Doba zdržania	ClO_2	Mn vstup	Mn výstup	Účinnosť
l/h	m ²	l/m ² /h	min	mg/l	mg/l	mg/l	%
160	16	10	11.25	0.2	0.144	0.119	17.36
100	16	6.25	18.00	0.2	0.144	0.106	26.39
60	16	3.69	30.51	0.4	0.144	0.037	74.31

Obr. 2 Vplyv doby zdržania vody s reaktore na účinnosť odstraňovania Mn z vody ultrafiltráciou



V tab. 3 sú uvedené výsledky experimentov s dávkovaním oxidačného činidla KMnO_4 pri rôznych prietokoch (od 200 do 600 l/h) cez ultrafiltráciu a dobe zdržania vody (od 3 do 9 minút) v rúrovom reaktore. Označenie Mn vstup znamená surová voda, Mn vstup+ KMnO_4 je voda pred ultrafiltráciou a Mn výstup je upravená voda po ultrafiltrácii.

Tab. 3 *Priebeh experimentov s oxidačným činidlom KMnO_4*

Prietok	Filtračná plocha	Špec. prietok	Doba zdržania	Mn vstup	Mn vstup + KMnO_4	Mn výstup	Účinnosť
l/h	m ²	l/m ² /h	min	mg/l	mg/l	mg/l	%
400	16	25	4.5	0.165	0.176	0.042	74.55
200	16	12.5	9	0.141	0.184	0.079	43.97
200	16	12.5	9	0.141	0.208	0.089	36.88
400	16	25	4.5	0.141	0.175	0.067	52.48
600	16	37.5	3	0.141		0.068	51.77
400	16	25	4.5	0.170		0.032	82.35
400	16	25	4.5	0.170		0.032	82.35
600	16	37.5	3	0.170		0.061	64.71
600	16	37.5	3	0.170		0.061	64.71
500	16	31.25	3.6	0.170		0.061	64.71
400	16	25	4.5	0.170		0.061	64.71
400	16	25	4.5	0.170	0.2	0.00	100.00

Tab. 4 obsahuje výsledky experimentov s dávkovaním oxidačného činidla KMnO_4 pri kontinuálnom chode ultrafiltrácie.

Tab. 4 *Priebeh experimentov s oxidačným činidlom KMnO_4 pri kontinuálnom chode ultrafiltrácie*

Dátum	Čas odberu vzorky	Surová voda	Surová voda + KMnO_4	Upravená voda	Prietok	Doba zdržania	Tlak vstup	Tlak výstup
		Mn mg/l	Mn mg/l	Mn mg/l	l/h	min	bar	bar
04.12.23	9:50	0.125	0.300	0.030	300	6.0	0.7	0.64
07.12.23	10:00	0.125		0.020	250	7.2	0.68	0.64
08.12.23	11:50	0.160	0.250	0.000	280	6.4	0.68	0.64
09.12.23	11:00			0.030	250	7.2	0.74	0.68
10.12.23	9:50	0.150		0.000	400	4.5	0.74	0.65
11.12.23	9:50	0.170	0.220	0.000	600	3.0	0.93	0.74
13.12.23	9:50	0.150	0.200	0.000	750	2.4	1.06	0.83
16.02.24	11:00	0.147	0.298	0.016	250	7.2	1,26	0,89

Z tab. 4 vidieť, že transmembránový tlak postupne stúpa, membrána od začiatku experimentov bola praná len vzduchom a vodou a bolo by potrebné urobiť aj chemické pranie membrány (napr. pomocou kyseliny chlorovodíkovej).

Pri poloprevádzkovom pokuse sme venovali pozornosť aj odpadovej vode (OV), ktorá vzniká pri spätnom preplachu ultrafiltra. Vzhľadom k látkovému zaťaženiu surovej vody bolo možné prevádzkovať ultrafiltráciu po dobu 90 min, nasledovanú spätným preplachom v trvaní 2 min, ktorého súčasťou bolo predpieranie vzduchom a vodou v trvaní 20 sek. Prietok spätného preplachu je 2-násobok prietok počas filtrácie. Preto sme dosiahli výťažnosť systému 95,55%.

Vzorky odpadovej vody boli odoberané postupne do troch nádob 1), 2) a 3). Vzorka 1) bola odobraná počas prania vzduchom v kombinácii s pracou vodou, preto koncentrácia Mn v prvej vzorke nebola najvyššia (0.414 mg/l). Vzorka 2) bola odobratá z počiatku prania len vodou (Mn = 0.624 mg/l) a vzorka 3) z poslednej fázy prania vodou, kde koncentrácia Mn bola najnižšia (0.131 mg/l).

Časť zoxidovaného Mn sa určite zachytila aj na predfiltre. Použili sme mechanický filter na výstupe z rúrového reaktora s pórovitosťou 60 mikrónov. Takéto zapojenie pred filtra môže významne znížiť zaťaženie na ultrafiltre a znížiť tak frekvenciu prania UF.

V experimentoch sme sa zaoberali aj možnosťou recyklácie odpadovej vody späť do procesu úpravy vody. Vykonali sme sedimentačný pokus zlievanej vzorky odpadovej vody (vzorky 1, 2 a 3) pri pôvodnom pH 6.92 a pri zvýšenom pH úpravou na 9,41 (prídavkom NaOH), pričom sme v čase odoberali vzorky odsedimentovanej vody. Už po 1 hod zdržania vody sme sa priblížili k limitnej hodnote Mn pre pitnú vodu. Preto sa takáto voda môže vrátiť späť do procesu úpravy vody bez toho, aby zvyšovala látkové zaťaženie surovej vody. Vzhľadom k tomu, že OV predstavuje len 4,45% celkové množstva vody, pH odsedimentovanej OV neovplyvní hodnotu pH upravenej vody.

Tab. 5 Odpadová voda z ultrafiltrácie (priemerná vzorka) bez resp. s úpravou pH

parameter		0	30	60	1020	0	30	60	1020
	jednotky	minúty sedimentácie				minúty sedimentácie			
pH		6.92	6.84	6.85	6.76	9.41	9.32	9.24	9.12
Mn	mg/l	0.698	0.575	0.414	0.238	0.725	0.158	0.062	0.019
zákal	ZF	27	21	15	5	29	5	2	1
farba	mg/l Pt	148	117	83	26	142	24	13	5
zákal	NTU	7.68	7.23	5.39	1,72	7.68	6.24	2.98	1.26

Záver

Poloprevádzkové experimenty potvrdili účinnosť ultrafiltrácie. Uvedeným spôsobom je možné znížiť koncentráciu mangánu pod limitnú hodnotu pre pitné vody.

Pri použití ClO₂ bol limitujúcim faktorom maximálna povolená koncentrácia pre pitnú vodu, preto sme testovali jeho koncentráciu v rozmedzí od 0,2 po 0,4 mg/l. Pri KMnO₄ sme pracovali s koncentraciami od 0,032 po 0,192 mg/l.

Okrem koncentrácie oxidačného činidla sme testovali aj vplyv doby zdržania v rúrovom reaktore na účinnosť odstránenia mangánu zo surovej vody. Testovali sme dobu zdržania od 3 do 30 min, resp. špecifický prietok cez membránu od 3,7 po 37,5 l/m²/h. Pri použití KMnO₄ koncentrácie 0,14 mg/l je doba zdržania v reaktore 2,4 min postačujúca.

V experimentoch sa pokračuje, je snahou optimalizovať celý technologický postup odstraňovania Mn z vody s návrhom na modernizáciu ÚV Jelka.

Podakovanie

Článok bol pripravený za finančnej podpory projektu VEGA 01/0666/23 a APVV-22-0610.

Vypínací zkoušky pro ověření průběhu hydraulického rázu v praxi

Ing. Jan Krupička, Ph.D.

Ing. Rostislav Kasal, Ph.D.; Ing. Marek Coufal, Ph.D

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., Nábřeží 90/4, 150 00 Praha 5 – Smíchov

Abstrakt

Při realizaci nové čerpací stanice nebo při změnách ve vstrojení či způsobu provozu stávající čerpací stanice je nutné provést přepočty protirázové ochrany. Stejně jako u jiných inženýrských výpočtů bývají vstupy zatíženy řadou nejistot, které musí být návrhem protirázové ochrany zohledněny. Důsledkem je, že po realizaci nebývá nastavení ochrany optimalizované pro skutečné provozní podmínky. Příspěvek se zabývá problematikou měření vodního rázu na vodárenských systémech, jmenovitě na čerpacích stanicích při vypínacích zkouškách. Diskutovány jsou požadavky na měřicí techniku, organizace vypínací zkoušky a význam výsledků měření pro minimalizaci nejistot při návrhu protirázové ochrany (větrníků) i optimalizaci jejího provozního nastavení.

Úvod

Co je vodní ráz

Principem vodního rázu, možnostmi protirázové ochrany a riziky, která plynou z podcenění rázu (jeho neřešení), se zabýval příspěvek [1] na minulém ročníku konference Voda Zlín. Nyní tedy jen stručně na úvod: v důsledku stlačitelnosti a setrvačnosti vody vedou jakékoliv změny průtoku kapaliny v potrubí ke změnám tlaku a naopak. Jako vodní ráz tyto změny obvykle označujeme v případě, že probíhají velice rychle (časové měřítko srovnatelné nebo kratší než doba průchodu zvuku potrubním systémem) a v důsledku toho vedou ke vzniku tlakových pulzací s velkými, často i nebezpečnými amplitudami co do přetlaku i podtlaku. Prakticky nejčastějšími zdroji rázu jsou rychlé manipulace s uzavěry a výpadek pohonu čerpadel. Vývoj tlaků a průtoků v případě uzavírání uzavěru do průtoku i v případě výpadku pohonu čerpadla je v principu stejný – na přítoku vzniká kladná tlaková vlna následovaná zápornou (jak bylo detailně popsáno v [1]), na odtoku mají tlakové pulzace opačné znaménko. Zatímco v případě uzavěrů lze rizika rázu obvykle eliminovat volbou vhodné charakteristiky a rychlosti manipulace, nejčastějším řešením pro ochranu výtlačných (případně i sacích) řadů čerpacích stanic je instalace větrníků (ukázky aplikace například v [2]).

Nejistoty při návrhu protirázové ochrany

Efektivní návrh protirázové ochrany je podmíněn provedením matematických simulací rázu s použitím specializovaného softwaru, který vyžaduje zadání celé řady vstupů zatížených větší či menší nejistotou. Příčinou této nejistoty můžou být chybějící informace o konkrétních komponentách systému (výrobce je neposkytuje, případně jsou u starších komponent nedohledatelné), neznámé vzájemné interakce mezi těmito komponentami a nutná zjednodušení matematického popisu složitých jevů. Při návrhu protirázové ochrany v rámci projektu nově budované infrastruktury vstupuje do hry navíc riziko odchylek budoucí realizace od projektu, u veřejných zakázek pak i nemožnost předepsat v projektu konkrétní výrobky

konkrétního výrobce. Omezíme-li se na případ dimenzování větrníku jako ochrany při výpadku pohonu čerpadel, může být problematické stanovení:

- 1) rychlosti šíření rázu v potrubí (jde přitom o ústřední parametr celého matematického popisu hydraulického rázu!),
- 2) exponentu polytropu vzduchové náplně větrníků,
- 3) místních tlakových ztrát na vystrojení ČS,
- 4) dynamické charakteristiky zpětných klapek,
- 5) parametrů ovlivňující doběh čerpadla (moment setrvačnosti soustrojí, extrapolace Q-H i momentové charakteristiky čerpadla),
- 6) drsnosti potrubí,
- 7) vlivu nestacionárních třecích ztrát.

V závislosti na charakteru úlohy (zejména na podélném profilu potrubí) mívá přinejmenším některý z uvedených parametrů značný vliv na návrh větrníku.

Velice nepříjemným aspektem vodního rázu přitom je, že při odhadu hodnot nejistých parametrů často nelze uplatnit přístup založený na použití „hodnoty na straně bezpečnosti“. Z důvodu komplexity problému se může negativně projevit nadhodnocení i podhodnocení daného parametru a ona „strana bezpečnosti“ jednoduše neexistuje. To při hydrotechnickém výpočtu vede k nutnosti odhadovat dolní a horní mez intervalů možných hodnot parametrů a provádět řadu simulací pro jejich různé kombinace. Důsledky jsou dva – jednak stoupá náročnost řešení (s počtem nejistých parametrů roste počet nutných simulací exponenciálně, což naráží na limity hardwaru i jeho obsluhy), jednak je návrh ochrany potřeba přizpůsobit všem limitním stavům vyplývajícím z posuzovaných kombinací. Protirázová ochrana je pak po realizaci vždy v nějakém směru předimenzovaná a současně nemusí být její nastavení pro podmínky v reálném provozu optimální.

Vypínací zkoušky

Účel vypínací zkoušky

Cílem předchozího úvodu bylo poukázat na nutnost ověření funkce protirázové ochrany na základě měření, v případě ochrany čerpacích stanic jmenovitě při vypínací zkoušce spočívající v napodobení výpadku pohonu čerpadla okamžitým odpojením elektromotoru od napájení. Po realizaci stavby/rekonstrukce se zkouškou ověřují výchozí předpoklady návrhu a na základě následného přepočtu se optimalizuje nastavení ochrany, typicky škrcení přípojky a polohy signálních hladin ve větrníku. Kromě měření na nově realizované protirázové ochraně se doporučuje provést měření i v případě, že se plánují významné změny ve vystrojení nebo způsobu provozu již provozované čerpací stanice. Takové změny vedou k potřebě revidovat návrh protirázové ochrany – při zvyšování čerpaných průtoků je to otázkou bezpečnosti, při snižování otázkou provozní efektivity. V předstihu provedené měření vede k eliminaci řady nejistot výpočtu již ve fázi nového návrhu.

Příprava a realizace vypínací zkoušky

Vypínací zkoušce vždy předchází rešerše dostupných podkladů. Zásadní jsou údaje o přívodním a výtlačném řadu (materiál, dimenze, podélný profil, způsob zakončení ve VDJ), o vystrojení ČS (dimenze, typy armatur) a jmenovitě o čerpadlech (typ, povozní otáčky, alespoň několik bodů charakteristiky). Následuje vypracování plánu vypínací zkoušky, který musí být v předstihu schválen provozovatelem ČS. Plán by měl obsahovat specifikaci prováděných měření (dočasně i trvale osazenou technikou), popis výchozího provozního stavu včetně způsobu jeho kontroly (zejména kontrola stavu protirázového a bezpečnostního zařízení), nároky na součinnost provozovatele, soupis vzájemně navazujících úkonů prováděných v průběhu zkoušky a způsob

dokumentace zkoušky. Předběžné simulace na nekalibrovaném modelu slouží pro formulaci přípustných výchozích provozních stavů (typicky výchozích průtoků), pro které lze zkoušku bezpečně provést, a k výpočtu mezních hodnot (typicky tlakových extrémů), jejichž dosažení musí být při zkoušce kontrolováno. Obvyklý postup spočívá v provádění vypínací zkoušky pro postupně se zvyšující průtoky od zaručeně neškodných hodnot až po maximální provozní průtok za současného porovnávání výsledků měření s výsledky předběžných simulací. Po realizaci vypínací zkoušky se zpracovává protokol o měření, který obsahuje přesný časový harmonogram realizace, dokumentaci použité měřicí techniky a základní výstupy měření. Podrobnost protokolu musí umožnit nezávislé vyhodnocení výsledků.

Měřicí technika

Účelu vypínací zkoušky musí odpovídat měřicí technika, na kterou jsou kladeny jiné nároky než v případě běžných měření na vodovodní síti za účelem kalibrace modelů kvaziustáleného proudění. Stěžejní při tom není otázka přesnosti měřidel, měření s chybou v řádu jednotek procent jsou pro potřeby kalibrace matematického modelu vyhovující. Rozdíl spočívá především v požadavku na vysokou frekvenci záznamu měřidel a krátkou dobu jejich odezvy, a to s ohledem na časové měřítko sledovaných změn tlaků a průtoků. Měření v časovém kroku jednotek vteřin sice zachytí celkové trendy sledovaných veličin, neodpoví však na důležité otázky rychlosti jejich změn a pravděpodobně nezachytí krátkodobé extrémy. Například doba trvání rozhodující fáze doběhu velkých čerpadel bývá jednotky vteřin, při sledování doběhu je tedy potřeba měřit v časovém kroku nejvýše desetin vteřiny. Při snaze zachytit takové jevy, jako je vliv setrvačnosti vody v přípojce větrníků nebo praskání zpětných klapek se lze rychle dostat na vzorkovací frekvence sto až tisíc Herz. Časovému měřítku úlohy musí rovněž odpovídat přesnost synchronizace záznamové techniky v případě současného měření na oddělených stanovištích. Při měření tlaků stoupají se zvyšující se vzorkovací frekvencí i nároky na místo a způsob osazení měřidla. Pokud je nutné použít impulsní potrubí, musí být co nejkratší a tuhé (použití hadic je vyloučeno). Způsob osazení musí umožnit dokonalé odvzdušnění, protože i malé množství vzduchu před tlakovým snímačem vede ke zkreslení (vyhlazení) měrného záznamu. Měření dočasně osazenou specializovanou technikou se doplňuje o záznamy z trvale osazených provozních měřidel. Od těch již nelze očekávat vysoké časové rozlišení, ale i tak z nich lze získat důležité informace. V případě průtoků je zásadní možnost měření ustáleného stavu čerpání před vypínací zkouškou, použitelné bývá i provozní měření tlaku vzduchové náplně větrníků, který se mění relativně pomalu. Doplňkové informace užitečné přinejmenším z hlediska kvalitativního popisu lze vyčíst například z videozáznamů kolísání hladiny větrníku na stavoznaku (zde ovšem nutno brát v potaz zkreslení vlivem častého seškrčení přípojky stavoznaku), ručkových manometrů, nebo aktivních armatur (servouzávěry, zpětné klapky s pákou, zavzdušňovací a odvzdušňovací závěry).

Příklad realizace: Čerpací stanice Sylván, ÚV Homolka v Plzni

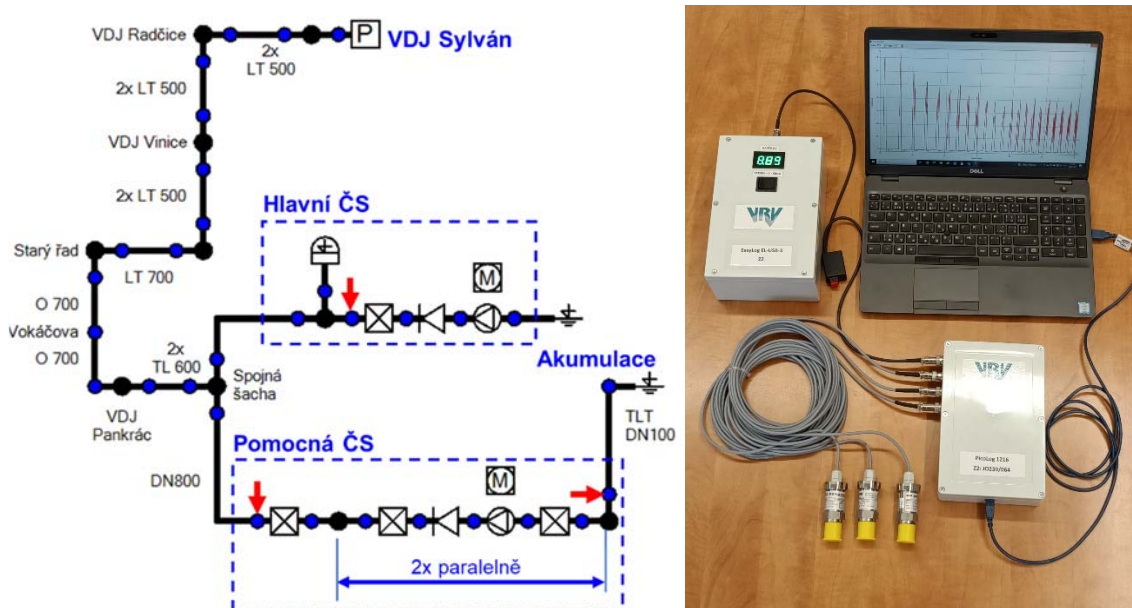
Motivace pro realizaci zkoušek

K dopravě vody z ÚV Homolka do VDJ Sylván slouží hlavní a pomocná čerpací stanice, které jsou umístěny v poměrně vzdálených objektech. Hlavní ČS čerpá přímo z akumulace a je opatřena protirázovou ochranou výtlačenou pěti větrníky po 10 m³. Pomocná ČS čerpá z přírodního řadu délky cca 100 m a je bez ochrany. Dopravní výška je okolo 140 m. Výtlačné řady hlavní (délka 170 m) a pomocné (délka 450 m) ČS se spojují ve spojně šachtě. Dále do VDJ Sylván pokračuje výtlačný řad délky přes 10 km. Cílem vypínací zkoušky bylo ověření dynamických charakteristik systému pro potřeby návrhu protirázové ochrany pomocné ČS, u které má po plánovaném kompletním přestrojení dle [3] dojít k navýšení kapacity ze současných 315 na 500 l/s. Dále měla být posouzena schopnost nově navržené pomocné protirázové ochrany chránit výtlačný řad i při výpadku hlavní ČS v případě, že bude hlavní protirázová ochrana odpojena.

Provedení zkoušek

S ohledem na cíl zkoušek byly osazeny tlakové snímače na výtlačích obou ČS. Kromě toho byl na sání pomocné ČS osazen snímač s možností měření podtlaků, protože ČS se nachází jen jednotky metrů pod hladinou akumulace. Modelová schematizace systému s vyznačením míst měření je uvedena v Obr. 1 vlevo, vpravo je použita dočasně osazená měřící technika. Používáme tlakové snímače různých rozsahů s přesností 0,5% a dobou odezvy do 3 ms (pro běžné úlohy dostatečné) doplněné bezkontaktním snímačem otáček. Zobrazení a záznam výstupních signálů se provádí v reálném čase přes 12-ti bitové A/D převodníky s přesností 0,5% a vzorkovací frekvencí 1 kS/s.

Obr. 1 Modelová schematizace ČS Sylván s vyznačením míst měření (červené šipky) a použitá měřící technika.



Vypínací zkoušky na hlavní i pomocné ČS byly provedeny během jednoho dne: osazení měřící techniky a kontrola výchozího stavu ČS od 8:00, šest vypínacích zkoušek mezi 10:15 a 12:45 (doba omezení běžného provozu 2,5 h), demontáž měřící techniky do 13:30. Vypínací zkouška proběhla nejdříve na pomocné ČS do ustáleného čerpání jednoho čerpadla do škrceného výtlaču, následovala zkouška s maximální kapacitou jednoho pomocného čerpadla. Od plánované zkoušky s dvěma pomocnými čerpadly muselo být upuštěno z důvodu podkročení kontrolní hodnoty podtlaku na výtlaču. Následovala vypínací zkouška jednoho hlavního čerpadla.

Vyhodnocení zkoušek a navazujících simulací kalibrovaným modelem

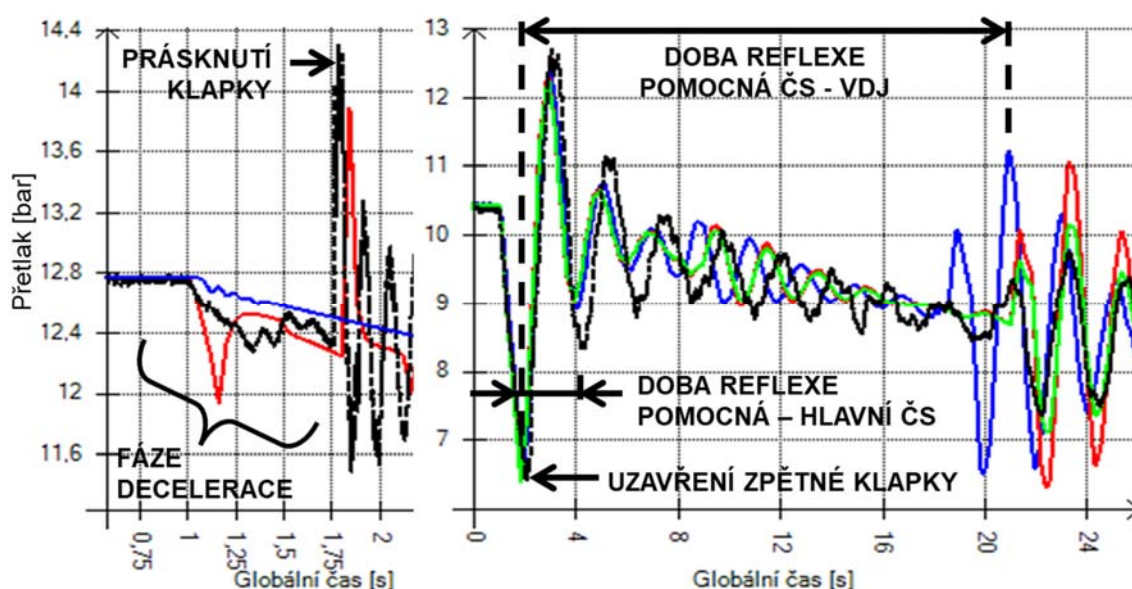
Z výsledků zkoušek bylo možné vyvodit následující poznatky:

- Byly korigovány štítkové hodnoty otáček a pracovního bodu hlavního čerpadla (pravděpodobně důsledek opotřebení).
- Byly určeny velikosti momentu setrvačnosti čerpacích soustrojí, což má vliv na rychlost nástupu první záporné tlakové vlny rozhodující o riziku vzniku podtlaků v koncové části výtlačného řadu před VDJ.
- U zpětné kapky s kyvným diskem v hlavní ČS byla zjištěna pomalejší než očekávaná reakce, což vede k výraznějšímu vývinu zpětného proudění a vyšší tlakové špičce při

dovření (tzv. prasknutí, Obr 2 vlevo). Na výtlačku pomocné ČS je osazena dvoukřídlá non-slam klapka, tlaková špička způsobená prasknutím zde proto nevzniká.

- Bylo možné identifikovat dobu reflexe tlakových vln mezi čerpacími stanicemi a VDJ (Obr 2 vpravo) a vypočítat z ní rázovou rychlost 1050 m/s.
- Byl stanoven exponent polytropy vzduchové náplně (1,4) větrníků hlavní ČS, což má vliv na rychlost poklesu tlaku ve větrníku při jeho prázdnění.
- Byl identifikován efekt tlumení rázu (nejspíše vzduchovým polštářem) v přívodním řadu pomocné ČS.
- Byl zjištěn negativní vliv velké vzdálenosti hlavní protirázové ochrany od pomocné ČS. Zpožděná reakce ochrany a interference tlakových vln v potrubí mezi pomocnou a hlavní ČS vedou k propagaci tlakových pulzací do výtlačného řadu a ke vzniku podtlaků před VDJ.

Obr. 2 Časový vývoj tlaku na výtlačku hlavní ČS (vlevo) a pomocné ČS (vpravo). Černě měření, modře/červeně simulace před/po kalibraci. Zelenou čarou vliv uvažování nestacionárních třecích ztrát při simulaci.



Navazující simulace kalibrovaným modelem umožnily splnit hlavní požadavky zadání:

- Provoz přestrojené pomocné ČS při maximálním výkonu pouze s hlavní protirázovou ochranou (a tím spíše i provoz hlavní ČS pouze s pomocnou ochranou) byl vyloučen.
- Byly navrženy parametry nového větrníku na výtlačku pomocné ČS pro stav po přestrojení (objem, počet, dimenze přípojky, provozní hladiny).
- Byly identifikována potřeba vyrovnávací nádrže na sání pomocné ČS a navrženy její parametry (objem, výška, dimenze přípojky).

Závěr

U stávajících čerpacích stanic jsou vypínací zkoušky užitečným nástrojem pro optimalizaci funkce protirázové ochrany, případně pro efektivní návrh úprav vystrojení. U nově realizovaných čerpacích stanic jsou zásadním nástrojem pro ověření správné funkce ochrany. Realizace

zkoušek znamená jen krátkodobé omezení běžného provozu ČS, zkoušky jsou však poměrně náročné na přípravu (zejména s ohledem na požadavek bezpečnosti jejich provedení) a vyžadují specializované přístrojové vybavení. Přínos zkoušek pro efektivní návrh protirázové ochrany převyšuje náklady jejich realizace obecně spíše u větších čerpacích stanic, neplatí to však jednoznačně a vždy záleží na konkrétních okolnostech. V příspěvku byl dokumentován přínos realizace vypínacích zkoušek pro konkrétní případ projektové přípravy přestrojení ČS Sylván na ÚV Homolka v Plzni. Z obecně uplatnitelných poznatků nabytých při těchto zkouškách a z nich vycházejících modelových simulacích lze jmenovat zjištěnou hodnotu polytropního exponentu náplně větrníků, potvrzení příznivého efektu non-slam zpětných uzávěrů, potenciální vliv uvažování nestacionárních ztrát (běžně se zanedbává), negativní vliv velké délky přípojky větrníku a vzdálenosti přípojky od čerpací stanice a nutnost zabývat se rizikem rázu i v přívodních řadech čerpacích stanic.

Poděkování

Děkujeme společnostem Vodárna Plzeň a.s. (provozovatel ÚV Homolka) a Vodohospodářský podnik a.s. (zpracovatel projektu [3]) za souhlas s uvedením výsledků vypínacích zkoušek v tomto příspěvku.

Podklady a literatura

1. Kratěna J., Havlík V. (2023): Protirázová ochrana – možnosti a ukázky řešení. Sborník příspěvků konference Voda Zlín, 9. - 10. 3. 2023, str. 85-90.
2. Krupička J., Cihlář J., Kasal R. (2017): Problematika vodního ráze ve vodárenských systémech – příklady řešení. Sborník příspěvků konference Voda Zlín, 16. - 17. 3. 2017, str. 35-40.
3. Vodohospodářský podnik a.s. (11/2023): ÚV II –ČSNP BORY, ČSVP SYLVÁN OBNOVA KOMPLETNÍ TECHNOLOGIE ČERPACÍCH STANIC. Dokumentace pro provádění stavby.

Jak přispívá tvárná litina k udržitelné budoucnosti?

Ing. Miroslav Pflieger

SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o., www.pamlinecz.cz

Udržitelný rozvoj byl poprvé definován v roce 1987 jako „*takový rozvoj, který naplňuje potřeby přítomných generací, aniž by ohrozil schopnost budoucích generací naplňovat své potřeby*“. Jde o takový způsob rozvoje lidské společnosti, který uvádí v soulad hospodářský a společenský pokrok s plnohodnotným zachováním životního prostředí.

Téma je jasné a hojně zmiňované: Cíl zcela negovat množství skleníkových plynů produkovaných lidskou činností, kterého má být dosaženo snížením emisí a zavedením metod pohlcování oxidu uhličitého z atmosféry. Ovšem s tímto závazkem jsou spojeny další otázky: Jak toho dosáhnout? Je to vůbec možné? Kolik to bude stát? Co nám to přinese? A má to vůbec smysl?

Všechny společnosti koncernu SAINT-GOBAIN, stejně jako mnoho jiných, se zavázali dosáhnout uhlíkové neutrality neboli nulových čistých emisí CO₂ nejpozději do roku 2050. Co to ale znamená? Že do roku 2050 nechceme vydávat v rámci našich procesů více CO₂, než co sami vstřebáme, použijeme, zpracujeme ...



SAINT-GOBAIN jako leader v oblasti stavebních materiálů aktivně zavádí dlouhodobé akční cíle související s klimatickou nouzí, ochranou přírodních zdrojů a přístupem k slušnému bydlení pro všechny. V souladu s touto politikou i SAINT-GOBAIN PAM definoval 3 základní pilíře svého přístupu k této myšlence a začal na ní navazovat své plány:

- Životní prostředí.
- Průmysl a ekonomika.
- Sociální oblast.

Oblast podpory udržitelného rozvoje v rámci naší společnosti jsem v tomto příspěvku rozdělil na interní (materiálové a energetické zdroje, výroba, doprava ...) a externí (vše, co ovlivňuje naše zákazníky, uživatele, provozovatele ...).

UDRŽITELNÝ ROZVOJ – INTERNÍ

SAINT-GOBAIN PAM identifikoval problémy životního prostředí spojené s jejími průmyslovými procesy. Ve PAM ve Francii jde 19 % investic do materiálů na projekty týkající se zdraví a životního prostředí.

Všechny závody mají od roku 2010 certifikaci ISO 14001 (norma pro systémy environmentálního managementu EMS). Cílem požadavků této normy je zajistit, abychom trvale podporovaly svou provozní ochranu životního prostředí, stanovily si vlastní cíle pro její realizaci a snižovaly negativní dopady své podnikatelské činnosti na životní prostředí. Součástí tohoto procesu je i hodnocení životního cyklu našich výrobků a služeb (LCA Life Cycle Assessment viz. v článku níže).

VÝROBA

Hlavním trendem je změna výrobních technologií, kdy využití recyklovaného železného šrotu se dostává před technologie využívajícími klasickou železnou rudu. Vnitřní recyklace kovového odpadu z výrobního procesu je 100 %.

V minulém roce jsme uvedli do provozu největší nízkouhlíkovou indukční pec v Evropě. Projekt pod pracovním názvem Thor posílil výrobu tekutého kovu přímo v mateřském závodě v Pont-à-Mousson. Indukční ohřev je bezkontaktní elektrický ohřev vodivého materiálu, při kterém se energie přenáší do materiálu elektromagnetickým polem a přeměňuje se na teplo přímo v materiálu.



Díky ADEME (agentura pro ekologický přechod) jsme identifikovali některé zdroje odpadního tepla pro naše továrny. Díky tomu se rekuperují plyny ze stávajících vysokých pecí. Znovu se používají ve vysokých pecích, ale také v některých následných procesech tepelného zpracování kovu. To nám umožnilo snížit naši spotřebu zemního plynu.

Výsledky a plány SAINT-GOBAIN PAM globálně (ve srovnání s rokem 2010):

	Rok 2022	Rok 2025	Rok 2030
Emise CO ₂	-16 %	-20 %	-33 %
Vypouštění odpadní vody	-40 %	-50 %	-80 %
Kovový odpad z výroby	-100 %		
Nevyužitý odpad		-50 %	-80 %
Energetické nároky	-30 %		
Zemní plyn	-10 %		
Obaly			-30 %

... a další cíle?

- Snížení spotřeby energie v našich budovách 4x (2040).
- 100% obalů recyklovatelných (2030)
- 80 % naší průmyslové vody bude v systémech s uzavřeným okruhem (2030)

Celkově snížil zatím SAINT-GOBAIN PAM produkci CO₂ o 10% na tunu vyrobené litiny.

VYTÍŽENOST KAMIONŮ

Z důvodu navýšení vytíženosti nákladních automobilů jsme přijali několik opatření společně s našimi výrobními závody, skladovými expedicemi a našimi autorizovanými dopravci. Naším cílem bylo co největší využití úložné plochy nebo nosnosti nákladní soupravy. Díky optimalizaci dodávek, koordinované výši skladových zásob na našem centrální skladu a možnosti kombinace nebo doložení zboží v jednotlivých výrobních dosahujeme v průměru vytíženost přes 16 tun na jeden kamion.



UDRŽITELNÝ ROZVOJ – INTERNÍ

EPD, TCO / LCA ANALÝZA

Jednotlivé vlastnosti materiálů mají přímý vliv na investiční a provozní náklady a to včetně dopadu na životní prostředí. Dokumenty Environmentálního prohlášení o produktu (EPD Environmental Product Declaration) posuzují celou strukturu produktu a služeb dle mezinárodních norem a vyčíslují dopady produktů na životní prostředí. Celý proces od zpracování přes ověření až po finální certifikaci podléhá normě ISO 14025. Každé EPD tak musí projít ověřením a následně je uvedeno ve veřejně přístupné databázi na internetu.



TIP: www.environdec.com/home

Podkladem posouzení EPD vychází z posouzení Celkových nákladů na vlastnictví TCO (Total Cost of Ownership) a z Analýzy životního cyklu LCA (Life Cycle Assessment). Výpočetní akreditovaný software společnosti SAINT-GOBAIN PAM je veřejný nástroj pro výpočet TCO potrubní sítě v celém životním cyklu a její environmentální stopy. Tímto programem nabízíme možnost komplexního porovnání jednotlivých potrubních systémů dle celkové finanční částky, kterou vlastník a provozovatel bude muset vynaložit během celého životního cyklu potrubí a dle vlivu na životní prostředí. Program může porovnat systémy z tvárné litiny, polyetylenu, PVC, sklolaminátu nebo oceli.

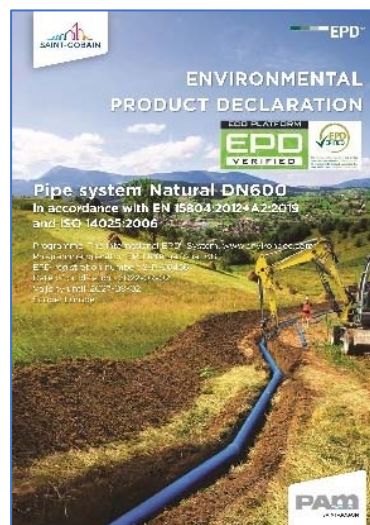
Hodnocení TCO jako ekonomické hodnoty investice v rozsahu celého životního cyklu stavby (od kolebky až po hrob) je daná sečtením:

- Investičních nákladů (pořízení trubního materiálu, jeho pokládku atd.),
- Provozních nákladů (náklady na provoz, údržbu, čerpání, opravy, úniky, popř. další škody) a
- Nákladů spojených s koncem životnosti (odstranění potrubí a jeho likvidaci, příjmy z jeho druhotného využití atd).
- Nástroj zohledňuje i parametry, jako jsou finanční podmínky úvěrů, dotace, diskontní sazba, vývoj cen vody a energie apod.



SAINT-GOBAIN již několik let aktivně připravuje EPD svých výrobků a dnes je v databázi zaevidováno přes 1200 těchto prohlášení. SAINT-GOBAIN PAM má posouzenou a ocertifikovanou kompletní řadu potrubí NATURAL DN 60 - 2000 včetně provedení s vnějšími speciálními protikorozními ochranami STANDARD TT-PE a STANDARD TT-PUX.

TIP: Naši technici jsou připraveni spolupracovat s Vámi na přípravě posouzení TCO/LCA pro Váš konkrétní projekt. Z hlediska informací jde především o současné reálné posouzení projektu a je jedno, zda půjde o projekt ukončený nebo teprve připravovaný. Zároveň získáte přehled, které vstupy jsou ty, které ekonomický výsledek výsledného díla mohou nejvíce ovlivňovat.



SPOLEHLIVOST, TRVANLIVOST, ŽIVOTNOST

Průměrná roční míra obnovy potrubí pitné vody se pohybuje kolem 0,6 až 0,7 %. To znamená, že na základě současných úrovní investic bude v současnosti kladená potrubí trvat přibližně 150 let!

Životnost potrubí z tvárné litiny je známá již desítky let. Ve skutečnosti existuje mnoho potrubních sítí s litinovými trubkami, které byly položeny před více než 100 nebo dokonce 150 lety a které jsou nadále funkční. V některých městech po celém světě, jako je např. Paříž, jsou litinová potrubí, která byla položena před 150 lety, stále v provozu. Krásný příklad z České republiky – první litinové potrubí PAM DN 1100 bylo položeno v roce 1906 a je stále v provozu – již více než 117 let!



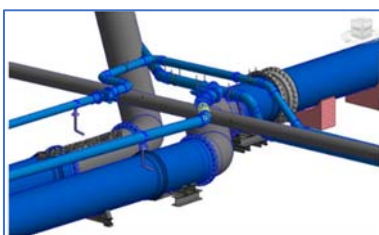
Během posledních let jsme dosáhli snížení hmotnosti trubek z tvárné litiny v průměru o 20 %. Těto revoluční inovace u řady NATURAL bylo dosaženo bez snížení vysokého koeficientu bezpečnosti 3 (bezpečnostní faktor odolnosti proti prasknutí, tj. minimální tlaková odolnost 120 barů pro trubky tlakové třídy C40).

- Spotřeba energie a surovin na metr potrubí a rok těžby od roku 1990 snížila 4krát.
- Emise CO₂ u řady Natural jsou přibližně o 20 % nižší.
- Technologie zámkových spojů umožnily eliminovat objemné betonové bloky a tím snížit množství potřebného prostoru pod zemí.

ECO DESIGN = BIM

SAINT-GOBAIN PAM dlouhodobě vytváří knihovnu 2D a 3D formátů produktů. Postupně navyšujeme naši veřejně přístupnou knihovnu – BIM databázi (Revit) a připravujeme spolupráci s Civil 3D (více vhodné pro navrhování liniových projektů), jedná se o integraci naší knihovny přímo do programu.

TIP: <https://bimlibrary.saint-gobain.com>

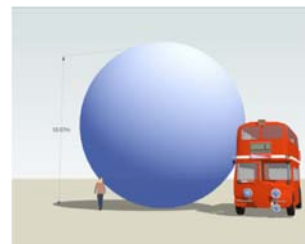


BLUEWAY TRANSPORT

Systematicky optimalizujeme své dopravní systémy často kombinací několika možných způsobů (říční, námořní, železniční a silniční). Výrobní a distribuční místa PAM jsou obecně propojena železnicí a vodními cestami. Například ve Francii závod v regionu Lorraine (Lotrínsko) ve městě Pont-à-Mousson získává většinu surovin železnicí nebo vodní cestou. Zde vyrobené produkty se pak nakládají do vlaků nebo nákladních člunů a poté se, v případě potřeby, překládají na loď v přístavu. Tímto způsobem je přepravováno až 65 % vyrobených produktů.



Evropská doprava je ale stále závislá na přepravě kamiony a nákladními vozy. Proto jsme přišli s iniciativou Blueway Transport, což je nabídka nízkoemisní přepravy pomocí stejných automobilů, ale s využitím paliva HVO. Hydrogenovaný rostlinný olej (HVO) je vyrobený z olejů rostlinného původu a odpadních olejů a tuků. Jelikož tento proces využívá vodík místo metanolu, hydrogenovaný rostlinný olej je alternativou motorové nafty, která je přívětivější k životnímu prostředí. Vozidla dokáží jezdit na HVO bez technických úprav nebo snížení výkonu. Použití HVO může dle výpočtů vést ke snížení emisí CO₂ až o 90 %.



Znázornění zhmotnění 1 tuny CO₂

Jeho plošné zavedení je ovšem pomalé a v České republice se zatím uplatňuje model ze skandinávských zemí, kde se před více než 10ti lety začal nejdříve využívat diesel s příměsí HVO v množství 15 - 30 %.

Některé příklady:

- ČEPRO Diesel Optimal Pro – motorová nafta s příměsí 15 % HVO (analýzy potvrzují, že použití 15 % HVO snižuje spotřebu paliva až o 5 %, zvyšuje výkon motoru o 4 %, prodlužuje dobu skladovatelnosti paliva a jeho životnost. Zlepšuje výkon a spolehlivost motoru v chladném počasí, snižuje hluk motoru a vytváří až o 20 % nižší emise skleníkových plynů a také nižší emise dusíku, uhlovodíků atd.).
- BENZINA Verva Diesel – motorová nafta s minimálním podílem 30 % HVO

TIP: V rámci naší nabídky nabízíme možnost využít tohoto způsobu dopravy trubek pro Váš projekt. Součástí je i certifikát potvrzující velikost úspor v produkci CO₂, které jste díky využití Blueway Transport dokázali.

ECOPOSE

Pokládání potrubí může vyžadovat vykopání velkého množství zeminy, které může být až 5 až 10krát větší než objem položeného potrubí. Až příliš často je tato zemina vysypána a nahrazena dovezeným zásypem. Některé studie dokonce ukázaly, že dopad na životní prostředí během pokládky je mnohem vyšší než během fáze výroby.

Program Ecopose doporučuje v co nejvyšší míře vracet zpět co největší objem původního vykopaného materiálu. Opětovné použití přírodního zásypu drasticky snižuje rotaci nákladních vozidel a potřebu dovozu obsypových materiálů.

SAINT-GOBAIN PAM vyvinul také produktové řady DIREXIONAL, určené pro bezvýkopové způsoby pokládky potrubí. To je možné také díky inovaci zámkových hrdlových spojů v naší řadě Universal Ve.



MONTÁŽ

Pro krácení trubek nabízíme stroj PAMCut, který je určen pro krácení všech typů litinových trubek a na tvorbu úkosu, nutného pro montáž spojů. Závěsný systém drží stroj bezpečně na trubce, uživatel nenese jeho váhu a bez námahy zatlačí na rukojeť a pohybuje se po trubce, aby ji zkrátil a zároveň provedl úkos. Sestava je doplněna třemi válečkovými podpěrami, které umožňují otáčení trubky.



SUREJOINT = JISTOTA MONTÁŽE

Výzkumné středisko SAINT-GOBAIN PAM upravilo klasický těsnící kroužek STANDARD tak, aby mohlo dojít ke kontrole těsnosti během instalace. Kroužek STANDARD SUREJOINT nemění svůj tvar ani materiál, ze kterého je vyroben (EPDM). Pouze je upraven tak, aby montéři mohli po dokončení instalace spoje ihned zkontrolovat jeho pozici a stav pomocí jednoduché tlakové zkoušky vzduchem. Pro stavební firmu to znamená zvýšení produktivity na stavbě a ověření instalace znamená klid pro montážní firmu i pro provozovatele.



RECYKLACE

Tvárná litina je v podstatě slitina vyrobená ze železa, uhlíku a křemíku – prvků, které se nacházejí ve velkém množství v zemské kůře, která se skládá z přibližně 5 % železa a 26 % křemíku. Známé celosvětové zásoby čistého železa se pohybují kolem 230 miliard tun, což při současném tempu spotřeby zaručuje dodávky na mnoho let dopředu.

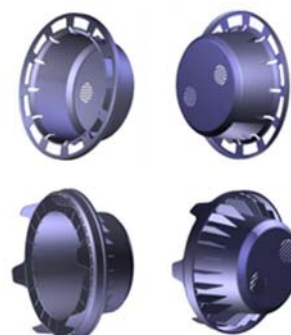
Přesto se železo jako železný šrot a odpadní kov může je dlouhodobě recyklováný materiál na světě. Sektor recyklace železa je dobře organizován v místním měřítku a zajišťuje efektivní, profesionální a ekonomicky proveditelné metody sběru. Množství železného šrotu použitého celosvětově přesahuje 400 milionů tun ročně.



Co je ale důležité zdůraznit: Potrubní systémy z tvárné litiny vyrobené z recyklovaných produktů nabízejí stejné vlastnosti jako systémy vyrobené ze železné rudy. Po recyklaci lze z tvárné litiny vyrábět potrubí opět pro pitnou vodu, ale i pro kanalizaci, požární systémy, závlahy atd.

... A DALŠÍ „DROBNOSTI“

- Vnější krycí nátěr na vodní bázi, který nahradil epoxidový povlak trub z tvárné litiny. Nátěr AQUACOAT je bez bisfenolu A (BPA) a těkavých organických sloučenin (VOC).
- Trubky jsou z hlediska ochrany jejich čistoty vybaveny krycími plastovými víčky na obou koncích. S současné době v našem vývojovém centru zkoušíme alternativní materiály pro výrobu těchto víček, které by byly biologicky odbouratelné.
- Nabídka BLUEWAY Circular přichází s nabídkou, jakým způsobem nakládat s europaletami, dřevěnými dopravními proklady nebo bednami, které používané k přepravě vašich produktů PAM nebo s již zmiňovanými plastovými krycími víčky apod. Výsledkem je vydaný atest, který dokládá, jakým způsobem byly produkty použity / přemístěny / recyklovány, doložení jejich objemu a samozřejmě i přínos pro životní prostředí eliminací CO₂.



ZÁVĚR

Stejně jako komunikační kanály jsou i vodovodní a kanalizační potrubí infrastrukturou vytvořenou tak, aby vydržela několik generací. Udržitelný rozvoj závisí spíše na „dlouhotrvajících“ než na „jednorázových“ plánech a opatřeních. SAINT-GOBAIN PAM aktivně přináší změny a inovace nejen pro sebe, tak pro Vás, naše zákazníky. Všichni se shodneme, že změny jsou nutné a určitě to bude stát ještě hodně sil, úsilí a samozřejmě peněz. Naším cílem je nabídnout taková řešení, která by Vám celý tento proces co nejvíce ulehčila.

Chytrá vodárenská infrastruktura

Jiří Ašenbryl

HAWLE ARMATURY, spol. s r.o., Říčanská 375, 252 42 Jesenice

Životní prostředí a pitná voda

Životní prostředí a ochrana pitné vody je jedním z pravidelně diskutovaných témat po celém světě. Z hlediska ochrany přírody, vody a vodních zdrojů je nutné zapojení nás všech, protože voda je pro každého z nás životně důležitou tekutinou. Společnost Hawle se ochranou životního prostředí aktivně zabývá již desítky let, z tohoto důvodu vyvinula také zařízení pro chytré vzdálené monitorování vodárenské sítě Hawle.live.

Chytré vzdálené monitorování Hawle.live

Jedná se o skupinu produktů pro nově vznikající sortiment Hawle.live, který je určen pro digitalizaci a monitorování vodárenské infrastruktury. Sortiment těchto produktů rychle rozšiřujeme a prakticky každý rok nabízíme minimálně jedno nové řešení digitalizace. Vývoj produktů je často založen na přáních zákazníků a také na individuálních provozních podmínkách. To je případ vzniku značky Hawle.live, která vzdáleně monitoruje vodovodní síť z různých aspektů a různými druhy zařízení, tím chrání pitnou vodu a samozřejmě i životní prostředí. V současné době sdružuje již řadu podznaček a každá z nich zahrnuje produkty a služby pro konkrétní zaměření a aplikace.

Správa a monitorování vodárenské infrastruktury Hawle.live APP

Centrálním srdcem celého systému je webová aplikace Hawle.live, která slouží pro kompletní správu vodárenské infrastruktury. Aplikace dokumentuje historické, ale i aktuální stavy všech měření, dle kterých lze predikovat možné budoucí poruchy, výměny armatur atp. Důležitým prvkem je také automatické odesílání notifikací při překročení limitních stavů, manipulaci se zařízeními atp. K rychlé správě a přehledu slouží integrované mapové podklady se zobrazením všech armatur, provozně funkčních prvků a všech zařízení Hawle.live. Každé z těchto zařízení má své unikátní funkce, které jsou do mapy také přeneseny. Můžete monitorovat různé zóny, detekovat tlakové ztráty či úniky vody, neoprávněné odběry, spravovat regulační ventily, odečítat průtoky, kontrolovat stavy šoupátek a další funkce. To vše v přehledné online mapě, která neslouží pouze informativně, ale lze s její pomocí aktivně zasahovat či přímo na dané místo poslat odborného pracovníka, který má prostřednictvím webové či mobilní aplikace veškeré konkrétní provozní informace přímo na místě. Samozřejmostí je možnost propojení se systémem zákazníka prostřednictvím API.

Monitorování hydrantů Hawle.live CAP

Jedním z těchto chytrých zařízení je hydrantové víčko Hawle.live CAP, které pomocí dvou senzorů monitoruje manipulaci s hydrantem a automaticky odesílá upozornění odpovědným osobám. Současně také chrání hydrant před poškozením neodbornou manipulací a neoprávněným odběrem vody. Přenos dat probíhá prostřednictvím GSM sítě. Ve víčku jsou integrovány dva senzory. Pohybový senzor detekuje manipulaci přímo s chytrým víčkem a senzor

kontaktem s vodou detekuje nastoupaný vodní sloupec až k chytrému víčku. Na každý hydrant je tedy dostačující pouze jedno jediné víčko. Nyní je víčko dostupné pro nadzemní hydranty. V současné době probíhá vývoj víčka ve verzi i pro podzemní hydranty.



Monitorování vodárenské infrastruktury Hawle.live BOX

Dalším chytrým zařízením je energeticky autonomní online monitorovací systém Hawle.live BOX, který slouží pro celou řadu aplikací monitorujících vodárenskou síť prostřednictvím měřicích zařízení. Současně se jedná také o datalogger se vzdáleným přenosem dat a napájením integrovanou baterií. Nabídka poskytovaných služeb zahrnuje velkou škálu monitorovacích zařízení:

- měření výšky hladiny
- měření průtoku a tlaku
- rozbor a kvalita vody
- odečítání hodnot z vodoměrů
- kontrolu správné funkce vzdušníků
- detekce úniků vody
- vodivost
- dveřní kontakt
- teplota a mnoho dalšího



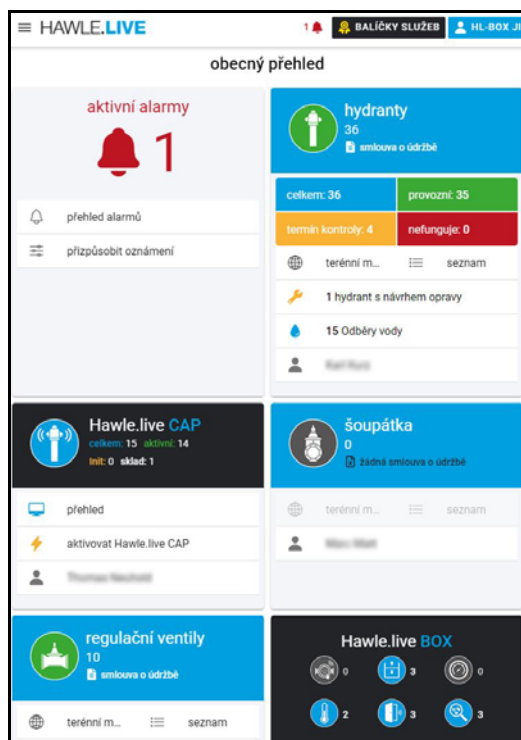
Napájení je řešeno bateriově s možností připojení solárního panelu či powerpacku. Přenos měřených dat je prostřednictvím GSM sítě.

Veškerá zařízení Hawle.live jsou plně integrována do webové aplikace Hawle.live APP.

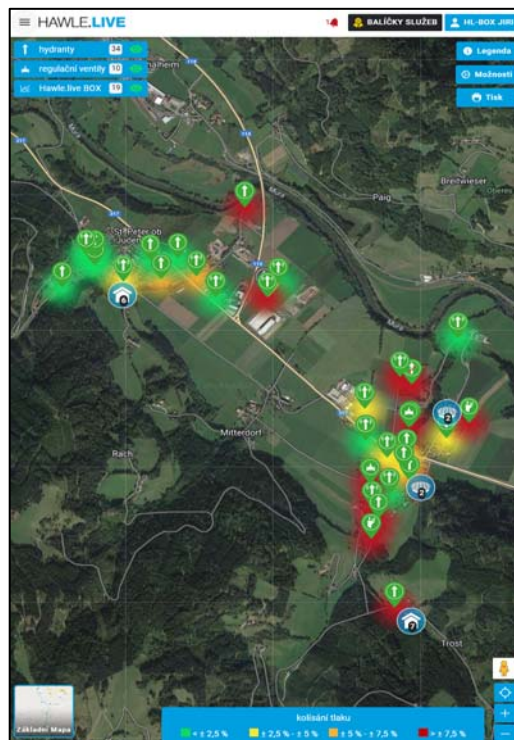
Společnost Hawle stále doplňuje a rozvíjí sortiment produktů a služeb Hawle.live, tím napomáhá úsporám a ochraně životního prostředí v oblasti hospodaření s pitnou vodou.

