

VODA ZLÍN 2023

VODOHOSPODÁŘSKÁ KONFERENCE – HOTEL ZLÍN 9. – 10. 3. 2023

Sborník příspěvků

VODA ZLÍN 2023

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

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

1. vydání, březen 2023

Náklad: 280 ks

Sborník neprošel jazykovou úpravou.

POŘADATEL KONFERENCE



Společnost **MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.**, člen skupiny Veolia Česká republika, je provozovatelem vodohospodářské infrastruktury pro města, obce a průmyslové podniky v okresech Olomouc a Prostějov, kde zajišťuje provoz a servis 1 250 km vodovodních a 650 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 226 477 obyvatel a v oblasti odkanalizování odpadních vod pro 163 540 obyvatel, ve všech regionech svého působení. Neustále se snaží hledat nové způsoby, jak zvýšit efektivitu práce a své úsilí zaměřuje na zlepšování výkonů ve všech oblastech, aby byla synonymem pokroku a vyspělosti, a to nejen v oblasti inovací a zlepšování technologií, ale i závazků vůči svým zákazníkům. V oblasti ekologické usiluje o minimalizaci svých negativních dopadů na okolí ve vztahu k životnímu prostředí a veřejnosti a v oblasti bezpečnosti práce dbá o zajišťování bezpečnosti a ochrany zdraví svých zaměstnanců.

Od 1. ledna 2015 je skupina Veolia v České republice řízena jednotně. Vznikla jednotná struktura řízení aktivit vodárenství, teplárenství a odpadového hospodářství pod společnou značkou Veolia. Celá skupina se aktivně řídí společnými hodnotami, mezi které patří odpovědnost, solidarita, respekt, inovace a orientace na zákazníka.

POŘADATEL KONFERENCE



Vodárna Zlín a.s.

Od 1. 7. 2022 bylo zahájeno provozování vodárenské infrastruktury na Zlínsku novou provozní společností Vodárna Zlín a.s. (www.vodarnazlin.cz), která k tomuto datu nabyla od společnosti MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s. část jejího obchodního závodu sloužící k provozování vodovodů a kanalizací.

Společnost Vodárna Zlín a.s. působící ve zlínském regionu, provozuje celkem 7 úpraven vod, 104 vodojemů, 13 čistíren odpadních vod a zajišťuje servis pro 1 129 km vodovodních a 765 km odpadních sítí. Pro kontakt se zákazníky slouží 2 zákaznická centra ve Zlíně a Slavičíně. Nonstop mohou zákazníci využívat zákaznickou linku 705 696 696.

Společnost provozuje služby v oblasti pitných vod pro 173 289 obyvatel a v oblasti odkanalizování odpadních vod pro 146 973 obyvatel, v celém regionu svého působení. Společnost se snaží hledat způsoby, jak zvýšit efektivitu práce a své úsilí zaměřuje na zlepšování výkonů ve všech oblastech, aby byla synonymem pokroku a vospělosti, a to nejen v oblasti inovací a zlepšování technologií, ale i vůči svým zákazníkům.

PARTNEŘI KONFERENCE



Podíl SOVAK ČR na vývoji regulačního prostředí ve vodárenství ČR	8
Vojtěchovská Šrámková Michaela	
Úskalí plnění požadavku taxonomie pro vodárenské objekty	12
Beneš Ondřej	
Potenciál rozvoje Ostravského oblastního vodovodu	18
Pšenička Anatol	
Aktuální priority hygienického dozoru nad vodami	24
Javoříková Eva	
Technologie úpravy vody v kontextu s novými požadavky na jakost pitné vody	28
Kučera Tomáš	
Odstraňování huminových látek z vody granulovaným aktivním uhlím	34
Barloková Danka	
Strategie rozvoje fotovoltaických elektráren na vodohospodářských objektech	40
Melč Milan	
Cílené odstraňování radionuklidů z pitné vody – historie a současnost	52
Šinágllová Růžena	
Uvolňování radionuklidů z úpravy vody z podzemních zdrojů	56
Jurkovská Hana	
Význam EPD, LCA/TCO a jejich přínos pro vodohospodářský sektor, aplikace u trub z tvárné litiny ...	61
Barborik Juraj	
Hodnocení technologických vlastností vápenného hydrátu pro předúpravu podzemní vody	66
Zamazal Marek	
Hledání vápenato-uhličitánové rovnováhy z pohledu provozovatele	73
Bábíček Richard	
Výskyt dusičnanů v podzemní vodě v době kůrovcové kalamity	79
Jedličková Zdeňka	
Protirázová ochrana – možnosti a ukázky řešení	85
Kratěna Jiří	
Úpravna vody Hradec Králové – rekonstrukce II. etapa - realizace rekonstrukce a poznatky z komplexních zkoušek díla před uvedením do zkušebního provozu	91
Fojtíková Dita	

Implementace nových technologií na úpravě vody Želivka	97
Riederová Eva	
Environmentální posouzení provozů ÚV Plzeň a ČOV Plzeň metodou LCA	103
Klimtová Martina	
Poloprovozní testy dvouvrstvé filtrační náplně písek-antracit na ÚV Kněžpole	109
Halasová Pavla	
Vliv antropogenní činnosti na kvalitu vod nejen v CHKO Moravský kras	115
Halešová Taťána	
Odstraňování mikropolutantů pomocí sorpce na bentonitu a fotochemické oxidace	120
Kvaček Robert	
Vodní mikroturbíny pro vodárenství	127
Nowak Petr	
Malá vodní elektrárna ve VDJ Jesenice	132
Tomek Miroslav	

Pátek 10. 3. 2023

Smart metering ve vodárenství	139
Kilián Pavel	
Možnosti využití regulačních ventilů Cla-val s režimem BLACKOUT	144
Ševčík Jiří	
Sanace ocelových vodovodních přivaděčů až do průměru DN1200 – ukázky technologie ze staveb ...	149
Šnajdr Daniel	
Generel skupinového vodovodu města Znojma – progresivní přístup k problematice kvality pitné vody během její distribuce	153
Lušovský Michal	
Rekonstrukce vodojemu Flora – Podolské komory	159
Jenýš Petr	
Odstranění havarijního stavu odběrného objektu Solenice	164
Zrostlík Štěpán	
Využití simulačního modelu k řešení nedostatečné dodávky vody do průmyslového areálu	169
Macek Lubomír	
Možnosti vyhledávání úniků vody z potrubí pomocí detektoru Leakpen	175
Ričl Michal	
Inzeráty	178

Podíl SOVAK ČR na vývoji regulačního prostředí ve vodárenství ČR

Mgr. Michaela Vojtěchovská Šrámková, Ph.D.

Ing. Miloslav Vostrý; Ing. Vilém Žák

Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z.s.

Abstrakt

SOVAK ČR sdružuje společnosti zajišťující dodávky pitné vody a čištění odpadních vod v České republice, kterým jako základní službu zajišťuje informační a poradenskou činnost. V České republice je vodou z veřejných vodovodů zásobováno přes 10,076 milionů obyvatel, tedy 96 % populace ČR, pod SOVAK ČR aktuálně spadá 114 řádných členů zásobujících 90,5 % z celkově napojených obyvatel. Obdobně veřejnou kanalizací je odváděna odpadní voda od 9,175 mil obyvatel, tedy 87,4 % populace ČR, kde řádní členové SOVAK ČR pak odvádí 84,4 % odpadní vody od napojených obyvatel. V České republice působí v oboru vodovodů a kanalizací přes 3 000 provozovatelů a téměř 8 000 vlastníků, toto číslo meziročně bohužel stále narůstá a tím se neustále zvyšuje atomizace. SOVAK ČR sdružuje jak malé, tak ty nejvýznamnější společnosti na trhu, a celkově tak členy, kteří zajišťují dodávky pitné vody a odvádění odpadních vod, pro většinu obyvatel ČR.

Řízení tak nepostradatelného oboru, jakým jsou vodovody a kanalizace vyžaduje dohled, především legislativní a regulační, a v oboru je nutno sbírat a vykazovat velké množství dat. Pro provozovatele či vlastníky tak není vždy snadné se zorientovat a vedle běžných činností se zabývat novými informacemi. Právě proto mezi nejvýznamnější aktivity SOVAK ČR patří sledování, aktivní připomínkování a informování členů o české i evropské legislativě, zajištění vzdělávání prostřednictvím seminářů, webinářů i vzdělávacích programů, vydávání stanovisek a novinek v oboru vodárenství prostřednictvím webových stránek a odborného časopisu Sovak.

Nicméně ani toto by nepřineslo členům to nejpodstatnější, tím je především aktivní zapojení již ve fázi vytváření jak evropské, tak české legislativy, a vstup do jednání o jejich změně. Proto se v posledních letech SOVAK ČR snaží o maximální a intenzivní komunikaci s regulačními orgány v ČR. Těmi jsou Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo financí, Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zdravotnictví a Ministerstvo průmyslu a obchodu. Tím získává pro své členy možnost pozitivně ovlivnit vývoj a negativnímu dopadu zamezit, což má vliv nejen na provozní a vlastnické společnosti, ale zásadně dopadá na koncové spotřebitele, tedy občany ČR.

Vzdělávání

Obor vodovodů a kanalizací se již delší dobu potýká s nedostatkem pracovníků v provozních a vlastnických společnostech a to jak kvalifikovaných pro technické, laboratorní či manažerské pozice, tak i provozních zajišťujících každodenní chod výroby pitné vody a čištění odpadní vody. V oboru ubývá mladých nově vystudovaných absolventů a ti nejzkušenější postupně odchází, aniž by mohli své celoživotní znalosti předat dál. Proto je vzdělávání nových i současných zaměstnanců a zviditelnění a zatraktivnění oboru zcela zásadní. Právě krize posledních let tomuto trendu vcelku nahrává, protože vodárenství je právě tím oborem, který musí fungovat neustále, a který nelze zastavit jako provoz obchodů či některých výrobních společností.

SOVAK ČR se zaměřuje v rámci vzdělávání na aktuální i dlouhodobě důležitá témata. Poskytuje tak nové informace, obnovení znalostí v oboru jako celoživotní vzdělávání nebo nabízí diskusi při účasti

na seminářích. Právě semináře, probíhající zpravidla jednou měsíčně, byly v době covidu ukázkou rychlého přizpůsobení se nové situaci, kdy byly vzdělávací akce okamžitě převedeny na online formu webinářů. Prakticky od založení SOVAKu ČR je pravidelnou každoroční akcí konference Provoz vodovodů a kanalizací o níž opět ani v době covidu členové nebyli ochuzeni a po dva roky se konala online formou. V listopadu 2022 bylo opět možné uspořádat konferenci v běžném formátu a jako vždy byla účast vysoká a program naplněn novinkami a aktuálním děním.

Další velmi důležitou vzdělávací aktivitou směřující k celoživotnímu vzdělávání a obnovení znalostí v oboru je studijní program Provozovatel vodovodů a kanalizací I. zakončený maturitní zkouškou a od roku 2022 nově i nástavbový dvousemestrový Provozovatel vodovodů a kanalizací II, prohlubující znalosti v oboru. Náplní programů jsou nejen odborné přednášky, ale například i laboratorní a praktická cvičení.

Krizové situace v posledních letech využil SOVAK ČR především jako výzvu, byl schopen ve všech ohledech přejít na online formy komunikace, a posunout se novým směrem. Výsledkem toho je například i vzdělávací portál eSOVAK.

Odbornost na prvním místě

Veškeré činnosti SOVAK ČR jsou založeny na odborných znalostech oboru, opírají se o osoby ve vodárenství znalé, s roky praxe a snahou podmínky zlepšovat a vychovat další generaci vodáreníků. Takové osoby jsou členy odborných komisí SOVAK ČR, kde diskutují potřebná témata a na základě toho je možné vydávat stanoviska a kompetentně se vyjadřovat ke stávající i připravované legislativě. Takových komisí je ustaveno 14 a celkem v nich pracuje přes 200 osob napříč Českou republikou i vodárenskými společnostmi.

O práci odborných komisí se opírá i poradenská činnost pro členy, ale často i nečleny SOVAK ČR. Odpovědi na dotazy, stanoviska i aktuální informace z oboru jsou zveřejněny na webu SOVAK ČR ve veřejné části, část informací je pak pro členskou základnu SOVAK ČR v uzavřené části webu. Právě webové stránky SOVAK ČR jsou prostředkem k předávání informací. Mimo již zmíněného, jsou zde dále informace o dotačních výzvách, normotvorbě a právních předpisech s dopadem na obor.

Nové trendy ve vodárenství, informace z akcí pořádaných dalšími organizacemi a témata rezonující oborem jsou náplní časopisu Sovak, který vychází pravidelně jednou měsíčně. Přestože se nejedná o impaktovaný časopis, zájem o publikaci článků v něm je vysoký.

Členství

SOVAK ČR je v rámci České republiky členem Hospodářské komory ČR, což přináší zcela zásadní možnost vyjadřovat se k legislativě. Vzhledem k tomu, že se ke konkrétnímu tématu vyjádří víc subjektů, dojde ke sjednocení názorů na národní úrovni a získání větší váhy vydaných stanovisek a připomínek.

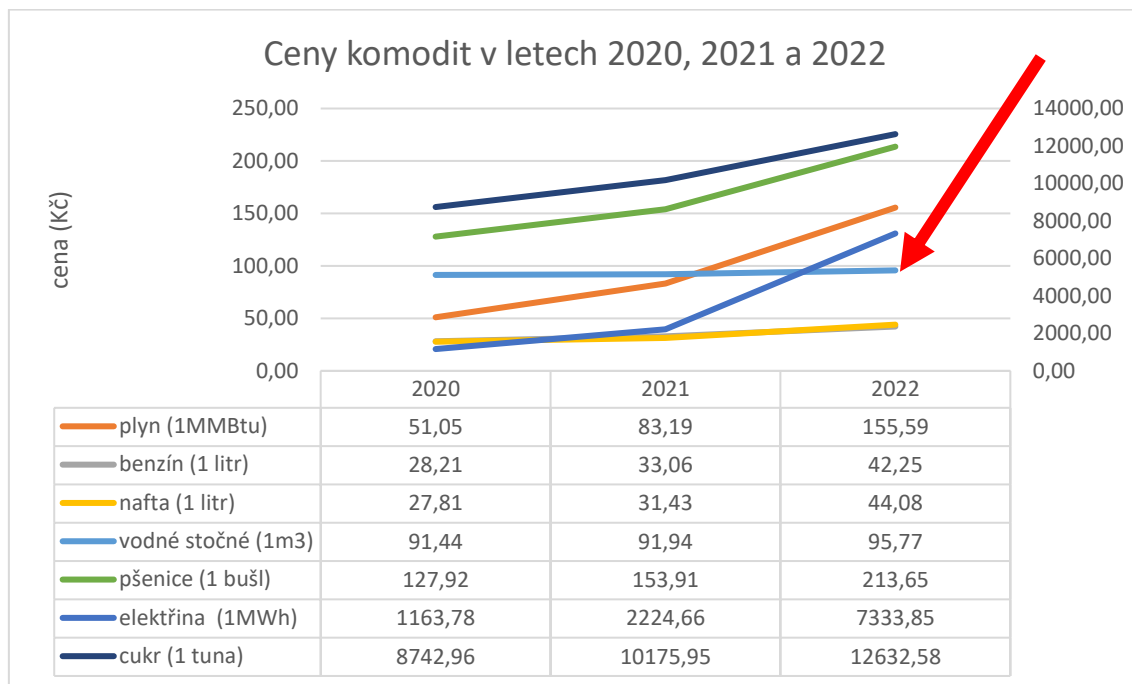
Zcela klíčovou roli hraje členství SOVAK ČR v Evropské asociaci pro vodu (EUREAU). Zde je možnost získat informace o připravované evropské legislativě s časovým předstihem, zapojit se již v procesu tvorby a sjednotit a diskutovat názory v oboru s ostatními státy EU. Činnost EUREAU je rozdělena do tří komisí zaměřených na pitnou vodu, odpadní vodu a ekonomiku. Informace získané z jednání a rozhovorů jsou nejen předávány členské základně, ale využity i v komunikaci SOVAK ČR s regulátory oboru v ČR.

Rok 2022

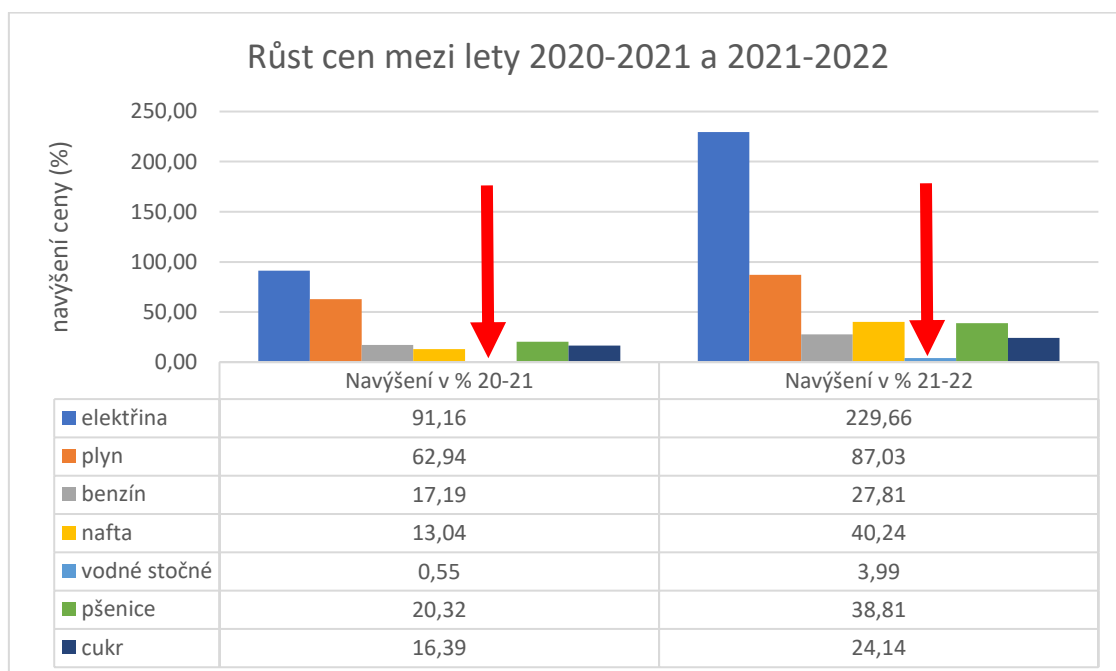
Přestože počátkem roku 2022 stále zůstával velkým problémem covid-19, SOVAK ČR se rozhodl pro pořádání nové konference VODA FÓRUM, kterou zaměřil na novinky v technickém a provozním rozvoji vodárenství. Konference se konala v květnu 2022 a s ohledem na její úspěšnost se bude opakovat v dvouletém cyklu.

Bohužel, přestože krize okolo covidu-19 byla na jaře 2022 utlumena, celý svět čelí aktuálně další krizi, kterou vyvolala agrese Ruska proti Ukrajině. Tato situace zapříčila další a výrazně vyšší nárůst cen než v roce 2021 pro elektrickou energii, plyn, ropu a tím i cen veškerých běžných komodit. Vodárenství je výrazně regulovaným oborem a zatímco ceny všech komodit i surovin v posledních dvou letech narůstaly, vodárenství se v letech 2021 a 2022 chovalo výrazně protiinflačně. Ceny vodného a stočného v průběhu let zůstávaly na setrvalém trendu, jak je zřejmé z porovnání cen vybraných komodit (graf č. 1) nebo procentuálního nárůstu cen mezi lety 2020/2021 a 2021/2022 (graf č.2), a nekolísaly v závislosti na vstupních surovinách o desítky až stovky procent.

Graf č. 1 Ceny vybraných komodit v letech 2020, 2021 a 2022



Graf č. 2 Procentuální nárůst cen v letech 2020-2021 a 2021-2022



Nicméně pro následující rok 2023 již i vodárenství na růst cen musí reagovat a vodné/stočné jsou nuceny navýšit prakticky všechny vodárenské společnosti v České republice.

S ohledem na výše uvedené patří mezi nejvýznamnější kroky SOVAK ČR v roce 2022 úspěšná iniciace zastropování cen energií pro celý sektor vodárenství (nikoliv jen pro členy SOVAK ČR). Tento krok je významný jak pro vodárenské společnosti, tak pro každého občana napojeného na vodovody a kanalizace.

Zákon o vodovodech a kanalizacích je pro obor hlavním právním předpisem, na základě interní diskuse SOVAK ČR byla iniciována v roce 2022 novela Zákona o vodovodech a kanalizacích, kterou SOVAK ČR aktuálně diskutuje s Ministerstvem zemědělství.

V posledních dvou letech SOVAK ČR intenzivně komunikuje s Ministerstvem financí a významně se podílí na vývoji cenové regulace. V rámci SOVAK ČR je ustavena pracovní skupina, která připomínkovala a navrhovala změny pro cenový výměr vydaný v roce 2021 a následně na základě zkušeností z praxe v roce 2022 vedla dialog o technické novele. S tímto tématem souvisí i diskuse o nezbytných změnách v prováděcí vyhlášce č. 428/2001 Sb. Zákona o vodovodech a kanalizacích, kterou vede SOVAK ČR s Ministerstvem zemědělství. Mimo samotnou práci v oblasti cenové regulace uspořádal SOVAK ČR ve spolupráci s odborem cenové regulace Ministerstva financí dva semináře v roce 2021 a jeden seminář v roce 2022, aby svým členům usnadnil zavedení nových povinností do praxe. Tyto semináře byly velmi žádané a pozitivně hodnocené a došlo k vysvětlení celé řady dotazů.

Po dlouhou dobu byla řešena problematika aplikace kalů z čistíren odpadních vod na zemědělskou půdu. Již několikrát odložená platnost nových limitů, týkajících se především mikrobiologické kvality kalů (hygienizace), byla pro většinu společností v ČR doslova strašákem a to přesto, že některé společnosti byly připraveny nové limity od ledna 2023 plnit. S Ministerstvem životního prostředí se v rámci diskuse iniciované na jaře 2022 SOVAKem ČR a zapojením řady dalších subjektů podařilo najít kompromisní řešení. To se opírá o studie provedené na území ČR a to státní dozorovou institucí (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský). Původně navrhované limity na hygienizaci kalů z komunálních ČOV byly novelizovány ve vyhlášce č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady platné od 1. 1. 2023.

Závěr

Přestože SOVAK ČR pracuje především pro svou členskou základnu, pozitivní dopad je znatelný pro celý obor. Tato práce si někdy žádá víc času a jindy se podaří výsledku dosáhnout v krátkém horizontu. Přesto, jako hlavní výsledek, je nutno vidět zcela bezproblémově fungující obor a to za jakékoliv krize, který poskytuje všem občanům ČR napojeným na vodovod a kanalizaci kvalitní služby 24 hodin, 7 dní v týdnu a 365 dní v roce. Tato služba je jednou z těch nejzákladnějších, které určují kvalitu života a oddělují vyspělý svět od rozvojového. Pitná voda a její dostupnost je tím základním pilířem naší společnosti, bez níž by nemohl fungovat žádný jiný obor včetně těch tzv. kritických – zdravotnictví, energetiky, potravinářství či telekomunikací.

Úskalí plnění požadavku taxonomie pro vodárenské objekty

Ing. Ondřej Beneš, Ph.D., MBA, LL.M¹⁾

Ing. Radka Rosenbergová¹⁾; Ing. Tomáš Rosenberg¹⁾; Ing. Stanislav Bartoš¹⁾;

Ing. Ladislav Bartoš¹⁾; Prof. Vladimír Kočí²⁾; Ing. Filip Wanner, Ph.D.³⁾

1) VEOLIA ČESKÁ REPUBLIKA a.s., Na Florenci 15, 110 00 Praha 1, ondrej.benes@veolia.com

2) VŠCHT Praha, Technická 1, 160 00 Praha 6

3) ENERGIE AG, Lazarská 6, 120 00 Praha 2

Taxonomie a její vztah k vodárenské infrastruktuře

Do života členských států Evropské unie po schválení balíčku Green Deal v roce 2019 vstoupilo hned v roce následujícím do platnosti nařízení 2020/852/EU o zřízení rámce pro usnadnění udržitelných investic („Green Taxonomy“). Následovalo další nařízení v přenesené pravomoci 2021/2178/EU, které upřesnilo obsah a struktury informací, které zveřejňují dotčené podniky. Poté přišlo nařízení v přenesené pravomoci 2021/2139/EU o stanovení technických screeningových kritérií pro určení toho, za jakých podmínek se hospodářská činnost kvalifikuje jako významně přispívající ke zmírňování změny klimatu nebo k přizpůsobování se změně klimatu, a toho, zda tato hospodářská činnost významně nepoškozuje některý z dalších environmentálních cílů. Balíček byl aktualizován v roce 2022 nařízením 2022/1214/EU. Jedná se tak o další nástroj, který požadavky Green Deal implementuje a má napomoci dosáhnout klimatických cílů EU (Beneš, 2021).

Zmiňovaná nařízení obsahují sadu environmentálních požadavků, která musí plnit vybraná odvětví hospodářství, pokud má tato činnost být považována za udržitelnou a má jí být poskytováno financování. Určují také environmentálně udržitelné investice a pomáhají svou technickou působností bránit greenwashingu, který jsme u různých produktů a služeb viděli na vlastní oči v předcházejících letech. EU není na tomto poli sama, obdobné klasifikace zavedla Světová banka, ČLR či Velká Británie (Wanner, 2022)

Primárním cílem těchto požadavků je v první řadě omezení dopadů probíhající klimatické změny a případně adaptace na klimatickou změnu. Kritéria definovaná pro jednotlivé oblasti hospodářství EU tak cílí na mimo jiné na snižování energetické náročnosti činností vč. vodohospodářství, snižování materiálové náročnosti (omezování čerpání přírodních zdrojů – těžba surovin, odběr povrchových a podzemních vod, odběr mořské vody apod.), omezování dalších negativních vlivů na životní prostředí (záběr půdy), apod., ale i zvýšení energetické soběstačnosti využitím obnovitelných zdrojů energie. Klíčová jsou ustanovení článků 3 (kritéria udržitelných investic), 9 (environmentální cíle), 12 (významný přínos k udržitelnému využívání a ochraně vodních a mořských zdrojů), 19 (požadavky na technická screeningová kritéria) a také obsah příloh 1 a 2, kde jsou uvedena technická screeningová kritéria.

Jelikož je vodárenství v přímém kontaktu s přírodou ať už na straně odběru přírodních vod pro jejich úpravu na vodu pitnou či na straně předávání vyčištěných odpadních vod zpět do přírodního prostředí, bylo a je logické, že se požadavky Green Taxonomy („GT“) nevyhnuly ani našemu oboru. I pro náš obor byly definovány standardy, které musí vodárenské společnosti

respektovat, a to v případě, že používají externí financování, dotace či jsou např. součástí nadnárodních společností, které jsou již dva roky povinny podle GT postupovat. Kdo, jakým způsobem a na základě jakých vstupních dat, či na základě jaké odborné analýzy tyto parametry stanovil, zřejmě nemá cenu zkoumat. Stejně jako ostatní hospodářské sektory se danému musíme přizpůsobit.

Výroba (produkce) pitné vody

S analýzou dopadu GT začneme od začátku vodárenského řetězce, tedy od jímání vody surové a výroby pitné vody. Pro tuto činnost, resp. soubor činností směřujících k dodávce pitné vody do distribuční sítě stanovila GT požadavek energetické náročnosti, přesněji řečeno spotřeby elektrické energie jako technické screeningové kritérium dle čl. 5.1 přílohy č. 1 delegovaného nařízení provádějící nařízení 2020/852/EU v hodnotě 0,5 kWh/m³ pitné vody. Zdůvodnění návrhu, opřené o detailní analýzu dotčených subjektů veřejných vodovodů a kanalizací, absentuje. Nicméně nemálo z nás, kteří se ve vodárenství pohybujeme, zřejmě nepřestane nad uvedenou hodnotou kroutit hlavou. Prostě a jednoduše bylo řečeno pověstné „A“, ale kde se zatoulalo „B“?

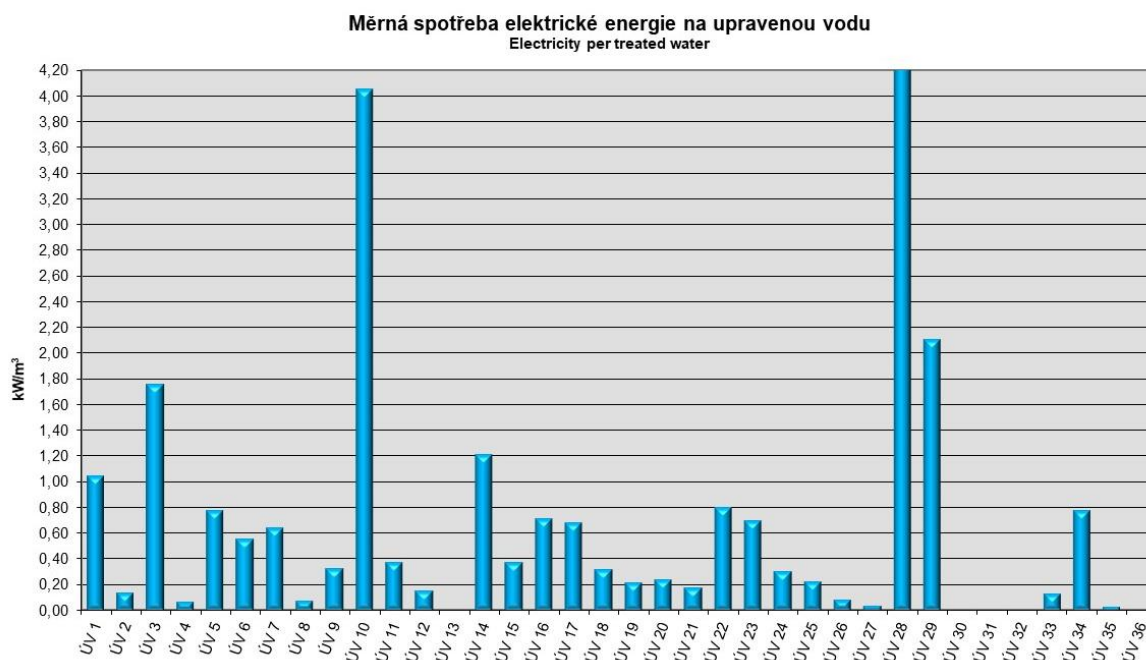
Přestože GT bylo zavedeno v návaznosti na doporučení (TEG, 2020), navržená hodnota 0,5 kWh na 1 m³ pitné vody není detailně rozvedena - zda se hodnota vztahuje čistě k samotné vodní lince úpravy vody nebo na úpravnu jako celek. Zahrnují se do daného ukazatele energetické nároky souvisejících technologických celků (chemické hospodářství, kalové hospodářství)? Logicky ano, neboť bez souvisejících technologických celků by vodu nebylo možné upravit. Ale jak si poradit s energetickou náročností dalších činností, které se přímo na úpravě vody nepodílejí, ale bez jejichž podílu by úpravna fungovala hůře ne-li vůbec (laboratoř, údržba)? A jak je to s vytápěním objektu úpravy vody? Je-li úpravna vytápěná elektřinou formou elektrokotle, přímotopy či tepelným čerpadlem, zřejmě nebude problém získat údaj o spotřebě objektu jako celku či dokonce mít přehled o spotřebě určené výhradně pro vytápění. Ale jak řešit objekt, který je vytápěn zemním plynem, propanem, lehkým topným olejem? Budou se tyto energie nějakými koeficienty přepočítávat na elektřinu?

Další věc, která v delegovaném nařízení absentuje, je způsob přístupu k samotnému měření spotřeby jednotlivých druhů energie. Zřejmě nebudeme daleko od pravdy, když konstatujeme, že běžná úpravna má jeden elektroměr, který slouží jako fakturační měřidlo. Úpraven vybavených podružnými měřidly pro jednotlivé technologické celky či dokonce pro jednotlivá zařízení bude naprosté minimum, pokud vůbec nějaké takové objekty budou. A to je další problém, který bude zkreslovat vykazování energetické náročnosti bez ohledu na druh energie. Nemálo objektů, nejen úpraven, ale i čistíren odpadních vod slouží zároveň jako zázemí pro další provozní celky vodárenských společností. V areálech se tak nachází garáže nákladních vozidel a mechanizace, dílny strojní údržby, centrální laboratoře apod. Vodárenské společnosti dosud neměly důvod instalovat pro tyto organizační složky podružná měření. Dnes a v nejbližší budoucnosti se tomu zřejmě nevyhnou kvůli tomu, aby maximálně „očistily“ energetickou náročnost výroby od tohoto balastu stejně tak, jako doporučené „očistění“ o elektrickou energii, související s čerpáním vyrobené pitné vody do distribučního systému.

Zásadním problémem požadavků také je, že definovaná hodnota nebere v potaz kvalitu surové vody, složitost technologie, umístění úpravy vody vůči zdroji surové vody resp. zásobované sítě (gravitace x čerpání), atd.

Toto byl jen úvodní přehled problémů, které jsou spojené se zavedením Green Taxonomy pro oblast výroby pitné vody. Mnohem závažnější problém způsobí samotná podstata konkrétní lokality a technologie dané úpravy. Na následujícím obrázku je přehled energetické náročnosti několika úpraven vody s projektovanou kapacitou 100 l/s a vyšší.

Obr. 1 Energetická náročnost ÚV s projektovanou kapacitou 100 l/s a vyšší

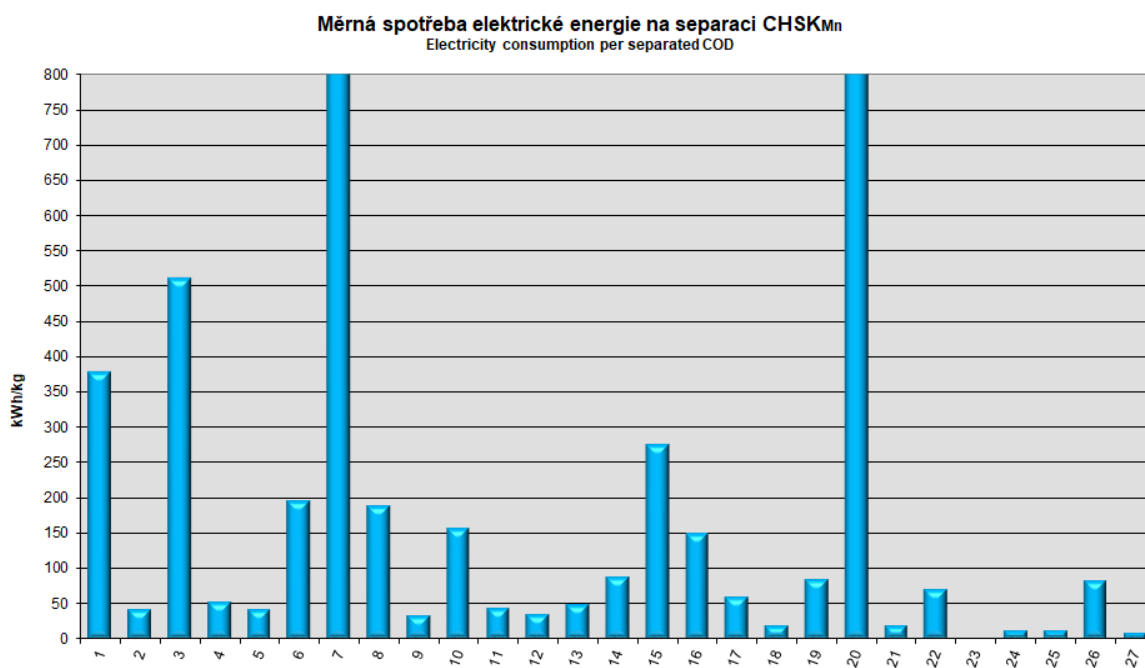


Kvalita surové vody

Hodnota $0,5 \text{ kWh/m}^3$ platí pro všechny objekty napojené na distribuční síť bez výjimky. Takže na jedné straně spektra stojí úprava, která je napájena kvalitní surovou vodou bez nutnosti dávkování chemikálií a jedinou technologií je standardní písková filtrace s periodicitou praní několika dní. Na druhé straně pak máme úpravnu napájenou surovou vodou z dolního toku silně znečištěné řeky. Surová voda vykazuje vysoké hodnoty zákalu, vysoké obsahy rozpuštěných organických látek, vysoké počty organismů, velké mikrobiologické zatížení a vzhledem k tomu, že řeka přijala během svého toku odpadní vody z velkých měst, bude velmi pestré i zastoupení všech druhů „populárních“ mikropolutantů. Vzhledem k tomu, že zásobovaná oblast nemá jinou možnost, kde získat pitnou vodu, je nezbytné takovouto úpravnu provozovat. Zcela logicky bude technologická linka složena z několika stupňů, kdy každý další stupeň je energeticky náročnější než předchozí.

Na dalším obrázku je přepočítání spotřeby elektrické energie na separované organické znečištění vyjádřené jako CHSK_{Mn} . Příkladem mohou být úpravy označené čísly 5 a 11. Obě jsou napájeny surovou vodou gravitačně a z obou odtéká upravená voda do sítě též gravitačně. Srovnatelná je i hodnota CHSK_{Mn} surové vody. Srovnatelnou, resp. jednodušší technologii má úprava s číslem 15. Stejně jako předchozí je přítok i odtok gravitační. I organické znečištění je obdobné. Spotřebu ovlivňuje výskyt organismů v surové vodě a dále strojní zpracování kalů a odpadních vod.

Obr. 2 Spotřeba elektrické energie na separované znečištění



Odpady

Z porovnání nakládání s odpadními vodami a vznikajícími vodárenskými kaly neexistuje ve sledovaném souboru úpraven jednotný koncept. Setkáme se zde prakticky se všemi způsoby nakládání s odpady (odpadními vodami a kaly), které je možné si představit. Existují úpravný, kde veškeré odpadní vody odtékají do kanalizace a problém s jejich likvidací je „přesunut“ na místní čistírnu odpadních. Na kanalizaci a navazující ČOV se také přenáší energetické nároky na zpracování odpadních vod a kalů. Některé úpravný jsou vybaveny sedimentací sloužící k zahuštění odpadních vod a vodárenských kalů. Relativně čistá odpadní voda je odváděna do vodoteče a kaly na příslušnou ČOV. V další skupině jsou kaly zachycovány v kalových nádržích nebo lagunách a odsazená voda odtéká do vodoteče. Kal se následně po dostatečném vysušení těží a likviduje předepsaným způsobem. V takovémto případě je spotřeba energie na zpracování odpadních vod prakticky nulová (pohon šoupěte při vypouštění do laguny), ale energie je spotřebována ve formě pohonných hmot při těžení laguny a dopravy kalů na další zpracování. Existují i úpravný vybavené technologiemi, které umožňují mechanické zvýšení sušiny kalu a možnou recyklaci odpadních vod zpět do procesu. Zde se veškerá spotřeba elektřiny přímo promítá do energetických nároků úpravný.

Závěry k procesu výroby pitné vody

Obdobně výše zmíněné analýze je možné podrobit rozboru každý technologický stupeň, každý jeho prvek, každou lokalitu, každý objekt a přesně tak to má být. Pro každé místo je nutné hledat optimální řešení na základě technologicko-energetického auditu a stanovit limity, kterých je možné reálně dosáhnout. Stanovení univerzálního čísla bez souvislostí se jeví jako nesystémové a ve finále zřejmě kontraproduktivní. Zatímco některé lokality nikdy nebudou schopné vyhovět limitu, aniž by porušovaly přírodní zákony, jiné mohou „spát na vavřínech“ neboť pro ně dosažení limitu nepředstavuje žádný problém a nejsou nuceny se zabývat snižováním energetických nároků. Pouze odpovědnost vlastníka, resp. provozovatele může přinést snížení energetické náročnosti bez toho, aby k tomu byly nuceni předpisy nesoucími souhrnný název Green Taxonomy.