Ukázka z aplikace Hawle.live APP

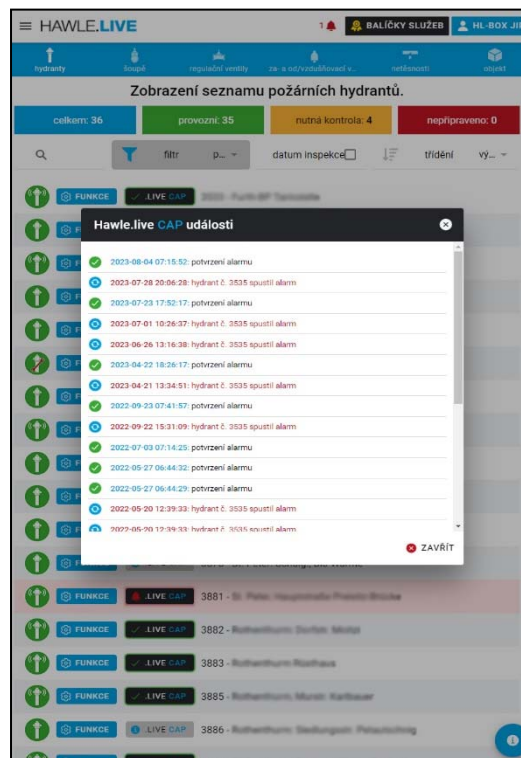
Hawle.live APP – základní zobrazení



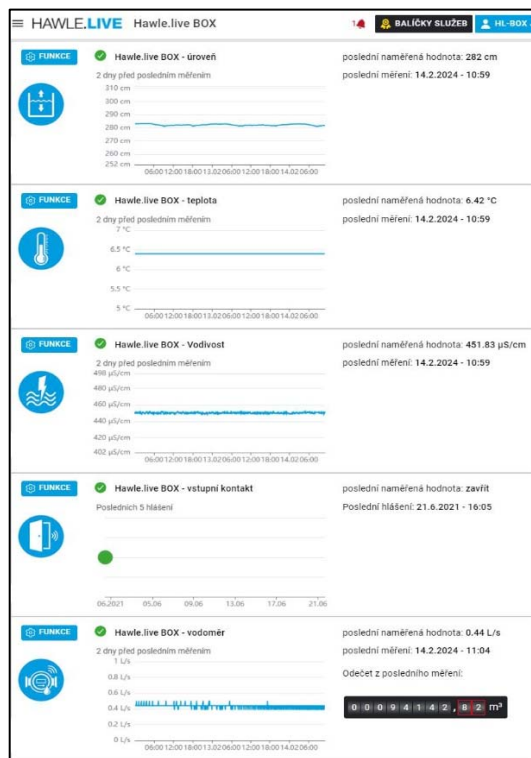
Hawle.live APP – grafické zobrazení v mapě



Hawle.live CAP – hlášení alarmů



Hawle.live BOX – záznamy měření



Zkušenosti s použitím nízkoodběrových servopohonů pro řízení ventilů Cla-val

Ing. Jiří Ševčík¹

Ing. Jiří Pavlík²

¹ HUTIRA s.r.o.

² Vodovody a kanalizace Přerov, a.s.

Popis

Regulace servopohony je poměrně známým a dlouhodobě aplikovaným řešením v různých částech vodovodní i požární infrastruktury. Důležitými a významnými faktory jsou: finanční stránka, bezpečnost a spolehlivost. Tento článek pojednává o velmi úsporných servopohonech, které pracují se jmenovitým napětím 24 V DC, s průměrnou spotřebou pouze 350 mA. To poskytuje provozovatel nejen výraznou úsporu v pořizovacích a provozních nákladech na elektrickou energii v porovnání s řízením 3x380V, ale také bezpečné zařízení s velmi malými nároky na přípojku elektrické energie zcela nezávisle na velikosti dimenze regulačního ventilu.

Vlastní řízení se odehrává na principu proudové smyčky s rozsahem 4-20mA, každý servopohon je pak individuálně kalibrován pro vhodný rozsah otevření ventilu. Dostupná kalibrace je buď dynamická nebo statická. Statická kalibrace využívá celého rozsahu otevření ventilu případně celého rozsahu použité pružiny. Dynamická kalibrace odpovídá určitým specifickým provozním požadavkům a to např. maximálního průtoku anebo maximálního tlaku tak, aby nedocházelo k zákalům nad nezbytnou míru anebo tlakovým excesům zcela nepřijatelným s ohledem na technický stav sítě.

Multifunkčnost membránových ventilů poskytuje velký benefit a lze případně funkce kombinovat tak, aby se ventil choval nezávisle i v době výpadku proudu na objektu. Další výraznou výhodou je lineární vazba mezi otevřením ventilu a průtočností, to poskytuje velmi plynulou regulaci a tedy velmi precizní / pozvolnou změnu v otevření ventilu a následně de facto odstranění případných rázových špiček. Na vybraných lokalitách prezentujeme široké možnosti použití těchto ventilů v rámci provozů Vodovody a kanalizace Přerov, a.s., Pražské vodovody a kanalizace a.s., VHS SITKA, s.r.o.

Aplikace Cla-val

- 1) Vodovody a kanalizace Přerov, a.s.
- 2) Pražské vodovody a kanalizace, a.s.
- 3) VHS SITKA, s.r.o.

Prvním z prezentovaných řešení je osazení regulačního ventilu se servopohonem v lokalitě **Turovice**. Zde byla dříve osazena dálkově řízená škrticí klapka na přivaděči DN 200. Vlivem řízení této škrticí klapky byl celý přivaděč zatížen poměrně významnými tlakovými špičkami v každé regulační fázi škrticí klapky. To mělo za následek reálné obavy provozovatele z nebezpečí poruchy vodovodního řádu v důsledku jeho stárí a rychlé změny tlakových poměrů na síti. Jako řešení odstranění tlakových špiček byl vybrán a následně i osazen regulační ventil CLA-VAL se servopohonem e-Drive 34, který má řízené krokování (start servopohonu a jeho zastavení) nastavitelné v libovolné kombinaci a řízení v případě ztráty signálu pomocí proudové smyčky 4-20mA. Díky prakticky lineární vazbě mezi otevřením ventilu CLA-VAL a průtočností se výrazně omezily tlakové špičky, jejich rozkolísanost klesla o více jak 95%.

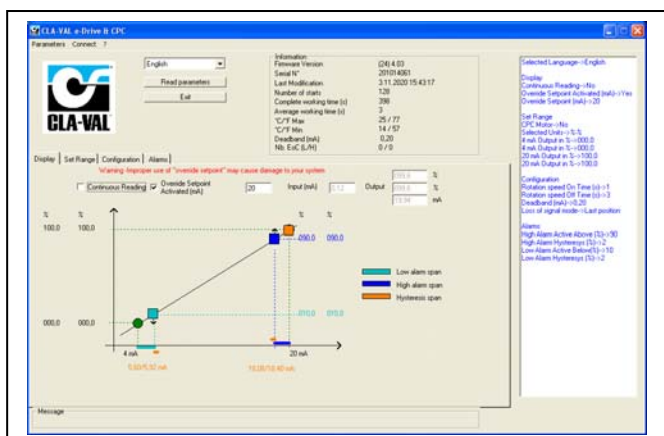
Osazením ventilu se omezil vznik poruch na přívodním potrubí do předmětné akumulace a byl dosažen stabilní provozní tlak ve vodárenské soustavě.

Další zajímavou aplikací tohoto systému řízení je osazení regulačního ventilu se servopohonem v čerpací stanici s akumulací poblíž obce **Přestavlký**. Zde se eliminoval provozní problém stejného charakteru jako u ČS Turovice, kde docházelo k častým poruchám na přívodním řadu z osinkocementu. Současně vlastní ventil řídí průtok do akumulace a to na základě nastavení vstupního hydrodynamického přetlaku, který nesmí klesnout, v době špičkových odběrů pod 1,0 bar. Je to z důvodu zajištění stabilní dodávky vody do spotřebišť a zajištění požadovaných provozních tlaků ve vodárenské soustavě při napouštění dalších 2 významných akumulací z jednoho řídicího vodojemu v době špičkových odběrů.

Ukázka instalace regulačního ventilu CLA-VAL v lokalitě Turovice a Přestavlký



Ukázka výstupu ze softwaru CLA-VAL v lokalitě Přestavlký



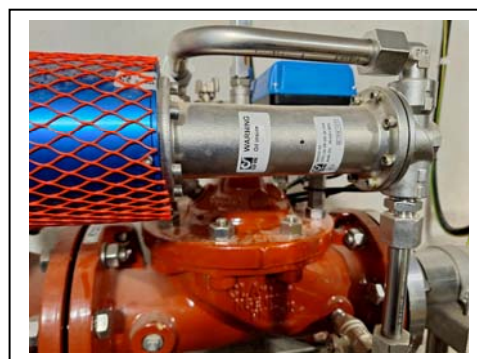
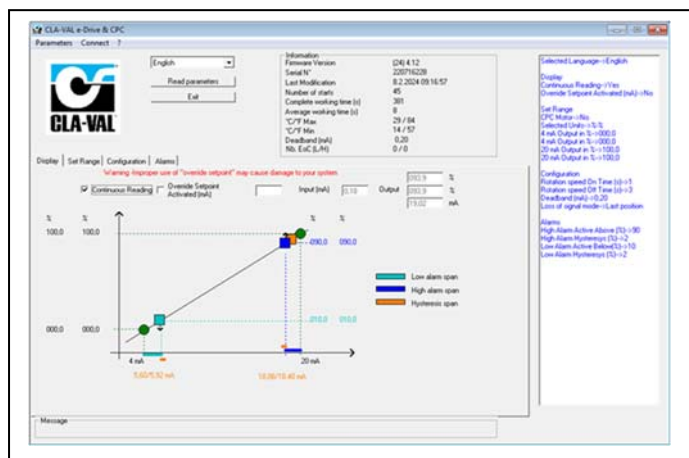
Třetí velmi zajímavou sestavou regulačního ventilu CLA-VAL je umístění na novém věžovém vodojemu **Ústí**:

Regulační ventil je řízen opět dle proudové smyčky 4-20mA, je nakalibrován na maximální průtok $Q = 8 \text{ l/s}$ z důvodu zajištění řádného napouštění řídicího vodojemu Opatovice z jímacího území v období špičkových odběrů.

Kolem tohoto regulačního ventilu je vybudován samostatný obtok s druhým redukčním ventilem, který slouží pro zajištění dodávky vody do spotřebiště v případě provozní odstávky vodojemu a v případě plánované odstávky „hlavního“ ventilu.



Dynamická kalibrace ventilu CLA-VAL v lokalitě Ústí



Řízení výstupního tlaku pomocí servopohonu v Praze-Karlově

Historická část 1. a 2.TP v Praze je velmi citlivá na změnu tlaku, proto byl v roce 2023 osazen nový tlakově redukční ventil CLA-VAL DN 250 s nastavenou hodnotou výstupního tlaku 1,5 -2,5 bar a s pomocným obtokovým režimem vybaveným „klasickým“ redukčním ventilem. Hodnota výstupního tlaku se mění v závislosti na logice, která je dána dalšími objekty měření po trase. Při kalibraci byla použita jeho projektová mezní hodnota, jelikož nebylo možné nastavit v pásmu 2TP maximální výstupní tlak větší než 2,0 bar.



Připojovací detail svorkovnice CLA-VAL:



Servisní zkušenosti s ventilem CLA-VAL se servopohonem na věžovém vodojemu v Moravské Huzové:

Od roku 2021 je zde osazen regulační ventil pro plnění nového věžového vodojemu v Moravské Huzové. Tento ventil je řízen proudovou smyčkou 4-20mA dle aktuální polohy hladiny na základě informací hladinové sondy anebo ručně z dispečinku SITKA. Po 3 letech provozu byl na tomto regulačním ventilu proveden servis a nová kalibrace servopohonu. Při servisních úkonech byly na ventilu objeveny nečistoty, které bránili volnému pohybu hřídele hlavního ventilu. Po jejich odstranění a nové kalibraci mezních hodnot servopohonu nyní je provozovatel opět s touto regulací spokojen a využívá regulaci v plném rozsahu dle svých provozních potřeb.



Závěr

Osazení regulačních ventilů se servopohony, které mají nízký odběr do 5W je pro provozovatele velmi vítaným řešením v době kdy se cena elektřiny neustále zvyšuje a kdy je obtížné povolovat místní odběrové limity. Zejména u větších profilů RV je rozdíl mezi nominálním příkonem takového RV proti třífázovému motoru až 400 x menší a to sebou nese velmi vysoké úspory nejenom ve vlastních odběrech, ale i v návazných vybavenostech rozvaděčů, kabeláži a v neposlední řadě i povolovacích krocích, které je nutné vést s daným provozovatelem elektrické sítě.

Obecně má osazení ventilů CLA-VAL na provozech společnosti Vodovody a kanalizace Přerov, a.s. dlouholetou tradici, která existuje více jak dvě desetiletí. Z provozního pohledu dodávají tyto typy ventilů možnost zajímavých variantních řešení v různých tlakových podmínkách, které přináší investiční i provozní úspory. Ventily jsou spolehlivé s dlouhodobou životností zajištěnou pravidelnou údržbou a periodickou kontrolou.

Vždy je důležité zvolit a pak také použít takové řešení, které má co největší spolehlivost a zdárně vydrží fungovat celá desetiletí. Samozřejmě podmínkou zdárné dlouhodobé funkčnosti je také počítat s pravidelným servisem, který je opravdu na takovémto regulačním ventilu nezbytný. Rychlá dostupnost náhradních dílů také vypovídá o tom zda byla volba tohoto regulačního ventilu správná a bylo tak dosaženo spokojenosti na obou stranách.

Firma HUTIRA s.r.o. zajišťuje všechny servisní úkony na velmi vysoké úrovni a má také podepsané servisní smlouvy s řadou vodárenských společností různých velikostí. Samozřejmostí je také pravidelné školení buď v rámci společnosti HUTIRA v Ostrovačicích u Brna anebo v Popůvkách u Brna, případně je možné školení soustředit přímo u zákazníka.

Kavitace a její eliminace v procesu regulace průtoku v potrubí vodárenských technologií

Ing. Tomáš Bařina
Ing. Jaroslav Slavíček

VAG s.r.o., Lipová alej 3087/1, Hodonín 695 01, www.vag-armaturka.cz, vag-armaturka@vag-group.com

Abstrakt

Regulování tlaku a průtoku v potrubních rozvodech a úrovně vodní hladiny ve vodojemech je jednou ze základních disciplín ve vodárenství. K této činnosti slouží především regulační armatury, které ovšem v praxi často bývají nahrazovány jinými méně vhodnými typy armatur. To vede ke špatnému fungování dané armatury, neboť se nejedná o regulaci ale o škrcení. I regulační armatury však musí být navrhovány s ohledem na požadované parametry celého systému tak, aby byla v maximální míře potlačena kavitace, která je průvodním jevem při velkých rychlostech proudění média uvnitř armatury při vlastní regulaci a může snižovat životnost armatury či havárii celého systému. Cílem přednášky je osvětlit vznik kavitace ve vazbě na kritické rychlosti a prezentovat metodu maření kavitační energie pomocí tzv. štěrbínových válců včetně jejich výpočtů při navrhování membránových a plunžrových regulačních ventilů.

Úvod

Regulace tlaku a průtoku v potrubních rozvodech a regulace úrovně vodní hladiny ve vodojemech je jednou ze základních disciplín ve vodárenství. K této činnosti je využívána řada typů armatur a technických řešení, avšak primárně by měly k tomuto účelu být do systémů instalovány regulační armatury, jejichž konstrukce je pracovním podmínkám regulace cíleně uzpůsobena.

Provázejícím jevem při regulaci je kavitace a z ní vyplývající nutnost hledat způsoby jejího potlačení. Následky kavitace jsou vibrace, hluk a v konečném důsledku i poškození potrubního systému a případná nevratná destrukce armatury.

Cílem přednášky je osvětlit vznik kavitace ve vazbě na kritické rychlosti a prezentovat možnosti maření kavitační energie v místě regulačních dílů armatury, což vede primárně k potlačení tzv. tvrdé kavitace. Dále také prezentovat jednu z metod maření kavitační energie pomocí tzv. štěrbínových regulačních válců a seznámit veřejnost s výpočty při navrhování membránových a plunžrových regulačních ventilů.

Kavitace jako průvodní jev v procesech regulace ve vodárenských technologiích

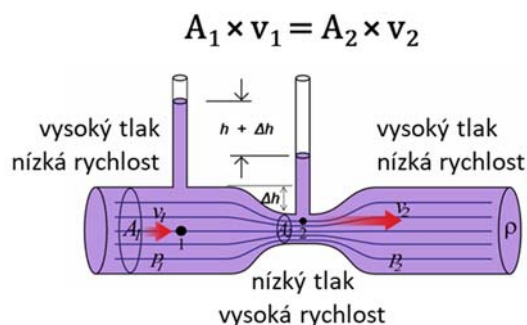
Největším nebezpečím pro dlouhodobou spolehlivou funkci armatur v procesu regulace je kavitace, kvůli které může postupně dojít k poškození vnitřní protikorozní povrchové úpravy a v krajním případě i k porušení a destrukci materiálu tělesa ventilu a potrubí.

Hydrodynamická kavitace je jev, při kterém při lokálním zvýšení rychlosti proudící kapaliny dochází k výraznému poklesu jejího tlaku, jehož důsledkem je vznik bublin v kapalině následovaný jejich implozí. Kavitační bublina je v okamžiku vzniku „vyplněna“ vakuem, ihned se však vyplní párou okolní kapaliny nebo do ní difundují plyny z okolní kapaliny. Při vymizení

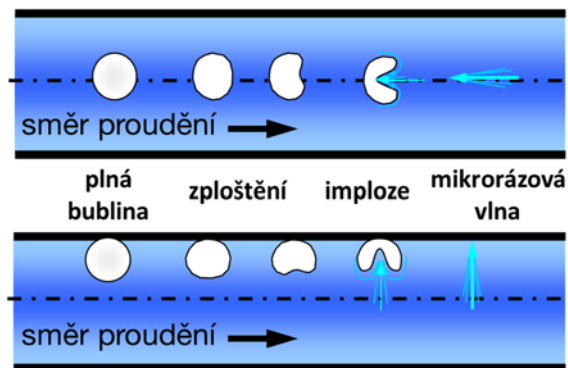
podtlaku, který kavitaci inicioval, její bublina imploduje za vzniku rázové vlny, jenž má destruktivní účinky na okolní materiál. Kavitační jev je chaotický a špatně uchopitelný na úrovni jednotlivých bublin, avšak jde kvantifikovat na úrovni shluků bublin, tzv. kavitačních mračen.

Obr. 1 Změna rychlosti v místě regulace

Zdroj: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Venturifixed2.PNG>



Obr. 2 Vznik rázové vlny působením kavitace



Intenzita destrukce je závislá na mechanických vlastnostech použitých materiálů ale především na velikosti rázů při zanikání kavitačních bublin. Kavitační narušování se objevuje v oblasti zániku bubliny, tj. na konci kavitační oblasti. Nikdy tedy intenzivní kavitační rozrušení materiálu nemůžeme pozorovat na počátku vzniku kavitace.

Mikrorázová vlna vzniklá implozí bubliny má rychlost kolem 1.000 m/s (3.600 km/hod) a v okamžiku nárazu této vlny na povrch potrubí/armatury může hodnota tlaku výrazně přesahovat 100 MPa. Destruktivní účinek se navíc zvyšuje při hromadném kolapsu, kdy dochází ke kaskádovitému kolapsu celého mračen kavitačních bublin, což celý proces materiálové eroze umocňuje.

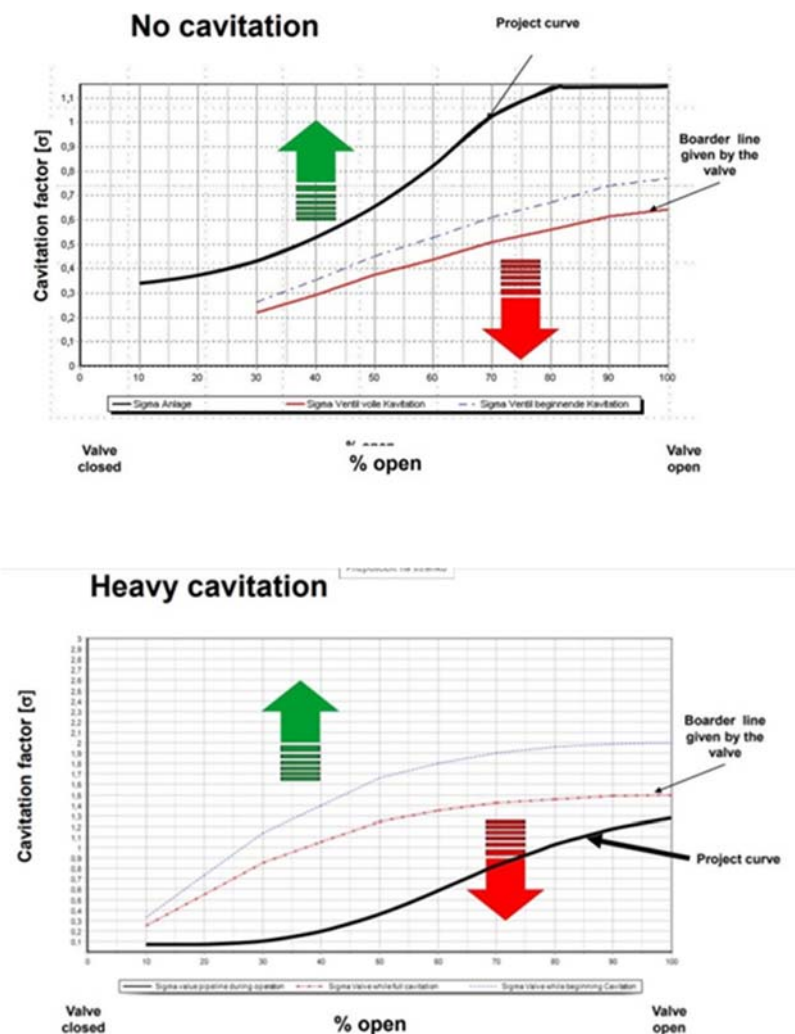
Při projektování se posuzování míry kavitace v daném systému provádí pomocí vzorce. Kavitační faktor σ (sigma) je závislý na velikosti průtočné plochy obvykle udávané v procentech jako míra otevření armatury. Grafické znázornění této závislosti v grafu definuje křivku tvrdé kavitace. Projektová křivka pracovního režimu armatury musí být v grafu vždy nad křivkou tvrdé nebo počáteční kavitace. V případě protínajících se křivek lze z grafu odvodit, při jakém procentuálním otevření začíná armatura kavitovat.

$$\sigma = \frac{H_2 + H_{AT} - H_D}{(H_1 - H_2) + \frac{v^2}{2 \times g}}$$

- H_1 přetlak na vstupu armatury [m H₂O]
- H_2 přetlak na výstupu armatury [m H₂O]
- H_{AT} atmosférický tlak [m H₂O]
- H_D tlak odpařování [12 °C $\approx$ 0,14 m H₂O]
- v průtoková rychlost [m·s⁻¹]
- g gravitační zrychlení [m·s⁻²]

(m H₂O = metr vodního sloupce)

Obr. 3 Kavitační křivky v návaznosti na kavitační faktor σ a procento otevření armatury



Zde je vhodné upozornit, že u instalací se stejným tlakovým spádem (rozdíl tlaku před a za armaturou) nemusí být kavitační faktor σ shodný! Ze vzorce totiž vyplývá, že při stejných provozních podmínkách má určující vliv hodnota výstupního tlaku.

$$\begin{array}{l} H_1 = 29 \text{ m H}_2\text{O} \\ H_2 = 15 \text{ m H}_2\text{O} \end{array} \quad \Rightarrow \quad \Delta p = 14 \text{ m V.S.} \quad \Rightarrow \quad \sigma = 1,75$$

$$\begin{array}{l} H_1 = 14 \text{ m H}_2\text{O} \\ H_2 = 0 \text{ m H}_2\text{O} \end{array} \quad \Rightarrow \quad \Delta p = 14 \text{ m V.S.} \quad \Rightarrow \quad \sigma = 0,66$$

Kavitační křivky pro posuzování kavitace jsou výsledkem experimentálního měření armatury ve zkušebně a výpočtů.

Praktické zkušenosti s návrhem a používáním regulačních armatur ve vazbě na potlačování a eliminaci kavitace

Uzavírací armatury a regulace (škrcení)

Vzhledem k vyšším pořizovacím nákladům na regulační armatury se v praxi často setkáváme s tím, že jsou pro regulaci používány uzavírací armatury. Použití uzavíracích klapek je za určitých

podmínek možné, avšak nedá se hovořit o plnohodnotné regulaci, nýbrž o tzv. „škrcení“. Konstrukční řešení klapky není pro regulaci vhodné, výrobci armatur klapky pro tento účel nedoporučují a na jejich poškození nevhodným užíváním se nevztahují záruky. Šoupátka jsou pro proces regulace absolutně nevhodná.

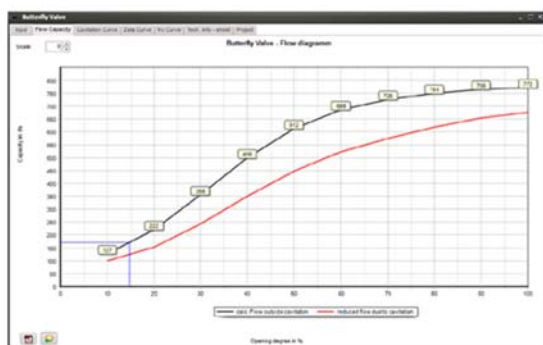
Pro provozovatele je vždy na zvážení, zda je řešení pomocí uzavíracích armatur ekonomické, neboť náklady na odstávky a výměnu poškozených armatur mohou v horizontu životnosti specializovaného regulačního ventilu převyšovat jeho pořizovací náklady.

Obr. 4 Destrukce měkkotěsnicího šoupátka po šesti měsících provozu. Zajímavostí je neporušený klín.

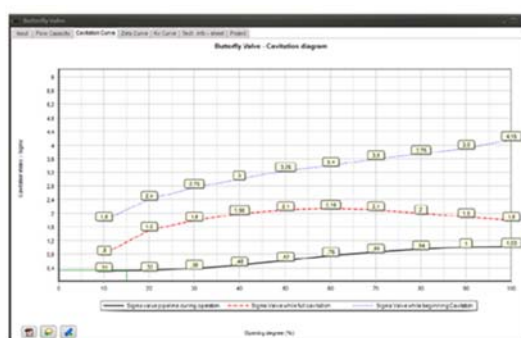


Problematicke regulace pomocí uzavíracích klapky se hlouběji věnoval VAG příspěvek na konferenci VODA Zlín 2022. Uzavírací klapky při dodržení regulačního chování mohou být použity pro regulování průtoku.

Obr. 5 Modelování průtokové charakteristiky



Obr. 6 Modelování kavitačních křivek



Na obrázcích výše vidíme výsledek modelování regulace pomocí uzavírací klapky v aplikaci VAG UseCAD® Control. Z grafu průtokové charakteristiky vyplývá, že k regulaci dochází až od 10 % otevření klapky a hlavní oblast regulace je do 40 % otevření. Na základě našich dlouholetých zkušeností s výpočty regulace pomocí uzavíracích klapky můžeme konstatovat, že toto tvrzení lze zobecnit pro všechny uzavírací klapky. Graf kavitačních křivek ukazuje, že v modelovém případě bude klapka kavitovat v celém rozsahu regulace.

Výsledkem kavitace u centrických uzavíracích klapky obvykle bývá poškození disku a u klapky excentrických dochází k poničení tělesa.

Obr. 7 Poškozený disk centrické klapky



Obr. 8 Poškozené těleso excentrické klapky

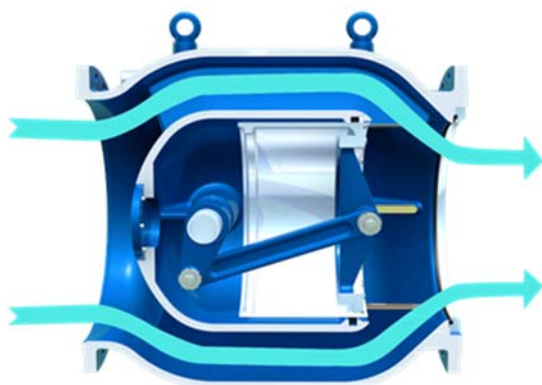


Eliminace a potlačování kavitace pomocí štěrbinových regulačních válců

Pokud se v rámci daných provozních podmínek nelze kavitaci zcela vyhnout, je základem pro její potlačení maření energie proudící kapaliny v místě regulace. Již v roce 1932 přišla společnost VAG na trh s prvním typem tzv. prstencového posuvného ventilu, předchůdcem dnešních regulačních plunžrových ventilů, a v následných desetiletích tento typ armatury intenzivně rozvíjela s cílem eliminovat kavitaci i při velkých tlakových spádech.

Jednou z možností je usměrnění toku proudící kapaliny a maření její energie rozdělením průtoku do většího množství proudů. K tomuto účelu slouží tzv. štěrbinové regulační válce. Konstrukční řešení těchto válců je voleno na základě požadovaných provozních parametrů a funkce plunžrového ventilu. Díky množství typů štěrbinových regulačních válců a jejich kombinací u ventilů s víceúrovňovou regulací nabízí v současnosti společnost VAG více než 1.600 variant VAG RIKO® Plunžrových ventilů.

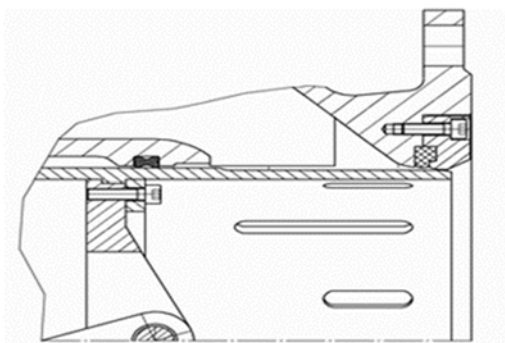
Obr. 9 Princip funkce plunžrového ventilu



Obr. 10 Usměrněný proud kapaliny na výstupu z ventilu nezatěžuje potrubí



Obr. 11 Štěrbínový regulační válec typu SZ (nejvíce frekventovaný typ)

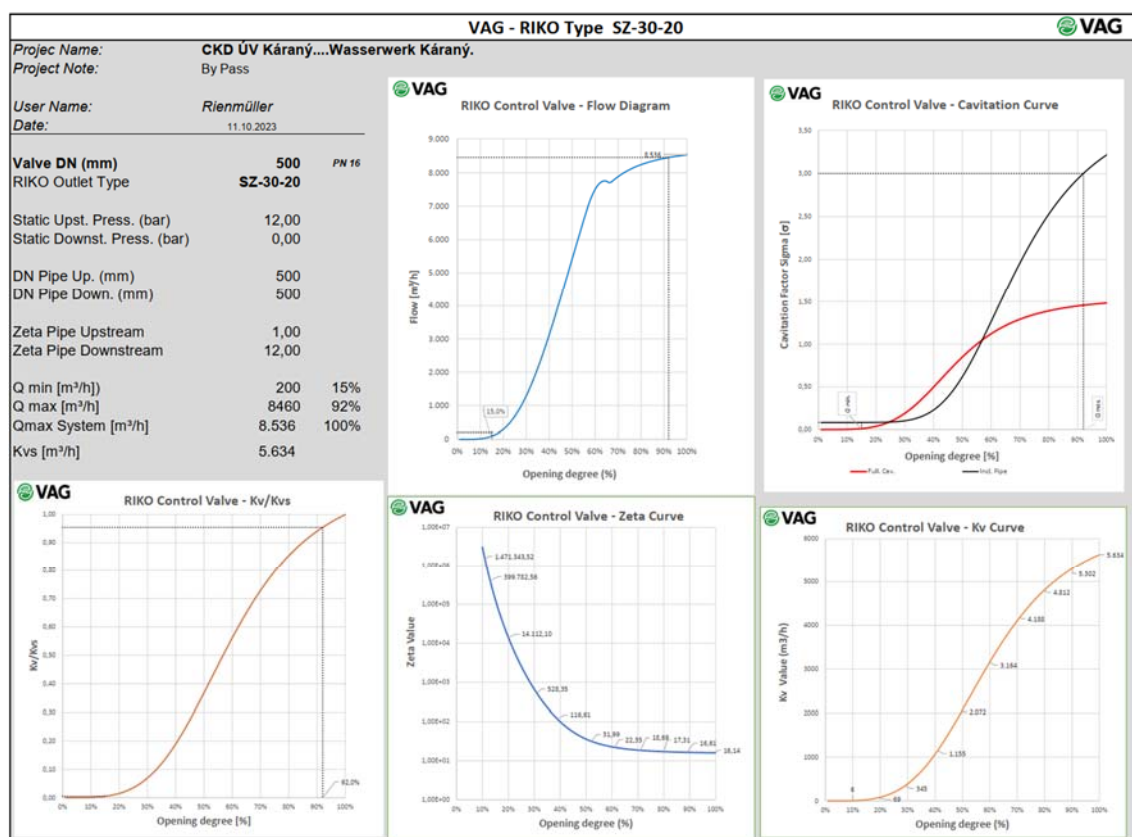


Obr. 12 Štěrbínový regulační válec typu SZ po 65.000 cyklech (PVK a.s.)



Na základě dlouholetých zkušeností s vývojem armatur a zkoumání chování proudících kapalin skrze ně byla vytvořena specializovaná výpočtová aplikace VAG UseCAD® Control, která projektovým technikům umožňuje kalkulovat chování armatur a hydraulické poměry při regulaci, modulovat vnitřní výbavu regulačních ventilů a spolu s projektantem a koncovým zákazníkem hledat optimální řešení.

Obr. 13 Příklad navrhování plunžrového ventilu



Na uvedeném příkladu reálné instalace ventilu v ČR vidíme, že navrhovaný ventil má poměrně dobrou lineární průtokovou charakteristiku a svou regulační funkci bude plnit v rozmezí 15–92 % otevření. Z grafu vyplývá také to, že v rozmezí 25–55 % otevření bude ve ventilu docházet k lehké kavitaci, neboť křivka charakteristiky ventilu je pod křivkou kavitace. Zákazník se rozhodnul tento stav akceptovat, jelikož v dané aplikaci je ventil v tomto rozmezí provozován jen velmi omezeně.

Vzhledem k tomu, že se potlačování kavitace pomocí štěrbinových regulačních válců v praxi velmi osvědčilo, je toto řešení použito i u dalších armatur z produkce koncernu VAG.

U VAG RIKO® Plunžrových ventilů se válec pohybuje v ose potrubí a k případné nevyhnutelné kavitaci tak dochází ve středu průtoku, kde nenapáchá takové škody. Proto se tyto ventily používají pro aplikace s velkými tlakovými spády. Navíc je jejich konstrukce umožňuje vyrábět i ve velkých dimenzích (DN 2400) a pro extrémní pracovní přetlaky (PN 100).

Pro světlosti do DN 200 je cenově dostupnější alternativou VAG DURA Regulační ventil, v němž se regulační válec pohybuje kolmo k ose potrubí. Standardně se při výpočtu volí z několika drážkovaných válců s označením např. SZ 20, 40 a 60, kde hodnota udává procentuální plochu otvorů vůči povrchu obvodové plochy válce. Kromě standardního ovládání ručním kolem nebo el. servopohonem se u těchto ventilů využívá také samočinné ovládání plovákem.

Obr. 14 VAG RIKO Plunžrový ventil

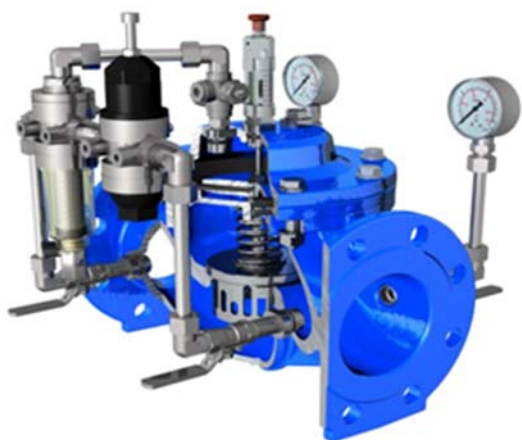


Obr. 15 VAG DURA Regulační ventil



Velkou variabilitu ve způsobech samočinného ovládání nabízí VAG PICO® Membránové regulační ventily, které se ovládají pomocí membrán v jejich řídicích ventilech a které pro svůj chod nevyžadují žádný vnější zdroj energie kromě proudění pracovního média v potrubí. Tyto ventily se používají pro regulaci tlaku za ventilem, udržování konstantního tlaku před ventilem, k napouštění vodojemů či k ochraně čerpadel před vodními rázy. Modulární konstrukce řídicích okruhů těchto ventilů navíc umožňuje jednotlivé pracovní funkce kombinovat dle požadavků zákazníka.

Obr. 16 VAG PICO Membránový regulační ventil



Obr. 17 Regulační válce SZ 20, 40 a 60



Pro návrhy aplikací s výše uvedenými regulačními armaturami, uzavíracími klapkami i šoupátky slouží webová aplikace VAG UseCAD. Její specializovaný modul UseCAD Control umožňuje projektantům získat detailní informace o chování regulačních armatur a předběžně navrhnout pravděpodobné vhodné řešení i bez detailní znalosti tematiky.

Závěr

Pro nalezení technicky i ekonomicky správného řešení je vhodná spolupráce projektových techniků výrobce a projektantů a techniků na straně zadavatele již v rané fázi projektování. Na trhu je celá řada výrobců nabízejících různé více či méně vhodné armatury. V případě regulace – ať už se jedná o regulaci tlaků, průtokového množství média či hlídání hladiny ve vodojemech – jsou důležité odborné znalosti a zkušenosti výrobce podložené profesionálními výpočtovými programy.

Společnost VAG patří v této oblasti mezi průkopníky a má ve svém portfoliu řadu velmi zajímavých referenčních instalací. Plunžrové ventily DN 2400 instalované ve vodní elektrárně Rudíla v čínské provincii Jün-nan jsou momentálně největšími vyrobenými plunžrovými ventily na světě. Dvanáct ventilů DN 1800 pomáhá zásobovat pitnou vodou 12 milionů obyvatel indické Bombaje a do turecké Ankary proudí $9.000 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ pitné vody také přes plunžrové ventily VAG.

V České republice patří mezi zajímavé reference např. ventil instalovaný ve společnosti Biocel Paskov, který sloužil po dobu 30 let jako regulační armatura pro zásobování výrobních technologií vodou z retenční nádrže. Dle projektových dat byl vstupní tlak 76 m V.S. ventilem redukován na výstupní tlak 4 m V.S. a průtokové množství se pohybovalo v rozmezí $0\text{--}460 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Ventil prováděl pracovní cyklus jednou za 15 minut, a to v denním pracovním režimu. Jednoduchým výpočtem zjistíme, že za 30 let provozu tento ventil provedl více než 1.000.000 pracovních cyklů, čímž dalece překročil legislativou stanovenou záruční lhůtu 2.500 pracovních cyklů!

Při hledání řešení regulační úlohy je tedy více než užitečné vycházet z referencí, jak je daný výrobce schopen svými výpočty predikovat chování armatury v dlouhém časovém horizontu.

Použitá literatura

Dipl. Ing. Robert Heiler, Armatury ve vodárenství a čištění odpadních vod, edice VAG
Obchodně-technická a školicí dokumentace VAG

„Voda by nemala byť agresívna alebo korozívna“ – rôzne spôsoby hodnotenia agresivity vody

Ing. Tibor Burger

Ing. Matúš Kosnáč

Liptovská vodárenská spoločnosť, a. s.

Abstrakt

Agresivita vody je vlastnosť, ktorá môže mať rozsiahle technické a ekonomické dopady na strane dodávateľov ale aj spotrebiteľov pitnej vody. Okrem toho predstavuje riziko zdravotné, ktoré je potrebné v rámci manažmentu rizík hodnotiť a riadiť. Príspevok popisuje a porovnáva dostupné metódy hodnotenia agresívnych vlastností vody.

Úvod

„Voda by nemala byť agresívna alebo korozívna“ je definícia uvedená v európskej smernici o kvalite vody určenej pre ľudskú spotrebu [1], ktorá bola prenesená do národných legislatív [2], [3], ktoré zároveň odkazujú na národné normy [4], [5] ohľadom požiadaviek na kvalitu vody dopravovanej potrubím.

Agresívna voda spôsobuje rozrušovanie materiálov prichádzajúcich do styku s ňou. Jedná sa o kovové materiály ale aj materiály na báze cementu, ktoré vplyvom agresívnej vody korodujú. Téma priamo súvisí aj s požiadavkou smernice [1] na hygienickú bezpečnosť materiálov prichádzajúcich do styku s pitnou vodou, ktoré nesmú priamo či nepriamo ohrozovať ľudské zdravie, nepriaznivo ovplyvňovať senzorické vlastnosti vody, podporovať mikrobiálny rast či uvoľňovať kontaminanty v rozsahu väčšom ako nevyhnutnom.

Bezpečnosť pitnej vody je agresivitou vody ovplyvnená jednak z dôvodu rizika uvoľňovania ťažkých kovov ako sú olovo, nikel či meď z materiálov potrubí a armatúr, ale aj možnou nedostupnosťou vody spôsobenou poškodením potrubí. Zdravotné riziko môže predstavovať aj voda so zhoršenými senzorickými vlastnosťami (zákal, farba) a to ovplyvnením správania sa spotrebiteľa – nedostatočným príjmom takejto vody, či zmenou zdroja vody za menej bezpečný vlastný zdroj – studňu.

Z pohľadu požiadaviek smernice [1] sa jedná o snahu dosiahnutia rovnováhy medzi vlastnosťami vody a vlastnosťami materiálov. Voda nemá na materiály pôsobiť agresívne a materiály prichádzajúce s ňou do kontaktu majú byť hygienicky bezpečné. Úlohou dodávateľa vody je zhodnotiť riziko agresivity vody a to nie len na strane výroby a distribúcie ale aj v rámci vnútorných rozvodov u spotrebiteľa. O prípadných rizikách plynúcich z agresivity a stagnácie vody, by mal spotrebiteľa primerane informovať a viesť k zmene jeho správania, tak aby na jeho strane minimalizoval zdravotné riziko.

Možností hodnotenia agresivity vody sa ponúka hneď niekoľko. QR kód uvedený na konci tohto príspevku poskytuje prezentáciu v ktorej sú uvedené a porovnané spôsoby hodnotenia ako aj ďalšie užitočné odkazy.

Vo všeobecnosti možno metódy hodnotenia agresivity vody rozdeliť na experimentálne a výpočtové. Experimentálne metódy predstavujú prevádzkové testovanie skúšobných etalónov ocelí a liatín podľa postupov uvedených v národných normách [4], [5]. Sú časovo náročné, požadovaná doba skúšky je 90-120 dní. Sú vhodné pre veľké investičné akcie ako budovanie diaľkovodov, aby sa reálne zhodnotila trvácnosť navrhovaných oceľových materiálov. Nižšie sú uvedené postupy hodnotenia agresívnych vlastností vody na základe výpočtov a laboratórnych stanovení, ktoré sú vhodné pre jednoduché a relatívne rýchle zhodnotenie prípadnej agresivity vody.

Uhličitanovo-vápenatá rovnováha

Najrozšírenejším prístupom hodnotenia agresivity vody je uhličitanovo-vápenatá rovnováha, ktorej hodnotenie je aj súčasťou národných noriem [4], [5]. Práve obsah oxidu uhličitého, ktorý spôsobuje nízke pH vody a schopnosť takejto vody rozpúšťať uhličitan vápenatý (kalcit) je jednou z príčin, že takáto voda bude pôsobiť koróziívne. Parametre ktoré sa v uhličitanovo-vápenatej rovnováhe kvantifikujú výpočtom alebo laboratórnym experimentom sú indexy nasýtenia ako Langelierov $I_s = \text{pH} - \text{pH}_r$ alebo Ryznarov index $RI_s = 2 \text{pH}_r - \text{pH}$. Za vodu v uhličitanovo-vápenatej rovnováhe sa považujú hodnoty $I_s \pm 0,05$ alebo RI_s od 6,0 do 7,0. Tieto indexy vychádzajú z pH skúšanej a vody a pH_r vody po dosiahnutí rovnováhy s uhličitanom vápenatým. Mieru agresivity vody predstavuje aj parameter presýtenie vody uhličitanom vápenatým $P(\text{mmol/l})$, ktorého záporná hodnota predstavuje množstvo vápnika v mmol/l , ktorý bol vodou pri kontakte s kalcitom rozpustený. Parametre uhličitanovo-vápenatej rovnováhy je možné podľa národných noriem [4], [5] stanoviť experimentálne ale aj výpočtom prostredníctvom programu Agresivita, ktorý je distribuovaný spolu s českou normou [5].

Analógiu presýtenia vody uhličitanom vápenatým predstavuje rozpustnosť kalcitu vo vode [6] až [9] - Calcitlösekapazität CLK, ktorá vyjadruje množstvo uhličitanu vápenateho rozpusteného vodou v mg/l CaCO_3 . $\text{CLK} (\text{mg/l}) = -P (\text{mmol/l}) \cdot M_{\text{CaCO}_3} (\text{mg/mmol})$, pričom $M_{\text{CaCO}_3} = 100 \text{ mg/l}$. Tento parameter sa získava výpočtom podľa normy [7] a na výpočet možno použiť hydrochemický výpočtový program Aqion [8]. Výhodou výpočtu podľa normy [7] je sada validačných dát, ktoré slúžia k validácii výpočtových programov a taktiež oproti výpočtovému programu Agresivita [5] výpočet zahŕňa vplyv koncentrácie fosforečnanových aniónov.

Požiadavkou našich národných noriem [4], [5] pre vodu prepravovanú potrubím je u väčšiny materiálov kladné presýtenie vody uhličitanom vápenatým, taktiež kladný index nasýtenia a tvrdosť vody aspoň 0,5 mmol/l čo sú požiadavky na mäkkú vodu z horských oblastí bez nákladnej úpravy vody nedosiahnuteľné.

Pre porovnanie nemecká a rakúska legislatíva [6], [9] povoľuje v prípade uhličitanovo-vápenatej rovnováhy záporné presýtenie vody na úrovni do -0,05 mmol/l ($\text{CLK} = 5 \text{ mg/l CaCO}_3$) vytekajúcej z úpravne a až -0,10 mmol/l ($\text{CLK} 10 \text{ mg/l CaCO}_3$) v prípade miešania dvoch rôznych vôd v rámci distribučnej siete. Požiadavka na CLK sa považuje za splnenú pri pH viac alebo rovno 7,7. Spôsob hodnotenia je v tomto prípade jednoznačnejší a oproti požiadavkám noriem [4], [5] tolerantnejší.

Rada noriem EN 12502-1 až 5

Najkomplexnejší spôsob hodnotenia agresívnych vlastností vody predstavuje rada noriem EN 12502-1 až EN 12502-5 [10] až [14], ktoré sa v časti 1 priamo odvolávajú, na európsku smernicu [1] a môžeme sa s nimi stretnúť aj v rakúskom potravinovom kódexe v časti B1 pitná voda [9].

Systém týchto noriem umožňuje zhodnotiť pravdepodobnosť vzniku rôznych typov korózie voči rôznym materiálom za rôznych podmienok ako napríklad teplota či prúdenie vody. Hodnotenie tak pozostáva z viacerých parciálnych hodnotení pôsobenia vody voči rôznym materiálom za rôznych podmienok. Spôsob hodnotenia nie je komplikovaný, nevyžaduje náročné výpočtové programy. Požaduje sa kompetentnosť hodnotiteľa, teda primerané vzdelanie alebo skúsenosti. Vstupnými parametrami na zhodnotenie sú okrem koncentrácie kyslíka, pH aj koncentrácie hydrogénuhličitanových, síranových, chloridových, dusičnanových, vápenatých iónov.

Záver

Téma hodnotenia agresivity vody otvára príležitosť pre zvyšovanie odbornosti a vzdelávanie pracovníkov vodárenstva, ale aj spoluprácu s odborníkmi v oblasti materiálového inžinierstva, konkrétne odborníkmi na koróziu. Taktiež je tu priestor pre zlepšenie legislatívnych požiadaviek čo sa jednoznačnosti požiadaviek hodnotenia agresivity vody týka. Napríklad v akom mieste majú byť splnené aké parametre a aké opatrenia na zníženie rizík súvisiacich s agresivitou vody je potrebné prijať, alebo za akých podmienok by malo byť vylúčené použitie niektorých materiálov.

Použitá literatúra

- [1] Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2020/2184 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu 2020/2184
- [2] Vyhláška č. 252/2004 Sb, ktorou sa stanoví hygienické požiadavky na pitnou a teplou vodu a četnosť a rozsah kontroly pitnej vody
- [3] TNV 75 7121 : 2010 Jakost vod. Požadavky na jakost vody dopravované potrubím
- [4] Vyhláška MZ SR č.91/2023 Z.z, ktorou sa ustanovujú ukazovatele a limitné hodnoty kvality pitnej vody a kvality teplej vody, postup pri monitorovaní pitnej vody, manažment rizík systému zásobovania pitnou vodou a manažment rizík domových rozvodných systémov
- [5] STN 75 7151 : 2002 Kvalita vody Požiadavky na kvalitu vody dopravovanej potrubím
- [6] Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, Trinkwasserverordnung – TrinkwV, Zweite Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung 06/2023
- [7] DIN 38404-10:2012-12 Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Physikalische und physikalisch-chemische Stoffkenngrößen (Gruppe C) - Teil 10: Berechnung der Calcitsättigung eines Wassers (C 10)
- [8] <https://www.aqion.de/> Hydrochemický program okrem iného aj pre výpočet uhličitanovo-vápenatej rovnováhy. Základná verzia aqion je bezplatná. Verzia aqion PRO s možnosťou ukladania a rozšírenými funkciami v cene pár desiatok eur.
- [9] Österreichisches Lebensmittelbuch část B1 pitná voda príloha 8 korozívne vlastnosti vody
- [10] ČSN EN 12502-1 (03 8201) Ochrana kovových materiálov proti korozi – Pravdepodobnosť koroze v pôde - Část 1: Obecné zásady.
- [11] ČSN EN 12502-2 (038201) Ochrana kovových materiálov proti korozi – Pravdepodobnosť koroze v pôde - Část 2: Nízkolegované a nelegované železné materiály.
- [12] ČSN EN 12502-3 (038270) Ochrana kovových materiálov proti korozi – Návod na stanovení pravděpodobnosti koroze v soustavách pro distribuci a skladování vody - Část 3: Faktory ovlivňující žárově zinkované železné materiály.
- [13] ČSN EN 12502-4 (038270) Ochrana kovových materiálov proti korozi – Návod na stanovení pravděpodobnosti koroze v soustavách pro distribuci a skladování vody – Část 4: Faktory ovlivňující korozivzdorné oceli.
- [14] ČSN EN 12502-5 (038270) Ochrana kovových materiálov proti korozi - Návod na stanovení pravděpodobnosti koroze v soustavách pro distribuci a skladování vody – Část 5: Faktory ovlivňující litinu, nelegované a nízkolegované oceli.
- [15] European Commission, Directorate-General for Environment, Materials coming into contact with drinking water – What to watch out for? – At home, Publications Office, 2017, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/884998>



https://docs.google.com/presentation/d/1tk3GJ8D4JVmocbUpK9b8DyAB7_RjT760QxG1jF06WU/edit?usp=sharing

Je nerezová ocel doopravdy korozivzdorná?

Ing. Jiří Kratěna, Ph.D.

SWECO a.s., Tábořská 31, Praha 4

Abstrakt

Je nerezová ocel odolná korozi? Tato otázka je zavádějící a také je na ní těžká odpověď. Od devasátých let se při rekonstrukcích vodohospodářských objektů nahrazuje potrubí z ocele třídy 11 nerezovou ocelí. Počáteční nadšení pro použití materiálu nevyžadujícího údržbu je v posledních letech nahrazováno rozpaky. Rozpaky jsou způsobené tím, že se setkáváme s korozí nerezové oceli. Proč se tomu tak děje? Nejenom tuto otázku, ale také za jakých podmínek bude dosaženo korozivzdornosti nerezové oceli, se pokusí dát odpověď tento příspěvek.

Co je korozivzdorná ocel?

Korozivzdorná ocel, často označovaná také jako nerezová ocel, je vysocelegovaný materiál (slitina železa, chromu a dalších prvků) s výraznou odolností vůči chemické a elektrochemické korozi. Chrom je klíčovým prvkem, který tvoří ochranný povlak na povrchu oceli, známý jako oxid chromový, který brání pronikání koroze do vnitřních vrstev materiálu.

Přestože se nazývá "korozivzdornou" nebo "nerezovou", není zcela imunní vůči korozi.

Kromě odolnosti vůči korozi je u těchto ocelí požadována dobrá svařitelnost. A nesmí se také zapomenout na skutečnost, že v případě použití při styku s pitnou vodou musí mít tato ocel doklad o vhodnosti použití pro pitnou vodu dle zákona č. 258/2000 Sb. v platném znění a prováděcí vyhlášky č. 409/2005 Sb. v platném znění.

Druhy korozivzdorné oceli

Existuje několik různých typů korozivzdorné oceli, z nichž každý má specifické vlastnosti a použití. Mezi nejběžnější typy patří austenitická ocel, ferritická ocel a duplexní ocel, která kombinuje vlastnosti obou předchozích typů.

1. Austenitická ocel je známá svou vysokou odolností vůči korozi a dobrou formovatelností. Austenitické oceli se dělí dále na chrom-niklové a chrom-nikl molybdenové korozivzdorné oceli. Jsou to oceli, které mají obsah chromu 17-19 % a obsah niklu 8,5-14,5 %. Tyto oceli jsou dobře svařitelné. Austenitické oceli jsou vysoce tvárné a houževnaté. Z pohledu bezpečnosti kontaminace potravin a pitné vody je austenitická ocel to nejlepší co lze na trhu najít.

2. Ferritické korozivzdorné oceli jsou oceli, které mají obecně obsah uhlíku menší než 0,1 % a 13-19 % chromu s žádným či velmi malým množstvím niklu. Zpravidla mají špatnou svařitelnost a ve vodohospodářských provozech jsou používány převážně pro opláštění zařízení.

3. Duplexní ocel je ocel, u které se kombinují vlastnosti austenitické a ferritické oceli. Ato ocel má vysoký obsah chromu je 20-26 % plus malé množství niklu 1-7 %. Má vynikající odolnost vůči korozivním útokům a vysokou pevnost. Ve vodním hospodářství lze duplexní ocel nalézt u armatur, kde se převážně využívá pro disky klapky a šoupátek.

Jak bylo uvedeno, austenitické oceli jsou používány pro trubní rozvody ve vodním hospodářství. Druhy korozivzdorné ocele (nerez ocele) používané ve vodním hospodářství a splňující požadavky pro styk s pitnou vodou podle vyhlášky 409/2005 Sb.:

- **1.4301** (X5CrNi18-10)/AIS 304: Austenitická svařitelná nestabilizovaná korozivzdorná ocel. Je vhodná pro prostředí oxidační povahy pro silné anorganické kyseliny jen při velmi nízkých koncentracích a v oblasti kolem normálních teplot. Je vhodná pro slabé organické kyseliny do středních teplot při současném provzdušnění.
- **1.4307** (X2CrNi18-10)/AIS 304L: Austenitická nestabilizovaná s nízkým obsahem uhlíku. Chemická odolnost podobná jako u 1.4301, ale není náchylná k mezikrystalické korozi (díky nízkému obsahu uhlíku nevzniká CrC a při tepelném ovlivnění se všechny uhlík rozpustí zpět do austenitu). Dobře svařitelná a vhodná pro leštění.
- **1.4401** (X5CrNiMo17-12-2)/AIS 3016: Austenitická chromnikmolybdenová ocel s dobrými antikorozními vlastnostmi a vysokou odolností proti korozi způsobené chloridy. Má dobré mechanické vlastnosti a je velmi dobře svařitelná.
- **1.4404** (X2CrNiMo17-12-2)/AIS 316L: Austenitická chromnikmolybdenová ocel, s velmi nízkým obsahem uhlíku (nižší než 1.4401), odolná mezikrystalické korozi s dobrou svařitelností. Ocel je hlavně vhodná pro neoxidační prostředí, obsahující silné organické (mravenčí, octová) a silné anorganické (sírová, fosforečná) kyseliny při nižších koncentracích až do středních teplot.
- **1.4571** (X6CrNiMo17-12-2)/ AIS 316Ti: Austenitická, chromnikmolybdenová, stabilizovaná ocel. Jedná se o kyselinovzdornou ocel, stabilizovanou titanem, díky jemuž nejde vyleštit do vysokého lesku. Je odolná vůči mezikrystalické korozi v oblasti tepelného ovlivnění.

Důvody koroze korozivzdorné oceli

Korozivzdorná ocel, je typ oceli, který je navržen tak, aby odolával korozním procesům lépe než běžné uhlíkové nebo nízkolegované oceli. Nicméně, i když je korozivzdorná ocel mnohem odolnější proti korozi, není zcela imunní vůči ní. Existuje několik důvodů, proč může docházet ke korozi i u tohoto typu oceli

- **Chemické složení:** I když korozivzdorná ocel obsahuje slitinové prvky, jako je chrom, nikl a molybden, které zvyšují její odolnost proti korozi, při určitých podmínkách nebo při kontaktu s agresivními chemikáliemi může dojít ke korozním reakcím.
- **Mikrobiálně indukovaná koroze (MIC):** Tato forma koroze je vyvolaná biologickou činností, která umožňuje vznik koncentračních článků a může vést k bodové korozi v anaerobních podmínkách.
- **Povrchové poškození:** Poškrábání nebo jiné formy mechanického poškození mohou narušit pasivní vrstvu na povrchu korozivzdorné oceli, což usnadňuje korozní procesy.
- **Kontakt s chloridy, oxidy:** Sloučeniny chloru, jako jsou plynný chlór, chloridy a chlornany, mohou způsobovat lokální formy koroze, jako je důlková koroze, štěrbinová koroze a korozní praskání.
- **Nesprávná údržba:** Nedostatečná nebo nevhodná údržba může vést k nahromadění škodlivých látek na povrchu oceli, což může vyvolat korozní proces.
- **Galvanická koroze:** Pokud je korozivzdorná ocel v kontaktu s méně ušlechtilým kovem v přítomnosti elektrolytu, může dojít ke galvanické korozi.
- **Nesprávně provedená montáž:** Nedodržení montážních postupů může vést ke vzniku koroze díky kombinaci výše uvedených důvodů koroze.

Aby se minimalizovala korozní rizika, je důležité vybrat správný typ korozivzdorné oceli pro danou aplikaci a zajistit správnou instalaci, údržbu a ochranu materiálu.

Na obrázku 1 jsou zobrazeny příklady nesprávně provedeného svaru. Pravděpodobně u těchto svarů došlo k vyššímu teplotnímu ovlivnění základového materiálu a po ukončení svařování nebylo provedeno ošetření svaru.

Obr. 1 Nesprávně provedené svary



Co může způsobit výskyt chloru v ovzduší je vidět na obrázku 2. Příčinou koroze v tomto případě byla způsobeno působením sloučeninami chloru v kombinaci s nesprávně ošetřeným povrchem potrubí. Potrubí byla zhotovená z oceli 1.4301 bez požadavku na provedení povrchu.

Obr. 2 Koroze způsobená výskytem chloru v ovzduší.



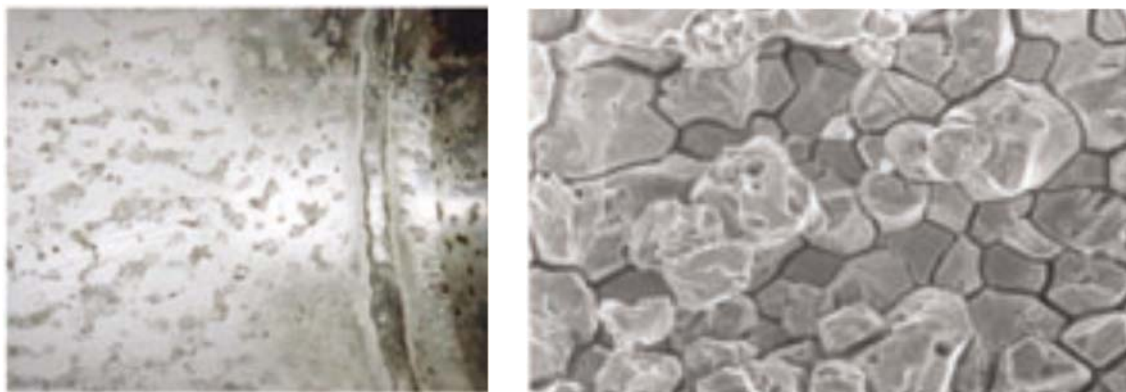
Koroze ocelí ve vodohospodářských provozech

Na úpravkách vody i na dalších vodárenských objektech je možné setkat se s řadou rizikových faktorů, které je nutné při návrhu i provedení respektovat. Z hlediska korozních účinků se jedná především o častý výskyt silných „oxidantů“ jako je například ozon, chlor apod.

Prostředí úpravny vody je charakteristické vysokou korozní agresivitou, minimálně stupně C3 podle ČSN EN ISO 9223. Důvodů je celá řada: vysoká relativní vlhkost, výskyt kondenzace vody na povrchu konstrukcí, obsah sloučenin chloru/ozonu ve vodě i v ovzduší, biologické znečištění surové vody atd. Např. sloučeniny chloru používané na úpravu vody jsou velmi těkavé a pronikají i do ovzduší, kde se mohou usazovat na površích všech kovových materiálů, rozpouštět v tenkých vrstvách povrchové vlhkosti a vytvářet korozně agresivní roztoky. Pokud tyto roztoky postupně vysychají, dochází k jejich zkoncentrování a zvýšení jejich korozní agresivity na povrchu kovových materiálů (viz obrázek 2).

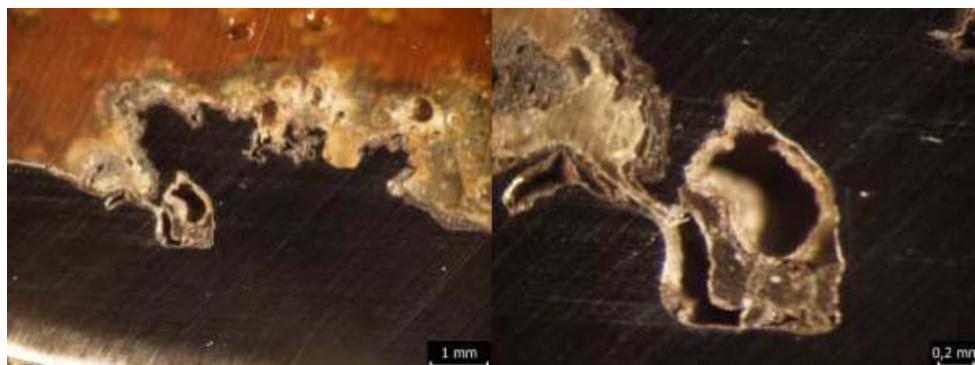
Ozon, tedy molekula kyslíku O_3 , jako nejsilnější dostupný oxidant působí na různé materiály odlišně - korozivní účinek ozónu většinou nastává od koncentrace $4,2 - 6,3 \text{ mg.m}^{-3}$. Koncentrace ozonu ve vodě nemá být vyšší než $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$, v případě vyšší koncentrace je nutné reagovat při návrhu odpovídajícím typem korozivzdorné oceli. Údaje o vlivu ozonu na korozivzdorné oceli jsou v odborné literatuře publikovány pouze výjimečně a často jsou i rozporuplné, ale obecně lze konstatovat, že podle dostupných údajů je působení ozónu na korozivzdornou ocel 1.4401 (AISI 316, ekv. P752) zanedbatelné jak ve formě vodných roztoků ($\text{pH} = 3$), tak i v plynné fázi. Korozivzdorné oceli jsou i konstrukčním materiálem pro výrobu generátorů ozonu, i když se obvykle jedná o typ 1.4571 (AISI 316T). Korozní odolnost v přítomnosti ozonu je u těchto ocelí vyšší než u výše legovaných ocelí s obsahem molybdenu 6 hmot. % a duplexních korozivzdorných ocelí. Na obrázku 3 je ukázáno korozní napadení korozivzdorné oceli AISI 316, lokální korozní napadení bylo zjištěné jak v základním materiálu, tak na svarových plochách. V tomto případě lze koroznímu napadení zabránit použitím vyšší třídou nerezové oceli (např. 1.4404).

Obr. 3 Korozní napadení korozivzdorné oceli AISI 316 v potrubí ozonu

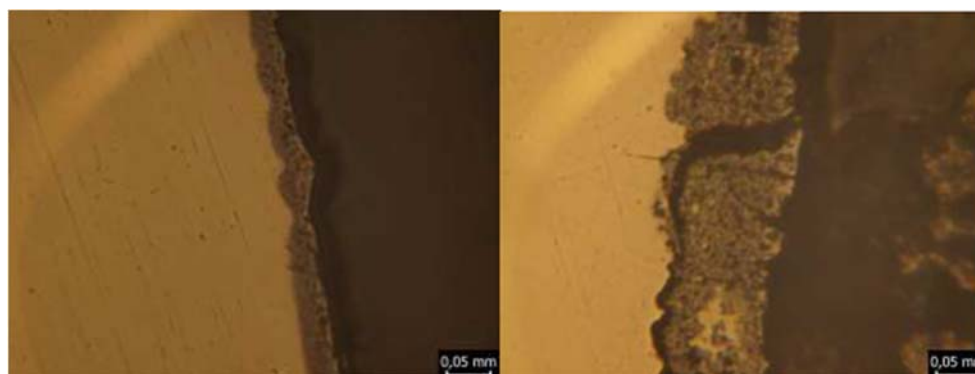


Působení mikroorganismů a jejich korozní působení je vidět na obrázcích 4-7. Jedná se segment potrubí z oceli 1.4301 napadený korozi, ze kterého byly z oblasti svaru a mimo svar odříznuty vzorky, které byly zkoumány pomocí mikroskopu. Vzorky byly vyleštěny na řezu. Na celém svaru byla zaznamenána jediná dutina, která byla okludovaná na rozhraní svaru a nepředstavovala korozní problém (obr. 4). Většina povrchu je pokryta silným filmem, a to jak oblast nad hladinou (obr. 5) tak pod hladinou (obr. 7 vpravo), skládajícím se částečně z korozních produktů. Část povrchu byla bez známek koroze (obr. 6 vlevo), místy byly identifikovány korozní důlky (obr. 6 a obr. 7). Film na potrubí obsahoval kromě anorganických složek (oxidy železa a uhličitán vápenatý a hořečnatý) i významnou část organickou. Působení mikroorganismů a následná tvorba biofilmu je významný korozní faktor bakterií, které jsou schopny působením svých metabolitů posunout korozní potenciál ocelí. V biofilmu se dále velmi ochotně absorbují a zakoncentrovávají chloridové ionty, způsobující lokální důlkové napadení korozivzdorných ocelí. Toto působení je navíc zesíleno tím, že bakterie lokálně spotřebují kyslík a vytvoří tak anaerobní podmínky, v nichž bude docházet k tvorbě korozních článků s diferenciální aerací a dalšímu urychlení lokálního korozního děje.

Obr. 4 Dutina ve svaru. Bez známek korozního napadení.



Obr. 5 Korozní film v oblasti nad pravděpodobnou hladinou. Tloušťka filmu 20-100 μm .



Obr. 6 Oblast pod hladinou, bez známek koroze. Vpravo korozní důlek v okolí svaru.



Obr. 7 Oblast pod hladinou - korozní důlek, vyplněn korozními produkty (vlevo) a korozní film (vpravo)



Co dělat, aby korozivzdorná ocel nerezavěla

Pro odolnost a trvanlivost konstrukcí a prvků z korozivzdorné oceli je rozhodující návrh ze správného druhu oceli s ohledem na reálně působící korozní účinky, tedy na vliv prostředí vyjádřený např. stupněm korozní agresivity Cx podle ČSN EN ISO 9223. Podstatný vliv ale má i navrhované a realizovaná finální povrchová úprava, dodržení správných technologických postupů při svařování a manipulaci s materiálem. Odolnost proti korozi lze ovlivnit už ve fázi projektové přípravy, kdy projektant stanoví správně prostředí a požadavky na provádění stavby:

- Pro zajištění předpokládané vysoké korozní odolnosti korozivzdorných ocelí musí být u všech nerezových prvků bez rozdílu povrch korozivzdorné oceli čistý a hladký, doporučená drsnost povrchu je Ra 1,0 μm , některé zdroje uvádějí drsnost 0,3 μm .
- Potrubí, konstrukce atd. musí být na stavbu dodány s konečnou povrchovou úpravou s nepoškozenou pasivní vrstvou. Pokud je pasivní vrstva jakýmkoliv způsobem porušena, je nutné zajistit vznik nové kvalitní pasivní vrstvy pomocí mechanického a chemického ošetření. Nutným předpokladem pro vznik bezvadné a účinné pasivní vrstvy je kovově čistý povrch zbavený okují a náběhových barev po svařování a tepelném zpracování, vměstků, ořetů a náletů uhlíkového a jiného cizího materiálu, mechanických nečistot včetně popisů barvami a staré poškozené pasivní vrstvy.
- Minimalizovat počet svarů na stavbě. Po sváření provést mechanické a chemické ošetření, aby došlo ke vzniku nové pasivní vrstvy a povrch byl hladký.
- Potrubí, konstrukce atd. musí být na stavbě chráněna proti mechanickému poškození.

Obr. 8 Ukázka ochrany potrubí během stavby, nového svaru a ošetřeného svaru



Obr. 9 Správně provedený a ošetřený svar



Závěr

Technologická potrubí v objektech vodního hospodářství, v současnosti obvykle prováděná z korozivzdorných ocelí, jsou významnou a nákladnou částí díla. Návrhu i provedení je třeba věnovat mimořádnou pozornost a ekonomická hlediska je vždy nutné konfrontovat s požadavky spolehlivosti, korozní odolnosti, technologickými možnostmi a dalšími relevantními hledisky. Technická specifikace, obvykle v rámci zadávací projektové dokumentace by měla obsahovat vždy tyto údaje:

- Přesné označení typu korozivzdorné oceli
- Charakteristiky působícího prostředí. Obecně stupeň korozní agresivity podle užitě normy (tedy např. C4 podle ČSN EN ISO 9223) a podrobnější výpis korozních faktorů, včetně uvažovaných koncentrací jednotlivých činidel ve vodě nebo v ovzduší, pokud jsou známy
- Navrhované montážní spoje, při svařování včetně požadavků na ochranu okolí, na úpravu vlastního sváru (tvar, podmínky provedení, následná úprava např. přebroušení) a na úpravu okolí ovlivněného teplotou (přemoření, repasivace).
- Požadavky na finální povrchovou úpravu (např. hodnotu drsnosti Ra) jak dílenských výrobků, tak částí prováděných in situ.
- Významné údaje pro postup realizace, včetně požadavků na dočasnou ochranu během stavby

Literatura a normy

- Vliv ozonu na korozní odolnost korozivzdorné oceli 1.4401 Technická zpráva 866/11/2017, SVÚOM s.r.o.
- Posouzení korozního prostředí Úpravny vody Želivka, Posudek 842/11/2017, SVÚOM s.r.o.
- ČSN EN ISO 9223 Koroze kovů a slitin – Korozní agresivita atmosféry - Klasifikace, stanovení a odhad
- ČSN EN ISO 12944-2 Nátěrové hmoty - Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - Část 2: Klasifikace vnějšího prostředí
- Schejbal, R. a kol.: Dosavadní zkušenosti z užití korozivzdorných ocelí na vodárenských stavbách. Voda Zlín 2019.

Vliv ozonizace na odstranění pesticidů na ÚV U Svaté Trojice

Ing. Ladislava Hatáková¹

Ing. Jiří Beneš²

¹ Vodohospodářská společnost Vrchlice-Maleč, a.s.

² DISA s.r.o.

Ozonizace a filtrace na granulovaném aktivním uhlí

Ozon je jedním z nejstarších dezinfekčních činidel používaných ve vodárenství. První kontinuální ozonizace pitné vody v Evropě byla zprovozněna již koncem 19. století, na území České republiky pak začátkem 20. století. V současnosti má ozon pro své oxidačně dezinfekční účinky široké využití, přičemž v České republice se asi nejčastěji stále podílí na procesu úpravy pitných vod. Zde je ozon využíván spíše pro své oxidační než dezinfekční vlastnosti. Jelikož patří likvidace mikroznečištění a zajištění kvalitní pitné vody mezi klíčová a aktuální vodárenská témata, lze předpokládat, že význam ozonizace nejen při úpravě pitné vody bude narůstat.

Reakcí ozonu s mikroznečištěním dochází k jeho oxidaci a tvorbě jednodušších organických sloučenin. Ty jsou již hůře odstranitelné ozonizací, ale mikroorganismy je mohou využívat jako zdroj uhlíku. Takto může docházet ke zvýšení ukazatele AOC (Assimilable Organic Carbon), což ve svém důsledku může ovlivnit biologickou stabilitu upravované vody. Nejen proto bývá zařazována za stupeň ozonizace filtrace na granulovaném aktivním uhlí.

Granulované aktivní uhlí (GAU) je vysoce porézní materiál, který má obrovský vnitřní povrch. Díky tomu je schopné adsorbovat široké spektrum látek, včetně zbytků rozložených organických látek. Po filtraci na granulovaném aktivním uhlí získáváme vodu, která je nejen bezpečná z hlediska odstranění mikropolutantů, ale také biologicky stabilní, díky adsorpci nebo asimilaci/biodegradaci biologicky snadno rozložitelných organických sloučenin.

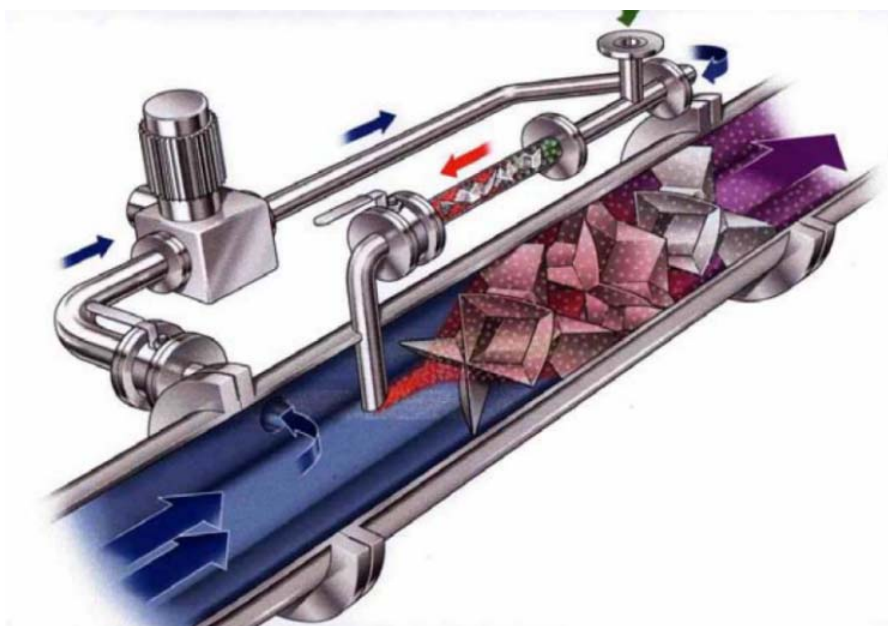
Existuje mnoho odborných publikací, které se věnují kombinaci ozonizace a filtrace na GAU, nicméně jejich drtivá většina pracuje s uměle připravenou vodou a s přidanými konkrétními mikropolutanty obvykle ve vyšších koncentracích, než je běžné v reálné pitné vodě. Nicméně účinnost ozonizace a adsorpce i jejich kombinace významně závisí na celkové kvalitě vody, vstupních koncentracích mikroznečištění a množství konkurenčních sloučenin. Například rozpuštěný organický uhlík (DOC Dissolved Organic Carbon) konkuruje odstraňování mikroznečištění jak během ozonizace, tak během filtrace na GAU. Proto tyto práce neposkytují zcela spolehlivé informace o kombinaci O_3 + GAU v reálných podmínkách. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k praktickému ověření kombinace O_3 + GAU na konkrétní úpravně se skutečným koktejlem mikroznečištění v environmentálních koncentracích a s reálným pozadím (DOC).

Rekonstrukce stupně ozonizace a zařazení filtrace na granulovaném aktivním uhlí na ÚV U Svaté Trojice v Kutné Hoře

Na ÚV U Svaté Trojice v Kutné Hoře byl stupeň ozonizace poprvé zprovozněn v roce 1995. Dvě ozonizační jednotky OKM-1500 vyráběly ozon z vysušeného vzduchu. K postozonizaci upravené vody za stupněm pískové filtrace docházelo dávkováním ozonu přímo do reakční nádrže směšovacími hlavicemi ve směšovacích rošttech. Nevýhodou tohoto systému byla nízká účinnost přeměny vzduchu na ozon (2-3 %) a s ní spojená vysoká energetická náročnost výroby ozonu (15–20 kWh/1 kg vyrobeného ozonu).

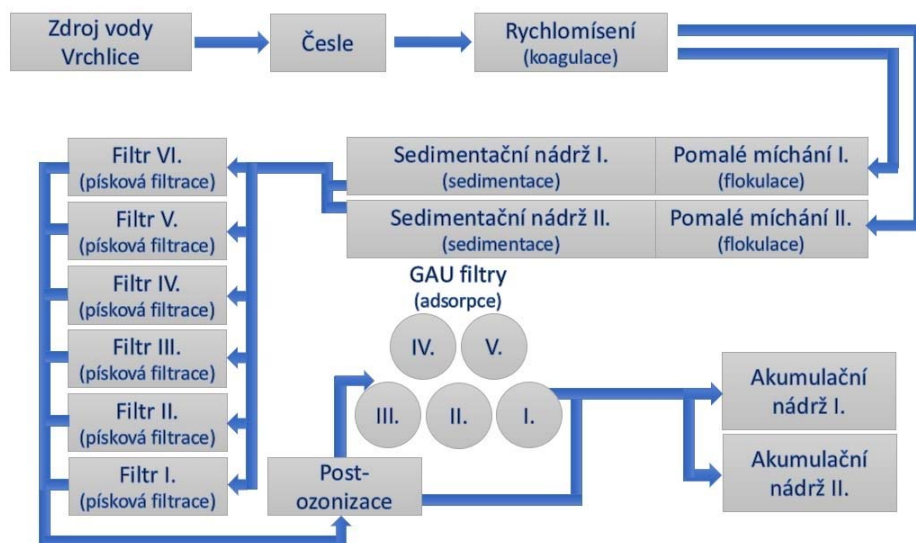
V roce 2014–2015 prošla ÚV U Svaté Trojice rekonstrukcí a intenzifikací technologie. Do technologie byly instalovány dva generátory ozonu řady WEDECO SMOevo 410 vyrábějící ozon z čistého kyslíku. K dávkování ozonu do vody nyní dochází s využitím statických mísičů technologie GDS Statiflo (Obrázek 1) a upravovaná voda až poté putuje do reakční nádrže. Tím dochází k vyšší účinnosti reakce ozonu s upravovanou vodou. Generátory mohou vyrábět ozon v rozsahu koncentrací 6-15 hm.%. Vhodným výběrem optimální koncentrace O_3/O_2 lze snížit spotřebu el. energie na výrobu ozonu (7 – 10 kWh/1 kg vyrobeného ozonu). Nový systém ozonizace, kromě zvýšení účinnosti ozonizace a snížení energetických nákladů, poskytuje i detailnější informace o vlastním procesu ozonizace. Kontinuálně se měří koncentrace ozonu v kyslíku, průtok kyslíku, automaticky se reguluje námi zadaná dávka ozonu vzhledem k výkonu úpravy vody a měří se koncentrace ozonu ve vodě. V roce 2016 byl za stupeň ozonizace zařazen i stupeň filtrace na granulovaném aktivním uhlí. Do provozu bylo instalováno 5 tlakových filtrů Culligan GAC 120 s granulovaným aktivním uhlím (GAU). Aktuálně používanou náplní filtrů je Filtrasorb TL830.

Obr. 1 *Ilustrační schéma systému pro rozpouštění plynů v kapalinách na bázi statických mísičů, GDS(Gas Dispersion System) Statiflo UK.*



Zdrojem vody pro ÚV U Svaté Trojice je povrchová voda z VD Vrchlice. V okolí nádrže dochází k zemědělské činnosti, z toho důvodu jsou v upravované vodě z pohledu mikroznečištění nejvíce zastoupeny pesticidy (Metazachlor ESA, Metazachlor OA, Metolachlor ESA, Metolachlor OA, Dimetachlor CGA, Alachlor ESA a další). Systémem úpravy vody na ÚV U Svaté Trojice, kdy za stupně ozonizace je zařazena GAU filtrace (Obrázek 2), je úpravna schopna z vody účinně odstranit mikropolutanty (pesticidy) a vyrábět kvalitní pitnou vodu, která je biologicky stabilní.

Obr. 2 Technologické schéma ÚV U Svaté Trojice v Kutné Hoře.



Koncentrace pesticidů v upravené vodě a legislativa

Trendem v úpravě vody a ve sledování její kvality jsou mikropolutanty. Dochází k zařazování nově sledovaných látek i ke zpřísnění limitů pro již sledované látky. To se týká i pesticidů a jejich metabolitů. Pro pesticidní látky a jejich relevantní metabolity, které mohou mít stejně negativní účinky na lidský organismus jako mateřská látka, platí limitní hodnota 0,1 µg/l. Pro nerelevantní metabolity, které by neměly mít škodlivé účinky, je limitní hodnota vyšší (jednotky µg/l).

V roce 2022 začal být nově sledován Dimetachlor CGA jako relevantní metabolit pesticidů s limitní hodnotou 0,1 µg/l. Dále byly v roce 2023 Metolachlor ESA a Metolachlor OA přeřazeny ze skupiny nerelevantních metabolitů pesticidů do skupiny relevantních metabolitů. To znamenalo změnu jejich limitní hodnoty z 5,0 µg/l na 0,1 µg/l. Limitní hodnotu 0,1 µg/l u Dimetachloru CGA a u Metolachloru ESA voda upravená na ÚV U Svaté Trojice nesplňovala.

Dimetachlor CGA byl následně v březnu 2023 zařazen mezi nerelevantní metabolity pesticidů s limitní hodnotou 6,0 µg/l. Metolachlor ESA a Metolachlor OA byly v červnu 2023 vráceny mezi nerelevantní metabolity pesticidů a limitní hodnota byla stanovena na původní hodnotu 5,0 µg/l. Vyšší limitní hodnoty pro Metolachlor ESA a Metolachlor OA jsou stanoveny na přechodné období, ve kterém by se úpravní a vodohospodáři měli připravit na opětovné zpřísnění limitních hodnot.

Vliv ozonizace na odstranění pesticidů na ÚV U Svaté Trojice

Pro splnění přísnějších limitních hodnot bylo nutné se zamyslet, jak zajistit vyšší míru odstranění pesticidů z upravované vody.

Jednou z možností je prodloužení doby zdržení na GAU filtrech. To na ÚV U Svaté Trojice není možné, protože kapacita GAU filtrů neumožňuje delší dobu zdržení než používanou, a to 11,7 minut. Další možností je změna dávky ozonu. Z toho důvodu byl v říjnu 2023 a v lednu 2024 ve spolupráci s firmou Disa proveden ozonizační pokus.

Na ÚV U Svaté Trojice je ozonizace zařazena za stupněm pískové filtrace (Obrázek 2). Dávkovaná koncentrace ozonu je 1,8 mg/l, doba zdržení v ozonizační nádrži je cca 90 minut. Dále je upravovaná voda filtrována na pěti tlakových filtrech s granulovaným aktivním uhlím Filtrasorb TL830. Doba zdržení na filtrech je 11,7 minut. Ve čtyřech GAU filtrech je náplň v provozu od března 2021 (2 roky a 7 měsíců). V GAU filtru číslo 5 je náplň v provozu od června 2022 (1 rok a 4 měsíce).

V rámci pokusu byla koncentrace pesticidů sledována na surové vodě (TrS), za ozonizační nádrží a po filtraci na filtru GAU 1 (starší náplň Filtrasorb TL830) a na filtru GAU 5 (novější náplň Filtrasorb TL830). Filtry GAU 1 a GAU 5 byly sledovány pro porovnání účinnosti odstranění pesticidů z upravované vody vzhledem ke stáří granulovaného aktivního uhlí.

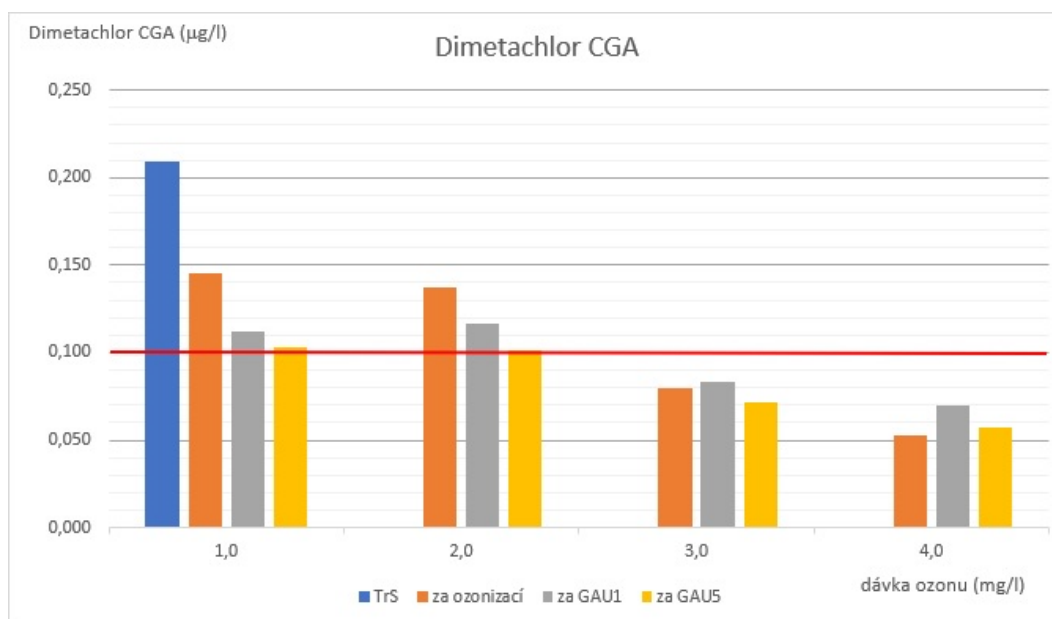
Pro pokus byly vybrány čtyři dávky ozonu: 1, 2, 3 a 4 mg/l. Koncentrace ozonu 4 mg/l byla vybrána jako nejvyšší, jakou je možné vyrobit a nadávkovat stávajícím systémem ozonizace. Koncentrace pesticidů ve vodě byla analyzována laboratořemi ALS s uváděnou odchylkou měření ± 30 %.

Tab. 1 Zvýšení účinnosti odstranění pesticidů při zvýšení dávky ozonu.

účinnost odstranění pesticidů (%)					
dávka ozonu (mg/l)	Dimetachlor CGA (%)	Metolachlor ESA (%)	Metolachlor OA (%)	Metazachlor ESA (%)	Metazachlor OA (%)
2,0	51,7	58,8	55,2	61,3	60,6
3,0	65,6	78,6	77,1	82,6	82,3
zvýšení účinnosti	13,9	19,8	21,9	21,3	21,7

Získané výsledky ukázaly, že se zvyšující se dávkou ozónu se koncentrace pesticidů v upravované vodě snižuje. Koncentrace pesticidů byly porovnávány po ozonizaci a následné GAU filtraci na GAU 5. Nejvyšší pokles koncentrace pesticidů byl zaznamenán mezi dávkou ozonu 2 a 3 mg/l. Účinnost odstranění některých pesticidů z upravované vody se při zvýšení dávky ozonu z 2 na 3 mg/l zvýší až o 21 % (Tabulka I). Zatímco u zvýšení dávky ozonu z 1 mg/l na 2 mg/l došlo ke zvýšení účinnosti odstranění pesticidů o 1–2 % a při zvýšení dávky ozonu ze 3 mg/l na 4 mg/l došlo ke zvýšení účinnosti odstranění pesticidů o 5–7 %.

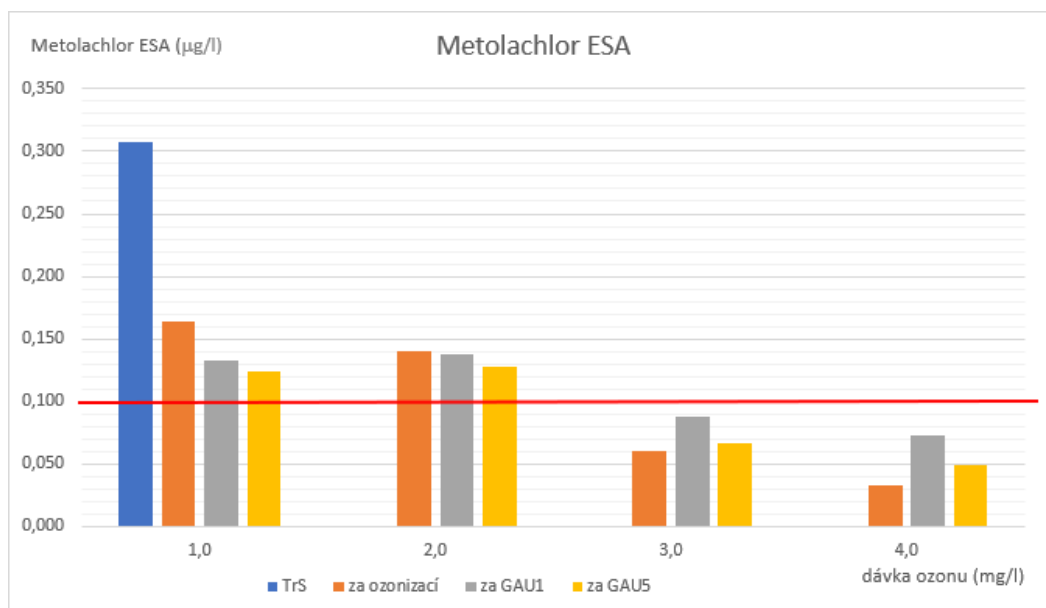
Graf 1 Koncentrace pesticidu Dimetachlor CGA při různých dávkách ozonu v surové vodě (TrS), za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5).



Dávka ozonu 2 mg/l + filtrace na GAU nestačí pro splnění zpřísněného limitu 0,1 µg/l jak pro pesticid Dimetachlor CGA (Graf 1), tak v případě Metolachloru ESA (Graf 2). Po zvýšení dávky ozonu na 3 mg/l je úpravna schopna vyrábět vodu, která tento limit splňuje, a to dokonce už za procesem ozonizace, tj. ještě před filtrací na GAU.

Přestože je rozdíl v účinnosti odstranění pesticidů u filtrů GAU 1 a GAU 5 v rámci jednotek procent, lze pozorovat jednoznačný trend snižování účinnosti GAU v čase.

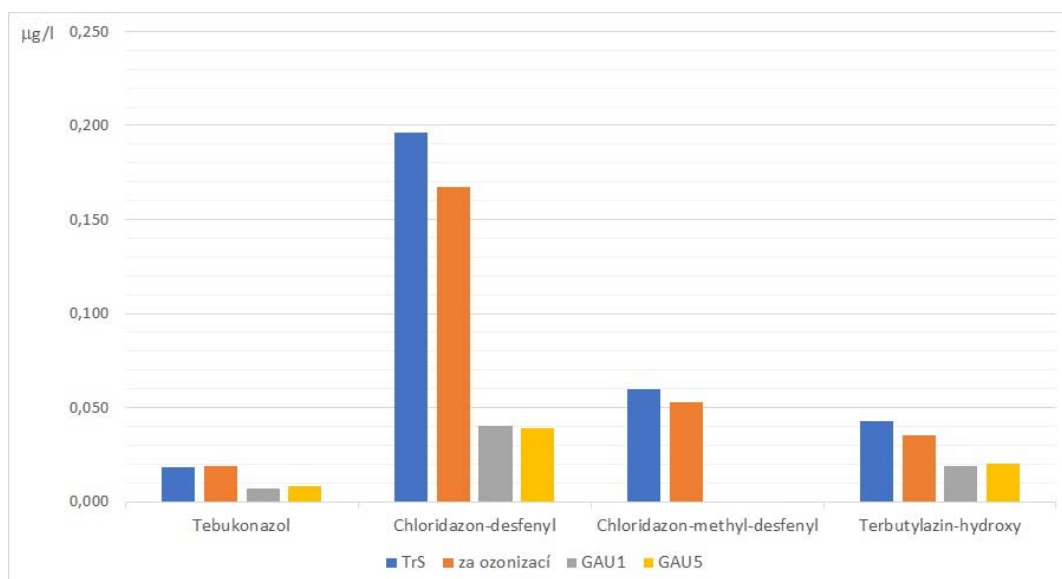
Graf 2 Koncentrace pesticidu Metolachlor ESA při různých dávkách ozonu v surové vodě (TrS), za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5).



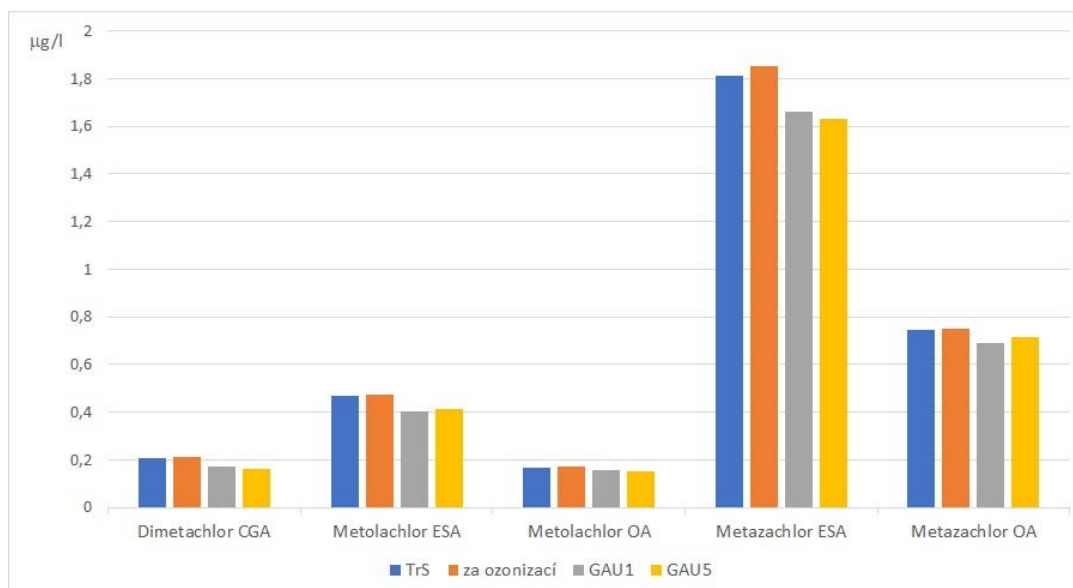
Pro zjištění vlivu samotné GAU filtrace, bez příspěvku ozonizace, byl pokus v lednu 2024 doplněn o zkoušku s nulovou koncentrací ozonu. Pokus byl proveden ve stejném uspořádání jako v říjnu 2023.

U některých pesticidů (např. Tebukonazol, Chloridazon-desfenyl, Chloridazon-methyl-desfenyl, Terbutylazin-hydroxy) je účinnost odstranění na GAU filtrech vysoká (Graf 3). Pro zajištění vyhovující kvality vody z pohledu těchto pesticidů byla GAU filtrace dostačující. U dalších pesticidů (např. Dimetachlor CGA, Metolachlor ESA, Metolachlor OA, Metazachlor ESA, Metazachlor OA) dochází k adsorpci na GAU filtrech s nízkou účinností (Graf 4).

Graf 3 Koncentrace pesticidů (Tebukonazol, Chloridazon-desfenyl, Chloridazon-methyl-desfenyl, Terbutylazin-hydroxy) při dávce ozonu 0 mg/l v surové vodě (TrS), za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5).



Graf 4 Koncentrace pesticidů (Dimetachlor CGA, Metolachlor ESA, Metolachlor OA, Metazachlor ESA, Metazachlor OA) při dávce ozonu 0 mg/l v surové vodě (TrS), za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5).



Závěr

Z našich výsledků plyne, že pesticidy s menší molekulou (např. Tebukonazol, Chloridazon, Terbutylazin) jsou účinně odstraňovány na GAU filtrech. Pesticidy se složitější strukturou (např. Dimetachlor, Metolachlor, Metazachlor) je nutné nejprve odstranit ozonizací a na GAU filtraci snižovat zbytkové koncentrace příp. vzniklé produkty oxidace ozonem. Pro úpravu vody na ÚV U Svaté Trojice je z hlediska odstranění pesticidů stupeň ozonizace klíčový. Výrazný nárůst účinnosti odstranění pesticidů z upravované vody při zvýšení dávky ozonu pomůže ÚV U Svaté Trojice připravit se na zpřísňování limitních hodnot pro pesticidy, zejména ty se složitější strukturou.

Výkonový potenciál ozonizačního stupně může navíc v budoucnu ÚV U Svaté Trojice pomoci při zvýšení účinnosti odstranění dalších sledovaných, zatím neregulovaných mikropolutantů jako jsou léčiva, produkty osobní péče, látky narušující endokrinní systém atp.

Kombinace ozonizace a filtrace na granulovaném aktivním uhlí představuje robustní a flexibilní nástroj pro účinné odstranění mikropolutantů z upravované vody. Ozonizace snižuje zatížení náplně GAU filtrů a tím může prodloužit jejich životnost.

Úprava vody U Svaté Trojice provozující ozonizaci s následnou filtrací na GAU filtrech má v rukou nejlepší dostupnou technologii pro odstranění organických mikropolutantů a je schopná vyrábět biologicky stabilní pitnou vodu nejvyšší kvality.

Granulované aktivní uhlí jako součást technologie úpravy vody

Ing. Vladimír Filip¹

doc. Ing. Marek Šváb, Ph.D.¹; Ing. Eva Riederová²

¹ VODA Želivka, a.s., K Horkám 16/23, Praha 10

² Želivská provozní a.s., K Horkám 16/23, Praha 10

Abstrakt

Aktivní uhlí se stává běžnou součástí našich životů, i když to mnohdy ani netušíme. Technologie ozonizace a následné filtrace přes granulované aktivní uhlí (GAU) je dnes na mnoha místech součástí úpravy surové vody na vodu pitnou a není vyloučeno, že se tato technologie bude v budoucnu masivně využívat i při dočišťování vod odpadních. Postavením filtrů, jejich naplněním GAU a uvedením do provozu proces ale nekončí, právě naopak.

Příspěvek shrnuje tři roky provozních zkušeností s filtrací přes GAU na úpravě vody Želivka. Nastíní problematiku vzorkování GAU, vhodného rozsahu laboratorních rozborů a rozhodování, zda a kdy přistoupit k reaktivaci / výměně GAU.

Úvod

Úpravna vody Želivka je zásobována surovou vodou z vodárenské nádrže Švihov na Želivce, která je největší vodárenskou nádrží v České republice a jednou z největších ve střední Evropě. V surové vodě se vyskytují jednak nežádoucí organické látky přírodního původu, mezi které patří huminové látky, polysacharidy, fulvokyseliny a mnohé další, jednak organické mikropolutanty antropogenního původu, mezi které patří pesticidy a jejich metabolity, léčiva a prostředky osobní péče (PPCP – Pharmaceuticals and Personal Care Products) a mnohé další.

Úpravna vody Želivka byla v roce 1972 do provozu uvedena jako jednostupňová, sestávající z tvorby suspenze, pískové filtrace a hygienického zabezpečení chlorem. Následně byla do provozu uvedena ozonizace (rok 1991) a filtrace přes granulované aktivní uhlí (rok 2021). Dostavba haly filtrace přes granulované aktivní uhlí byla motivována skutečností, že vodárenská nádrž Švihov na Želivce leží v zemědělsky hojně využívané oblasti, kde jsou sice nastavena omezení aplikace postřiků, ale aplikace pesticidních látek úplně zakázána není. Kombinace ozonizace a filtrace přes GAU se ukazuje jako vysoce účinná při odstraňování pesticidních látek a jejich metabolitů z upravované vody.

Sorpční kapacita GAU se v závislosti na míře znečištění surové vody postupem času snižuje. Proto je velice důležité provádět pravidelný monitoring nejen surové a upravené vody, ale také stavu GAU. Běžným parametrem využívaným ke stanovení sorpční kapacity GAU je jodové číslo. Spolehlivější je proměření sorpční rovnováhy dusíku s následným vhodným matematickým vyhodnocením hodnoty povrchu (obvykle označovaný „BET“) i distribuce pórů GAU. K dalším parametrům hodným sledování patří obsah popela a vybraných prvků. K reaktivaci GAU je vhodné přistupovat individuálně. Vhodnými parametry reaktivačního procesu lze potom docílit významných ekonomických úspor díky minimalizaci ztrát GAU.

GAU filtrace na úpravně vody Želivka

Stavba haly filtrace přes GAU byla zahájena 1.10.2018. Zkušební provoz byl zahájen 1.2.2021. Po ročním zkušebním provozu a následné kolaudaci byla technologie 1.2.2022 uvedena do trvalého provozu. Celkové náklady na stavbu činily 1,25 mld. Kč. Stavba byla částkou 753 000 000,- Kč financována Evropskou unií, z Fondu soudržnosti v rámci Operačního programu Životní prostředí.

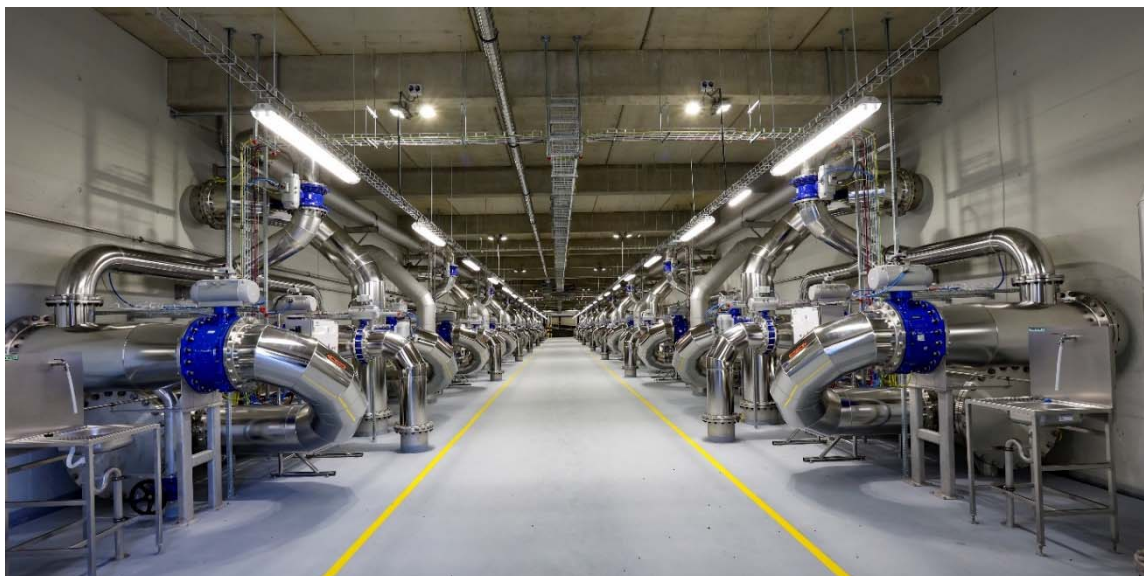
Čtyři filtrační vany se nachází v 2. nadzemním podlaží nové haly, každá vana má čtyři filtry, celkem tedy úpravná vody Želivka disponuje 16 filtry s GAU. Celková plocha filtrů je 1 604 m², výška náplně je 1,7 m. Jako náplň bylo použito 2 727 m³ GAU značky Chemviron Filtrasorb TL 830 for Želivka. Doba zdržení se pohybuje kolem 18 minut při průtoku 2,5 m³/s a kolem 13 minut při průtoku 3,5 m³/s, který je projektovaným celkovým maximálním průtokem. Odvod upravené vody a přívod prací vody zajišťuje drenážní systém TRITON v nerezovém provedení a filtry jsou zakryty bazénovým systémem (viz obr. 1). Délka pracího cyklu byla postupně upravována, v současné době je 5 týdnů, používá se nejprve vzduch po dobu 1 minuty, následně prací voda 720 l/s po dobu 10 minut.

Obr. 1 Pohled do 2. nadzemního podlaží haly GAU filtrace



V 1. nadzemním podlaží se nacházejí potrubní rozvody – přívod vody na filtry, potrubí filtrátu, rozvod prací vody a pracího vzduchu, tlaková voda a odpadní potrubí (viz obr. 2). V podzemní části pod středovou chodbou jsou dva sběrné odpadní kanály a kanál filtrované vody. Do těchto kanálů jsou zaústěna příslušná potrubí.

Obr. 2 Pohled do 1. nadzemního podlaží haly GAU filtrace



Výsledky odstraňování pesticidních látek na úpravně vody Želivka jsou podrobně shrnuty v příspěvku Riederová a kol. (2023), dále se proto věnujme provozním zkušenostem.

Uvádění do provozu

Plnění filtrů bylo prováděno z autocisterny, kde bylo GAU smíšeno s vodou a následně čerpáno pomocí ejektoru. Po naplnění jednotlivých van filtrů bylo nutné GAU zbavit jemné frakce prodlouženým praním s postupným zvyšováním průtoku prací vody. Dále se bylo nutné vyrovnat s vysokým pH, které se pohybovalo okolo hodnoty 13. Z tohoto důvodu byly filtry uváděny do provozu postupně (cca po třech dnech) a byla snížena doalkalizace upravené vody. První filtrační cykly byly z důvodu biologického oživení nastaveny na dva týdny.

Na každém filtru je měřena výška hladiny vody nad GAU, od které je řízena regulační klapka na odtoku z filtru. Dále je měřen tlak v potrubí filtrátu, který je přepočítáván na tlakovou ztrátu filtru. Na referenčních filtrech č. 1 a 8 jsou osazeny čítače částic.

V rámci zkušebního provozu se objevil problém s regulací výšky hladiny vody v jednotlivých filtrech. Bylo zjištěno, že problém způsobuje podtlak v potrubí filtrátu za regulační klapkou. Problém s podtlakem byl odstraněn doplněním zavzdušňovacího potrubí.

U každého filtru je možnost regulace nátoky vody do filtru. Provoz ukázal, že při přesném seřízení výšky přelivných hran v přítokovém kanálu filtru není potřeba regulace nátoky.

Problémy s oživením GAU při odstávkách

V případě odstávky filtru dochází k postupnému biologickému oživení náplně GAU. Před opětovným uvedením do provozu je filtr vyprán, ale přesto dochází k uvolňování biofilmu do filtrátu, což způsobuje značný pokles zbytkového chloru v upravené vodě. V důsledku těchto zjištění byl upraven provozní řád a filtry jsou do provozu vždy uváděny postupně po maximálně třech.

Problematika zbytkového ozonu a vlhkosti

Všechny filtry jsou zakryty posuvnými polykarbonátovými deskami na hliníkové konstrukci (bazénové zakrytí). Vzhledem k tomu, že filtraci na granulovaném aktivním uhlí předchází sycení vody ozonem je prvním důvodem zakrytí filtrů zamezení šíření zbytkového ozonu z vody do prostoru budovy. Koncentrace ozonu ve vzduchu pod zakrytím je měřena a v případě překročení limitní hodnoty jsou aktivovány destruktory ozonu.

Druhým důvodem zakrytí je snížení relativní vlhkosti vzduchu v budově a prodloužení životnosti jak vlastní konstrukce budovy, tak i jednotlivých technologií. I přes toto opatření docházelo zejména v letních měsících ke kondenzaci vzdušné vlhkosti na většině vnitřního zařízení. Byl zadán projekt, který definoval potřebný počet odvlhčovacích zařízení, která automaticky celoročně udržují nízkou relativní vlhkost vzduchu v budově a zamezují tak kondenzaci vzdušné vlhkosti na konstrukci budovy a technologii.

Stav GAU a jeho budoucí zpracování

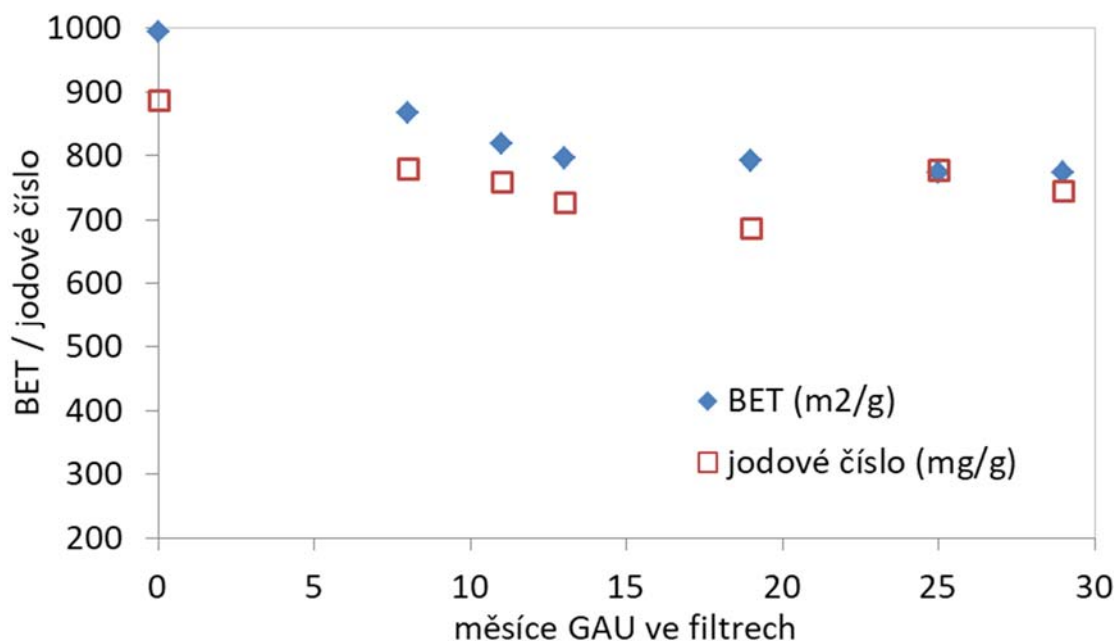
GAU ve filtrech na úpravě vody Želivka je přibližně v půlročních intervalech vzorkováno. Vzhledem k počtu filtrů a množství GAU v nich je věnována velká pozornost odběru reprezentativního a homogenního vzorku. Odběr probíhá podle normy ČSN ISO 18283 „Uhlí a koks – Ruční vzorkování“ a zajišťuje ho specializovaná firma. Princip spočívá v odběru 20-ti celoprofilových sond z každého filtru, průběžné kvartaci a homogenizaci dílčích směsných vzorků i vzorku výsledného. Část vzorku je odeslána do laboratoří, část je archivována. Rozbory GAU probíhají jak na tuzemských pracovištích, tak i u nezávislého zahraničního partnera (tj. nikoli u výrobce nebo dodavatele GAU pro úpravu vody Želivka).