Možnosti plnění požadavků taxonomie na vodárenské infrastruktuře

Jedním z kroků, které mohou napomoci zajistit plnění požadovaných parametrů je zvýšení energetické soběstačnosti v rámci vodohospodářského majetku zejména instalací energeticky méně náročných zařízení či instalací obnovitelných zdrojů energie (Beneš, 2022). V případě zahrnutí elektrické energie pro vytápění je vhodné zjistit možnosti využití tepelného potenciálu vyráběné vody a nahradit vytápění tímto nízkopotenciálním teplotním zdrojem. Pracujeme s výrazně nižším teplotním spádem, a tedy i s menší účinností, což je dáno teplotami vody surové a pitné. Přesto jsou úpravy vod (stejně jako menší čistírny odpadních vod) zcela ideálními zdroji s velkým potenciálem pro instalaci zcela nových zdrojů tepla a řada vlastníků již v současnosti pracuje s nastavením vytápění právě z tepelných čerpadel, využívajících teplotu upravené vyrobené pitné vody. K dispozici je nejčastěji v období potřeby difference pouze 2–3 °C. Z bezpečnostních důvodů doporučujeme oddělení chladiva v primárním okruhu tepelného čerpadla samostatným mezikruhem se zdravotně nezávadným polyethylenglykolem i doplnění automatickým odstavením cirkulace a funkce výměníků v případě poklesu tlaku.

Co je ale nutné zmínit, je i energetický nárok tepelných čerpadel, který při běžném topném faktoru tepelných čerpadel na pitné vodě 3,1-3,3 představuje průměrně 0,32 kWh el. energie na každou kWh vyrobeného tepla. Proto je logické paralelně s realizací tepelných čerpadel doplnit i realizaci fotovoltaických panelů, případně úložiště elektrické energie. Obdobně jako u odběru tepla z vody je možné přistoupit ke kombinaci s odběrem tepla ze stlačeného vzduchu za kompresory, které zásobují tlakovým vzduchem proces praní filtrů. Na rozdíl od čistíren odpadních vod ale zde provoz dmychadel často není kontinuální a instalace (na rozdíl od tep. čerpadel na upravené vodě) je tak nerentabilní. U vlastní fotovoltaiky je primárním cílem umístění na střešní konstrukce provozních a administrativních budov. Omezení, daná existující statikou zařízení, je ale díky novému pohledu na posuzování přitížitelnosti sedlových konstrukcí střech často problematické. Zůstávají tak ale dostupné zelené a zpevněné plochy v areálech.

Zásadní nevýhodou výroby elektrické energie ve FVE je nerovnoměrnost výroby. Pro pokrytí spotřeb ČOV je instalovaný výkon nutné poměrně hodně naddimenzovat. V takovém případě je třeba poradit si s nadvýrobou, kterou úpravna vody v době vysokého slunečního svitu není schopná spotřebovat. Pokud jsou v dané lokalitě volné kapacity distribuční soustavy, problém je vyřešen přetoky do distribuční sítě. Alternativně lze nadbytek vyrobené elektrické energie akumulovat v bateriových úložištích, která ale ve většině doposud analyzovaných případů nejsou ekonomicky opodstatnitelná.

Alternativy stanovení přijatelnosti aktivit prostřednictvím technických kritérií

Jak již bylo v článku uvedeno, je bezpodmínečně nutné vztahovat požadavky na vodohospodářskou infrastrukturu v kontextu stavu a provozu vlastní infrastruktury. Proto jsou samostatně hodnocené parametry nevhodnou cestou a je nutné hledat vyjádření komplexní. Jedním z nich je deklarovaný přepočítaný počet aktivit do podoby stanovení uhlíkové stopy. Ačkoli se určování uhlíkové stopy zdá jako aktualita posledních měsíců, ve vodohospodářské praxi jsme se tomuto tématu věnovali již před více než 10 lety. Například na konferenci VODA FÓRUM (Kočí a Klimtová, 2012) byl již v roce 2012 prezentován způsob výpočtu uhlíkové stopy pro vodárenský provoz Homolka v Plzni a na Plzeňskou ČOV. Přestože samostatně je možné hodnotit např. nasazení stanovení a minimalizace uhlíkové stopy (Srb et al., 2022) jako pozitivní, je obraz jen jednoho hodnocení dopadů příliš zužující.

Uhlíková stopa je totiž jen jeden z indikátorů udržitelnosti, pro jehož určení je nutné použít metodu LCA (Kočí, 20013) nebo alespoň na základě LCA zjištěné konverzní faktory. LCA však vedle uhlíkové stopy nabízí i určení dalších indikátorů, které se v současnosti implementují do Taxonomie. Například se jedná o surovinovou náročnost, znečištění do jednotlivých složek prostředí či i biodiverzitu. Optimalizovat vodohospodářské provozy s ohledem na uhlíkovou

stopu či jiné parametry udržitelnosti bude tedy výhodné i z pohledu finančního. Nová pravidla dodavatelsko-odběratelských vztahů, které Taxonomie jaksí mimoděk nastolí, nám pomohou realizovat žádoucí environmentální zlepšení i z důvodů finančních. Z toho důvodu doporučujeme pro investiční záměry ve vodohospodářském oboru hodnotit prostřednictvím LCA, což nám umožní vyhodnotit dopady/výkonnost záměru v individuálních vyhodnocovaných osách, kam patří jak energetická, klimatická, ekologická a další kritéria v pohledu současného stavu i možných alternativ budoucího stavu či vývoje.

Závěry

Bohužel Green Taxonomy není osamocený předpis. Z jiných bruselských kanceláří odcházejí ke členským státům požadavky na minimalizaci uhlíkové stopy nebo vodní stopy. Z jiných kanceláří pak přísnější požadavky na kvalitu pitné vody (revidovaná směrnice o pitné vodě) nebo vyčištěné odpadní vody odtékající z čistíren do vodotečí (aktuálně představená revize směrnice o čištění městských odpadních vod). Skloubení V souhrnu se pak dostáváme k protichůdným požadavkům, jejichž již naráží na limity přírodních zákonů. Větru dešti jsme již za doby komunismu porouchali a nedopadlo to dobře. Nám nyní nezbývá než každý připravovaný projekt posoudit z pohledu plnění příslušných technických kritérií, a právě pro výše uváděný ukazatel energetické náročnosti doplnit projekty např. o prvky úspory a nové výroby energie (jak elektrické, tak příp. tepelné).

Literatura

Beneš, O. (2021). Green Deal a Taxonomie — jak dopadá na vodárenství? Konference Provoz vodovodů a kanalizací, 2.11.2021, Praha.

Beneš, O. (2022). Spolupráce s energetikou je pro vodohospodáře důležitá. Průmyslová ekologie 3/2022.

Beneš, O., Rosenbergová, R., Bartoš, S., Antl, M. (2022). Energetická soběstačnost vodohospodářské infrastruktury – ambice a realita. Mezinárodní konference VODA ZLÍN 2022, 10-11/3/2022, Zlín.

Srb, M. (2022). Uhlíková neutralita v Pražské vodohospodářské společnosti a.s. a Pražských vodovodech a kanalizací, a.s. Konference provoz vodovodů a kanalizací. 2-3/11/2022, Praha.

Kočí, V. a Klímová, M. (2012). Uhlíková stopa jako parametr hodnocení variant modernizace úpraven vody. Mezinárodní konference VODA FÓRUM 2012, 29-30/5/2012, Praha

Kočí, V. (2013). Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu. VŠCHT Praha.

Technical Expert Group (2020). Taxonomy: Final report of the Technical Expert Group on Sustainable Finance, dostupné z www.europe.eu.

Wanner, F. (2022). Taxonomie EU, dopad cen energií do kalkulací. Seminář energetická náročnost ČOV. 29.9.2022, CžWA.

Potenciál rozvoje Ostravského oblastního vodovodu

Ing. Anatol Pšenička - generální ředitel

Mgr. Marek Síbrt - manažer vnějších vztahů

Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s.

Abstrakt

Ostravský oblastní vodovod je páteřním systémem pro výrobu a distribuci pitné vody v Moravskoslezském kraji. Kromě něj je pitná voda dodávána také do významné části Olomouckého kraje (Přerovsko) a příhraniční části Polska. Systém začal být budován v 50. letech minulého století, od té doby je rozvíjen a modernizován. Z hlediska zdrojů (údolní nádrže v podhůří Jeseníků a Beskydech) a výrobních kapacit (centrální úpravný v Podhradí u Vítkova, Nové Vsi u Frýdlantu nad Ostravicí a Vyšních Lhotách na Frýdecko-Místecku s celkovou výrobní kapacitou 5 350 l/s) se jedná o robustní systém, který byl vybudován na vyšší produkci a odběry, než je současná realita.

Úvahy o rozvoji systému a jeho propojení s lokalitami, které nemají dostatek výrobních kapacit a zdrojů, existují již od předlistopadové éry (propojení Ostravského oblastního vodovodu a vodovodu Pomoraví). K jejich realizaci nedošlo, přičemž významný prvek v oblasti posílení zdrojů (Slezská Harta a navazující infrastruktura) vybudovány byly a tvoří významnou rezervu. Systém má dostatečnou kapacitu dodávat pitnou vodu mimo region působnosti SmVaK Ostrava do míst, která řeší a budou řešit problémy se suchem a kapacitou zdrojů.

Ostravský oblastní vodovod – základní informace

Ostravský oblastní vodovod je základním výrobním a distribučním systémem zajišťujícím dodávku pitné vody v Moravskoslezském kraji, části Olomouckého kraje a příhraniční části Polska (Jastrzębie-Zdrój). Začal se budovat v roce 1954. První voda byla z Úpravny vody Podhradí do Ostravy dopravena v prosinci 1958.

Délka vodovodní sítě je v současnosti 505 kilometrů převážně ocelového potrubí. Má tři centrální úpravný vody (Úpravna vody Podhradí, Úpravna vody Nová Ves a Úpravna vody Vyšní Lhoty) s celkovou kapacitou 5 350 l/s, které upravují vodu z údolních nádrží Kružberk, Morávka a Šance ve správě státního podniku Povodí Odry. Objem 114 vodojemů systému je 302 668 m³ vody.

Systém Ostravského oblastního vodovodu má dvě části: **Beskydský skupinový vodovod** se zdroji Morávka a Šance a **Kružberský skupinový vodovod** se zdrojem Kružberk v kaskádě s výše ležící údolní nádrží Slezská Harta.

Systém je s výjimkou čerpání do vodojemů Čeladná, Vítkov a do vodovodní sítě Orlové a města Jastrzębie-Zdrój v polském příhraničí gravitační. Centrální úpravný vody jsou vzájemně propojeny systémem vodovodních přivaděčů s velkokapacitními vodojemy pitné vody. Možnosti propojení a částečné vzájemné náhrady centrálních zdrojů zajišťují vysokou spolehlivost a plynulost dodávek.

Historický kontext

20. prosince 1958 přitekla první voda z úpravny vody Podhradí do Ostravy – Krásného Pole. Toto datum je možné považovat za počátek nového způsobu výroby, distribuce a zásobování regionu pitnou vodou. Ten byl od počátku unikátní kromě technického řešení také tím, že jako jediný systém v tehdejší Československu začal využívat v takovém měřítku pro výrobu pitné vody povrchové zdroje.

Důvodem pro první úvahy o tom, že je potřeba pro dynamicky se rozvíjející Ostravsko zajistit dostatek vodních zdrojů, byl především nedostatek těch stávajících a jejich neodpovídající vydatnost, kapacita, ale i kvalita vody.

Povodí řeky Odry je poměrně chudé na podzemní zdroje vody, které do té doby sloužily nejen Ostravsku, ale také Karvinsku, Frýdecko-Místecku, Novojičínsku a Opavsku.

Z hlediska vodnosti se zvažovaly toky Moravice, Ostravice, Mohelnice a Morávky. Právě Moravice byla v minulosti řekou s největšími povodňovými škodami. Proto byla nakonec jako zdroj pro výrobu pitné vody vybrána údolní nádrž na Moravici u obce Kružberk. Představy vodohospodářů o umístění, kapacitě a využití se během výstavby měnily. Nakonec zvítězila primární funkce přehrady jako zdroje surové vody pro zásobování Ostravska pitnou vodou.

Souběžně se stavbou úpravny v Podhradí byly zahájeny přípravné práce pro zajištění přívodu surové vody. V průběhu čtyř let byla proražena od kružberské nádrže tlaková štola v délce 6,7 km s kruhovým profilem o průměru 2 400 mm. Ta dokáže dopravit až 9 000 l/s. Pro vodárenské účely je určeno 2 700 l/s.

Počátky Kružberského skupinového vodovodu

Souběžně s výstavbou Úpravny vody Podhradí bylo prvořadým úkolem postavit přívodní řady do Ostravy. Prvním budovaným úsekem budoucího systému se stala I. větev Kružberského skupinového vodovodu. Také toto dílo bylo ve své době rozsahem a technickým řešením ojedinělé. Pitná voda z Úpravny vody Podhradí je nejprve vedena betonovou štolou profilu 2 100 mm o délce 5 663 m do katastru obce Domoradovice. Byla vyražena pod masivem Vítkovské pahorkatiny místy v hloubce až 100 metrů. Po celé délce je opatřena betonovým ostěním.

V budově koncových uzávěrů navazují v Domoradovicích na štolu vodovodní přivaděče. Prvním z nich je I. větev Kružberského skupinového vodovodu o profilu 1000 mm. Je dlouhá 29 278 m a dvě přerušovací komory v obcích Hradec nad Moravicí a Nové Sedlice ji dělí na tři samostatné tlakové úseky. První úsek Kružberského skupinového vodovodu byl zakončen výstavbou dvou komor vodojemů v Krásném Poli o kapacitě 2 x 6 000 m³. Do konce padesátých let byly také vybudovány dva úseky navazujících vodovodních přivaděčů, a to přivaděče Krásné Pole – Ludgeřovice a Krásné Pole – Záhumenice.

Rozvoj Kružberského skupinového vodovodu

V šedesátých letech přestávala kapacita I. větve Kružberského skupinového vodovodu dostačovat. Proto se pokračovalo ve výstavbě dalších přivaděčů a vodojemů Kružberského skupinového vodovodu. Téměř souběžně s trasou I. větve Kružberského skupinového vodovodu byla položena druhá se stejným profilem 1 000 mm, dlouhá 28 126 m, jejíž tlakový režim je rozdělen na dva úseky přerušovací komorou u obce Raduň. V návaznosti na úseky vybudované v padesátých letech plynule pokračovala výstavba přivaděčů do Karviné, do Ostravy - Bělé a Studénky. V areálu vodojemů v Ostravě - Bělé byla vybudována čerpací stanice, která dopravovala pitnou vodu přes Staříč do Chlebovic u Frýdku-Místku.

Voda z Beskyd pro východ regionu

Rostoucí požadavky na dodávky pitné vody vedly k potřebě získat další vodní zdroje. Rychle se rozrůstalo především nové město Havířov, ale také Frýdek-Místek nebo Karviná. Proto bylo rozhodnuto o vybudování nových zdrojů v Beskydech.

V červenci 1954 vláda ČSR schválila výstavbu úpravní vody ve Vyšních Lhotách. Stavba byla zahájena v roce 1955. Provoz úpravní vody ve Vyšních Lhotách byl zahájen v dubnu 1961, stavba byla dokončena v prosinci 1963. Na sypané hrázi nádrže Morávka, která měla sloužit jako zdroj surové vody, se ještě pracovalo. Souběžně s dokončením úpravní vody byl proto postaven přírodní řad surové vody s čerpací stanicí od jezové zdrže v Raškovicích o kapacitě 280 l/s. V roce 1967 byl následně uveden do provozu gravitační přivaděč surové vody z údolní nádrže Morávka do úpravní o profilu 500 mm, délce 9,5 km s kapacitou 300 l/s.

Výstavbou těchto kapacit včetně přivaděče profilu 600 mm z Vyšních Lhot do vodojemu Bludovice u Havířova, přivaděče Vyšní Lhoty – Tošanovice – Žukov pro Český Těšín a dalších řadů do Hájova u Kopřivnice a Dobré u Frýdku-Místku byly částečně vyřešeny potřeby zásobování obyvatelstva v této oblasti pitnou vodou.

V době, kdy již pracovala úpravná v Podhradí a Vyšních Lhotách, se ke svému závěru blížila také výstavba nádrže Šance na řece Ostravici u Starých Hamrů. Součástí komplexu souvisejících vodárenských objektů byla také úpravná vody v Nové Vsi u Frýdlantu nad Ostravicí. Současně se stavbou nádrže a úpravní vody byly budovány objekty přírodních řadů a vodojemů. Vzhledem ke kritické situaci v zásobování Frýdecko-Místcka bylo rozhodnuto využít již postavené objekty a zařízení tak, aby se dodávka vody uspíšila. Dokončen byl přivaděč surové vody z prostoru pod hrází, vodojem a armaturní komora. Byl vybudován přírodní řad k Bašce a Frýdku-Místku. Proto bylo rozhodnuto odebírat surovou vodu z již hotového vývaru Šancí. S odběrem 80 l/s se mohlo začít v červenci roku 1969.

17. května 1971 byla na ještě nedokončené úpravně vody uvedena do provozu nová technologie úpravy vody - mikrofiltry. Znamenala výrazný přínos ke zvýšení kapacity úpravní, která vzrostla o 300 l/s. V říjnu 1973 byl zahájen zkušební provoz osmi otevřených pískových filtrů, objektu dávkování chemikálií a dalších nezbytných zařízení. Kapacita se zvýšila o dalších 900 l/s. V prosinci roku 1983 skončila druhá etapa intenzifikace, díky tomu bylo možno zvýšit výrobu až na 1 800 l/s. Koncem roku 1986 byl zahájen zkušební provoz rozšířené úpravní vody, jejíž konečná kapacita dosáhla 2 200 l/s.

V průběhu 80. let se podařilo vybudovat podstatnou část z původní koncepce Ostravského oblastního vodovodu. Byly dokončeny přírodní řady a vodojemy ke všem větším městům v regionu, avšak vzrůstající spotřeba pitné vody byla impulsem k dalšímu rozvoji.

Posílení systému ze Slezské Harty

Potřeba dále posílit vodárenský systém byla motivována postupujícím rozvojem regionu a rozšiřováním dosahu Ostravského oblastního vodovodu. Proto byla v září roku 1984 zahájena výstavba souboru staveb Posílení Ostravského oblastního z nádrže Slezská Harta.

Podle předpokladů z konce osmdesátých let minulého století měl soubor staveb zajistit dostatek pitné vody v regionu nejméně do třicátých let 21. století. Podle tehdejších plánů měla být vystavěna jednak nádrž Slezská Harta a jednak vybudována nová úpravná vody v Podhradí s dalšími 36 filtry a novým vodojemem.

Díky těmto plánovaným stavbám měla stoupnout na konci devadesátých let výrobní kapacita Úpravní vody Podhradí až na 5 500 l/s.

Vzhledem ke změně trendu spotřeby pitné vody v devadesátých letech však část plánovaných projektů provedena nebyla (například propojení systému Ostravského oblastního vodovodu se systémem Pomoraví a jeho přejmenování na Vodovod Severní Morava, nebo vybudování nové úpravně v Podhradí). Řada opatření však realizována byla a přispěla ke zvýšení stability a spolehlivosti dodávek pitné vody v regionu. Zcela klíčovým se ukázalo být rozhodnutí o dokončení výstavby nádrže Slezská Harta.

V systému Ostravského oblastního vodovodu byl v komplexu těchto staveb vybudován přivaděč III. větve Kružberského skupinového vodovodu, který byl dimenzován na průtok 3 450 litrů za sekundu. Pitná voda je tímto řadem přiváděna do koncových vodojemů pro Ostravu v Krmelíně a Bělé. Přivaděč se skládá z vodovodní štol a navazujících trubních řadů z ocelového potrubí o profilu 1 600 mm. Tlaková vodovodní štola kruhového profilu 2 450 mm je dlouhá 8 050 m.

Trubní vedení přivaděče profilu 1 600 mm je dlouhé 39 km a na jeho trase se nacházejí tři uzávěrové komory: v Dolejších Kunčicích, ve Studénce a Světlově u Krmelína. Přibližně v polovině přivaděče byl postaven přerušovací vodojem Bílov s objemem 2 x 3 000 m³.

V místě vodojemu Bělá byly přistavěny další kapacity o objemu 2 x 5 400 m³ a nová armaturní komora. V areálu vodojemů v Krmelíně byla vybudována nová armaturní a přelivná komora navazující na stávající vodojem 2 x 20 000 m³. Pro zajištění spolupráce s ostatními centrálními zdroji vyrostla čerpací stanice Lískovec o výkonu 570 l/s, která umožňuje převádět v případě potřeby pitnou vodu do částí systému zásobovaných z beskydských zdrojů. Celý soubor staveb *Posílení Ostravského oblastního z nádrže Slezská Harta* byl zprovozněn v závěru roku 1991.

Nenaplněná očekávání

Řada plánů a predikcí z 80. let se nenaplnila. Výrobní kapacita Ostravského oblastního vodovodu měla dosáhnout až 8 600 l/s. V Podhradí měla stát vedle té stávající nová úpravná vody, což mělo kapacitu navýšit na 5 500 l/s. Úpravná vody Vyšní Lhoty měla po rekonstrukci vyrábět 600 l/s a Úpravná vody Nová Ves měla zvýšit dodávky na 2 500 l/s. Počítalo se s vybudováním několika nových nádrží s vodárenskými účely (Lomná, Čeladná, Spálov...) a propojením systému Ostravského oblastního vodovodu se systémem Pomoraví.

Dokument *Program přípravy vodohospodářských staveb MLVH ČR* z poloviny 80. let počítal s 1,6 milionu napojených lidí, odběrem 296 milionů m³ za rok a spotřebou 516 l/os./d v roce 2015. V roce 2022 však ve skutečnosti výroba pitné vody v systému OOV dosáhla necelých 57 milionů m³ pitné vody – tedy méně než čtvrtiny.

90. léta – Razantní pokles spotřeby vody

Počátkem devadesátých let byl systém Ostravského oblastního vodovodu dobudován v souladu s jeho dlouhodobou koncepcí. Byly dokončeny posilovací řady Dobrá – Tošanovice a zdvojení přivaděče Bruzovice – Bludovice a dokončeny přístavby akumulací ve Staré Bělé pro Ostravu. Počátkem devadesátých let došlo nejprve ke stagnaci odběrů pitné vody, v rozmezí let 1992 – 2000 k razantnímu poklesu. Výroba ve třech hlavních úpravnách vod v tomto období klesla z průměrných 4 000 l/s na počátku devadesátých let na 1 800 l/s v roce 2022.

Rozvoj a další potenciál

Technická jedinečnost, projekční řešení a zdrojová kapacitní rezerva činí ze systému Ostravského oblastního vodovodu dílo, které je možné nadále účelně rozvíjet. Počátkem 21. století byl realizován nový přivaděč a čerpací stanice v Petrovicích u Karviné zásobující příhraniční město Jastrzębie-Zdrój.

Následně byla také naplněna jedna z idejí projektantů, která byla zmiňována a plánována v již v počátečních studiích rozvoje systému, a to přívod vody do prostoru Hranic na Moravě, Lipníku nad Bečvou a Přerova. Přivaděč zásobující tuto oblast je napojen v blízkosti Fulneku a končí ve vodojemu u obce Strážnice poblíž Hranic.

Dosud posledním významným rozšířením působnosti Ostravského oblastního vodovodu je vybudování čerpací stanice v Třinci s navazujícím výtlačným řadem do nového vodojemu v Milíkově. Ten je naplněním koncepce posílení zásobování Jablunkovska pitnou vodou z centrálních zdrojů. Touto investicí byly vyřešeny dlouhodobé kapacitní problémy v oblasti limitující další rozvoj této části regionu a přístup ke kvalitní pitné vodě z centrálních zdrojů získalo dalších zhruba 12 tisíc lidí.

V současné době prožíváme složité období provázené epizodami hydrologického sucha, a naopak prudkých přívalových dešťů a následných povodní. Některé regiony naší země řeší nedostatečnou kapacitu často podzemních a lokálních zdrojů, případně hledají a budují nové, aby dokázaly i v budoucnosti zajistit dostatek pitné vody pro odběratele.

V této situaci je potřebné vyzdvihnout předvídavost projektantů a inženýrů, kteří stáli u zrodu systému Ostravského oblastního vodovodu a kteří udržením koncepce zdrojové orientace na přehradní nádrže a gravitační distribuce pitné vody vytvořili dílo ojedinělého rozsahu a kvality. Region má v jeho existenci záruku dostatku kvalitní pitné vody pro svůj další rozvoj.

Volná kapacita pro Olomoucký kraj

V současnosti není kapacita systému Ostravského oblastního vodovodu plně využita jak z hlediska zdrojů v podobě údolních nádrží, tak výrobních kapacit v podobě centrálních úpraven pitné vody. Má volnou kapacitu/rezervy, jimiž by mohl řešit problémy se zdroji především podzemní vody v jiných částech České republiky.

V současnosti je v systému Ostravského oblastního vodovodu vybudován vodovodní řad profilu 500 milimetrů z povodí Odry do povodí Moravy k Hranicím na Moravě, odkud je odebírána pitná voda pro Přerovsko. Kapacita tohoto přivaděče není plně využita – odběry jsou na úrovni jedné třetiny maximální kapacity. Okamžitě je tak k dispozici 130 litrů vody za sekundu, což představuje zhruba 4 miliony m³ za rok. To orientačně znamená roční spotřebu města se 120 tisíci obyvateli.

Pitná voda pro Přerovsko zdrojově pochází z kaskády údolních nádrží Slezská Harta – Kružberk s kapacitou přesahující 210 milionů m³ vody a je následně upravována v Úpravně vody Podhradí. Ta je projektována na špičkový výkon až 2 700 l/s. Tato kapacita je nyní využívána zhruba ze 40 %. Úpravna vody prošla v uplynulých letech významnou modernizací.

V případě zájmu o větší objem pitné vody a zásobení jiných spotřebišť deklaruje Povodí Odry jako správce výše zmiňovaných nádrží, že je schopen spolehlivě uvolnit kapacitu dalších 800 l/s pro uvedenou úpravnu, což představuje více než 25 milionů m³ ročně. To znamená spotřebu více než 760 tisíc obyvatel ročně.

Výše zmiňovaný odběr by byl realizován z Kružberského skupinového vodovodu jako západní části Ostravského oblastního vodovodu provozovaného a vlastněného SmVaK Ostrava. Prakticky by mohlo dojít k odbočení z této větve v úseku mezi Dolejšími Kunčicemi u Fulneku a Krmelínem. Průměr potrubí pro převod vody by bylo možné předpokládat DN 1000 mm, při rychlosti dopravované vody v potrubí kolem 1 metru za sekundu. Čerpací stanice s několika čerpadly s potřebným výkonem je standardní zařízení. Převod by v prostoru rozvodnice mezi povodím Odry a povodím Moravy musel být vybaven vrcholovým vodojemem o objemu kolem 40 tisíc m³, což je stavebně realizovatelné.

Jednalo by se o stavbu ve dvou krajích zasahující několik regionů, proto by bylo nezbytné zařadit záměr do Politiky územního rozvoje ČR, Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje a Olomouckého kraje (případně Jihomoravského kraje) a s projekční a investiční přípravou.

SmVaK Ostrava jsou subjektem vlastním a provozujícím vodárenskou infrastrukturu dominantně v moravskoslezském regionu. Jsou součástí španělského koncernu FCC Aqualia. Pitnou vodu z úpraven vod společnosti je přímo zásobováno 710 tisíc lidí, dalších zhruba 300 tisíc lidí pije pitnou vodu z úpravárenských provozů společnosti, která je distribuována externími organizacemi (VaK Přerov, Ostravské vodárny a kanalizace, VaK Hlučín atd.). Vzhledem k tomu, že SmVaK Ostrava jsou soukromým subjektem, není v současné situaci možné na vybudování výše popisovaného přivaděče čerpat dotační prostředky. Zájem o kvalitní pitnou vodu z povrchových zdrojů z podhůří Jeseníků v povodí Odry by zároveň musely deklarovat suchým obdobím postižené lokality v Olomouckém, Zlínském, případně Jihomoravském kraji.

Úvahy o propojení povodí Odry a Moravy pro vodárenské účely nejsou nové. O zásobování Olomoucka z Úpravny vody Podhradí se uvažovalo již v 70. a 80. letech minulého století. To byl ostatně jeden z důvodů, proč bylo rozhodnuto o vybudování nádrže Slezská Harta a proč byla Úpravna vody Podhradí technicky navržena na danou výrobní kapacitu.

Podzemní versus povrchová voda

V České republice jsou stanoveny rozdílné ceny pro odběry podzemní a povrchové vody, kdy na současné suché období citlivější podzemní zdroje jsou oproti těm povrchovým zvýhodněny (poplatek za podzemní vodu je stanoven na 2 Kč za m³, cena surové povrchové vody je několikanásobně vyšší). Cena za odběr povrchové vody se zároveň v jednotlivých povodích liší. Tato skutečnost nemotivuje oblasti, které jsou situovány v na sucho citlivějších oblastech, zásobovaných z podzemních zdrojů vody, aby výrazněji uvažovaly o změně systému zásobování. Z ekonomických důvodů proto k tomuto kroku přistupují pouze v situacích, kdy kapacita podzemních zdrojů není dostatečná.

SmVaK Ostrava dodává pitnou vodu také společnosti Ostravské vodárny a kanalizace, kdy obyvatelé krajské metropole zhruba z 60 % odebírají pitnou vodu vyrobenou v systému Ostravského oblastního vodovodu (9,84 milionu m³ v roce 2021), 40 % pochází z lokálních zdrojů podzemní vody na území města (7,1 milionu m³ v roce 2021). Volnou kapacitu Ostravského oblastního vodovodu je možné v případě potřeby využít také pro navýšení odběrů pro zásobování obyvatel Ostravy.

Aktuální priority hygienického dozoru nad vodami

Ing. Eva Javoříková

Krajská hygienická stanice Zlínského kraje se sídlem ve Zlíně

Voda představuje jednu ze základních složek na Zemi, je pro život na naší planetě nezbytná. Naše společnost, ekosystémy i hospodářství potřebují ke své prosperitě čistou vodu v dostatečném množství.

V únoru 2020 byl schválen návrh kompletní novely směrnice 98/83/ES o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu. Od roku 2021 je řešena transpozice směrnice Evropského Parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě do české legislativy mj. zákona č.258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a následně do prováděcích hygienických předpisů.

Cílem nové směrnice je zlepšení kvality a bezpečnosti vody z vodovodu, usnadnění přístupu k pitné vodě všem v Evropské unii, podpora používání kohoutkové vody, omezení plýtvání, zvýšení kvality vody z vodovodu zavedením přísnějších limitů pro určité znečišťující látky. Zaměřuje se také na větší transparentnost, srozumitelnost a dostupnost informací.

Hlavní vybrané oblasti implementace nové směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 v hygienické praxi zásobování pitnou vodou

Vzhledem k tomu, že směrnice č. 2015/1787 umožňovala omezení posouzení rizik pouze na monitorovací aspekty, bylo žádoucí zavést komplexní přístup k bezpečnosti vody založený na posouzení rizik, který zahrnuje celý zásobovací řetězec (od povodí přes odběr, úpravu, akumulaci a rozvod až po místo spotřeby). Dosavadní způsob kontroly nezávadnosti pitné vody je tedy nezbytné upravit podle současných požadavků požadovaných směrnicí 2020/2184.

Nově je požadováno trojstupňové posuzování a řízení rizik:

- posouzení a řízení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru surové vody, jehož účelem je zmapování míst odběru, ochranných pásem i jejich širšího okolí a určení hlavních nebezpečí (pro kvalitu vody), které zde hrozí. Důležitým aspektem je monitorování podzemních a povrchových zdrojů v těchto oblastech v širokém spektru různých polutantů a zpřístupnění těchto výsledků provozovatelům vodovodů, kteří budou mít dokonalejší přehled o kvalitě surové vody. Na základě návrhu zákona o ochraně veřejného zdraví budou provozovatelé vodovodů pro veřejnou potřebu v rámci provozního řádu při zpracovávání monitorovacích programů a posouzení rizik nově přihlížet k výsledkům posouzení a řízení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru surové vody.
- posouzení a řízení rizik každého systému zásobování (vodovodu), tj. riziková analýza celého systému od zdroje vody až po konec distribuční sítě. Tato část již byla z velké části dříve implementována v národní legislativě, viz stávající znění zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (§ 3c);

- posouzení rizik domovních rozvodných systémů vody (vnitřních vodovodů), se zaměřením především na olovo a legionely. Vypracování posouzení bude vyžadováno v tzv. prioritních prostorech, které jsou legislativně definovány na základě zhodnocení rizikovosti ve vztahu k využití budov. Podle výsledků posouzení pak musí být činěna různá opatření pro eliminaci rizik.

Prioritními prostory z hlediska rizika přítomnosti ukazatele olovo v pitné vodě se rozumí

- školy, zařízení školního stravování, diagnostické ústavy, dětské domovy, dětské domovy se školou, výchovné ústavy, domovy mládeže a internáty,
- zařízení pro poskytování zdravotních služeb v rozsahu § 15 odst. 1 tohoto zákona, ve kterých je poskytována lůžková péče,
- provozovny stravovacích služeb poskytující stravování v zařízeních pro poskytování zdravotních služeb v rozsahu § 15 odst. 1 tohoto zákona, ve kterých je poskytována lůžková péče,
- zařízení pro poskytování sociálních služeb v rozsahu § 15 odst. 1 tohoto zákona, ve kterých jsou poskytovány pobytové služby, nebo
- provozovny stravovacích služeb poskytující stravování v zařízeních pro poskytování sociálních služeb v rozsahu § 15 odst. 1 tohoto zákona, ve kterých jsou poskytovány pobytové služby.

Prioritními prostory z hlediska rizika přítomnosti bakterií rodu Legionella v rozvodu teplé vody se rozumí

- zařízení pro poskytování zdravotních služeb v rozsahu § 15 odst. 1 tohoto zákona, ve kterých je poskytována lůžková péče,
- zařízení pro poskytování sociálních služeb v rozsahu § 15 odst. 1 tohoto zákona, ve kterých jsou poskytovány pobytové služby,
- ubytovací zařízení v rozsahu § 21 tohoto zákona s kapacitou nad 50 osob,
- diagnostické ústavy, dětské domovy, dětské domovy se školou, výchovné ústavy, domovy mládeže a internáty, nebo věznice.

Posouzení a řízení rizik vnitřního vodovodu je zaměřeno především na přítomnost ukazatele olovo v pitné vodě, přítomnost bakterií rodu *Legionella* v teplé vodě a další možná rizika spojená s provozem vnitřního vodovodu. Osoby provozující prioritní prostory, jsou povinny zpracovat posouzení a řízení rizik vnitřního vodovodu a závěry vyplývající z posouzení a řízení rizik včetně monitoringu zapracovat do provozního řádu.

Dále směrnice zavádí povinnost sledování nových ukazatelů. Do prováděcí vyhlášky by měly být nově zařazeny ukazatele bisfenol A (BPA), halogenoorganické kyseliny a suma látek typu PFAS.

Požadavkem směrnice je v rámci zavedení monitorovacích programů monitorovat látky a sloučeniny zahrnuté na seznamu sledovaných ukazatelů v relevantních místech řetězce zásobování vodou určenou k lidské spotřebě. Tento seznam bude stanovovat Komise. V tuto chvíli se jedná o nonylfenol a β -estradiol. V novele zákona č. 258/2000 Sb. je navrženo pro tyto ukazatele stanovit tzv. směrnou hodnotu. Seznam ukazatelů a jejich směrných hodnot bude uveden ve vyhlášce. Směrná hodnota nebude závazná jako u ukazatelů s nejvyšší mezní či mezní hodnotou, ale při jejím překročení bude muset provozovatel vodovodu požádat o stanovení hygienického limitu a bude konkrétně rozhodnuto, zda je či není potřeba činit opatření a případně jaká. Je předpoklad, že směrné hodnoty budou v prováděcím předpisu uváděny dále např. pro nerelevantní metabolity pesticidních látek.

Konkrétní aktuální úkoly hygienického monitoringu v dozoru nad pitnými vodami

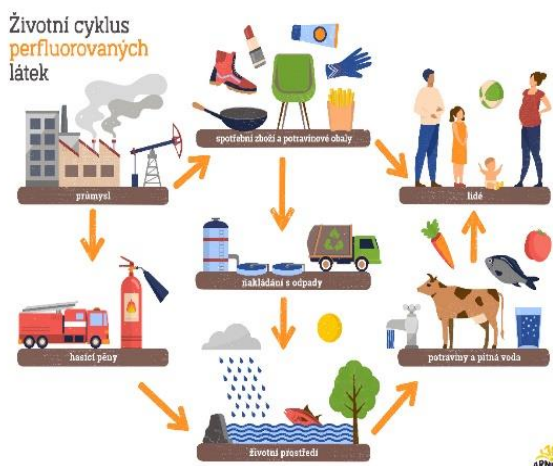
PFAS ve vodovodech a studnách

Jako PFAS se označují perfluorované a polyfluorované látky, které se vyrábějí zhruba od 50. let 20. století. Jedná se o rozsáhlou skupinu několika tisíc látek, které nacházejí široké platnění v různých odvětvích průmyslu i v domácnostech. Jsou to chemikálie, které se používají při výrobě obalů na potraviny, kosmetiky, oblečení a dalších textilií, elektroniky, kuchyňského náčiní, jako přísady do hasicích pěn a mnoha dalších.

Některé PFAS jsou považovány za podezřelé lidské karcinogeny, některé PFAS jsou reprotoxické, zvyšují riziko onemocnění štítné žlázy. PFAS mohou poškozovat imunitní a endokrinní systém.

V lidském těle nacházíme PFAS v játrech, krevním séru a plasmě, ale i v ledvinách, moči, placentě a kojeném mléce.

V rámci screeningu bude u vybraných vodovodů a studní kontrolována skupina 20 PFAS dle novely vyhlášky 252/2004 Sb. a to přednostně v blízkosti průmyslových areálů a velkých letišť. Ve vyšších nadmořských výškách se lze zaměřit na zdroje pitné vody umístěné v blízkosti skiareálů.



Monitoring obsahu olova v pitné vodě ve školách

Světová zdravotnická organizace (WHO) zařadila olovo mezi deset chemických látek, které vzbuzují největší obavy z hlediska veřejného zdraví. Olovo se kumuluje v organismu a poškozuje různé orgány a systémy (centrální i periferní nervový systém, krvetvorbu, ledviny, hormonální a enzymatický systém, reprodukční funkce, způsobuje hypertenzi atd.). Nejzranitelnějšími populačními skupinami jsou děti a těhotné ženy (resp. plod v těle ženy), a to kvůli poškození vyvíjejícího se nervového systému, které se projeví snížením intelektuálních schopností a poruchami chování. Vše nasvědčuje tomu, že tento neurotoxický účinek nemá žádný práh, takže i relativně nízká expozice se negativně projeví na lidském zdraví.



V současnosti může patřit pitná voda v budovách, kde jsou domovní rozvody či přípojky částečně či zcela z olova, k nejvýznamnějším zdrojům expozice olovu. S přibýváním poznatků o škodlivosti olova se postupně zpřísňuje jeho přijatelný limit v pitné vodě: od hodnoty 100 µg/l (1958) po současných 10 µg/l, které nová směrnice EU 2020/2184 dále zpřísňuje na 5 µg/l (této hodnoty bude muset být dosaženo nejpozději do roku 2036).

Léčiva ve vodovodech

I když léčiva, až na jednu výjimku, nejsou zatím ze strany EU v pitné vodě regulována, přesto je nutné se touto otázkou zabývat, protože vzbuzuje u části veřejnosti obavy. Nedílnou součástí dobré pitné vody totiž není jen její nezávadnost a vyhovující estetické vlastnosti, ale i důvěra veřejnosti v její bezpečnost. Tato důvěra může být získána jen tím, že veřejnost uvidí, že se tato problematika neignoruje, ale je jí ze strany výrobců vody i hygieniků věnována pozornost, že se léčiva – tam, kde je to odůvodněné – alespoň občasnou analýzou sledují a k jejich přítomnosti ve vodě se přistupuje na základě principů předběžné opatrnosti. (SZÚ Praha, MUDr. František Kožíšek-Stanovisko Národního referenčního centra (NRC) pro pitnou vodu k otázce sledování léčiv v pitné vodě a jejich přijatelných koncentrací).

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

Mimo uvedené vybrané celostátní úkoly je pozornost hygieniků věnována plnění úkolů kontrolního plánu s celostátními prioritami mezi něž patří dozor nad vodami a to jak pitnými, teplými i rekreačními; regionálními prioritám, které zohledňují místní specifika i problematice, která je aktuální z hlediska ekonomického v provozování zásobování vodou, zejména v současné době, jako je problematika využití šedých a recyklovaných vod.

Společným cílem je zajištění podmínek kvalitního života a to je přímo spojeno s kvalitou vody, kterou přijímáme.

Technologie úpravy vody v kontextu s novými požadavky na jakost pitné vody

doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.¹⁾

Ing. Renata Biela, Ph.D.; Ing. Kristína Zelinová; Ing. Filip Mečíř

1) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí
Žižkova 17, 602 00 Brno, tomas.kucera@vut.cz

Abstrakt

V souvislosti s vydáním nové evropské směrnice pro pitnou vodu v prosinci 2020 jsou zavedeny některé nové ukazatele jakosti pitné vody, například látky typu PFAS, patřící do kategorie mikropolutanty. Nové požadavky vycházející z evropské směrnice budou muset být zavedeny do české legislativy a po uplynutí přechodného období rovněž uplatňovány v praxi. Kromě ukazatelů, které budou nově zapracovány do zákonných požadavků, jsou další polutanty, které jsou sledovány s obezřetností, jako jsou mikroplasty či rezidua léčiv. Příspěvek přináší přehled nových požadavků na jakost pitné vody vyplývajících z novelizace evropské směrnice. Článek vede diskusi nad upravitelností vody pro pitné účely s ohledem na tyto nové ukazatele.

Nová evropská směrnice

První jednotná evropská směrnice pro pitnou vodu byla vydána v roce 1980 (směrnice Rady 80/778/EHS). V roce 1998 byla vydána směrnice 98/83/ES, ze které vychází aktuálně platná národní legislativa^{1,2}. Tato směrnice prošla jednou významnou novelou v roce 2015.

Po 22 letech vstoupila v platnost³ začátkem roku 2021 nová evropská směrnice Rady 2020/2184 o kvalitě vody určené k lidské spotřebě [1], která zahrnuje množství změn pro obor vodárenství. Změny se týkají několika oblastí [2] – managementu rizik systému zásobování pitnou vodou, informování veřejnosti o kvalitě vody, vyhodnocování ztrát vody a v neposlední řadě také kvality pitné vody. Konkrétní změny se týkají například zavedení „tradičního“ ukazatele – zákalu, ale také jde o nové ukazatele kvality pitné vody z kategorie mikropolutantů, které bude nutné při výrobě pitné vody sledovat a eliminovat. Nové požadavky vycházející z evropské směrnice budou muset být zavedeny do národní legislativy [7, 13] a po uplynutí přechodného období rovněž uplatňovány v praxi. Kromě ukazatelů, které budou nově zapracovány do zákonných požadavků, jsou další polutanty, které jsou sledovány s obezřetností, jako jsou mikroplasty či rezidua léčiv.

¹ Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody v platném znění.

² Vyhláška č. 247/2017 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou v platnom znení.

³ Směrnice byla vydána koncem roku 2020.

Zákal

V nové směrnici došlo k výraznému zpřísnění požadavků na kvalitu vody v ukazateli zákal. Dosud česká (i slovenská) vyhláška [4, 5] stanovuje limitní hodnotu zákalu v pitné vodě 5 NTU (resp. ZF). Nově pak 95 % odebraných vzorků nesmí překročit hodnotu 0,3 NTU a žádný ze vzorků nesmí přesáhnout hodnotu 1 NTU⁴. Další změnou je zavedení četnosti (viz tab. 1), s jakou musí být zákal sledován v rámci provozních rozborů v závislosti na množství vody vyrobené denně.

Tab. 1 Četnost analýzy zákalu podle směrnice 2020/2184

Objem vody vyrobené denně [m ³]	Předepsaná četnost
≤ 1 000	týdně
1 000-10 000	denně
>10 000	kontinuálně

Chemické ukazatele

Nová směrnice zavádí 7 nových chemických látek (viz tab. 2), které mají být v pitné vodě sledovány. Ačkoliv v předchozí evropské směrnici nebyly uvedeny, pro některé z nich již je stanovena limitní hodnota v české (i slovenské) legislativě.

Tab. 2 Porovnání limitních hodnot [6]

Ukazatel		Směrnice 98/83/ES	Směrnice 2020/2184	Národní limit ČR	Národní limit SR
Nově zavedené ukazatele ve směrnici					
Bisfenol A	BPA	-	2,5 µg/l	-	-
Halooctové kyseliny	HAA	-	60 µg/l	-	-
Chlorečnaný ⁵	ClO ₃ ⁻	-	0,25 (0,70) mg/l	0,20 mg/l	0,20 mg/l
Chloritany	ClO ₂ ⁻	-	0,25 (0,70) mg/l	0,20 mg/l	0,20 mg/l
Microcystin-LR		-	1 µg/l	1 µg/l	1 µg/l
Per- a polyfluoroalkylované látky – celkem	PFAS – celkem	-	0,50 µg/l	-	-
Per- a polyfluoroalkylované látky – součet vybraných	PFAS – vybrané	-	0,10 µg/l	-	-
Uran	U	-	30 µg/l	15 µg/l	-
Zpřísnění					
Bromičnany	BrO ₃ ⁻	25 µg/l	10 µg/l	10 µg/l	10 µg/l
Chrómový	Cr	50 µg/l	25 µg/l	50 µg/l	50 µg/l
Olovo	Pb	10 µg/l	5 µg/l	10 µg/l	10 µg/l
Zmírnění					
Antimon	Sb	5 µg/l	10 µg/l	5 µg/l	5 µg/l
Bor ⁶	B	1 mg/l	1,5 (2,4) µg/l	1 µg/l	1 µg/l
Selen	Se	10 µg/l	20 (30) µg/l	10 µg/l	10 µg/l

⁴ Hodnoty se nevztahují na podzemní vodu, kde je zákal způsoben železem a manganem.

⁵ V případě chlorečnanů a chloritanů je vyšší limitní hodnota 0,70 mg/l platná v případě, že je k hygienickému zabezpečení používán přípravek, který má za následek vznik těchto vedlejších produktů.

⁶ Mírnější limity pro bor (2,4 µg/l) a selen (30 µg/l) zohledňují vliv geologických podmínek.

Dále došlo ke zpřísnění limitů pro chemické ukazatele chrom a olovo. Naopak u tří ukazatelů byl limit zmírněn (antimon, bor a selen). V následující tabulce je uvedeno srovnání požadavků nové směrnice s tou předchozí a také s národní legislativou [4, 5] v ČR a SR.

Seznam sledovaných látek

Jednou z novinek, které přinesla nová evropská směrnice, je také seznam sledovaných látek a sloučenin vzbuzujících obavy pro vodu určenou k lidské spotřebě, tzv. *watch list*. Látky nacházející se na tomto seznamu budou monitorovány a na základě nasbíraných dat bude dále rozhodnuto, zda je třeba určit jejich limitní hodnotu. Součástí seznamu je doporučená hodnota těchto sloučenin. V lednu 2022 bylo zavedeno sledování dvou hormonálně aktivních látek: 17-beta-estradiol a nonylfenol. Mikroplasty, které jsou již několik let předmětem diskuzí, by měly na tento seznam přibýt v roce 2024.

Mikropolutanty

Mikropolutanty jako široká skupina látek [3, 8] jsou již nějaký čas zavedeným druhem znečištění vody. Mikropolutanty se vyskytují jak v povrchové, tak i v podzemní vodě, samozřejmě se objevují i ve vodě pitné ve velmi nízkých koncentracích, od mikrogramů po nanogramy na litr. Jsou to organické i anorganické látky antropogenního původu. Pocházejí z průmyslových procesů, z farmaceutických přípravků pro humánní použití i z veterinárních léčiv, jsou součástí produktů osobní hygieny.

Ke vnosu mikropolutantů do životního prostředí dochází při každodenní lidské činnosti, přičemž jsou základní cesty vnosu, a to: odpadní vodou, zemědělstvím, průmyslem – (průmyslové odpadní vody), cestou metabolitů.

O škodlivosti mikropolutantů na lidské zdraví se stále vedou diskuse. Studie, které by prokázaly škodlivé účinky jednotlivých mikropolutantů, jsou časově i finančně velmi náročné. Hygienické limity pro pitnou vodu jsou stanoveny principem předběžné opatrnosti. S ohledem na neustálý rozvoj stavu poznání dochází na úrovni Světové zdravotnické organizace (WHO) k dalším doporučením, a to směrem zpřísnujícím ale i zvlhčujícím. Některé látky jsou již v životním prostředí sledovány nebo je dokonce zakázáno jejich použití evropskou i českou legislativou (např. konkrétní pesticidy).

Mezi nejvíce skloňované mikropolutanty [8] v současné době patří rezidua pesticidních látek a jejich metabolity. Mezi další mikropolutanty řadíme dále například rezidua léčiv či těžké kovy. Velmi aktuální téma v současnosti je problematika výskytu mikroplastů v životním prostředí, zejména pak ve vodách a sedimentech, ale nověji i v půdách.

Mezi novými ukazateli se objevuje ukazatel PFAS (perfluorované a polyfluorované látky). Jedná se o zcela nový typ sledované látky, resp. ukazatel, přičemž je třeba nejprve poznat zátěž surových vod těmito i dalšími látkami zavedenými směrnicí, a přirozeně i znát nejlepší dostupnou technologii vedoucí k účinné eliminaci tohoto znečištění, aby byl hygienický limit bezpodmínečně splněn.

Co se týče pesticidů, jsou již na významném počtu úpraven naistalovány a postupně se zavádějí i na dalších úpravnách technologie pro jejich odstranění [9]. Jak známo jde o technologie v kombinaci ozonace a filtrace na GAU. Jistou výhodou či úlevou může být fakt, že touto cestou lze odstranit i další mikropolutanty. Současně s pesticidy je odstraňována značná část dalších mikropolutantů.

Nové technologie úpravy vody

Tradiční, chceme-li konvenční technologické postupy úpravy vody se používají již mnohá desetiletí a běžně se používají dodnes [13]. Mají však své limity. Hlavním z nich je jejich orientace na částice řekněme „viditelného“ velikostního spektra, které jsou těmito způsoby účinně separovány. Konvenční vodárenskou filtrací jsou separovány částice velikostně větší než cca 1-10 μm . Tento velikostní hendikep je na dnešní požadavky značně omezující, právě ve vztahu k mikropolutantům. To vede k nalézání a vývoji nových způsobů, jak tyto nežádoucí látky z vody eliminovat. [11]

Jako „nové“ technologie se označují ty, které se začaly rozšiřovat ve světě od roku 2000. Většina se od té doby v zahraničí zařadila mezi standardní postupy a běžně se využívají. Na území České a Slovenské republiky jsou také některé z nich již stabilně aplikovány, jiné se začaly používat v posledních letech [6, 14]. Některé technologie donedávna nebyly zahrnuty v české, ani slovenské legislativě jako technologie, které lze používat k úpravě vody (např. membránové filtry) a k jejich zařazení do procesu úpravy byl potřebný souhlas příslušných orgánů. S posledními novelami⁷ prošel aktualizací také seznam těchto technologií.

Technologie, které se uplatňují a mohou dále uplatňovat, co se týče separace mikropolutantů, patří jednoznačně sorpce na různých materiálech, zejména GAU, dále pak membránové technologie. Zkoušeny jsou také materiály na bázi nanoželeza, ale i jiné postupy, například AOP či Caviplasma [15]. Zatímco u některých mikropolutantů jsou k dispozici znalosti o separační účinnosti, u některých polutantů jsou k dispozici pouze předpoklady.

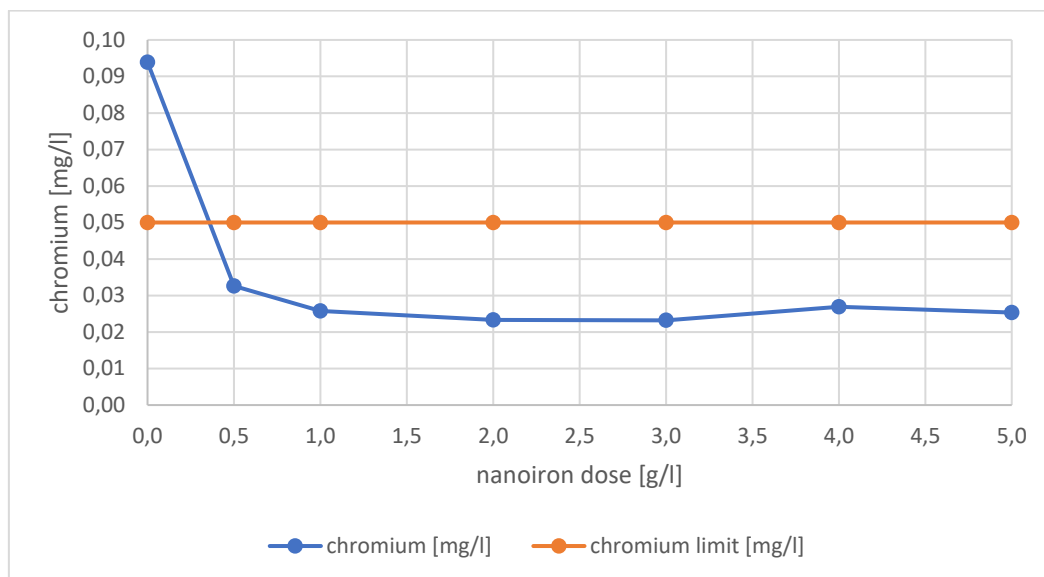
Například co se týče reziduí léčiv [10] ve vodách, ukazuje se, že aktivní uhlí, které se v praxi běžně používá pro odstranění širokého spektra polutantů, dosahuje dobrých výsledků i pro tuto skupinu mikropolutantů. Při laboratorních zkouškách je dosahováno účinnosti 66-99 % v závislosti na podmínkách procesu a použitém typu aktivního uhlí [16].

K dispozici jsou také výsledky z nasazení nanoželeza při úpravě vody pro odstranění těžkých kovů z vody. Nanoželezo představuje účinnou metodu pro sanaci podzemních vod použitelnou pro široké spektrum kontaminantů, od jednoduchých kationtů a aniontů až po složité organické halogenované sloučeniny. Z anorganických látek jsou předmětem zájmu především těžké kovy, jako je chrom, arsen či uran. Největší uplatnění nanoželeza se v současnosti nalézá při dechloraci organických sloučenin, především chlorovaných ethenů, dále pak polychlorovaných bifenylů a dalších halogenovaných sloučenin [12].

V rámci prováděných výzkumných prací bylo dávkováno nulamocné železo do upravované vody a byla sledována účinnost odstranění trojmocného chromu z vody. K experimentům byla používána modelová voda, u které bylo simulováno znečištění trojmocným chromem v koncentraci cca 0,09 mg.l^{-1} . Během laboratorních pokusů s nanoželezem byly provedeny testy šesti různých dávek produktu NANOFE 25. Dávky byly v rozsahu od 0,42 ml do 4,17 ml na 1 litr modelové vody, což vychází z požadovaného rozsahu použití reaktivního Fe^0 v hodnotách od 0,10 do 1,00 g.

⁷ Vyhláška č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody.

Obr. 1 Účinnost odstranění chromu



Nanoželezo bylo experimentálního výzkumu [17] úpravy vody zařazeno jako jedna z mnoha alternativ eliminace koncentrace těžkých kovů z vody. Při všech dávkách bylo dosaženo snížení množství znečišťujících látek pod úroveň limitní koncentrace pro pitnou vodu. Účinnost odstranění chromu činila při provedených zkouškách 65-75 %. Hodnoty zbytkového množství chromu se pohybovaly v rozsahu od 0,023 do 0,033 mg/l.

Co se týče možnosti použití nanoželeza při úpravě vody, bezesporu se jedná o zajímavou technologickou možnost, prokazující účinnost při odstranění daného znečištění. Nevýhodou pozorovanou během experimentů byl zvyšující se zákal s rostoucí dávkou nanoželeza.

Závěr

Nové požadavky vycházející z evropské směrnice budou muset být zavedeny [7, 12] do české legislativy (a legislativy dalších států) a po uplynutí přechodného období rovněž uplatňovány v praxi.

Předpokládá se, že pro eliminaci dalších (nových) mikropolutantů bude možné využít stávající technologie používané např. k odstraňování pesticidů, jako je filtrace aktivním uhlím, vysokotlaké membrány nebo budou nasazeny technologie využívající nanomateriály.

Ačkoliv vodní hospodářství není obor, kde by popsané látky vznikaly a byly produkovány, paradoxně vodohospodářské objekty (výustě z kanalizací) jsou tím místem kudy je velká část mikropolutantů distribuována do životního prostředí. V rámci vodního hospodářství je tedy potřeba vyrovnat se s výskytem mikropolutantů, jak na vstupu, tak i na výstupu, a to za situace, kdy vodohospodářské objekty nejsou přímo původcem těchto látek.

Je zřejmé, že záchyt mikropolutantů by měl být vyřešen již v místě vzniku, tedy u samotného producenta, avšak toto v celé řadě konkrétních látek není možné. Na evropské úrovni obecně prosazovaný princip „znečišťovatel platí“ je obtížně prosaditelný.

Nejudržitelnějším a nejvíce preferovaným řešením je v první řadě zabránit mikropolutantům ve vstupu do koloběhu vody. Zatímco pro kvalitu pitných vod jsou již stanoveny limity a je sledováno jejich dodržování pro některé skupiny mikropolutantů, v odpadních vodách povinné sledování mikropolutantů v tuto chvíli zavedené není. Měly by být podniknuty kroky, aby tyto látky nevstupovaly touto cestou do vodního cyklu.

Reference

- [1] The new drinking water Directive 2020/2184 , September 2021.
- [2] AWAD, Raghad a Danko BARLOKOVÁ. The New Drinking Water Directive in the EU. In: Proceedings from 11th Conference of Young Researchers KOMVY 2022. Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava in Publishing House SPEKTRUM STU, 2022, s. 55-62. ISBN 978-80-227-5209-1.
- [3] Kim, M.-K., & Zoh, K.-D. (2016, November 29). Occurrence and removals of micropollutants in water environment. Environmental Engineering Research. Korean Society of Environmental Engineering. <https://doi.org/10.4491/eer.2016.115>.
- [4] Česká republika. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody v platném znění.
- [5] Slovenská republika. Vyhláška č. 247/2017 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou v platném znění.
- [6] ZELINOVÁ, Kristína. Účinnost úpravy vody s využitím membránové filtrace. Brno, 2023. 82 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Tomáš Kučera.
- [7] KOŽÍŠEK, František. S novou evropskou směrnicí se opět změní i česká legislativa pitné vody. Hygiena. 2021, 66(1), 3. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.21101/hygiena/a1777](https://doi.org/10.21101/hygiena/a1777)
- [8] YANG, Yun, Xiangru ZHANG, Jingyi JIANG, et al. Which Micropollutants in Water Environments Deserve More Attention Globally?. Environmental Science & Technology [online]. 2022, 56(1), 13-29 [cit. 2022-11-20]. ISSN 0013-936X.
- [9] BIELA, R.; ŠÍBLOVÁ, D.; GOTTWALD, M. Use of adsorption for pesticides removal from drinking water sources. In Advances in Environmental Engineering 2019. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Bristol, UK: IOP Publishing, 2020. p. 1-5. ISSN: 1755-1315.
- [10] BIELA, R.; ŠÍBLOVÁ, D.; KABELÍKOVÁ, E.; ŠVESTKOVÁ, T. Laboratory elimination of ibuprofen from water by selected adsorbents. Desalination and Water Treatment (online), 2020, vol. 193, no. 2020, p. 424-431. ISSN: 1944-3986.
- [11] Virkutyte J, Varma RS, Jegatheesan V (2010) Treatment of micropollutants in water and wastewater; IWA Publishing: London, UK, p. 520.
- [12] VALOVIČOVÁ, Zuzana a Klára PAGANOVÁ. Aké zmeny čakajú dodávateľov pitnej vody po transpozícii novej európskej smernice pre pitnú vodu. Bratislava: Úrad verejného zdravotníctva, 2022. ISBN 978-80-570-3877-1.
- [13] História úpravy vody. SAVE [online]. Bratislava: Slovenská asociácia vodárenských expertov, 2018, [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://savesk.sk/wp-content/uploads/2019/02/Historia-upravy-vody-final-1.pdf>
- [14] ZELINOVÁ, Kristína. Vyhodnocení účinnosti poloprovozní ultrafiltrační jednotky. Brno, 2021. 58 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
- [15] ČECH, Jan, Pavel ŠTAHEL, Lubomír PROKEŠ, Jozef RÁHEĽ, Pavel RUDOLF, Eliška MARŠÁLKOVÁ, Blahoslav MARŠÁLEK, Petr LUKEŠ and Zdenko MACHALA. CAVIPLASMA – THE NEW TOOL FOR ENERGY-EFFICIENT LARGE-SCALE TREATMENT OF LIQUIDS. In 17th High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry Symposium (HAKONE). 2022.
- [16] LUKÁŠOVÁ, D.; BIELA, R. STANOVENÍ ÚČINNOSTI AKTIVNÍHO UHLÍ PŘI ODSTRAŇOVÁNÍ LÉČIV Z VODY. JUNIORSTAV 2021. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2021. s. 428-433. ISBN: 978-80-86433-75-2.
- [17] KUČERA, T.; BIELA, R.; ZELENÝ, Z. Lab-scale research of water treatment with use of water glass and nanoiron. Desalination and Water Treatment (online), 2017, roč. 99, č. 12, s. 34-41. ISSN: 1944-3986.

Odstraňovanie humínových látok z vody granulovaným aktívnym uhlím

prof. Ing. Danka Barloková, Ph.D.¹⁾

prof. Ing. Ján Ilavský, Ph.D.¹⁾; Ing. Jana Sedláková²⁾; Ing. Alena Matis³⁾

1) Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU Bratislava

2) Podtatranská vodárenská prevádzková spoločnosť, a.s., Poprad

3) Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava

Abstrakt

Článok sa zaoberá odstraňovaním humínových látok a CHSK_{Mn} z povrchovej vody (Červený potok), ktorá v určitých obdobiach vykazuje zhoršenú kvalitu z hľadiska farby vody, zákalu, CHSK_{Mn} a mikrobiologického oživenia. Príčinou sú rašelinové pôdy v tejto tatranskej oblasti a nárazové zmeny počasia (topenie snehu, privalové dažde), čo spôsobuje krátkodobu výrazne zmeny kvality vody v toku. Experimenty sa uskutočnili v ÚV Nový Smokovec. V rámci experimentov boli porovnávané štyri rôzne druhy granulovaného aktívneho uhlia (Norit 1240, WG12, Filtrasorb TL830 a Filtrasorb 300). Na experimenty boli použité dve filtračné kolóny, priemer kolóny 5 cm, výška kolóny 1,5 m, výška filtračného média 92 a 100 cm. Bola sledovaná kvalita surovej a upravenej vody na odtoku z jednotlivých filtračných kolón, filtračná rýchlosť a účinnosť sorpčných médií. Výsledky experimentov preukázali viac ako 70% účinnosť odstraňovania humínových látok a CHSK_{Mn} z vody použitou technológiou.

Úvod

V súčasnej dobe sa zvyšujú požiadavky na kvalitu pitnej vody i nároky odberateľov vody z verejných vodovodov. Vplyvom klimatických zmien, ale najmä ľudskou činnosťou dochádza k zhoršeniu podmienok na odber vody priamo z tokov a v poslednej dobe aj z podzemných vodných zdrojov, čo sa týka množstva a kvality.

Humínové látky (hlavne humínové kyseliny a fulvokyseliny) sú prítomné takmer vo všetkých prírodných vodách, kde často tvoria hlavný podiel prirodzeného organického znečistenia (NOM). Negatívny vplyv humínových látok na akosť vody a jej úpravu je možné zhrnúť do nasledujúcich bodov [1,2] :

- zvyšujú intenzitu farby vody,
- zvyšujú kyslosť vody,
- ovplyvňujú pach a chuť vody,
- ovplyvňujú biochemickú stabilitu,
- ovplyvňujú tvorbu komplexov kovov (napr. s Fe, Mn, Al, Cu),
- ovplyvňujú adsorpciu organických zlúčenín (napr. pesticídy, PCB, ftalátov),
- ovplyvňujú tvorbu THM pri chlorácii vody,
- zhoršujú odstrániteľnosť nízkomolekulárnych fulvokyselín koaguláciou

Prítomnosť humínových látok vo vodách sa prejavuje ich sfarbením, napr. fulvokyseliny majú v závislosti od koncentrácie svetložlté až žltohnedé sfarbenie, humínové kyseliny sú

tmavohnedé. Vzhľadom k ich pôvodu ide o prirodzenú farbu vôd. Obvykle platí, že koncentrácia humínových látok $2,5 \text{ mg.l}^{-1}$ odpovedá približne farbe vody 20 mg.l^{-1} Pt. Farba sa však značne mení s hodnotou pH vody (farebnejšie sú roztoky s vyšším pH). Okrem toho farba vody závisí od zloženia humínových látok, od veľkosti disperzných častíc, atď., ktoré môže byť v rôznych povrchových vodách odlišné. Preto sa nedá získať všeobecne platný lineárny vzťah medzi koncentráciou humínových látok a farbou vody.

Humínové látky sa vyznačujú komplexotvornými vlastnosťami [3,4]. Tvorba komplexov je jednou z príčin vyluhovateľnosti ťažkých kovov z pôd humínovými látkami (zvyšuje sa ich obsah vo vode) a príčinou zvýšenej koncentrácie Fe a Mn v rašelinových vodách.

Z technologického hľadiska spôsobujú humínové látky problém pri úprave vody [5,6], napr. zvyšujú spotrebu koagulantu, reakčných a dezinfekčných činidiel, hlavne však pôsobia ako prekursor tvorby halogénových zlúčenín.

Zanedbateľné nie sú ani agresívne vlastnosti humínových vôd pre kovy a stavebniny (malta a betón), ktoré sú spôsobené nielen kyslosťou, ale aj ich schopnosťou vytvárať komplexy, v prípade malty a betónu ide o agresívne vyluhovanie, ktorým dochádza k zvyšovaniu rozpustnosti CaCO_3 a CaO .

Významnými prekursorami organohalogénových zlúčenín vo vodách sú predovšetkým fulvokyseliny a humínové kyseliny. Experimentálne sa potvrdilo, že z fulvokyselín vzniká približne o 60% viac organochlórových zlúčenín v porovnaní s humínovými kyselinami [7]. Fulvokyseliny majú zároveň vyššiu rozpustnosť vo vode ako humínové kyseliny, preto prírodné vody obsahujú v priemere 87 % fulvokyselín. Pre obmedzenie vzniku chlórovaných uhlíkovodíkov je treba maximálne znížiť obsah humínových látok vo vode alebo zmeniť spôsob dezinfekcie.

Na Slovensku stanovovanie humínových látok v pitných vodách nie je legislatívne upravené (Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z.z.). Vychádza sa z hodnoty CHSK_{Mn} , z absorbancie (A^{254}), príp. z farby vody. Prekročenie limitnej hodnoty je dôvodom k rozhodnutiu o stanovení humínových látok. Medzná hodnota pre CHSK_{Mn} je $3,0 \text{ mg/l}$.

V staršej norme (STN 75 7111 Pitná voda) patrili humínové látky medzi fyzikálno-chemické ukazovatele s medznou hodnotou $2,5 \text{ mg.l}^{-1}$. Prekročenie hodnoty $2,5 \text{ mg.l}^{-1}$ indikuje možnú prítomnosť THM u vôd zabezpečovaných chlóróm.

Požiadavky na kvalitu surovej vody a hraničné hodnoty ukazovateľov kvality vody pre jednotlivé kategórie štandardných metód úpravy surovej vody na pitnú vodu ustanovuje Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 636/2004 Z.z. V prílohe 1 tejto vyhlášky sú pre jednotlivé kategórie A1, A2 a A3 odporúčané postupy úpravy vody. Kategórie zohľadňujú technologickú náročnosť a účinnosť úpravy.

Tabuľka 1 Povrchové vody určené na odber vody pre pitnú vodu

Ukazovateľ	Jednotka	Kategória A1		Kategória A2		Kategória A3	
		OH	MH	OH	MH	OH	MH
CHSK_{Mn}	mg.l^{-1}	2	3	5	7	8	10
TOC	mg.l^{-1}	<5,0	5,0	5,0	7,0	8,0	10,0
Zákal	ZF	2	5	–	30	–	50
Farba	mg.l^{-1} Pt	10	20	50	100		
Absorbancia (254 nm)		–	0,08	–	0,15	–	0,30

Požiadavky na kvalitu povrchovej vody a kvalitatívne ciele povrchovej vody určenej na odber pitnej vody určuje Nariadenie vlády SR č. 269/2010 v prílohách č. 1 a 2. Posúdenie kvality povrchovej vody a jej zatriedenie do jednotlivých kategórií sa vykonáva na základe vybraných ukazovateľov, medzi ktoré patrí CHSK_{Mn} a TOC, ako aj zákal, farba a absorbancia (tabuľka 1).

Najnižšia koncentrácia humínových látok sa nachádza v podzemných vodách (do 0,1 mg.l⁻¹). V povrchových vodách sa koncentrácia pohybuje rádovo v jednotkách mg.l⁻¹. Vo vodách z rašelinísk kolíše koncentrácia humínových látok v širokom intervale, väčšinou v desiatkach mg.l⁻¹. V niektorých stojatých vodách je možné stanoviť koncentráciu humínových látok až 500 mg.l⁻¹ [8].

Odstraňovanie humínových látok

Humínové látky (HL) možno z pitnej vody odstrániť niekoľkými procesmi úpravy, avšak rôzne procesy úpravy majú rôzny vplyv na ich odstraňovanie a bezpečnosť pitnej vody. Na odstraňovanie HL z vody je možné použiť koaguláciu, adsorpciu, oxidáciu, iónovýmenu, membránovú a biologickú úpravu, elektrochemické procesy a AOP.

Koagulácia patrí medzi najpoužívanejšie procesy na úpravu vody z povrchových zdrojov. Aplikácii koagulácie na odstránenie humínových látok zo zdrojov pitnej vody sa venovala veľká pozornosť výskumníkov na celom svete, pretože bola účinná a pomohla zabrániť tvorbe vedľajších produktov dezinfekcie (DBP). Napriek tomu so zvýšeným kolísaním humínových látok vo vode (koncentrácia a zloženie) sa účinnosť konvenčnej koagulácie podstatne znížila, a preto je potrebné vyvinúť vylepšené koagulačné procesy optimalizáciou prevádzkových podmienok a vyvinúť efektívnejšie anorganické alebo organické koagulanty, ako aj spojenie koagulácie s inými technológiami úpravy vody.

Koaguláciou sú odstraňované z vody len vysokomolekulové humínové kyseliny, ale u nízkomolekulových fulvokyselín (relatívna molekulová hmotnosť do 500) je účinnosť podstatne menšia a niektoré frakcie sa nedajú odstrániť vôbec. Je to spôsobené veľkosťou molekúl alebo častíc. So zvyšujúcou sa koncentráciou humínových látok a s rastúcou hodnotou pH sa veľkosť molekúl alebo častíc znižuje, a tým sa zhoršuje účinok separácie. Najlepšia účinnosť sa dosahuje pri úprave humínových vôd čírením skôr v kyslej oblasti (pri pH od 4 do 6), kedy vznikajú veľké a dobre separovateľné agregáty.

Adsorpcia granulovaným aktívnym uhlím (GAC) je rozšírená technológia úpravy vody používaná najmä na odstraňovanie rozpustených organických zlúčenín (prírodné organické látky, mikropolutanty). Adsorpcia humínových látok na aktívne uhlie je ovplyvnená fyzikálno-chemickými vlastnosťami ako napr. hodnota pH, počiatočná koncentrácia humínových látok, typ a distribúcia veľkosti molekúl, iónová sila a teplota vody. Okrem fyzikálno-chemických charakteristík upravovanej vody je adsorpcia vody závislá aj od vlastností aktívneho uhlia, ako napr. objem pórov, distribúcia veľkosti pórov, plocha povrchu prístupná pre adsorpciu a povrchové funkčné skupiny (karboxylové, hydroxylové a karbonylové skupiny).

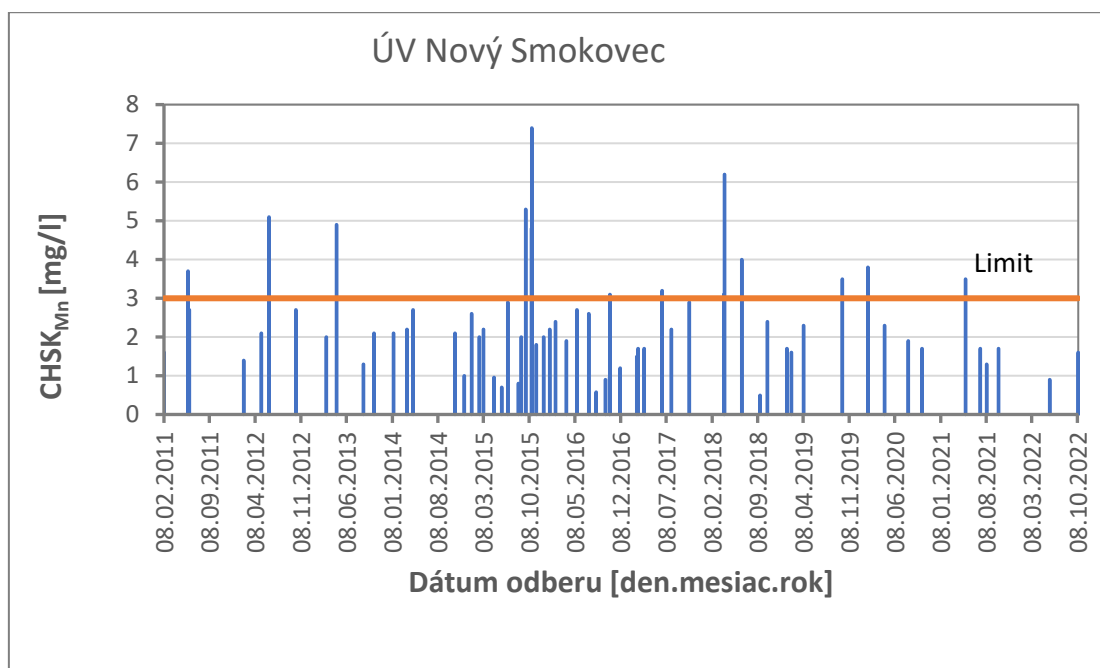
ÚV Nový Smokovec

Úpravňa vody (ÚV) bola daná do prevádzky v roku 1972. Kapacita ÚV je 20 l/s. Úpravňa vody upravuje vodu z potoka Štiavnik v Novom Smokovci. Potok je nazývaný aj ako Červený potok, je to z dôvodu, že v určitých obdobiach (topenie snehu, jarné obdobia, dlhodobé dažde, príválové dažde) je voda vplyvom humínových látok z rašelinových pôd sfarbená do červena, vykazuje nadlimitnú hodnotu CHSK_{Mn}, nízke pH (okolo 6,0), zvýšenú farbu vody (do 30 mg.l⁻¹) a tiež zákal (max. 5,8 ZF).

Ide o málo mineralizovanú vodu, celkové množstvo rozpustených látok pri 105°C je v intervale 37 až 88 mg.l⁻¹, vodivosť 5,0 mS.m⁻¹, priemerná koncentrácia vápnika 4,3 mg.l⁻¹, horčíka 1,2 mg.l⁻¹, súčet Ca+Mg 0,14 mmol.l⁻¹, , absorbanca 0,057, KNK_{4,5} 0,38 mmol.l⁻¹, agresívne CO₂ podľa Heyera 9,5 mg.l⁻¹, priemerná koncentrácia mangánu 0,055 mg.l⁻¹, železa 0,04 mg.l⁻¹, zákal 1,2 ZF, farba vody 10 mg.l⁻¹ Pt, teplota vody je v intervale 1,8 až 13,1 °C, pH od 5,9 do 8,7. Uvedené hodnoty sú na vstupe do úpravne vody.

Na obrázku 1 je zobrazená kvalita vody od roku 2011 do 2022 pre parameter $CHSK_{Mn}$.

Obr. 1 Hodnoty $CHSK_{Mn}$ v surovej vode z potoka Štiavnik



Technológia úpravy pozostáva z odberného objektu, sedimentácie prietokom cez ukľudňujúcu a sedimentačnú nádrž, filtrácia na troch otvorených pieskových rýchlofiltroch a odkysľovanie na filtroch s náplňou PVD. Upravená voda je akumulovaná vo vodojeme. V súčasnosti je úpravná vody využívaná ako doplnkový vodný zdroj.

Experimentálna časť

Experimenty boli realizované v ÚV Nový Smokovec. Na overenie účinnosti eliminácie humínových látok z vody boli použité dve filtračné kolóny (vnútorný priemer 5,0 cm, výška 150 cm, výška filtračnej náplne 90-100 cm) naplnené granulovaným aktívnym uhlím Norit 1240, WG12, Filtrasorb 300 a Filtrasorb TL830. Ich základné charakteristiky sú uvedené v tabuľke 2.

Tab. 2 Vlastnosti použitého granulovaného aktívneho uhlia

Parameter	Norit 1240	WG12	F300	F830
Jódové číslo [mg.g^{-1}]	min. 1020	min. 1000	min. 1000	min. 900
Metýlenová modrá [mg.g^{-1}]	min. 230	min 30	min 245	min. 260
Špecifický povrch (BET) [$\text{m}^2.\text{g}^{-1}$]	1150	min 1000	1050	1100
Veľkosť častíc [mm]	0,85-2,0	1.0-1.5	0,85-2,0	0,6-2,36
Stredný priemer častíc [mm]	1,4	1,2	1,4	1,6
Prevádzková hustota [g.cm^{-3}]	0,480	0,450±30	0,450	0,460
Oter [-]	75	85	96	95
Tvrdosť [-]	97	95	75	78
Koeficient rovnozrnitosti	1,6	1,3	1,4	2,1
Vlhkosť [hmotn.%]	max. 2	max. 2	max. 3	max. 2

Počas experimentov bola sledovaná kvalita surovej a upravenej vody na odtoku z filtračných kolón a prietok vody. Podmienky filtrácie sú zhrnuté v tabuľke 3.