Analytické sledování a hodnocení stavu GAU je obecně vcelku široký problém, proto se zde věnujeme jen základním a obvykle používaným hodnotám, kterými jsou specifický povrch, jodové číslo a obsah popela v GAU.

Z grafu na obr. 3 je patrné, že specifický povrch vyhodnocený metodou dle BET¹ poklesl z hodnoty téměř 1000 m²/g (nové GAU) na hodnoty okolo 800 m²/g po 29 měsících provozu. Rychlost poklesu se dle očekávání zpomaluje, což je, zjednodušeně, logickým důsledkem postupného zaplňování podílů povrchu i funkčních skupin GAU s nejvyšší afinitou k adsorbovaným látkám z vody. V této souvislosti je vhodné upozornit na fakt, že samotná hodnota specifického povrchu nevypovídá o sorpčních schopnostech daného GAU, ale je pouze jejich předpokladem. Faktem je, že značná část povrchu GAU je nakonec pro sorpční procesy látek z vody prakticky nevyužitelná. Dle našeho průzkumu se na úpravnách vod GAU ve filtrech obvykle vyměňují při zbytkovém specifickém povrchu cca 500 až 600 m²/g, kdy již účinnost sorpce látek z vody významně klesá. Pro doplnění lze uvést, že v testovacích kolonách provozovaných na úpravě vody Želivka 8 let (s parametrově velice blízkým typem GAU) byl zjištěn zbytkový povrch dle BET již méně než 500 m²/g.

¹ Stanovení povrchu dle BET je založeno nejprve na velmi přesném automatizovaném proměření sorpce dusíku pomocí speciální instrumentace. Výsledná křivka vypovídající o sorpci dusíku v závislosti na jeho tlaku (ten reprezentuje podobný parametr jako koncentrace) je jediným přímo naměřeným výsledkem. Jakékoli další vyhodnocení (tzn. povrch dle BET, objem či povrch různě velkých pórů a další) je již navazujícím výpočtem, s řadou modelových předpokladů čili zjednodušením. Pro praktické účely a provozní praxi je však práce s konkrétním číslem „povrch v m²/g“ intuitivnější a uchopitelnější než křivka sorpce dusíku, a proto se stal tento přístup obvyklým.

Obr. 3 Specifický povrch a jodové číslo GAU na úpravně vody Želivka



Pokud jde o parametr jodové číslo, jeho hodnota bývá číselně blízká povrchu dle BET. Vybočení hodnot jodového čísla z trendu souvisí s podstatou jeho stanovení (ČSN EN 12902 Výrobky používané pro úpravu vody určené k lidské spotřebě – Pomocné anorganické a filtrační materiály – Metody zkoušení) založeném na běžných laboratorních metodách bez speciální techniky – celý postup však není triviální a skýtá řadu zdrojů nejistot, je tedy spíše orientační.

Obsah popela v GAU během 29 měsíců vzrostl z 6,5 % na 7,7 %. Majoritně se na nárůstu podepsala sorpce železa a hliníku (z 5 na 10 g/kg, resp. z 3,5 na 5 g/kg). Z pohledu v ČR limitovaných parametrů (vyhláška č. 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody.) které se v reaktivovaném uhlí sledují, je obsah všech zde uvedených látek včetně zinku i popela zcela bezproblémový.

Po dalším poklesu povrchu dle BET (příp. jodového čísla), resp. po poklesu účinnosti sorpčního stupně pod požadovanou úroveň, je počítáno s postupnou reaktivací celé náplně GAU ve filtrech. Je experimentálně prokázáno (Šváb a kol., 2020) na řadě vzorků GAU z reálných vodárenských provozů (i na GAU z úpravny vody Želivka po 29 měsících provozu), že reaktivace a opětovné použití GAU je nejen proveditelné, ale vhodným nastavením parametrů reaktivačního procesu „na míru“ lze také omezit ztráty GAU během jeho reaktivace. Optimalizace nastavení parametrů reaktivace GAU prostřednictvím experimentálního ověření vhodných parametrů pro každý konkrétní případ (různé typy uhlí, různé zatížení apod.) je tedy nezbytné. Společnost VODA Želivka, a.s. se v současné době zabývá myšlenkou výstavby vlastní reaktivační linky včetně poskytování komplexních služeb v této oblasti také třetím stranám – od sledování stavu GAU ve filtrech, ověření vhodných parametrů reaktivace až po její realizaci.

Závěr

Filtrace přes GAU byla na úpravně vody Želivka uvedena do provozu v únoru 2021. Drobné provozní problémy byly odstraněny vhodným opatřením a provoz technologie lze považovat za bezproblémový. Důležité je věnovat pozornost biologickému oživení filtrů při jejich odstávce.

Kombinace ozonizace a GAU filtrace je významnou součástí technologie úpravy vody. Tato kombinace přispívá nejen ke zlepšení organoleptických vlastností vody, ale především k významnému snížení koncentrací pesticidních látek, jejich metabolitů a dalších mikropolutantů. Průměrná účinnost odstraňování pesticidních látek a jejich metabolitů se pohybuje kolem 90 %.

Stav GAU je po 29 měsících provozu odpovídající zkušenostem z poloprovozního testování a dává předpoklad dalších několika let dobré účinnosti s možností následné reaktivace.

Literatura

- [1] Riederová, E., Tománková, V., Liška, M.: Účinnost odstraňování pesticidů a jejich metabolitů využitím kombinace ozonizace a sorpce na granulovaném aktivním uhlí. Sborník konference Voda 2023, s. 338-344. Asociace pro vodu ČR z.s., Traťová 574/1, 619 00 Brno; 2023. ISBN 978-80-908629-3-7.
- [2] Šváb M., Švábová M., Štěpánová B., Janda V.: Vodárenské aktivní uhlí a perspektivy jeho zpracování v ČR, Vodní hospodářství 12 (70), 6-11 (2020).

Úpravna vody Hrobice – rekonstrukce a první provozní zkušenosti

Ing. Lucie Houdková, Ph.D.¹

Ing. Jan Kunderátek¹, Petr Strnadel¹, Ing. Lukáš Havránek², Ing. Jiří Strouhal², Kamil Škreptáč²

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

² Vodovody a kanalizace Pardubice, a.s., Teplého 2014, 530 02 Pardubice, www.vakpce.cz

Abstrakt

Příspěvek bude pojednávat o rekonstrukci a prvních provozních zkušenostech, kdy specifikum úpravny vody Hrobice spočívá zejména v oddělené úpravě povrchových a podzemních vod. V rámci rekonstrukce byla realizována samostatná technologie pro úpravu povrchových vod, jejímž účelem je odstranění organického znečištění a která sestává z chemické předúpravy a následné mikrofiltrace. Podzemní vody se naopak vyznačují zvýšeným obsahem železa a manganu, pro jejich úpravu byla zvolena oxidace provzdušněním a dávkováním manganistanu draselného s následnou dvoustupňovou separací pevného podílu sedimentací v lamelových separátorech a filtrací na otevřených pískových filtrech. Společnou částí technologie pro oba zdroje surové vody je pak ozonizace, GAU filtrace, UV lampy a chlorace. Nově bylo vybudováno kalové hospodářství, jehož stěžejním prvkem je kalolis.

Úvod

Úpravna vody Hrobice se nachází nedaleko Pardubic a je součástí vodárenské soustavy Východní Čechy, která vznikla v devadesátých letech propojením vodovodů okresů Hradec Králové, Pardubice a Chrudim. Úpravna vody Hrobice disponuje výkonem 200 l/s a zabezpečuje úpravu vody z několika podzemních zdrojů a jednoho zdroje povrchového.

V textu dále jsou použity následující zkratky:

Abs ₂₄₅	absorbance při vlnové délce 245 nm
GAU	granulované aktivní uhlí, resp. filtr s náplní granulovaného aktivního uhlí
LS	lamelový separátor
MF	mikrofiltrace
PAX	polyaluminiumchlorid
PF	pískový filtry
UV	ultrafialové záření
VDJ	vodojem

Rekonstrukce ÚV Hrobice

Rekonstrukce úpravny vody Hrobice byla plánována s velkým předstihem, což umožnilo provést na úpravně celou řadu poloprovozních zkoušek, jejichž výsledky byly následně promítnuty do projekčních prací. Původní technologie úpravny vody zpracovávala podzemní i povrchovou vodu společně, což se zejména z důvodu horší kvality povrchového zdroje, písničku Oplatil, jevílo jako dále neudržitelné. Proto byly v průběhu let 2016 až 2021 provedeny poloprovozní zkoušky flotace [1], mikrofiltrace [2] a ultrafiltrace na povrchové vodě, byl testován lamelový separátor a různá skladba náplně pískových filtrů [3] na podzemní vodě.

Účastníci rekonstrukce

- o Investor a provozovatel: Vodovody a kanalizace Pardubice, a.s.
- o Projektant: VIS - Vodohospodářsko-inženýrské služby, spol. s r.o.
- o Zhotovitel: Společnost ÚV Hrobice (sdružení společností VCES a.s., KUNST, spol. s r.o. a GDF spol. s r.o.)

Volba technologie

Podzemní voda obsahuje zejména zvýšené koncentrace železa a manganu, zatímco v povrchové vodě se jako největší problém jeví vyšší koncentrace organického znečištění, v určitých obdobích pak dochází ke zvýšení koncentrace manganu. Původní technologie sestávala z oxidace ozonem, za kterou následovala dvoustupňová písková filtrace a filtrace přes aktivní uhlí. Byla tedy navržena oddělaná úprava povrchové vody, kde na základě poloprovozních testů byla zvolena mikrofiltrace, a podzemní vody, kde byla zvolena oxidace vzdušným kyslíkem a manganistanem draselným a dvoustupňová separace vložek (lamelové separátory v prvním stupni, pískové filtry ve druhém stupni) a kde došlo zároveň v rámci rekonstrukce k posílení zdrojů.

Nové uspořádání úpravní vody

S ohledem na poměrně značnou změnu koncepce úpravy vody bylo nutné vybudovat v areálu úpravní vody nový objekt, do kterého byla umístěna technologie úpravy povrchové vody, technologie oxidace podzemní vody, vč. prvního separačního stupně a zcela nové kalové hospodářství. Z původní technologie pak byly využity pískové filtry, z nichž část byla předělána na GAU filtry, ozonizace a chlorovna.

Průběh rekonstrukce

Rekonstrukce úpravní vody musela probíhat za plného provozu, s ohledem na napojení úpravní vody Hrobice do vodárenské soustavy Východní Čechy však byly v případě nutnosti možné krátkodobé odstávky. Nejprve tak byly zahájeny práce na novém objektu, kam je přivedena veškerá surová voda. V přízemí nového objektu je vybudováno kalové hospodářství a sklady chemikálií. V prvním nadzemním podlaží je umístěna mikrofiltrace vč. předřazené koagulace. Část nového objektu pak zaujímají lamelové separátory s předřazenou oxidací. V suterénu jsou pak umístěny nádrže odpadních vod, které se z velké části po odseparování kalu vrací zpět do výroby pitné vody.

V původním objektu úpravní vody prošly rekonstrukcí veškeré technologie, které zůstaly zachovány. Jednalo o tedy o pískové filtry, které byly osazeny drenážním systémem TRITON. U pěti filtrů byl zachován původní účel, přičemž nově jsou vybaveny dvouvrstvou náplní písek-antracit. U šesti filtrů pak došlo ke změně na GAU filtry. Původní tlakové GAU filtry byly zcela demontovány. Původní zůstala rovněž ozonizace, která je předřazena před GAU filtry a slouží tak k eliminaci metabolitů pesticidních látek. Hygienické zabezpečení zajišťují nově instalované UV lampy a původní chlorace.

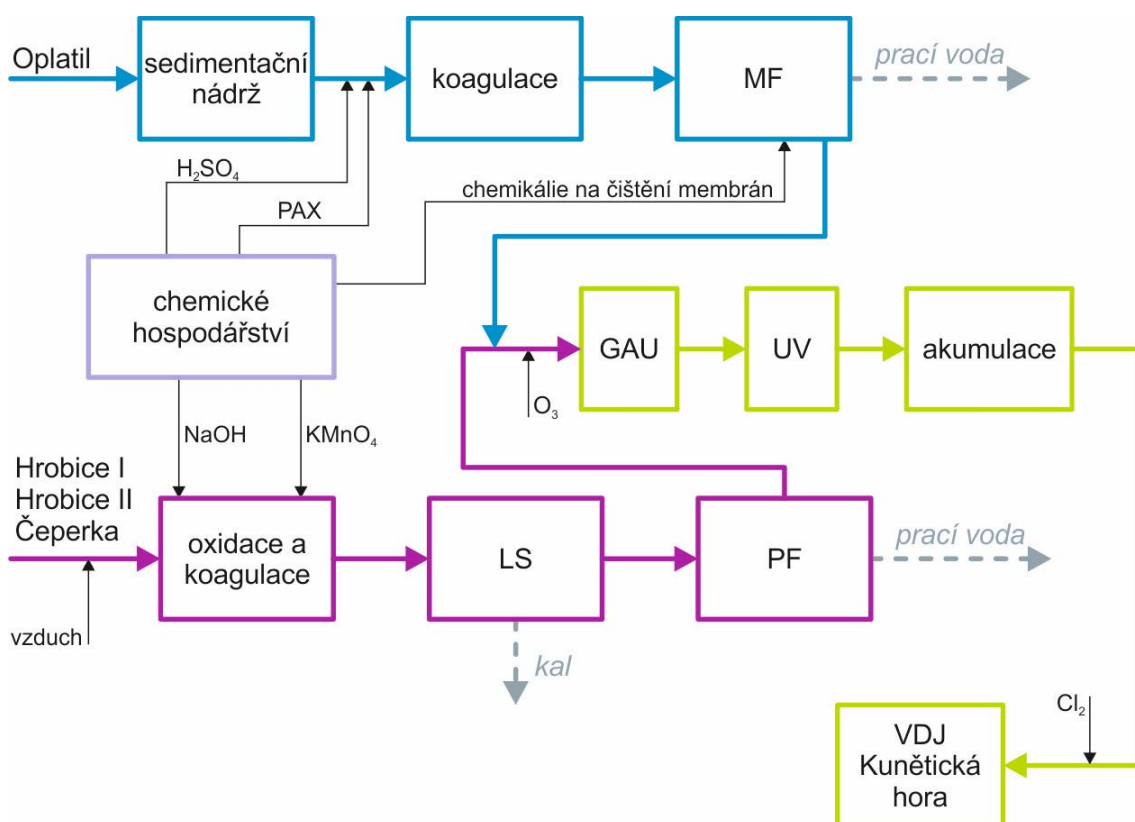
Výsledný stav

Úprava podzemní vody: Podzemní voda je čerpána ze tří zdrojů (Hrobice I, Hrobice II a Čeperka) do nové budovy, kde jsou všechna tři výtlačná potrubí spojena a dále je podzemní voda vedena jako směs. Maximální kapacita technologie pro úpravu podzemní vody činí 150 l/s. Podzemní voda je nejprve provzdušněna průtokem přes injektory, za kterými je dávkován hydroxid sodný pro úpravu pH. Následně je průtok vody rovnoměrně rozdělen na dvě linky, kdy do každého proudu je nadávkován manganistan draselný. Voda protéká rychlým a pomalým mícháním, a dále dvojicí lamelových separátorů v každé lince. Takto předčištěná podzemní voda je vedena potrubím do staré budovy, kde přitéká na druhý separační stupeň, který tvoří pět otevřených filtrů s náplní písek-antracit. Za pískovými filtry se upravená podzemní voda spojuje s upravenou vodou povrchovou.

Úprava povrchové vody: Povrchová voda je z písků Oplatil odebírána jedním ze tří oken a čerpána v maximálním množství 100 l/s přivaděčem do nové budovy. Zde protéká sedimentační nádrží na zachyt hrubých nečistot, kde jsou zachytávány zejména škeble narůstající v přivaděči. Následují mechanické filtry, koagulace vč. úpravy pH a mikrofiltrace. Takto upravená voda je vedena do staré budovy, kde se mísí s upravenou vodou povrchovou. Součástí linky mikrofiltrace je i chemické hospodářství pro čištění membrán a zpracování odpadních vod z chemického čištění.

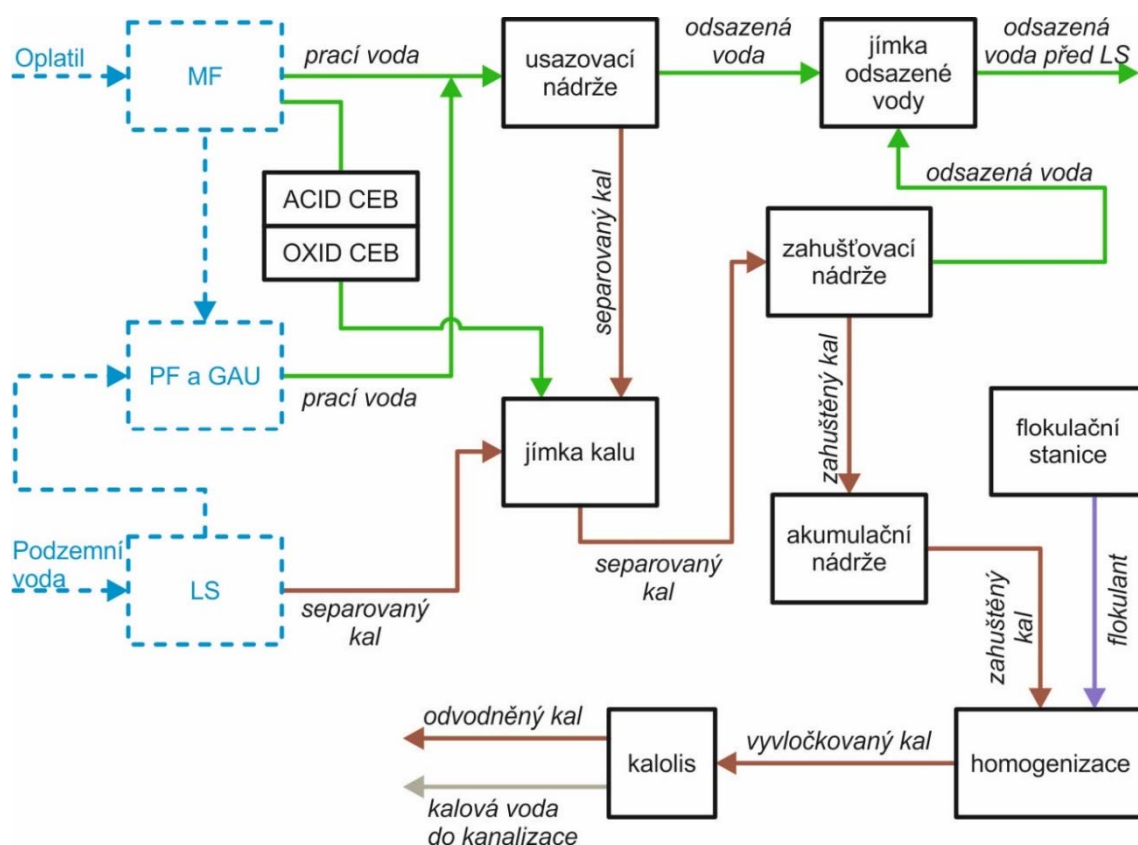
Společná úprava: Směs upravené povrchové a podzemní vody je ošetřena ozonem a následně protéká přes otevřené GAU filtry. Za nimi následuje ošetření UV zářením a chlorace pro hygienické zabezpečení. Poté je pitná voda čerpána z úpravny vody Hrobice do vodojemu Kunětická hora.

Obr. 1 Zjednodušené schéma úpravy vody



Kalové hospodářství: Zcela nově bylo vybudováno kalové hospodářství, které umožňuje využívat velkou část odpadních vod zpět v procesu výroby pitné vody. V rámci kalového hospodářství byla navržena dvojice usazovacích nádrží pro zpracování odpadních vod z praní pískových a GAU filtrů, za kterými následují jímka odsazené vody a jímka kalu. Z té je kal čerpán na dvojici zahušťovacích nádrží. Do kalové jímky byly svedeny i veškeré prací vody z mikrofiltrace. Zahuštěný kal je přepouštěn do akumulárních nádrží, ze kterých je odebírán k finálnímu zpracování na šnekolisu. Do těchto nádrží byl vedena rovněž kal sedimentující v lamelových separátorech.

Obr. 2 Zjednodušené schéma kalového hospodářství ÚV Hrobice



Provozní zkušenosti

Protože rekonstrukce úpravy probíhala za provozu, byly jednotlivé provozní celky zapojovány do výroby vody postupně. Nicméně po dokončení díla následoval roční zkušební provoz na mikrofiltraci a půlroční zkušební provoz na zbývajících částech technologie. Během zkušebního provozu byly zejména testovány špičkové stavy, a to jak maximální výkon linky na úpravu podzemních vod při kapacitě 150 l/s, tak linky na úpravu povrchové vody při kapacitě 100 l/s a rovněž celkový maximální výkon úpravy, který činí 200 l/s. V rámci dvou garančních zkoušek bylo ověřeno, že i při špičkovém výkonu je kvalita vyrobené pitné vody velmi vysoká a plní všechny vyhláškou stanovené limit.

V rámci optimalizace procesu byly zásadní práce s technologií mikrofiltrace, kdy zejména s ochlazením povrchové vody došlo ke snížení výkonu zařízení. Proto byla provedena celá řada laboratorních koagulačních zkoušek, následně pak dodavatel technologie instaloval na úpravě i malou poloprovozní jednotku, na které byly testovány další koagulanty. Oproti původně používanému síranu železitému se jako výhodnější ukázaly koagulanty hlinité. Nejprve tedy provozovatel vyměnil síran železitý za síran hlinitý, a po další sérii dalších poloprovozních zkoušek byl tento nahrazen polyaluminiumchloridem.

Na lince úpravy podzemní vody nebylo velké optimalizace třeba, jako stěžejní se ukázalo správné odkalování lamelových separátorů, kdy v případě, že byl sedimentující kal udržován pouze ve špičce kónusu, nebylo nutné použití pomocného polymerního flokulantu ani při špičkovém výkonu.

Značná pozornost byla v rámci zkušebního provozu věnována kalovému hospodářství, které doznalo v rámci zkušebního provozu určitých změn, neboť v navrženém uspořádání byl jeho provoz velmi obtížný. V první řadě byl kal z lamelových separátorů převeden do jímky kalu, aby byl následně zahuštěn, neboť obsah sušiny v tomto kalu nebyl dostačující pro čerpání na kalolis. Dále bylo nutné převést prací vody z mikrofiltrace do usazovacích nádrží, neboť jímka kalu, kam byla tato voda původně vedena, nebyla pro takové množství pracích vod dostatečně kapacitní. V neposlední řadě bylo nutné vybavit akumulární nádrže míchadly, neboť navržené míchání cirkulačním čerpadlem se ukázalo jako naprosto nedostatečné. Dále bylo nutné více méně experimentálně určit časy odkalování a přepouštění jednotlivých nádrží a vybrat vhodný flokulant a jeho dávkování při odvodňování kalu.

A závěrem několik výsledků z laboratorních analýz z období zkušebního provozu.

Tab. 1 Kvalita surové vody

voda	pH (-)	CHSK (mg/l)	Zákal (NTU)	Abs ₂₄₅ (-)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)
podzemní	7,86	2,85	1,239	0,075	0,026	0,094
povrchová	7,17	1,87	23,662	0,042	3,922	1,876

Tab. 2 Kvalita upravené vody ve vybraných mezistupních

vzorek	pH (-)	CHSK (mg/l)	Zákal (NTU)	Abs ₂₄₅ (-)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)
za MF	6,33	1,56	0,431	0,041	-	-
za LS	8,14	1,40	4,531	-	0,713	0,660
za PF	8,00	-	0,680	-	0,041	0,102
za GAU	7,79	-	0,516	-	0,023	0,046

Tab. 3 Kvalita vyrobené pitné vody

	pH (-)	CHSK (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	E.coli (KTJ/100 ml)
vyrobená voda	7,77	0,85	2,2	0,030	0,033
vyhl. č. 252/2004 Sb.	6,5 ÷ 9,5	3	5	0,2	0,05

Tab. 4 Vybrané metabolity pesticidů ve zdrojích a pitné vodě (rozsah hodnot naměřených během zkušebního provozu)

voda	acetochlor ESA (µg/l)	alachlor ESA (µg/l)	metazachlor ESA (µg/l)	metazachlor OA (µg/l)	metolachlor ESA (µg/l)
Oplatil	0,109÷0,164	0,147÷0,192	0,089÷0,12	0,054÷0,073	0,093÷0,120
Hrobice I	0,449÷0,687	0,145÷0,438	0,521÷0,998	0,336÷0,618	0,207÷0,332
Hrobice II	0,279÷0,392	0,354÷0,416	0,466÷0,618	0,266÷0,384	0,172÷0,216
Čeperka	0,063÷0,316	0,608÷0,838	0,338÷0,508	0,114÷0,238	0,222÷0,334
vyrobená voda	0,063÷0,102	0,094÷0,152	0,102÷0,190	0,070÷0,149	0,053÷0,071
doporučený limit	0,1	1	5	5	6

Tab. 5 Kvalita kalů ve vybraných stupních zpracování

vzorek	kal LS	zahuštěný kal	odvodněný kal
sušina (%)	0,09 ÷ 0,1	5 ÷ 7	40 ÷ 50

Závěr

Úpravna vody Hrobice prošla rekonstrukcí, při které byla významně změněna koncepce úpravy vody a z původní technologie tak zůstalo zachováno prakticky pouze hygienické zabezpečení vyrobené vody chlorem. Nově je podzemní a povrchová voda upravována každá samostatně, což umožňuje zajistit požadované podmínky pro její chemickou předúpravu, které jsou, zejména co se týče požadavku na pH, protichůdné. Nově vybudované kalové hospodářství pak umožnilo vracet většinu odpadních vody z jednotlivých stupňů úpravy zpět do výroby.

Použitá literatura

- [1] Houdková, L., Forejtek, J., Pivokonský, M., Fendrych, A., Kundrátek, J. Odstraňování organických látek z povrchové vody pomocí flotace – výsledky laboratorních a poloprovozních zkoušek na ÚV Hrobice. Sborník Voda Zlín 2017.
- [2] Munzar, T., Brabenec, T., Hrušková, P. Poloprovozní zkoušky – povrchová voda, Úpravna vody Hrobice, Závěrečná zpráva. Interní dokument. 2018.
- [3] Fendrych, A. Filtrační náplň antracit – provozní a poloprovozní zkušenosti. Vodovod.info - vodárenský informační portál [online], 2021(4). Dostupný z WWW: <http://vodovod.info>. ISSN 1804-7157.

ÚV Podolí – modernizace technologie, aneb co nás vodaře čeká a nemine

Ing. Zuzana Sýkorová, Ph.D.¹

Ing. Robert Kvaček¹; Ing. Petr Sýkora, Ph.D.¹;

Ing. Kateřina Kohoutová²; Ing. Jindřich Šesták²

¹ Pražské vodovody a kanalizace, a.s.

² Pražská vodohospodářská společnost a.s.

Abstrakt

Úpravná vody Podolí je jedním ze tří zdrojů pitné vody pro hlavní město Praha. Byla vystavěna v letech 1925-1929 a v průběhu let prošla řadou rekonstrukcí, z nichž klíčovou byla v roce 1966 dostavba nové budovy a doplnění technologie na dvoustupňovou separaci. V roce 2002 byla úpravná po ničivých povodních na 19 let odstavena z trvalého provozu a byla provozována pouze v režimu záložního zdroje. V roce 2021 byla dokončena modernizace technologie v podobě doplnění sorpčního stupně a nyní opět dodává kvalitní pitnou vodu do pražské distribuční sítě. Obnovením provozu ale investice do Podolské vodárny zdaleka nekončí. Pro zajištění potřeb hl. m. Prahy a zčásti i Středočeského kraje se uvažuje o navýšení výrobní kapacity úpravní vody. Vzhledem k současným i budoucím legislativním požadavkům bude modernizace technologie zahrnovat i posílení stupně odstraňujícího organické mikropolutanty. Tento příspěvek se zabývá porovnáním vybraných výsledků poloprovozních zkoušek s technologií nanofiltrace, pokročilým oxidačním procesem a sorpcí na granulovaném aktivním uhlí. Nedílnou součástí příspěvku je i polemika nad výzvami českého vodárenství a jejich řešení nejen v prostorách kulturní památky, ale i v rámci celé republiky.

Úvod

Prvorepublikové národní nadšení, strasti druhé světové války, útrapy komunistického režimu, naděje svobodného porevolučního Česka i ticho po povodních. To všechno bychom se dozvěděli, kdyby zdi Podolské vodárny mohly vyprávět. Na následujících stranách je stručně popsán stavební i technologický vývoj komplexu budov pod Vyšehradem, jeho význam a vliv na vodárenství v naší zemi. Navíc letošní chystané oslavy 95. výročí od uvedení Podolské vodárny do provozu dávají skvělou příležitost i k nastínění toho, jak vodárna funguje dnes a co bude zítra. Naše vyprávění podložené daty z poloprovozního testování moderních vodárenských technologií na úpravě vody (ÚV) Podolí zároveň doplníme i o polemiku nad klíčovými otázkami současného vodárenství.

Historie úpravní vody

Příběh vodárny v tehdejší vsi Podolí se začal psát už roku 1885, kdy byla na území dnešního areálu vybudována Pražská vodárna, tedy čerpací stanice, která čerpala spodní vodu míchanou s podzemní vodou z několika studní vybudovaných na Veslařském ostrově do vodojemu Karlov [1, 2]. Se zprovozněním ÚV Káraný v roce 1914 ale význam vodárny rychle upadal. Po vytvoření Velké Prahy v roce 1922 se situace v Podolí diametrálně změnila. Hlavní město investovalo do výstavby zbrusu nové Podolské vodárny, která začala dodávat vodu do distribuční sítě v roce 1929. Vzhledem k problémům s financováním z původně zamýšleného komplexu vyrostla pouze

polovina, jejímž nejznámějším prvkem jsou parabolické oblouky z litého betonu v hale filtrace. Prvotní návrhy koncepce zásobování Prahy vodou sice počítaly s tím, že voda z Podolí bude využívána jako užitková, nedostatek pitné vody v Praze ale tento záměr vyvrátil. ÚV využívala nejprve provzdušnění filtrační technologii Puech-Chabal, kaskádu štěrkových a pískových filtrů. V roce 1931 byla před filtry doplněna z důvodu „žlutavého nádechu filtrované vody“ koagulace síranem hlinitým [1]. Po této modernizaci vyráběla vodárna 810 l/s pitné vody. Inovace probíhaly i za druhé světové války, kdy došlo k nahrazení filtrační technologie Puech-Chabal pískovými rychlofiltry Wabag. Další intenzifikace ÚV již nebyla vzhledem k prostorovým možnostem proveditelná. Současnou podobu tak vodárna získala až dostavbou prováděnou za provozu mezi lety 1954 a 1966. Během ní vyrostla zbrusu nová budova, technologie se rozrostla o nový separační stupeň, čiření na čířících s nedokonalým vznosem vločkového mraku typu Binar-Bělský a s dávkováním chloridu železitého. Doplněno bylo též dávkování vápenného mléka do vyčiřené vody a hygienické zabezpečení plynným chlorem. Výkon ÚV po dostavbě byl 2 200 l/s pitné vody. Další desítky let žádná modernizace neprobíhala, dokonce se v sedmdesátých letech mluvilo v souvislosti se zprovozněním ÚV Želivka o ukončení činnosti Podolské vodárny. Rozsáhlá rekonstrukce tak byla provedena až v devadesátých letech 20. století. Došlo při ní k instalaci filtrů bez mezidna s filtračním systémem AQUAFILTER, modernizaci chemického hospodářství, či otevření Muzea pražského vodárenství. Poslední relevantní historickou událostí byly povodně, jež zasáhly Prahu v roce 2002. Po nich byla z důvodu malé spotřeby pitné vody Podolská vodárna odstavena z trvalého provozu do režimu rezervního zdroje pitné vody.

Současný provoz

V režimu rezervního zdroje byla Podolská vodárna skoro 19 let. V této době docházelo pouze k pravidelným čtvrtletním kontrolním provozům a krátkodobým zprovozněním s čerpáním pitné vody do distribuční sítě v návaznosti na aktuální situaci. K obnovení trvalého provozu došlo po doplnění sorpce na granulovaném aktivním uhlím (GAU). Technologie ÚV je nyní složena z dvoustupňové separace na čířících typu Binar-Bělský s dávkováním síranu železitého (PIX-313) a na pískových filtrech bez mezidna s filtračním systémem AQUAFILTER. Mezi těmito stupni je do upravované vody dávkována vápenná voda a chlorová voda. Po pískové filtraci je voda vedena na GAU (Filtratorb TL830), umístěné ve II. filtrační galerii. Hygienické zabezpečení upravené vody zajišťuje dvojice UV lamp a chlorová voda připravovaná z plynného chloru. ÚV Podolí zásobuje celkem pět vodojemů v tlakových pásmech 70 m a 100 m: Karlov, Zelená Liška, Flora, Laurová a Bruska. Vodárna je standardně provozována s výkonem 400 l/s pitné vody, maximální možný výkon je 1 600 l/s, z toho pouze 800 l/s lze vést přes GAU filtraci. Trvalé uvedení Podolské vodárny zpět do provozu má mimo jiné výhody ve vyšší variabilitě zdrojů pražské distribuční sítě.

Výzvy, kterým čelíme

Ač je z předchozích slov patrné, že příběh Podolské vodárny pokračuje, další provoz se potýká s řadou výzev. Pro potřeby tohoto příspěvku jsou rozděleny na dvě skupiny: výzvy obecné, se kterými se potýká i mnoho dalších úpraven vody z povrchových toků, a výzvy specifické, jež jsou charakteristické pro ÚV Podolí.

Obecné výzvy zahrnují v první řadě snahu o maximální zvýšení bezpečnosti provozu. Vzhledem k poloze vodárny na vnitřním okraji historického centra města v husté zástavbě je prioritou ochrana obyvatel. V tomto ohledu již podnikáme kroky ke změně způsobu hygienického zabezpečení z plynného chloru na elektrolytickou výrobu chlornanu sodného v místě použití, jež se osvědčila na několika vodojemech provozovaných Pražskými vodovody a kanalizacemi, a.s. (PVK). Tento krok navíc kromě bezpečnosti vnější výrazně zvýší i bezpečnost práce přímo na vodárně a během dopravy. Mezi bezpečnostní opatření řadíme i přibývajícím množstvím pokročilých kontinuálních analyzátorů upravované vody, např. S::CAN na profilu „surová voda“. Další

obecnou výzvou je rychlá a účinná reakce na změnu kvality vody v řece Vltavě. Řeka Vltava je sice dobře regulovaná Vltavskou kaskádou, nicméně jen několik kilometrů proti proudu od odběrného místa ústí dva významné přítoky Sázava (22 km) a Berounka (7 km), které přinášejí v období dešťů a tání sněhu nárazové vlny vody o výrazně zhoršené kvalitě. Nejvýznamnější obecnou výzvou je ale zcela určitě reakce na měnící se legislativu a přizpůsobení technologie úpravy vody současným trendům. Tuto výzvu rozebereme podrobněji v následující kapitole.

Specifické výzvy Podolské vodárny jsou dány jejím atypickým geografickým umístěním. V době vzniku byla vodárna mimo centrum města. Okolní svět se však markantně proměnil a nyní se úpravna nachází na okraji zóny UNESCO (Pražská památková rezervace) obestavená ze dvou stran budovami, ze třetí hlavní silnicí s tramvajovým pásem a ze čtvrté městským parkem. Možnost jakéhokoli rozvoje mimo současný areál tak nepřichází v úvahu. Veškeré modernizace současné technologie musí probíhat v areálu. V areálu, který je kulturní památkou a jakýkoliv stavební zásah podléhá přísné kontrole památkářů [3]. A to je pochopitelně komplikace, jelikož současná doba má vyšší požadavky na kvalitu vody, k jejichž naplnění je většinou nutné zavedení nového technologického stupně pro odstraňování mikropolutantů. Tímto výčtem však specifické výzvy na ÚV Podolí nekončí. Jak už bylo řečeno v předchozí kapitole, současný provoz vodárny využívá pouze 25 % výrobní kapacity. Podolská vodárna sice přešla do trvalého provozu, svou funkci záložního zdroje však plní stále. V případě potřeby je schopna v krátkém čase významně zvýšit výrobu pitné vody a doplnit tak teoretický propad zásobování z ÚV Káraný či ÚV Želivka. Odstavitelnost značné části provozu je stěžejním parametrem a to i pro další budoucí technologické úpravy vodárny.

Dlouhodobá koncepce jako klíč k řešení

Vodárenství je oborem konzervativním a o tom českém to platí dvojnásob. Mnoho úpraven vody u nás bylo navrhováno v 70. a 80. letech 20. století a jejich technologie se až donedávna prakticky neměnila. Nebyl důvod. Jedno- či dvoustupňovou separaci s využitím koagulačního činidla a pískové filtrace tak najdete prakticky na všech úpravnách povrchové vody v Česku. Tato osvědčená a léty prověřená kombinace však v novém tisíciletí narazila na silného protivníka v podobě mikropolutantů. Pesticidy, léčiva, hormony, jejich metabolity a další nízkomolekulární organické látky se totiž špatně shlukují při koagulaci a jsou příliš malé na to, aby se v rozpuštěné formě separovaly na pískovém filtračním loži. Většině úpraven vody tedy nezbyvá nic jiného než do technologie zařadit nový stupeň úpravy, kterým nejčastěji bývá sorpce na granulovaném aktivním uhlí (ÚV Želivka [4], ÚV Hradec Králové – Orlice [5], ÚV Plzeň [6]...). Není však jedinou možností, kterou úpravny vody mají. Progres ve vývoji polymerních materiálů totiž umožnil i použití nanofiltrace, tlakového membránového procesu.

Z výše uvedeného a i s ohledem na zpřísnující se legislativu je patrná nutnost vytvořit dlouhodobou koncepci. Ta v případě Podolské vodárny výhledově počítá s tím, že vlivem propojení vodárenských soustav dojde k vyšší potřebě vody v Praze a Středočeském kraji. ÚV Podolí by tedy mělo být připraveno na trvalý provoz instalací odstavitelné technologie použitelné pro výrobu pitné vody o vysoké kvalitě. O tom, jak bude samotná modernizace vypadat, dosud rozhodnuto není. Jasně ale je, že do stávajících budov areálu bude třeba vměstnat ke stávajícím technologiím novou část druhého separačního stupně, většinu nového stupně odstraňujícího mikropolutanty a příslušné chemické a odpadové hospodářství.

Poloprovozní testování a dílčí závěry

Součástí návrhu řešení budoucí technologické podoby Podolské vodárny bylo i poloprovozní testování, jež mělo za úkol odpovědět na řadu klíčových otázek. Tou stěžejní pro tento příspěvek je volba technologie pro odstraňování mikropolutantů. Mikropolutanty představuje ukazatel suma pesticidních látek a jejich relevantních metabolitů („suma PL-NR“), který zahrnoval celkem

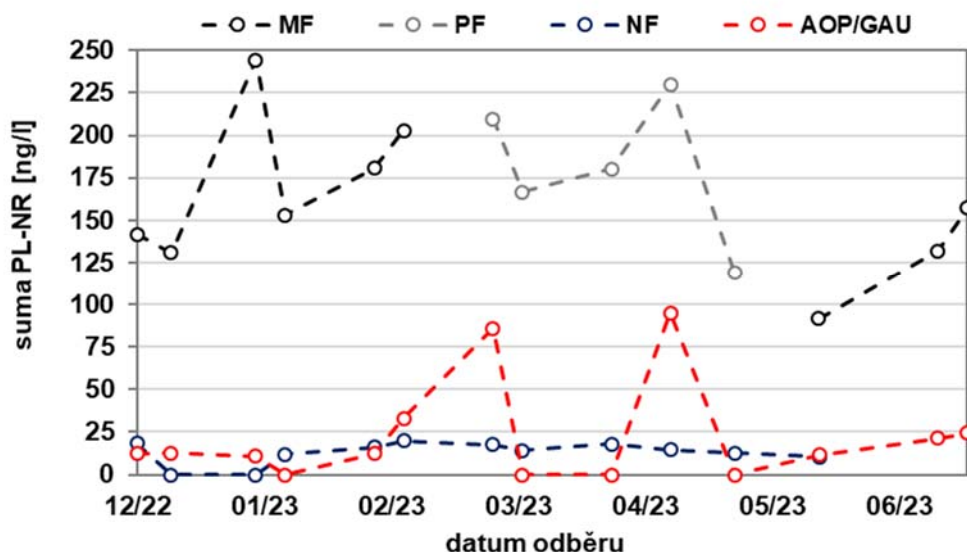
107 analytů. Jedná se o ukazatel limitovaný vyhláškou Ministerstva zdravotnictví ČR č. 252/2004 Sb. v platném znění s nejvyšší mezní hodnotou 500 ng l⁻¹ pro sumu těchto látek a 100 ng l⁻¹ pro jednotlivou látku.

Poloprovozní jednotka na ÚV Podolí se skládala ze dvou technologických linek. Na první linku natékala voda z provozního stupně čiření po nadávkování vápenné a chlorové vody. Voda byla nejprve upravena pomocí mikrofiltrace (AMAYA M 5; pórovitost 0,1 µm; flux 200 LMH; chemické čištění NaClO a kyselinou citronovou) a následně natékala na nanofiltraci (membrána MICRODYN NF; MWCO 200-400 Da; pórovitost 1 nm; rejekce NaCl 45-55 %; rejekce MgSO₄ >97 %). Druhá linka využívala jako nátok vodu po pískové filtraci v provozním stupni. Tato voda byla vedena na stupeň pokročilého oxidačního procesu (AOP) kombinujícího dávkování H₂O₂ (dávka 5 mg/l) a jeho následný rozklad na radikály pomocí ultrafialového (UV) záření (dávka 16-19 kJ/m²). Ze stupně AOP natékala voda do tlakového GAU filtru (Filtratorb TL830, EBCT 10 minut). Proudění vody z nanofiltrace (NF) a AOP/GAU byly následně společně hygienicky zabezpečeny pomocí NaClO. V rámci testování bylo možné alternativní vedení vody z mikrofiltrace (MF) na AOP/GAU, stejně tak mohla voda z pískové filtrace natékat na NF.

K odstraňování mikropolutantů v poloprovozní jednotce sloužily stupně AOP/GAU a NF. Výhodou technologické kombinace AOP/GAU je zlepšení senzorických vlastností upravené vody. V podmínkách ÚV Podolí je taktéž výhodou, že ani AOP, ani GAU významně nemění iontové složení vody. Oproti tomu se NF vyznačuje nižší prostorovou náročností a nulovými nálezy jakýchkoliv mikrobiologických či biologických ukazatelů v permeátu. Z investičního a provozního hlediska se technologie zásadně neliší. Obě totiž spojuje jak náročnost na provoz (dosažení potřebného transmembránového tlaku na NF / energetické požadavky tubusů s UV zářiči), tak pravidelné náklady na obnovu (obnova membrán u NF / výměna sorpční náplně).

Poloprovozní výsledky koncentrace ukazatele „suma PL-NR“ jsou zpracovány graficky na obr. 1. V grafu jsou odděleně sledovány čtyři technologické konfigurace tak, aby v daném testovacím období byl vždy jeden nátok společný pro oba stupně odstraňující mikropolutanty. V období od 9. 12. 2022 do 15. 2. 2023 a od 4. 5. 2023 do 30. 6. 2023 natékal jak na NF, tak na linku AOP/GAU jako vstup permeát z mikrofiltrace (9 odběrů). V období od 16. 2. 2023 do 3. 5. 2023 byl naopak vstupem na obě linky filtrát z pískové filtrace (5 odběrů). U nanofiltrace nebyl ve dvou posledních termínech odebrán vzorek.

Obr. 1 Koncentrace ukazatele „suma PL-NR“ v profilech odtok z mikrofiltrace (MF), filtrát z pískové filtrace (PF), permeát z nanofiltrace (NF) a odtok z linky AOP/GAU (AOP/GAU)



konfigurace MF – NF a MF – AOP/GAU:

Nátokové koncentrace ukazatele „suma PL-NR“ se pohybovaly od 91,3 do 244,5 ng/l s průměrnou hodnotou 159,3 ng/l. Alespoň jednou bylo nad mezí stanovitelnosti, kterou dále uvádíme v závorce v jednotkách ng/l, detekováno 5 pesticidů a 4 relevantní metabolity pesticidních látek: acetochlor ESA (20), clopyralid (10), flufenacet ESA (20), chlorotoluron (10), metazachlor (10), pethoxamid (10), pethoxamid ESA (20), terbuthylazin (10), terbuthylazin-2-hydro (10). Na nanofiltraci došlo k výraznému poklesu koncentrace ukazatele „suma PL-NR“ na průměrnou koncentraci 10,9 ng/l, jednotlivé odběry se pohybovaly v intervalu od 0,0 do 19,7 ng/l. Jedinou látkou, která byla v permeátu z nanofiltrace nalezena, byl chlorotoluron. Tato chemikálie se využívá jako herbicid proti plevelům při pěstování obilovin. V odtoku z linky AOP/GAU byla průměrná koncentrace ukazatele „suma PL-NR“ 15,3 ng/l, jednotlivé odběry se pohybovaly v intervalu od 0,0 do 33,0 ng/l. Během testování byly detekovány celkem tři látky, a to relevantní metabolit herbicidu terbuthylazinu, terbuthylazin-2-hydro; relevantní metabolit herbicidu flufenacet, flufenacet ESA a clopyralid, což je taktéž herbicid využívaný zejména proti bodlákům a jetelovitým rostlinám.

konfigurace PF – NF a PF – AOP/GAU:

Nátokové koncentrace ukazatele „suma PL-NR“ se pohybovaly od 119,2 do 230,0 ng/l s průměrnou hodnotou 181,1 ng/l. Alespoň jednou byly nad mezí stanovitelnosti, kterou dále uvádíme v závorce v jednotkách ng/l, detekovány 4 pesticidy a 4 relevantní metabolity pesticidních látek: acetochlor ESA, clopyralid, flufenacet ESA, chlorotoluron, metazachlor, pethoxamid ESA, quinoxalen (10), terbuthylazin-2-hydro. Na nanofiltraci došlo k výraznému poklesu koncentrace ukazatele „suma PL-NR“ na průměrnou koncentraci 15,4 ng/l, jednotlivé odběry se pohybovaly v intervalu od 12,8 do 17,8 ng/l. Jedinou látkou, která byla v permeátu z nanofiltrace nalezena, byl taktéž chlorotoluron.

V odtoku z linky AOP/GAU byla průměrná koncentrace ukazatele „suma PL-NR“ 36,1 ng/l, jednotlivé odběry se pohybovaly v intervalu od 0,0 do 94,8 ng/l. Během testování byly detekovány v odtoku z této linky celkem tři látky, a to terbuthylazin-2-hydro, flufenacet ESA a DEET (50), které nebylo detekováno v nátku, jelikož se jeho koncentrace pohybovala těsně kolem meze stanovitelnosti. DEET se využívá jako insekticid.

komentář k výsledkům:

Výsledky ze všech testovaných konfigurací dokládají, že jak nanofiltrace, tak kombinace pokročilého oxidačního procesu a sorpce na granulovaném aktivním uhlí jsou účinné pro snížení koncentrací pesticidů a jejich relevantních metabolitů. Nejvyšší zaznamenanou koncentrací ukazatele „suma PL-NR“ na výstupu z linky AOP/GAU byla 94,8 ng/l, což je stále více než 5× nižší hodnota než jaká je legislativní nejvyšší mezní hodnota. Výskyt pesticidních látek a jejich relevantních metabolitů v nátku na technologický stupeň odstraňující mikropolutanty odpovídal testovacímu období – nátokové koncentrace byly poměrně nízké, jelikož nejvyšší koncentrace pesticidů bývá v surové vodě během sklizně a v období po ní následujícím, tedy od srpna až do listopadu. Některé látky se ale z půdy vyplavují postupně a dochází k jejich detekci i v prosinci a lednu. Takto se z nalezených látek choval např. pethoxamid.

Závěr

Z výsledků poloprovozního testování vyplynulo, že jak testovaná nanofiltrace, tak kombinace H₂O₂, UV záření a GAU filtrace jsou efektivní při odstraňování pesticidů a jejich relevantních metabolitů. Při výběru technologie je tak třeba zhodnotit kromě dopadů na kvalitu vody i investiční, prostorové a provozní faktory.

V případě nutnosti odstraňování mikropolutantů před námi tedy neleží jediná možnost v podobě granulovaného aktivního uhlí. Využít můžeme i pokročilé oxidační procesy či nanofiltraci. Měli bychom ale v první řadě myslet na to, jaké řešení je nejvhodnější pro konkrétní provoz. A nezbytným základem pro stavbu jsou poloprovozní testy aneb „Dvakrát měř, jednou řež“.

Literatura

- [1] J. Jásek *et al.*, *Podolská vodárna a Antonín Engel*. Praha: VR Atelier, 2014.
- [2] K. Drnek *et al.*, *Devadesát let Podolské vodárny slovem a obrazem*. Praha: VR Atelier, 2019.
- [3] "Podolská vodárna." Národní památkový ústav. <https://pamatkovykatalog.cz/vodarna-12932632> (accessed 29. 12. 2023).
- [4] E. Riederová and V. Filip, "Implementace nových technologií na úpravně vody Želivka," presented at the VODA ZLÍN 2023, Zlín, 2023.
- [5] P. Král, K. Tesaříková, and M. Chvojka, "Změny na úpravně vody Hradec Králové - Orlice pohledem provozu a technologa," presented at the Pitná voda 2022, Tábor, 2022.
- [6] M. Klimtová and V. Kočí, "Environmentální posouzení provozů ÚV Plzeň a ČOV Plzeň metodou LCA," presented at the VODA ZLÍN 2023, Zlín, 2023.

Eliminace pesticidů ve zranitelných oblastech s pozitivním dopadem na kvalitu podzemních vod

Zuzana Bílková

Taťána Halešová, Daniela Tomešová, Blanka Švecová

ALS Czech Republic, s.r.o.

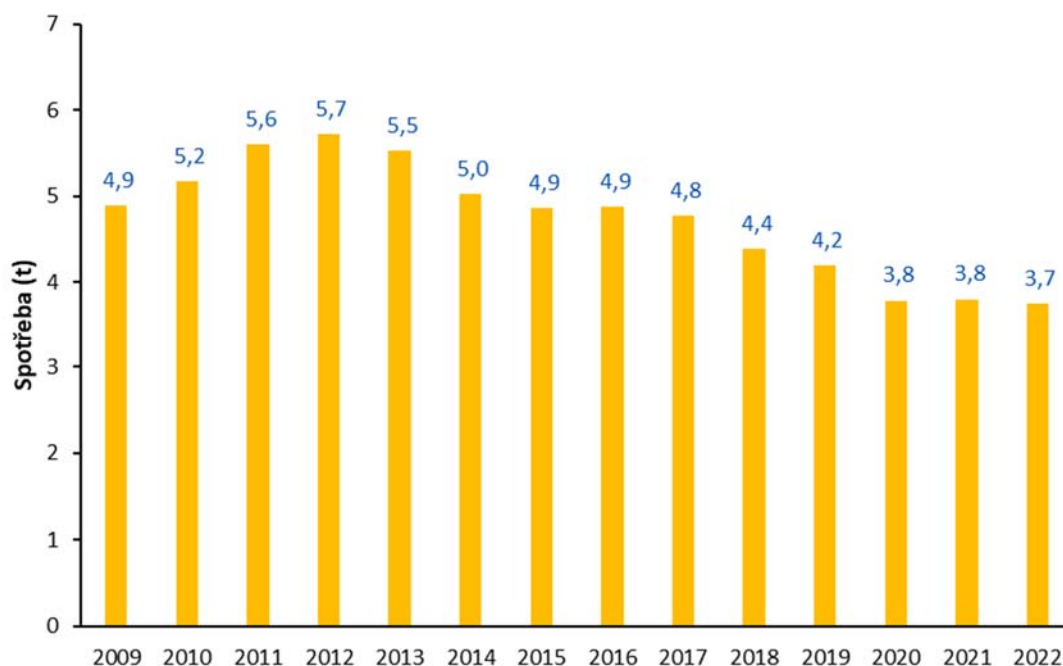
Úvod

V důsledku zemědělského hospodaření dochází i při dodržování zásad správné zemědělské praxe ke kontaminaci půdy, povrchových a podzemních vod. Nezřídka bývají zasaženy i vodní zdroje využívané pro výrobu pitné vody. Výsledkem je jednak postupné zakazování osvědčených a účinných, avšak v životním prostředí perzistentních pesticidů, jednak zhoršená kvalita vodních zdrojů, která následně vede k nákladným investicím do vodárenských technologií, jejichž cílem je zajistit zdravotní nezávadnost pitné vody dle příslušné legislativy.

Spotřeba pesticidů

Moderní zemědělství se ve snaze zajistit co nejlepší výnosy spoléhá ve velké míře na pesticidy. Spotřebu účinných pesticidních látek obsažených v přípravcích na ochranu rostlin (POR) se sice daří snižovat, ale používání pesticidů v zemědělství úplně zabránit nelze. Podle statistiky, kterou v České republice vede Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) [1], dosáhla ve sledovaném období 2009 až 2022 celková spotřeba účinných pesticidních látek na zemědělské půdě, v mořících stanicích a ve skladech rostlinných produktů svého vrcholu v roce 2012, kdy činila 5,7 t. Od té doby spotřeba klesá (Obr. 1).

Obr. 1 Spotřeba účinných pesticidních látek v letech 2009-2022 na zemědělské půdě, v mořících stanicích a ve skladech rostlinných produktů.



Výskyt pesticidů v povrchových, podzemních a pitných vodách

Masové používání pesticidů vede i při dodržování zásad správné zemědělské praxe k nežádoucí kontaminaci životního prostředí, a to i včetně chráněných oblastí, ve kterých jsou dodržována přísná opatření.

Jakost českých povrchových a podzemních vod s ohledem na koncentraci pesticidních látek nedávno zhodnotil Nejvyšší kontrolní úřad (NKÚ), a to ve svém Kontrolním závěru č. 20/04 [2]. Sledovaným obdobím byl úsek let 2013–2019. Do monitoringu, který zajišťovaly státní podniky povodí a Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), bylo zahrnuto 559 monitorovaných míst a 289 pesticidních látek v případě povrchových vod a 689 monitorovaných míst a 229 pesticidních látek v případě podzemních vod.

V povrchových vodách byla každý rok alespoň jedna pesticidní látka zjištěna v průměru na 88 % míst a v průměru na 26 % míst byla alespoň u jedné pesticidní látky překročena norma environmentální kvality (NEK). V podzemních vodách byla každý rok alespoň jedna pesticidní látka zjištěna v průměru na 55 % míst, v průměru na 39 % míst byla alespoň u jedné pesticidní látky překročena norma jakosti a v průměru na 27 % míst byla překročena norma jakosti pro úhrn všech zjištěných pesticidních látek. U obou typů vod počet míst se zjištěnou pesticidní látkou i počet míst s překročeným příslušným limitem pro jednotlivou pesticidní látku/sumu pesticidů ve sledovaném období celkově rostl.

U obou typů vod byly taktéž mezi zjištěnými pesticidními látkami i látky zakázané nebo už nepoužívané, a i u těchto látek docházelo k překračování limitů.