Tab. 3 Podmienky filtrácie

Parameter	Norit 1240	WG12	F300	F830
Výška filtračnej náplne [cm]	92	92	100	100
Hmotnosť náplne [g]	1127,4	907,5	1418.3	1350.8
Priem. prietok kolónou [ml.min ⁻¹]	203,14	208,86	205,94	207,94
Priem. filtračná rýchlosť [m.h ⁻¹]	6,207	6,382	6,293	6,354
Doba zdržania v kolóne [min]	8,89	8,65	9,53	9,44

Na stanovenie humínových kyselín (HL) sme použili spektrofotometrickú metódu vo viditeľnej oblasti (pri vlnovej dĺžke 420 nm), ktorá využíva extrakciu humínových látok pri nízkej hodnote pH do pentanolu a následnú reextrakciu z pentanolu roztokom NaOH [8,9]. Na prepočet absorbancie na koncentráciu sme použili empirický koeficient (platný pre rašelinové vody v SR).

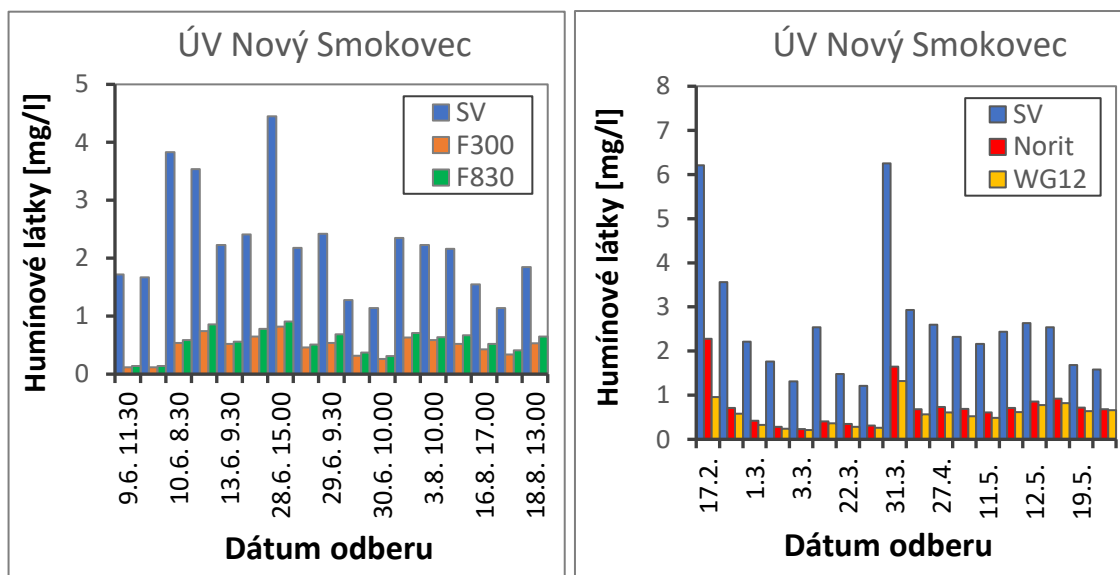
$$HL \text{ (mg/l)} = \frac{A \cdot k \cdot 250}{V_0 \cdot L}$$

kde HL je koncentrácia humínových látok, A je absorbancia, k je empirický koeficient (68 mg.cm⁻¹), V₀ je objem vzorky vody (250 ml), L je optická dĺžka kyvety (2,8 cm).

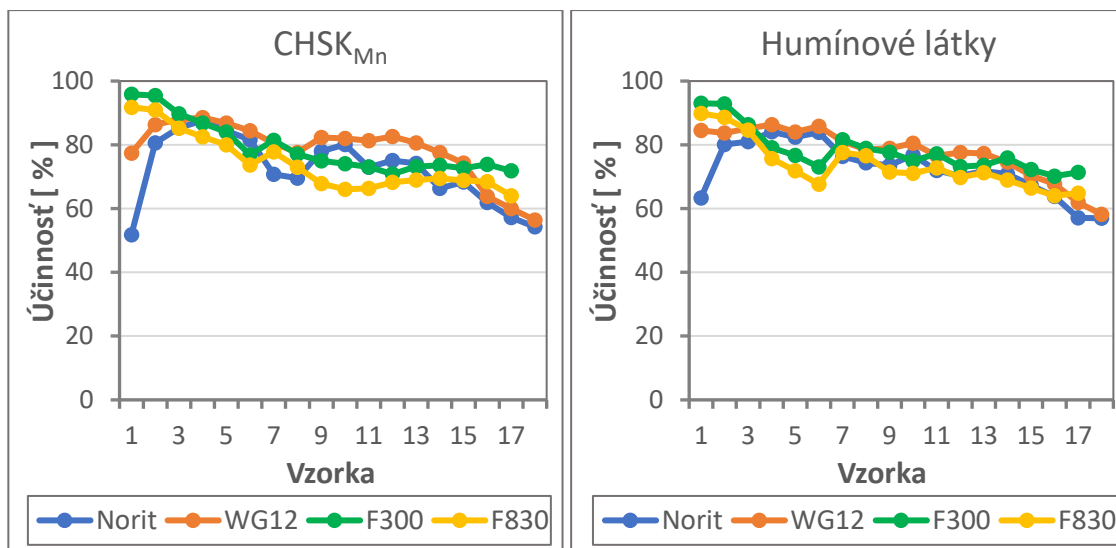
Výsledky a diskusia

Na základe získaných údajov sme porovnali účinnosť granulovaného aktívneho uhlia (Norit 1240, WG12, Filtrasorb TL830 a Filtrasorb 300) pri odstraňovaní humínových látok a CHSK z vody (obr. 1 a 2), zároveň sme sledovali aj ďalšie fyzikálno-chemické parametre definované vo Vyhláške MZ SR č. 247/2017 Z.z. pre pitnú vodu, .

Obr. 2 Koncentrácia humínových látok v surovej a upravenej vode



Obr. 3 Porovnanie účinnosti odstraňovania CHSK_{Mn} a HL z vody pre jednotlivé GAC



Záver

Cieľom tejto štúdie bolo použitím poloprevádzkových experimentov porovnať adsorpčnú účinnosť rôznych typov granulovaného aktívneho uhlia (Norit 1240, WG12, F300, F830) pri odstraňovaní CHSK a humínových látok z vody. Priemerná účinnosť odstraňovania humínových látok z vody sa pohybovala v hodnotách 78,10% v prípade Filtrasorb 300, 74,13% pre Filtrasorb TL830, 72,15% pre Norit 1240 a 77,37% v prípade WG12. Adsorpčná kapacita aktívneho uhlia nebola vyčerpaná (obr. 3).

Experimenty boli uskutočnené s prestávkami od 17.2. do 18.8. Snahou bolo zachytiť zhoršenú kvalitu vody s výrazným červeným sfarbením a vysokým obsahom humínových látok, čo za dané obdobie nenastalo. Preto budú experimenty pokračovať aj v roku 2023.

PodĎakovanie

Článok bol pripravený za finančnej podpory projektov APVV-18-0205 a VEGA 1/0825/21. PodĎakovanie patrí aj pracovníkom PVPs za pomoc počas experimentov a firmám Jako s.r.o. a Envipur za poskytnuté granulované aktívne uhlie.

Literatúra

- [1] Schnitzer M., Khan S.U.: Humic Substances in the Environment. M.Dekker, New York, 1972.
- [2] Žáček L.: Chemické a technologické prosedy úpravy vody. Vyd. NOEL 2000, 1999, s.103.
- [3] Singer P.C.: Trace Metals and Metal-Organic Interactions in Natural Water. Ann Arbor Sci. Publ., Ann Arbor 1973.
- [4] Nriagu J.O., Coker R.D.: Trace Metals in Humic and Fulvic Acids from Lake Ontario Sediments. Environ. Sci. Tech., 14, 443,1990.
- [5] Snoeying V.L., Jenkins D.: Water Chemistry. Wiley, New York 1980.
- [6] Žáček L.: Úprava humínových vôd čírením. Práce a studie, sešit 118. VÚV TGM Praha 1991.
- [7] Grünwald A., Janda V., Fišar P., Bížová J., Štastný B.: Hodnocení potenciálu tvorby THM v humínových vodách. Zborník z konferencie Voda Zlín 2002, Zlín 2002, str. 67-71
- [8] Pitter P.: Hydrochemie. Vydavatelstvo VŠCHT, Praha 1999, s. 329.
- [9] Horáková M., Lischke P., Grünwald A. Chemické a fyzikální metody analýzy vod. SNTL, Praha 1989, s. 375-377.

Strategie rozvoje fotovoltaických elektráren na vodohospodářských objektech

Ing. Milan Melč

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

Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s.

Abstrakt

Využití fotovoltaických systémů na vodohospodářských objektech je v současné době, ovlivněné skokovým růstem cen energií, velmi aktuálním tématem. Příspěvek se zabývá možnostmi instalací fotovoltaických systémů na objektech na vodojemů, na střechách objektů úpraven vody, čerpacích stanic, čistíren odpadních vod a ostatních objektech v provozních areálech vodohospodářských společností. Dále se příspěvek zabývá zkušenostmi z posuzování a návrhů instalací fotovoltaických elektráren na vodohospodářských objektech.

Instalace fotovoltaiky na vodohospodářských objektech

Instalace fotovoltaické elektrárny (FVE) zajistí majiteli, že bude šetrným k životnímu prostředí a bude dobrým hospodářem.

Hlavními přínosy FVE jsou:

- Ochrana životního prostředí
- Soběstačnost
- Úspora nákladů
- Snížení uhlíkové stopy
- Přispějete k zelenému regionu

Hlavními přínosy FVE jsou z hlediska vodohospodářského:

- Pitná voda je strategická surovina, při instalaci fotovoltaické elektrárny se zvýší soběstačnost, máme další obnovitelný zdroj energie.
- Umožní s parametrizací a úpravou způsobu čerpací práce přesun do denních hodin (některé objekty mohou např. čerpat pouze v noci)
- Možnost pokrytí elektrické energie pro potřeby bezpečnosti provozu při black-out (uzávěry, snímání veličin, přenos dat, ...). S tím jde ruku v ruce také úprava technické infrastrukturu apod..
- Úspora provozních nákladů na elektrickou energii.

Energetická kritéria na výrobu a úpravu vody

Na konferenci Naše voda v březnu 2022 byla představena revize směrnice o čištění městských odpadních vod, kterou předložilo české předsednictví v evropské komisi. Pro vodohospodáře je zásadní právě oblast energetické náročnosti provozovaného majetku a dotační podmíněnost evropskými zdroji pro tyto projekty. Pro některé lokality a vodohospodářské společnosti, vlastníky majetku, kteří provozují nebo mají majetek, který je v dnešní době energeticky náročný

právě z toho důvodu, že lokální podmínky, hloubka studní, ze kterých se čerpá, obtížnost čistitelnosti odpadních vod, jsou prostě koncentrované nebo jejich doprava na velkou vzdálenost, prostě neumožňují splnění těchto screeningových kritérií.

Taxonomie EU bude stanovovat určitá kritéria energetické náročnosti tzv. technická screeningová kritéria všech vodohospodářských činností oborů vodovodů a kanalizací např. úpravy pitné vody nebo čistírny odpadních vod, kde jsou stanovena kritéria tzv. energetické náročnosti vyjádřená např. 1 kWh na jeden kubík ($1\text{kWh}/1\text{m}^3$) vyrobené pitné vody nebo na vyčištěného ekvivalentního obyvatele ($1\text{kWh}/\text{EO}$). Tato screeningová kritéria mají určit jaké investice půjdou do životního prostředí a napomáhají plnit globální cíle zmírňování změny klimatu či adaptaci na změnu klimatu.

Provozovatelé vodárenských areálů, objektů nebo čistíren odpadních vod se spíše zaměřovali na plnění základních parametrů, ať už je to kvalita pitné vody nebo limity vypouštěné odpadní vody. Energetická náročnost se řešila v souvislosti s rostoucími cenami elektrické energie. Pro vyhodnocování provozu daného zařízení z hlediska energetické náročnosti budou nastaveny parametry pro čistírny odpadních vod a tyto limity jsou poměrně přísné. Nejsou to sice závazné limity, ale jsou to limity pro případné investice, které může, ale také nemusí v budoucnu Státní fond životního prostředí při rozhodování o udělení dotace využít jako tzv. pomocné kritérium.

Obnovitelné zdroje v energetice (OZE)

Jednou z možností, jak upravit resp. snížit energetickou náročnost vodohospodářských objektů, je možnost využití obnovitelných zdrojů v energetice. Existuje množství technických řešení, různorodost zdrojů a jejich vzájemné kombinace. Instalace nových obnovitelných zdrojů energie nebo modernizace stávajících včetně prvků aktivního energetického hospodářství. Mezi hlavní podporované projekty patří:

- Fotovoltaické elektrárny (FVE)
- Geotermální zdroje energie (GTE)
- Větrné elektrárny (VTE)
- Malé vodní elektrárny (MVE)

Systémy pro akumulaci elektrické energie mohou být podpořeny pouze jako součást komplexního projektu FVE či VTE instalované přímo v místě realizace zdroje a systémy pro akumulaci tepelné energie jako součást komplexních projektů GTE.

V rámci obnovitelných zdrojů se zaměřujeme také na oblast fotovoltaických elektráren, které je možné umístit na v areálech vodohospodářských objektů, čistíren odpadních vod, čerpacích stanic, úpravny vody a vodojemů.

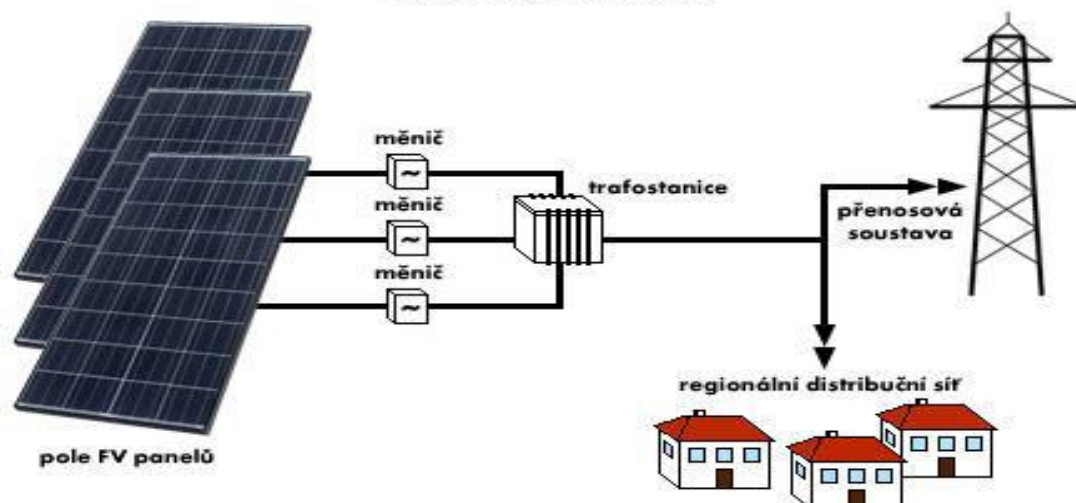
Fotovoltaická elektrárna a z čeho se skládá

Fotovoltaický systém můžeme instalovat na každém vhodném osluněném místě.

Základní komponenty systému

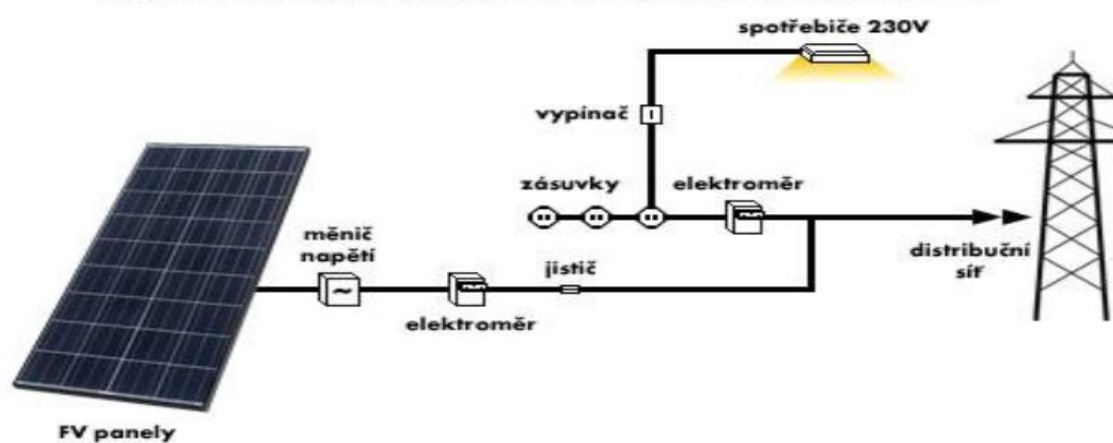
- Fotovoltaické panely (na střeše, na nezpevněných plochách)
- Konstrukce pro upevnění panelů
- Střídače (měniče) napětí
- Ochrany
- Připojení do distribuční soustavy (rozvod NN s elektroměrem vyrobené elektrické energie, rozvodna NN / transformační stanice s elektroměrem) a dispečerské řízení ze strany distribuční soustavy nebo přenosové soustavy

Sluneční elektrárna

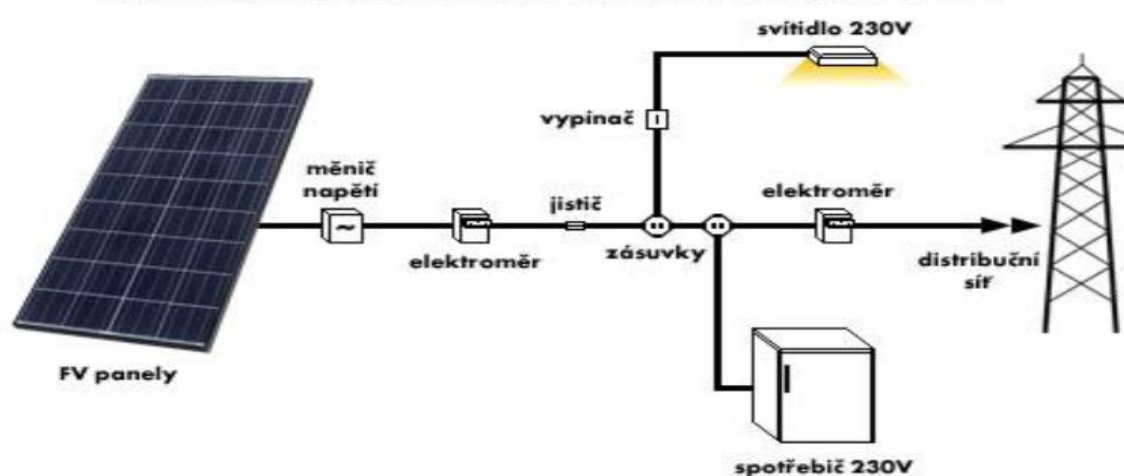


Možnosti výroby elektrické energie pomocí fotovoltaického systému

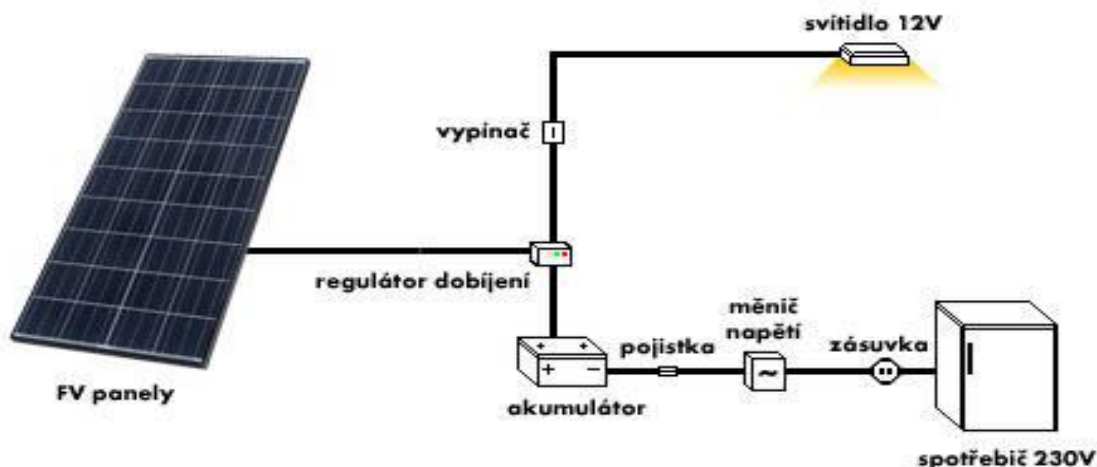
System pro výhradní prodej elektrické energie do sítě



System pro vlastní spotřebu a prodej přebytků do sítě



System s akumulací elektrické energie (12V i 230V)

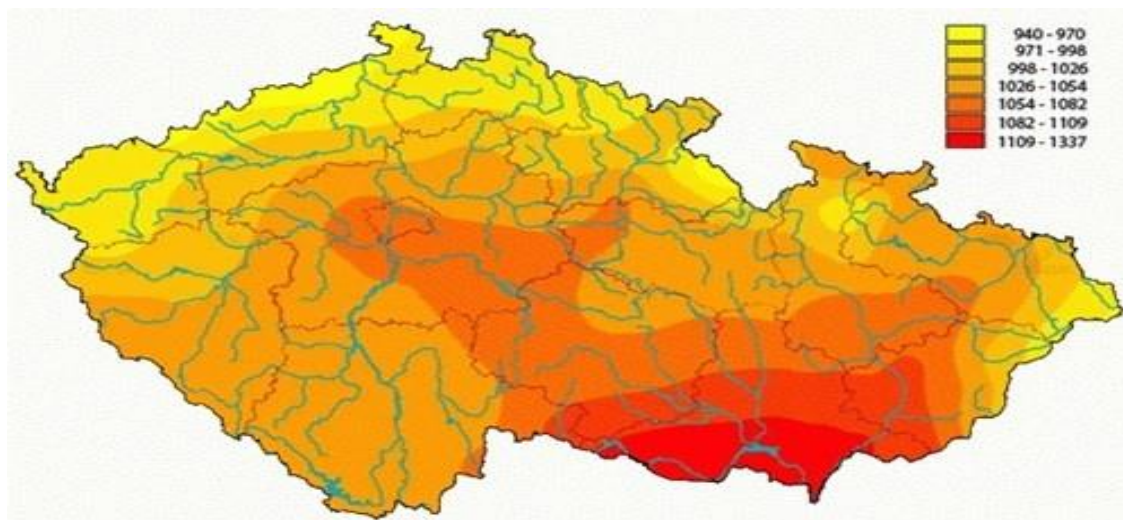


Vodohospodářských společností se týkají zejména systémy pro vlastní spotřebu s možností prodeje přebytků do distribuční soustavy nebo systémy s akumulací elektrické energie včetně možnosti prodeje přebytků nebo pouze jenom v ostrovním režimu bez vazby na distribuční soustavu případně přenosovou soustavu. Těmito systémy je možné přiměřeně, částečně nebo zásadně snížit vlastní spotřebu elektrické energie v daném areálu nebo objektu.

Solární energie

Slunce posílá na povrch naší planety cca $1\,364\text{ W/m}^2$. Při průchodu atmosférou se ztratí kolem 25% a přímo na zem dopadá $1\,000\text{ W/m}^2$ = ideální podmínky, které jsou standardizované na $1\,000\text{ W/m}^2$. Z toho lze vyvodit, že pokud má fotovoltaický panel účinnost 20 %, tak ze slunce získáme 200 W/m^2 . Průměrně svítí slunce v celé České republice cca 1500 hodin/rok, ale pouze cca 1100 hodin je reálně využitelných u staticky umístěných panelů. Při optimálních sklonech se s tímto výkonem setkáme jen na určitých místech v ČR viz mapa s průměrnými dobami osvitu. Zde je třeba také připomenout, že v měsících prosinec a leden, je výroba elektrické energie minimální.

Mapa s průměrnými dobami osvitu v České republice



Typy fotovoltaických panelů

Monokrystalické

- největší účinnost kolem 20 %
- optimální volba
- dnes se používají nejvíce a vyrábějí se ve velkých sériích = dobrá cena
- nabízejí velmi dobrou orientaci vůči slunci



Polykrystalické (multikrystalické)

- účinnost zhruba 15 až 17 %
- lépe zachytí světlo přicházející z ostřejších úhlů
- výkon je lépe rozložen v čase během dne



Amorfní

- "tenké vrstvy", nejznámější je amorfní křemíkový panel
- nejnižší účinnost kolem 11 %
- minimální tloušťka a hmotnost
- velké průmyslové komplexy (nezatěžují lehké konstrukce střech výrobních hal)



Účinnost a životnost panelů

- účinnost = kolik sluneční energie panel dokáže přeměnit na elektřinu
- teoretické maximum je cca 34 %, čím účinnější panel = tím má větší výkon
- životnost panelů je 20 a více let

Možnosti instalace

Z hlediska stavebního zákona se jedná o tzv. „stavbu na stavbě“. Pokud je fotovoltaický systém na zkolaudované stavbě není v konfliktu s územním plánem.

Střechy

- moduly monokrystal cca 450 – 470 Wp
- samonosná konstrukce - nízký profil, sklon 10°-15°
- dle dispozice – jižní orientace (variantně tzv. „stříšky“ východ - západ)
- stringové střídače
- kotvení gravitační, případně dle provedení střešní krytiny



Zatrávněné střechy vodojemů

- panely monokrystal cca 450 – 470 Wp
- samonosná zatížená konstrukce, nízký profil, sklon 20°
- dle dispozice – jižní orientace (variantně tzv. „stříšky“ východ – západ)
- kotvení gravitační, případně zemní vruty do zásypu max. 35/45 cm, pro údržbu doporučeno podložení geotextilií



Strategie rozvoje

Společnost Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s. pro vodohospodářské společnosti zpracovává Strategie rozvoje fotovoltaických systémů (elektráren). V rámci Strategie na základě podkladů, které ve spolupráci s příslušným zájemcem provedeme sestavení, vytipujeme, navrhujeme možnosti umístění fotovoltaických systémů v jednotlivých areálech a na objektech vodohospodářské infrastruktury jako jsou čerpací stanice, vodojemy, úpravní vody, čistírny odpadních vod. Ve vztahu k instalaci fotovoltaického systému je nutné provést analýzu stavu objektů jako jsou havarijný stav, rekonstrukce provedené nebo plánované, památková zóna a nedořešené pozemkové a majetkoprávní vztahy. Dále posuzujeme způsoby připojení do distribuční nebo přenosové soustavy na základě smluv o připojení, které má zájemce, prověříme kdo je nositelem nákladů na elektrickou energii, posoudíme spotřebu elektrické energie za dané období, prověříme možnosti licence ERÚ na výrobu elektřiny případně další potřebné údaje a data. Uchazeč získá prvotní návrh, ze kterého vyplývá smysluplnost vlastní instalace fotovoltaického systému s předpokládanou výrobou včetně předpokládaných investičních nákladů. Tento materiál slouží budoucímu uchazeči jako podklad pro strategické rozhodnutí instalace fotovoltaické elektrárny na vybraném místě. V materiálu jsou také uvedeny jaké jsou možnosti dotačního financování a následný časový postup vlastní realizace celého systému včetně jednotlivých kroků.

Studie proveditelnosti

Na základě Strategie rozvoje nebo na základě požadavku příslušné vodohospodářské společnosti zpracujeme Studii proveditelnosti technicko ekonomické posouzení realizace fotovoltaické elektrárny v daném místě. Tato Studie proveditelnosti již obsahuje podrobná technická a ekonomická data, která se s úspěchem využít v následném procesu zřízení a instalace

fotovoltaického systému. Je zde rozpracováno technické řešení na konkrétním místě s konkrétními daty pro dané místo s vazbou na příslušnou distribuční nebo přenosovou soustavu v daném regionu. Je zde vybrána a navržena optimální varianta příslušného dotačního titulu, který umožňuje vodohospodářské společnosti zacílení na to, co je pro ni vyhovující z hlediska vlastnických vztahů.

Očekávané výstupy

Investiční náklady daného fotovoltaického systému

Položka	Investiční náklad (Kč)	Kč/kWp
FV panely (0,336 EUR/Wp)	3 325 871	8 574
Střídače	523 980	1 351
Konstrukce	1 429 726	3 686
Kabeláž a rozvaděče včetně elektroprací	1 346 138	3 470
Cesty, zabezpečení a protipožární ochrana	104 312	269
Oplocení	0	0
Trafo stanice	0	0
Přípojka VN včetně výkopových prací	0	0
Rezervace výkonu u distributora	180 000	464
Ostatní zemní a výkopové práce	0	0
Ochrana proti blesku a uzemnění	71 917	185
Systém monitoringu a připojení na internet	88 327	228
Projektová příprava, inženýring	767 103	1 978
Jednorázová věcná břemena	0	0
Náklady za úpravy NN rozvaděče včetně kabelové přípojky	927 000	2 390
INVESTIČNÍ NÁKLADY CELKEM	8 764 373	22 594

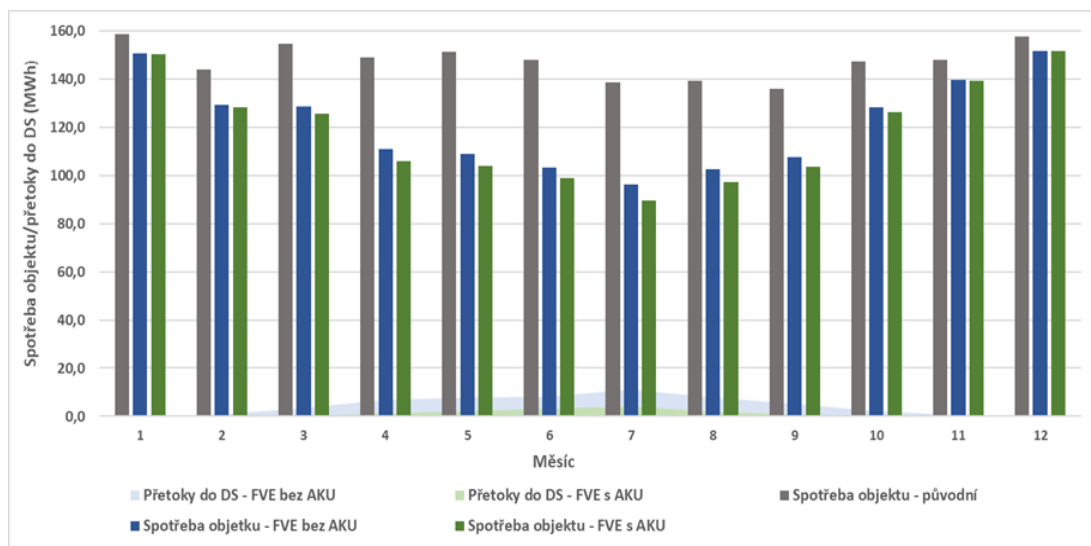
Ekonomické parametry daného fotovoltaického systému

Výstupy - ekonomické	Jednotka	FVE bez akumulace	FVE včetně akumulace
Cena za nákup silové elektřiny	Kč/MWh	3 200	3 200
Cena elektřiny za prodej přetoků	Kč/MWh	1 500	1 500
Investice celková	Kč	8 533 800	13 357 800
Roční provozní náklady	Kč	116 370	169 970
Úspora za náklady na elektřinu	Kč	1 081 992	1 224 711
Výnosy za přetoky	Kč	81 328	17 286
Přínosy projektu celkem (EBITDA)	Kč	1 046 950	1 072 028
Čistá současná hodnota (NPV)	Kč	8 838 226	4 403 789
Vnitřní výnosové procento (IRR)	%	12,9	7,2
Ukazatel ziskovosti (PI)	%	103,6	33,0
Prostá doba návratnosti	let	8,2	12,5
Reálná (diskontovaná) doba návratnosti	let	9,0	14,4

Energetické parametry daného fotovoltaického systému

Výstupy – energetické	Jednotka	FVE bez akumulace	FVE včetně akumulace
Výkon FVE	kWp	387,9	387,9
Výkon AKU	kW	-	240
Kapacita AKU	kWh	-	268
Výroba FVE	MWh/rok	369,09	369,09
Měrná výroba FVE	kWh/kWp/rok	951,5	951,5
Spotřeba objektu původní	MWh/rok	1 771,19	1 771,19
Spotřeba objektu nová	MWh/rok	1 456,92	1 418,07
Pokryto spotřeby objektu	MWh/rok	314,27	353,12
	%	17,74	19,94
Přetoky do DS	MWh/rok	54,22	11,52
	%	14,7	3,1
Celkové ztráty elektřiny (transf./AKU)	MWh/rok	0,60	4,45
	%	0,2	1,2

Předpokládaná výroba, spotřeba, přetoky daného fotovoltaického systému



Dispozice fotovoltaického systému



Vlastnické vztahy

Pro instalaci fotovoltaického systému je nutné prověřit a rozklíčovat vlastnické vztahy společnosti tak, jak jsou dnes nastaveny a to zejména z hlediska dotačního titulu, který má možnost společnost získat. Na základě našich projektů jsme se dobrali k těmto praktickým výstupům uvedených níže. Tyto vlastnické vztahy se doporučuje prověřit z hlediska právního zejména ve vztahu k dotačním titulům.

Vlastník = provozovatel toto je ideální stav. Jedná se o soukromý subjekt nebo velká firma z hlediska dotačních programů. Faktický provozovatel energetiky umožňuje bezproblémové smluvní uspořádání vůči distributorovi a obchodníkovi s elektřinou. Je nositelem nákladů na elektrickou energii, je držitelem licence nebo oni požádá na výrobu elektrické energie. Nutný potvrzený nájemní vztah po dobu udržitelnosti podle dotačního titulu, ve většině případů se jedná minimálně o 5 let. Způsobilý příjemce v rámci Modernizačního fondu / RES+ (SFŽP) a Národního plánu obnovy (MPO).

Vlastník / Správce / provozovatel

Veřejný subjekt z hlediska dotačních programů – vyloučen jako žadatel z Národního fondu obnovy (MPO), pouze Modernizační fond / RES+ nebo OPŽP. Neprovozuje energetiku, nejsou na něj vedeny Smlouvy o připojení / obchodní smlouvy na elektřinu, nenese náklady na energii. Složitě obchodní uspořádání vůči vlastníkově a provozovateli tzv. vnořená výroba, problematické z hlediska dodávek přebytků elektrické energie do distribuční nebo přenosové soustavy prostřednictvím odběrného místa vlastníka.

Třetí strana

Další možný případ uspořádání fotovoltaického systému. Vodohospodářská společnost má k dispozici „volné“ plochy, které je schopna pronajmout třetí osobě, která si na svoje náklady vybuduje a provozuje celý tento systém za účelem výroby a prodeje elektrické energie. Platí vše to, co je uvedeno u modelu vlastník, který zároveň provozovatel, ale také i u modelu vlastník / správce / provozovatel. Jedná se o soukromý subjekt. Zde je nutný nájemní vztah po dobu udržitelnosti min. 5 let. Jedná se o velice složité z hlediska obchodních vztahů a z hlediska transparentnosti.

Dotační tituly

Modernizační fond / RES+ č.1, č. 2, č. 3 a č. 4 / SFŽP

- č. 1 **do 1 MWp**, příjem žádostí do 15.3.2023
- č. 2 **nad 1 MWp**, příjem žádostí uzavřen
- skupinové projekty <1 MWp (více lokalit v rámci 1 žádosti), projekty nad 1 MWp lze žádat jednotlivě a odděleně
- složitější administrativa, vyžadován energetický posudek, nutnost výběrové řízení na dodavatele, nutná potvrzená připojitelnost podle distribuční společnosti
- míra podpory do 1 MWp cca 35-37 % z uзнatelných nákladů, projekty nad 1 MWp reálná míra podpory u úspěšných projektů cca 15-20 %
- č.3 **Komunální FVE pro malé obce**, příjem žádostí do 15.3.2023. Malé obce mohou čerpat až 75% podporu na pořízení fotovoltaických systémů na střechy a přístřešky veřejných (nekomerčních) budov, a to včetně ukládání energie, souvisejících rekonstrukcí střech a vnitřních rozvodů či pořízení systémů na řízení spotřeby energie.
- č. 4 **Komunální fotovoltaika pro větší obce** (energetická společenství), příjem žádostí do 15.3.2023, veřejné subjekty a subjekty vlastněné 100% veřejným sektorem

Národní plán obnovy / MPO / 1. výzva (8.3.2022)

- pro podnikatelské subjekty, veřejný sektor vyloučen včetně firem vlastněných ze 100 % veřejným sektorem
- FVE do 1 MW na budovách, MPO navýšilo o 1 mld., jednotlivé žádosti / projekty, do 31.8.2022
- jednodušší administrativa, bez energetických posudků, omezena nutnost VŘ na dodavatele, nutná potvrzená připojitelnost
- míra podpory 35 % z uзнatelných nákladů

OPŽP / SFŽP

- pro veřejné subjekty (kraje, obce, státní podniky, organizační složky státu, dobrovolné svazky obcí, veřejnoprávní instituce, příspěvkové organizace, ...)
- výzva č.11 Obnovitelné zdroje energie ve veřejných budovách, příjem žádostí do 31.5.2023

Ekonomika fotovoltaický systémů

CAPEX cca 28 tis. Kč/kWp

OPEX cca 200 Kč/kWp rok

Předpoklad vývoje cen elektřiny pro roky 2023 – 2027:

	Elektrická energie	CAL-23	CAL-24	CAL-25	CAL-26	CAL-27
1.	Prodej burza (EUR/MWh)	365	245	180	160	140
2.	Prodej burza (CZK/MWh)	8 943	6 003	4 410	3 920	3 430
3.	Nákup (CZK/MWh)	5 000	5 000	4 560	4 070	3 580
4.	Prodej z FVE (100 %) (CZK/MWh)	4 000	4 000	3 860	3 370	2 880
5.	Prodej z FVE přebytky (CZK/MWh)	2 500	2 500	2 280	2 035	1 790

Ceny výkupu přebytků silové elektřiny z FVE jsou výrazně nižší než pro 100% dodávku do sítě. Samotná výroba FVE se těžko předpokládá a obchodník s elektřinou obtížně s touto elektřinou obchoduje a zároveň má vícenáklady na odchylky dané rozdílem skutečně dodané elektřiny do distribuční nebo přenosové soustavy vůči předpokladům na základě, kterého elektřinu zobchodoval. V obchodování s přebytky z výroby FVE jsou náklady na odchylky ještě vyšší, což má za následek snížení výkupní ceny elektřiny. Konzervativní předpoklad ceny pro roky 2023–2027 je poloviční oproti burzovní ceně, tedy pro rok 2023 cca 2 500 Kč/MWh. Následně od roku 2028 je počítáno 3% roční indexací.

Při předpokládaných cenách (viz tabulka) silové elektřiny a výkupu přebytků je fotovoltaika velmi atraktivní i bez dotací – IRR>12% vnitřní výnosové procento (internal rate of return), předpokládané náklady < 9 -10 let. Pokud se využijí dotační tituly jsou předpokládané náklady < 6 -7 let.

Legislativa pro zřízení fotovoltaického systému

Do prosince 2022 výkon systému nad 20 kWp podléhal záměr instalace systému standardnímu stavebnímu řízení. V polovině prosince 2022 Poslanecká sněmovna ČR a také Senát ČR schválil zákon označovaný jako **Lex OZE 1**, který mění pravidla pro budování mikrozdroji obnovitelné energie. Největší změnou jsou benevolentnější pravidla pro budování malých výroben elektrické energie bez potřebné licence a bez nutnosti stavebního povolení. Dosud bylo možné bez licence vybudovat mikrozdroj do výkonu 10 kWp, nyní se limit posouvá až na 50 kWp. Na stejnou hodnotu potom zákonodárci z původních 20 kWp posunuli i stavbu bez nutného stavebního povolení. Nebude se také posuzovat ani vzhled stavby.

„Podstatné je, že díky LEX OZE 1. dojde ke zvýšení hranice stavebního povolení a licence na 50 kWp i zrovnoprávnění veřejného zájmu obnovitelných zdrojů energie, které pomůže domácnostem, živnostníkům, firmám, obcím i spolkům“.

V lednu 2023 nabyla účinnosti novela Energetického zákona umožňující výstavbu systému do 50 kWp bez nutnosti stavebního povolení a bez potřeby licence na výrobu elektřiny. Prováděcí legislativa a postupy jsou aktuálně v přípravě, lze předpokládat, že během několika měsíců již budou příslušné postupy známy a že bude možno systém realizovat bez stavebního povolení a provozovat ji bez licence.

Je to takové šalamounské rozhodnutí našich zákonodárných sborů. Proč vlastně? V rámci zřízení fotovoltaického systému na střeše vodohospodářských objektů a obecně na jakýchkoliv objektech je nutné před instalací prověřit tyto minimální požadavky:

- Instalace musí být v souladu s územním plánem.
- Zpracovat statický posudek na umístění daného systému nebo modifikovat stávající.
- Zajistit požární a bezpečnostní posouzení.
- Prověřit ochranu fotovoltaického systému před přímým a nepřímým zásahem blesku.

Minimální požadavky mají logicky přímý dopad do stavebního zákona, min. jsou v kolizi s tímto zákonem. Obecně to platí pro všechny výkony fotovoltaických systémů. Řádný hospodář tyto požadavky minimálně uváží a posoudí.

Instalace fotovoltaického systému do stávajícího odběrného místa vyžaduje:

- Podání žádosti o připojení výroby u příslušné distribuční společnosti.
- Změnu stávající smlouvy o připojení.
- Do výkonu 50 kW je vše (by mělo být) bez razítek a licence.
- Od výkonu 50 kW a více, požádat o licenci na výrobu elektrické energie na ERÚ, případně si nechat rozšířit stávající.

Recyklace fotovoltaických systémů

Za zpětný odběr a recyklaci fotovoltaických panelů na střechách i na polích v ČR již bylo dopředu zapláceno. To provedl výrobce panelů nebo jejich dovozce, u starších elektráren zaplatili jejich provozovatelé. Recyklační poplatek je součástí ceny každého fotovoltaického panelu. Nejdůležitější povinnosti a odpovědnost všech zúčastněných subjektů při předání ke zpracování, využití (recyklaci) a odstranění elektroodpadu ze solárních panelů stanovuje zákon č. 185/2001 Sb. Zákon o odpadech v § 37. Majitelé malých elektráren do 30 kWp, především na střechách RD, mají zákonem určenou možnost vysloužilé panely zdarma odevzdat v síti míst zpětného odběru. Provozovatelé elektráren s větším výkonem než 30 kWp si s provozovateli tzv. kolektivních systémů pro zpětný odběr domlouvají místo a způsob předání odpadu individuálně. Platí zde stejná povinnost výrobce solárních panelů = zajistit jejich zpětný odběr a recyklaci. Majitel nebo provozovatel elektrárny má povinnost provést demontáž panelů ze střechy nebo z konstrukcí na pozemku. Dále na své náklady vzniklý odpad odveze a předá do systému zpětného odběru elektroodpadu. Výrobci všech typů elektrozařízení sdružují do tzv. kolektivních systémů, které zajišťují zpětný odběr, recyklaci a likvidaci elektroodpadu pro své členy hromadně. V ČR funguje přibližně 10 kolektivních systémů, které se mimo jiné zabývají i recyklací odpadů z fotovoltaických elektráren. Mezi nimi jsou například REMA, ELEKTROWIN, ASEKOL SOLAR, RESOLAR, PV Systém nebo RETELA.

Predikce budoucího vývoje obnovitelných zdrojů energie (OZE)

Musíme konstatovat, že elektrická energie v roce 2021 dramaticky rostla a dá se s úspěchem predikovat, že již levnější nebude a do budoucna si bude udržovat stabilně vyšší cenové relace. Není třeba ihned projektovat a realizovat. Je nutné ustát tlaky výrobních a obchodních společností, firem jejíž hlavním smyslem je maximální zisk. Odolávat spoustě poradenských a realizačních firem, které si na dané problematice ve spojení s dotačními tituly snaží zajistit maximální zisk bez ohledu na okolí. Zhruba 27 % spotřeby elektrické energie ČR můžeme zajistit pokrytím všech střech tj. ¼ spotřeby elektrické energie má potenciál na střechách. Pod přísnou ochranou památkové péče je v ČR 2,34 % území. Je sice přísná, ale i zde je potenciál rozvoje, jsou zde už i viditelné instalace např. Nová scéna Národního divadla v Praze nebo Hotel Thermal v Karlových Varech. Dochází k prudkému rozvoji všech OZE včetně jejich různých kombinací. Roste také instalovaný výkon fotovoltaiky uvedeme na příkladu RD, v roce 2021 to bylo $P_i = 4 \text{ kWp} / \text{RD}$, v roce 2022 $P_i = 7 \text{ kWp} / \text{RD}$ a v roce 2023 se předpokládá $P_i = 8 \text{ kWp} / \text{RD}$. Naprostá většina instalací využívá také akumulaci elektrické energie. Na místo využití bateriové systému se začíná čím dále více prosazovat akumulace elektrické energie do vody. Více se také začne prosazovat komunitní energetika. Co se týká dotačních titulů tak v roce 2021 bylo podáno cca 20 tisíc žádostí a v roce 2022 to bylo již 80 tisíc žádostí. Fotovoltaika, tak i obnovitelné zdroje energie nyní zažívá nový boom podobný tomu z roku 2010, kdy se tyto systémy začaly nasazovat ve větším měřítku.

Fotovoltaické systémy jsou cestou do budoucnosti. Mají smysl a musíme se jimi zabývat, ale je nutné k nim také přistupovat s patřičnou pokorou včetně příslušné technické a legislativní zodpovědnosti.

Literatura

- [1] Webové stránky Naše voda, www.nase-voda.cz
- [2] Webové stránky Ministerstvo průmyslu a obchodu, www.mpo.cz
- [3] Webové stránky Státní fond životního prostředí, www.sfzp.cz
- [4] Webové stránky OTE www.ote-cr.cz
- [5] Informační portál energetiky www.informacni-portal.cz
- [6] Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.
- [7] Interní materiály Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s.
- [8] Normy a legislativní předpisy ČR

Cílené odstraňování radionuklidů z pitné vody – historie a současnost

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 2023 je věnován vývoji regulace přírodního ozáření pro pitnou vodu dodávanou pro veřejnou potřebu v České republice a přehledu právních předpisů, které se historicky vztahují k regulaci ozáření z pitné vody. Příspěvek přináší informaci o povinnostech dodavatelů pitné vody a provozovatelů úpraven vody z podzemních zdrojů, informaci o problematice uvolňování přírodních radionuklidů z úpraven vody a zabývá se také identifikací rizikových faktorů provozu zařízení ke snížení obsahu radionuklidů ve vodě.

Úvod

Zakotvení regulace přírodního ozáření z pitné vody v právních předpisech ČR je od prvních počátků až po současnou platnou právní úpravu spojeno s vývojem technologií pro cílené odstraňování radionuklidů z pitné vody, které se při úpravě pitné vody uplatňují tam, kde zdroj pitné vody nevyhovuje stanoveným ukazatelům pro obsah přírodních radionuklidů.

První regulace přírodního ozáření pro pitnou vodu se datuje od roku 1991, kdy byly poprvé v ČR upraveny podmínky dodávky pitné vody z hlediska obsahu přírodních radionuklidů, v této době se právní úprava týkala pouze radionuklidu jediného - radonu. V úpravách vody byla již od roku 1991 instalována první odradonovací zařízení určená k cílenému odstranění radonu z pitné vody. Pozdějšími právními předpisy byl rozšířen rozsah sledovaných přírodních radionuklidů, emitujících záření alfa a beta, u žádného z nich však nebylo potřeba z důvodu jeho radiotoxicity přistoupit k cílené regulaci, v jednom případě bylo v roce 1993 na vybrané úpravě vody instalováno experimentální zařízení pro odstranění uranu, aniž by snížení obsahu uranu v pitné vodě bylo podmíněno legislativou. Technologie cíleného odstranění uranu z vody začaly být uplatňovány na základě hygienických požadavků až od roku 2010, kdy byl přijat přísnější hygienický limit 15 µg/l pro obsah uranu ve vodě (z důvodu chemické toxicity), kterému nevyhověla řada vodovodů a musela zde být instalována zařízení pro snížení jeho obsahu ve vodě.

Radon a uran jsou tak jedinými radionuklidy, u kterých byla pro jejich vyšší obsah ve zdrojích podzemní vody vyvolána potřeba rozvoje technologií pro zajištění snížení jejich obsahu v dodávané pitné vodě. SÚJB vede evidenci vodovodů, u kterých k cílenému odstraňování radionuklidů dochází. Evidence vychází z údajů, které jsou SÚJB předávány dodavateli vody v rámci jejich oznamovací povinnosti, která zahrnuje stanovené evidované údaje o dodavateli vody, provozovaném vodovodu a také výsledky systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě.

Je třeba se zmínit také o tom, že k odstranění radonu, uranu a dalších radionuklidů v dodávané pitné vodě dochází i u technologií, které jsou určeny k technologické úpravě vlastností vody z jiných důvodů, než je snížení obsahu přírodních radionuklidů. Jedná se o technologie vyvolané hygienickými požadavky na kvalitu pitné vody, např. odstranění Fe, Mn, těžkých kovů apod., kdy nejde o cílené odstranění radionuklidů, ale jiných látek obsažených v surové vodě. Radionuklidy nejsou v takových případech obsaženy v upravené vodě, ale nacházejí se v odpadní vodě, filtračních materiálech, vodárenských kalech apod., ve kterých je třeba zjišťovat obsah přírodních radionuklidů v případě jejich uvolnění mimo areál úpravny vody.

Cílené odstranění radionuklidů z pitné vody

K cílenému odstraňování radionuklidů dochází v případech, kdy surová voda z podzemního zdroje nevyhovuje stanoveným ukazatelům a pro vyšší obsah radonu nebo uranu nelze pitnou vodu dodávat pro veřejnou potřebu bez předchozí úpravy. K cílenému odstranění radonu jsou využívány technologie provzdušnění vody, při kterých dochází k uvolnění ve vodě rozpuštěného plynného radonu a jeho následnému odvedení mimo prostor úpravny vody. Odstranění uranu je zajišťováno technologií iontové výměny, bez regenerace náplní. Požadavkem SÚJB je, v případě cíleného odstranění uranu z vody, užití bezodpadové technologie, kdy uran zachycovaný ve filtrační náplni (nejčastěji Lewatit) je po nasycení náplně předán k dalšímu využití [5].

V současné době vede SÚJB v evidenci celkem 532 vodovodů s odradonovacím zařízením a 29 vodovodů s cíleným odstraněním uranu. Ve srovnání s ostatními zeměmi je počet odradonovaných vodovodů poměrně velký, důvodem je, že 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, plynem, který se šíří v podzemí na velké vzdálenosti, kde kontaminuje podzemní vodu i bez přímé návaznosti na podloží obsahující uran. Na množství odradonovacích zařízení se podílí i státní podpora formou dotací poskytovaných z tzv. Radonového programu [6].

Vývoj právních předpisů pro regulaci ozáření z pitné vody

První regulace přírodního ozáření pro pitnou vodu byla zavedena vyhláškou ministerstva zdravotnictví č. 76/1991Sb. (platnost od 1.3.1991 do 1.7.1997), touto vyhláškou se poprvé do našich právních předpisů dostaly požadavky na dodávanou pitnou vodu z hlediska obsahu přírodních radionuklidů. Tato vyhláška stanovila, že zdroje vody pro hromadné zásobování obyvatel, u nichž je objemová aktivita radonu ve vodě větší než 50 kBq/m³, smí být používány jen se souhlasem krajského hygienika a voda, ve které je objemová aktivita radonu větší než 1000 kBq/m³, nesmí být dodávána k použití v budovách. Vyhláška tak vyvolala potřebu zajištění cílené úpravy pitné vody za účelem odstranění nežádoucího obsahu radonu ve vodě.

Citovaná vyhláška ministerstva zdravotnictví byla zrušena zákonem č. 18/1997 Sb., atomový zákon (platnost od 1.7.1997 do 31.12.2016), podrobnosti k jeho provádění byly uvedeny ve vyhlášce č. 184/1997 Sb., o požadavcích na zajištění radiační ochrany (platnost od 19.8.1997 do 11.7.2002) a později vyhlášce č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně (platnost od 12.7.2002 do 31.12.2016). Tato právní úprava nově stanovila povinnosti pro výrobce a dovozce balené vody a dodavatele vody určené k veřejnému zásobování: zajištění systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě prostřednictvím držitele povolení SÚJB, vedení evidence výsledků a jejich oznamování SÚJB. Atomový zákon z roku 1997 stanovil tzv. směrné hodnoty obsahu přírodních radionuklidů v balené vodě a ve vodě určené k veřejnému zásobování pitnou vodou. Byly stanoveny odlišné požadavky na obsah radioaktivních látek v pitné vodě pro veřejné zásobování, balené pramenité vodě, balené pitné vodě, balené kojenecké vodě a balené přírodní minerální vodě. Při překročení směrných hodnot obsahu

přírodních radionuklidů mohla být voda dodávána pouze ve zdůvodněných případech, na základě výsledků tzv. optimalizační analýzy, kdy náklady spojené s opatřením ke snížení obsahu radionuklidů by byly prokazatelně vyšší než rizika zdravotní újmy, co v praxi znamenalo vyhodnocení předpokládané dávky z příjmu radionuklidů pitím vody. Kromě směrných hodnot byly také stanoveny mezní hodnoty pro objemové aktivity jednotlivých radionuklidů, při jejichž překročení nesměla být voda dodávána. Za dlouhou dobu měření vody nebylo prokázáno překročení mezních hodnot žádného z radionuklidů, s výjimkou mezní hodnoty radonu (300 Bq/l), proto i nadále docházelo k instalaci odradonovacích zařízení a vývoji stále účinnějších technologií k odstranění radonu.

Stávající požadavky na pitnou vodu upravuje zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon [1], (platnost od 1.1.2017) a vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje [2], (platnost od 1.1.2017). Podrobnosti k provádění některých ustanovení atomového zákona a vyhlášky jsou uvedeny v Doporučení SÚJB [3,4]. 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. Tyto právní předpisy stanoví dodavatelům vody pro veřejnou potřebu a výrobcům a dovozcům balené vody povinnosti, jako např. zajistit systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů pro vodu pocházející z podzemního zdroje a pro směs vody z podzemního zdroje a vody povrchové, výsledky měření oznamovat SÚJB spolu s dalšími evidovanými údaji.

V současné právní úpravě 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, na stejné úrovni jako v předchozí právní úpravě, 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.

Atomový zákon a vyhláška upravují také podmínky pro pracoviště, kde je nakládáno s vodou z podzemního zdroje vody nebo pro pracoviště, kde jsou technologicky upravovány vlastnosti podzemní vody, stanovují pravidla pro pracovní podmínky pracovníků vykonávajících na těchto pracovištích práce a také podmínky pro uvolňování radioaktivní látky z technologií úpravy podzemních vod.

Rizika spojená s provozem zařízení k cílenému odstranění radionuklidů z pitné vody

Novela zákona o ochraně veřejného zdraví z roku 2017 ukládá dodavatelům pitné vody pro veřejnou potřebu zpracovat posouzení rizik a jeho závěry promítnout do provozního řádu vodovodu. Pod pojmem nebezpečí se kromě jiného rozumí i radiologický stav pitné vody, který

může ohrozit zdraví spotřebitelů. Takový případ může nastat v případě, že je do sítě vodovodu dodávána voda s vysokým (nadlimitním) obsahem přírodních radionuklidů bez zajištění opatření ke snížení jejich obsahu v pitné vodě, nebo porucha či špatná funkce technologického zařízení k cílenému odstranění radonu nebo uranu.

K odstranění radonu z vody se nejčastěji využívá odradonovací věž, jednoduché zařízení s poměrně malou poruchovostí. Důležitou součástí zařízení je elektroinstalace, jejíž bezchybný chod je třeba zajistit pro chod čerpadla a ventilátoru, na funkčnosti elektroinstalace tak závisí celková účinnost odradonování. Dalším rizikovým faktorem chodu technologie je zanášení sprchových hlavíc, které je třeba pravidelně čistit dle pokynů výrobce. U starších zařízení by mohlo dojít k prorezavění vestavby odradonovací věže, dnes je tato vestavba obvykle již z plastu a toto riziko nehrozí.

Odstranění uranu z vody se děje iontovou výměnou, kde je rizikovým faktorem nasycení náplně a nutnost její včasné výměny, neboť po nasycení náplně není uran z vody již dále odstraňován. Při procesu provzdušnění náplně je třeba zajistit, aby se její obsah nedostal do sítě vodovodu.

Závěr

Regulace přírodního ozáření z pitné vody má více než třicetiletou historii a zajímavý vývoj, který je ovlivněn postupně získávanými zkušenostmi z měření obsahu přírodních radionuklidů ve vodě a také potřebou přizpůsobit českou právní úpravu předpisům EU. Po zavedení regulace přírodního ozáření již není možné do veřejné sítě vodovodů dodávat vodu s nevyhovujícími radiologickými vlastnostmi, co úzce souvisí s rozvojem technologií pro odstranění radionuklidů z pitné vody. Od počátku regulace přírodního ozáření je uplatňována technologie odstranění radonu, později, na základě hygienických požadavků, technologie odstranění uranu. Technologie cíleného odstranění radionuklidů z vody však nelze posuzovat jen podle účinnosti, s jakou k zachytu radionuklidů dochází, ale také v širších souvislostech, ve vazbě na zásady radiační ochrany, ochrany zdraví lidí a ochrany životního prostředí.

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)
- [4] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST (2017): Doporučení: Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v radioaktivní látce uvolňované z pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření podle § 95 odst. 1 písm. b) atomového zákona, čj. SÚJB/OS/20299/2017, DR-RO-5.3(rev.0.0)
- [5] SÚJB (2010): Požadavky SÚJB při nakládání s náplněmi ionexových filtrů nasycenými uranem, dostupné z <http://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/pozadavky-sujb-pri-nakladani-s-naplsemi-ionexovych-filtru-nasycenymi-uranem/>
- [6] RADONOVÝ PROGRAM ČESKÉ REPUBLIKY: www.radonovyprogram.cz
- [7] KOŽÍŠEK, ŠINÁGLOVÁ, ČASOPIS SOVAK č. 12/2018: Doporučení ke zpracování posouzení rizik úpravy pitné vody snižující obsah radionuklidů

Uvolňování radionuklidů z úpravy vody z podzemních zdrojů

Bc. Hana Jurkovská¹⁾

Ing. Růžena Šináglová²⁾

1) Státní úřad pro jadernou bezpečnost

tř. Kpt. Jaroše 5, 602 00 Brno, hana.jurkovska@sujb.cz

2) Státní úřad pro jadernou bezpečnost

Senovážné náměstí 9, 110 00 Praha 1, ruzena.sinaglova@sujb.cz

Abstrakt

Příspěvek Státního úřadu pro jadernou (SÚJB) bezpečnost pro konferenci VODA ZLÍN 2023 je věnován problematice uvolňování přírodních radionuklidů. Tématem konferenčního příspěvku je informace o požadavcích atomového zákona č. 263/2016 Sb. na provoz pracovišť s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření, kam patří mimo jiné také zařízení na úpravu vlastností podzemní vody nebo nakládání s vodárenskými kaly z úpravy vody z podzemního zdroje. Příspěvek přináší také informaci o povinnostech provozovatelů těchto zařízení, o podmínkách uvolňování přírodních radionuklidů z těchto pracovišť a přehled technologií úpravy vody, kde lze předpokládat výskyt radionuklidů v uvolňovaných látkách.

Úvod

Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon [1], a vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje [2] (vyhláška) nestanoví z hlediska přírodního ozáření žádné požadavky na kvalitu pitné vody pocházející výhradně jen z povrchového zdroje. Tyto právní předpisy stanoví ukazatele přípustného obsahu přírodních radionuklidů pouze v pitné vodě určené pro veřejnou potřebu pocházející z podzemních zdrojů nebo směsi vody podzemní a povrchové, protože u podzemních vod, které jsou v kontaktu s horninovým prostředím obsahujícím dceřiné produkty přirozených rozpadových řad, nebo jsou vystaveny působení radonu, obsaženém v půdním vzduchu, lze očekávat zvýšený výskyt přírodních radionuklidů.

Oba citované právní předpisy upravují také podmínky pro pracoviště, kde jsou technologicky upravovány vlastnosti podzemní vody, stanovují pravidla pro pracovní podmínky pracovníků vykonávajících na těchto pracovištích práce a také podmínky pro uvolňování radioaktivní látky z technologií úpravy podzemních vod (odpadní voda, filtrační náplně, vodárenské kaly apod.). Pro uvolňování radioaktivních látek jsou stanoveny tzv. uvolňovací úrovně, a to pro uvolňování pevných materiálů a pro vypouštění odpadních vod. Přísnější uvolňovací úrovně jsou stanoveny pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových a mírnější do kanalizace pro veřejnou potřebu, je proto třeba vždy brát zřetel na to, jak bude s odpadní vodou nakládáno a jaké uvolňovací úrovně se na danou úpravu vody vztahují. Zde je třeba také připomenout, že atomovým zákonem stanovené podmínky pro provoz pracovišť s technologickou úpravou vody se netýkají jen výroby pitné vody, ale každé technologické úpravy vody, pro jakékoliv účely, např. i pro průmyslovou výrobu aj.

Úprava vlastností podzemní vody, tj. technologie, kterými jsou technologicky upravovány a měněny vlastnosti surové vody pocházející z podzemního zdroje, náleží z hlediska radiační ochrany mezi tzv. plánované expoziční situace, to znamená, že již při projektování takovýchto pracovišť lze rozhodovat o možnostech regulace přírodního ozáření. Úpravny vody vybavené těmito technologiemi jsou atomovým zákonem definovány jako „*pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření*“, na nich je třeba, vedle ověřování pracovních podmínek osob vykonávajících zde práce, také vhodným způsobem nakládat s materiály, které jsou z těchto pracovišť uvolňovány mimo jejich vlastní areál. Podrobnosti k měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v radioaktivní látce uvolňované z pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření jsou uvedeny v Doporučení SÚJB [3].

Pravidla pro uvolňování radioaktivní látky

Radioaktivní látka je definována v § 2 odst. 2 písm. b) atomového zákona, za radioaktivní látku jsou považovány ty látky, které z hlediska možného ozáření vyžadují regulaci podle atomového zákona. Definice radioaktivní látky tak není vztažena ke skutečnému obsahu radionuklidů v této látce, ale na potřebu její regulace dle atomového zákona. Na pracovišti s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje vyžadují regulaci podle atomového zákona látky uvedené v § 91 odst. 1 vyhlášky, jde zejména o usazeniny, kaly, použité filtry, odpadní vody, odpady uvolňované mimo pracoviště a materiály z pracoviště určené k opakovanému použití nebo recyklaci. U těchto látek je třeba ještě před jejich uvolněním z pracoviště provést měření za účelem zjištění obsahu přírodních radionuklidů a provést porovnání získaných výsledků s tzv. uvolňovacími úrovněmi stanovenými pro konkrétní způsoby uvolňování (§ 105 vyhlášky).

Podmínky uvolňování radioaktivní látky z pracovišť s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření jsou stanoveny v § 95 atomového zákona. Každý, kdo z pracoviště uvolňuje radioaktivní látku, musí zajistit měření a hodnocení obsahu radionuklidů v těchto látkách. Měření a hodnocení musí být prováděno nejméně jednou za 12 měsíců, protokoly s výsledky měření musí být oznamovány SÚJB. Další povinností provozovatele pracoviště je zpracovat vnitřní předpis pro nakládání s radioaktivní látkou uvolňovanou z pracoviště a postupovat podle něj.

Měření a hodnocení obsahu radionuklidů v radioaktivní látce uvolňované z pracoviště provádí osoby, které mají povolení SÚJB k této činnosti, seznam těchto osob je dostupný z: <https://www.sujb.cz/aplikace/radon/?table=tab_a&search=1&G=1&licence=5>, v současné době má toto povolení osm subjektů. Výsledky získané měřením uvolňované radioaktivní látky ovlivní také způsob jejího uvolnění. Radioaktivní látku lze uvolňovat bez povolení SÚJB v tom případě, kdy nejsou překročeny stanovené uvolňovací úrovně (§ 95 odst. 2 atomového zákona). 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 (§ 95 odst. 3 atomového zákona). V takovém případě je ten, kdo takovou látku uvolňuje z pracoviště, povinen oznámit SÚJB nejméně 60 dní předem tyto skutečnosti: druh uvolňované radioaktivní látky, aktivitu radionuklidů v uvolňované radioaktivní látce, místo, čas a způsob uvolňování radioaktivní látky a zhodnocení ozáření jednotlivce z obyvatelstva prokazující splnění podmínky pro tento způsob uvolňování. V ostatních případech je možné uvolňovat radioaktivní látku jen na základě povolení SÚJB.

Uvolňování radionuklidů při úpravě vlastností vody z podzemních zdrojů

Pokud je podzemní voda obsahující radionuklidy technologicky upravována, mohou během úpravy vody vznikat odpadní produkty, které tyto radionuklidy obsahují. Velmi často jsou při úpravě vody používány technologie, které jsou účinné i pro odstranění přírodních radionuklidů,

proto je třeba při úpravě vod z podzemních zdrojů věnovat pozornost odpadním látkám (odpadní vodě, filtrům, filtračním náplním, vodárenským kalům apod.), u kterých je třeba v případě jejich uvolnění z úpravy vody ověřit, zda obsah přírodních radionuklidů splňuje požadavky atomového zákona a vyhlášky. Tato povinnost provozovatelů úpraven vod se týká všech technologií, ne jen těch, kde jsou radionuklidy z vody odstraňovány záměrně (například odstraňování uranu), ale i technologií, které jsou primárně určeny k odstranění jiných látek z vody (železa, manganu, těžkých kovů, polokovů a dalších). Kontrola obsahu přírodních radionuklidů v uvolňovaných odpadních látkách je u technologické úpravy vody z podzemního zdroje povinná.

Obsah přírodních radionuklidů v pevných materiálech jako jsou filtry, filtrační náplně, vodárenské kaly apod. není třeba měřit v době, kdy se nacházejí v areálu úpravy vody, povinnost měření se vztahuje až k jejich uvolnění (např. výměna filtračních náplní, likvidace vodárenských kalů apod.) mimo areál úpravy vody. Teprve podle výsledků měření a po porovnání s uvolňovacími úrovněmi stanovenými v § 105 odst. 1 vyhlášky následuje rozhodování o vhodném způsobu uvolnění pevných materiálů z úpravy podzemní vody.

Odpadní vody vznikají buď přímo v technologii, nebo při regeneraci filtračních náplní. V případě vypouštění do povrchových vod nebo do kanalizace pro veřejnou potřebu je nutno odpadní vody kontrolovat z hlediska obsahu přírodních radionuklidů. Některými technologiemi, například iontovou výměnou, sorpcí na aktivním uhlí anebo reverzní osmózou jsou s velkou účinností zachytávány přírodní radionuklidy vyskytující se v surové vodě. Jsou technologie, kterými jsou zachytávány pouze specifické radionuklidy, jinými jsou zachyceny veškeré v surové vodě přítomné radionuklidy, např. osmóza, která produkuje značné množství odpadních vod, ve kterých mohou být obsaženy veškeré zachycené radionuklidy.

Technologická úprava vody z podzemních zdrojů

Úprava vlastností podzemní vody je, jak je již uvedeno výše, atomovým zákonem považována za plánovanou expoziční situaci na pracovišti s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje, úpravy vody vybavené technologiemi k úpravě vlastností podzemní vody jsou pracovišti s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu podle § 93 odst. 1, písm. b) atomového zákona. Tato pracoviště jsou označována také jako pracoviště NORM (z angl.: **N**aturally **O**ccurring **R**adioactive **M**aterials), jejichž úplný výčet je uveden v § 87 vyhlášky. Úpravy vody mohou být, podle charakteru provozované činnosti pracovištěm uvedeným v § 87 písm. o) vyhlášky, pokud jde o „*provoz zařízení na úpravu vlastností podzemní vody nebo nakládání s vodárenskými kaly z úpravy vody z podzemního zdroje*“ nebo pracovištěm uvedeným v § 87 písm. p) vyhlášky v případě „*nakládání s materiálem, u kterého bylo prokázáno, že obsah přírodního radionuklidu v něm přesahuje uvolňovací úroveň*“, případně mohou být současně i obojím typem těchto pracovišť.

Při uvolňování radioaktivních látek z úpravy vody z podzemních zdrojů by měla být hlavní pozornost zaměřena především na technologie, kde lze s velkou pravděpodobností očekávat zachyt radionuklidů. Jsou to ty případy, kdy jsou radionuklidy obsaženy v surové vodě, ale v upravené vodě se v té míře jako ve vodě surové již nevyskytují, je tak zcela zřejmé, že radionuklidy byly ze surové vody v průběhu technologického procesu z vody odstraněny a je třeba zjistit, kde se nalézají a přesvědčit se o tom, že je s nimi dále bezpečně nakládáno. Radionuklidy se mohou po úpravě podzemní vody kumulovat ve filtračních náplních, vyskytovat v odpadní vodě nebo vodárenských kalech.

V následujících tabulkách je uveden přehled nejčastěji užívaných technologií úpravy vody, u kterých byl potvrzen zachyt přírodních radionuklidů a jejich výskyt v odpadních vodách nebo pevných materiálech [4]. V současné době jsou vyvíjeny další a stále účinnější technologie úpravy vody, i zde je vždy nutné ověřovat možnost zachytu přírodních radionuklidů.

Tabulka č. 1: Technologie úpravy vody zachycující radium

Technologie	Účinnost zachytu	Výskyt Ra
Odstranění Fe a Mn (upravené vodárenské písky)	70 – 90 %	odpadní voda, filtrační náplně
Odstranění Fe a Mn (provzdušnění, oxidace, srážení, filtrace)	90 %	odpadní voda, kaly

Tabulka č. 2: Technologie úpravy vody zachycující uran

Technologie	Účinnost zachytu	Výskyt uranu
Iontová výměna (anex)	95 %	filtrační náplně
Koagulace/filtrace	50 – 85 %	filtry, kaly
Aktivovaný oxid hlinitý (GEH)	90 %	odpadní voda, filtrační náplně

Tabulka č. 3: Technologie úpravy vody zachycující společně uran i radium

Technologie	Účinnost zachytu	Výskyt radionuklidů
Iontová výměna (katex, směsi)	až 97 %	odpadní voda, filtrační náplně
Úprava tvrdosti (katex, pryskyřice)	90 %	odpadní voda, filtrační náplně
Selektivní sorbenty	90 %	odpadní voda, filtrační náplně

Pokud jsou z uvedených technologií produkovány odpadní vody a vypouštěny do povrchových vod bez zjišťování obsahu radionuklidů, jde nejen o porušení ustanovení atomového zákona, ale zároveň také může dojít k negativnímu ovlivnění kvality povrchových vod a k jejich nežádoucí kontaminaci, pokud jsou překročeny stanovené uvolňovací úrovně. V mnoha případech je možné volit k úpravě vody vhodnější technologii s ohledem na výskyt přírodních radionuklidů v surové vodě nebo zvolit vhodnější způsob naložení s odpadní vodou, například vypuštění do kanalizace pro veřejnou potřebu. V případě cíleného odstranění uranu z vody je třeba vždy volit bezodpadovou technologii, kdy je uran zachycován ve filtrační náplni a po jejím nasycení je obsah náplně předán k dalšímu zpracování [5].

Uvolňovací úrovně pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových

V § 105 vyhlášky jsou stanoveny uvolňovací úrovně pro pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření, pro uvolňování pevných materiálů a pro vypouštění odpadních vod. Průměrné hodnoty stanovených uvolňovacích úrovní se vztahují na ta množství uvolňovaných materiálů, ve kterých lze hmotnostní nebo objemovou aktivitu považovat za homogenní. Překročení uvolňovacích úrovní bylo v ojedinělých případech zjištěno u vypouštění odpadních vod do veřejné kanalizace, častěji bylo zaznamenáno překročení uvolňovacích úrovní pro pevné materiály a nejčastěji v případě uvolňování odpadních vod do vod povrchových. Státní úřad pro jadernou bezpečnost se při dozorové činnosti velmi často setkává také s případy, kdy odpadní voda pocházející z úpraven vod, vypouštěná do vod povrchových (vodotečí, přepadových jímek, dešťové kanalizace) není kontrolována na obsah přírodních radionuklidů a není ověřováno překročení nebo nepřekročení uvolňovacích úrovní.

Uvolňovací úrovně pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových jsou: průměrná celková objemová aktivita alfa ve všech látkách 0,5 Bq/l a průměrná celková objemová aktivita beta po odečtení příspěvku ^{40}K ve všech látkách 1 Bq/l, tyto uvolňovací úrovně se nepovažují za překročené, pokud průměrná objemová aktivita alfa nebo průměrná objemová aktivita beta po odečtení příspěvku ^{40}K není větší než hodnota uvolňovací úrovně. Zejména z technologií

odstranění železa nebo manganu, které jsou velmi časté, mohou být vícenásobně překročeny uvolňovací úrovně a může tak dojít k nežádoucí lokální kontaminaci povrchových vod. U stávajících úpraven vody, kde nejsou dosud odpadní vody kontrolovány, je třeba neprodleně zahájit plnění povinností dle atomového zákona a zajistit každoroční měření obsahu přírodních radionuklidů ve vypouštěných odpadních vodách. Je také třeba, aby při výběru vhodných technologií k úpravě vody byl již v rámci projektové přípravy brán zřetel na obsah přírodních radionuklidů v surové vodě a na způsob úpravy vody a uváženo, zda jsou dány předpoklady ke kumulaci radionuklidů v odpadních látkách. Na překročení uvolňovacích úrovní pro vypouštění do vod povrchových, které jsou vyjádřeny celkovou aktivitou alfa a beta, se nejčastěji podílí izotopy radia nebo uranu. Vysoký obsah radia v odpadních vodách vypouštěných do povrchových vod je nežádoucí z důvodu vysoké radiotoxicity radia 226 a 228, uran je těžkým kovem, jehož přítomnost v povrchových vodách je nežádoucím také z hlediska jeho chemické toxicity.

Závěr

Účelem tohoto příspěvku je seznámit s pravidly stanovenými atomovým zákonem a vyhláškou, které je třeba, při uvolňování radioaktivních látek z úpravy vod z podzemních zdrojů, dodržovat z důvodu ochrany osob a životního prostředí před nežádoucími účinky ionizujícího záření. Pokud jsou uvolňovány z úpraveny vody jakékoliv radioaktivní látky, je třeba se předem ujistit o tom, že jsou splněny příslušné uvolňovací úrovně. Plnění těchto povinností ukládá atomový zákon provozovatelům úpraven vod, je proto třeba na toto brát zřetel již v procesu projektování, výstavby či rekonstrukce úpraven vody, tak, aby celý proces úpravy vody byl v úplném souladu se všemi odpovídajícími právními předpisy nejen ve vztahu k výsledné kvalitě pitné vody, ale také ve vztahu k odpaním produktům, které při úpravě vody vznikají. Při dozorové činnosti inspektorů Státního úřadu pro jadernou bezpečnost jsou nejčastěji zjišťovány nedostatky při vypouštění odpadních vod do vod povrchových a nevhodné zacházení s nasycenými filtračními náplněmi, které jsou likvidovány bez ověření toho, zda splňují či nesplňují uvolňovací úrovně.

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 radioaktivní látce uvolňované z pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření podle § 95 odst. 1 písm. b) atomového zákona, čj. SÚJB/OS/20299/2017, DR-RO-5.3(rev.0.0)
- [4] JANDA V. (2012): Technologie pro úpravu vody, které mohou zadržovat přírodní radionuklidy, VŠCHT Praha
- [5] SÚJB (2010): Požadavky SÚJB při nakládání s náplněmi ionexových filtrů nasycenými uranem, dostupné z <http://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/pozadavky-sujb-pri-nakladani-s-naplne-mi-ionexovych-filtru-nasycenymi-uranem/>

Význam EPD, LCA/TCO a jejich přínos pro vodohospodářský sektor, aplikace u trub z tvárné litiny

Ing. Juraj Barborik

SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o.

Úvod

Posuzování potrubních sítí z hlediska celého životního cyklu (Life Cycle Assessment – LCA) stavby přináší celkové snížení investiční, provozní náročnosti i ekologické zátěži potrubních sítí. Pro posuzování obnovy a výstavby potrubních sítí z hlediska životního cyklu stavby jsou nejdůležitějšími parametry praxí ověřená provozní životnost a spolehlivost. Technicko-provozní atributy materiálů potrubních sítí mají přímý vliv na investiční a zejména provozní náklady včetně dopadu na životní prostředí (Total Cost of Ownership - TCO). Výsledkem uvedených procesů a součástí posuzování shody s požadavky Směrnice evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES o stanovení rámce pro určení ekologicky orientovaných konstrukčních požadavků na výrobky je kromě posuzování systémů environmentálního managementu dle ISO 14001 a validace environmentálního prohlášení (EMAS III) – Nařízení Evropského Parlamentu a Rady č. 1221/2009, i posuzování dopadů konkrétních elektrotechnických, strojírenských, a zejména stavebních výrobků na životní prostředí formou posuzování a deklarování tzv. Environmentálního prohlášení o produktu (Environmental Product Declaration – EPD).

EPD Enviromentální prohlášení o produktu

Environmentální prohlášení o produktu EPD je soubor měřitelných informací o vlivu produktu nebo služby, na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu LCA a zejména dopadu na životní prostředí TCO. Tyto informace se zjišťují metodou analýzy životního cyklu LCA dle norem ISO 14040 až 49 a mohou být ještě doplněny různými dalšími údaji, jež jsou považovány za podstatné podle mezinárodních norem. Celý proces od zpracování EPD, ověření a jeho certifikaci je vymezen mezinárodní normou ISO 14025. Samotné EPD se zpracovává na základě tzv. pravidel produktových kategorií (Product Category Rules – PCR). Jde tedy o podrobný průkaz produktu o jeho vlivu na životní prostředí.

EPD a jeho ověření

Environmentální prohlášení o produktu musí projít ověřením, zda jeho obsah a formát odpovídají dané metodice zpracování dle mezinárodních norem. Potom může být oficiálně zaregistrováno s oprávněním používat logo EPD a uvedeno ve veřejně přístupné databázi na internetu, která je tak zdrojem vědecky ověřených informací o vlivu produktů na životní prostředí, které umožňuje porovnávat jednotlivé výrobky mezi sebou. Dokument EPD s těmito údaji musí být veřejně přístupný (<https://www.environdec.com/home>) a údaje v něm obsažené musí být ověřitelné.

Obsah EPD

Proces Environmentálního prohlášení o produktu (Environmental Product Declaration – EPD) se skládá ze dvou klíčových dokumentů, a to z podkladové zprávy o výrobku, která obsahuje systematické, výrobní a komplexní shrnutí projektu/výrobku podle LCA/TCO, která není součástí veřejné komunikace a veřejných dokumentů EPD, které poskytují veřejné výsledky LCA/TCO pro odbornou veřejnost, viz prezentace.