Kvalita environmentálních vod úzce souvisí s kvalitou pitné vody. Pesticidy bohužel představují nejčastější příčinou povolování výjimek z hygienického limitu pro pitnou vodu. V roce 2022 byla výjimka udělena celkem 107 zásobovaným oblastem, přičemž u 74 oblastí byly příčinou udělení výjimky právě pesticidní látky, nejčastěji acetochlor ESA [3].

Denitrifikační štěpkové bioreaktory

Řešením situace mohou být 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. Jedná se o relativně jednoduchou technologii, jejímž principem je průchod vody přes lože tvořené dřevní štěpkou. Biodostupný organický uhlík, který dřevní štěpka poskytuje mikroorganismům, podporuje heterotrofní denitrifikaci přeměňující dusičnany na plynný dusík, příp. oxid dusný. [4]

Projekt ELIPES

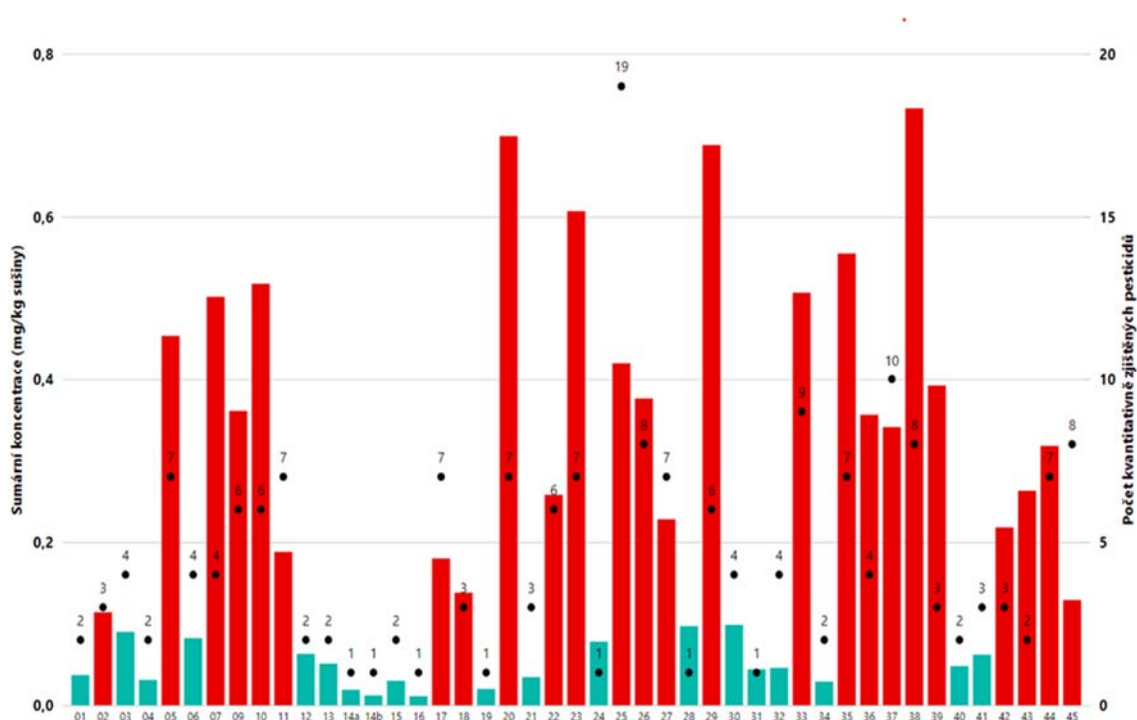
Ověřit využitelnost štěpkových denitrifikačních bioreaktorů pro souběžné odstraňování jak dusičnanů, tak i pesticidních látek nacházejících se v povrchovém odtoku ze zemědělsky využívaných ploch – to je cíl aktuálně řešeného projektu SS06020006 s názvem „Komplexní zhodnocení kontaminace půd pesticidními 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 Technologické agentury České republiky. Dále se na řešení projektu podílí odborníci z Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně, Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. a ze společnosti EPS biotechnology, s.r.o. O výsledky projektu projevil zájem jak zemědělské družstvo, tak výrobci pitné a balené vody a řada státních institucí zabývajících se kvalitou a ochranou vod.

Projekt byl zahájen v červnu 2023 monitoringem pesticidních látek v zemědělských půdách a okolních povrchových vodách, odebraných ze 45 lokalit napříč celou Českou republikou. Ke stanovení širokého spektra účinných pesticidních látek a jejich metabolitů (308, resp. 352 parametrů) byly v laboratořích ALS Czech Republic využity metody založené na kapalinové chromatografii s hmotnostní detekcí. Rozsah stanovovaných látek vycházel z analýzy rizik zohledňující spotřebu pesticidů a jejich rizikové vlastnosti, jako je toxicita nebo perzistence. Výsledky monitoringu jsou shrnuty na Obr. 2 a 3. Sumární koncentrace byla vypočtena jako součet všech kvantitativně zjištěných účinných pesticidních látek a jejich metabolitů, relevantních i nerelevantních, a pro každý vzorek porovnána s legislativními limity – dříve platným limitem pro půdu 0,1 mg/kg sušiny [5], neboť současná EU a ČR legislativa výskyt pesticidů v půdách neupravuje, a navrhovaným limitem pro povrchovou vodu 0,5 µg/l [6], do něhož byly pro přehlednost započítány i nerelevantní metabolity.

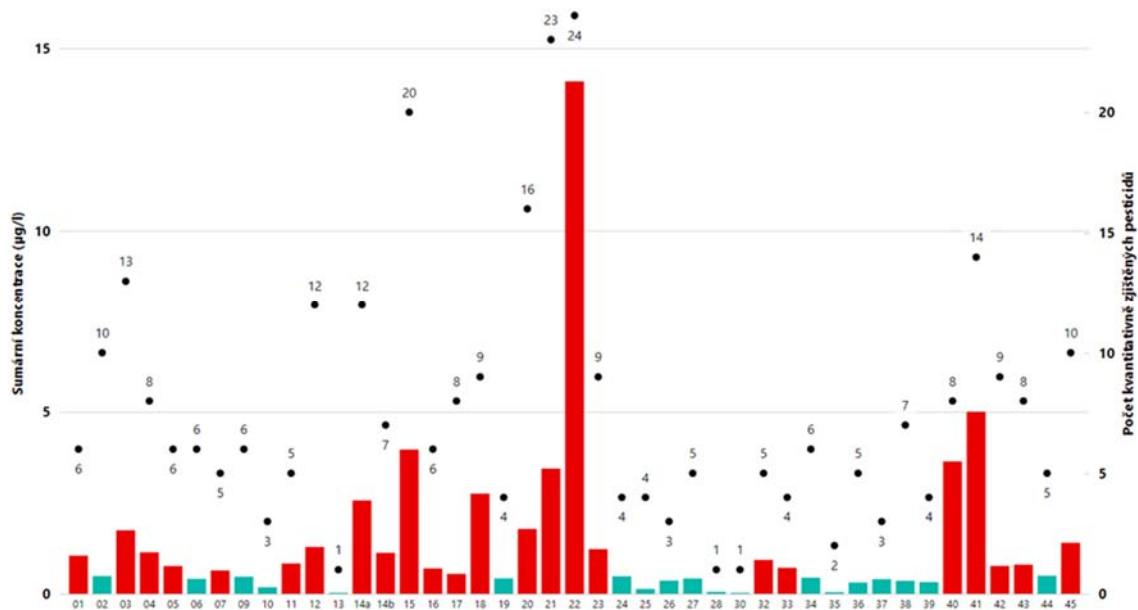
Pesticidy byly zjištěny ve všech odebraných vzorcích půdy, a to v rozsahu od 0,01 do 0,73 mg/kg sušiny. Zdaleka nejvíce zastoupenou skupinou byly glyfosátové pesticidy, tedy herbicid glyfosát a především jeho metabolit AMPA, jejichž sumární koncentrace se ve 36 vzorcích ze 45 odebraných pohybovala v rozsahu od 0,01 do 0,46 mg/kg sušiny.

V povrchových vodách byly pesticidy zjištěny ve 43 vzorcích z 45 odebraných, a to v koncentraci 0,01 µg/l až 14,09 µg/l. Nejvíce byly zastoupeny pesticidy chloracetanilidové a glyfosátové.

Obr. 2 Sumární koncentrace účinných pesticidních látek a jejich metabolitů v zemědělských půdách České republiky. Červeně jsou vyznačeny vzorky, které nevyhověly dříve platnému legislativnímu limitu 0,1 mg/kg sušiny [5].



Obr. 3 Sumární koncentrace účinných pesticidních látek a jejich metabolitů v povrchových vodách České republiky. Červeně jsou vyznačeny vzorky, které nevyhověly navrhovanému legislativnímu limitu [6], upravenému pro potřeby tohoto příspěvku.



Na podzim 2023 na monitoring navázalo vybudování poloproduční jednotky denitrifikačního bioreaktoru (Obr. 4), a to na z hlediska pesticidů problematické lokalitě, nacházející se na samém okraji chráněného území CHKO Moravský kras.

Obr. 4 Poloproduční jednotka štěpkového denitrifikačního bioreaktoru určená k souběžnému odstraňování dusičnanů a pesticidů.



Jednotka využívá jako náplň topolovou dřevní štěpku, která se pro tyto účely dobře osvědčila, a je vybavena automatickými vzorkovači, čidly měřícími základní fyzikální a chemické parametry a datovou stanicí s dálkovým přenosem dat v reálném čase do on-line prostředí. V případě pesticidů se v prostoru bioreaktoru počítá s několika dekontaminačními mechanismy, z nichž nejvýznamnější budou zejména sorpce a mikrobiální rozklad. Cílem projektu je navrhnout takové provozní podmínky bioreaktoru, které v maximální možné míře usnadní přirozené procesy mikrobiálního rozkladu pesticidů, případně tyto procesy podpořit aktivním zásahem do fyzikálně-chemické kompozice bioreaktoru a jeho mikroflóry.

Literatura

- [1] eagri.cz
- [2] Kontrolní závěr z kontrolní akce č. 20/04: Intervence k zajištění udržitelné jakosti vod. Nejvyšší kontrolní úřad, 2021.
- [3] Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2022. Státní zdravotní ústav, 2023.
- [4] Schipper et al. (2010). Denitrifying bioreactors – An approach for reducing nitrate loads to receiving waters. *Ecological Engineering*, 36: 1532–1543. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2010.04.008.
- [5] Vyhláška Ministerstva životního prostředí ze dne 29. prosince 1993, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.
- [6] Návrh směrnice Evropského parlamentu a Rady COM(2022) 540 final ze dne 26.10.2022, kterou se mění směrnice 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, směrnice 2006/118/ES o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu a směrnice 2008/105/ES o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky.

Zajištění dodávky pitné vody po kontaminaci podzemní vody relevantním metabolitem acetochlorem ESA

Ing. Zdeňka Jedličková

Ing. Luboš Mazel

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

Přestože účinná pesticidní látka acetochlor mohla být aplikována v přípravku na ochranu rostlin maximálně do 23.6.2013, stále přetrvávají zdroje podzemní vody, ve kterých jsou analyzovány hodnoty relevantního metabolitu pesticidní látky acetochloru ESA nad limit 0,1 µg/l.

Při zjištění nadlimitních hodnot ve vodovodech pro veřejnou potřebu v ukazateli acetochlor ESA naše společnost požádala v pěti případech orgán ochrany veřejného zdraví (dále OOVZ) o stanovení mírnějšího hygienického limitu. V jednom případě byla, bez vyřízení výjimky, ke stávající technologické lince přiřazena technologie na snížení množství acetochloru ESA v pitné vodě. Ve dvou případech po stanovení mírnějšího hygienického limitu došlo k brzkému poklesu hodnot pod 0,1 µg/l. Ve dvou případech byl OOVZ požádán o určení v pořadí třetího mírnějšího hygienického limitu.

Vodovod pro veřejnou potřebu A:

Vodovod pro veřejnou potřebu A zásobuje pitnou vodou cca 840 obyvatel. Zdrojem vody jsou jímací objekty nacházející se v plochém údolí místní vodoteče. Podzemní voda z vrtů o hloubce 60 a 80 m je jímána do soutokové armaturní šachty a dále společným výtlakem je dopravena na technologickou linku, která se nachází v objektu VDJ.

Úprava vody je dimenzována na výkon 2 až 2,5 l/s, s maximálním průtokem 7,5 m³/h. Na původní technologické lince především docházelo k odmanganování vody (cca 0,2 mg/l) a odradonování vody (cca 500 Bq/l). Po zjištění nadlimitního množství relevantního metabolitu acetochloru ESA (0,6 µg/l) v surové vodě, došlo v červnu 2017 k instalaci dalšího technologického stupně.

V současné době je skladba technologické linky následující:

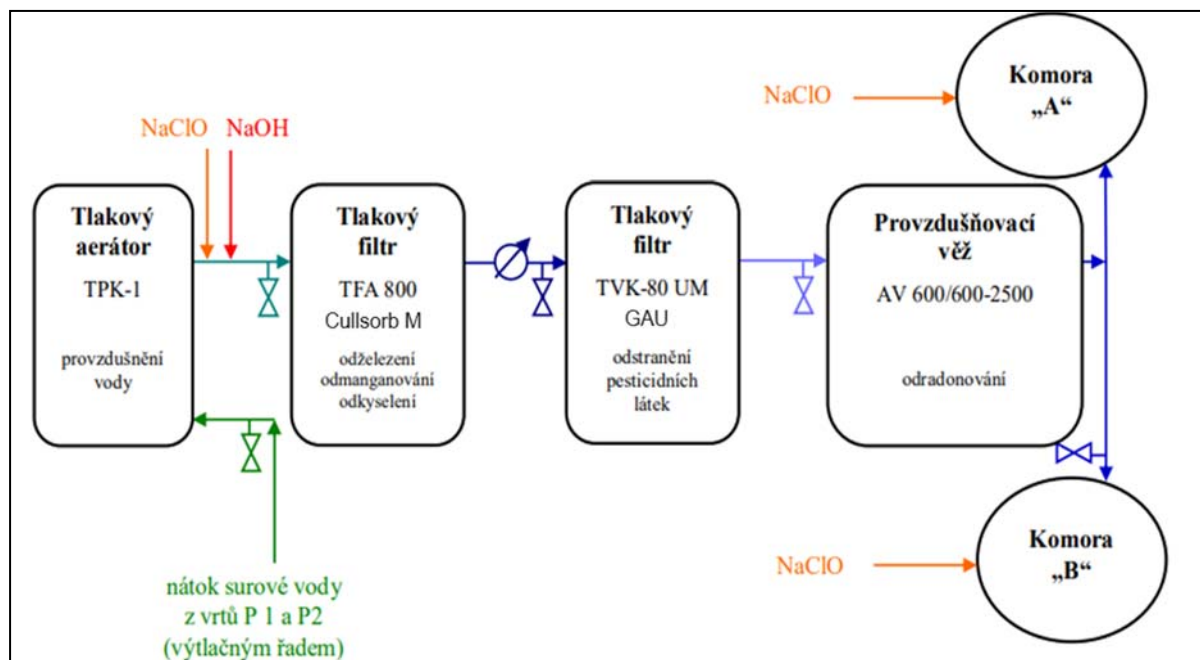
- Tlakový aerátor TPK-1 (provzdušnění vody /zvýšení pH, oxidace Fe²⁺ a Mn²⁺ na ³⁺/).
- Za tlakovým aerátorem je dávkován hydroxid sodný (ke zvýšení pH vody) a chlornan sodný (k aktivaci filtrační náplně Cullsorb M).
- Tlakový filtr TFA 800 s filtrační náplní Cullsorb M (separace Fe³⁺ a Mn³⁺)
- Tlakový filtr TVK-80 UM s náplní granulovaného aktivního uhlí (sorpce metabolitů pesticidních látek).
- Provzdušňovací věž AV 600/600-2500 (odradonování).

Takto upravená voda je po hygienickém zabezpečení chlornanem sodným vedena do nádrží VDJ (2x 37,5 m³).

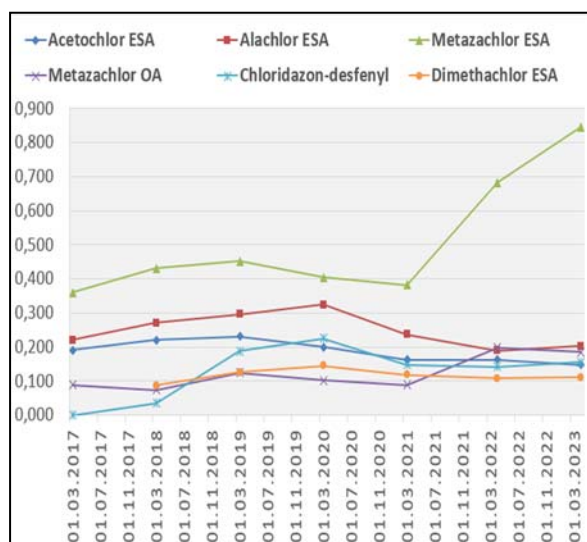
Z prostorových důvodů byl pro snížení množství metabolitů pesticidních látek do technologického procesu instalován filtr TVK 80 výkonem 4 až 10 m³/h. Kromě acetochloru ESA jsou v podzemní vodě analyzovány měřitelné hodnoty i nerelevantních metabolitů pesticidních látek: metazachlor ESA, metazachlor OA, alachlor ESA, dimethachlor ESA a chloridazon-desfenyl. Z důvodu rychlého nasorbování GAU organickými mikropolutanty, musí být náplň měněna cca po dvou měsících. Jedná se cca 350 l GAU.

Instalací tlakového filtru s GAU do původní technologické linky došlo k rychlému zajištění pitné vody spotřebitelům. Z důvodu malého objemu GAU, je provozování tohoto technologického stupně tak, aby byl dodržen limit relevantního metabolitu acetochloru ESA v pitné vodě, časově i finančně náročný.

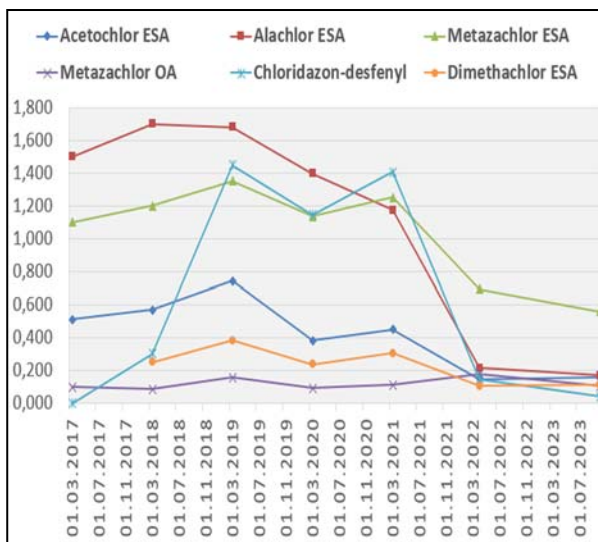
Obr. 1 Schéma ÚV



Graf 1 Analýza metabolitů pesticidních látek v µg/l ve vrtu 1



Graf 2 Analýza metabolitů pesticidních látek v µg/l ve vrtu 2



Vodovod pro veřejnou potřebu B, C

Vodovod pro veřejnou potřebu B zásobuje cca 1466 obyvatel. Zdrojem vody je podzemní voda ze sedmi zářezů a čtyř studní. Kromě dvou posilovacích studní byly analyzovány hodnoty acetochloru ESA ve všech jímacích objektech prameniště, a to v rozmezí od 0,055 do 0,84 µg/l. Jiné metabolity pesticidních látek nacházející se nad mezí stanovitelnosti se v podzemní vodě nevyskytují. Surová voda z prameniště gravitačně natéká do odkyselovací stanice a odtud do vodojemu 2x100 m³, kde je voda hygienicky zabezpečena chlornanem sodným.

Ve zdrojích vody se opakovaně projevil nedostatek vody. Z důvodu sucha byla v letech 2015 až 2018 a v roce 2022 vodoprávním úřadem vydána Opatření obecné povahy. Pitná voda mohla být užívána pouze pro osobní potřebu k pitným a hygienickým účelům a pro zajištění vody pro hospodářská zvířata v nezbytně nutném rozsahu. Ostatní užití vody bylo zakázáno.

Vodou z vodovodu pro veřejnou potřebu C je zásobováno cca 184 spotřebitelů. Zdrojem vody jsou dva vrty osmdesát metrů hluboké. Zárubnice obou vrtů je do hloubky patnácti metrů plná, následně se střídá po třech nebo šesti metrech perforovaná a plná část. Čerpadla jsou osazena cca ve čtyřiceti metrech. V surové vodě byly analyzovány maximální hodnoty acetochloru ESA ve vrtu BC-1 až 1,39 µg/l, ve vrtu BC-2 do 0,657 µg/l, další metabolity pesticidních látek nebyly zjištěny. Kontaminace relevantního metabolitu se do podzemní vody pravděpodobně dostala puklinovým prostředím. Surová voda je hygienicky zabezpečena chlornanem sodným.

Příslušný OOVZ na základě provozovatelem podané žádosti stanovil, podle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, mírnější hygienický limit pro acetochlor ESA ve výši 1 µg/l v dodávané vodě obou vodovodů. První rozhodnutí, na dobu tří let, bylo vydáno pro vodovod B v únoru 2017, pro vodovod C v květnu 2017. V roce 2020 došlo k prodloužení platnosti mírnějšího hygienického limitu o další tři roky.

Během této doby se nepodařilo zrealizovat nápravná opatření, která by zajistila vyhovující jakost dodávané vody spotřebitelům. Proto jsme požádali pět měsíců před ukončením lhůty druhého mírnějšího hygienického limitu o prodloužení doby s mírnějším hygienickým limitem o další tři roky. Žádost byla doložena výčtem již provedených úkonů, zdůvodněna mimořádnou složitostí a vysokou finanční nákladovostí nápravného opatření.

OOVZ mohl do vydání novely zákona o ochraně veřejného zdraví (do 30.6.2023) vydat třetí mírnější hygienický limit pouze v případě, pokud prodloužení mírnějšího hygienického limitu povolila Komise Evropské unie, a to na základě žádosti podané jménem České republiky příslušným OOVZ.

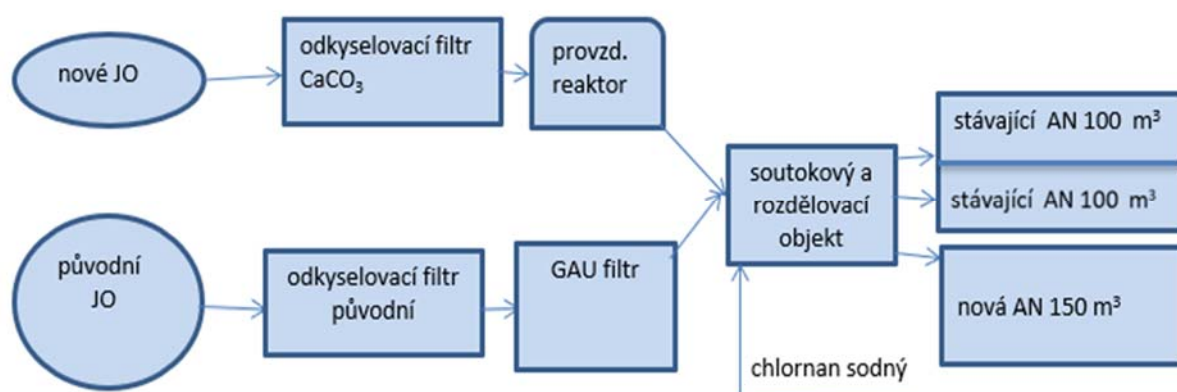
Žádost byla Komisy Evropské unie zaslána, a to s odůvodněním, proč se „ČR“ domnívá, že žádost o 3. odchylku (derogaci) pro vodovody B a C jsou v souladu s podmínkami EU.

Níže jsou uvedeny úkony, které byly provozovatelem a majitelem vodovodů, od doby zjištění překročení NMH 0,1 µg/l v pitné vodě u ukazatele acetochloru ESA, provedeny:

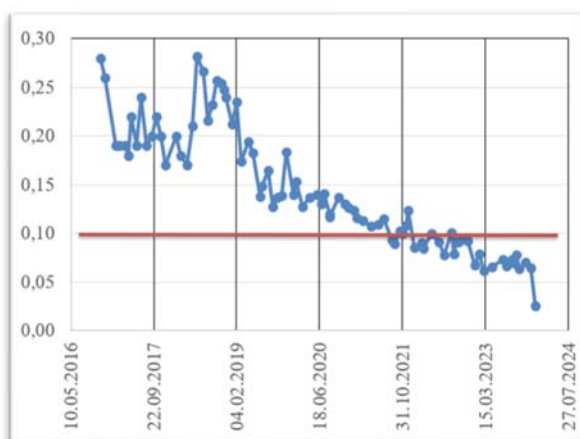
- Průběžná kontrola jakosti surové a pitné vody v ukazateli acetochloru ESA. V době podávání žádosti o třetí mírnější hygienický limit byl acetochlor ESA ve vodovodu B mírně nad úrovní 0,1 µg/l, ve vodovodu C cca 0,35 µg/l.
- Podán podnět Ústřednímu kontrolnímu a zkušebnímu ústavu zemědělskému k prověření aplikace acetochloru.
- V souvislosti s projektem podporovaným Technologickou agenturou ČR byl prováděn monitoring surové vody zaměřený na metabolity chloracetanilidových pesticidů. Projekt s názvem Metody dekontaminace a detekce perzistentních chloracetanilidových pesticidů a jejich metabolitů prováděl Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., ALS Czech Republic, s.r.o. a EPS biotechnology, s.r.o.

- Za účelem zajištění dostatečného množství i kvality pitné vody byl pro vodovod B zpracován projekt hydrogeologického průzkumu. V roce 2018 byly provedeny hydrogeologické práce spočívající v realizaci 3 vrtů, provedení čerpacích zkoušek a odběrů vzorků vody. Podle závěrečné hydrogeologické zprávy se vydatnost jednotlivých vrtů pohybovala v rozmezí 0,8 až 1,5 l/s. Z pohledu jakosti vody byla ve vrtu BO-1 vyšší objemová aktivita radonu 222 a hraniční obsah manganu, ve vrtu BO-2 vyšší obsah železa a manganu a ve vrtu BO-3 byl stanoven nadlimitní obsah dusičnanů a objemová aktivita radonu 222. Podzemní voda by byla agresivní vůči litinovému potrubí. Provedené vrty by tedy poskytovaly dostatečnou kapacitu vody ke stávajícím zdrojům, případně i k nahrazení některých zdrojů, ale nesplňovaly by požadavky na jakost pitné vody. Vodu by bylo třeba upravovat.
- Byla řešena úprava vody pouze ze stávajících zdrojů. Zařízení na odstraňování acetochloru ESA by byla na principu sorpce na granulovaném aktivním uhlí. Problémem byly především nedostatečné prostory pro umístění technologie ve stávajících vodojemech, nedostatečný tlak na přítoku do vodojemu (nutnost použití zvyšovacího čerpadla) a nedostatečná kapacita přívodu el. energie pro napájení navrženého zařízení.
- V roce 2019 byly s vlastníkem vodovodu vyhodnoceny a projednány dostupné podklady. Bylo navrženo více variant řešení stávajícího stavu, ale všechna řešení byla investičně velice nákladná.
- Vlastník vodovodu se rozhodl pro projekt, který současně zajišťuje dostatečné množství a jakosti pitné vody pro vodovody B i C. Součástí projektu bylo uložení výtlačného potrubí surové vody pro napojení jímácích objektů (vrtu BO-01 a studny Stříbrná) vybudovaných v rámci hydrogeologického průzkumu; vybudování sdruženého objektu vodojemu s úpravnou vody; uložení výtlačného řádu pro zásobování vodovodu C. Úpravna vody byla navržena dvoulinková. Bylo navrženo, že voda z nových zdrojů se bude upravovat chemickým odkyslením, konkrétně filtrací přes vápencovou drť, a dále se bude provzdušňovat z důvodu nadlimitních hodnot radonu v surové vodě. Stávající zdroje se budou nově upravovat filtrací přes granulované aktivní uhlí z důvodu odstranění pesticidních látek z vody. Hygienické zabezpečení vody bylo řešeno dávkováním chlornanu sodného. Ke stávajícím akumulacím 2x100 m³ měla být přistavena třetí akumulace o objemu 150 m³ a ve sdruženém objektu měla být instalována i automatická tlaková stanice pro zásobování vodovodu C.
- V prosinci 2020 byla podána žádost o podporu ze SFŽP ČR na projektovou přípravu projektu k zajištění dostatečného množství a jakosti pitné vody pro oba vodovody. V roce 2021 a 2022 probíhala práce na jednotlivých stupních projektové dokumentace.
- V srpnu 2022 byl vodoprávním úřadem schválen stavební záměr díla. Bylo vydáno společné povolení pro umístění a provedení stavby. Rozhodnutí je platné do 31.12.2024. Předpokládaná doba výstavby je 20 měsíců.
- Z důvodu poměrně vysoké ceny výše uvedeného díla (přibližně 44,9 miliónu Kč), byla podána žádost o dotaci z Operačních programů životního prostředí – specifický cíl 1.4 – Podpora přístupu k vodě a udržitelného hospodaření s vodou. Dotace byla schválena v březnu roku 2023.
- Dne 2.5.2023 začaly stavební práce na zrealizování projektu.
- V současné době probíhá výstavba s termínem předání 1.1.2025.

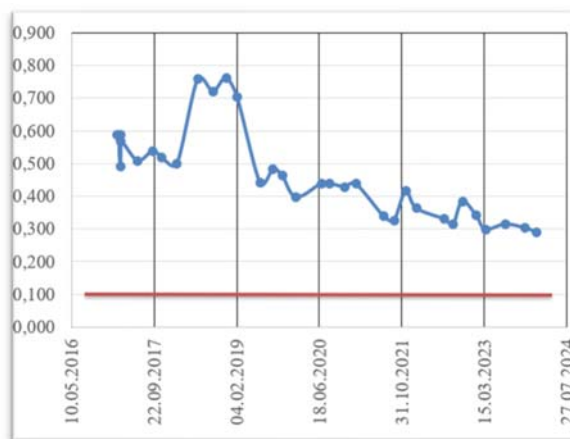
Obr. 2 Technologické schéma úpravy vody



Graf 3 Acetochlor ESA v µg/l u spotřebitele vodovodu B



Graf 4 Acetochlor ESA v µg/l u spotřebitele vodovodu C



Účinná pesticidní látka S – metolachlor ESA

V roce 2023 se dostala do popředí pozornosti účinná pesticidní látka S-metolachlor. Přípravek pro ochranu rostlin (dále POR) s touto účinnou látkou se řadí k systémovým herbicidům používaným k zamezení růstu jednoletých plevelů. S-metolachlor patří mezi pět nejčastěji aplikovaných účinných látek na kukuřici.

Tabulka 1 Spotřeba účinných látek, v kraji Vysočina, obsažených v POR v jednotlivých letech na zemědělské půdě bez látek obsažených v pomocných prostředcích na OR (kg).

Kukuřice	2022	2021	2020	2019
Účinná látka	kg	kg	kg	kg
S-metolachlor	2910	4088	3500	3965
Dimethenamid - P	4540	5284	5873	5909
glyfosát	5869	6747	8165	6037
pethoxamid	6757	6823	7121	6534
terbuthylazin	9099	10184	10495	10453

Do 15.11.2024 měl být ukončen proces obnovy schválení S-metochlaru. Během hodnocení této účinné látky vyšly najevo určité obavy. Z hlediska vlivu na lidské zdraví byla účinná látka překvalifikována na pravděpodobný lidský karcinogen kategorie 2. Dne 12.12.2023 PROVÁDEČÍM NAŘÍZENÍM KOMISE (EU) 2024/20 bylo stanoveno, že se neobnovuje schválení účinné látky S-metolachlor. Členská státy EU mají do 23.4.2024 odejmout povolení na všechny POR obsahující tuto účinnou látku a nejpozději do 23.7.2024 má být ukončena aplikace těchto přípravků.

ZÁVĚR

V případě obnovy schválení účinných pesticidních látek se stává, že po přehodnocení některé dříve schválené účinné látky se změní i vyčíslení rizika a daná účinná látka není schválena či její aplikace je značně omezena. Je to dáno vývojem vědeckého poznání. Uvádí se, že je mnohem pravděpodobnější, že daná účinná látka bude více omezena, než odpovídá reálným rizikům, než skutečnost, že by tato rizika byla podceněna.

Doufáme, že ukončením aplikace POR s účinnou látkou S-metolachlor dojde k rychlému poklesu kontaminace metabolitů této účinné látky v povrchových vodách, a že metabolity této účinné látky (metolachlor ESA, metolachlor OA) nebudou tak perzistentní ve zdrojích podzemní vody jako byl a bohužel je acetochlor ESA.

V této souvislosti si dovoluji upozornit, že je významný rozdíl v pohledu na kontaminaci podzemní vody při povolovacím procesu POR a na tolerovanou kontaminaci pitné vody způsobenou pesticidními látkami. Závažné limity pro povolení POR jsou pro účinnou látku a toxikologicky významný metabolit (relevantní metabolit) u podzemní vody 0,1 µg/l, pro nerelevantní metabolit 10 µg/l. V případě kontaminace pitné vody panuje shoda v případě hodnoty 0,1 µg/l pro účinnou látku a relevantní metabolit. Ovšem u nerelevantních metabolitů jsou vyhláškou č. 252/2004 Sb., v platném znění stanoveny pro vybrané nerelevantní metabolity směrné hodnoty daleko přísnější, a to v rozmezí 0,5 až 3 µg/l a pro ostatní nerelevantní metabolity pesticidních látek je to směrná hodnota opět jen 0,5 µg/l, vše za splnění vysvětlivek uvedených k daným nerelevantním metabolitům. Tento nesoulad by bylo logické odstranit a limit pro nerelevantní metabolity v pitné vodě stanovit shodně s povolovacím režimem pro POR. Vždy však bude existovat riziko přehodnocení jak účinné látky, tak jejích metabolitů.

Literatura

- 1) Provozní evidence VAS, a.s.
- 2) Rozhodnutí KHS Vysočina – určení mírnějšího hygienického limitu.
- 3) Hodnocení zdravotních rizik relevantního metabolitu acetochloru ESA z pitné vody.
- 4) Projekt - zajištění dostatečného množství a jakosti pitné vody.
- 5) Web ÚKZÚZ (eagri.cz)
- 6) Prováděcí nařízení komise (EU) 2024/20

Úprava vody pro dopouštění Velkého Boleveckého rybníka

Milan Drda

Ing. Petra Hrušková, Ing. Kryštof Hnojna

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

Abstrakt

Dopouštění Velkého Boleveckého rybníka (Bolevák) z řeky Berounky je ojedinělý projekt. Bolevák je největší rybník z rybníční soustavy na Boleveckém potoce na okraji Plzně. Jedná se o velmi významnou rekreační lokalitu a také o jedinečné technické dílo z pozdního středověku. Velký Bolevecký rybník (43 ha), založený i s celou rybníční soustavou už roku 1461, sloužil k chovu ryb, později jako zdroj ledu pro plzeňský pivovar a v posledním více než půlstoletí má význam především rekreační.

Vlivem klimatických změn došlo kolem roku 2000 ke zhoršení kvality vody v rybníce a dále v letech 2017–2020 k výraznému poklesu hladiny (v listopadu 2020 klesla na dlouhodobé minimum 1,26 metru pod normál) [1]. Na základě těchto zjištění město Plzeň nechalo vypracovat studii, která měla za úkol vyhledat vhodný zdroj surové vody a jeho úpravu pro dopouštění Boleváku. V rámci této studie byly posuzovány dvě varianty doplňování vody – buď z řeky Berounky nebo z odtoku z městské čistírny odpadních vod. Obě varianty však vyžadovaly účinné přečištění surové vody. Z výše zmíněných důvodů v rámci zpracování studie proběhly v období od října 2020 do ledna 2021 poloprovozní zkoušky na obou potenciálních zdrojích. Na základě výsledků této studie bylo rozhodnuto využít jako vhodnější zdroj řeku Berounku. Zásadním faktorem byla ale také kvalita upravené vody. Pokud by se začala přivádět nedostatečně upravená voda, tak by rybníku hrozilo opětovné zhoršení kvality vody, nárůst sinic, a především zavlečení spory račího moru, který by devastoval stávající původní račí populaci v rybníce. Proto byla do systému zařazena technologie na úpravu vody, která dokáže z vody odstranit zákal, část organického znečištění, mikrobiologické, hydrobiologické znečištění, a hlavně fosfor a spory račího moru. Jako nejvhodnější technologie, která byla schopna splnit zadání, (kvalita upravené vody splňující limity pro pitnou vodu, úplné odstranění spory račího moru, prostorové, provozní a investiční limity) byla v rámci zpracování studie navržena technologie jednostupňové úpravy vody s využitím keramické membránové filtrace.

Na tento záměr byla zpracována společností DHI a.s. do konce roku 2021 dokumentace pro stavební povolení a výběr zhotovitele. Následně byla v období od dubna do poloviny září (za necelých šest měsíců) vybudována v areálu městské ČOV Plzeň nová úprava vody s technologií jednostupňové úpravy vody pomocí keramické membránové filtrace s kapacitou 20 l·s⁻¹. Součástí stavby úpravy vody bylo také vybudování nového odběrného objektu v řece Berounce, výtlačného potrubí 2 x DN160 a 1 x DN90 v délce 85 m (zahrnující také 46 m ocelového protlaku DN500 mm pod protipovodňovou hrází a centrálním přivaděčem odpadní vody z města Plzně na ČOV) do nové úpravy vody a výtlačku upravené vody do Boleveckého rybníka PE DN200 o délce 549 m.

Úvod

Velký Bolevecký rybník v Plzni je oblíbené místo pro rekreaci místních obyvatel. Jeho čistá voda je vhodná jak ke koupání, tak pro život živočichů jako je škeble rybníčná nebo štika. Od roku 1955 je na břehu loděnice Jachetního klubu Plzeň, z.s. Tento klub pořádá na rybníce také závody.

V Bolevák došlo po roce 2000 k výraznému zhoršení kvality vody, kdy vodní květy sinic začaly silně omezovat rekreační využití rybníka.

V roce 2006 byl po několikaletém výzkumu zahájen projekt „ZLEPŠENÍ KVALITY VODY V BOLEVECKÉM RYBNÍCE“ (duší tohoto projektu byl RNDr. Jindřich Duras, Ph.D.).

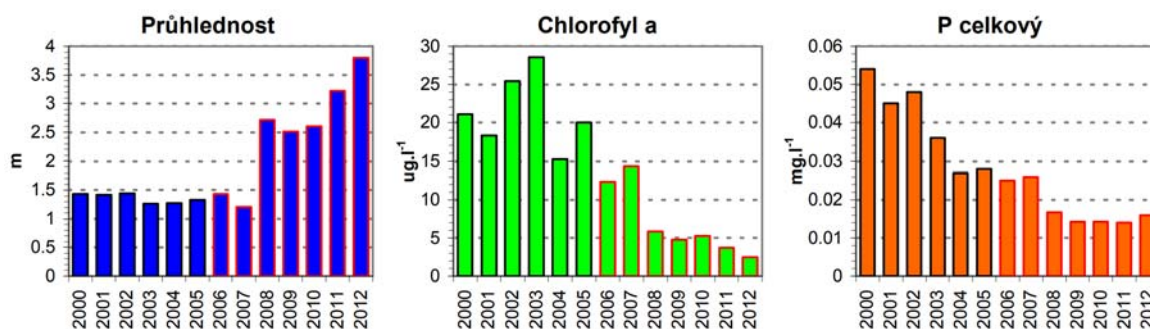
Principem projektu nebyly pouze dílčí zásahy, které situaci nemohly dlouhodobě vylepšit, ale úplná přeměna celého ekosystému na jiný typ. Z tehdejšího nepříznivého stavu, kdy voda byla zakalená a se sinicemi, rybí obsádka byla přehuštěná plevelnými rybami a ponořené rostliny zcela chyběly (tzv. pelagický ekosystém), bylo třeba přejít na stav s vodními rostlinami, řídkou rybí obsádkou s vysokým podílem dravců a s minimálním výskytem sinic (tzv. litorální ekosystém).

Realizace tohoto projektu v letech 2006–2012 současně zasahovala všechny tři nejdůležitější složky ekosystému:

- Přímé ošetření vody a sedimentu chemickými prostředky (tzv. koagulanty) na bázi hliníku (síran hlinitý - 2006, polyaluminiumchlorid neboli PAX – 2008-2010). V roce 2011 žádné chemické koagulanty používány nebyly. V roce 2012 bylo využito malé dávky síranu hlinitého, aby byl zachycen fosfor uvolňovaný z odumřelé biomasy vodní vegetace.
- Regulace rybí obsádky, která znamenala snížení biomasy plevelných druhů ryb (plotice, cejn, okoun) a zároveň posilování populací dravých ryb (candát, štika, sumec, bolen). Zhruba od roku 2009 má rybí obsádka požadované složení. Biomasa nežádoucích druhů byla snížena o 90-95 %, podíl dravců se zvýšil. Současně nejpočetnější rybou je okoun, tedy ryba, která se dokáže uplatňovat jako dravec a regulovat početnost bílé ryby i svoji vlastní. Navíc okoun nemá významnější negativní vliv na kvalitu vody.
- Návrat vodních rostlin, především ponořených. 15 druhů rostlin bylo vysazováno v letech 2006-2007 do ohrazených částí rybníka, aby byly chráněny před rybami.

V roce 2011 už byl ekosystém plně „usazen“ jako typ litorální a vyvíjel se po svém.

Obr. 1 Graf trendů vývoje kvality vody ve Velkém boleveckém rybníce, a to za celé období, kdy byla ve Velkém Boleveckém rybníce kvalita vody sledována.



Na obr. 1 jsou zobrazeny průměrné hodnoty za vegetační období (duben–září). Červeným rámováním jsou zvýrazněny roky průběhu projektu. Velmi dobře je vidět markantní zlepšení v roce 2008. Průměrné hodnoty průhlednosti vody kolem 2,5 m a chlorofylu $5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ jsou pro rekreaci koupáním velmi příznivé a jsou splněny pouze v několika málo koupacích místech v České republice. V době velkého rozmachu vodní vegetace v roce 2011 a 2012 je vidět další zvýšení průhlednosti vody a snížení biomasy řas a sinic (chlorofyl a) [2].

Velký Bolevecký rybník, ale začal ztrácet vodu. V roce 2017 poklesla jeho hladina oproti normálu o 30 centimetrů, v roce 2019 o 100 cm. Největší pokles byl zaznamenán na podzim roku 2020, a to o téměř 130 cm. Tehdy v rybníce chybělo asi 480 000 m³ vody. Město Plzeň proto začalo řešit, kde chybějící vodu vzít. V roce 2019 si nechalo zpracovat studii, která navrhla několik možností, jak do rybníka chybějící vodu doplnit. S ohledem na místní podmínky se nabízely dvě možnosti. Doplnění vody z řeky Berounky nebo vody z odtoku z městské čistírny odpadních vod. Obě varianty však vyžadovaly účinnou předúpravu surové vody. Z výše zmíněných důvodů proběhly v období od října 2020 do ledna 2021 poloprovozní zkoušky na obou potenciálních zdrojích. Poloprovozní zkoušky měly ověřit vhodnost navržené technologie jednostupňové úpravy vody s využitím technologie membránové filtrace na keramických membránách.

Poloprovozní modelovou jednotkou, umístěnou na ČOV v Plzni, byla AMAYA 5 ($Q_{\text{max}} = 5 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, flux = 200 LMH). V této filtrační jednotce je mj. umístěna nejdůležitější část technologie – keramický membránový element s filtrační plochou 25 m² a nominální velikostí pórů 0,1 μm .

Tato mobilní jednotka umožňuje testování v terénu s výstupem dat, díky kterým lze posoudit schopnosti technologie na dané lokalitě a rovněž navrhnout optimální provozní parametry pro stacionární zařízení.

Hlavním cílem poloprovozních zkoušek bylo ověření a zhodnocení účinnosti zvolené separační technologie – keramické membránové filtrace, na dvou typech vody – voda z řeky Berounky a voda z odtoku ČOV Plzeň pro eventuální doplňování Boleveckého rybníka.

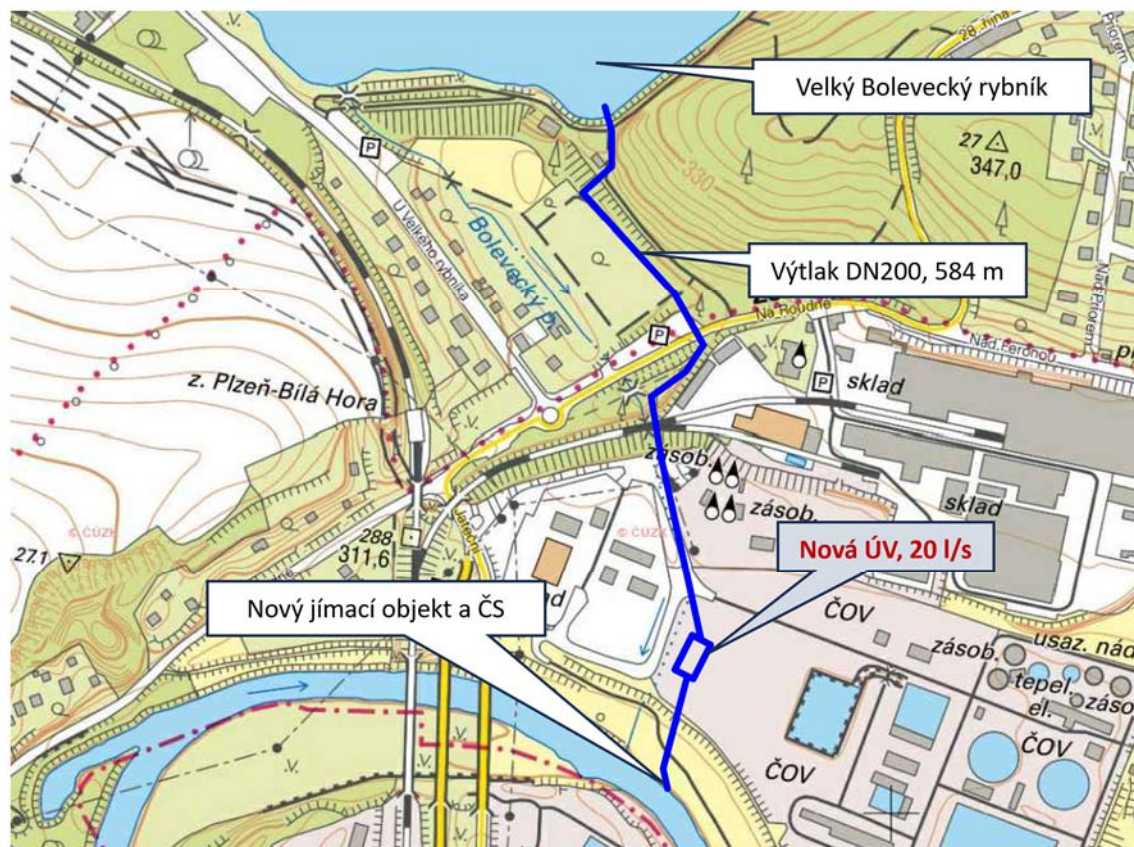
Z vyhodnocení poloprovozních zkoušek jednoznačně vyplynulo, že technologie keramické membránové filtrace při využití vody z řeky Berounky splňuje veškeré požadované parametry. Při využití vyčištěné odpadní vody se membrány rychleji zanášely a bylo vyžadováno častější chemické čištění, což by se promítlo do provozních i environmentálních nákladů. Proto bylo rozhodnuto využít pro doplnění Boleváků vodu z řeky Berounky.

Projekt

Město Plzeň vybralo v první polovině roku 2020 ve veřejném výběrovém řízení zhotovitele projektu pro stavební povolení a dokumentace pro výběr zhotovitele pod názvem „Doplnění vody do Velkého Boleveckého rybníka, jímání, úprava vody a přívodní potrubí“ společnost DHI a.s., Na Vrších 1490/5, 100 00 Praha 10.

V rámci tohoto projektu bylo navrženo a schváleno vybudování nového odběrného objektu v řece Berounce, výtlačného potrubí 2 x DN160 a 1 x DN90 v délce 85 m (zahrnující také 46 m ocelového protlaku DN500 mm pod protipovodňovou hrází a centrálním přivaděčem odpadní vody z města Plzně na ČOV) do nově postaveného objektu úpravy vody s kapacitou 20 l·s⁻¹ a výtlačku upravené vody do Boleveckého rybníka PE DN200 o délce 549 m – obr. 2.

Obr. 2 Schéma dopouštění Velkého Boleveckého rybníka



Projekt a následná realizace řešila 3 hlavní části:

Vybudování Inženýrského objektu IO 01 Jímání a čerpání vody, který se skládal ze 3 částí – Odběrný objekt, Čerpací jímku a Výtlačné potrubí.

Odběrný objekt je betonová konstrukce, půdorysných rozměrů 1400 x 1500 mm, založená v ř. km 136,96, navržená na změřenou hladinu ze dne 23. 4. 2021 - 298,74 m n. m. Jedná se v řezu o lichoběžníkový tvar, který odběrnou částí koresponduje s břehovou partií v daném místě tak, aby nevytvářel překážku průtoku vody. Vtok do objektu je kryt demontovatelnou česlovou stěnou (hrubé česle). Vzdálenost česlic je 60 mm. S čerpací jímku je propojen betonovým potrubím DN 800.

Čerpací jímka je betonová konstrukce půdorysných rozměrů 2400 x 2900 mm, hloubka je 3000 mm, krytá železo-betonovou monolitickou deskou o tloušťce 200 mm, ve které jsou osazeny montážní otvory pro čerpadla, která jsou kryta ocelovými uzamykatelnými poklopy. Vtokový otvor do jímky je osazen šoupátkovým uzávěrem s pneumatickým pohonem. Jímka je osazena třemi výtlačnými čerpadly, která jsou oddělena od nátoky sklopnou česlovou stěnou (jemné česle) se vzdáleností česlic 10 mm. Sedimentační prostor u stěny nátoky 600 x 600 x 200 mm se čistí kalovým čerpadlem a potrubím DN 90 zaústěným do objektu úpravy vody. Další dvě čerpadla v jímce potrubím PE DN 160 mm zásobují úpravnu vody.

Výtlačná potrubí 2 x PE DN 160 a 1 x PE DN 90 vč. silových a ovládacích kabelů a potrubí tlakového vzduchu jsou uložena v otevřeném paženém výkopu, a to až k pobřežní cestě, dále jsou uložena v chráničce OC DN 500. V chráničce jsou umístěny také ovládací kabely k čerpadlům, tlakové potrubí vzduchu k pneumatickému ovládání a potrubí tlakové vody k oplachu vystrojení jímky. Kromě vodovodních potrubí jsou všechna další vedení v celé délce uložena v tuhých dvouplášťových korugovaných chráničkách HDPE DN 75.

Vybudování SO 02 – Úpravna vody – jedná se o přízemní nepodsklepenou stavbu obdélníkového tvaru o půdorysných rozměrech 19,0 x 9,8 m a výšky 6,0 m nad UT, zastřešenou plochou střechou s třístrannou atikou. Objekt je založen na betonových pasech na nezámraznou hloubku -1,35 m.

Úpravna vody je navržena technologií koagulace a membránové keramické filtrace. Maximální výkon úpravny vody je 20 l·s⁻¹.

Voda je z čerpací stanice na břehu řeky Berounky čerpána přes fakturační průtokoměr na hrubý předfiltr s průlinou 2 mm a pak na automatický filtr s průlinou 0,3 mm. Po mechanickém předčištění surová voda natéká na samotnou linku membránové filtrace, $Q = 20 \text{ l·s}^{-1}$. Požadovaný výkon technologické linky je nastavován pomocí indukčního průtokoměru osazeného před nátokem na tlakový flokulátor a linku membránové filtrace pomocí regulace výkonu čerpadla surové vody. Signál z tohoto průtokoměru slouží také pro proporcionální dávkování koagulantu dávkovacími čerpadly. Koagulant je dávkován z dvouplášťové zásobní nádrže o objemu 15 m³ do homogenizačního kusu umístěného na potrubí před nátokem vody na tlakový flokulátor.

Úpravu surové vody po předřazené tlakové flokulaci zajišťuje membránová keramická filtrace přes 27 ks keramických membránových elementů (3 řady po 9 elementech) v tlakovém režimu dead-end, in-out (tedy přímá filtrace), což odpovídá hydraulickému zatížení 107 LMH (flux).

Každý keramický element má plochu 25 m² s nominální velikostí pórů 0,1 μm. Materiálem keramických membránových elementů je oxid hlinitý neboli korund. Délka jednoho keramického elementu je 1,5 m a průměr je 180 mm.

Zdroj povrchové surové vody je kvalitativně proměnlivý, a proto je v technologii navržena automatická regulace dávky koagulačního činidla dle online analyzátorů – zákaloměr, měření UV absorbance a pH.

Technologie je tedy navržena tak, aby bylo možno reagovat na změny kvality zdroje surové vody a také je kladen důraz na odstranění zákalu, fosforu a spor račího moru. Technologii úpravy vody lze bez nutnosti konzervování odstavit na delší časový úsek a znovu velmi rychle uvést do provozu.

Permeát neboli upravená voda vytéká sběrnými celami v membránových elementech do potrubí permeátu a dále do akumulace upravené vody o užitném objemu 15 m³. Upravená voda je z akumulační jímky nasávána přes indukční průtokoměr a UV reaktor čerpadlem upravené vody a dále čerpána do Velkého Boleveckého rybníka.

Vybudování SO 01 Výtlač – pomocí nového výtlačného vodovodního potrubí z areálu nové úpravy vody na ČOV Plzeň umístěného na levém břehu řeky Berounky do hráze rybníka u vypustního objektu. Délka potrubí je 584,0 m.

Realizace

Ve výběrovém řízení na dodavatele stavby zvítězilo sdružení společníků „Společnost STAVMONTA – ENVI-PUR“ a 15. 3. 2022 byla podepsána smlouva s investorem – Statutárním městem Plzeň.

Doba pro provedení stavby byla 180 dnů ode dne předání staveniště.

Výsledky

Úpravna vody byla včetně všech souvisejících opatření dokončena v termínu stanoveném smlouvou o dílo ke dni 30. 8. 2022. Po vyhodnocení rozboru vzorků odebraných v průběhu komplexních zkoušek (požadavek projektu byl splnění všech ukazatelů pro pitnou vodu podle

Vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu, kromě limitu na zbytkový chlor a teplotu) byla 16. 9. 2022 uvedena úprava vody do provozu.

Při slavnostním uvedení do provozu plzeňský primátor Pavel Šindelář mimo jiné uvedl:

„Projekt doplnění vody do Boleváku je v rámci České republiky jedinečný. Bude se u nás totiž čerpat přečištěná voda do rekreačního rybníka, aby se udržela hladina pro koupání. Jsem rád, že je hotovo přibližně šest set metrů potrubí, kterým voda poteče od Berounky přes úpravnu vody v areálu čistírny až k hrázi, a může začít čerpání. Doplnovat vodu bude možné až deset měsíců v roce v objemu až $20 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ při zachování průtoku $4,46 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ v Berounce“.

Podle hydrobiologa Jindřicha Durase se hladina Boleváku snížila za uplynulých pět let o více než 1,3 m. „Na své dlouhodobé minimum se dostala teď v srpnu 2022, kdy klesla 1,33 m pod dlouhodobý normál. Naposledy byla v normálu na jaře 2017. Dá se čekat, že bude, tak tři roky trvat, než se Bolevák dostane zase na svoji hladinu,“ vysvětlil Duras.

Závěr

Od zahájení provozu úpravy vody 16. 9. 2022 do konce ledna 2024 se i díky dopouštění upravené vody z řeky Berounky podařilo zvýšit hladinu v Boleváku z 310,82 na 311,85 m. n. m. (ke dni 6. 2. 2024), což je o 1,03 m. Do dosažení normálního stavu hladiny vody na výšku 312,15 m n. m. zbývá 0,3 m.

Úprava vody dodala do Boleváku od 16. 9. 2022 do 6. 2. 2024 $388\,296 \text{ m}^3$ vody v požadované kvalitě.

Dosavadní provozní zkušenosti ukazují, že projekt „Doplnění vody do Velkého Boleveckého rybníka, jímání, úprava vody a přírodní potrubí“ má za sebou rok a 5 měsíců úspěšného a spolehlivého provozu. Z dosavadních zkušeností byla realizace tohoto projektu za cca 60,2 mil. Kč pro město Plzeň a jeho obyvatele správnou volbou.

Literatura

- [1] Hospodaření s vodou ve městě: případ Velkého boleveckého rybníka v Plzni. ABS portál. <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/energie/hospodareni-s-vodou-ve-meste-pripad-velkeho-boleveckeho-rybnika-v-plzni> (accessed June 21, 15).
- [2] Projekt „ZLEPŠENÍ KVALITY VODY V BOLEVECKÉM RYBNÍCE“. [bolevak.cz](https://www.bolevak.cz). <https://www.bolevak.cz/wp-content/uploads/2014/03/bolevak-2013.pdf> (accessed April 13, 20).

Efektivní způsob pro návrh propojení vodovodních systémů

Ing. Tomáš Sucháček, Ph.D.

Ing. Eva Náplavová

AquaSmart Solutions, s.r.o.

Abstrakt

Propojování vodovodních systémů do větších celků je a zřejmě poměrně dlouhou dobu bude velmi aktuálním tématem nejenom v rámci řešení sucha a klimatických změn. Propojením je myšlena výstavba nového potrubí z bodu A zdrojového vodovodu do bodu B připojovaného vodovodu. Nejdůležitějším vstupem pro návrh propojení (potrubí) je návrhový průtok. Toto je hlavní zaměření článku, jelikož v normativích a publikacích nejsou možné postupy stanovení návrhového průtoku popsány uceleně a dostatečně podrobně. Cílem článku je předestřít možný jednoduchý a efektivní, avšak dostatečně přesný způsob stanovení návrhového průtoku. Výsledkem je návrhový průtok odpovídající reálným potřebám připojovaných vodovodů, tj. není nadhodnocen ani podhodnocen. Součástí článku je případová studie.

Úvod

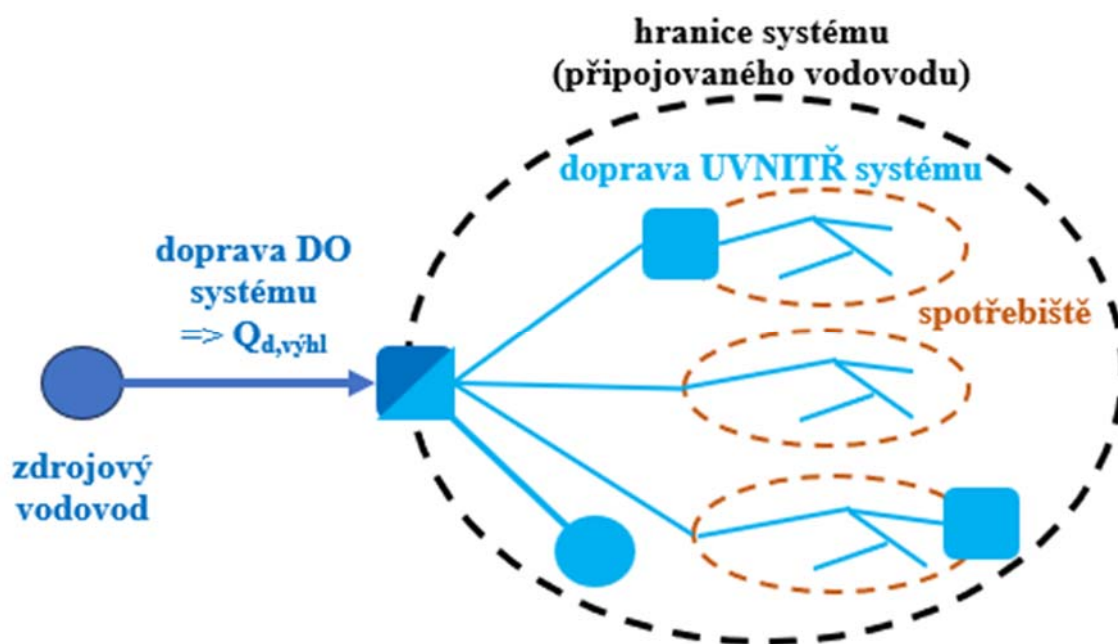
Každá významnější stavba v zásobování vodou vyžaduje nemalé finanční prostředky, a proto je velmi důležité věnovat odpovídající pozornost samotnému návrhu a přípravě takové stavby. Finanční zdroje je nutné vynakládat efektivně vždy. Ovšem u propojování (připojování) vodovodů zejména u menších vlastníků je tato potřeba ještě mnohem naléhavější, jelikož realizace takového propojení je často na hraně (někdy za) jejich finančních možností, jak je popsáno například v [1]. Pro lepší představu o velikosti finančních prostředků jenom pro trubní propojení je možné zmínit, že dle [2] je rozptyl jednotkových cen pro DN 150 v rozmezí přibližně 4 400 – 17 600 Kč.m⁻¹ (bez DPH) v závislosti na materiálu a povrchu, ve kterém je potrubí uloženo. Orientační aritmetický průměr je tedy cca 11 000 Kč.m⁻¹, tj. cca 11,0 mil.Kč.km⁻¹ (hodnota je pouze pro představu, může kolísat). Pro DN 200 jsou pak hodnoty cca 12,9 mil.Kč.km⁻¹ (5 700 – 20 100 Kč.m⁻¹). Vzhledem k tomu, že délka trubních vedení při propojování se pohybuje v řádech jednotek kilometrů, tak každá změna dimenze znamená značný finanční rozdíl (například DN 150 vs. DN 200 rozdíl cca 17 %).

Je zcela logické, že investor se při realizaci poté snaží hledat úspory všemi způsoby. Nicméně známým faktem je, že příliš nízká cena stavebních prací se může velmi negativně promítnout do kvality prací. Proto z dlouhodobého hlediska je vhodnější hledat jiný způsob úspory. Jako jednoznačně nejefektivnější se ve všech průmyslových odvětvích prokázalo implementování nových znalostí, postupů, technologií zkrátka všeho pod souhrnným označením „know-how“. Při propojování vodovodu a ve vodárenství obecně to znamená především efektivizaci (optimalizaci) distribučního systému, respektive dopravy (množství) vody.

Častým jevem je připojování menších vodovodů ať už samostatných či malých skupinových vodovodů k větším vodárenským soustavám. Taková propojení jsou jednosměrná vzhledem k tomu, že prvořadým důvodem propojení je nedostatečná kapacita nebo kvalita zdrojů připojovaného vodovodu. To znamená, že nový vodovod bude plně nebo zčásti zásoben ze

zdrojů většího (kapacitnějšího) vodovodu a doprava vody novým propojením bude možná pouze do připojovaného vodovodu. Zároveň totiž platí, že velmi často je propojení ze zdrojového vodovodu zaústěno do (stávajícího) vodojemu nebo akumulace. Do tohoto vodojemu (akumulace) je tak nezbytné zajistit možnost dopravy objemu vody (během 24 hodin) odpovídající **výhledové maximální denní potřebě vody** „ $Q_{d,výhl}$ “. Takové situaci je také věnován níže popsáný postup. Situace, kdy může být dopravovaná voda obousměrně je složitější a musí být řešena samostatně. Graficky řešenou situaci vystihuje Obrázek 1. Řeší se tedy doprava vody **DO** systému. Doprava uvnitř se řeší pouze za předpokladu, že je propojením vyvolána změna požadavků na množství a způsob dopravované vody.

Obr. 1 Grafické schéma řešené situace propojení (připojení) vodovodů



Metodologie

Základní oporou pro návrh propojení (připojení) vodovodů je možné najít v normě ČSN EN 805. Tato norma explicitně nestanovuje dimenzování potrubí dodávající vodu do vodojemu na hodnotu Q_d , avšak uvádí, že „*Přiváděcí řady zajišťující zásobování vodojemů není nutné dimenzovat největší hodinové průtoky.*“ [3]. Vzhledem k tomu, že neefektivnější využití infrastruktury obvykle znamená její kontinuální rovnoměrné využití, je většinou nejvýhodnější uvažovat s návrhovým průtokem právě Q_d . Tj. potřebný denní objem v $\text{m}^3.\text{den}^{-1}$ (l.s^{-1}).

Stěžejním úkolem však je stanovení výhledové hodnoty $Q_{d,výhl}$, jelikož plánování vodárenských staveb má vždy přesah do dlouhodobého časového horizontu. Již zmíněný normativ [3] k tomuto stanovení uvádí, že závisí na místní poměrech a mělo by být (pokud možno) provedeno měření spotřeby vody. Bude-li zanedbána situace, že v nově připojované lokalitě není žádný vodovod (v současnosti již pouze velmi malé obce), norma uvádí již pouze obecná ustanovení. A to, že má být vzata do úvahy výhledová změna počtu obyvatel a změna specifické potřeby. Také se má uvažovat odpovídající zvýšení potřeby pro průmysl a další zvláštní potřeby.

Z výše uvedeného je patrné že není bližším způsobem specifikováno, jak postupovat při stanovení samotného návrhového průtoku. Nejsou tedy poskytnuty odpovědi na důležité otázky

a to, jak dlouho do minulosti je nutné analyzovat měření, jakým způsobem pracovat se ztrátami vody, jak implementovat vývoj počtu obyvatel, jak odhadnout specifickou potřebu vody a některé další. Obrázek 2 vyobrazuje jednoduchý a efektivní postup, jak dosáhnout dostatečně přesného výsledku pro adekvátní návrhový průtok, jakožto nejdůležitější parametr propojení (připojení) vodovodů do větších celků. V uvedeném schématu chybí explicitně vyjádřená potřeba vody pro průmysl. V případě, že se v připojovaném vodovodu nachází také průmysl s potřebou výrobní vody, je ze spotřeby samostatně vyčleněna. Se spotřebou pro průmysl (průmysl s výrobní vodou) se uvažuje jako s konstantní hodnotou, není-li znám její konkrétní nárůst.

Obr. 2 Zjednodušené schéma postupu stanovení návrhového průtoku

	Úkon	Akce / Postup	Poznámka
Analyza stávajícího stavu	délka analýzy spotřeby vody	2 - 3 celé kalendářní roky (leden-prosinec)	v případě významného milníku v daném intervalu období zkrátit + pro stanovení spotřeby maximálně denní hodnoty nátok
	odhad ztrát vody Q_{ztr}		prioritně ztráty odhadnout z průtokových řad (Q_{ztr}) -> maximálně hodinové průtokové řady + stanovit stávající hodnotu ILI (ILI_{st}).
	spotřeba vody (beze ztrát vody) $Q_{d,sp}$	$Q_{d,sp}$ = maximální denní nátok do spotřebiště - Q_{ztr}	maximální denní nátok do systému stanovit jako SOUČET měřicích okrsků
	specifická spotřeba (zahrnuje již denní nerovnoměrnost) $q_{spec,st}$	$q_{spec,st} = \frac{Q_{d,sp}}{PO_{zās}}$	$PO_{zās}$ odpovídá počtu zásobených obyvatel (vazba na % připojených obyvatel)
Predikce a analýza potřeb	predikce ztrát vody $Q_{ztr,výhl}$	$ILI_{výhl} = 1 - 2$	Když $ILI_{st} < 1 \Rightarrow Q_{ztr,výhl}$ odpovídá $ILI = 1$ Když $ILI_{st} = 1$ až $2 \Rightarrow ILI_{výhl} = ILI_{st}$ Když $ILI_{st} > 2 \Rightarrow Q_{ztr,výhl}$ odpovídá $ILI = 2$
	počet zásobených obyvatel $PO_{zās,výhl}$	Projekce obyvatelstva České republiky - 2018 - 2100 (ČSÚ) + připojenost 100%	Rozhodující rok 2051. Vývoj počtu obyvatel ve spotřebišti za 10 let. V případě poklesu či stagnace ponechat stávající PO. Jinak nárůst PO o 6 % (vysoká varianta - nárůst v r. 2051).
	specifická spotřeba (zahrnuje již denní nerovnoměrnost) $q_{spec,výhl}$	omezení vlivu využití individuálních zdrojů (sucho)	Když $q_{spec,st} < 75 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1} \Rightarrow$ $q_{spec,výhl} = 75 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Jinak $q_{spec,výhl} = q_{spec,st}$
	výhledová potřeba vody $Q_{d,výhl}$	$Q_{d,výhl} = Q_{ztr,výhl} + PO_{zās,výhl} * q_{spec,výhl}$	

Ve schématu není uvedena položka pro rezervu. Rezerva může být přidána k vypočtenému $Q_{d,výhl}$ a následně může být proveden technický návrh na tuto hodnotu. Jako vhodnější a výhodnější se však vzhledem k předpokladu stejné dimenze potrubí v celé délce (častější případ) jeví jiný postup. Hodnoty rozměrových řad potrubí nabývají vždy diskrétních hodnot, což znamená, že nelze použít vypočtený minimální průměr například 116,387 mm. Proto je vhodné zvolit

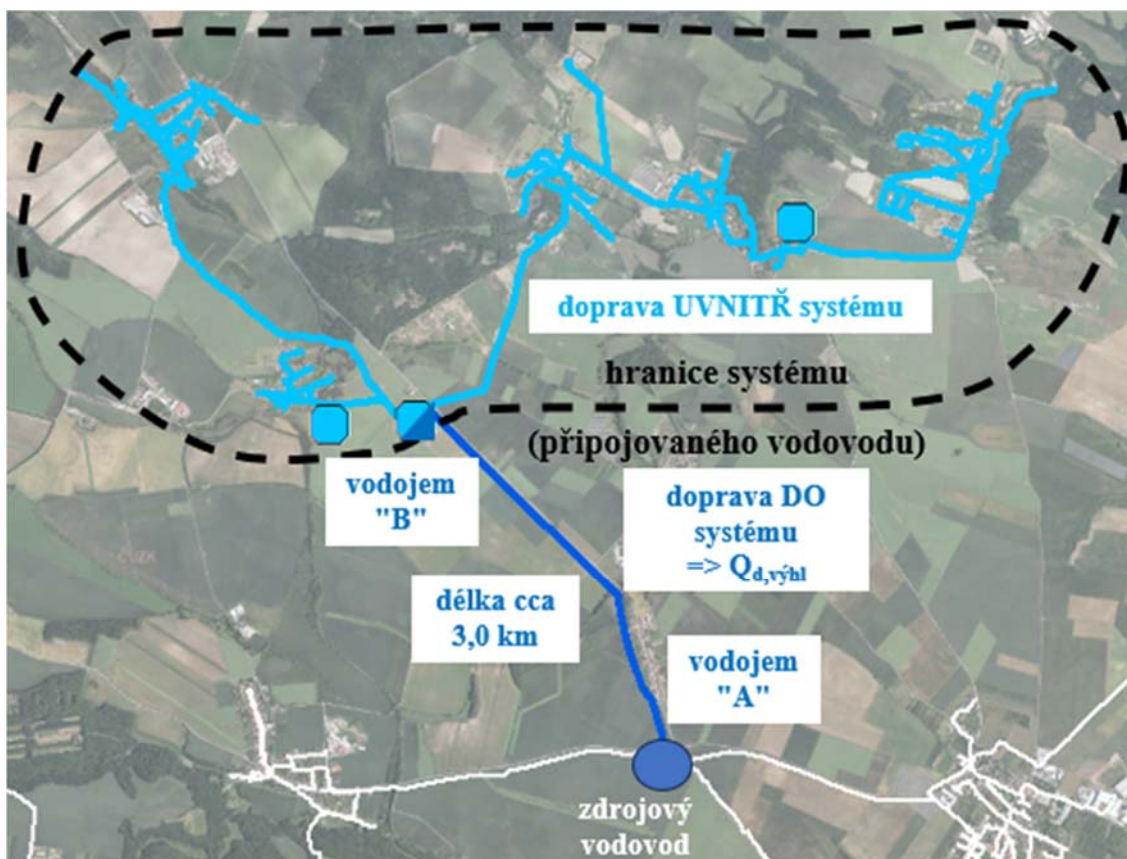
nejmenší možnou dimenzi z rozměrové řady a následně dopočítat, jaké je maximální množství, které lze tímto potrubím dopravit. Rozdíl mezi maximální a návrhovou hodnotou je rezerva. Tu je pak možné dle místní specifické spotřeby vyjádřit ekvivalentně jako počet obyvatel, které by bylo možné zásobit nad rámec uvažovaného počtu obyvatel.

Velmi důležitou součástí celého postupu je analýza spotřeby vody. Vzhledem k tomu, že se jedná o dopravu na straně zdroje pro celý systém, musí se také (s)potřeba analyzovat pro systém jako celek. Naprosto zásadní podmínkou správnosti je, že **způsob měření spotřeby nesmí ovlivnit její výslednou hodnotu**. Ideální případ by byl, kdyby celý připojovaný vodovod byl zásoben z jednoho vodojemu bez další akumulace uvnitř systému a jednalo by se o jeden měřící okresek. To však ne vždy musí platit. Tím pádem musí existovat více než jeden měřící okresek. Hodnoty **pro každý okresek** je však nutno pro každý den **sčítat** dohromady. Není možné sčítat samostatná denní maxima okresek, jelikož by byla dosažena vyšší hodnota, která neodpovídá realitě. Zjednodušeně je možné říci, že je potřeba vždy celý připojovaný vodovod fiktivně sloučit do jednoho měřícího okrsku (platí i pokud nejsou žádné akumulace uvnitř systému).

Případová studie

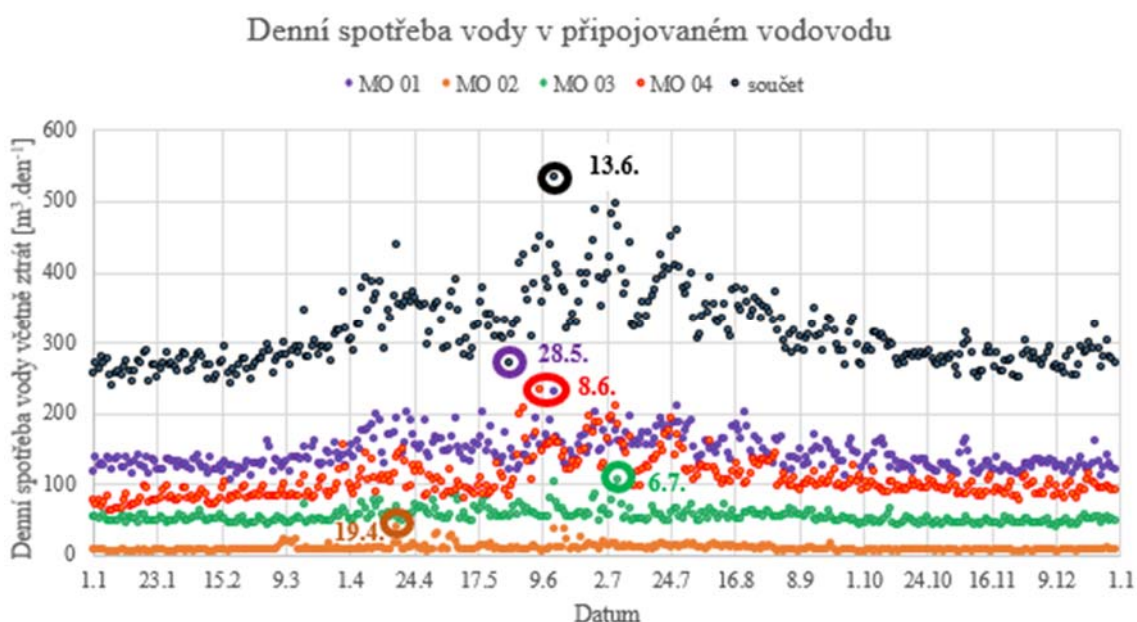
Pro případovou studii bylo zvoleno připojení malého skupinového vodovodu, který zásobuje vodou pět obcí, jejichž souhrnný počet obyvatel je přibližně 3 300 (z toho cca 90 % připojených obyvatel). Počet obyvatel má rostoucí trend. Konfigurace tohoto skupinového vodovodu je pro připojení ke zdrojovému vodovodu velmi příhodná. Z vodojemu „A“ (doprava vody do tohoto místa je dostatečně kapacitní) bylo navrženo propojovací potrubí pro gravitační dopravu vody do vodojemu „B“.

Obr. 3 Vzájemná konfigurace zdrojového a připojovaného vodovodu



Z vodojemu „B“ je zásoben dále celý skupinový vodovod (v blízkosti je stávající zdroj, který bude odstaven). Pro dopravu vody je možno uvažovat minimálního garantovaného výškového rozdílu hladin 8 m. Tomuto výškovému rozdílu tedy odpovídal návrh dimenze potrubí (požadavkem byla gravitační doprava vody, jednotná dimenze a materiál tvárná litina), kterým bylo potřeba zajistit dopravu výhledové maximální denní potřeby vody ($Q_{d,výhl}$). Jednou ze součástí bylo stanovení stávající maximální denní spotřeby vody pro celý skupinový vodovod. To je maximální hodnota, která byla odebrána ze stávajícího zdroje za jeden den (respektive přibližně vzhledem k navýšení/snížení akumulovaného množství v systému). Reálná maximální spotřeba byla $535 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$ ($6,19 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$). Kdyby byla pouze sečtena maxima ze všech okrsků, výsledek by byl $609 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$ ($7,05 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$). Z Obrázku 4 je patrné, že maxima v okrscích byla vždy v jiný den. A den souhrnného maxima se neshodoval s žádným jiným dnem denních maxim v okrscích. Již zde by vznikl rozdíl cca 14 %. Avšak důležitý je zejména nominální rozdíl v konečné hodnotě návrhového průtoku. Ta je dle postupu uvedeném v Obrázku 2 pro reálnou spotřebu (vychází z hodnoty $535 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$) $7,18 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a při nadhodnocené spotřebě pak $8,18 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Obr. 4 Výsledek analýzy spotřeby vody v připojovaném vodovodu



V případě návrhového průtoku vycházejícího z reálné spotřeby celého vodovodu splní požadovaná kritéria potrubí z tvárné litiny DN 150. Rezerva v dopravovaném množství je $0,70 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. To znamená, že se uvažuje s připojením 100 % obyvatel a nárůstem počtu obyvatel o 6 % (3 500 obyvatel) a navíc k tomuto zvýšení zásobovaných obyvatel je rezerva ještě dalších 370 obyvatel ($0,70 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$). Celkově by tedy mělo být možné zásobovat až 3 870 obyvatel (stávající počet obyvatel 3 300) na základě dostupných informací a předpokládaného vývoje.

V případě, že by byl použit návrhový průtok, který nevychází z reálné spotřeby vody, bylo by zapotřebí pro dodržení kritérií použít potrubí z tvárné litiny DN 200. Z finančního hlediska je tak možné velmi orientačně odhadnout cenu potrubí DN 150 na 33,0 mil. Kč a DN 200 na 38,7 mil. Kč. Důležitý je však rozdíl, který se i při relativně malé vzdálenosti u propojování vodovodů (cca 3,0 km) pohybuje **vždy v řádu jednotek milionů**.

Závěr

Cílem celého procesu je finální návrh dimenze potrubí, který splňuje stanovené zadání. To znamená především to, že propojení bude dostatečně kapacitní z dlouhodobého horizontu a neomezí tak budoucí možný rozvoj obcí.

K tomuto účelu byl sestaven dostatečně přesný a jednoduchý postup pro odhad budoucích požadavků z hlediska potřeby vody v dané lokalitě. Jednou z důležitých součástí je provedení analýzy spotřeby vody ve stávajícím vodovodu. V této fázi je stěžejní přistupovat k hodnocení připojovaného vodovodu jako k celku. To znamená, že musí být vyhodnocena jako jeden fiktivní měřící okresek, jelikož velikost spotřeby nesmí být zkreslena způsobem měření a vyhodnocení. Součet denních maxim v jednotlivých okrscích se **nerovná** celkovému dennímu maximu. Rozdíl těchto hodnot by dále rostl s rostoucím počtem okrsků. Je tedy nezbytné nejdříve vytvořit řadu denní spotřeby pro celý vodovod a z ní určit celkové denní maximum.

Některé rozhodující konkrétní hodnoty v navrženém postupu mohou samozřejmě podléhat diskusi a oponentuře, avšak jsou stanoveny na základě dostupných údajů a praktických zkušeností autorů a je možné si je individuálně nastavit. Cílem bylo představit ucelený efektivní způsob, jak stanovit návrhový průtok pro propojení (připojení) vodovodů. Takovýto či obdobný způsob není v odborném prostředí dle názoru autorů dostatečně rozšířen, a proto jej zde uvádějí. Velkou výhodou je, že zcela **stejný způsob je možné aplikovat při plánování obnovy stávajícího vodovodu**, a to zejména hlavních distribučních prvků. Lze také použít pro hlavní zásobovací řady, kdy se analogicky stanovuje maximální hodinová potřeba (avšak již pouze pro oblast zásobovanou z hlavního zásobovacího řadu).

Na příkladu bylo demonstrováno, že fázi předprojektové přípravy je velice žádoucí věnovat velkou pozornost, vzhledem k vysokým finančním nárokům na řešené vodárenské stavby. Důkladná příprava je časově a finančně náročnější v rámci příprav, avšak z celkového pohledu je vysoce rentabilní a také do budoucna zamezuje možným problémům a je možno ji považovat za správnou cestu.

Reference

- [1] ZROSTLÍK, Štěpán, Tomáš HEJDUK a Pavlína HEJDUKOVÁ. Propojování vodárenských soustav jako efektivní řešení pro zajištění kvalitního zdroje vody. *TZB-info* [online]. 2022 [cit. 2024-01-26]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/23440-propojovani-vodarenskych-soustav-jako-efektivni-reseni-pro-zajisteni-kvalitniho-zdroje-vody>
- [2] MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ. PRŮMĚRNÉ CENY DOPRAVNÍ A TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY OBCÍ: Aktualizace 2023 [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-01-26]. ISBN 978-80-7538-513-0. Dostupné z: <https://www.uur.cz/media/zdhljczy/ceny-ti-2023-celek.pdf>
- [3] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. ČSN EN 805 (755011) Vodárenství - Požadavky na vnější síť a jejich součásti. Praha, 2001.

Čištění vodovodního potrubí řízeným proplachováním po úsecích

Ing. Jan Ručka, Ph.D.¹

Ing. Markéta Rajnochová², Ing. René Zuzaňák³

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

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

³ VODA BRNO, s.r.o. spin-off VUT, Metelkova 1851/40, 664 34 Kuřim

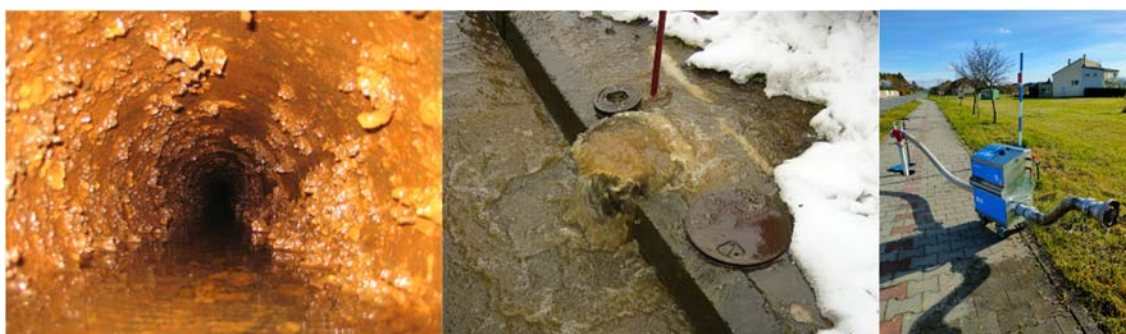
Abstrakt

Na Fakultě stavební Vysokého učení technického v Brně byla v letech 2012 až 2019 vyvíjena a postupně zdokonalována metodika pro efektivní a bezpečné čištění vodovodního potrubí metodou řízeného proplachování po úsecích. Následně v letech 2019 až 2021 bylo pro tento záměr zkonstruováno strojní zařízení (robot), které umožňuje v běžném provozu vodárenským společnostem provádět tuto formu čištění potrubí zcela samostatně. Dnes již existuje třetí generace tohoto stroje. Zařízení a server, který mu poskytuje výpočetní podporu, dostali společný obchodní název „Astacus®“. Pod tímto označením byla technologie v září 2023 uvedena na český trh. Zavedení na trh zajišťuje společnost VODA BRNO, s.r.o., která se proto stala univerzitní spin-off firmou VUT.

Čištění potrubí metodou řízeného proplachování po úsecích

Čištění vodovodního potrubí je činností běžné údržby vodovodní sítě, která má za úkol zajistit čistotu vnitřních povrchů potrubí a udržovat jeho hydraulickou kapacitu. Většina provozovatelů potrubí čistí na základě svých zkušeností a v rozsahu svých možností. Frekvence čištění vychází z empirických zkušeností provozních techniků a obvykle reflektuje stížnosti odběratelů na jakost pitné vody. Praxe je velmi různá a liší se mezi jednotlivými vodárenskými společnostmi, ale i mezi jednotlivými provozy, resp. četami v rámci jedné provozní společnosti. Veliký prostor pro zlepšení vidíme v technickém vybavení pracovních čet, jejich vzdělávání, systematizaci údržby a automatizaci jejich práce.

Obr. 1 Vnitřní povrch vodovodního potrubí (vlevo); častá stávající praxe čištění potrubí „odkalováním“ (uprostřed); technologie Astacus pro řízené proplachování



Cílem čištění metodou řízeného proplachování po úsecích je vypláchnout ven z potrubí jemné nebezpečné sedimenty, které se v něm přirozeně tvoří a ulpívají na jeho stěnách a dně. Tvorba sedimentů v potrubí je přirozeným procesem. Nedochází-li k pravidelnému proplachování, sedimenty se v potrubí hromadí a následně se mohou podílet na vzniku zákalových událostí, zhoršování chuti, pachu a barvy dopravované pitné vody a nabízí útočiště mikroorganismům. Čistota vnitřních povrchů potrubí je podstatným předpokladem pro dodávku pitné vody ve vynikající kvalitě. Potrubí se proplachuje systematickým řízeným vypouštěním vody z vodovodních hydrantů. Žádné čisticí předměty, škrabky, atd. se nepoužívají. Využívá se pouze regulovaného proudění pitné vody z vodojemu a její hydraulická síla. Ihned po provedení proplachu je voda ve vodovodu opět pitná. Proplach se provádí za plného provozu vodovodu. Aby se docílilo optimálního efektu, je velmi vhodné se připravit a sestavit nejprve proplachovací plán vodovodu, a/nebo použít k řízenému proplachu technologii Astacus.

Technologie Astacus

Technologie Astacus sestává ze strojního zařízení (robot), které slouží k měření a regulaci vody vypouštěné z hydrantu, a serveru, který strojům v terénu poskytuje výpočetní podporu.

Proplachovací robot Astacus je stroj, který má v sobě vestavěn regulační uzávěr, elektromotor, 12 V baterii, měřicí senzory (indukční průtokoměr, tlakoměr, teploměr, GPS chip), řídicí elektroniku, komunikační modul a ovládací panel s displejem. Stroj je vybaven připojením na externí zákaloměr. Pro správnou funkci stroje však zákaloměr není potřeba. Stroj je určen pro technické pracovníky, kteří v terénu zajišťují provoz vodovodní sítě. Cílem tohoto stroje je zajištění bezpečné a strojově přesné manipulace během vypouštění vody z hydrantu, všechna naměřená data ukládat a zpracovávat. Rozsah použití stroje je PN10, průtok až 40 l/s a teplota vzduchu od -2 do +35 °C.

Obr. 2 Robot Astacus – stroj pro měření a řízené proplachování potrubí (2. generace)



Technologie je určena provozovatelům vodovodních sítí. Astacus slouží k testování hydrantů pro potřeby HZS a také k čištění vodovodního potrubí řízeným proplachováním. Během tohoto čištění se má z potrubí vypláchnout jemný sediment, který v potrubí při rozvívání způsobuje nežádoucí zákalové události. Naopak zpevněné inkrusty na vnitřních stěnách potrubí, viz **Obr. 1** se proplachem narušit nemají.

Ochranné prvky - robot umožňuje přesnou regulaci průtoku v závislosti na tlaku a propracovanou ochranu proti vzniku hydraulického rázu. Dokáže uzávěr otevírat, regulovat a uzavírat velmi jemně s vysokou přesností. Součástí řídicího algoritmu je také podmínka, aby se nedovolilo snížení tlaku v potrubí pod nastavenou minimální mez. Stroj tedy postupně šoupě otevírá a zvyšuje průtok tak, aby dosáhl požadované hodnoty podle zadání, neustále však měří tlak vody v potrubí a nedovolí otevření šoupěte tak, aby tlak poklesl pod nastavenou mez. Defaultně nastavená je hodnota 0,6 bar, ale uživatel tuto hodnotu může změnit podle potřeby. Tím se zajistí, že při proplachu nedojde ve vodovodním potrubí k úplné ztrátě přetlaku. V rámci vývoje stroje musela být provedena analýza rizik stroje s ohledem na bezpečnost, která je jednou z podmínek jeho certifikace. Výsledné ovládání a mechanické součásti stroje jsou navrženy tak, aby obsluha nemohla ani omylem poškodit své zdraví, stroj, ani vodovodní potrubí.

Způsob použití stroje – dnes existuje již 3. generace stroje, která bude od dubna 2024 vyráběna sériově. Stroj je lehčí a nižší než v současnosti používaná 2. generace, viz **Obr. 2**. Stroj lze převážet v osobním autě, délka bez S-kusu 90 cm, výška 70 cm, šířka v madlech 47 cm, hmotnost 60 kg. Stroj je vyroben převážně z nerezové oceli. Pro snazší manipulaci je opatřen madly a závěsem pro jeřábek. Při osazení jeřábků do auta tak dokáže stroj pohodlně obsluhovat jeden člověk. Stroj lze využívat také tak, že zůstává po celou dobu uvnitř vozidla a nevytahuje se ven.

Obr. 3 Jeřábek pro manipulaci se strojem Astacus; stroj při práci v terénu (1. generace)



Po přivezení k hydrantu se Astacus připojí k hydrantovému nástavci hasičskou hadicí B75. Odvod vody ze stroje lze zajistit také hadicí B75, pokud je potřeba odvést vodu neškodně dále. Po zapnutí stroje se vybere program, podle požadovaného úkolu, který má stroj na daném místě splnit. Na výběr jsou možnosti:

- a) automatický test kapacity hydrantu,
- b) plně automatický nebo poloautomatický proplach potrubí,
- c) ruční řízení se současným měřením hydraulických veličin.

Po spuštění programu stroj převezme kontrolu nad regulací vody, která se z hydrantu vypouští a úkon provede. Během toho na displeji zobrazuje všechny podstatné údaje. Po dokončení sám pomalu regulovaně průtok uzavře a informuje obsluhu, že lze uzavřít hydrant a stroj od hydrantu odpojit. Následně všechna naměřená data odešle na server, kde se data zpracují, uloží a odešlou uživateli emailem, např. v podobě protokolu o provedení hydrantového testu.

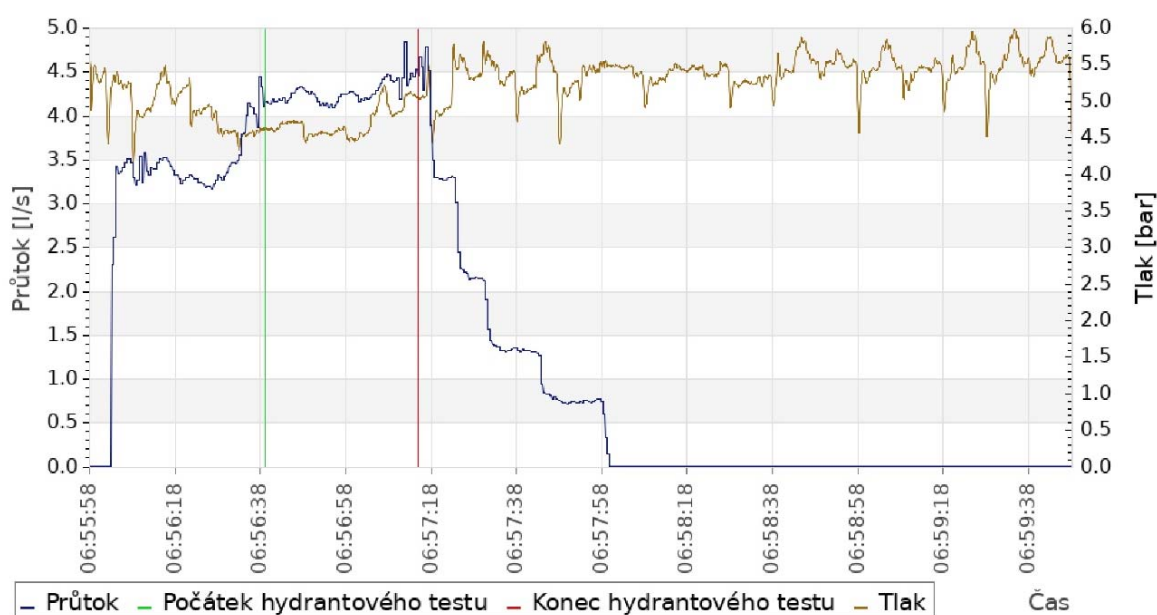
S hydraulickým modelem nebo bez

Pokud provozovatel disponuje existujícím hydraulickým simulačním modelem svého vodovodu (např. Epanet), může jej využít pro tvorbu proplachovacího plánu. Není to ale nezbytné. Pro zpracování proplachovacího plánu se hydraulické výpočty neprovádějí, Astacus si je provede sám. **Stroj je vymyšlen pro okamžité použití ve stávajícím stavu techniky, kdy mnoho obcí a měst modely nemá.** Řídící elektronika je uzpůsobená k řízení proplachu v reálném čase na základě instrukcí pro proplach daného úseku, které zadá obsluha na displeji. Jedná se o **program pro automatický proplach podle topologie sítě**, kdy se zadává informace o délce proplachovaného úseku, materiálu potrubí, dimenzi potrubí a hodnota nejnižšího dovoleného tlaku, který musí být v potrubí zachován. Na základě těchto informací stroj sám propočítá parametry proplachu – objem, průtok, otevírací a uzavírací procedura a proplach provede a v reálném čase jej řídí na základě měření zabudovanými senzory. Stroj lze tedy používat i bez existence modelu, pouze na základě informací, které jsou běžně dostupné v GISu provozovatele, či v mapách sítě.

Automatizované testování požárních hydrantů

Hydranty se testují v souladu s požadavkem ČSN 73 0873 Požární bezpečnost staveb - Zásobování požární vodou. V menu lze volit průtoky od 4,0 do 25, resp. 40 l·s⁻¹, což je hodnota nad rámec požadavků ČSN a jedná se o návrhové maximum stroje, na který je kalibrován.

Obr. 4 Záznam hydrantového testu – grafy průběhu měřených veličin, součást automaticky generovaných protokolů z testování požárních hydrantů.



Technické maximum běžného požárního hydrantu DN80 je v příznivých podmínkách cca 35 až 37 l·s⁻¹. Procedura měření, vyhodnocení dat i samotná konstrukce měřidla jsou v souladu s metrologickým předpisem MP010. Po ukončení hydrantového testu stroj automaticky odešle naměřená data na server, který zpracuje protokol o provedeném hydrantovém testu a odešle jej obratem emailem na určenou adresu. Protokoly lze generovat přímo na hlavičkovém papíře provozovatele vodovodu a obsahuje všechny informace, které lze zpracovat strojně (vyhodnocení měření, situace okolí umístění hydrantu, graf naměřených hodnot, datum, jména, firemní údaje, atd.). Při vývoji této funkce byl kladem důraz na to, aby se minimalizovala administrativní práce technika v kanceláři po provedeném hydrantovém testu na nezbytné úkony.

Generování grafů z hydrantových testů je záměrně nastaveno tak, že se do grafu vynesou i měření před zahájením testu a po něm. Tedy mimo dobu, kdy probíhá samotný test a manipulace s uzávěrem. Provozovatel tak může získat lepší představu o tlakových poměrech v síti, viz **Obr. 4** průběh tlaku v potrubí od času 6:58 a dále.

Benefity nové metody a možnosti jejího využití

V zavedení této technologie spatřujeme následující výhody:

Zvýšení kvality údržby sítě a minimalizace stížností na kvalitu vody – po zavedení systematického programu údržby sítě metodou řízeného proplachování potrubí, jsou minimalizovány stížnosti odběratelů za nevyhovující kvalitu vody. Tento stav trvá do doby, než dojde v potrubí k opětovnému nahromadění sedimentů.

Úspora času techniků vodovodní sítě – provedením řízeného proplachu potrubí se sediment z potrubí odstraní efektivně a zcela. Potrubí zůstává uvnitř čisté, bez jemných částic. Technik se proto na místo nemusí opakovaně vracet např. za týden, či za měsíc, aby řešil opakované stížnosti odběratelů na jakost vody. Samotná proplachovací procedura jednoho úseku zabere přibližně 5 až 10 minut času. Při stávajícím způsobu trvá proplach na jednom hydrantu obvykle více než hodinu. **S technologií Astacus dokáží dva lidé za pracovní směnu řízeně propláchnout 2 až 3 km potrubí.** Údržba sítě se tedy systemizuje, provádí se chytře, efektivně, zabere méně času i financí, všechna měřená data se navíc systematicky ukládají.

Úspora vody potřebné pro proplachování potrubí – technologie Astacus na proplach potrubí spotřebuje pouze 1,3 až 1,5 násobek objemu vody v potrubí, což je přibližně 30 až 40 % objemu, který se využívá při stávající praxi. Jedná se o mimořádně úspornou, ale přitom velmi efektivní technologii. Jako příklad uvádíme proplach celé sítě obce Rozdrojovice v délce 8,9 km, kdy bylo spotřebováno 90,5 m³ vody, což je 1,25 násobek objemu vody v potrubí celé sítě.

Průběžné automatické testování požárních hydrantů – na každém navštíveném hydrantu lze po provedení proplachu spustit automatický hydrantový test, kdy Astacus zcela automaticky test provede, následně z dat vygeneruje protokol a v editovatelné podobě (*.doc) jej odešle do emailu uživateli. Stroj je kalibrován pro průtoky, tlaky a teplotu vody, měří tedy velmi přesně. Měření splňuje požadavky metrologického předpisu MP 010 pro úřední měření. Data z měření lze tedy využít např. pro kalibraci hydraulických modelů v budoucnosti, či pro jiná zásadní rozhodnutí.

Průběžné zajišťování informací o hydraulické kapacitě jednotlivých úseků potrubí – na konci každého pracovního dne odesílá server emailem uživateli link pro stažení kompletních naměřených dat ze stroje. Data jsou strukturována tak, že se vztahují k jednotlivým proplachovaným úsekům a vždy se jedná o csv soubor a přiložený graf tlaku a průtoku. Tato data může uživatel využít např. pro kalibraci modelu, evidenci práce jednotlivých pracovních čet, či někdy v budoucnu např. jako podklad pro projektanty.

Způsob zavedení do provozu, možnosti spolupráce

Způsob zavedení do provozu je rozmanitý, jsou tři možnosti následovně:

- 1) Provozovatel vodovodu si chce stroj pouze půjčit a potrubí čistit vlastními silami – jedná se o nejlevnější řešení. Součástí dodávky je nejen stroj a veškeré jeho příslušenství, ale také serverové služby a školení techniků jak vytvořit proplachovací plán, a školení obsluhy stroje v terénu.
- 2) Společná práce v terénu s následným zapůjčením stroje - společnou práci týmu VODA BRNO a techniků vodovodní sítě se zahájí proplach sítě. Při společné práci dojde ze strany techniků provozovatele k úplnému pochopení principu tvorby proplachovacího plánu, provedení proplachu i ovládání stroje. Zbývající část sítě již technici proplachují strojem samostatně.
- 3) Kompletní proplach sítě na klíč – příprava proplachovacího plánu a provedení proplachu. Tuto variantu volí obvykle menší obce, které si vodovod provozují samy, ale nemají ambice se v čištění potrubí zdokonalovat, žádají komplexní službu.

Odborný seminář 23. 4. 2024 v Jihlavě

Dovoluujeme si touto formou pozvat účastníky konference na odborný seminář, který věcně navazuje na téma našeho příspěvku. Akci pořádají společně ÚVHO FAST VUT v Brně, VODA BRNO, s.r.o. spin-off VUT a VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s. (dále jen „VAS“)

Seminář bude zaměřen na problematiku kvality pitné vody ve vodovodní síti. Zajímavým tématem úvodního bloku bude **teplota dopravované vody v horkých letních měsících**. Podrobně bude vysvětlena příprava proplachovacího plánu s využitím situace vodovodní sítě, tedy bez využití hydraulického modelu. Představeny budou také praktické přínosy a provozní zkušenosti s čištěním vodovodní sítě metodou řízeného proplachování technologií Astacus. Pro účastníky bude zajímavé se dozvědět, jak se mění teplota dopravované vody v potrubí během její cesty od vodojemu, přes vodovodní distribuční síť až ke spotřebiteli. Také si posluchači odnesou informaci, jaký vliv na teplotu vody má povrch terénu, pod kterým je potrubí uloženo. Tyto znalosti vznikly vyhodnocením dat získaných při řízeném proplachu vodovodů obcí Řícmanice a Kanice, které provozuje VAS, a.s.

Pozvaným přednášejícím bude Ing. Michal Ondráček, ředitel divize Třebíč VAS, a.s., který posluchačům semináře přiblíží praktické hledisko využití technologie řízeného proplachování ve vodárenské praxi. VAS, a.s. disponuje od září 2023 třemi stroji Astacus, které se zde používají v rámci měření na síti, testování kapacity hydrantů a čištění potrubí. Stroje se používají na několika provozech VAS, a.s., kde bylo v této souvislosti potřeba proškolit techniky a přizpůsobit firemní procesy. Bližší informace a přihlášku lze nalézt na stránkách společnosti VODA BRNO, s.r.o. a ÚVHO FAST VUT.

Poděkování

Práce byla financována z rozpočtu grantového projektu VUT v Brně "Vybrané problémy vodního hospodářství měst a obcí 2024", reg. č. FAST-S-24-8482, který je financován z programu Specifického vysokoškolského výzkumu Vysokého učení technického v Brně.

Zkušenosti se zaváděním technologie Astacus do běžného provozu vodárenské společnosti

Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.¹

Ing. Michal Ondráček², Ing. Aleš Haška³

¹ VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s., generální ředitelství, Soběšická 820/156, 638 00 Brno, technický náměstek generálního ředitele, tel.: 545 532 111, e-mail: m.svoboda@vasgr.cz

² VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s., Divize Třebíč, Kubišova 1172, 674 11 Třebíč, tel.: 734 268 007, e-mail: ondracek@vastr.cz

³ Ústav vodního hospodářství obcí, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, e-mail: 205423@vutbr.cz

Abstrakt

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s. (dále jen “VAS”) převzala v září 2023 do užívání tři stroje Astacus, které jsou určeny pro čištění vodovodního potrubí metodou řízeného proplachování po úsecích a měření hydraulických veličin. Jednotlivá zařízení byla následně přiřazena na vybrané divize, kde proběhlo také zaškolení techniků pro obsluhu stroje a přípravu proplachovacích plánů. Od zavedení technologie již bylo také provedeno několik řízených proplachů celých vodovodních sítí. Příspěvek prezentuje praktické zkušenosti VAS se zaváděním technologie Astacus do běžného provozu vodovodní sítě. Jsou prezentovány konkrétní postupy, jak se při proplachu postupuje prakticky, jaká je spotřeba vody na proplach, časová náročnost na přípravu proplachu a jeho realizaci.

Úvod

Proplachování nebo odkalování vodovodní sítě, je důležitým postupem údržby, který zajišťuje dodávku čisté a kvalitní vody spotřebitelům. Proplach vodovodní sítě je jedním z mála nástrojů, jak na síti zajistit nezávadnost pitné vody z hlediska ukazatelů mikrobiologických, chemických a organoleptických. Tento proces nejen udržuje požadovanou kvalitu vody, ale také ověřuje správnou funkci hydrantů a udržuje hydraulickou kapacitu potrubí.

Frekvence proplachování je mezi jednotlivými vodovody velmi různá a liší se v závislosti na hydraulických podmínkách v síti, kvalitě vody, která do vodovodní sítě vstupuje, a materiálu a stáří potrubí. Jsou vodovodní sítě, které se proplachují např. dvakrát ročně, jsou ale také úseky, které se proplachují každý měsíc. V případě náhlého zhoršení kvality vody nebo po opravě poruchy vodovodu se provádí lokální proplach potrubí.

Hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanovuje vyhláška MZ č. 252/2004 Sb. Tato vyhláška stanoví limity pro mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele jakosti pitné vody. Rozbory vzorků pitné vody se provádějí v místech, kde mají být splněny požadavky na jakost vody, a jejich četnost a rozsah jsou stanoveny v příloze č. 4 vyhlášky.

Moderní softwarové nástroje a technologické inovace hrají stále větší roli v optimalizaci procesů proplachování vodovodních sítí. Simulační modely a softwary pro výpočet průtoku a množství vody potřebné k proplachování mohou významně přispět k efektivitě a bezpečnosti tohoto procesu.

Celkově lze konstatovat, že údržba čistoty vodovodních sítí jejich proplachováním je klíčovým předpokladem k zajištění bezvadné kvality pitné vody a správného fungování vodovodní infrastruktury. Při správném provádění tohoto procesu lze minimalizovat rizika kontaminace a zajistit optimální provoz vodovodních systémů.

Současný stav ve VODÁRENSKÉ AKCIOVÉ SPOLEČNOSTI, a.s.

VAS má pro proplachování potrubí vypracován vnitřní předpis, kterým se mají pracovníci řídit. V tomto dokumentu je obsažena veškerá problematika proplachování vodovodních sítí. Hlavním cílem dokumentu je sjednotit postupy na jednotlivých provozech. V dokumentu se například uvádí důležitost periodického opakování řízeného odkalování sítě. Za zmínku stojí i hydraulické předpoklady při řízeném odkalování. Mělo by se dosáhnout 2,5násobku provozního průtoku a zvýšení průtočné rychlosti na 2 m.s^{-1} .

Zavádění technologie Astacus pro řízené proplachování vodovodního potrubí

VAS udržuje dlouhodobou spolupráci s Ústavem vodního hospodářství obcí (UVHO) Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně (VUT), což bylo formálně podpořeno podpisem memoranda o spolupráci. V rámci této spolupráce byli VAS nabídnuti k využívání proplachovací roboty ASTACUS, které vyrábí a na trh distribuuje společnost VODA BRNO, s.r.o, která je univerzitní spin-off firmou VUT v Brně. První tři roboty Astacus druhé generace VAS převzala do dlouhodobého užívání v září 2023, jako první provozovatel veřejného vodovodu.

VAS od tohoto kroku očekává standardizaci a automatizaci řízeného proplachování napříč všemi provozy. Využitím tohoto zařízení je zajištěno dosažení požadovaných rychlostí proplachu na síti, aniž by došlo k zakalení zbývající části vodovodní sítě. Další funkcí robota je rychlé měření hydraulické kapacity požárních hydrantů a automatické ukládání všech dat, jejich vyhodnocování a tvorba reportů. Takle vlastnost robota by měla být přínosem pro pracovníky provozu, kteří ověřují hydranty pro účely požárního zabezpečení.

První zkušenosti s proplachováním

Pro efektivní provedení proplachu vodovodní sítě s využitím robotických systémů je nezbytné stanovit pevný postup prací a zabezpečit dostatečnou odbornou přípravu pracovníků. VAS, členěná na 6 divizí a 22 vodárenských provozů, zavedla systematický přístup k práci s roboty. Na každé divizi byli vyškoleni pracovníci pro manipulaci s robotem, dále byl vyčleněn jeden pracovník na generálním ředitelství, který zajišťuje podporu a sestavování proplachovacích plánů pro všechny divize.

Celý postup proplachu vodovodní sítě je rozdělen do dvou fází. První fáze se zaměřuje na sestavení proplachovacího plánu, která se provádí převážně v zimním období, kdy jsou některé práce v terénu minimalizovány s ohledem na klimatické podmínky.

Sestavit proplachovací plán není složitý proces vyžaduje však určité zkušenosti a znalosti. Výchozím podkladem je běžná mapa vodovodní sítě, kde jsou uvedeny dimenze a materiál potrubí a rozmístění uzávěrů a hydrantů. Robot se při proplachu připojuje standardní hasičskou hadicí B75 k hydrantu. Následně se nad mapou definují úseky sítě v délce cca 200–400 m, jak mají být proplachovány. Při proplachu je nezbytné dosáhnout jednosměrného proudění vody, a pokud je to nezbytné, uzavřít na dobu proplachu hydraulické okruhy. Popis manipulace se

sekčními šoupaty je součástí proplachovacího plánu. Pro samotné sestavení plánu není potřeba provádět žádné hydraulické výpočty, ani není nutné používat hydraulický model vodovodní sítě. Nastavení robota na proplach úseku se provádí na základě parametrů: **délka úseku, dimenze, materiál a nejnižší dovolený tlak v síti**, který nesmí být podkročen. Zbývající parametry si stroj dopočítá sám a proplach provede automaticky.

Důležitým faktorem, který je nutno vzít do úvahy při plánování a provádění proplachu, je velikost akumulčních nádrží vodojemu. Při proplachování sítě spotřebuje jedna četa za celý den obvykle 20 až 40 m³ vody, přičemž prioritně musí být zajištěno spolehlivé zásobování pitnou vodou, protože proplach touto technologií se provádí za běžného provozu vodovodu, tedy bez odstávek. V tento moment je důležitá komunikace s dispečinkem, neboť tito pracovníci stanoví limit odběru vody, tak aby byly bezpečně zajištěny dodávky pitné vody pro spotřebitele. Je tedy dobré mít už v plánovací fázi představu o vypouštění objemu pro jednotlivé úseky. Při proplachu se uvažuje s výměnou 1,5 násobku objemu potrubí. Dále jsme dospěli ke zkušenosti, že před samotným zahájením proplachu je vhodné vyčistit i akumulční nádrže příslušných VDJ, aby následně nedocházelo zanášení sedimentu z VDJ do sítě.

Ve druhé fázi se přechází přímo k proplachu vodovodní sítě. Před samotným úkonem je žádoucí vyzoomět zástupce obce a spotřebitele o plánovaném proplachu. Jelikož se hydrant otevře naplno bývá proplachování spojeno s poklesem tlaku či možným dočasným zakalením. K tomuto je využito standardních informačních prostředků obce a VAS, včetně sociálních sítí.