Výpočetní software TCO/LCA

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

Účel a cíl software TCO/LCA

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

Výpočet a hodnocení TCO/LCA

Hodnocení životního cyklu je založeno na standardu ČSN ISO 15686-5: Budovy a jiné stavby- Plánování životnosti, Část 5: Posuzování nákladů životního cyklu a posouzení environmentální stopy jednotlivých potrubních systémů. Výsledky jsou prezentovány v grafech a tabulkách. Informace softwarové databázi jsou k dispozici pouze zadavateli vstupních informací a v průběhu času musí být zajištěna aktualizace daných parametrů. Hodnocení celkové ceny vlastnictví TCO jako ekonomické hodnoty investice v rozsahu celého životního cyklu stavby se vypočte následovně:

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

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

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

Environmentální ukazatele LCA

V nástroji vyhodnocené jsou:

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

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

Jak pracuje simulace TCO/LCA - vstupní data projektu

Uživatel softwarového nástroje vyplní „Vstupní data“. Nástroj pro simulaci je předvyplněn některými navrženými výchozími daty a údaji. Uživatel použije „Navržená výchozí data“ nebo si sám zadá „Uživatelské data“ na základě konkrétní situace/studie. V tom případě budou tato „Uživatelská data“ použita pro výpočet. Nástroj umožňuje vyplnit data pro 4 různé technické scénáře srovnání návrhů potrubních materiálů na základě konkrétního případu nebo studie. Vstupní data mají následující strukturu: jmenovitý průměr, délky sítě, provozní tlak, jmenovitý průtok, gravitační zásobní řad nebo doba čerpání u výtlačného řadu, výškový gradient, prostředí uložení (intravilán, extravilán nebo smíšený). Funkční posuzovanou jednotkou je potrubí v provozu po dobu 100 let. Obecné finanční informace se vztahují k provozním a materiálovým cenám, k předpokládanému zvyšování ceny elektřiny, vody apod. Data zohledňují vzdálenost výroby trubky od místa pokládky a způsoby dopravy. Jeden z hlavních parametrů jsou podmínky pokládky a typu uložení, ve vztahu k ceně zemních prací, montáže a kontroly spojů, opravy vnější a vnitřní povrchové ochrany v místě spojů, instalace doplňkové katodické ochrany a ostatních nákladů. Důležitá data se vztahují zejména k provozu. Jedná se o provozní poruchovost, průměrné náklady na opravu, lineární index netěsnosti, nárůst nákladů na čerpání, provozní náklady katodické ochrany a další. V současné době se dostává do popředí ukazatel nákladů na likvidaci/skládkování nebo naopak zisk z ukončení životnosti potrubí recyklací materiálu potrubí.

Jak pracuje simulace TCO/LCA – výsledná data projektu

Po dokončení stránky „Vstupní data“ nástroj provede výpočet. Výsledkem jsou tabulky a grafy. TCO hodnocení celkové ceny vlastnictví jako ekonomické hodnoty nákladů potrubní sítě v rozsahu celého životního cyklu stavby je závislé na délce provozní životnosti, poruchovosti, nákladů na čerpání a další. LCA posouzení environmentální stopy a porovnání environmentálních vlastností potrubních systémů v rozsahu celého životního cyklu je specifikováno: uhlíkovou stopou, odběrem/spotřebou vody a čerpáním abiotických zdrojů, viz prezentace.

Hodnocení simulace TCO/LCA

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

- vyšší úroveň provozní spolehlivosti potrubí umožňujícího zajistit správnou funkci potrubního systému během celé životnosti s měnícími se provozními podmínkami,
- delší provozní životností,
- nižší mírou poruchovosti, četností poruch, provozních nákladů a další.

Výpočetní software TCO/LCA je bezplatně k dispozici projektantům, investorům, vlastníkům a provozovatelům s cílem posuzovat technickou, ekonomickou a ekologickou volbu materiálu potrubních sítí, zajistit vhodnou volbu materiálu pro výběrová řízení nebo správnou tvorbu technických standardů simulací celého životního cyklu potrubních sítí. Informace obsažené v softwarové databázi jsou z veřejně dostupných zdrojů. Vložené parametry a výpočty provedené v tomto nástroji jsou provedeny na základě odborných zdrojů s využitím referenčních hodnot. Výstup výsledků tohoto softwaru je podle uživatelských parametrů zadaných uživatelem. Praxe i výpočetní software potvrzují, že významný vliv mají parametry spojené s provozem. Jsou to zejména: provozní životnost, náklady na čerpání, ztráty, opravy a údržbu. Tyto hodnoty musí být posuzovány a zadávány pečlivě.

Proč EPD?

Ve srovnání s alternativními formáty dokladů, jako jsou ekoznačky a vlastní deklarované štítky, které pokrývají pouze jednotlivé aspekty z hlediska životního cyklu, pokrývají dokumenty EPD celou strukturu LCA/TCO produktu a služeb podle mezinárodních norem. Mít dokument EPD pro produkt neznamená, že deklarovaný produkt je z hlediska životního prostředí lepší než alternativy. Veřejné dokumenty EPD je nutné vzájemně porovnávat s jinými výrobky. EPD produktu se používá podle mezinárodních norem ke sdělování výsledků a posouzení životního cyklu vlivu produktu nebo služby, na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu. To se ze současného evropského hlediska považuje za důležitý argument při výběru trubních materiálů.

Závěr

Základní norma ISO 14025 Environmentální značky a prohlášení, byla doplněna normou EN 15804 + A2 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu, produktovou kategorii stavebních výrobků, která definuje základní postupy tvorby EPD v oblasti stavebních/potrubních výrobků.

Postup zpracování EPD spočívá zejména v dodržování mezinárodních norem a:

- ve zpracování podrobných schémat výroby od získání surovin, výroby, instalace až po likvidaci potrubí,
- v definici jednotkových výrobních, dopravních, instalačních, provozních a likvidačních procesů na všech úrovních životního procesu potrubí,
- v definici deklarované funkční jednotky produktu,
- v definici všech jednotkových procesů, kde je nutno získat relevantní data sledování vstupů a výstupů,
- v aplikaci všech dat podle mezinárodních norem směřujících ke zpracování EPD podle mezinárodních norem.

Dokument EPD obsahuje měřitelné informace o vlivu produktu/trubky na životní prostředí získané na vědeckém základě podle mezinárodních norem – např. přesné materiálové složení produktu, zdroje a spotřeby surovin, energie v jednotlivých fázích jeho životního cyklu a míru emisí přispívajících ke skleníkovému efektu, poškozování ozónové vrstvy, okyselování půdy a vody, eutrofizaci vod a tvorbě fotochemických oxidantů. Získání těchto údajů je založeno právě na metodice posouzení životního cyklu LCA/TCO, a samotné výsledné prohlášení je konečným výstupem obsahujícím informace o produktu s přehledně uspořádanými výsledky pro dokument EPD. EPD lze použít pro všechny výrobky a služby. Neexistují žádná omezení, které produkty podle EPD mohou mít, protože neexistují žádná kritéria environmentální výkonnosti, která musí být splněna. EPD poskytuje srovnatelné informace v rámci stejné skupiny produktů/trubek, které jsou založeny na stejných pravidlech kategorie produktů (PCR). EPD obsahuje ověřené informace, dokument je ověřený třetí nezávislou stranou, dává informacím důvěryhodnost, a je

proto velmi vhodný pro zadávání zakázek a výběr trubního materiálu. Celá tato oblast se ve stavebnictví dotýká problematiky souhrnně nazývané „udržitelná výstavba“. V rámci EU bylo v roce 2011 publikováno sdělení Evropské komise (EK) nazvané „Plán pro Evropu účinněji využívající přírodní zdroje“. Pro oblast stavebnictví zde byla identifikována na jedné straně velká spotřeba/čerpání přírodních zdrojů a na druhé straně velký potenciál možných úspor. Soubor nově vytvořených norem řady EN 15000 poskytuje jednotný evropský systém pro posuzování udržitelnosti stavebních materiálů, který je založený na přístupu zohledňujícím jejich životní cyklus a jehož hlavním cílem je umožnit porovnatelnost ekonomických a ekologických výsledků. Posouzení udržitelnosti, provedené podle těchto nových mezinárodních norem, kvantifikuje dopady a aspekty environmentálních, sociálních a ekonomických vlastností staveb/materiálů/trubek pomocí kvantitativních i kvalitativních indikátorů.

V oblasti stavebních produktů význam této problematiky stoupá i v návaznosti na zařazení 7. základního požadavku do CPR (nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 – CPR), které předpokládá postupnou a trvalou tvorbu EPD = environmentálních prohlášení o produktu, kde základním nástrojem je LCA/TCO.

EPD signalizuje závazek výrobce měřit a snižovat dopady svých produktů/výrobků a služeb na životní prostředí a deklaruje tyto dopady transparentním způsobem. S EPD výrobci uvádějí srovnatelná, objektivní a třetí stranou ověřená data, která ukazují dobré a špatné environmentální vlastnosti jejich produktů a služeb. Realizujeme výstavbu tlakových a gravitačních sítí s minimálním dopadem na finanční prostředky a ekologické zatížení.

Literatura

Směrnice evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES

ISO 14001, ISO 14040 až 49, ISO 14025

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady č. 1221/2009

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

ISO 14025 Environmentální značky a prohlášení,

EN 15804 + A2 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu,

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

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

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

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

Hodnocení technologických vlastností vápenného hydrátu pro předúpravu podzemní vody

Ing. Marek Zamazal, Ph.D.

Ostravské vodárny a kanalizace a.s.

Abstrakt

Autor popisuje konkrétní postup hodnocení kvality vápenného hydrátu pro předúpravu pitné vody z pohledu vybraných technologických vlastností. Hodnotící ukazatele byly rozděleny do kategorií: sypné vlastnosti; suspendovatelnost a rozpustnost; alkalizační schopnost; tvorba tuhých inkrustů v procesu.

I. Úvod

Na Úpravně vody Ostrava - Nová Ves společnosti OVAK a.s. ve stupni předúpravy podzemní vody bohaté na železo a mangan se využívá alkalizace provzdušněné vody pomocí 2% suspenze vápenného mléka, které se připravuje rozpouštěním vápenného hydrátu v objektu vápenného hospodářství. Přívod tohoto alkalizačního činidla je zaústěn do tzv. rychlomísiců (2 paralelních nádrží), odkud takto upravená voda gravitačně odtéká do flokulačního prostoru sedimentačních nádrží (2 paralelních nádrží).

V rámci pravidelného výběrového řízení na dodavatele vápenného hydrátu byly v roce 2022 provedeny laboratorní i provozní zkoušky komerčně dostupného vápenného hydrátu od dvou různých dodavatelů. Vápno jako základní surovina pro úpravu vody musí splňovat požadavky konkrétních technických norem [1; 2]. Přestože produkty dvou různých firem s přehledem splňují požadavky platných technických standardů, v praxi můžeme shledávat nemalé rozdíly v jejich technických vlastnostech, které mají přímý vliv na technologický proces úpravy vody.

Tento příspěvek popisuje konkrétní postup hodnocení kvality vápenného hydrátu, jako základní suroviny pro předúpravu pitné vody, z perspektivy vybraných technologických vlastností.

II. Stanovení hodnotících ukazatelů

Základní požadavky na kvalitu vápenného hydrátu z pohledu vodárenského technologa lze pro daný způsob předúpravy podzemní vody shrnout do kategorií:

- sypné vlastnosti (tekutost);
- suspendovatelnost a rozpustnost;
- alkalizační schopnost;
- tvorba tuhých inkrustů v procesu přípravy vápenného mléka a alkalizace vody.

Každé výše uvedené kritérium lze analyzovat různým způsobem. Pro co nejpečlivější hodnocení zkoumaných materiálů bylo navrženo celkem 14 ukazatelů. Mezi těmito ukazateli byla zařazena jak konkrétní analytická stanovení, tak i kvantitativní technologická data nebo skutečná provozní pozorování (bez číselného výsledku).

Pro vyjádření sypaných vlastností byly použity zkoušky: úhel skluzu, úhel navrstvení, Ring Shear a provozní údaj – počet alarmů upozorňujících na ucpání systému dávkovacího zařízení na vápenném hospodářství zvlášť pro každý druh vápna.

Pro posouzení suspendovatelnosti a rozpustnosti posloužila hodnota měrného povrchu částic pomocí adsorpční izotermy BET.

Alkalizační schopnost vápenného hydrátu lze hodnotit především pomocí hodnoty celkové alkality produktu (uvedené v atestu dodavatele). Dostatečná alkalita navápněné vody v rychlomísči je do jisté míry předpokladem pro účinné odstraňování Fe. Proto byla stanovována koncentrace zbytkového Fe ve vyčiřené vodě na odtoku sedimentačních nádrží; čím nižší koncentrace Fe, tím vyšší účinnost jeho odstraňování v procesu předúpravy. Při vyšší dostupnosti alkalizačního činidla v rychlomísči (tj. při porovnávání obou produktů za srovnatelných podmínek) můžeme navíc dospět k nižší spotřebě vápna pro předúpravu vody. Z tohoto důvodu byly zároveň sledovány otáčky vápenných čerpadel (velikost dávky vápenného mléka) a počet dní provozu sila (obsahujícího cca 25 t zkoušeného druhu vápna).

K posouzení potenciální tvorby tuhých inkrustů v procesu přípravy vápenného mléka a alkalizace vody lze poměrně spolehlivě použít stanovení ztráty žíháním vápenného hydrátu (tzv. nedopalu) a konkrétněji pak obsahu vázaného CO₂.

III. Experimentální část

III. 1 Měrný povrch částic

Široce využívaným principem stanovení měrného povrchu pevných látek je konstrukce tzv. BET izotermy (zkratka vychází z prvních písmen příjmení autorů Brunauer, Emmet a Teller). Teoretický přístup k izotermě je založen na představě vícevrstvé adsorpce molekul aplikovaného plynu (dusíku) na energeticky homogenním povrchu adsorbentu. Model BET izotermy se více přibližuje skutečnému chování molekul adsorbátu na povrchu adsorbentu než např. původní model Langmuirovy izotermy [3].

III. 2 Úhel skluzu



Úhlem skluzu se rozumí takové naklonění otevřené misky, ze které se již materiál začne vysypávat. V praxi jsme si vyrobili aparaturu dle popisu v odborné literatuře [4]. Princip stanovení lze vidět na obrázku č. 1. Vápenný hydrát je volně rozprostřen (bez použití přítlaku) v hranaté nerezové misce definovaných rozměrů. Miska je upevněna na zvedací tyči (ose). Po umístění vzorku do misky je potřeba pomalu a plynule zvedat konec osy (rychlost zdvihu je cca 10 cm.s⁻¹). V okamžiku přepadu tekutého materiálu přes hranu misky se zvedání zastaví a změří se výška osy nad podlahou v bodě pomyslného průniku s kolmým sloupkem aparatury.

Obr. 1 Stanovení úhlu skluzu vápenného hydrátu na vlastní aparatuře

III. 3 Úhel navrstvení

Úhel navrstvení je určitým vyjádřením sypaného úhlu v závislosti na konkrétním způsobu stanovení. Sypaný úhel je definován jako úhel sklonu vrstvy volně nasypaného materiálu vzhledem k vodorovné rovině. Jedním ze způsobů stanovení úhlu navrstvení je statická metoda, kdy jsou na sebe položeny dva válce definovaných rozměrů naplněné vzorkem [4]. Dolní válec tvoří pevnou základnu. Horní válec se vztupným pohybem odstraní. Na dolním válci tak vznikne kužel zbylého vzorku. V našem experimentálním uspořádání jsme měřili výšku kužele vápenného hydrátu po odstranění horního válce. Přitom jsme vždy posuzovali tvar a stabilitu kuželového zbytku pro lepší popis zkoušeného materiálu. Uspořádání aparatury je patrné z obrázku č. 2.

Obr. 2 Stanovení úhlu navrstvení vápenného hydrátu na vlastní aparatuře; kužel zbylého vzorku po odstranění horního válce



III. 4 Ring Shear

Mechanická zkouška metodikou Ring Shear [5] představuje hodnocení chování práškového materiálu pod specifickým mechanickým namáháním. V konkrétním laboratorním experimentu se pracovalo se zkušebním napětím Sigma v rozmezí 2 kPa až 40 kPa. Nižší úroveň tohoto napětí lépe odpovídá situaci v oblasti výsypu ze sila; zároveň se zde nejvíce projevují rozdílnosti vnitřního tření obou materiálů. Při zkouškách byl pro každou úroveň napětí Sigma stanoven ukazatel modul FFC (bezrozměrný) - vyšší hodnota odpovídá lepší tekutosti vzorku. Pro účely hodnocení byly zvoleny hodnoty tohoto ukazatele při 2 kPa.

III. 5 Ztráta žiháním, vázaný CO₂ a vázaná voda

Principem stanovení v automatickém analyzátoru CW 800 [6] je tepelný rozklad vzorku a detekce plyných rozkladných produktů v infračervené cele. Metodika vychází z normy ČSN EN 459-2 [7] a návodu k přístroji [6]. Vzorek se naváží do lodičky, která se zasune do píčky s předem nastavenou teplotou, kde dojde k rozkladu a následnému uvolnění veškeré vody a CO₂. Rozkladné plyny jsou unášeny nosným plynem (dusíkem) do infračervené cely, kde proběhne kvantifikace uvolněné vody a CO₂. Stanovuje se zde vázaný CO₂ a veškerá voda (tj. voda chemicky vázaná – voda hydrátová a fyzikálně vázaná – vlhkost), v součtu je pak tato hodnota uváděna jako ztráta žiháním. Při žihání vápenného hydrátu dochází k postupnému rozkladu: nad 100 °C se uvolňuje jako první vlhkost, nad 500 °C vázaná voda (hydrátová) a při 900 °C se ze zbytkového nedopalu (CaCO₃) uvolňuje vázaný CO₂.

III. 6 Celková alkalita vápenného hydrátu

Stanoví se podíl bazických složek vyjádřených jako obsah CaO + MgO. Vzorek se převede do roztoku s přesným množstvím HCl, přebytek kyseliny se zpětně titruje odměrným roztokem NaOH za využití potenciometrické indikace.

III. 7 Koncentrace Fe ve vyčiřené vodě

Vzorky vyčiřené vody byly odebírány na odtoku obou sedimentačních nádrží, což je obvyklý vzorkovací profil při rutinní provozní kontrole účinnosti čiření. Rozpuštěné železo bylo stanovováno spektrofotometricky komerční metodou FerroVer®.

III. 8 Otáčky vápenných čerpadel

V příslušných obdobích provozování na daný druh vápna byly průběžně zaznamenávány otáčky dávkovacích (hadicových) čerpadel pro dávkování vápenného mléka do rychlomísčů. V obou obdobích provozní zkoušky byly obě zkoušené dodávky vápenného hydrátu umístěny vždy v tomtéž síle, kterému odpovídá konkrétní strojní zařízení pro přepravu a dávku vápna do shodné rozpouštěcí nádoby a rovněž i identické nastavení.

III. 9 Počet alarmů na vápenném hospodářství

Ve výše uvedených obdobích provozní zkoušky s oběma druhy vápenného hydrátu byl vždy sledován výskyt alarmních hlášek upozorňujících na ucpání systému vápenného hospodářství (tj. strojní části mezi odtokem ze síla a rozpouštěcí nádrží na vápenné mléko). Počet vydaných alarmů byl vždy po ukončení provozu na dané vápno zpětně revidován.

III. 10 Počet dní provozu síla

Tento ukazatel je jednoduchým vyjádřením doby setrvání daného druhu vápenného hydrátu ve zvoleném síle v průběhu provozní zkoušky. Jedná se o běžný údaj, který se průběžně sleduje za účelem hodnocení spotřeby vápenného hydrátu. V obou porovnávaných obdobích byl udržován srovnatelný nátok surové vody na úpravnu cca 187 l.s⁻¹; její kvalita byla rovněž bez významnějších změn.

III. 11 Zvýšená přilnavost a náročnost proplachu a čištění

Oba ukazatele lze hodnotit pouze slovně na základě praktické zkušenosti obsluhy s čištěním zařízení po spotřebování konkrétního druhu vápenného hydrátu v síle. Pracovníci se vyjadřovali k obtížnosti čištění rozpouštěcí nádoby vápenného mléka, proplachu hadicových čerpadel vápenného mléka a výstupních silikonových hadic; poznatky byly shrnuty a stručně uvedeny v souhrnné tabulce pro oba zkoušené materiály.

IV. Diskuse

Všechny získané výsledky pro vyhodnocení kvality vápenného hydrátu od dvou dodavatelů jsou přehledně zpracovány v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1 Výsledná tabulka - vyhodnocení kvality vápenného hydrátu od dvou dodavatelů; pro ÚV Ostrava-Nová Ves; výběrové řízení (duben-červen 2022).

pořadí	ukazatel	rozměr	hodnota		technologická přednost	
			vzorek 1	vzorek 2	vzorek 1	vzorek 2
			(materiál 1)	(materiál 2)	(materiál 1)	(materiál 2)
1	Měrný povrch částic pomocí adsorpční izotermy BET	m ² ·g ⁻¹	23	19	ano	
2	Úhel skluzu, jako výška zvedací osy	cm	67	55		ano
3	Úhel navrstvení, jako výška kužele materiálu po uvolnění	cm	12	11		ano
4	Ring shear, mechanická zkouška - vyjádření tekutosti; modul FFC při zkušebním napětí sigma 2,0 kPa	bezrozměrná	1,61	2,59		ano
5	Ztráta žháním (nedopal)	% hm.	27,5	24,9		ano
6	Obsah vázaného CO ₂	% hm.	3,3	1,2		ano
7	Obsah vázané H ₂ O	% hm.	23,7	23,7		
8	Celková alkalita vápenného hydrátu (CaO + MgO)	% hm.	97,0	97,0		
9	Koncentrace Fe ve vyčištěné vodě (žlaby); žlab 1/ žlab 2	mg.l ⁻¹	1,08/1,06	0,95/1,00		ano
10	Otáčky vápenných čerpadel; čerpadlo1/čerpadlo2	Hz	31/28	26/23		ano
11	Počet alarmů na vápenném hospodářství	počet výskytů	18	4		ano
12	Počet dní provozu síla (tj. spotřeby daného vápna)	den	17	18		ano
13	Zvýšená přilnavost (adheze) k vnitřním povrchům	bezrozměrná	neměřitelné	neměřitelné	ano	
14	Náročnost proplachu a čištění výtlačku vápenných čerp.	bezrozměrná	neměřitelné	neměřitelné	ano	

Suspendovatelnost a rozpustnost

Pro hodnocení možné suspendovatelnosti a rozpustnosti vápna, případně i reaktivity již rozptýlených částic vápna, lze využít ukazatel č. 1 ve výsledné tabulce. Materiál 1 by v tomto ohledu mohl mít jistou výhodu.

Sypné vlastnosti

Pro vyjádření sypných vlastností je možné pracovat s ukazateli č. 2; 3; 4 a 11 ve výsledné tabulce. Vzorek 2 se podle hodnoty úhlu skluzu (ukazatele 2) začíná sypat z odměrné nádoby dříve, tedy při nižším zdvihu (též geometrickém úhlu). Tentýž vzorek se při stanovení úhlu navrstvení (ukazatele 3) jeví jako tekutější ve srovnání se vzorkem 1; po odstranění formy se kužel snadněji rozpadá a jeho výsledná výška je nižší než u vzorku 1. V průběhu stanovení ukazatelů 2 a 3 již při samotném nabírání práškových materiálů kupeckou lopatkou vzorek 2 vykazoval očividně vyšší tekutost a nestabilitu tvaru.

Sofistikovanější rozbor a potvrzení výsledků zkoušek ukazatelů 2 a 3 přinesla analýza Ring Shear (ukazatel 4), a to hodnocením chování práškového materiálu pod specifickým mechanickým namáháním (bezrozměrný modul FFC při Sigma 2 kPa). Vyšší hodnota přísluší vzorku 2; tímto se opět podařilo prokázat jeho vyšší tekutost.

Na základě námi zvolené metodiky a obdržených výsledků můžeme konstatovat, že vápenný hydrát – vzorek 2 bude při nakládání v provozních podmínkách vápenného hospodářství vykazovat výhodnější sypné vlastnosti. Můžeme tedy předpokládat, že u tohoto materiálu bude

docházet k omezenější tvorbě kuželů a kleneb v síle a rovněž jeho transport dávkovacím zařízením do rozpouštěcí nádrže bude snazší.

Následně pomocí ukazatele 11 můžeme u obou materiálů zvýšit jistotu našeho laboratorního hodnocení z hlediska tekutosti. Oba materiály byly postupně uskladněny ve stejném sílu. Vždy po ukončení provozu na dané vápno byly sečteny vydané alarmy. Počet výskytů provozních problémů je při použití materiálu 2 podstatně nižší než u materiálu 1. Lze tedy konstatovat, že vápenný hydrát – materiál 2 bude z hlediska provozní manipulace výhodnější!

Alkalizační schopnost vápenného hydrátu

Hodnota celkové alkality dodaného vápenného hydrátu (ukazatel 8), následně pak dostupnost rozpuštěného alkalizačního činidla na odtoku z rychlomísčů jsou důležitým předpokladem pro účinnost navazujícího procesu odstraňování Fe. Celková alkalita obou druhů vápenného hydrátu se pohybovala na srovnatelné úrovni.

V příslušných obdobích provozování na daný druh vápna byly rovněž odebírány vzorky vyčiřené vody na odtoku sedimentačních nádrží a stanovována koncentrace zbytkového rozpuštěného železa – ukazatel 9. Průměrné hodnoty koncentrací rozpuštěného železa byly v období používání materiálu 2 nižší než v období používání materiálu 1.

V obou obdobích provozování byl rovněž sledován ukazatel 10 - otáčky vápenných čerpadel (Hz), pomocí nichž lze hrubě vyjadřovat velikost dávky vápenného mléka. Z hodnot ve výsledné tabulce je zřejmé, že při provozování na materiál 2 byla dávka nižší. Na základě toho pak můžeme očekávat nižší spotřebu materiálu 2.

Po ukončení příslušných období provozování na daný druh vápna jsme mohli hodnoty ukazatelů 8; 9 a 10 doplnit hodnotami ukazatele 12, který udává počet dní provozu síla s příslušným druhem vápna. Vápenný hydrát – materiál 2 v síle vydržel déle, a tudíž lze očekávat jeho nižší spotřebu.

V závěru tohoto odstavce je možné materiál 2 označit za účinnější alkalizační prostředek při nižší spotřebě v provozovaném období.

Tvorba tuhých inkrustů v procesu přípravy vápenného mléka a alkalizace vody

U určitých druhů vápenného hydrátu lze během přípravy a čerpání vápenného mléka pozorovat vznik tuhých až kamenitých úsad na dně nádrží a ve spodních částech strmých nebo svislých potrubních úseků. Pro posouzení potenciální možnosti tvorby těchto nežádoucích produktů v reálném provozu je možné do určité míry využít hodnot stanovení ztráty žiháním (tzv. nedopalu) – ukazatel 5, resp. obsahu vázaného CO_2 – ukazatel 6. Vyšší hodnota obou ukazatelů bude s určitou pravděpodobností představovat vyšší míru tvorby úsad. Prakticky se jedná o nevypálený podíl vápence, který je ve zbytkovém množství přítomen ve vápenném hydrátu. Podle těchto hodnot můžeme předpokládat, že při používání materiálu 2 bude míra výskytu nežádoucího jevu nižší.

V. Závěr

Závěrem diskuse technologických vlastností obou zkoušených materiálů lze uvést, že materiál 2 bude pro předúpravu podzemní vody v našich podmínkách celkově vhodnější. Konečné stanovisko lze podpořit 9 ze 14 použitých ukazatelů. Jediným možným, avšak ne plně ověřeným, praktickým problémem používání materiálu 2 bude pravděpodobně zvýšená přilnavost k vnitřním povrchům nádob a potrubí. Uvedené zjištění je zahrnuto ve výsledné tabulce pod ukazateli č. 13 a 14. Tuto potenciální slabou stránku by bylo vhodné ověřit případnou další provozní zkouškou.

VI. Informační zdroje

- [1] ČSN EN 12518 (755850) Chemické výrobky používané pro úpravu vody určené k lidské spotřebě – Vápno (3/2015).
- [2] ČSN EN 459-1 ED.3 (722201) Stavební vápno - Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody (10/2015).
- [3] Taraba, B. Struktura pevných látek. Učební text. Ostrava: OU, 2008.
- [4] Cebak, J. Návrh linky na zpracování práškového materiálu. Diplomová práce. Praha: ČVUT v Praze, 2016, Příloha 3: Sypné vlastnosti.
- [5] Interní pracovní postup Ring Shear, Thyssenkrup, Coke Plant Technologies.
- [6] Návod k přístroji CW 800, firmy ELTRA GmbH., vydáno 07/08.
- [7] ČSN EN 459-2 (722201) Stavební vápno - Část 2: Zkušební metody (12/2021).

Hledání vápenato-uhličitanové rovnováhy z pohledu provozovatele

Ing. Richard Bábíček

Vodovody a kanalizace Hodonín, a.s.

Abstrakt

Provozovat vodárenskou soustavu sebou nese celou řadu komplikací a problémů. Jistě by si každý provozovatel vodovodní sítě přál, aby těchto nežádoucích aspektů provozování bylo co nejméně. Jedním z těchto problémů je inkrustující voda a následné uvolňování inkrustů. To vede k zanášení vodovodní sítě a velkým problémem je pak zanášení vodoměrů, které vede k výrazné ztrátě tlaku v domovní vodovodní síti a následným oprávněným stížnostem odběratelů.

Příspěvek se zabývá optimalizací procesu úpravy vod s cílem dosažení vápenato-uhličitanové rovnováhy v reálných provozních podmínkách, která vede k výrazné eliminaci těchto problémů.

Kontaktní osoba pro další komunikaci:

Ing. Richard Bábíček, +420 721 477 038, babicek.richard@gmail.com

Úvod

V letech 2009 – 2010 proběhla na ÚV Bzenec rekonstrukce významné části technologie úpravy vod, včetně přechodu na více méně plně automatizovaný chod celého úpravárenského procesu. Po rekonstrukci proběhlo řádné naladění celého procesu a vše se jeví být v pořádku. Postupem času se ale na veřejné vodovodní síti začalo vyskytovat stále více problémů s inkrusty. Důsledkem byl stále častější výskyt inkrustů při pravidelném odkalování sítě. Důležitějším projevem bylo stále častější ucpávání ochranných sítěk ve vodoměrech, což vždy vede k poklesu tlaku v domácích vodovodních rozvodech. Množili se proto stížnosti na pokles tlaku a poté na příčinu – inkrusty ve vodovodní síti. Proto bylo nutno přistoupit ke snížení projevu inkrustace dodávané pitné vody, se současným nastavením procesu úpravy tak, aby na výstupu nebyla upravená voda agresivní. Bylo proto nutno dosáhnout vápenato-uhličitanové rovnováhy v běžných provozních podmínkách a po celý rok se všemi jeho sezónními specifiky.

Technologie úpravy vody Bzenec-Přívaz

Úpravna vody Bzenec-Přívaz je součástí skupinového vodovodu zásobujícího oblast Hodonínska, Veselí nad Moravou, Hornáčka, Strážnice, Bzenec a Kyjova. Zdrojem surové vody jsou tři hlavní jímací území – Bzenec I (Moravský Písek), Bzenec III – sever a Bzenec III – jih. Surová voda je jímána ze systému hydrogeologických vrtů násoskovým systémem a je dopravována do centrálních sběrných studní v jednotlivých jímacích územích. Ze sběrných studní je čerpána systémem horizontálních čerpadel do objektu úpravy vody Bzenec. Voda je do prostoru úpravy vody přiváděna dvěma samostatnými výtlačky – prvním výtlačkem je dopravována voda z jímacího území Bzenec I (Moravský Písek) a druhým výtlačkem z jímacích území Bzenec III sever a Bzenec III jih.

Úpravna vody má klasickou technologii dvoustupňové úpravy vody za účelem odstranění agresivity jímané podzemní vody a zabezpečení odželezování a odmanganování. Po nátoku surových vod do nátokové kašny jsou vody mechanicky aerovány pomocí aerátorů Bubla. Aerované vody z jímacího území Bzenec I (Moravský Písek) není nutno dále upravovat a jsou přiváděny přímo na filtry. Vody z jímacích území Bzenec III Sever a Bzenec III Jih natékají po aeraci do jímky rychlého míchání. Do prostoru rychlého míchání je zavedeno vápenné mléko, jehož úkolem je odstranění zbylého oxidu uhličitého a zvýšení pH upravované vody.

Za rychlým mícháním protékají vody čtyřmi sekcemi pomalého míchání, vybavené hyperbolickými míchadly Invent, na které navazují čtyři sedimentační nádrže, které tvoří první separační stupeň úpravy vody. Sedimentační nádrže jsou podélné horizontální se shrabováním kalu pojezdným mostovým shrabovákem.

Druhý separační stupeň je tvořen šesti otevřenými pískovými rychlofiltry evropského typu o celkové výměře filtrační plochy 420 m². Do potrubí mezi I. a II. separační stupeň je zaústěno potrubí dávkování manganistanu draselného. Manganistan draselný slouží pro dooxidaci manganu obsaženého ve vodě a pro podporu katalytického odmanganování vody na pískových filtrech. Regenerace filtrů probíhá kombinovaně pomocí médií vzduch a voda. Pro praní vzduchem slouží dmychadla a pro praní vodou prací čerpadla. Prací voda je po odsazení vrácena zpět do procesu úpravy vod – do potrubí mezi I. a II. separační stupeň. Do vody je po filtraci nadávkován chlórdioxid za účelem hygienického zabezpečení vody. Takto upravená voda natéká do prostoru akumulčních nádrží. Z těchto nádrží je systémem čerpadel rozváděna do dvou směrů na hlavní vodojemy. Odtud je posléze rozváděna prostřednictvím skupinových vodovodů po celé vodovodní síti.

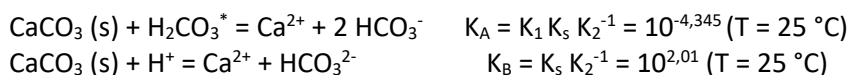
Trocha teorie

Vápenato-uhličitanová rovnováha – jde o jednu z nejdůležitějších chemických rovnováh v hydrochemii a technologii úpravy vody, která má význam při hodnocení agresivních a inkrustujících účinků vod.

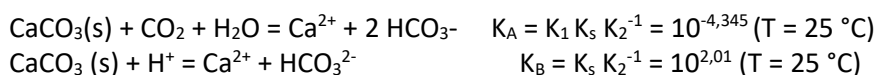
Vápenato-uhličitanová rovnováha obsahuje celkem šest složek: H_2CO_3^* , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , H^+ a OH^- . Pro její řešení je zapotřebí šesti na sobě nezávislých rovnic:

- dvou rovnic pro disociační konstanty kyseliny uhličitě K_1 a K_2
- rovnice pro součin rozpustnosti CaCO_3 (s) K_s
- rovnice pro iontový součin vody K_w
- rovnice neutrality: $c(\text{H}^+) + 2 c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{HCO}_3^-) + 2 c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-)$
- rovnice analytických koncentrací: $c(\text{CO}_2)_T = c(\text{H}_2\text{CO}_3^*) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-})$

Kromě toho závisí vápenato-uhličitanová rovnováha na teplotě a iontové síle vody. Kombinací rovnic a), b), c) lze vytvořit dvě rovnice popisující vápenato-uhličitanovou rovnováhu:



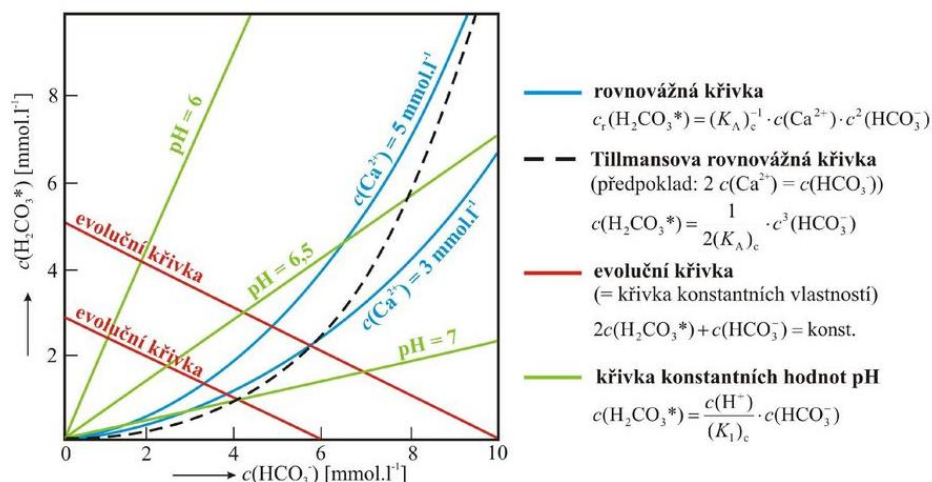
Pro praktické použití a lepší pochopení z hlediska provozního pro mě je vyjádření vápenato-uhličitanové rovnováhy, které ve svých přednáškách uvádí doc. Pivokonský:



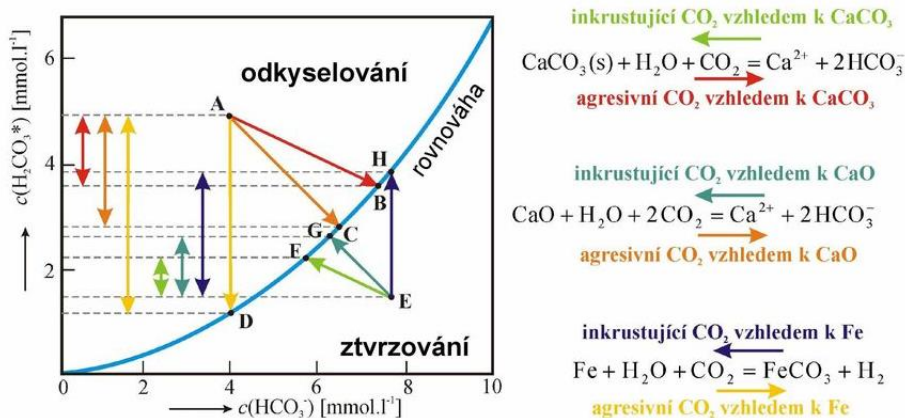
Tyto dvě rovnice určují, za jakých podmínek dojde k rozpouštění nebo naopak k vylučování CaCO_3 (s) – kalcitu. Z rovnic je patrné, že při určité koncentraci volného oxidu uhličitého nedochází k rozpouštění ani vylučování kalcitu.

To, co také hodně pomohlo, jsou grafy, které ve svých přednáškách používá doc. Pivokonský.

Průběh rovnovážných křivek vápenato-uhličitánové rovnováhy



Agresivní a inkrustující CO₂



Po prvotním zhlédnutí grafů se může zdát být běžnému provozovateli nemožné nebo alespoň velmi problematické dosáhnout rovnováhy. Nicméně se to stalo dobrou pomůckou při dalším postupu hledání vápenato-uhličitánové rovnováhy.

Problém inkrustujících vod

Prvotní úvahy směřovali k podstatě problému. Inkrustace je problém a tento problém postupně narůstá. Prvotním cílem bylo zjistit co je příčinou toho, proč je voda inkrustující. Bylo nutno nastudovat dostupnou teorii a hlavně provést praktické pozorování projevů nestability vody:

- Poznatky z teorie – základním poznatkem určujícím další směřování pokusů hledání vápenato-uhličitánové rovnováhy bylo, že je nutno hledat rovnovážný CO₂ – $c_r(\text{CO}_2)$ – rovnováha mezi volným CO₂ a koncentrací iontu Ca²⁺ a HCO₃⁻. S tím, že je nutno počítat s výrazným vlivem pH na tuto rovnováhu.
- Vodojemy – prvotní místo, kde se projeví inkrustující voda, jsou v horším případě už akumulace na úpravě vody a v lepším vodojem. U vodojemů s pravidelným promícháváním jsou to typické hromádky až hromady podobné pískovým dunám a u vodojemů bez pohybu jsou to patrné malé hromádky v místech, kde skapává na hladinu voda vysrážená na stropě vodojemu. Inkrušta je viditelná také na hladině vody ve vodojemu.