Při řízeném proplachu se začíná ustavením robota ke konkrétnímu podzemnímu/nadzemnímu hydrantu. Jak již bylo zmíněno tyto hydranty jsou vyznačeny v proplachovacím plánu. Osadí se hasičský hydrantový nástavec a hadicí B75 se napojí robot. Zásady pro spuštění řízeného proplachu jsou:

- **řádně ustavit robota v ose přírodní hadice**
- **zabrzdit kolečka stroje proti pohybu**
- **zajistit bezpečný odvod vypouštěné vody**

Místo pro odvod vod použitých k proplachu musí být stanoveno individuálně, a to na základě místních možností a provozně technických podmínek. Zkušenost je taková, že průtoky daným potrubím se blíží k maximálně možným, což při nedostatečném způsobu odvedení vypuštěné vody může působit problém. Je třeba mít na zřeteli množství vypuštěné vody a také kvalitu (množství obsaženého sedimentu).

Pokud je vše nachystané, spouštíme robota. Je důležité spustit prvně robota a až poté otevřít předsazené šoupě nebo hydrant naplno. V případě opačného postupu nebude těsnit uzávěr v robotovi, který je ve vypnutém režimu nastaven na pootevření uzávěru 4 % z důvodu menšího opotřebení těsnící gumy. Poté zadáváme parametry z proplachovacího plánu pro konkrétní úsek. Pro většinu sítí, které jsme prozatím proplachovali nebyl vypracován hydraulický model, proto bylo využito režimu z menu robota „Proplach dle topologie sítě“.

Před spuštěním zvoleného programu je nutné si ověřit, jestli nedochází někde jinde na síti k manipulaci s uzávěry na síti např. jinou pracovní četou. Také je nezbytné provést manipulace s těmi uzávěry, které se mají dle proplachovacího plánu pro daný úsek dočasně zavřít či naopak otevřít. Pokud je manipulace provedena nebo na daném úseku není manipulace potřeba, může se spustit řízené proplachování úseku. Během proplachovacího procesu, který robot dělá zcela automaticky, si můžeme ověřit vypouštěné množství, objem, tlak, čas a další údaje na displeji stroje.

Nutným krokem během řízeného proplachu je i odběr a vyhodnocení vzorků vody. Pro vyhodnocení používáme dva způsoby. Buď vizuálně nebo za pomoci měření. Za tímto účelem je vhodně na přístroji umístěn odběrný kohout. Pro vizuální kontrolu používáme standardně

nádobu s bílým vnitřním povrchem (např. keramický hrnek). Pro měření využíváme přenosný zákaloměr. I přesto, že je pro odběr vzorku záměrně vyveden odběrový kohout je vlivem silně turbulentního proudění odebraná voda provzdušněna a je vhodné počkat, než se voda ve vzorku ustálí, aby nedocházelo ke zkreslení výsledku vlivem "bílého zákalu".

Obdobným způsobem pokračujeme i na dalších úsecích, které jsou vyznačeny v proplachovacím plánu. Po skončení prací je vhodné zaznamenat do proplachovacího plánu případné změny. Jedná se například o zjištěné změny topologie, chybějící armatury, hydranty nebo uzávěry v poruše atd.

Poznámky k proplachování

Mezi první a druhou fází se nám osvědčilo identifikovat v terénu jednotlivé hydranty a uzávěry, s jejichž použitím se při proplachu počítá. Je zde samozřejmě riziko, že některá z armatur bude mít omezenou funkčnost nebo nebude přístupná (během opravy komunikace mohlo dojít k zakrytí asfaltem, bude dlouhodobě překryta odstaveným vozem apod.). Zde jsme spojili tuto činnost s provedením revize armatur na síti.

Důvodem zavedení mezikroku je efektivní časová úspora v den samotného proplachu, neboť umožňuje předem odstranit případné komplikace a modifikovat proplachovací plán v klidu kanceláře, aniž by bylo nutné hledat alternativní řešení přímo v terénu.

Během přípravy proplachovacích plánů je vhodné pečlivě promýšlet proplachované úseky tak, aby minimalizovaly nutnost opakovaného přestavování robota. Tato strategie přispívá k efektivnímu časovému řízení samotného procesu proplachu. Avšak v některých případech může topologie sítě omezit možnost optimalizace trasy proplachování.

Provedené řízené proplachy

Obec Dlouhá Lhota

Obec Dlouhá Lhota se nachází v okrese Blansko v Jihomoravském kraji. Obec se nachází přibližně 25 km severně od Brna. V obci žije 142 obyvatel (2023).

Obec je zásobována vodou z jímací studny, ze které je čerpána voda do vodojemu před spotřebištěm. Vodojem je tvořen dvěma akumulačními nádržemi. Celkový objem vodojemu je 50 m³. Rozvodná síť obce je tvořena plastovým potrubím DN110 a DN90. Celková délka rozvodné sítě je 2,65 km. Z důvodu podzemního zdroje vody se v síti nachází zvýšené množství železa a manganu.

Pro obec byl sestaven proplachovací plán, kde byla rozvodná síť rozdělena na celkem 12 úseků. V plánu bylo vyznačeno 10 hydrantů určených k proplachu a 4 šoupata na manipulaci. Pro řízený proplach byla odhadovaná hodnota potřeby vody na 30 m³. Po konzultaci s dispečinkem bylo proplachování této sítě rozděleno do dvou dnů z důvodu omezené kapacity vodojemu.

První den bylo úspěšně provedeno propláchnutí 8 úseků, zatímco druhý den byly dokončeny zbývající 4 úseky. Celý proces řízeného proplachu trval 7 pracovních hodin a byl vykonán dvěma pracovníky. V průběhu proplachu byly zároveň provedeny hydrantové zkoušky s využitím předdefinované funkce robota, který ověřil jejich kapacitu v souladu s požadavky Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje.

Obr. 1 Řízený proplach v obci Dlouhá Lhota



K proplachu bylo využito 26 m³ pitné vody, tj. o 4 m³ méně, než byla odhadovaná hodnota. Důvodem byly prvotní zkušenosti prací s robotem, a proto bylo v rámci příprav počítáno s větším množstvím potřeby vody.

Obr. 2 Odběr vzorku vody na začátku a na konci proplachu



Obce Kanice a Řícmanice

Obec Kanice a Řícmanice se nachází na stejném skupinovém vodovodu, proto se přistupovalo k proplachu obou obcí zároveň. V obci Kanice žije 1098 obyvatel (2023) a v obci Řícmanice žije 838 obyvatel (2023). Zásobní vodojem pro tyto obce se nachází v Brně na Lesné.

Odlíšností při tomto proplachu bylo vytvoření hydraulického modelu pro detailní nastavení proplachovacího plánu, vhodný výběr armatur na síti pro manipulaci, a především z důvodu možnosti ověření si dosažení rychlostí proudění simulací. Hydraulický model zahrnoval přiváděcí řad z VDJ Lesná, všechny vodovodní řady v obcích, 6 vodojemů, jeden regulační ventil a 4 automatické tlakové stanice(ATS). Celková délka vodovodní sítě byla 27,64 km. Materiál distribuční sítě viz následující tabulka.

Tab. 1 Materiál a dimenze distribuční sítě

DN / materiál	≤ 100	101 - 300	301 - 500	Celkem [m]
Ocel	0	1 462,62	0	1 462,62
Litina	1 363,44	5 289,59	0	6 653,03
PE	2 859,83	4 882,07	0	7 741,90
PVC	880,2	10 902,16	0	11 782,36
Celkem	5 103,47	22 481,32	0	27 639,91

Během pěti pracovních dní bylo potrubí vodovodu v obou obcích vyčištěno od jemných nebezpečných sedimentů, které v minulosti způsobovaly železitý zákal vody a vyvolávaly stížnosti obyvatel. Práce probíhaly vždy v době od 8:00 do 14:30 a na proplach celé sítě bylo spotřebováno 86 m³ vody v Kanicích, a 96 m³ vody v Řícmanicích.

Závěr

Zavedení technologie Astacus do provozu vodárenské společnosti není jen věcí udržování čistoty vodovodní sítě, ale také otázka automatizace a standardizace prací na síti. Velikou výhodou, která tato technologie přináší do provozu VAS, je fakt, že provozní technici na síti dál provádějí svou práci, ale s robotem je práce provedena všude v jednotném standardu bez vlivu lidského faktoru. Navíc se všechna data ze všech proplachů a testů hydrantů ukládají v databázi Astacus, takže je můžeme v budoucnu použít např. pro kalibraci modelů a zdokladování funkce požárních hydrantů.

Závěrem je také potřeba říci, že projekt řízené odkalování vodovodní sítě za pomoci robotů Astacus je ve VAS stále ve fázi testování, proto není možné ještě zcela vyhodnotit dosažení všech cílů, které jsme si vytyčili. V současné době je vybráno několik sítí, na kterých během roku 2024 proběhnou řízené proplachy.

Ve vztahu ke spotřebitelům, společnost průběžně monitoruje během proplachů i případné stížnosti či odezvy od samotných spotřebitelů. Podrobnější výsledky budou prezentovány na odborném semináři v Jihlavě, který organizuje VAS, VUT v Brně a VODA BRNO, s.r.o. a také na některé z budoucích konferencí např. zde ve Zlíně.

Výskyt hormonů a léčiv ve vodách

Blanka Švecová

Daniela Tomešová, Taťána Halešová, Zuzana Bílková

ALS Czech Republic, s.r.o.

Mikropolutanty v životním prostředí

Pojem mikropolutanty je v posledních letech používán pro škodlivé látky antropogenního původu, které se vyskytují v nízkých koncentracích (jednotky až stovky $\mu\text{g/l}$). Tyto látky se vyskytují napříč složkami životního prostředí, od ovzduší, přes vodu, až po půdu. Obsah mikropolutantů je v prostředí mnohdy velmi nízký (jednotky μg či dokonce ng), problémem však je, že už v těchto stopových množstvích mohou mít nežádoucí vliv na živé organismy.

Mikropolutanty se do vody dostávají nejčastěji z přípravků na ochranu rostlin v zemědělství, ale čím dál častěji také z léčiv a veterinárních farmak, a v nemalé míře také z tzv. produktů osobní péče (PCPs, Personal Care Products). Tyto látky se dostávají do přírody, kde mohou narušovat vodní ekosystém. Některé vědecké studie uvádí, že někteří vodní živočichové mohou měnit pod vlivem některých skupin antropogenních škodlivin své chování, a může dojít i k negativnímu vlivu na jejich rozmnožování.

Přestože skutečně relevantních a dlouhodobě prováděných studií není zatím tolik, aby to mohlo vést k hlubšímu poznání dané problematiky, byly legislativně nastaveny hygienické limity. S ohledem na neustálý vývoj v této oblasti přijímá Světová zdravotnická organizace (WHO) mnohá doporučení, která se následně promítají do evropské a tím pádem i do české legislativy. Základ české legislativy, týkající se vody a kontroly její kvality, představují zákony o vodách č. 254/2001 Sb. a č. 274/2001 Sb., vyhlášky č. 252/2004 Sb. a č. 428/2001 Sb. a nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Nyní k 1. lednu 2024 vstoupila v platnost aktualizace vyhlášky č. 252/2004 Sb., která zavedla sledování některých dalších mikropolutantů či posunula sledování vybraných analytů do nižších limitů.

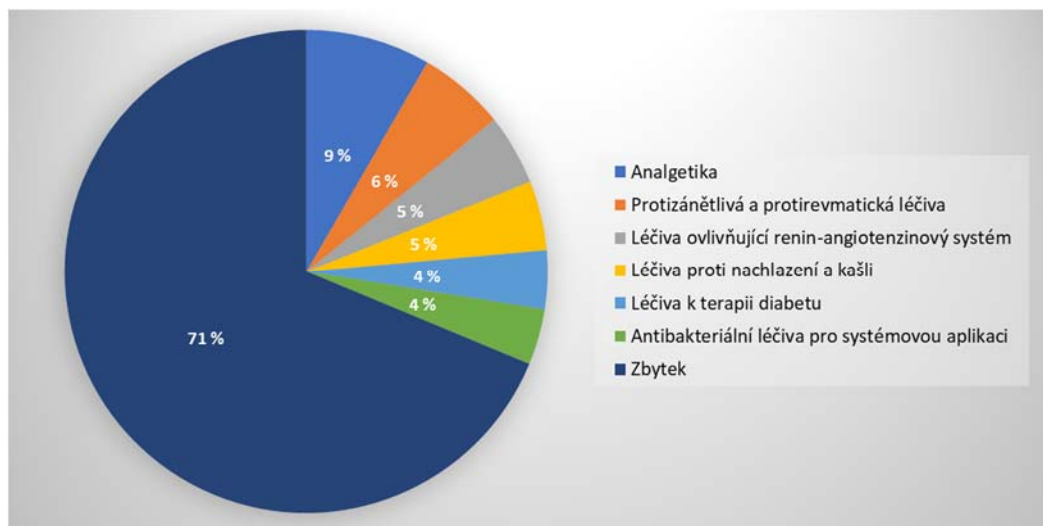
S pokrokem v oblasti analytické instrumentace se otevřely možnosti stanovovat škodlivé látky v životním prostředí s nižšími limity než dříve, což postupně vedlo k objevování celé řady škodlivých látek ve vodě, o kterých do nedávné doby nebylo povědomí nebo se jim nevěnovalo tolik pozornosti jako dnes. I proto nelze jednoznačně říci, že se nyní situace zhoršuje, a výskyt mikropolutantů ve vodách je horší než dříve, dost možná je podobný, jen dnes máme pokročilejší analytickou metodiku pro jejich stanovení.

Mezi nejčastěji se vyskytující mikropolutanty patří rezidua pesticidních látek a jejich metabolity, které prokazatelně pochází ze zemědělské činnosti. Velmi aktuální je také problematika mikroplastů, nejčastěji nalézáných ve vodách a sedimentech, ale byly již nalezeny mj. i v půdách. Pozornost veřejnosti se v posledních letech upíná také k per- a polyfluorovaným alkylovým sloučeninám (PFAS). Náš příspěvek je zaměřen na monitoring léčiv ve vodách, kterým se v našich laboratořích zabýváme dlouhodobě, protože právě léčiva a jejich metabolity představují jednu z největších skupin mikropolutantů vody. Novým tématem v monitoringu vod a v podstatě i nově sledovanými analyty jsou estrogenní hormony, pro které se v nové aktualizaci vyhlášky č. 252/2004 Sb. zavedla povinnost sledování v pitných vodách. Jedná se konkrétně o 17 β -estradiol, který se sledoval už dříve, nyní se však výrazně snížil jeho limit v pitné vodě, konkrétně na koncentraci 1 ng/l .

Představení léčiv

Léčiva, a zejména jejich nadužívání, představují běžnou součást našeho dnešního života, která nevyhnutelně vede ke kontaminaci životního prostředí. Na následujícím obrázku je uvedeno procentuální zastoupení léčivých přípravků za rok 2022, které byly dodány do lékáren a zdravotnických zařízení v ČR.

Obr. 1 Spotřeba humánních léčiv v ČR v roce 2022 (zdroj SÚKL)

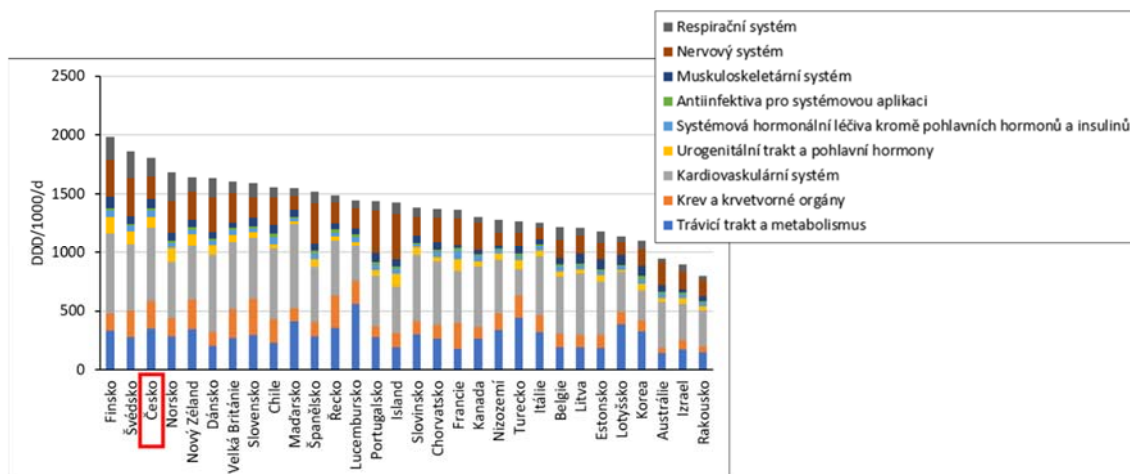


Spotřeba léčiv ve světě má obecně vzato vzrůstající tendenci a Česká republika v tomto není výjimkou. Z dat Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD), která byla zpracována za rok 2021 nám dokonce připadlo smutné třetí místo, viz obrázek č. 2. Jednotka DDD/1000/d vyjadřuje kolik DDD (definovaná denní dávka) připadá na tisíc obyvatel a jeden den. Definovaná denní dávka představuje průměrnou dávku léčiva podávanou dospělému člověku v jeden den.

Ve srovnání s rokem 2018 došlo k nárůstu spotřeby léčiv téměř u všech zemí, přičemž v některých zemích byl nárůst až o 20 %. Výjimky představovaly státy Belgie, Rakousko a Izrael, kde došlo k poklesu spotřeby.

Pokud se podíváme na zastoupení skupin léčiv, tak největší podíl zaujímají léky na kardiovaskulární systém, s tím související léky na krev a krevtovorné orgány, dále léky sloužící k léčbě poruch trávicího traktu a metabolismu a v neposlední řadě je nutno zmínit léčiva na nervový systém.

Obr. 2 Mezinárodní porovnání vybraných států OECD – data za rok 2021



Představení hormonů

Steroidní hormony ovlivňují funkci mnoha tkání, především reprodukčního systému. Hrají ale také důležitou roli v centrálním nervovém systému či udržení kvality kostí. Asi nejznámějším zástupcem této skupiny je 17β -estradiol (E2), který hraje ústřední roli v kontrole sexuálního chování a reprodukčních funkcí. 17β -estradiol je metabolicky oxidován na estron (E1) a ten je dále transformován na estriol (E3). Nejznámější syntetický estrogen, 17α -ethinylestradiol (EE2), je vzhledem ke svojí silné estrogenní aktivitě využíván skoro ve všech přípravcích hormonální antikoncepce, ale i jiných léčivech, používaných například při Alzheimerově chorobě či ke zmírnění obtíží u žen v menopauze.

Při metabolismu steroidních hormonů v játrech vznikají rozpustné deriváty, které usnadňují jejich vylučování močí. Proto je lidská moč považována za hlavní zdroj 17α -ethinylestradiolu v odpadních vodách, nicméně do životního prostředí se estradioly dostávají také z chovů hospodářských zvířat, kde jsou používány k léčení některých chorob nebo i ke zlepšení produktivity. Aktivní volné formy estrogenů, které vznikají ve střevě, jsou čistírnami odpadních vod nedostatečně zachycovány a přecházejí tak dále do ekosystému (povrchových vod). Následně mohou kontaminovat podzemní vody a zdroje pitné vody, čímž se mohou zapojit do potravních řetězců a neblaze působit na zdraví organismů. Bylo dokázáno, že koncentrace vyšší než 1 ng/l už může způsobovat poruchy fertility vodních organismů. Není však výjimkou, že se obsah steroidních hormonů v odpadní vodě pohybuje v desítkách ng/l.

Analytická část

Léčiva v naší laboratoři analyzujeme napříč všemi typy vod, počínaje pitnou kohoutkovou či balenou vodou, přes povrchovou a podzemní vodu a odpadní vodou konče. Pro analýzu hormonů máme prozatím validní metodu stanovení v kohoutkové vodě, balené vodě a povrchové vodě. V současné době začínáme s testováním odpadní vody jako matrice, což vždy vyžaduje obezřetný a komplexní přístup k přípravě vzorku.

Příprava vzorku před analýzou léčiv je poměrně jednoduchá. Z tzv. fixované vzorkovnice, skleněné 40ml EPA vialky, do které je předem přidán roztok thiosíranu sodného, který slouží ke stabilizaci analytů, se odebere potřebný objem vzorku k analýze, což je nejčastěji 5 ml, a k tomuto objemu se přidají aditiva, nezbytná pro analýzu. Vzorek se přefiltruje do vialky a takto je připraven k analýze. Velmi často je potřeba vzorek ještě před přípravou ředit, například pokud se jedná o odpadní vody z nemocnic, kde se předpokládá velká kontaminace se vzorky ředí zpravidla až 1000x, někdy i více.

Příprava vzorku před stanovením hormonů je podstatně náročnější. Vzhledem k legislativně požadovaným nízkým limitům (1 ng/l) je zapotřebí vzorky až 1000x zakoncentrovat. K tomu nám slouží jedna z mnoha analytických prekoncentračních technik, tzv. SPE extrakce neboli extrakce na pevnou fázi (Solid Phase Extraction, SPE). Jedná se o techniku, kdy se analyty ze vzorku zachytávají na vhodně zvolený sorbent, a následně se vhodným rozpouštědlem vymyjí do malého objemu. Tím je umožněn vysoký stupeň zakoncentrování. K této analýze potřebujeme min. 250 ml vzorku vody, abychom mohli zaručit stanovení hormonů s nízkými limity tak, jak požaduje legislativa.

Po úpravě vzorku před analýzou léčiv i hormonů následuje jejich vlastní stanovení. To je provedeno pomocí moderní a citlivé analytické techniky, ultraúčinné kapalinové chromatografie s tandemovou hmotnostní spektrometrií (UHPLC-MS/MS).

Výsledky analýz

Mezi nejčastěji se vyskytující léčiva, která nalézáme napříč všemi analyzovanými maticemi patří bezesporu metformin, léčivo používané při léčbě cukrovky 2. typu, zejména u lidí s nadváhou. Jeho obsah v odpadních vodách se pohybuje až v řádu stovek $\mu\text{g/l}$, což ho řadí mezi nejvíce zastoupená léčiva v prostředí. V těsném závěsu za ním se co do množství vyskytuje paracetamol, analgetikum a antipyretikum, tedy léčivo, které působí proti bolestem a zvýšené tělesné teplotě. Jeho výskyt je logicky vyšší v obdobích sezonních respiračních onemocnění, jako je například chřipka. Paracetamol je v Česku schválen a běžně používán, zakoupit se dá běžně v lékárně i bez lékařského předpisu pod mnoha obchodními názvy.

Dalším významným a často se vyskytujícím léčivem ve vodách je tramadol, lék proti bolesti. Tramadol se používá i ve veterinární medicíně k léčbě bolesti u psů, jeho účinnost v této roli je ale sporná. V naší laboratoři se zabýváme i analýzou gabapentinu či karbamazepinu a jeho metabolitů. Obě léčiva se používají při léčbě epilepsie a neuropatické bolesti, či doplňková léčba schizofrenie a bipolární poruchy. Zde je na místě zmínit jistou analogii s pesticidními látkami, konkrétně jde o to, že pro posouzení celkové toxicity je zapotřebí sledovat i metabolity daných látek. Metabolity karbamazepinu jsou také toxikologicky aktivní a je důležité je analyzovat stejně jako karbamazepin samotný.

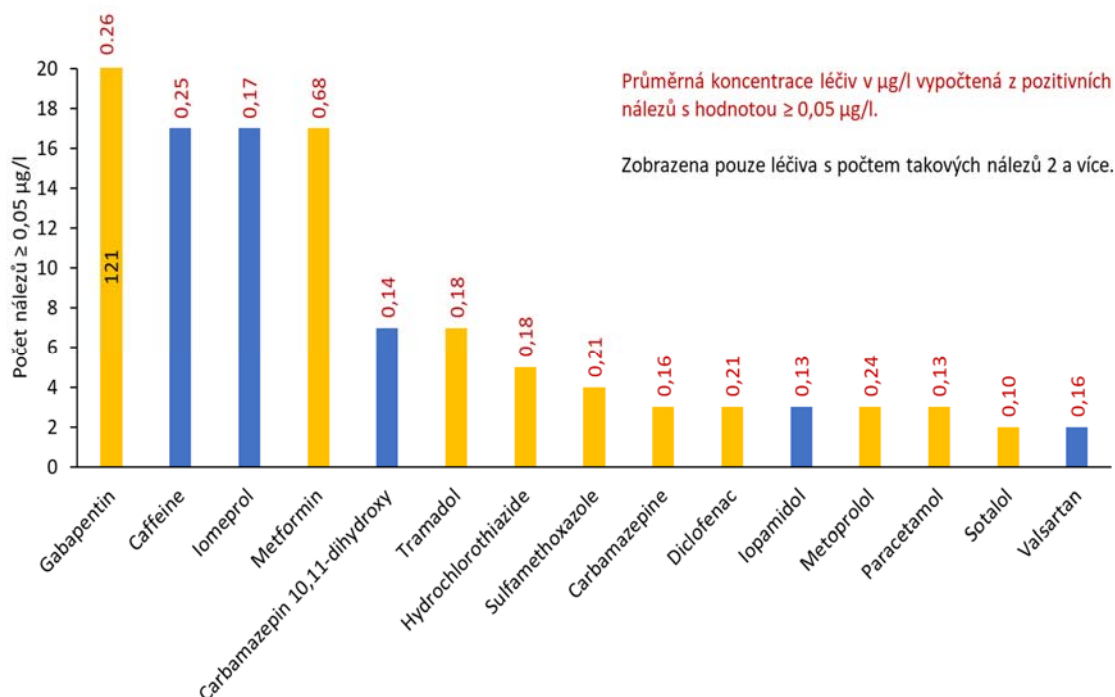
Na následujících obrázcích 3 a 4 je zobrazen výskyt léčiv v odpadních a povrchových vodách v České republice v letech 2020-2022. Žlutou barvou jsou vyznačena léčiva z indikativního seznamu pro snížení farmaceutického znečištění vodních toků, který v roce 2021 zveřejnil SFŽP ČR v rámci dotační výzvy z Norských fondů.

Poměrně často je ve vzorcích povrchové vody detekován kofein, což vlastně není překvapivé zjištění, vzhledem k faktu, že tento alkaloid je nejpoužívanější stimulační látkou na světě.

Obr. 3 Přehled výskytu léčiv v odpadních vodách v ČR (2020-2022)



Obr. 4 Přehled výskytu léčiv v povrchových vodách v ČR (2020-2022)



Analýzou steroidních hormonů s nízkými limity se aktuálně intenzivně zabýváme v našich laboratořích, vyvinuli jsme metodu pro jejich stanovení v čistých matricích, jako je pitná (kohoutková) voda, balená voda a povrchová voda. Od ledna 2024, kdy vstoupila v platnost nová aktualizace vyhlášky č. 252/2004 Sb. sledujeme pro naše zákazníky výskyt 17 β -estradiolu a dalších steroidních hormonů od limitů 1 ng/l. Současně pracujeme na optimalizaci metody stanovení hormonů v odpadních vodách. V tomto typu vody, kde prozatím nejsou limity legislativně nijak ošetřeny, cílíme na limit detekce 10 ng/l.

V rámci jednoho z našich projektů jsme získali soubor 320 vzorků odpadních vod, které postupně analyzujeme na obsah hormonů. V současné době (únor 2024) máme hotovou analýzu 150 vzorků a poznatky vypadají následovně: v naprosté většině analyzovaných odpadních vod se hormony vyskytovaly v koncentracích do 10 ng/l. Některé vzorky vykazovaly pozitivní nálezy. Jednalo se o trojici hormonů estron (E1), 17 β -estradiol (E2) a estriol (E3). Obsah 17 β -estradiolu se pohyboval v rozmezí 15-140 ng/l, následován byl estronem s obsahem mezi 95 a 190 ng/l a nejvyšší koncentrace ve vzorcích měl estriol, ten se pohyboval v rozmezí od 275 ng/l až do 550 ng/l. Tento trend odpovídá poznatkům z literatury, kde je uvedena metabolická přeměna 17 β -estradiolu přes estron až na estriol.

Závěr

Monitoring léčiv ve vodách je bezesporu velmi důležitou aktivitou v oblasti analýzy životního prostředí. Přináší cenné poznatky o transportu léčiv v prostředí, odhaluje jejich dopad na zdraví člověka i jiné živé organismy. Sledování léčiv v prostředí je přínosné i pro vývoj nových technologií v čistírnách odpadních vod, kdy právě díky němu můžeme posoudit účinnost odstranění mikropolutantů.

Použitá literatura

Kim, Ch. et al: *A review of analytical procedures for the simultaneous determination of medically important veterinary antibiotics i environmental water: Sample Preparation, liquid chromatography, and mass spectrometry*. Journal of Environmental Management 217 (2018) 629-645.

Peris-Vicente, J. et al: *Liquid chromatography, a valuable tool in the determination of antibiotics in biological, food and environmental samples*. Microchemical Journal 177 (2022) 107309.

Wee, S.Y. et al: *Pharmaceuticals, hormones, plasticizers, and pesticides in drinking water*. Journal of Hazardous Materials 424 (2022) 127327.

Sodré F.F., Sampaio T.R.: *Development and application of a SPE-LC-QTOF method for the quantification of micropollutants of emerging concern in drinking water from the Brazilian capital*. Emerging Contaminants 6 (2020) 72-81.

EPA Method 539: *Determination of hormones in drinking water by solid phase Extraction (SPE) and liquid chromatography electrospray ionization tandem mass spectrometry (LC-ESI-MS/MS)*, vydáno 2010.

Webové stránky: www.sukl.cz, www.OECD.Stat

Rekonstrukce a sanace budov na vodárenské soustavě pohledem projektanta

Ing. et Ing. Matej Horňák

Ing. Marek Coufal, Ph.D.; Ing. Rostislav Kasal, Ph.D.

Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s., hornak@vrv.cz

Abstrakt

Velká část vodárenské infrastruktury na území České republiky byla vybudována v období od padesátých do osmdesátých let dvacátého století. To zahrnuje nejen rozsáhlé distribuční vodovodní sítě, ale i nespočet zařízení vodárenské infrastruktury, jako jsou úpravní vody, vodojemy, čerpací stanice a další. V současné době pak dochází k postupným rekonstrukcím budov těchto zařízení. Rekonstrukce stavebních částí vodohospodářských objektů představuje specifickou problematiku, jejíž úspěšný výsledek závisí na mnoha faktorech, jež přímo ovlivňují trvanlivost provedených stavebních úprav. Příspěvek se zabývá praktickými poznatky z předprojektové a projektové přípravy stavebních úprav vodohospodářských objektů, z pohledu projektanta stavebních konstrukcí.

Úvod

Část vodárenské infrastruktury dosahuje nebo již překročila původně předpokládanou životnost. S postupujícím časem se tak nevyhnutelně zvyšuje potřeba jejich rekonstrukce či sanace, aby bylo možné zajistit jejich bezpečné a efektivní fungování i nadále. Objekty na vodárenské soustavě čelí řadě výzev vycházejících z jejich stáří, materiálového opotřebení a mnohdy i z nedostatečné nebo nevhodné údržby během uplynulé životnosti. Snahou je zajištění funkčnosti, bezpečnosti, a dlouhodobé životnosti těchto kriticky důležitých objektů. Rekonstrukce a sanace budov na vodárenské soustavě tak přináší ucelenou problematiku spojenou s technickým stavem objektů, materiálovou degradací a často i zastaralým designem, který již neodpovídá současným normám a požadavkům na bezpečnost, energetickou náročnost či přístupnost.

Pojem rekonstrukce ve stavebním zákoně (ČR)

Význam slova rekonstrukce je ve slovnících cizích slov uváděn jako „opětovné sestrojení, uvedení do původního stavu, přestavba nebo přepracování“. Ačkoliv slovo rekonstrukce ve stavebnictví hojně využíváno, dobíhající stavební zákon č. 183/2006 Sb. ani nový stavební zákon č. 283/2021 Sb. ve znění pozdějších předpisů pojem rekonstrukce neznají a nepoužívají. Když pomíneme pojem udržovací práce (kterými se tento příspěvek nezabývá), stavební zákon využívá v kontextu tohoto příspěvku pojmy „stavební úprava“ a „změna dokončené stavby“. Zažité slovo rekonstrukce tedy považujeme za velmi obecný neformální výraz zahrnující více legislativních režimů provedení prací, záměrně je však v textu tohoto příspěvku hojně využíván, protože zde uvedené záležitosti se často týkají více režimů provedení prací. Pro přesnější odbornou komunikaci, zejména pak ve vztahu k příslušným úřadům, by se pak měly používat výrazy užívané platnou legislativou (tzn. stavba, stavební úprava nebo změna dokončené stavby).

Stávající stav objektů

Stav objektů na vodárenské soustavě je velmi různorodý, a je závislý zejména na stáří, kvalitě jeho výstavby, použitých materiálech a rozsahem údržby objektu v průběhu jeho životního cyklu. Některým drobným provozovatelům vodárenské infrastruktury při plánování záměru rekonstrukce / sanace mnohdy chybí vhodná předprojektová příprava, která je pro kvalitní stavební zásah důležitá. Tito provozovatelé se často spoléhají výhradně na vizuální hodnocení stavu betonových konstrukcí. Očekávají, že projektové kanceláře budou schopny navrhnout kvalitní sanaci nebo rekonstrukci těchto objektů jen na základě tohoto vizuálního hodnocení. Přitom si neuvědomují, jak důležité je provést potřebné stavební průzkumy. Ty jsou nezbytné pro určení rozsahu potřebných zásahů do konstrukce objektů.

Kvalitní záměr vyžaduje důkladnou předprojektovou přípravu, přičemž zpravidla je nezbytné provedení stavebně technických průzkumů jako podkladu pro návrh rekonstrukce / sanace. V praxi se často setkáváme s různými dílčími opravami formou různých nátěrů a stěrek, které byly provedeny v různých fázích životního cyklu objektu. Mnohé z těchto stěrek byly již krátce po zhotovení silně poškozeny, jelikož nebyly materiálově vhodně navrženy, nebyly provedeny na adekvátním podkladu, neřešili reálné příčiny poruch konstrukce atd. Viz obrázek 1. Také je naprosto běžné, že jsou v konstrukci ponechány zkorodované ocelové prvky, které po krátké době od provedení nátěru opět korodují. Třetím nedostatkem, který je běžný u neodborně provedených oprav, jsou obnovy elektroinstalací a vystrojení před provedením sanací betonových konstrukcí. Mnoho provozovatelů již stihla vyměnit armatury, potom vyměnila některá potrubí, potom instalovala řídící systém, a nakonec se rozhodne opravit stavbu. Trochu to připomíná Kocourkovské, kteří stavěli školu od střechy dolů.

Obr. 1 Strop akumulční nádrže, zatékání vody střešním souvrstvím, nevhodně provedená stěrka



Obr. 2 Strop akumulční nádrže, prorůstání kořenového systému přes střešní souvrství



Rozsah průzkumů konstrukcí se řídí dokumentem Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP SSBK III a příslušnou ČSN EN 1504. Kvalitní a objektivní zhodnocení stávajícího stavu posuzovaného objektu představuje poměrně náročnou činnost, která klade vysoké nároky na odbornost zpracovatele. Vlastnímu odběru vzorků betonových konstrukcí předchází prohlídka objektu vytipování reprezentativních míst pro provedení odběrů vzorků. Místa odběrů vzorků se volí tak, aby byly pokryty všechny důležité části posuzované konstrukce. To klade vysoké nároky na spolupráci s daným provozovatelem, který musí umožnit přístup do objektu pro provedení průzkumu (což znamená např. vypuštění akumulace, zabezpečení provizorního provozu atd.). Výsledkem tohoto průzkumu je pak dokument shrnující stav betonových konstrukcí.

Kvalitním stavebně – technickým průzkumem pak lze zpravidla získat:

- přehled o stavu betonových konstrukcí;
- diagnostika problémů posuzovaných konstrukcí;
- informace o pevnostech použitých betonů, viz obrázek č. 3;
- informace o míře karbonatce betonové konstrukce, viz obrázek č. 4;
- informace o stejnorodosti betonu;
- informace o složení betonu (např. historické použití hlinitanových betonů, přítomnost alkalicko-křemičitých gelů ve struktuře betonu atd.);
- informace o výztuži v železobetonových konstrukcích;
- odhad zbývající životnosti betonové konstrukce.

Na základě takto zpracovaného dokumentu lze zpravidla určit vhodný způsob sanace pro prodloužení životnosti, případně pak odhalit případy, kdy je provedení sanace již neekonomické a doporučit nahrazení novou konstrukcí.

Obr. 3 Místo po provedení odtrhové zkoušky na stanovení pevnosti povrchové vrstvy betonu v tahu



Obr. 4 Stanovení hloubky karbonatce na sekané sondě v dutinovém panelu typu SPIROLL



Projektová příprava

V rámci projektové přípravy se musí projektant vypořádat různorodostí původních konstrukčních řešení, materiálovou kvalitou a nutností adaptace na současné normy a požadavky. Projekty se zpravidla zaměřují na stavební zásahy specifické pro vodárenskou infrastrukturu, jako jsou sanace železobetonových konstrukcí s ohledem na styk s pitnou vodou, výměny hydroizolačních souvrství v provedení zelených střech, výměny výplní otvorů, investice do fasád a řízené vzducho-techniky s odvlhčením.

Snahou je zajištění funkčnosti, bezpečnosti, a dlouhodobé prodloužení životnosti těchto kriticky důležitých objektů.

Běžně přehlížené aspekty údržby

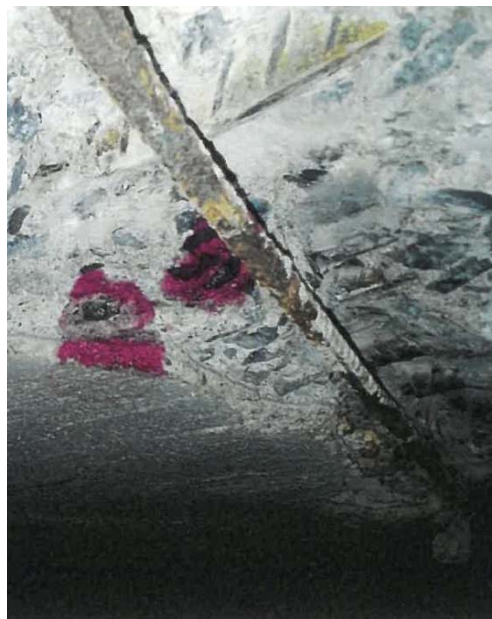
Významným faktorem ovlivňující stav konstrukce je její průběžná údržba od uvedení do provozu do dnešní doby. Především mám na mysli průběžné kontroly a průběžné opravy. I desítky let staré nevhodné zásahy v rámci údržby mohou způsobovat zásadní poruchy.

Opakovaně se setkáváme s odlupující se krycí vrstvou betonu v různých stádiích vážnosti, což je důsledek karbonatace betonu a následné koroze výztuže. Karbonatace je chemický proces, při kterém dochází k reakci uhličitého dioxidu z atmosféry s vápníkem v betonu, čímž se snižuje pH betonu a oslabuje jeho schopnost chránit výztuž před korozí. Jakmile je výztuž vystavena korozním procesům, začíná se rozpínat, což vede k praskání a odlupování krycí vrstvy betonu. Tento jev zásadně ovlivňuje strukturální integritu a životnost železobetonových konstrukcí, viz obrázek 5.

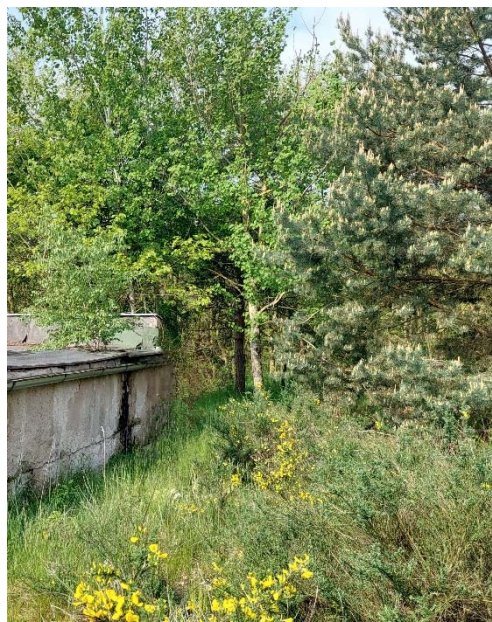
Problematickou záležitostí někdy bývá i odstranění náletových keřů a stromů v areálech vodárenských objektů. Kořenový systém těchto náletových dřevin vyhledává vlhká místa a drobné průsaky na konstrukcích. Náletové dřeviny na střechách akumulčních nádrží jsou přitíženy, se kterým nebylo při realizaci uvažováno. Dřeviny svým kořenovým systémem prorůstají skrze izolace do spár v konstrukcích a tím je poškozují.

Kromě poškození konstrukce prorůstáním kořínků, může růst dojít až do fáze, kdy je kořenový systém viditelný ze strany interiéru. Poté je na zvážení, jaký vliv toto má na kvalitu vody. Viz obrázek 3 a 6.

Obr. 5 Detail korodujícího třmínku, konstrukce byla neodborně sanována. Reprofilační malta byla aplikována na neošetřené korodující pruty výztuže a zkarbonatovaný povrch betonu.



Obr. 6 Vzrostlé dřeviny na střechě akumulční nádrže, vlevo viditelná bříza rostoucí přes střešní souvrství manipulační komory



Staré zabudované ocelové prvky, pokud nejsou odstraněny, pokračují v korozi i přesto že jsou na povrchu opatřeny nátěrem. Toto pokračování koroze je způsobeno tím, že nátěr může zabránit přímému vlivu atmosférických podmínek na ocel, ale neodstraní primární příčiny korozních procesů uvnitř betonu. Voda a soli mohou prostupovat betonem a dosáhnout ocelových prvků, kde pokud je pH betonu sníženo nebo pokud jsou přítomny agresivní látky, dochází k další korozi oceli. Tento jev může vést k rozpínání oceli, což způsobuje trhliny v betonu a tím dále zhoršuje jeho strukturální integritu a životnost. Proto je důležité staré zabudované ocelové prvky alespoň částečně vybourat a v daném místě vhodně obnovit pH betonu.

Kabřincové obklady fasády zpravidla překrývají svislou hydroizolaci vytaženou nad terén. Po letech mrazových cyklů tyto obklady odpadají i s původní hydroizolací a vzniká tak otevřená spára vystavená povětrnostním vlivům. Do vzniklých spár poté vtéká srážková voda, která se ze strany interiéru může projevit jako průsaky podzemní vody, viz obrázek 8.

Dlouhodobé přehlížení těchto problémů může způsobit nevratné poškození objektu, a zvyšuje finanční nároky na provedení kvalitní rekonstrukce / sanace s rozumným prodloužením životnosti daného objektu.

Bezpečnost

Podle nového stavebního zákona je požadavek na bezpečnost, který platí pro všechny stavby, nyní doplněn o nedílnou součást, kterou je požadavek na zohlednění přístupnosti. Mnohé stávající objekty jsou těžce přístupné a pohyb obsluhy při provozu a údržbě je nevhodně řešen. Je tudíž úkolem nás projektantů na tyto nedostatky upozornit a v rámci projektu nedostatky odstranit.

Poruchy bezpečnosti a přístupnosti bych rozdělil na dvě části. Zprvée poruchy, které se jako poruchy kdysi nepovažovali. Příkladem jsou chybějící zábradlí, absence ochranných košů na žebřících nebo záchytný systém zabraňující pádu z výšky nebo do hloubky.

Obr. 7 Jádrový vývrt skrz stropní trám



Obr. 8 Uvolněný kabřincový obklad, spára vyplněná sněhem



Výjimečně špatným příkladem je obrázek č. 10 na kterém lze vidět velmi vysoký žebřík bez ochranného koše, kde v místě vyhrazeném pro bezpečný sestup je zrezivělý sací koš. To, co na fotce již není vidět jsou cihly naházené ve vodě pod žebříkem, aby se dalo suchou novou přejít z kalové jímky na suchou podlahu. Když už jsem ve výčtu nedostatků, tak okolo kalové jímky chybí zábradlí proti pádu do hloubky a na klzkém schodišti chybí madlo, o které by se dalo při sestupu přidržet. Vhodné řešení bezpečnosti viz obrázek 9.

Druhou kategorií poruch vnímám jako poruchy, které vznikly v průběhu životnosti. Základní takovou poruchou může být odpadávání velkých kusů krycí vrstvy betonu. Viz obrázek 11 a 12. Nebo neodborně provedený jádrový vývrt skrz stropní trám, viz obrázek 7. Provrtání nosného železobetonového trámu tímto způsobem má vážné důsledky pro stabilitu a bezpečnost konstrukce. Nosnost trámu a jeho schopnost odolávat průhybům jsou výrazně sníženy, v krajním případě může dokonce dojít k selhání konstrukce. Výsledkem je zvýšené bezpečnostní riziko pro uživatele, včetně možnosti částečného nebo úplného kolapsu konstrukce.

Obr. 9 Vhodné řešení bezpečnosti v akumulční nádrži



Obr. 10 Výjimečně špatný příklad bezpečnosti v akumulční nádrži



Závěr

Vzhledem k tomu, že voda je základní a nenahraditelný zdroj pro život, je údržba a modernizace vodárenské infrastruktury klíčové nejen pro současnou společnost, ale i pro budoucí generace. Téma rekonstrukce a sanace budov na vodárenské soustavě je tedy aktuální a jeho význam bude v následujících letech dále narůstat, což vyžaduje neustálé investice do tohoto klíčového sektoru.

Význam proaktivního přístupu k údržbě, je klíčový pro dlouhodobou životnost a bezpečnost vodárenských objektů. Je důležité nejen průběžně udržovat zeleň a odstraňovat náletové dřeviny, ale také zajistit, aby bylo k dispozici alespoň pár provozních údržbářů vyškolených na základní opravy betonových konstrukcí. Tímto přístupem můžeme předcházet mnoha vážným poruchám díky včasnému preventivnímu zásahu. Aktivní a promyšlená údržba je tedy nezbytná pro zachování spolehlivosti vodárenské infrastruktury.

Před vlastním zadáním zpracování projektové dokumentace by měl být zpracován podrobný stavebně–technický průzkum, který odhalí stav betonových konstrukcí vytipuje rizika, a odhadne investiční náklady na připravovaný záměr. V případě složitějších objektů se doporučuje zpracování studie, která se bude zabývat možnými variantami provedení rekonstrukce / sanace objektu, stanoví nároky na provedení případných variant, vytipuje rizika, a odhadne investiční náklady na připravovaný záměr atd. Je nezbytné, aby studie a předprojektové návrhy rekonstrukcí byly vypracovány zkušenými projektanty v těsné spolupráci s pracovníky provozujícími objekt. Předprojektová příprava provedená tímto způsobem umožní stavebníkovi odpovědně specifikovat projektové detaily pro již vybranou variantu, což může vést k úsporám v investičních nákladech a k minimalizaci potenciálních sporů mezi zainteresovanými stranami ohledně rozsahu projekčních prací. Je zásadní, aby mezi stavebníkem a projektantem panovala úzká spolupráce. Tato spolupráce je nezbytná nejen v přípravné fázi pro studii a projektovou dokumentaci potřebnou pro rekonstrukci. Je také klíčová při získávání všech potřebných povolení a zásadní během samotné realizace záměru.

Obr. 11 Průvlak, ze kterého spadl kus betonu rozměrech cca 150 x 300 mm



Obr. 12 Kus betonu o rozměrech cca 150 x 300 mm na podlaze akumulační nádrže



Rekonstrukce betonových konstrukcí ve vodárenství – zkušenosti a příklady z realizací

Ing. et Ing. Petr Jenýš

SWECO a.s.

Abstrakt

Příspěvek podává základní informace a příklady z návrhu a realizace rekonstrukcí betonových konstrukcí a staveb ve vodárenství. V příspěvku jsou ukázány různé způsoby provádění rekonstrukcí jako například přibetonování konstrukcí, betonáž nových prvků (stropy, sloupy apod.) a použití zvláštních technologií a materiálů (vyvložkování integrované nebo dodatečné, fólie na stropy atd.). Část příspěvku se také věnuje standardně sanačním pracím za použití méně obvyklých materiálů např. použití inertních sítí apod.

Klíčová slova: beton, sanace, přibetonávky, vodárenství,

1 Úvod

Základním a rozhodujícím stavebním materiálem vodohospodářských staveb byl, je a ještě dlouhou dobu bude beton. Beton jako stavební materiál se ve vodárenství používá již mnoho desetiletí a jako každý materiál má svoji omezenou životnost. Často se setkáváme v praxi s nutností rekonstrukcí vodárenských objektů a jejich konstrukcí za účelem jejich zachování, modernizace nebo navýšení kapacity. Cílem rekonstrukcí bývá hlavně zvýšení životnosti konstrukcí, kde klíčovou roli hraje právě návrh sanace, popř. návrh nové konstrukce.

2 Před návrhem sanací

Jako podklad pro návrh sanací je zapotřebí mít odborně vypracovaný stavebně technický průzkum a co nejhlubší znalost působení vlivů prostředí na jednotlivé konstrukce. Průzkum by se měl zaměřit hlavně na tyto oblasti:

- Stav nosných konstrukcí. U železobetonu se jako u jiných druhů staveb zjišťují pevnostní charakteristiky, hloubka karbonatace, tloušťka neporušených krycích vrstev, stav a soudržnost povrchových vrstev, stav případně narušené výztuže apod. Navíc mrazuvzdornost u prvků, které mohou být vystaveny klimatickým účinkům, případné projevy alkalické reakce kameniva, hloubka penetrace látkami obsaženými ve vodě nebo vylouhování, nasákavost, stav dilatačních spár a další vlastnosti ovlivňující nepropustnost a jiné požadované vlastnosti konstrukce.
- Stav ostatních prvků stavby. Přídržnost původních povrchových úprav (podlahy, obklady, omítky), stav a funkčnost izolačních vrstev ovlivňující podmínky působení betonové konstrukce (hydroizolace v zemi a na střeších, tepelné izolace).

Na základě těchto znalostí je pak možné rozhodnout, zdali konstrukci sanovat nebo zdali je nutné konstrukci nahradit za novou. Pokud je možné konstrukci sanovat, je nutné na základě výsledků stavebně technického průzkumu zvolit nejvhodnější způsob sanace, ať již z hlediska požadovaných vlastností, provádění, životnosti nebo ekonomiky. (tenkovrstvá reprofilace, nebo mechanicky kotvená přibetonávka, použití minerálních vrstev nebo užití vystýlek popř. nátěrových systémů).

3 Návrh opatření/sanací

Při návrhu sanací nebo výstavby nových konstrukcí hraje důležitou roli životnost konstrukcí. Národní dodatek normy ČSN EN 1990 ed.2 Zásady navrhování konstrukcí zařazuje konstrukce vodohospodářských staveb (kromě hrází) do kategorie 4, tedy s návrhovou životností 50 let stejně jako běžné stavby pozemní stavby. (Není to málo vzhledem k tomu, že se jedná o stavby podílející se na zásobování občanů pitnou vodou?)

Obr. 1 ČSN EN 1990 ed.2 NA1 tabulka 2.1

Tabulka 2.1 (CZ) – Informativní návrhové životnosti

Kategorie návrhové životnosti	Informativní návrhová životnost (v letech)	Příklady
1	10	Dočasné konstrukce ¹⁾
2	10–25	Vyměnitelné konstrukční části, např. jeřábové nosníky
3	25–50	Zemědělské a obdobné stavby, stavby pro energetiku, věže a stožáry
4	50	Budovy bytové, občanské a další běžné stavby, budovy pro výrobu a služby, pro těžbu paliv a rud, vodojemy a zásobníky, vodní hospodářství
5	100	Mosty a jiné inženýrské konstrukce
6	120	Monumentální stavby, tunely, tunelové podzemní objekty, hráze

¹⁾ Konstrukce nebo jejich části, které mohou být demontovány s předpokladem dalšího použití, se nemají považovat za dočasné.

Navržená opatření (nové konstrukce, sanované konstrukce) musí odolávat účinkům prostředí působícího na konstrukci. Účinky prostředí se dají rozdělit do dvou kategorií:

- Statické účinky
- Vlivy prostředí

Statické účinky

Z hlediska statických účinků jsou vodohospodářské stavby, především nádrže, namáhány:

- dlouhodobým působením vodního tlaku, ale často s proměnou hladinou,
- střídání směru působícího zatížení (prázdná nádrž, plná nádrž, což má zásadní vliv na průběh a chování trhlin)
- na vnějším líci namáhání zemním tlakem a tlakem podzemní vody

Vlivy prostředí

Mezi vlivy prostředí, kterým jsou vodohospodářské konstrukce vytaveny, a kterým musí nové i sanované konstrukce umět vzdorovat patří:

- vysoká vlhkost, popř. přímý styk s vodou
- působení dávkovaných chemikálií (chlór, ozón, sírany aj)
- karbonatace, alkalická reakce, apod.
- abraze – dno a stěny jsou čištěny tlakovou vodou nebo místa rychlého proudění vody

Při návrhu jak nových konstrukcí, tak při sanaci stávajících konstrukcí je nutné výše popsané vlivy vzít v úvahu a přizpůsobit tomu konstrukční, materiálové a technologické řešení.

Pro nově betonované prvky je vhodné používat betony vyšších pevnostních tříd C20/25 nebo C30/37 se správně zvoleným stupněm vlivu prostředí. Konstrukci je nutné navrhovat s omezenou šířkou trhlin (jak z pohledu životnosti, tak z pohledu vodotěsnosti.) Důležité je omezit šířku trhlin i z hlediska objemových změn. To lze správnou specifikací a dodržením požadovaných vlastností betonu, jak v konečném stavu, tak při provádění a správným návrhem výztuže. Důležitou roli, co se životnosti konstrukce týče hraje i správný návrh krytí výztuže.

Při betonování nových prvků je důležité používat hladké a vodotěsné bednění. Pro hladký povrch a povrch bez „lunkrů“ (hlavně v rámci nádrží) je vhodné do bednění vkládat drenážní folie. Nevhodné je použití plastových distančních vložek pro krytí.

Při navrhování nových stropních konstrukcí je vhodné vyloučit tyčové trámy, průvlaky (obecně prvky, do kterých se koncentruje zatížení a jsou tak náchylné na vznik a rozvoj trhlin).

Při sanacích konstrukcí formou přibetonování je nutné dodržet požadavky pro provádění viz výše. Při mechanickém kotvení přibetonávky nebo jiné sanace musí být kladem důraz na správné a úplné vyplnění předvrtaných kotvicích děr. Špatné vyplnění těchto předvrtaných děr může způsobit netěsnosti v konstrukci.

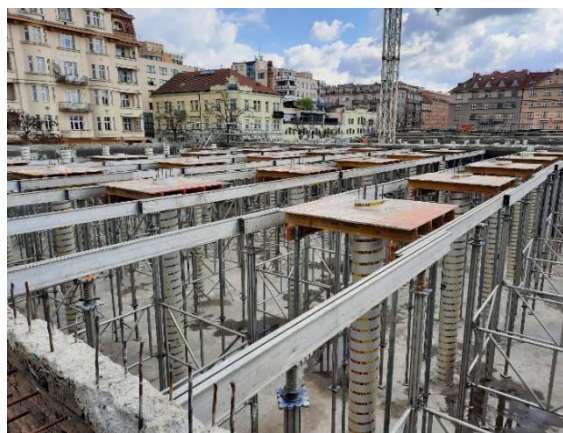
4 Zkušenosti a příklady z realizací

4.1.1 Vodojem Flora – použití nových prvků, folie do stropní desky a inertní síť

V rámci rekonstrukce vodojemu Flora na Praze 3 bylo použito několik druhů výše zmíněných opatření.