- Dříve se voda se sklonem k mírné inkrustaci využívala jako antikorozní prostředek při ochraně vodovodních potrubí. Tato výhoda přestala platit v době přechodu na plastová potrubí.
- Plastová potrubí - u těchto potrubí dochází také k inkrustaci, ale vzhledem k vlastnostem plastu nepřilne inkrust na potrubí v pevné vazbě. Proto v případech větších odběrů nebo rázů v potrubí dochází k uvolnění těchto inkrustů. Poté se inkrusty sunou potrubím a to až k odběratelům. Inkrusty uvolněné z plastových potrubí mají typický tvar a je možno je rozlišit od běžné inkrustace.
- Odkalování potrubí – při pravidelném odkalování bylo možno zachytit až několik desítek kilogramů (dle velikosti potrubí) uvolněných inkrustů.
- Působení dezinfekce – na všech úpravárnách jsme postupně plně přešli na dávkování chlordioxidu. Je obecně známý jev, že při vyšších dávkách chlordioxidu dochází, především v době přechodu na tento způsob dezinfekce, k zakalení potrubí. To je velmi pravděpodobně způsobeno silným oxidačním působením na zainkrustovaná potrubí. Tyto inkrusty jsou postupně rozpouštěny a uvolňují zachycené železo a mangan. To vede až k znatelnému zakalení vody. Pozorována byla voda rezavá, ale při pokusech s vyššími dávkami chlordioxidu i silně černá – pozor – tato voda nešla do spotřeby a jednalo se jen o pokusy s odstavenou větví vodovodního potrubí. Dá se z toho snad usuzovat, že se voda inkrustující stává vodou agresivní v době vyšších dávek chlordioxidu nebo je příčina jinde?
- Teplota vody – se vzrůstající teplotou klesá rozpustnost plynů ve vodě a dochází tak k uvolňování CO_2 z vody a to má za následek vychýlení vody z rovnovážného stavu a vody mají tendenci vylučovat CaCO_3 (s) a tvořit inkrusty.

Po nastudování a zjištění základních skutečností bylo možno stanovit další postup prací s cílem dosažení vápenato – uhličitánové rovnováhy. Cílem bylo dosáhnout takového řešení, které bude jednoduše použitelné pro běžný provoz.

Návrh postupu řešení a výsledky

Ze zjištěných skutečností jsme v kombinaci s teoretickými předpoklady navrhli postup řešení jak zajistit vápenato-uhličitánovou rovnováhu ve vodě opouštějící úpravnu vody a také v celé vodovodní síti. V podstatě šlo o stanovení optimálních hodnot v hlavních sledovaných parametrech a při tom také přepočítat a ověřit celý technologický proces úpravy vod.

Vliv pH na inkrustaci nebo agresivitu vod – byla provedena „cesta pH“ a v každém důležitém místě procesu úpravy vod se hledalo pH optimální. Šlo o pH za provzdušněním (nalezené pH optimální 7,5 – 7,8), pH na odtoku z rychlého míchání – místo dávkování vápenného mléka (8,6), pH na začátku pomalého míchání (8,6), pH na konci sedimentace (7,95) a pH za filtry (7,9) – tyto hodnoty platí pro převažující teplotu vody 11 °C – při nárůstu teploty (1 – 2 měsíce v roce) je nutno lehce zvednout pH za rychlým mícháním – zvedne se dávka vápenného mléka – pH optimální je zvednuto na 8,65.

Intenzita provzdušnění - hledání optimální intenzity provzdušnění surové vody s cílem nalézt optimální zbytkovou hodnotu CO_2 volný, ale zároveň odbourat zcela CO_2 agresivní. Intenzitu lze měnit pouze množstvím vody přiváděné do jednotlivých provzdušňovacích komor – to znamená, že bylo nutno nalézt optimální (maximální) množství vody přiváděné na jednu komoru. Pro vody z prameniště Bzenec III sever bylo stanoveno množství na 55 l/s, pokud by se přidali vody z prameniště Bzenec III jih je nutno změnit maximální nátok na 40 l/s. Vody z prameniště Bzenec I (Moravský Písek) mají své tři vlastní aerační komory a tam je optimální (maximální) průtok stanoven také na 55 l/s. Nejproblematictější z praktického hlediska je podřídit tomuto nastavení

i výkon úpravny. V ideálu bychom měli snižovat nebo navyšovat výkon úpravny po 55 l/s (popř. 40 l/s). Což dost výrazně koliduje s potřebami sítě a také s požadavkem na co nejmíň změnu ve výkonu úpravny.

Optimální obsah CO₂ volný – tento parametr se dle toho jestli se nacházíme v maximálním nebo minimálním nátoku na jednu aerační komoru pohybuje v rozmezí 12,5 – 15,7 mg/l. Pokud byl obsah CO₂ nižší, docházelo k zabarvení vody v sedimentaci do bíla – bylo nutno snižovat dávku vápenného mléka, ale to samozřejmě vedlo ke snížení požadovaného pH a to vedlo k destabilizaci vápenato-uhličitanové rovnováhy.

Hledání vlivu teploty na vápenato-uhličitanovou rovnováhu – tento vliv byl lehce pozorovatelný zvláště v letních měsících. Se vzrůstající teplotou ve vodovodní síti a tím i na vodojemech byla viditelná vyšší tvorba vrstvy inkrustů na hladině vody ve vodojemech s klidnou hladinou. Pro tento pokus jsme vyrobili pokusnou kolonu, na které jsme simulovali chování vody na vodojemech v době zvedání teploty. Po dosažení vápenato-uhličitanové rovnováhy jsme na této koloně pozorovali vliv teploty na vodě, která už byla v rovnováze. Snahou bylo nalezení stabilní rovnováhy i při teplotách vody lehce nad 20 °C.

Ověření vápenato-uhličitanové rovnováhy – výpočtů a metod pro toto ověření je několik, ale u každé z těchto metod nelze zahrnout všechny vlivy, které tuto rovnováhu ovlivňují. Proto žádná z těchto metod neodpoví na otázku, zda je voda v rovnováze s vysokou mírou jistoty a dost často byly výpočty v rozporu s realitou. Výpočty nebo laboratorní pokusy vždy přinesou nějaký výsledek s určitou mírou nejistoty. Zkusili jsme v průběhu pokusů několik metod.

Heyerova zkouška - nakonec se nejvíce osvědčila metoda postavená na základě tzv. Heyerovy zkoušky (mramorový pokus). Jde o experimentální stanovení nasycení vody uhličitanem vápenatým a hodnoty pH_s. Toto stanovení provádíme v současné době 1 x měsíčně. V době hledání vápenato-uhličitanové rovnováhy jsme toto stanovení prováděli 1 x týdně. Tuto zkoušku provádíme na vodě z akumulace na úpravně vody, z vybraného vodojemu na síti a poté i z nejvzdálenějších míst vodovodní sítě. Voda se odebere do dvou lahví. Z první lahve se stanoví počáteční pH, KNK_{4,5} a koncentrace vápníku. Druhá láhev obsahuje práškový CaCO₃, naplní se po okraj a za teploty, která odpovídá teplotě vody v době odběru, se s ní třepe nebo míchá po dobu 6 – 10 hodin. Poté se změří hodnota pH_s a rovnovážná koncentrace vápníku. Z hodnoty pH_s jde pak lehce dopočítat Ryznarův index stability RI_s:

$$RI_s = 2 \text{ pH}_s - \text{pH}$$

Tento index dosahuje vždy kladné hodnoty. Při hodnotě RI_s kolem 7 je voda ve vápenato-uhličitanové rovnováze, při hodnotě RI_s < 6 je voda výrazně inkrustující a při hodnotách nad 8 je voda výrazněji agresivní.

Skleničková metoda - nejjednodušší metodou, kterou stále používáme je metoda skleničková – v pátek napustíme vodu do skleničky. V pondělí se provede „okometrické“ vyhodnocení. Na povrchu vody, ale ani na stěnách nesmí být patrné vysrážení kalcitu. Před zahájením hledání rovnováhy se běžně tvořila na hladině vody inkrustace a na stěnách skleničky – výrazný bílý pruh. To se v současné době netvoří ani v letních měsících.

Kontrola po síti – po prvotních pozitivních výsledcích na úpravně vody se na síti sledovala míra nárůstu inkrustů ve vodojemech a v místech, kde se při pravidelném odkalení sítě vyskytovalo nejvíce inkrustů. Po zhruba 4 letech lze konstatovat, že k inkrustaci dochází výrazně méně. Je však stále pozorovatelná, i když už ve výrazně menší míře, v komorách vodojemů.

Celkové zhodnocení a závěr

Celkový proces hledání správných parametrů procesu úpravy trval skoro celý rok. Každé změně, každému pokusu předcházelo teoretické prostudování problematiky. Vždy jsme provedli jen jednu změnu a postupně jsme vyhodnocovali její pozitivní nebo negativní dopad na chod úpravy vody. Při pozitivním dopadu jsme ve změně pokračovali a provedli jsme další změnu. Při negativním dopadu byl proces vrácen do stavu před změnou a bylo vždy nutno zjišťovat, proč k negativnímu dopadu došlo. Často docházelo i k návratu o jeden až dva kroky zpět i při stále pozitivních výsledcích – je to samozřejmě důsledek toho, že každá změna může mít vliv na ostatní parametry.

Ideální průběh testování by byl testovat to na surové vodě z jednoho zdroje a za jednoho průtoku a po celkové stabilizaci přidat zdroj druhý, nebo si „hrát“ s výkonem úpravy a i u toho hledat ideální parametry. To je samozřejmě v praxi neaplikovatelné. Potřeba vody ve vodovodní síti se neustále mění. Nejsou to sice změny v řádu hodin, ale dnů a přesto to dost komplikovalo průběh testování.

V současné době stále jedenkrát za měsíc stanovujeme Ryznarův index stability. Hodnoty se pohybují v rozmezí 6,80 (rovnovážný stav se sklonem k mírné inkrustaci) až po 7,48 (rovnovážný stav se sklonem k mírné agresivitě), s průměrnou hodnotou 7,28.

Pokud bychom hledali vysvětlení výskytu inkrustů jen dle Ryznarova indexu stability. Pak k inkrustaci má voda tendenci v obdobích postupného chládnutí vod. Dle výsledků je to období od konce září a v průběhu října. Spíše se dá hovořit o době postupného snižování výkonu úpravy vod a přechodu na výkony pod 50 % kapacity úpravy vod. Postupné jarní navyšování výkonu se už takto neprojeví – snad můžeme hovořit o pozitivním vlivu vod využívaných při zvýšeném výkonu úpravy.

Máme za sebou celkově 4 roky po dosažení vápenato-uhličitanové rovnováhy. Projevy předchozí nerovnováhy jsou ale stále patrné. Postupně se výskyt projevů nerovnováhy snižuje.

To, co budeme řešit v budoucnu, je jedna z poznámek v přednášce doc. Pivokonského: „Smícháme-li dvě vody v rovnováze – výsledek = **vždy!** Voda agresivní.“ Máme několik míst, kde se nám potkávají vody ze dvou úpraven a budeme muset řešit jak tyto vody připravit v místě smíchání tak, aby výsledkem byla vody ve vápenato-uhličitanové rovnováze.

Použitá literatura

Úprava vody ÚV Bzenec - Provozní řád pro trvalý provoz, zpracovatel: Sdružení IMOS – KUNST, termín zpracování: 04/ 2010

Pitter P.: Hydrochemie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015, ISBN 978-80-7080-928-0, str. 346 - 354

Pivokonský: Úprava podzemních a povrchových vod – 9. přednáška, ÚŽP PŘF UK

Výskyt dusičnanů v podzemní vodě v době kůrovcové kalamity

Ing. Zdeňka Jedličková

Ing. Pavel Straka

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s.

Soběšická 820/156, 638 01 Brno

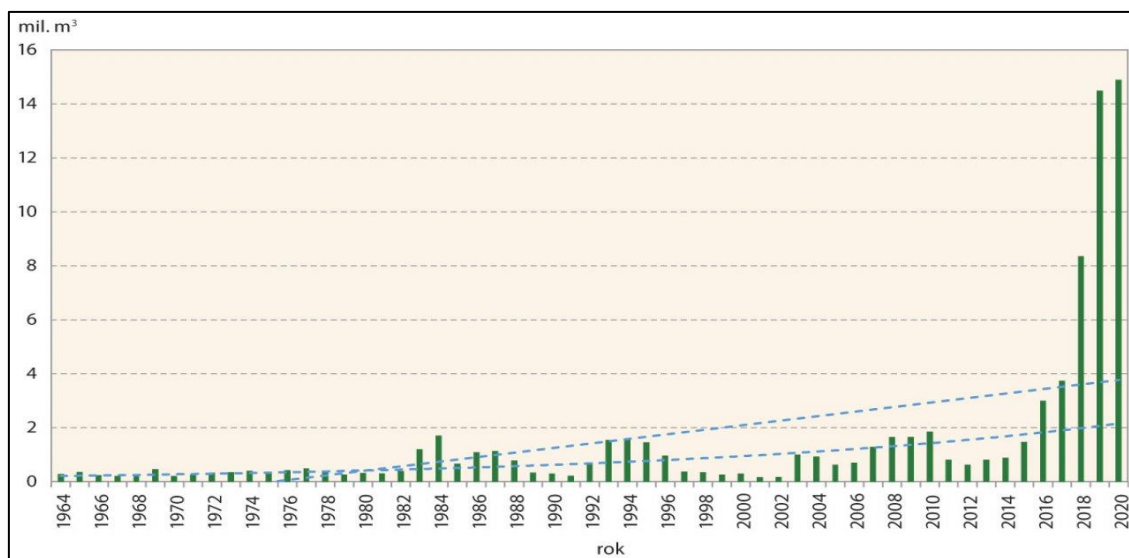
V roce 2015 začala v ČR svým rozsahem třetí etapa největší kůrovcové kalamity smrkového porostu, způsobená přemnoženým podkorním hmyzem – lýkožroutem smrkovým. V současné době je nejhorší situace v kraji Vysočina. V důsledku odlesnění došlo k narušení rozsáhlých ploch v povodí vodních zdrojů. U řady zdrojů došlo k výraznému zhoršení kvality podzemní vody v ukazateli dusičnany. Na vyšší hodnoty dusičnanů v podzemní vodě má vliv jak hloubka zvodně, druh horninového prostředí, humusová vrstva s těžebními zbytky dřeva nacházející se na holinách, tak nedostatečná kapacita zdrojů podzemní vody před kůrovcovou kalamitou a současné klimatické podmínky.

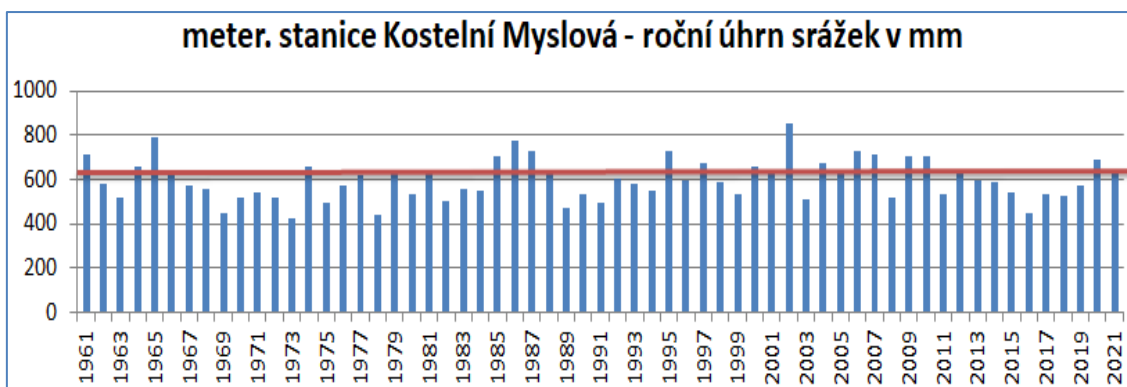
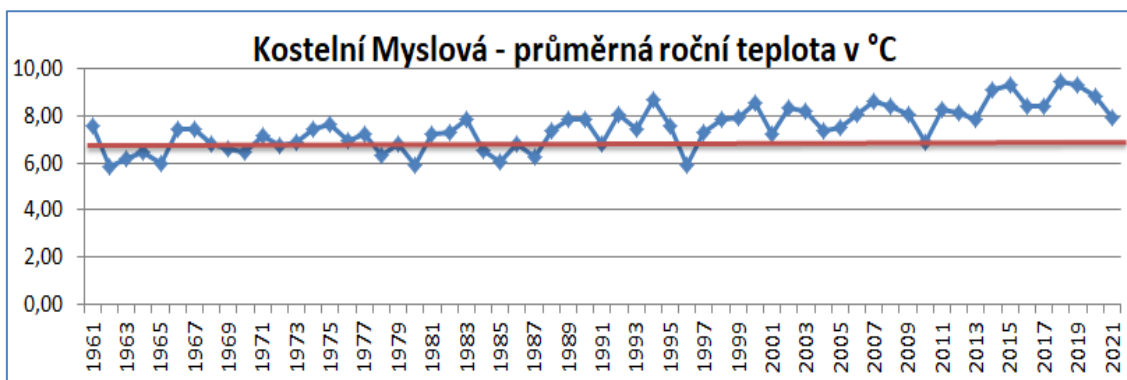
Rok 2003 je uváděn jako rok, kdy započala v důsledku sucha a nadnormálních teplot, první etapa největší kůrovcové kalamity v ČR. Sucho a zvyšování průměrné roční teploty následovalo i v dalších letech.

Na napadení lesního porostu přispělo:

- sucho, které oslabilo obranyschopnost stromů,
- příznivé klimatické podmínky urychlily vývoj lýkožrouta smrkového, umožnily mu vyšší počet generací za rok
- druhotná skladba lesních porostů (Vysočina cca 80% jehličnatých dřevin, především smrk ztepilý),
- nedostatek pracovní síly, techniky → pomalá asanace kůrovcového dříví,
- problém s odbytem pokáceného dřeva.

Objem evidovaného kůrovcového smrkového dříví dle hlášení Lesní ochranné služby

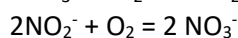




Od roku 2015 se každoročně zvyšoval počet napadeného smrkového dříví. Smrk, jako nejdůležitější konzument dusičnanů vypadl z koloběhu. Ustálený poměr mezi producenty (rostlinami) a rozkladači biomasy se posunul směrem k rozkladačům (mikroorganismům).

Organické dusíkaté látky (opadané jehlice, odumřelé kořenové vlásečnice s dalšími organickými zbytky ve svrchním humusovém horizontu po odlesnění, těžební zbytky) se rozkládají mikrobiální činností a dusík se obvykle uvolňuje deaminací jako dusík amoniakální, který organismy opět využívají pro syntézu nové biomasy. V anaerobních podmínkách se již amoniakální dusík nemění, avšak v aerobních podmínkách podléhá nitrifikaci přes dusitany na dusičnany (nitrifikace), které jsou konečným produktem oxidace organicky vázaného dusíku.

Nitrifikace probíhá ve dvou stupních:

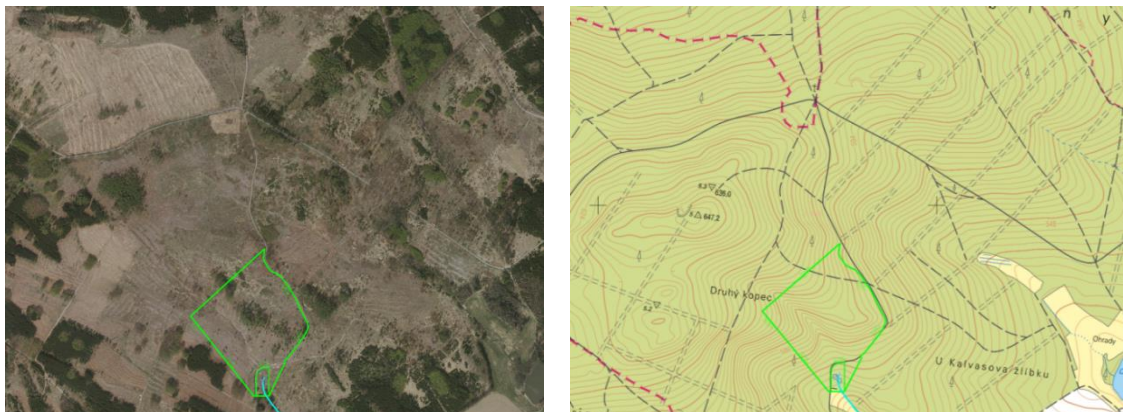


V přírodě jsou rozšířeny dva hlavní rody nitrifikačních bakterií, *Nitrosomonas* a *Nitrobacter*. Proto, pokud jsou pro to předpoklady, probíhá ve vodách v aerobních podmínkách nitrifikace velmi snadno. Rod *Nitrosomonas* se podílí na prvním stupni oxidace, na dusitany, a má menší růstovou rychlost než rod *Nitrobacter*, který se podílí na oxidaci dusitanů na dusičnany. Růstová rychlost nitrifikačních bakterií je značně závislá na teplotě, při teplotě pod 5 °C je již rychlost nitrifikace velmi malá. Nitrifikaci ovlivňuje: množství NH_4^+ , pH půdy 5 – 8,5, vlhkost (v kapacitě do 70 %), aerobní podmínky – dostatek kyslíku.

V období sucha není dusík využit a v půdě zbývá. Navíc se při vysokých teplotách ještě rozloží více organické hmoty než obvykle, a tak mohou být v půdních vodách pod odumřelými smrků vysoké koncentrace dusičnanů. Sorpční schopnost dusičnanů je malá, proto mohou při větších srážkách snadno migrovat v půdním profilu a vyplavovat se do podzemní vody.

Po odumření smrkového porostu klesl výpar, došlo k navýšení množství vsakující se půdní vody bohaté na dusičnany. Tato voda se mísila s podzemní vodou, která byla, ještě před kůrovcovou kalamitou, s nízkým obsahem dusičnanů. Pokud zdroje podzemní vody byly i v období sucha dostatečně vydatné, nedocházelo po jejich smíchání k výraznému navýšení koncentrace dusičnanů v podzemní vodě. U zdrojů s nedostatečnou kapacitou vody byla situace odlišná. Po rychlé obnově zásob podzemní vody byl zjištěn významný nárůst koncentrace dusičnanů v surové vodě.

Mapy s vyznačením OP VZ lokality B - plošné vymáčení lesů po kůrovcové kalamitě



Příkladem jsou čtyři jímací území (dále JÚ) A až D nacházející se v kraji Vysočina na území Českomoravské vysočiny s nadmořskou výškou 540 až 680 m.n.m. Jedná se o území s plošným odumíráním smrkového porostu. Nejvíce dřevní hmoty zde bylo vytěženo v letech 2018 až 2021.

Lokalita A, B, D se z klimatického hlediska podle E. Quitta nachází v mírně teplé oblasti v klimatické jednotce MT 5. Průměrný roční úhrn srážek v této oblasti je kolem 630 mm, průměrná roční teplota vzduchu je 7° C. Lokalita C spadá k jednotce MT 3, která je charakterizována průměrnými ročními teplotami kolem 6,5 °C a průměrnými ročními srážkami 645 mm. Na grafu jsou uvedeny průměrné roční teploty a roční úhrny srážek od roku 1961 z meteorologické stanice Kostelní Myslová. Tato stanice se nachází v blízkosti sledovaných lokalit.

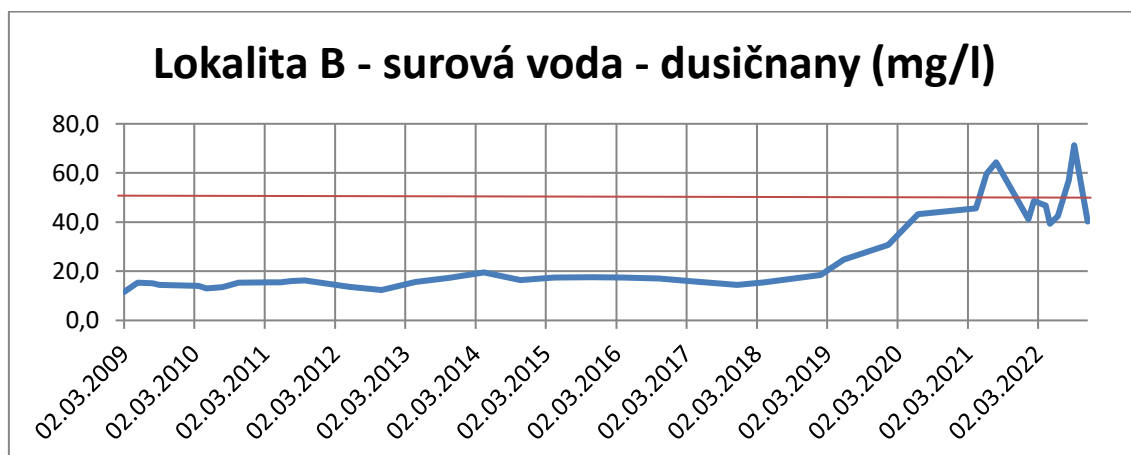
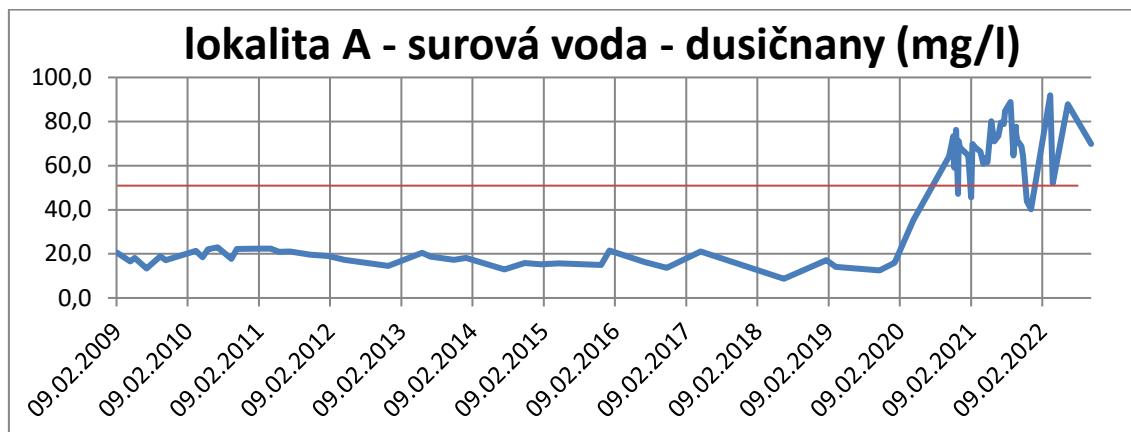
Jímacími objekty (dále JO) ve sledovaných JÚ slouží k jímání podzemní vody mělkého oběhu podzemních vod, mají stanovenou preventivní ochranu (OPVZ I. stupně a kromě lokality A jsou stanoveny i OPVZ II. stupně). JÚ se nachází, vyjma lokality C, v rozsáhlých lesních územích bez osídlení a bez dalších antropogenních vlivů. Ke vzniku a doplňování zásob podzemní vody zde dochází prostřednictvím infiltrací atmosférických srážek, v závislosti na míře propustnosti kvartérního pokryvu. JÚ se nacházejí v tzv. zranitelných oblastech, jedná se o zvláštní ochranu vod ve smyslu § 33 vodního zákona a NV č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, obojí v platném znění.

V lokalitách A, B se projeví poklesy vydatnosti surové vody již v roce 2012. Nejvíce vody bylo naváženo do nádrží vodojemů v letech 2017, 2018. Až v druhé polovině roku 2019 se situace změnila. V mělkých zdrojích byla dostatečná vydatnost vody pro zajištění zásobování obyvatel vodou, ale až skokově se zhoršila kvalita vody v ukazateli dusičnany.

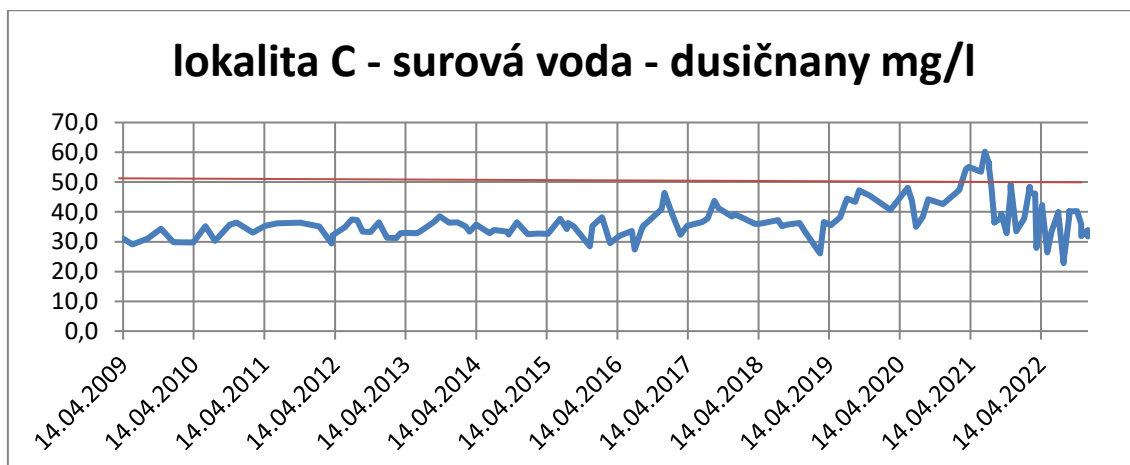
V obou případech je surová voda jímána z mělké zvodně, v případě A ze studny o hloubce 5,3 m, v případě B ze dvou jímacích zářezů o hloubce cca 2,5 m. Zdroje mají lokální význam. Pitnou vodou je zásobováno v prvním případě cca 80 trvale žijících obyvatel (průměrná roční spotřeba 1320 m³ vody), v druhém případě jsou v osadě cca 4 trvale žijící obyvatelé, dále se jedná o rekreanty (průměrná roční spotřeba 360 m³).

Hodnoty dusičnanů surové vody v lokalitě A se dlouhodobě pohybovaly do cca 20 mg/l. Nástup dusičnanů začal cca v polovině roku 2020, koncem roku 2020 došlo k překročení hodnoty 50 mg/l, maximálních hodnot 90 mg/l bylo dosaženo v druhé polovině roku 2021. Z důvodu nevyhovující kvality surové vody, v ukazateli dusičnany, byla voda v nádržích VDJ ředěna dováženou pitnou vodou. V roce 2021 byl rozhodnutím KHS stanoven mírnější hygienický limit pro ukazatel dusičnany.

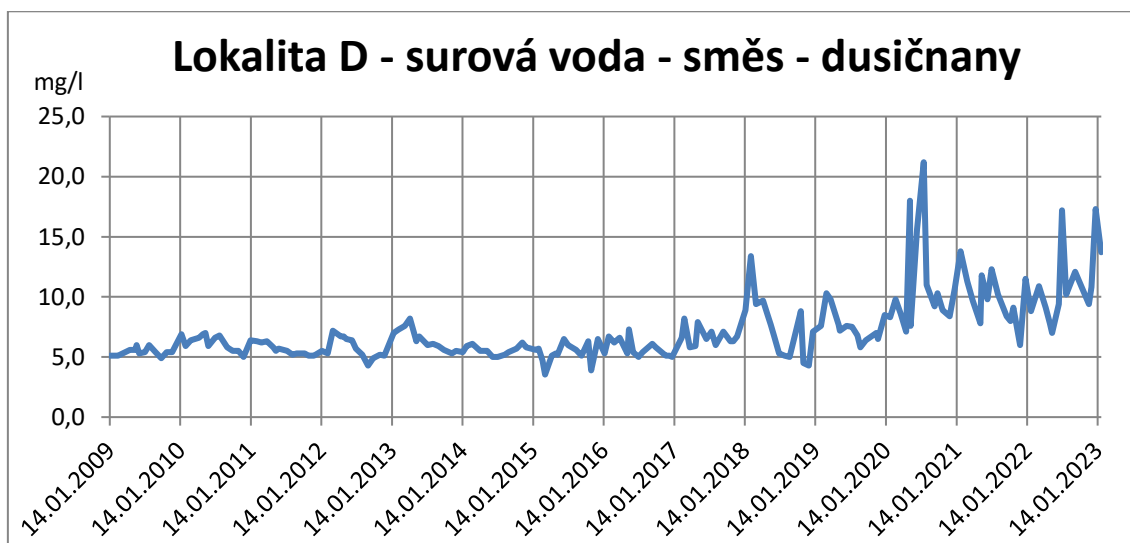
V lokalitě B se v minulosti hodnoty dusičnanů pohybovaly kolem 15 mg/l. V roce 2019 začaly hodnoty dusičnanů růst. V polovině roku 2021 došlo k překročení hodnoty 50 mg/l v dodávané pitné vodě. V roce 2021 byl rozhodnutím KHS stanoven mírnější hygienický limit. Maximální hodnoty surové vody se pohybovaly kolem 70 mg/l.



JÚ v lokalitě C se nachází na lesních a travnatých pozemcích a z části také na orné půdě. Hodnoty dusičnanů v podzemní vodě před kůrovcovou kalamitou byly pod 40 mg/l. Jímacími objekty jsou dvě studny o hloubce 5 m, jedná se o studnu hlavní a doplňkovou. Z těchto JO je zásobováno cca 560 trvale žijících obyvatel. V obci se nachází i občanská vybavenost. Během suché periody nebylo potřeba do tohoto spotřebiště dovážet pitnou vodu, vydatnost tohoto zdroje významně nepoklesla. V jímacím území byla nižší těžba dřeva, ale terén byl velmi poničen těžkou lesní technikou. V první polovině roku 2021 byly analyzovány hodnoty dusičnanů kolem 50 mg/l. V červenci 2021 byla do provozu uvedena technologie na snížení množství dusičnanů v pitné vodě. Pomocí ionexového filtru je upravována podzemní voda ze studny s vyšší vydatností. V případě vyššího odběru ve spotřebišti, je upravená voda smíchávána se surovou vodou z druhého JO. V druhé polovině roku 2021 hodnoty dusičnanů začaly klesat. Od července 2022 se hodnoty dusičnanů v surové vodě obou JO opět pohybují do 40 mg/l.



JÚ na lokalitě D se před kůrovcovou kalamitou nacházelo uprostřed rozsáhlého zalesněného území. Podzemní zdroje pitné vody patří mezi nejvýznamnější na Českomoravské vrchovině. Surová voda je jímána ze dvou větví, větve obsahují 25 jímacích zářezů (dále jen JZ). Mocnost zvodně je cca do 6 m pod terénem. Smíchaná podzemní voda z JZ dlouhodobě dosahovala hodnot pod 10 NO_3^- mg/l. V letech 2017, 2018 se vydatnost vody z JZ snížila z obvyklých 20 l/s na cca 10 l/s. Hodnoty dusičnanů začaly během roku 2018 narůstat. V první polovině roku 2020 byla spotřebitelům dodávána pitná voda s obsahem do cca 20 NO_3^- mg/l, v roce 2021, 2022 do cca 16 NO_3^- mg/l. Množství odebírané surové vody z jednotlivých JZ je regulováno především podle zvýšeného zákalu surové vody v daném JZ. Odběr vody z jednotlivých JZ je závislý na důsledném provádění a vyhodnocování monitoringu jakosti podzemní vody na tomto prameništi



Závěr

V letech 2015 až 2019 panovala na našem území výrazná epizoda sucha, jejíž následky byly umocněny zvýšenou průměrnou roční teplotou, což je pravděpodobně důsledek probíhající klimatické změny. V rámci této suché epizody nevybočily ani zimní měsíce, které byly vesměs chudé na sněhovou pokrývku, která je důležitá pro nasycení půdního profilu a doplnění podzemní vody. Půda se začala rychle vysušovat, s nástupem invaze kůrovce probíhalo hromadné odumírání lesních porostů.

Po zimě roku 2018-2019 se začal půdní profil opět více saturovat chybějící vodou. V mělkých zdrojích nastala poměrně rychlá obnova zásob podzemní vody, jelikož po odumření smrkového porostu došlo k celkovému navýšení množství vsakující se vody, bohužel bohaté na dusičnany.

Po období disturbance na výše zmíněných lokalitách, by se měl proces kontaminace podzemní vody dusičnany stagnovat a mělo by docházet k postupnému zlepšování kvality vody. Nově vysázené lesní porosty společně s další vegetací budou ve vegetačním období opět spotřebovávat více dusičnanů a tím se bude snižovat koncentrace NO_3^- v půdním profilu a následně podzemní vodě. Vegetace, která samovolně obsadí plochy po smrkových monokulturách, omezí provzdušnění půdního profilu. Tím budou utlumeny procesy přeměny dusíku včetně nitrifikace. Rychlost obnovy lesních ekosystémů bude opět, do značné míry, záviset na klimatických podmínkách, tedy minimálně na množství srážek, které rozhodnou o tom, jak se ujmou nově vysázené sazenice lesního porostu.

S obnovou porostů se budou vracet i mimoprodukční funkce lesa. Z jedné strany bude les opět spotřebovávat vodu, na straně druhé bude sloužit k dočišťování vod znečištěných dusičnany.

U mělkých zdrojů musíme nadále počítat s větší rozkolísaností, v závislosti na chodu atmosférických srážek a se značnou zranitelností, a to podle charakteru pokryvných útvarů. Snad klimatické poměry budou k těmto našim vodním zdrojům shovívavé.

Použitá literatura

1. Internetové stránky Českého hydrometeorologického ústavu
2. Česká akademie zemědělských věd – principy řešení zátěže povrchových vod dusičnany z plošných zdrojů – projekt MZe NAZV QH92073
3. Současná situace s lýkožroutem smrkovým v našich lesích 26. 01. 2022 Doc. Ing. Petr Zahradník, CSc.; Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.
4. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2021 - Ministerstvo zemědělství
5. Pavel Pitter – Hydrochemie
6. Technická dokumentace pro změnu ochranných pásem VZ vypracovaná ing. Jiřím Novákem rok 2000, 2008, 2012, 2023
7. Provozní evidence VAS

Protirázová ochrana – možnosti a ukázky řešení

Ing. Jiří Kratěna, Ph.D.

Doc. Ing. Vladimír Havlík, CSc.

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

Abstrakt

Protirázová ochrana je nedílnou součástí zpracování projektů, v rámci kterých se dopravuje v potrubí kapalina. Je žádoucí se protirázovými opatřeními s využitím simulačních modelů zabývat již v prvotních fázích projektové přípravy. Často se setkáváme se skutečností, že nebezpečí vzniku hydraulického rázu je opomíjeno. Ani ne tak u čerpacích stanic, mnohdy však v případech gravitačních rozvodů. Příspěvek se bude věnovat problematice vzniku hydraulického rázu, jeho možným důsledkům a vhodnými opatřeními protirázové ochrany tlakových vodovodních a kanalizačních systémů. V rámci příspěvku budou popsána možná technická řešení protirázové ochrany, resp. vysvětleny jejich rozdíly na ukázkách řešení z praktických realizací.

Vznik vodního rázu

Co je to vlastně vodní ráz? Rázové jevy jsou jevy akustické povahy, což znamená, že rozruch vyvolaný náhlou změnou průtoku, resp. tlaku, se v daném prostředí šíří rychlostí zvuku. V případě tlakového proudění v potrubí zaplněného vodou je prostředí tvořeno jak vlastní kapalinou (vodou), tak potrubím, viz např. zahraniční literatura [1-4,9], nebo v českém jazyce [5-7].