- Vzhledem k nevyhovujícímu stavu stropní konstrukce a sloupů, došlo k jejich náhradě. Strop byl navržen jako lokálně podepřená železobetonová deska viz **Obr. 2**
- Do bednění stropu byla vložena fólie. Tato fólie slouží jako ochrana stropní desky před vystavením vlhkosti. Díky použití této fólie nebylo nutné navrhovat desku na mezní stav velikosti trhlin. Pro správné provedení hraje důležitou roli dodržení technologického postupu pro zabetonování. Betonáž má být prováděna za chladného počasí, kde nedochází k roztažení fólie vlivem teploty a tím vzniku vrubů viz **Obr. 3**
- Na stěnách akumulačních komor byla provedena celoplošná sanace. Nejprve bylo provedeno otryskání a lokální reprofilace sanovaných konstrukcí. Následně byly provedeny vrty pro mechanické kotvení. Do vrtů pak byly vloženy inertní kotvy, které byly zakotveny pomocí chemických kotev. Na kotvy se upevnila síť z bazaltových vláken (**Obr. 4**), na kterou následně byla strojně nanесena vrstva sanační malty. Po vyžrání sanační malty byla aplikována celoplošně finální uzavírací hydroizolační stěrka, která byla vyhlazena. Na finální úpravy povrchů, které jsou ve styku s pitnou vodou musí být použit vždy materiál, který má atest na styk s pitnou vodou dle Vyhlášky č. 409/2005 Sb. **Obr. 6**

Obr. 2 Demolice stávajících konstrukcí a nahrazení novými konstrukcemi



Obr. 3 Použití folie do stropní desky. Vlevo nedodržení technologických podmínek (vznik „vrubů“, Vpravo dodržení technologických podmínek



Obr. 4 Použití inertní sítě ke kotvení sanačních hmot



Obr. 5 Po aplikaci sanační malty



Obr. 6 Aplikace finální stěrky



4.1.2 Úpravna vody Brníkov – použití přibetonávek

Při právě probíhající rekonstrukci úpravny vody Brníkov byla pro jednu z akumulčních nádrží, která vykazovala historicky značné netěsnosti, zvolena sanace stěn formou přibetonávky. Nová přibetonovaná konstrukce tl. 120 mm byla mechanicky kotvena ke stávající stěně **Obr. 8**. Zhotovitel se rozhodl betonovat přibetonávku stěn bez vložené drenážní fólie. Výsledný povrch stěn obsahoval velké množství „lunkrů“ (**Obr. 9**), které jsou pro akumulaci pitné vody nepřijatelné a z toho důvodu na stěny bude muset být aplikována celoplošně stěrka, která zajistí, aby finální povrch betonů byl homogenní a hladký.

Obr. 7 Přibetonávka po odbednění



Obr. 8 Mechanicky kotvená síť



Obr. 9 Povrch po odbednění



Obr. 10 Rozdíl v površích po odbednění při nepoužití a použití drenážní fólie



4.1.3 Příklady realizací použití vystýlek

Hlavní důvody použití vystýlek pro úpravy návodních líců vodohospodářských nádrží jsou:

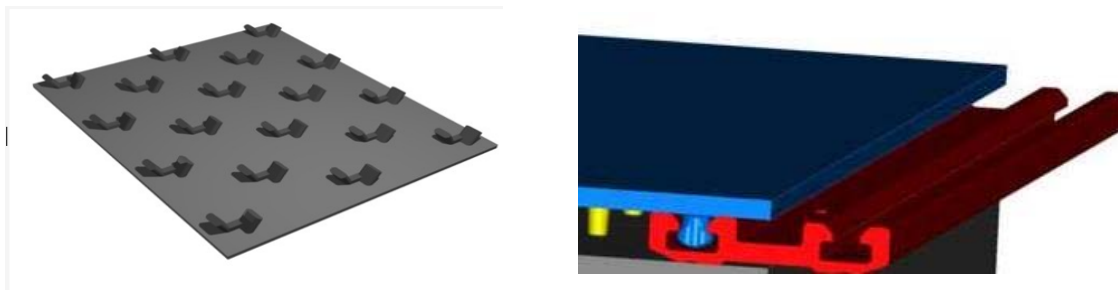
- Hygienické požadavky a požadavky na styk s pitnou vodou (Vyhl. 409/2005Sb.)
- Požadavky na dokonalou těsnost
- Požadavky na odolnost pro korozní působení
- Statická hlediska (trhliny)

Z hlediska materiálového se nejčastěji v naší praxi setkáváme s vystýlkami z termoplastů (PP,PE) nebo z nerezových plechů

Z hlediska použití a aplikace lze vystýlky rozdělit na:

- Vystýlky novostaveb nebo pro přibetonování
- Vystýlky dodatečné

Obr. 11 Vystýlky nových konstrukcí a dodatečné vystýlky



Obr. 12 Vystýlky nových konstrukcí a přibetonávek



Obr. 13 Dodatečné vystýlky před/po





5 Závěr

Podkladem pro návrh každého sanačního zásahu musí být odborně vypracovaný stavebně technický průzkum v podrobnosti odpovídající danému stupni projektové dokumentace a současně co nejhlubší znalost působení prostředí na konstrukci (zejména chemického složení a agresivního působení vody zadržované v nádrži)

Rozhodující podmínkou pro volbu mezi sanací původní konstrukce a jejím nahrazením novou je požadavek na staticky spolehlivé, provozně bezpečné, ekonomické a hygienicky nezávadné provozování díla po rekonstrukci až do příští revitalizace.

Jako alternativu k sanacím prováděným pomocí běžných systémů (neprofilačních, minerálních) je vždy třeba zvážit možnost užití celoplošných vystýlek či obkladů na návodním líci, a to z důvodů hygienických, překlenutí existujících aktivních trhlin, vodotěsnosti atd.

Důležitou roli kromě volby správného způsobu sanace je její správné provádění při dodržení technologických předpisů.

Literatura

- [1] ČSN EN 1990 ed.2. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

Ing. et Ing. Petr Jenýš

Sweco a.s.

Táborská 31, 140 16 Praha 4

Czech Republic

+420 724 057 613

petr.jenys@sweco.cz

www.sweco.cz

Využití neuronových sítí při minimalizaci nákladů na elektrickou energii při provozu vodovodů

Ing. Filip Mečír

doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

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

Abstrakt

Snižování nákladů na energie je v současné době, ovlivněné skokovým růstem cen, velmi diskutovaným tématem. Jednou z možností je „útěk“ na spotové trhy, druhou, často volenou, pak instalace fotovoltaických elektráren na vodárenské objekty a přilehlé pozemky. Plné využití potenciálu těchto možností je ovšem vázáno na možnosti časového přesunu výroby a přepravy pitné vody. Vzhledem k těmto požadavkům se jako východisko jeví využití neuronových sítí pro predikce spotřeby vody a optimalizačních algoritmů v rámci SCADA systémů.

Úvod

V souvislosti s energetickou krizí, která začala v roce 2022, se do popředí dostala problematika energetické náročnosti provozu vodárenské infrastruktury. K minimalizaci nákladů vedou různé cesty – v první řadě by to měla být snaha minimalizovat samotnou spotřebu elektrické energie a s ní spojené fixní a variabilní náklady. Fixními jsou zejména náklady spojené s rezervovaným příkonem. Jako druhý pilíř řešení se nabízí částečné pokrytí spotřeby elektrické energie vlastní výrobou v areálech provozovatele. Na rozdíl od čistíren nemáme na vodárenských objektech možnost pokrytí provozu pomocí kogeneračních jednotek na bioplyn, nabízí se ale časté využití fotovoltaických elektráren, případně i samotné energie vody – např. MVE Police nad Metují nebo vodojem Jesenice. Třetí možností je využití spotového trhu s elektřinou. V takovém případě je ale klíčové přesunout spotřebu elektrické energie v čase z období s vyššími cenami do cenově výhodnějších období v rámci dne, tedy přesunout v rámci technických možností objem výroby a přepravy vody v čase.

Vliv ceny elektřiny na výši vodného

Různé energie se na provozních nákladech promítnutých do vodného podílejí přibližně z 25 %. Z celkové výše vodného pak tvoří náklady na energie „jen“ okolo 7 %. [1] V roce 2021 se dle benchmarkingu MZe ve III. skupině provozovatelů¹ vodovodů promítaly energie do výše vodného v rozsahu cca 1,00 až 2,40 Kč/m³. V V. skupině provozovatelů byl rozsah větší – od 0,70 do cca 2,60 Kč/m³. S nárůstem cen za dodávku v roce 2022 a 2023 se pojily zvýšené výdaje – tyto ještě MZe nezveřejnilo.[2]

¹ Provozovatelé vodovodů jsou pro účely benchmarkingu MZe rozděleni do 7 skupin dle objemu fakturované vody (I. skupina > 30 mil. m³/rok až VII. skupina <0,012 mil. m³/rok)

Předpověď spotřeby vody

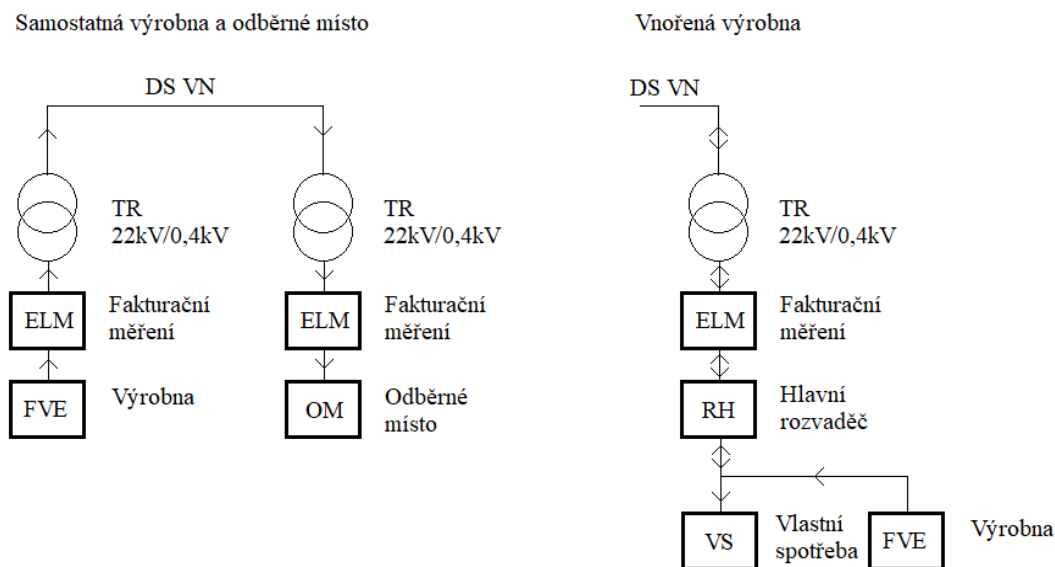
Přístupy mohou být rozdílné – od prostého využití dlouhodobě vypočítaných grafů spotřeby až po využití metod „umělé inteligence“ – různých druhů neuronových sítí. Krátkodobé předpovědi spotřeby pitné vody v zásobované oblasti mají zásadní význam pro efektivní řízení vodních zdrojů a rozhodování v případě energetické optimalizace. Pro tento účel byly v zahraničí zkoumány různé modely neuronových sítí, včetně umělých neuronových sítí (ANN), waveletových umělých neuronových sítí a neuronových sítí s dlouhou krátkodobou pamětí (LSTM). [3,4] Bylo zjištěno, že tyto modely jsou účinné při krátkodobém předpovídání potřeby vody, zejména při zohlednění dalších faktorů – např. meteorologických podmínek.[5,6]

Konkrétně sítě LSTM prokázaly vynikající výkon při zachycování dynamiky časové řady spotřeby vody, snížily časovou náročnost výpočtů a poskytly lepší výsledky než jiné modely, jako je autoregresní integrovaný klouzavý průměr (ARIMA), regrese s podpůrnými vektory (SVR) a tradiční modely neuronových sítí.[6,7]

Možnost zapojení fotovoltaiky

I predikce výroby elektřiny z fotovoltaické elektrárny je možná a zapojitelná do procesu optimalizace. Zde hraje hlavní roli způsob využití vyprodukované elektřiny. Prvotní rozhodnutí spočívá v tom, zda vyprodukovaná elektřina bude primárně spotřebovávána ve vodárenském objektu a až případné přebytky zobchodujeme do sítě, nebo zda veškerá vyprodukovaná elektřina bude dodána do sítě. Zde rozhoduje průměrný zisk z prodané kWh versus nákupní cena pro vodárenský objekt v době, kdy FVE produkuje a my jsme schopni tuto elektřinu spotřebovat. Toto rozhodnutí je učiněno před pořízením FVE – buď je připojena jako samostatná výrobná, nebo jako vnořená výrobná do odběrného místa – viz Obr. 1.

Obr. 1 Možnosti implementace FVE



V případě, že je výrobná vnořená a její produkce je primárně využívána pro provoz vodárenského objektu, má význam provádět predikci výroby elektrické energie – tato energie se pak do modelu genetického algoritmu vloží s nulovou cenou, neb je dostupná „zdarma“. Na trhu jsou již pro krátkodobou predikci výroby FVE nástroje – např. od UCEEB ČVUT.

Problematika rezervovaného příkonu

Ať už je odběrné místo vodárenského objektu připojeno k síti NN nebo VN, musí energetik řešit problematiku rezervovaného příkonu. Při připojení pomocí sítě nízkého napětí je to hodnota hlavního jističe, u odběrného místa připojeného do sítě vysokého napětí se jedná o hodnotu čtvrt hodinového maxima. Za její překročení jsou udělovány pokuty – z tohoto důvodu jsou na takových objektech regulátory čtvrt hodinového maxima. Pomocí analýzy dostupných dat (např. z analyzátoru sítě a z dalších zařízení) je možné ověřit vhodnost nasmlouvaného příkonu a případně odhalit možné způsoby jeho dalšího snížení. Hodnota rezervovaného příkonu pak navíc vstupuje jako jedna z okrajových podmínek do optimalizačního genetického algoritmu.

Proces optimalizace

Vzhledem k rozsahu optimalizační úlohy provozu skupinového vodovodu je nereálné řešení deterministické. Jako vhodná se jeví některá z metaheuristických metod, například metoda genetických algoritmů.

V takovém případě bude jedinec tvořen N-násobkem 24 nul a jedniček – nula značí neběžící čerpadlo/strojní zařízení v dané obchodní hodině, jednička značí jeho běh. N je zde počet čerpadel. Pro přehlednost je vhodné generovat jedince ve formě matice, nikoli vektoru – každý řádek pak odpovídá stavům jednoho čerpadla v průběhu plánovacího období – 24 hodin následujícího dne. Účelovou funkcí je pak cena spotřebované energie + různé formy tzv. penalizace – např. nedodržení požadovaných minimálních a maximálních hladin ve vodojemech. Vývojový diagram na Obr. 2 poskytuje náhled na samotný proces optimalizace. Nejdříve je vytvořena náhodná prvotní generace výše popsaných jedinců. Každému je přiřazena hodnota účelové funkce. Na základě její hodnoty jsou vybráni vhodní rodiče další generace (jedinci s nízkou hodnotou UF). Nová populace je vytvořena křížením a mutací těchto rodičů a jejím jedincům je přiřazena hodnota UF. Pokud je splněna předem daná podmínka ukončení algoritmu (maximální počet generací, nalezení uspokojivého řešení), je vybrán nejlepší jedinec. Pokud ne, cyklus výběru rodičů a jejich křížení se opakuje.

Obr. 2 Vývojový diagram genetického algoritmu [8]



Vstupem tohoto optimalizačního algoritmu pak jsou výstupy z predikce spotřeby vody v kroku jedné hodiny, dále spotové ceny elektřiny (a případné distribuční poplatky v případě budoucího zavedení SMART grids a nějaké formy zvýhodnění řízených odběrů), výkony jednotlivých čerpadel, objemy a požadované krajní hladiny ve vodojemech a další okrajové podmínky.

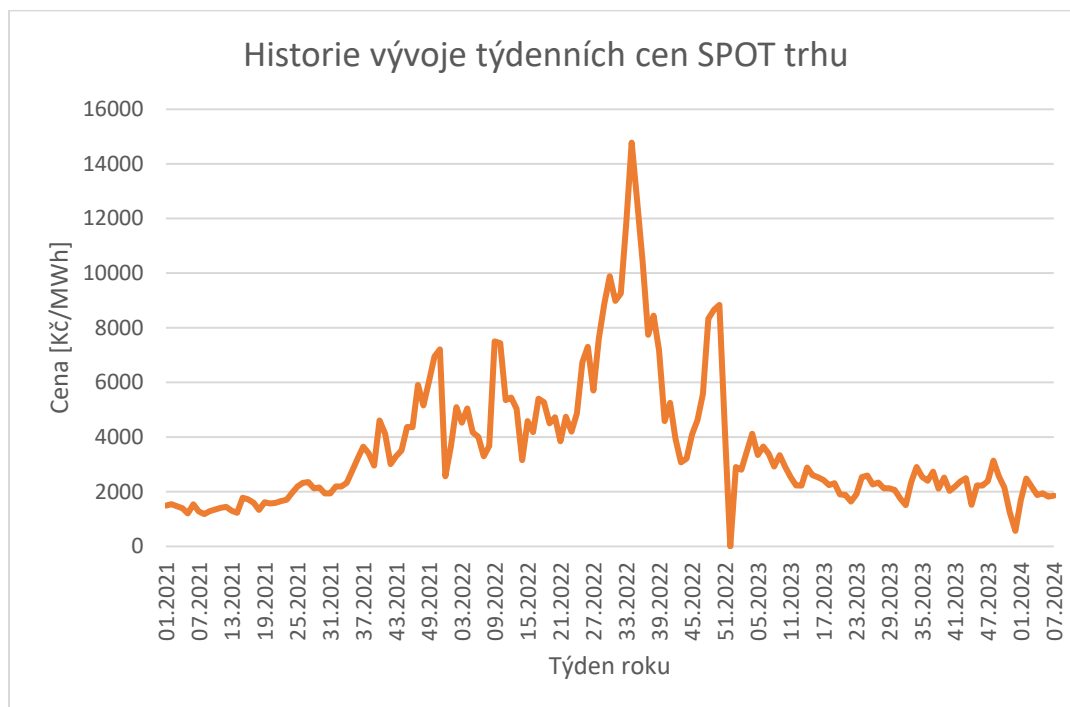
Po nalezení optimálního jedince by tento byl automaticky zanesen do SCADA systému tak, aby řízení probíhalo samostatně. Nadále by v systému SCADA zůstaly zachovány bezpečnostní mechanismy, které se v těchto systémech z pohledu řízení již nacházejí – vypínání čerpadel při dosažení maximálních hladin v akumulacích, náběhy čerpadel a úpraven na maximální výkon při poklesu pod stanovené hladiny atd.

Případová studie

Míra úspory záleží vždy na dané konkrétní lokalitě. V rámci pilotního ověření byla zkoušena lokalita jednoduchého spotřebiště s jedním VDJ a jednou ČS – vodu přebírá ze skupinového vodovodu. Průměrná denní doba běhu ČS je 3 hodiny. V roce 2023 bylo možné při využití spotových cen včetně poplatku zprostředkovateli dosáhnout obchodní ceny 2030 Kč/MWh (bez distribučních poplatků a stálých plateb). Oproti tomu zaslavněná obchodní cena elektřiny pro daný rok u dodavatele byla 4300 Kč/MWh. Využití spotových cen mohlo uspořit při optimalizaci běhu přes 50 % nákladů.

Jiná situace je u velkých vodárenských objektů a jejich skupin, kde míra využití je vyšší – zde není možné využít jen pár hodin s nejnižší cenou a úloha získává na komplexnosti, zvláště u oblastních a skupinových vodovodů s mnoha sériově zapojenými ČS a vodojemy. Rozdíl úspory pomocí spotového trhu s optimalizací a bez ní je okolo 5-7 %. Je nutné zde ovšem varovat před rizikovostí spotového trhu – viz situace v roce 2022, kdy průměrná cena elektřiny na spotovém trhu dosáhla 6186 Kč/MWh. Oproti tomu ale situace let 2021 (2516 Kč/MWh) a 2023 (2609 Kč/MWh) ukazuje na volatilitu ceny elektřiny na spotovém trhu v důsledku mezinárodní situace – viz Graf 1. [9,10,11]

Graf 1 Historie vývoje ceny na SPOT trhu dle OTE - přepočteno denním kurzem ČNB – dle [9-12]



Závěr

Příspěvek jasně ukazuje na potenciál využití neuronových sítí a optimalizačních algoritmů při minimalizaci nákladů na elektrickou energii při provozu vodovodů. Tyto technologie nabízejí sofistikované a efektivní metody pro predikci spotřeby vody a výroby elektřiny z fotovoltaických elektráren. To nám následně umožňuje přesnější plánování a strategie využití zdrojů.

Případová studie demonstruje, že využití spotových cen elektřiny a optimalizace běhu čerpadel může výrazně snížit náklady na energii. Nicméně, je důležité brát v úvahu i rizika spojená se spotovým trhem, jak ukázala volatilita cen elektřiny v minulých letech.

Celkově lze konstatovat, že kombinace moderních technologií a inovativních přístupů k optimalizaci energetických procesů může hrát klíčovou roli v efektivním a udržitelném provozu vodovodů, což je zásadní faktor v kontextu současné doby.

Citace

- [1] PRAŽSKÉ VODOVODY A KANALIZACE. *Cena vodného a stočného*. Online. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/zakaznici/cena/>. [cit. 2024-02-15].
- [2] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR. *Benchmarking VaK*. Online. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/benchmarking-vak>. [cit. 2024-02-02].
- [3] TIWARI, Mukesh K. a ADAMOWSKI, Jan. Urban water demand forecasting and uncertainty assessment using ensemble wavelet-bootstrap-neural network models. Online. *Water Resources Research*. 2013, roč. 49, č. 10, s. 6486-6507. ISSN 00431397. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/wrcr.20517>. [cit. 2024-01-24].
- [4] MENAPACE, Andrea; ZANFELI, Arielle a RIGHETTI, Maurizio. Tuning ANN Hyperparameters for Forecasting Drinking Water Demand. Online. *Applied Sciences*. 2021, roč. 11, č. 9, s. 6486-6507. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app11094290>. [cit. 2024-02-03].
- [5] FARAH, Elias; ABDALLAH, Amani; SHAHROUR, Isam; SHAHROUR, I.; XIE, X.-Y. et al. Prediction of water consumption using Artificial Neural Networks modelling (ANN). Online. *MATEC Web of Conferences*. 2019, roč. 295, č. 9, s. 6486-6507. ISSN 2261-236X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929501004>. [cit. 2024-02-05].
- [6] PACCHIN, E.; GAGLIARDI, F.; ALVISI, S.; FRANCHINI, M.; XIE, X.-Y. et al. A Comparison of Short-Term Water Demand Forecasting Models. Online. *Water Resources Management*. 2019, roč. 33, č. 4, s. 1481-1497. ISSN 0920-4741. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02213-y>. [cit. 2024-01-28].
- [7] FIRAT, Mahmut; YURDUSEV, Mehmet Ali; TURAN, Mustafa Erkan; FRANCHINI, M.; XIE, X.-Y. et al. Evaluation of Artificial Neural Network Techniques for Municipal Water Consumption Modeling. Online. *Water Resources Management*. 2009, roč. 23, č. 4, s. 617-632. ISSN 0920-4741. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9291-3>. [cit. 2024-01-28].
- [8] KOPECKÝ, Pavel. Genetické algoritmy a jejich možné použití k optimalizaci budov. Online. *Vytápění, větrání, instalace*. 2010, roč. 19, č. 2, s. 100-104. Dostupné z: https://www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2010-02_s100.pdf. [cit. 2024-02-05].
- [9] OPERÁTOR TRHU S ENERGIEMI. *Roční zpráva 2021*. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/rocn-zprava?date=2021-01-01>. [cit. 2024-02-15].
- [10] OPERÁTOR TRHU S ENERGIEMI. *Roční zpráva 2022*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/rocn-zprava?date=2022-01-01>. [cit. 2024-02-15].
- [11] OPERÁTOR TRHU S ENERGIEMI. *Roční zpráva 2023*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/rocn-zprava?date=2023-01-01>. [cit. 2024-02-15].
- [12] OPERÁTOR TRHU S ENERGIEMI. *Roční zpráva 2024*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/rocn-zprava?date=2024-01-01>. [cit. 2024-02-15].

Majetková evidence vodovodů – jaké jsou možnosti využití?

Ing. Lubomír Macek, CSc., MBA

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

Úvod

Vedle toho, co známe jako majetkovou a provozní evidenci, kdy se každoročně podává hlášení vodoprávním úřadům si majetkovou evidenci můžeme představit jako informační systém, který sbírá data o vodovodní síti a objektům vodárenské infrastruktury s několika cíli: (1) manažerům přinášet dobrý přehled o vlastněné/spravované infrastruktuře, (2) rychle přinášet informace o dlouhodobých a střednědobých potřebách finančních prostředků na obnovu infrastruktury, (3) soustředit na jednom místě všechny dostupné informace pro hodnocení stavu infrastruktury a možných úspor finančních prostředků při prodlužování její životnosti, (4) umožnit týmovou spolupráci a (5) mít data majetkové evidence totožná a ve stejné podrobnosti jako jsou data v GIS nebo účetní evidenci. Postupným budování takového informačního systému, plněním a kontrolami dat a přidáváním nové funkčnosti spolu s nově se objevujícími potřebami můžeme podrobnou majetkovou evidenci použít jako základ nejen pro podávání hlášení státu, současně budeme mít základ pro hodnocení stavu infrastruktury.

V tomto příspěvku se budeme zabývat zejména dlouhodobým hmotným majetkem - se zaměřením na infrastrukturní majetek.

K čemu je majetková evidence? –účetnictví

Majetkovou evidenci je nutné vést kvůli splnění požadavků Zákon č. 563/1991 Sb. o účetnictví. Cílem účetní evidence majetku je mít řádný přehled o infrastrukturním majetku a jeho reprodukčních pořizovacích cenách. Pořizovací ceny dlouhodobého majetku je složité používat pro ocenění stávajícího stavu,. Některé prvky infrastrukturního majetku mohou být starší, než byla předpokládána daňová a účetní životnost, to znamená, že nemají žádnou účetní hodnotu. Můžeme například najít vodojemy staré 120 let a stále sloužící apod. Jiným problémem, na který můžeme narazit, pokud bychom chtěli přepočítávat historické pořizovací ceny na ceny současné je to, že v průběhu socialismu docházelo ke křížovému usměrňování cen, to jednoduše řečeno znamená, že když zdražilo máslo, zlevnily se lokomotivy, a tak vývoj cen neodpovídá vykazované inflaci. Při oceňování majetku bratislavské vodárenské společnosti jsme se pokusili o přepočet historických pořizovacích cen za pomoci průměrné roční inflace, ale výsledky měly příliš velký rozptyl a byly v podstatě nepoužitelné v časovém rámci překračujícím století. Několik citací ze zákona o účetnictví:

„§ 30 (2) Inventurní soupisy jsou průkazné účetní záznamy, které musí obsahovat a) skutečnosti podle odstavce 1 tak, aby bylo možno zjištěný majetek a závazky jednoznačně určit,

Podle paragrafu 6 jsou účetní jednotky povinny inventarizovat majetek podle § 29 a 30. Dále § 24 bod 1 Účetní jednotky jsou povinny oceňovat majetek a závazky způsoby podle ustanovení tohoto zákona, ... a bod 3 odstavce 2 Pokud nelze ocenit jednotlivé složky majetku postupem podle ocenění jednotlivých složek majetku podle § 25 ocenění účetní jednotka jednotlivé složky majetku podle zvláštního právního předpisu.

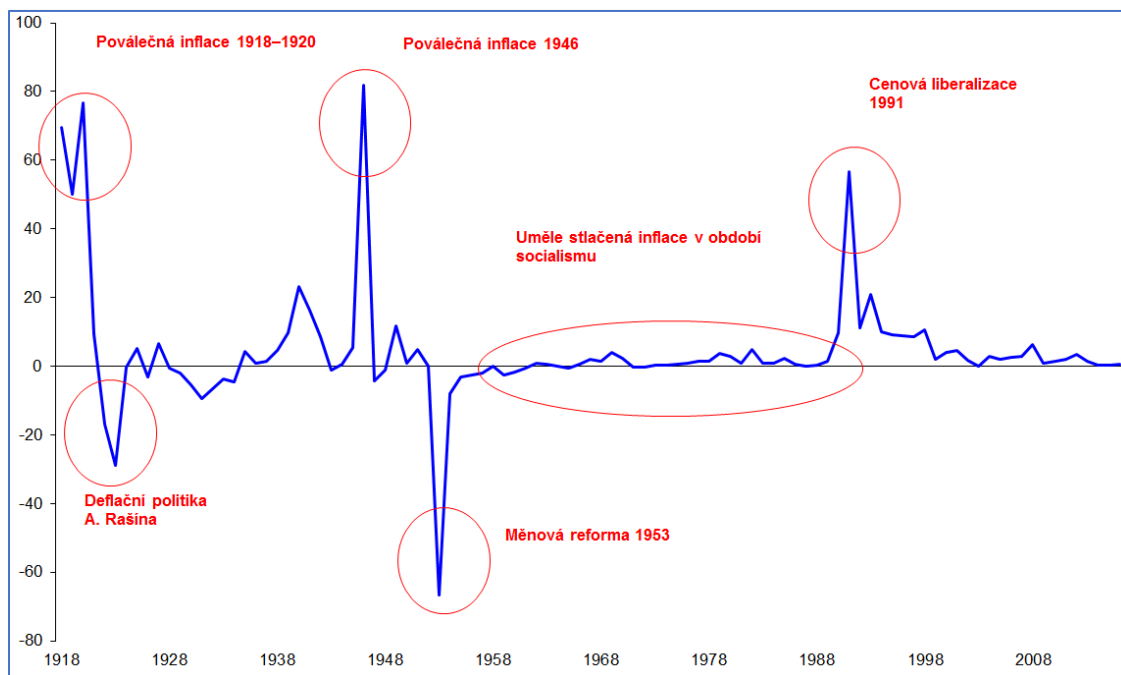
§ 25 ... Ceny.. k) majetek v případech bezúplatného nabytí, s výjimkou majetku uvedeného pod písmenem e), anebo majetek v případech,

(4) Pro účely tohoto zákona se rozumí

a) pořizovací cenou cena, za kterou byl majetek pořízen a náklady s jeho pořízením související,

b) reprodukční pořizovací cenou cena, za kterou by byl majetek pořízen v době, kdy se o něm účtuje“

Obr. 1 Vývoj inflace v ČR v období 1918 – 2016 (ČNB)



§ 29 (1) Účetní jednotky inventarizací zjišťují skutečný stav veškerého majetku a závazků a ověřují, zda zjištěný skutečný stav odpovídá stavu majetku a závazků v účetnictví...

K čemu je majetková evidence? – využití a správa majetku

Praktické využití, když pomineme účetní povinnosti jako jednu velmi praktickou část, má majetková evidence pro využití majetku, jeho správu, kontrolu, údržbu a obnovu. Jasným účelem majetkové evidence je mít možnost daný prvek infrastruktury najít v území.

V dobách analogových se pro tyto účely používaly pasporty vodovodů – kreslené mapy ve shodném měřítku jako mapy technické, nejčastěji v měřítku 1 : 500. Dnes, jak se stále zdokonaluje digitalizace, jsou vytvářeny digitální pasporty vodovodů, které mají v podstatě stejný obsah jako měly papírové mapy. U složitějších objektů jako jsou zdroje vody, úpravní vody, čerpací stanice a vodojemy jsou tyto digitální pasporty doplněny výkresy objektu – půdorysy, řezy, detaily a pohledy.

Stále víc majitelů a provozovatelů vodáren přešlo a přechází na geografický informační systém s připojenou interní nebo externí databází, kde jsou uvedeny známé parametry objektu. To představuje podstatně větší množství práce než jen zakreslit trubky do mapy.

1. Lokalizace infrastrukturního majetku

Jako první a nejdůležitější je vědět, kde se tento infrastrukturní majetek vyskytuje, a jaké má technické parametry.

Například u potrubí je evidován obecný materiál, DN nebo vnitřní průměr, méně často PN nebo tloušťka stěny, poloha v souřadnicích Jtsk, název řadu a jednotlivé objekty jsou vyznačeny značkami a zkratkou a číslem objektu – například HP 125 (hydrant podzemní, číslo 125). U pasportů vodovodu velmi často chybí informace o nadmořských výškách. Použitelná informace je o rychlosti proudění, tlakových ztrátách, místech lokálních výškových extrémů, kde se mohou tvořit vzduchové nebo kalové kapsy apod.

Na následujícím dvou obrázků je zobrazen pasport vodovodu a) jako mapa a b) jako digitální dvojče této mapy. Pro lidskou potřebu je mapa jediný možný způsob použití, pokud ovšem data zpracováváme strojově, používáme spíše druhou variantu – místo kresby čísla a data. Důležitou otázkou je také to, zda budete pasport tvořit v podobě GISu, nebo již rovnou jako data rovnou využitelná i pro simulační model. Jistě víte, že se zabýváme i těmito otázkami, kdy vyvíjíme program Siteflow, který je využitelný pro pasportizaci, automatizaci projektování a simulační modelování vVaK.

Obr. 2 a Pasport vodovodu – slepá mapa



Obr. 2 b Pasport reprezentovaný v datech

Uzly:												Úseky:												
idobjektu	rok	druh	lokality	idobj_uzel	x	y	z	typ	terén	idobj_baveni	idobj_vylo	idobjektu	rok	druh	lokality	idobj_uzel	idobj_catek	idobj_nec	nazov	popis	vytvoril	zmenil	vytvoreno	
1	2022	V	Mukařov 1	-720533,555	-1055924,451	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 1	1	2				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 2	-720533,000	-1055924,520	0,000	2018008164	0,000				1	2022	V	Mukařov 2	2	3				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 3	-720531,671	-1055923,814	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 3	3	4				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 4	-720528,395	-1055922,640	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 4	4	5				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 5	-720525,579	-1055920,310	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 5	5	6				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 6	-720520,350	-1055916,770	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 6	6	7				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 7	-720515,030	-1055914,129	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 7	7	8				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 8	-720511,239	-1055912,830	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 8	8	9				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 9	-720509,679	-1055912,310	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 9	9	10				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 10	-720502,899	-1055910,470	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 10	10	11				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 11	-720497,699	-1055909,070	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 11	11	12				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 12	-720491,899	-1055907,930	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 12	12	13				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 13	-720486,330	-1055907,750	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 13	13	14				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 14	-720484,160	-1055907,360	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 14	14	15				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 15	-720478,170	-1055907,040	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 15	15	16				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 16	-720485,410	-1056791,919	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 16	16	17				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 17	-720485,460	-1056791,570	0,000	2018008164	0,000				1	2022	V	Mukařov 17	17	18				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 18	-720486,670	-1056785,159	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 18	18	19				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 19	-720487,399	-1056781,129	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 19	19	20				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 20	-720488,309	-1056775,010	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 20	20	21				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 21	-720490,039	-1056766,240	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 21	21	22				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 22	-720491,000	-1056761,790	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 22	22	23				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 23	-720492,050	-1056755,980	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 23	23	24				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 24	-720492,920	-1056750,960	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 24	24	25				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 25	-720493,980	-1056745,020	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 25	25	26				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 26	-720495,480	-1056737,540	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 26	26	27				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 27	-720497,230	-1056728,139	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 27	27	28				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 28	-720498,770	-1056719,830	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 28	28	29				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 29	-720500,890	-1056707,730	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 29	29	30				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 30	-720503,120	-1056698,169	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 30	30	31				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 31	-720504,210	-1056692,960	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 31	31	32				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1
1	2022	V	Mukařov 32	-720505,289	-1056684,850	0,000	0	0,000				1	2022	V	Mukařov 32	32	33				-650719382	-650719382	29.12.2023	15:1

2. Stáří infrastrukturního majetku a faktory ovlivňující jeho životnost

Další velmi důležitou položkou je informace o stáří infrastrukturního majetku, od kterého se odvíjí daňová a účetní životnost objektu i předpokládaná teoretická celková životnost daného prvku.

Životnost ovlivňuje celá řada dalších faktorů, jako je

- Výrobce, použitý materiál a jeho parametry, zda se jedná o čistý materiál a byly použity úplné a správné postupy, nebo obsahuje příměsi, nebo byl vyroben postupy tak, aby byl daný výrobek levnější nebo aby výrobce víc vydělal, což má ovšem vliv na životnost,
- Dodavatel výrobku, kde jsou zejména důležité postupy manipulace a skladování. Nevhodné skladování může mít za následek omezenou či nulovou životnost některých plastů,
- Zhotovitel a způsob výstavby a montáže, kde platí to samé o dodržení technologických postupů a technologické kázně,
- Politické vlivy, např. tlak na zrychlené uvedení do provozu,
- Lidský faktor v celé jeho šíři ve všech částech dodavatelsko – odběratelsko - vlastnicko-správcovského řetězce.

Tyto parametry se hůře zaznamenávají a často je nemožné získat k těmto parametrům bližší informace.

Další parametry, které mohou ovlivňovat životnost prvků infrastruktury jsou parametry externího prostředí, jako jsou:

- Hloubka uložení a způsob uložení/založení,
- Vlastnosti prostředí .- povrch a podzemí – zde se jedná například o intenzitu dopravního zatížení, zejména TNV, hladinu a kolísání hladiny podzemní vody, zásahy/výkopy v okolí, pedologické a geologické vlastnosti podzemí, apod.

Projevem stárnutí a působení obou skupin parametrů jsou poruchy infrastruktury. Pokud máme k dispozici základní informace o infrastruktuře a o jejím stáří, pak můžeme sestavovat automatizované dlouhodobé s střednědobé plány obnovy, viz obr. 3.

Obr. 3 Plán obnovy dle požadavků MZe ČR sestavený z dat evidence majetku automaticky

Č.j.:						Razítko vlastníka a podpis statutárního zástupce:						
Datum schválení:												
Způsob výpočtu: Odložená tvorba prostředků podle stáří						PO13322392-DB2083-202402081753-macek						
Poř. č.	Majetek podle skupin pro vybrané údaje majetkové evidence	Hodnota majetku v reprodukční pořizovací ceně ** podle VÚME v mil. Kč na 2 desetinná místa	Stav majetku vyjádřený v % opotřebení	Teoretická doba akumulace finančních prostředků	Délka potrubí v roce schválení plánu	Finanční prostředky zajišťované na obnovu* vodovodů a kanalizací v mil. na 2 desetinná místa						
						2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027 - 2031
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	Vodovody přiváděcí řady + rozvodná vodovodní síť	515,02	47,33	80	97,57	0,00	+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3						++	0,00	14,06	14,06	13,15	13,15	61,55
4	Úpravny vody + zdroje bez úpravy	18,34	98,30	45	0,00	0,00	+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5						++	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04	0,18
6	Technologie ***	x		15	x	x	+	x	x	x	x	x
7						++	x	x	x	x	x	x
8	Vodovody celkem	533,36	Prostředky z vodného, řádky:		0,00	+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9			Finanční prostředky ostatní.			++	0,00	14,09	14,09	13,18	13,18	61,74
10	Kanalizace, přiváděcí stoky + stoková síť			90		+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11						++	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Čistírny odpadních vod			40	x	+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13						++	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	Technologie ***	x		15	x	x	+	x	x	x	x	x
15						++	x	x	x	x	x	x
16	Kanalizace celkem	0,00	Prostředky ze stočného, řádky:		0,00	+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17			Finanční prostředky ostatní.			++	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	CELKEM	533,36					0,00	14,09	14,09	13,18	13,18	61,74
19	Celkem řádky 2, 4, 10, 12					+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	Celkem řádky 3, 5, 11, 13					++	0,00	14,09	14,09	13,18	13,18	61,74

3. Pozemky, věcná břemena a ochranná pásma

Důležitou, byť často trochu zanedbanou agendou spojenou s evidencí infrastrukturního majetku jsou pozemky, po kterých vedou jednotlivá vodovodní a kanalizační potrubí, kabely NN a datové kabely a s nimi spojená vlastní věcná břemena.

Další částí spojenou s majetkoprávními vztahy, jsou místa, kde se vodovody kříží se sítěmi jiných provozovatelů, jako plynovody, silové a datové kabely, a kde je nutné například definovat podmínky Pro práce ve vlastních ochranných pásmech.

4. Inspekce a údržba, obnova

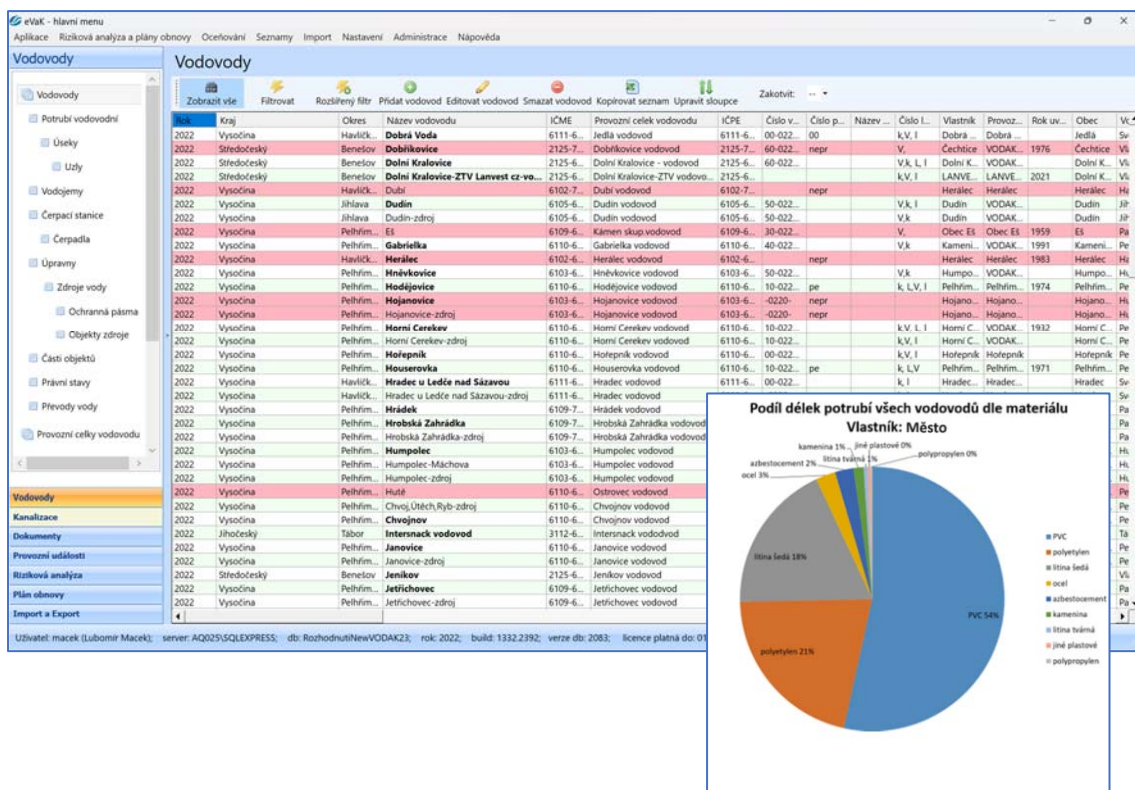
Ukládání informací, které přispějí k udržení nebo prodloužení životnosti, mezi které spadají informace z terénní inspekce povrchu řadů, fotografie a informace o vyjmutých kuponech, v podstatě o všech destruktivních i nedestruktivních zkouškách, včetně informací o provedené plánované i neplánované údržbě, včetně zaznamenání informací o provedené obnově..

5. Manažerské potřeby

Pro rychlý přehled o infrastruktuře postačuje pasport v podobě GISu, nedává však dostatek informací pro manažery, kteří potřebují data nejen v té hrubé podobě, jako na obr. 2, ale v podobě souhrnné, tabelární a grafické. Na obr. 4 je ukázka takového výstupu, kde je možné pro všechny vodovody, které tvoří majetkové celky, snadno získávat informace o potrubí – podíl jednotlivých trubních materiálů, průměrů potrubí a stáží potrubí.

V tabulce majetkové evidence máte podrobná i sečtená data jednotlivých majetkových celků, které můžete zobrazit také v grafické podobě. Ukázky jsou s programu evaK[®] - majetkové a provozní evidence vodovodů a kanalizací s plány obnovy a dalšími agendami pro sběr a analýzu dat o vodovodní infrastruktuře. Jedná se o vodohospodářský technicko-ekonomický informační systém, který má data v Microsoft SQL Serveru. Jedná se zároveň o multidimenzionální databázi, která představuje datové dvojče vodovodů. evaK vyvíjíme od roku 2002 a pomáháme splnit potřeby jednotlivých uživatelů s cílem naplnit potřeby majetkové (a provozní) evidence.

Obr. 4 Sumární přehledy z dat majetkové evidence



6. Majetková evidence a simulační model vodovodu

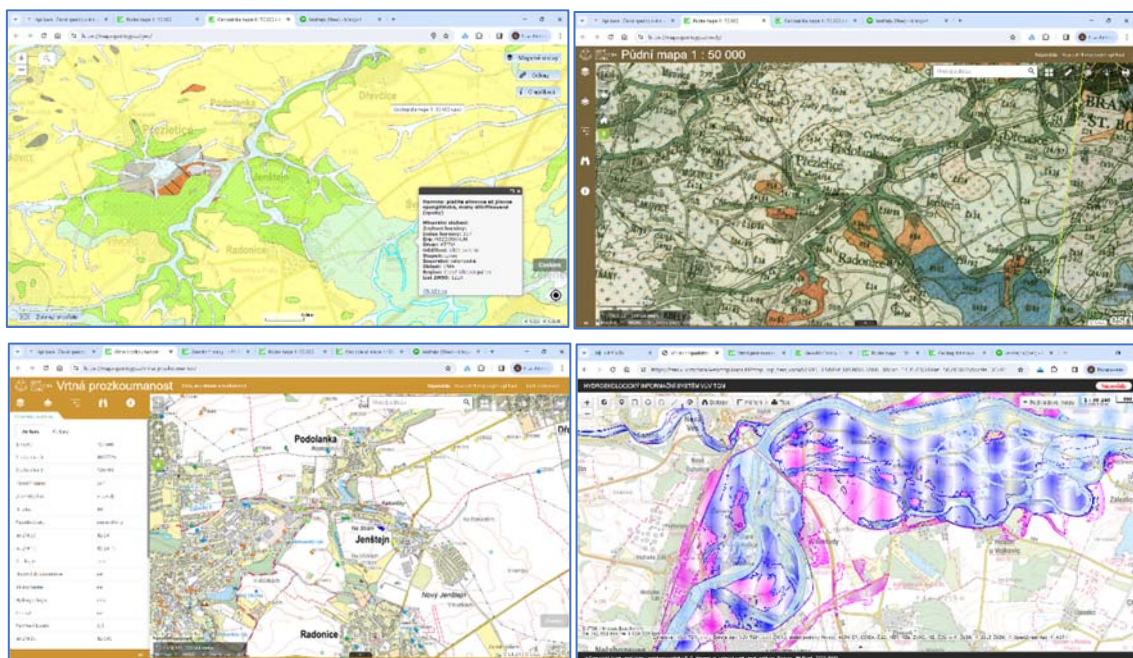
V neposlední řadě jsou data majetkové evidence základem pro sestavení simulačního modelu vodovodu.

Jaké jsou možnosti využití GISu pro stanovení stavu infrastruktury?

Když se podíváme na stav GISu vodovodů, aneb pasportů vodovodů, jedná se v lepším případě o grafiku (úsečky, polyčáry, značky typů objektů) s doprovodnými popisnými informacemi. K tomu mohou být připojeny provozní informace, zejména místa výskytu poruch.

Současný rozvoj online mapování dává dobré podklady, které by bylo do jisté míry možné využít pro stanovování opatření ke zvýšení životnosti, nastavení plánů údržby nebo plánu průzkumů pro klíčové části infrastruktury nebo v oblastech s vyšším výskytem poruch. Na obr. 5 je ukázka možných podkladů pro hodnocení rizika spojená s životností u potrubí – geologická a pedologická mapa.

Obr. 5 Geologická a pedologická mapa 1 : 50 000, vrtná prozkoumanost, oblast Přezletice - Jenštejn (Česká geologická služba) a rozliv při Q100 a Q500, oblast Veltrus (HEIS, VÚV Praha)



Závěr

Vyhotovovat samostatnou majetkovou evidenci, tzv. MPE pouze pro účely hlášení státní moci je podle mého názoru zbytečným luxusem, na který nejsou čas a peníze. Majetková evidence musí vycházet ze základních dat – u potrubí z geografického informačního systému, u objektů z účetní evidence majetku a případně z technických informací k tomuto majetku. Některé mohou být také uložena v GIS. Data z GISu jsou pak načítána a agregována a analyzována v dalším software, jako v našem případě v eVaKu. Taková majetková evidence, která představuje datové dvojče vodovodu, umožňuje uživatelům pružně reagovat na okamžité s e objevující potřeby. eVaK obsahuje kromě velmi podrobné majetkové evidence také střednědobé a dlouhodobé plány obnovy, evidenci provozních událostí, kamerových prohlídek a chce být systémem, který pomáhá při vyhodnocování životnosti jednotlivých objektů.

AVK VOD-KA a.s.

VÁŠ DODAVATEL KVALITNÍCH ARMATUR

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



@avkvodka



@avkvodka

www.avkvodka.cz



technologie pro život

Čerpadla a čerpací stanice



Kamerové systémy do potrubí



Chlorová dezinfekce



Ozonizace



Detekce plynů



Vřetenová čerpadla



UV dezinfekce



Příslušenství potrubí a sítí



DISA s. r. o.

Barvy 784/1 | CZ - 638 00 Brno
+420 548 141 211 | www.disa.cz | info@disa.cz

DISA PLUS s. r. o.

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

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...

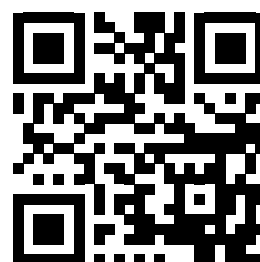
DoDo Technik s.r.o.,

Ocelářská 1354/35, 190 00 Praha

dodo@dodotechnik.cz

+420737302007

www.dodotechnik.cz





Hawle.live

Digitalizace pro trvale udržitelné zásobování pitnou vodou



made for generations.

hawle.cz



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

ZVEME VÁS NA ODBORNÉ SEMINÁŘE **PAM ACADEMY TOUR 2024,** které se konají od 6. března do 13. června v celkem 21 městech po celé České republice.

Na seminářích se seznámíte
s výhodami řešení z tvárné litiny,
komplexním přehledem systémů z tvárné litiny,
příklady užití ve speciálních konstrukcích, připravovanými
novinkami atd. Nebudou chybět praktické ukázky ochran potrubí, přehled
těsnících a zámkových spojů, krácení trubek, práce s poklopy a mnoho dalšího.

- 6. března **BEROUN**, Mostníkovská 255/3 (VAK Beroun)
- 7. března **BENEŠOV**, Černoletská 1600 (VHS Benešov)
- 13. března **BRNO**, Pisárecká 55/1a (BVK)
- 14. března **VYŠKOV**, Brněnská 410/13 (VAK Vyškov)
- 20. března **MLADÁ BOLESLAV**, Čechova 1151 (VAK MB)
- 21. března **LIBEREC**, Sladovnická 1082 (SČVK)
- 3. dubna **PLZEŇ**, Nerudova 982 (VaK)
- 4. dubna **CHEB**, Tršnická 4/11 (CHEVAK)
- 10. dubna **HRADEC KRÁLOVÉ**, V. Nejedlého 893 (VAK HK)
- 11. dubna **PARDUBICE**, Teplého 2014 (VAK Pardubice)
- 17. dubna **ŠUMPERK**, Jílová 2769/6 (ŠPVS)
- 18. dubna **BRUNTÁL**, Tř. práce 1445 (VAK Bruntál)
- 24. dubna **PRAHA**, Tháškova 2077/7 (ČVUT)
- 25. dubna **KLADNO**, U vodojemu 3085 (Vodárny Kladno-Mělník)
- 21. května **TŘEBÍČ**, Kubišova 1172 (VAK dobrovolný svazek obcí)
- 29. května **NÁCHOD**, Kladská 1521 (VAK Náchod)
- 30. května **TEPLICE**, Přítkovská 1689 (SČVK)
- 5. června **UHERSKÉ HRADIŠTĚ**, Za Olšávkou 290 (SVAK)
- 6. června **JIHLAVA**, Hruškové Dvory 123 (VAK Služby Jihlava)
- 12. června **OSTRAVA**, 28. října 1235/169 (SMVAK)
- 13. června **VSETÍN**, Jasenická 1106 (VAK Vsetín)



Těšíme se na Vás ...

Semináře jsou registrovány
v ČKAIT a oceněny 1 bodem.
Více na www.pamlinecz.cz

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 PAPERSEM



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





Zveme vás na školení
s praktickou ukázkou instalace

PRIMUS LINE

technologie pro bezvýkopovou
obnovu tlakových potrubí

Řešíte jak opravit stávající tlakové potrubí:

- › přes ohyby až do 45°, případně více ohybů?
- › v délkách do 1 000m a více v jednom úseku?
- › přes malé montážní jámy?
- › zvýšit provozní tlak nezávisle na stávajícím potrubí?
- › minimalizovat dobu odstávky?
- › omezit vliv stavby na dopravu a obyvatele?
- › potrubí vedené na mostních konstrukcích?
- › potrubí v kolektorech?
- › rychle?

Potom přijďte na školení!

17. 4. 2024 VYŠKOV - Hotel Allvet

23. 4. 2024 CHEB - Svoboda Cheb

24. 4. 2024 DOBŘICHOVICE - Hotel Panská Zahrada

Toto školení je určeno pro všechny
projektanty, provozní a investiční pracovníky.

Program školení:

9:00

Registrace

9:15

Úvod a představení technologie
PRIMUS LINE (*materiál, příruby,
tlakové řady*), popis instalačního
procesu

10:00

1. část praktické ukázky:
Zatažení vložky do připraveného
potrubí + přeformování vložky
tlakovým vzduchem

10:30

Coffee Break

10:45

Příklady z realizovaných projektů
a diskuze

12:00

2. část praktické ukázky:
Instalace konektorů

12:45

Oběd

V případě zájmu, diskuze.

Školením vás provede:

- › Ing. Otakar Cígler
RÄDLINGER PRIMUS LINE GMBH
- › Ing. Markéta Mazlová
TRASKO BVT, s.r.o
- › Instalační tým společnosti
TRASKO BVT, s.r.o
pod vedením Petra Zedníka

Svoji účast potvrďte na:

Ing. Dana Luptáková

M: +420 775 738 234

E: d.luptakova@trasko.cz

TRASKO BVT

PRIMUS  **LINE**

■ 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 EKN® H Uzavírací klapka Zelená úsporám vašeho čerpadla

- **Hydrodynamický disk**
snižuje tlakovou ztrátu klapky
- **Kompenzační otvory**
zmenšují turbulence za čepy
- **Zvětšená průtočná plocha**
garantuje větší průchodnost klapky



Bezvýkopové technologie
- Berstlining, relining



Vodovody



Kanalizace



Vodojemy



Čistírny odpadních vod



Stavby občanské vybavenosti



Vodohospodářské stavby Javorník – CZ s.r.o.
Benátky 17, 698 01 Veselí nad Moravou
www.vhsjavor.cz



Realizujeme:

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

www.vhs-brno.cz



VODA
ŽELIVKA

MEDIÁLNÍ PARTNEŘI KONFERENCE

STAVEBNISERVER.com

VODARENSTVI.cz

časopis
stavebnictví

 ***vodní
hospodářství®***

vodovod.info



vodárenský portál
www.vodovod.info