Obecně lze říct, že každá změna provozních podmínek a každá porucha způsobuje kolísání tlaku a průtoku. Tyto stavy se běžně označují jako nestacionární nebo přechodové. Hlavními příčinami přechodových stavů proudění jsou:

- vypnutí čerpadla, může se jednat o provozní vypnutí nebo vypnutí v důsledku výpadku proudu,
- spuštění jednoho nebo více čerpadel, připnutí dalšího čerpadla, k již provozovaným,
- uzavírání nebo otevírání armatur v potrubním systému,
- vibrace čerpadel s nestabilní Q/H křivkou,
- dutiny vzduchu, náhlá netěsnost trubního systému,
- kolísání hladiny na vstupu, aj.

Přechodové tlakové jevy se také označují jako tlakové rázy nebo, pokud se jedná o vodovodní nebo kanalizační systémy, jako vodní rázy. Vodní rázy způsobují, že potrubí, armatury, všechny součásti systému jsou namáhány dynamickým zatížením. V potrubním systému během vodního rázu dochází k zvýšení nebo poklesu tlaku. Během šetření se zjišťuje, jaký v potrubí vniká přetlak nebo podtlak.

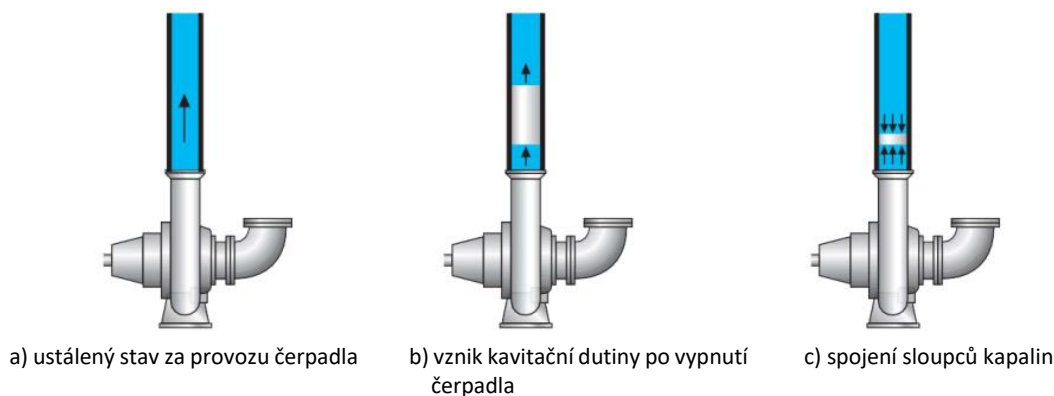
Vliv setrvačnosti

Náhlé uzavření armatury v potrubí způsobí změnu kinetické energie na potenciální energii tlaku a na trubní systém a jeho prvky působí hydrodynamické síly. Pokud je např. ventil umístěn uvnitř

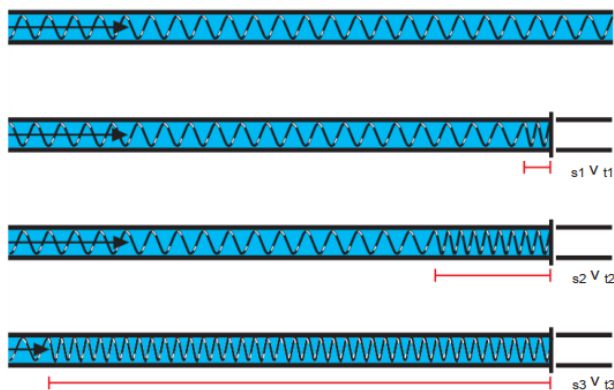
potrubí, na straně armatury proti proudu dochází ke zvýšení tlaku, na straně ventilu po proudu se naopak tlak snižuje. Uvažujme jednoduchý příklad: pro potrubí DN 200, $L = 900$ m, $v = 1$ m/s, je hmotnost vody v potrubí $m = 28\,274$ kg. To je víceméně hmotnost nákladního automobilu, rychlost 1 m/s odpovídá 3,6 km/h. Jinak řečeno, pokud se armatura rychle zavře, nákladní automobil (voda) narazí do zdi (armatury) rychlostí 3,6 km/h. Z hlediska rázu to znamená, že náhlé uzavření armatury bude mít za následek vysoké tlaky (až 100 m) a velké síly působící na armaturu.

Další příklad vlivu setrvačnosti je zobrazen na obr. 1 a, kde je znázorněno čerpadlo a výtlačné potrubí. Pokud bude mít čerpadlo a motor zanedbatelný moment setrvačnosti, tak po vypnutí čerpadla dojde k okamžitému zastavení čerpadla. To má za následek, že setrvačnost vody způsobí, že proud kapaliny na straně dolního proudu čerpadla se rozpadne do samostatných sloupců, vznikne dutina obsahující směs vodní páry a vzduchu vystupující z roztoku (viz obr. 1 b). Jako oddělené sloupce kapaliny se následně pohybují zpět a znovu se spojují nárazem, který se projeví zvýšením tlaku v systému (viz obr. 1c).

Obr. 1 Stav po vypnutí čerpadla, vznik kavitační dutiny – zdroj [9]



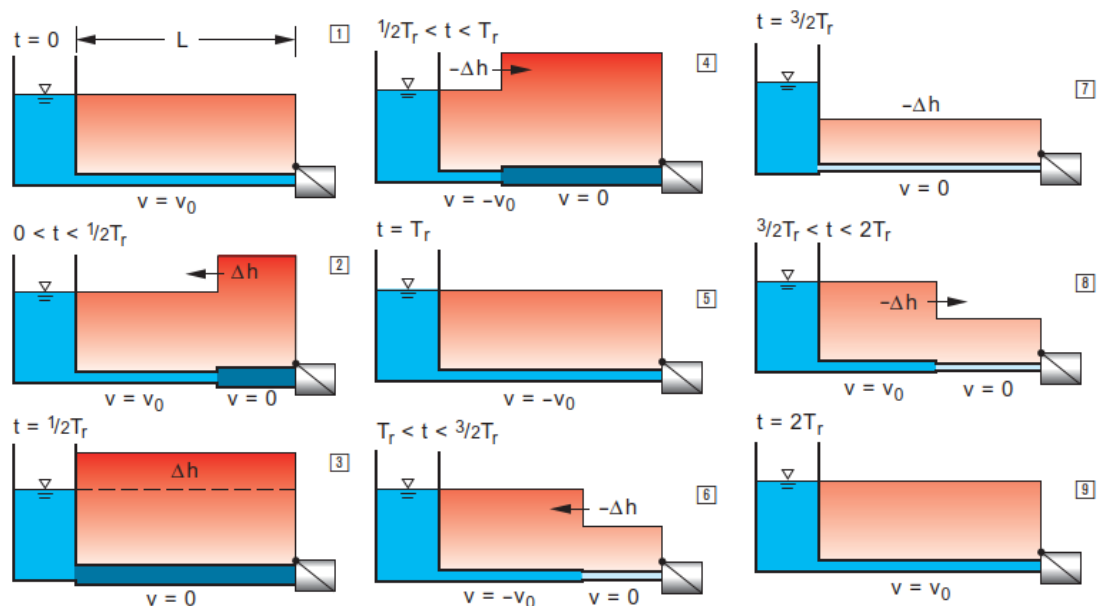
Obr. 2 Náhlé uzavření šoupátka, zobrazené ocelovou pružinou - zdroj [9]



Stlačitelnost kapaliny a potrubí

V odstavci Setrvačnost byly pospány zjednodušeně dva případy, protože nebyla zohledněna stlačitelnost kapaliny a potrubí. Co se děje uvnitř potrubí je možné popsat na příkladu ocelové pružiny, která se posouvá trubkou. Tato pružina podléhá pružné deformaci, když je náhle zastavena (viz obr. 2). Deformace čela se pohybuje v opačném směru, než byl původní směr pohybu, rychlostí typickou pro pružinu, tj. rychlostí šíření vlny v m/s.

Obr. 3 Průběh tlaku a rychlosti v potrubí po rychlém uzavření šoupátka na odběru - zdroj [8]



Na obrázku 3 je zobrazen gravitační systém s nádrží, potrubím a uzavěrem na konci potrubí. V nádrži je udržována konstantní hladina. Armatura na konci je náhle a úplně uzavřena (neuvažuje se vliv třecích ztrát):

1. v čase $t = 0$ je tlakový profil ustálený. To se projevuje tím, že křivka tlakové výšky probíhá vodorovně. Za ustálených podmínek je rychlost proudění v_0 ,
2. náhlé uzavření šoupátka na konci potrubí způsobí puls vysokého tlaku Δh a stěna potrubí se roztáhne. Vniklá tlaková vlna probíhá v opačném směru, než je ustálený směr proudění rychlostí zvuku a je doprovázena snížením rychlosti proudění na $v = 0$ v zóně zvýšeného tlaku. Tento proces probíhá v časovém úseku $0 < t < 1/2 T_r$, kde T_r je doba, kterou tlaková vlna potřebuje k tomu, aby prošla tam zpátky po celé délce potrubí. Doba T_r se vypočte z délky potrubí L a rychlosti rázové vlny a , $T_r = 2L/a$,
3. v čase $t = 1/2 T_r$ dorazí tlaková vlna do nádrže. Protože tlak v zásobníku je konstantní, nastává v tomto bodě nerovnovážený stav. Při změně znaménka se tlaková vlna odráží v opačném směru. Rychlost proudění změní znaménko a nyní směřuje ve směru do nádrže.
4. tlaková vlna s nižším tlakem o Δh se pohybuje po proudu směrem k šoupátku a dosáhne ho v čase $t = T_r$. To je doprovázeno změnou rychlosti na hodnotu $-v_0$.
5. po příchodu k uzavřenému šoupátku se rychlost změní z $-v_0$. Na $v = 0$. To způsobí náhlou zápornou změnu tlaku $-\Delta h$.
6. tlaková vlna s nižším tlakem o Δh putuje proti proudu k nádrži v čase $T_r < t < 3/2 T_r$, přičemž, rychlost nabývá hodnoty $v = 0$,
7. do nádrže se dostane za čas $t = 3/2 T_r$, a tlak se obnoví v tlakové výšce nádrže,
8. za dobu $3/2 T_r < t < 2 T_r$ se vlna zvýšeného tlaku vycházejícího z nádrže vrátí zpět k šoupátku a rychlost nabývá hodnoty v_0 ,
9. v okamžiku $t = 2 T_r$, jsou podmínky přesně stejné jako v okamžiku uzavření $T = 0$ a celý proces začíná znovu.

Bez tření by se kolísání tlaku nezmenšovalo. Ve skutečnosti není žádný systém nikdy zcela bez tření. V reálném potrubí tedy dochází k postupnému snižování velikosti rozdílu tlaku Δh .

Rázová vlna a se v ocelových a litinových potrubí šíří rychlostí cca 1000 m/s a vyšší, naopak v plastových potrubí je rychlost rázové vlny menší, pohybuje se kolem hodnoty 300 m/s. Pokud by byla průřezová rychlost před náhlým uzavřením uzávěru $v = 1$ m/s, bylo by maximální zvýšení (snížení) tlaku cca 102 m v.sl., viz rovnice podle [2].

$$\max \Delta h = \frac{a \cdot \Delta V}{g} = \frac{1000 \cdot 1}{9,81} = 101,94 \text{ m v.sl.}$$

Problematicke vzniku rázu a stanovení velikosti zatížení je možné věnovat mnohem více času, na který zde není prostor. Předchozí odstavce měli za cíl seznámit s úvodem do problematiky a vysvětlit základní principy vzniku a důsledků vodního rázu.

Důsledky neřešení protirázové ochrany

V praxi se často setkáváme s tím, že výpočet nestacionárního proudění není v projektech obsažen. Velice často se při řešení vodovodních a kanalizačních systémů, nebo u potrubí, která jsou relativně krátká, na tuto analýzu zapomíná. Stručný popis možných důsledků účinku rázu je uveden v tab. 1

Tab. 1 Příklady důsledků vodního rázu

Účinek rázu	Důsledek
Zvýšení tlaku	prasknutí potrubí, poškození armatury, poškození čerpadel, základů a armatur
Pokles tlaku	ztráta stability potrubí („splasknutí“), poškození cementové výstelky, nasátí znečištěné vody do potrubního systému přes odbočky, oddělení sloupců kapaliny (vznik kavitační dutiny) s následným vysokým nárůstem tlaku při opětovném spojení
Vibrace	poškození čerpadel, základů a armatur

Na obr. 4 je ukázka poškození potrubí vlivem podtlaku. Jednalo se o výtlač čerpadel prací vody na úpravně vody. Potrubí bylo relativně krátké, délka cca 80 m a dopravní výška čerpadla byla 15 m. Na tomto případu je vidět, že nelze podcenit ani relativně krátká potrubí.

Možná technická řešení protirázové ochrany

Tlakové ventily (PRV)

Existují dva základní druhy tlakových ventilů. Ventily uvolňující tlak díky výtoku kapaliny („pressure relief valve“), které se otevírají od nastavené zvýšené hodnoty tlaku, a tlak uvolňující ventily s anticipační funkcí, které se předotevrou po výpadku čerpadel ve fázi poklesu tlaku (tzv. „pressure relief & surge anticipating valve“).

Důvodem pro předotevření PRV s anticipační funkcí je neschopnost normálního PRV se dostatečně rychle otevřít ve fázi vzestupu tlaku, který v systému chráněném pouze PRV probíhá prakticky okamžitě.

Stejně jako jiné uzávěry však ani tlakové ventily s anticipační funkcí nemohou fázi poklesu tlaku nijak pozitivně ovlivnit, např. prodloužením této fáze a/nebo zmenšením poklesu tlaku. Platí přitom, že velikost poklesu tlaku a jeho průběh jsou příčinou následného vzrůstu tlaku, přičemž, čím větší je pokles, tím větší je nárůst tlaku. Naopak platí, že nevhodným dimenzováním a stanovení nevhodného předpisu otevírání, resp. zavírání PRV, se může snížit pozitivní účinek doběhu čerpadel na fázi poklesu tlaku a účinky vodního rázu se mohou dokonce i horšit.

Velmi důležité jsou správnost a úplnost vstupních dat, zejména dat PRV, topologie systému a jeho hydraulický stav před výpadkem čerpadel a koordinace návrhu mezi projektantem a dodavatelem zařízení. Definitivní výpočet potom musí být proveden pro konečný stav systému a konkrétní zařízení vybraného dodavatele PRV.

Obr. 4 Poškození potrubí vlivem vzniku podtlaku



Větrníky

Větrníky jsou nejjednodušším, nejspolehlivějším, a to i z pohledu jejich návrhu a výpočtů, zařízením protirázové ochrany. Jejich určitou nevýhodou v systémech s velkými průtoky jsou jejich rozměry, které vyžadují velké obestavěné prostory.

Jako nevýhoda se často uvádí nutnost periodických kontrol, neboť jde o vyhrazená zařízení. Ostatní zařízení, jako jsou tlakové ventily, je však nutno také periodicky kontrolovat a případně seřizovat.

V současné době jsou na trhu větrníky s vakem, který odděluje plynou fázi od kapaliny. U těchto větrníků odpadá nutnost vybudování kompresorové stanice pro doplňování vzduchu do větrníku. Kontrola množství vzduchu se provádí jednou ročně.

Automatické zavzdušňovací a odvzdušňovací ventily, přísávání vzduchu ve funkci ochrany před přetržením vodního sloupce a tlakovými účinky vodního rázu

V některých publikacích a podkladech výrobců automatických zavzdušňovacích a odvzdušňovacích ventilů (ZOV) se lze setkat s využitím vzduchu přísávaného ve fázi poklesu tlaku k ochraně před vodním rázem využitím tlumící funkce polštáře vzduchu stlačeného ve fázi vzrůstu tlaku. Tohoto způsobu lze ovšem využít pouze pokud je ZOV umístěn na tlakové nádobě (větrníku) konstruované v souladu s ČSN EN 13445, Netopené tlakové nádoby. Větrník přitom musí být nadimenzován tak, aby vzduch nemohl vniknout do potrubí a následné komprese a expanze vzduchu musí tudíž probíhaly v tlakové nádobě, a ne v potrubí.

Další hlediska, jež musí být uvážena při přisávání vzduchu do řadu, jsou:

- Nutnost odstranění nasátého vzduchu z řadu, jež může trvat i mnoho hodin, před obnovením normálního provozu systému.
- Minimální tlak nutný k dosažení těsnosti ZOV po jejich opětovném uzavření stoupající vodou (po skončení ventilační funkce ZOV). Těsnící tlak se liší pro fázi poklesu a vzrůstu tlaku a pro fázi vzestupu tlaku bývá min. 1 bar (10 m).
- Nezanedbatelným požadavkem v systému dodávky pitné vody je rovněž požadavek na zajištění její jakosti, což při přisávání vzduchu může být problematické.

Další možná řešení

Podle konkrétních podmínek lze navrhnout další řešení protirázové ochrany. U gravitačních systémů se osvědčily tzv. zavodňovací věže. Pokud čerpadla jsou napojená na sání s vyšším tlakem a dostatečnou zásobou vody v sacím potrubí, je možné navrhnout obtok čerpadel. Také se můžeme setkat s osazením zpětné klapky v dlouhém výtlačném potrubí apod.

Závěr

Vznik vodního rázu je doprovázen řadou nepříznivých důsledků. Na otázku, zdali je nutné pokaždé provádět výpočty nestacionárního proudění, není jednoznačná odpověď. Ale při projektování potrubních systémů je nutné navrženým řešením předcházet vzniku rázu, nebo aplikovat taková řešení, která snižují či lépe eliminují jeho možné důsledky. Ať již se jedná o použití materiálů s dostatečnou tloušťkou stěny (zajištění stability) nebo správný návrh kotvení a uložení potrubí.

Literatura

1. Chaudhry, M.H., 1987. „*Applied Hydraulic Transients*“, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, ISBN 0-442-21514-2.
2. Joukowski, N. E., 1898, 1900. Mem. Imperial Academy Soc. of St. Petersburg, Vol. 9, no. 5, 1898, 1900 (in
3. Streeter, V.L., and Wylie, E.B., 1983. „*Fluid Mechanics*“, ISBN 0-07-Y66578-8.
4. Thorley A.R.D., 1991. „*Fluid Transients in Pipeline Systems*“. D&L. George Ltd., ISBN 0-9517830-0-9.
5. Havlík, V.: Teoretické předpoklady řešení hydraulického rázu. Sovak, č. 12, 2018.
6. Havlík, V.: Možnosti numerického řešení hydraulického rázu. Sovak, č. 1, 2019.
7. Havlík, V.: Řešení hydraulického rázu jako součást technického návrhu trubních systémů. Sovak, č. 2, 2019.
8. Havlík, V. - Marešová, I., 2001. „*Hydraulika 20*“, skriptum ČVUT-Fakulta stavební, květen 2001, ISBN 80-01-02355-9, 245 stran.
9. KSB: Know-how Volume 1 Water hammer, www.ksb.com

Úpravna vody Hradec Králové - rekonstrukce II. etapa - realizace rekonstrukce a poznatky z komplexních zkoušek díla před uvedením do zkušebního provozu

Ing. Dita Fojtíková

Ing. Pavel Dobiáš, Ph.D.; Milan Drda

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

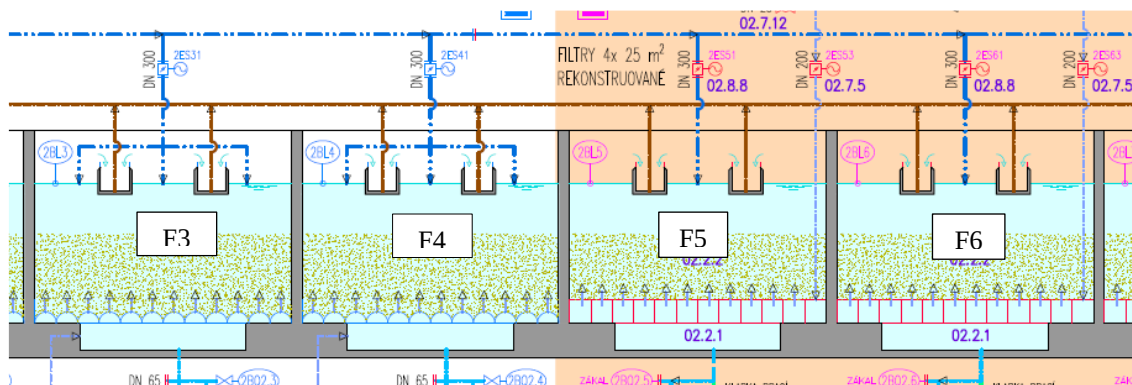
Abstrakt

ÚV Hradec Králové (ÚV HK) upravuje povrchovou vodu z řeky Orlice. Byla uvedena do provozu v roce 1963. Projektovaný výkon byl 300 l/s. ÚV HK zažila snížení výkonu na 150 l/s i úplné odstavení z provozu a následné rekonstrukce. Poslední větší rekonstrukce probíhala v letech 2021 – 2022. Cílem bylo rozšíření výrobní kapacity ÚV z původních 150 na 250 l/s. Důvodem bylo zabezpečit dostatečné množství pitné vody pro obyvatele a průmysl okresu Hradec Králové například v případě sucha či odstávky jiných úpraven v celé Vodárenské soustavě východní Čechy. Tento příspěvek bude prezentovat postupnou 17 měsíců trvající rekonstrukci 4 ks otevřených gravitačních filtrů, rozšíření linky flokulace a flotace, doplnění čerpací techniky a úpravy chemického hospodářství a praktické zkušenosti a výsledky z komplexních zkoušek díla před uvedením do zkušebního (ověřovacího) provozu.

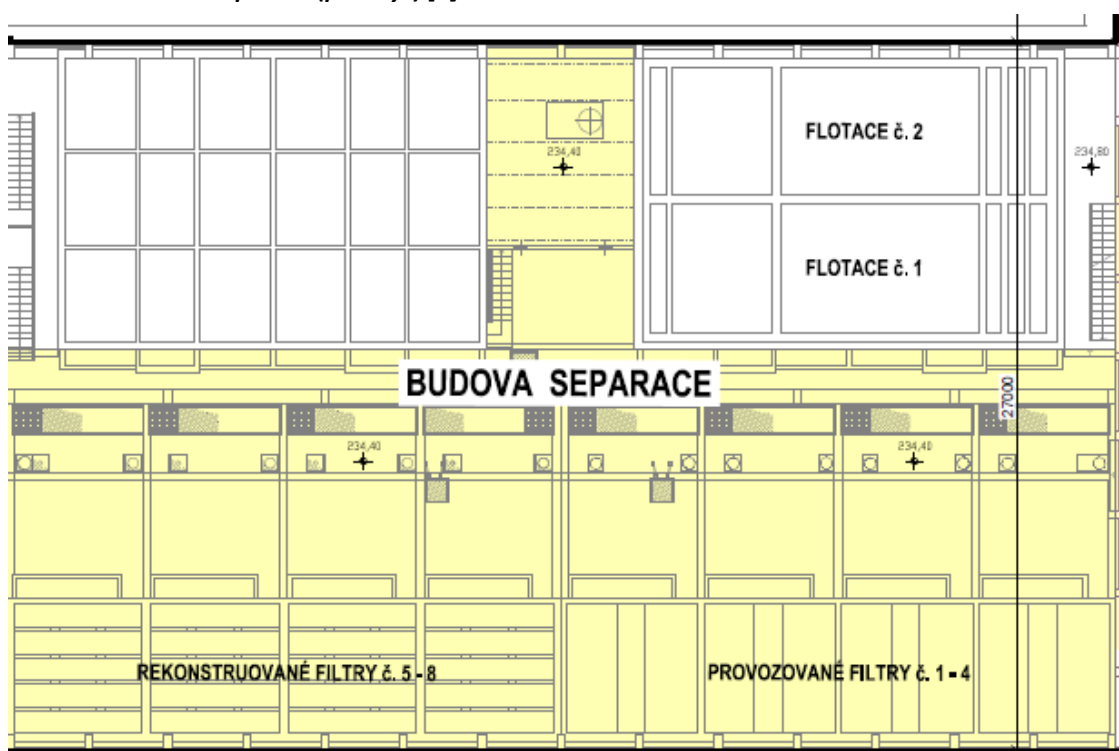
Popis technologie úpravy vody [1]

- přímý odběr surové vody z řeky – odběrné místo Malšovický jez + hrubé česle – ručně stírané
- objekt hrubé filtrace obsahující jemné automatické česle
- čerpání surové vody
- předozonizace (alternativně se nemusí užívat)
- dávkování koagulantu a flokulantu do statického mísiče (*doplnění čerpadla v rámci II. etapy rekonstrukce*)
- první stupeň separace:
 - flokulace a flotace – dvě linky s jedním saturátorem a jednou řadou trysek
 - *flokulace a flotace – dvě linky se dvěma kusy saturátorů a dvěma řadami trysek (změna po II. etapě rekonstrukce)*
- dávkování NaOH pro korekci pH (*doplnění čerpadla v rámci II. etapy rekonstrukce*)
- druhý stupeň separace Obr. 1:
 - 4 ks filtrů s drenážním filtračním systémem TRITON a náplní expandovaného hlinitokřemičitanu FILTRALITE MonoMulti
 - *4 ks filtrů s drenážním filtračním systémem LEOPOLD a náplní expandovaného hlinitokřemičitanu FILTRALITE MonoMulti (navíc po II. etapě rekonstrukce)*
- třetí stupeň separace:
 - ozonizace filtrované vody a reakce O₃ v reakční a vymírací nádrži
 - filtrace na 8 ks tlakových filtrů GAU
- dezinfekce plynným chlorem Cl₂
- akumulace a čerpání upravené vody do vodojemu

Obr. 1 Vystrojení nově rekonstruovaných filtrů č. 5 - 6 v porovnání s filtry č. 3 - 4 [2]



Obr. 2 Budova separace (půdorys) [2]



Navržený rozsah rekonstrukce [2]

Základním cílem II. etapy rekonstrukce bylo navýšení kapacity úpravy vody na 250 l/s. Navrženy byly změny a doplnění strojně-technologické výstroje ÚV včetně nutného rozsahu souvisejících úprav stavebních konstrukcí, motorické instalace, MaR a ASŘ. Rekonstrukce zahrnovala tato opatření, realizovaná uvnitř stávající sdružené budovy separace **Obr. 2**, strojovny a energetiky:

- úpravy strojovny
 - výměna 1 ks čerpadla surové vody
 - výměna 1 ks podávacího čerpadla filtrované vody na GAU filtry
- včetně úprav trubicí a armaturní výstroje – čerpadla jsou typově shodná se stroji osazenými v rámci I. etapy rekonstrukce

- úpravy separace
 - rozšíření linky flokulace a flotace, zahrnující doplnění jedné řady trysek ve flotaci, osazení druhého saturátoru, dvou nových recirkulačních čerpadel, jednoho kompresoru a úpravy řídicího systému, vč. souvisejících úprav trubní a armaturní výstroje
 - rekonstrukce zbývajících 4 ks otevřených filtrů, zahrnující náhradu jejich mezidna drenážním systémem LEOPOLD, výměnu filtrační náplně a úpravy trubní i armaturní výstroje
- úpravy chemického hospodářství
 - rozšíření linky dávkování alkalizačního činidla (doplnění 1 ks nového čerpadla do stávajícího dávkovacího panelu a repase stávajících čerpadel)
 - rozšíření linky dávkování koagulantu (doplnění 1 ks nového čerpadla do stávajícího dávkovacího panelu a repase stávajících čerpadel)

Ostatní provozní zařízení ÚV byla ponechána původní. Rozsah stavebních úprav představoval přípravné a výpomocné práce pro technologické montáže, nejrozsáhlejším zásahem byla úprava původních otevřených filtrů. Úprava technologické části elektro, ASŘ spočívala v připojení instalovaných elektrických pohonů a měřících čidel. Současně byly provedeny nezbytné úpravy stávajících rozvaděčů a řídicího systému.

Převážná část rekonstrukčních prací byla prováděna za provozu stávající technologie bez významnějších omezení. Zbývajícím rozsah úprav se prováděl při plánované odstávce úpravy, která se neplánovaně prodloužila cca o 3 měsíce, ale ne z důvodu rekonstrukce.

Průběh realizace

- **1.11.2020** předání staveniště
- vybavení staveniště stavebními buňkami, vypracování podrobného harmonogramu, vypracování technologických postupů ke každému souboru prací, **dodržování anti-COVID opatření**, proškolení pracovníků z BOZP, stanovení termínů kontrolních dnů
- vybudování manipulačního otvoru v budově pro dopravu stavebního materiálu a technologického zařízení, stavba lešení
- zhotovení prachotěsného oddělení prostor stavby od provozované části ÚV
- odtěžení stávající pískové filtrační náplně
- **leden až březen 2021**- stavební práce, demolice, demontáže staré technologie
- po odstranění vnitřních obkladů starých filtrů byly v dělicích příčkách rozdělující filtry zjištěny svislé praskliny-trhliny, bylo nutno je sanovat, nebylo s tím počítáno
- kvalitní původní beton znamenal problém při bouracích pracích na starých prostupech potrubí DN 500, bylo nutno navrhnout jiný postup odstranění prostupů, byla nutná spolupráce s projektantem a investorem
- během betonáže výplňového betonu ve filtrech byly odebrány vzorky pro stanovení krychelné pevnosti betonu v tlaku
- u vodotěsných povlakových stěrek byly provedeny zkoušky ke stanovení přídržnosti povrchových úprav a stanovení tloušťky aplikované vrstvy
- všechny sanační hmoty a technologická zařízení přicházející do styku s pitnou vodou musely mít atest na styk s pitnou vodou
- obklady rekonstruovaných filtrů a dlažba v rekonstruované části ÚV musely být stejné velikosti, vzoru, barvy jako u filtrů č.1-4
- **duben 2021** – započaly montáže potrubních tras k filtrům, pokračovaly stavební práce na filtrech
- v rámci plánované odstávky ÚV od **17.5.2021 do 31.7.2021** se prováděly úpravy na flotaci, stavební činnosti mohly následovat až po vyčištění zařízení

- **červen 2021** - započaly práce na úpravě strojovny, demontáže staré technologie
- **červenec 2021** - doplnění podávacího čerpadla filtrované vody na GAU filtry, realizace kompletního elektrorozvaděče pro flotaci
- prodloužení odstávky ÚV do **31.8.2021**. Do této doby měly být provedeny veškeré individuální zkoušky na čerpání surové vody a flotaci. Od **1.9.2021** měla být ÚV připravená ke spuštění provozu na výkon 150 l/s i s úpravami na flotaci
- **srpen 2021** - doplnění čerpadla surové vody, potrubní trasy, šlo provést jen během odstávky úpravny
- **srpen – září 2021** - instalace drenážního systému LEOPOLD do filtrů č. 5-8
- **23.8.2021** proběhly individuální zkoušky na ČS surové vody
- **24.8.2021** proběhly individuální zkoušky na flokulaci a flotaci. Výsledkem IZ byl návrh provozování dvou linek flotace v závislosti na výkonu úpravny. S tím souviselo i posouzení statikem, zda při provozu jen jedné linky flotace bude možné nechat druhou nádrž prázdnou. Statik nedoporučil provoz s déle vyprázdněnou nádrží. Bylo dohodnuto tomu přizpůsobit provoz a udržovat obě nádrže flotace zaplněné.
- **31.8.2021** provozovatel potvrdil připravenost ÚV k možnému zahájení provozu
- **14.9.2021** byla předána investorovi Výrobní dokumentace na realizované části
- spuštění provozu ÚV se odložilo až na 1.11.2021 a jen na výkon 90 l/s
- **12.10.2021** proběhla zkouška k ověření funkční způsobilosti drenážního systému LEOPOLD a rovnoměrné distribuce pracího vzduchu po celé ploše hladiny filtrů
- **listopad 2021** - moření a pasivace nerezového potrubí a svárů, práce na injektování průsaků vody z nádrží filtrů, dohodnutí termínu pro předání kompletní projektové dokumentace skutečného provedení, koordinační schůzka ohledně provedení komplexních zkoušek celé technologie
- **1.11.2021** - ukončení odstávky ÚV
- **8.11.2021** - zahájení plnění filtrů filtračním materiálem FILTRALITE Mono Multi, po naplnění jednotlivých vrstev proběhlo měření výšky náplně, na základě toho bylo provedeno doplňkové dosypání filtračního materiálu, tak aby byla výška náplně celkem 110 cm, jak bylo uvedeno v projektu, po naplnění filtrů bylo provedeno důkladné vyprání nové náplně, tak aby byly filtry připraveny pro provoz
- **prosinec 2021** - doporučeno naplněné filtry před KZ a uvedením do provozu nechat naplněné vodou cca 30 cm nad náplň a cca 1x za 14 dní nebo 1x za měsíc vyprat
- **leden - březen 2022** - úpravy chemického hospodářství, výmalby, úklid staveniště, injektáže k utěsnění průniků vody ve stěně filtrů – průsaky se nepodařilo zcela odstranit, ponecháno ke sledování a dalšímu injektování až po delším provozování filtrů
- **15.3.2022** – předložen program KZ k připomínkování
- **21.3.2022 - 24.3.2022** - první termín KZ
- **28.3.2022-31.3.2022** – druhý termín KZ, posunutí zahájení KZ z důvodu nesouladu v připojení nového čerpadla na síran hlinitý ke stávající sběrnici, KZ lze provádět pouze za předpokladu funkce automatizovaného systému řízení dávkovacího čerpadla síranu hlinitého
- **do konce března 2022** - vypracování Provozního řádu ÚV na základě poznatků z IZ a KZ, zaškolení obsluhy v průběhu konání KZ, příprava předávací dokumentace
- **12.4. – 26.4.2022** – zahájeno předání a převzetí dokončeného díla
- podání žádosti o vydání kolaudačního souhlasu
- schvalovací proces provozního řádu ÚV
- **26.4.2022** – předání dokončeného díla
- **červen 2022** – proběhl krátký ověřovací provoz nové technologie na výkon 90 l/s, poté byla ÚV úplně odstavena z provozu, využíval se podzemní zdroj vody
- **leden 2023** – ÚV byla uvedena do provozu na výkon 90 l/s

Poznatky z komplexních zkoušek díla [3]

Komplexní zkoušky započaly 28.3.2022. Výkon ÚV byl 80 l/s, v provozu byla původní linka. Cílem KZ bylo odzkoušet provoz nově rekonstruovaných technologických celků a vzájemnou návaznost funkce dodaného strojního zařízení a části elektro a ASŘ. Dalším cílem bylo odzkoušet celou technologickou linku při návrhovém výkonu 250 l/s. K tomu bylo zapotřebí dostatečné množství surové vody, chemikálií a elektrické energie. Bylo nutné mít odladěno řízení jednotlivých celků ÚV a proškolenou obsluhu. To vše už z části proběhlo v rámci individuálních zkoušek. Také bylo potřeba stanovit, kam půjde vyrobená voda během KZ. Bez kolaudačního souhlasu a rozborů kvality vyrobené vody nebylo možné upravenou vodu pouštět do vodojemu a do sítě. Část upravené vody se spotřebovala na zkušební praní filtrů a zbytek se vypouštěl do kanalizace společně s prací vodou a kalem z flotace.

Už během IZ na flotaci bylo zjištěno oproti původnímu provozování flotace, kdy byl v provozu jeden saturátor, který dodával nasycenou vodu do trysek na obou linkách flotace, že po II. etapě rekonstrukce bude každý saturátor dodávat nasycenou vodu jen pro jednu linku flotace. Vzhledem k tomu, že byla do každé flotace přidána jedna řada trysek na bílou vodu, není nově možné provozovat recykl s jedním čerpadlem na obě linky, jak bylo dříve možné. Pokud bude výkon ÚV 90 – 120 l/s, bude v provozu pouze jeden recykl s jedním čerpadlem a zároveň jedna flokulace a jedna flotace. Teprve při vyšším průtoku se zapínají obě linky flotace a v provozu jsou oba saturátory.

V průběhu KZ byla postupně provedena změna v provozování flotačních linek, byly odstaveny původní filtry č. 1-4 a byly uvedeny do provozu nové filtry č. 5-8. Postupně byl zvedán výkon úpravny z 90 l/s na 130 l/s a dále až na 250 l/s. Byly testovány různé sestavy provozu linek flotace a filtrů v závislosti na výkonu úpravny. Při každém výkonu úpravny byly odebrány vzorky vody za jednotlivými separačními stupni, při výkonu 250 l/s byl proveden úplný rozbor vyrobené pitné vody. Všechny rozborů vyhověly požadavkům a jednotlivé separační stupně vykazaly potřebnou účinnost.

Při výkonu ÚV 150 l/s a provozu všech filtrů č. 1-8 bylo pozorován nerovnoměrný nátok na filtry. Filtry č.1-4 byly více zatížené než filtry č. 5-8. Chvilí trvalo, než se přišlo na příčinu. Zjistilo se, že je to způsobeno nastavením regulačních odtokových klapek v rozsahu 10- 50%. Při provozu úpravny jen na 4 filtry (původní linka) to stačilo, ale při provozu původních a nových filtrů v režimu filtrace s konstantní hladinou a postupně klesající filtrační rychlostí to působilo problémy. Byl upraven software řídicího systému a změněn rozsah regulačních klapek na 10-100% pro obě filtrační linky. Při zvýšeném výkonu byly pozorovány rozdíly v měření výšky hladiny na filtrech. Ultrazvukové sondy byly nově zkalibrovány a byla nastavena nová řídicí hladina pro všechny filtry.

V rámci KZ byl odzkoušen i výpadek el. proudu a i to, že úpravna byla napojena na dieselaagregát. Důvodem bylo, že provoz ÚV má svůj plánovaný odběr el. energie. Jeho překročení díky navýšení výkonu až na 250 l/s by způsobilo smluvní problémy u dodavatele el. energie. Po znovu najetí úpravny po simulovaném výpadku el. energie došlo k rozvíření vody v sání a tím ke zvýšení zákalu surové vody jdoucí na flotaci nad 100 NTU, což je provozně odzkoušený limit pro surovou vodu jdoucí na flotaci, aby byla zajištěna její účinnost separace [2]. Poučení pro provozovatele, dbát na čištění přivaděče surové vody a při znovu najetí úpravny po výpadku počítat se zhoršenou kvalitou surové vody.

Dle zkušeností z KZ a vzhledem k velkému rozsahu možností výroby vody - od 90 l/s až do 250 l/s je nutné měnit v závislosti na objemu vyráběné vody počet zařízení v provozu. Pro otevřené filtry byly nastaveny následující pravidla [2]:

- Jsou v provozu buď nové filtry č. 5-8, nebo staré filtry č. 1-4. K souběhu provozu nových a starých filtrů se přistupuje až při výrobě 150 l/s a výše.

- Filtry se připínají prioritně odzadu dle pořadí – tedy od č. 8 dopředu. Druhou možností je postupné připínání odpředu od č. 1.
- Nelze provozovat 5 ks filtrů - sestava 4 + 1 hydraulicky nefunguje.
- Provozovat méně než 3 filtry není vhodné - při praní 1 ks zůstanou v provozu 2 ks.
- Obecná pravidla počtu filtrů v provozu:
 - Výroba do 90 l/s včetně 3 filtry nebo 4 filtry
 - Výroba 120 až 150 l/s 4 filtry
 - Výroba 150 až 200 l/s 6 filtrů
 - Výroba 200 až 250 l/s 8 filtrů

Provozovat při daném výkonu více filtrů – tzn. například už při 120 l/s spustit 8 ks filtrů je možné. Vždy je nutné pečlivě vyhodnocovat kvalitu vody s ohledem na prodlouženou dobu zdržení ve filtrech, z hlediska sekundárního oživení vody na filtrech. Je nutno mít na paměti, že filtrační materiál FILTRALITE poskytuje lepší výsledky (snížení zákalu a podobně) při vyšších filtračních rychlostech a naopak „pomalá“ filtrace může výsledky zhoršovat.

Závěr

Akce „Úprava vody Hradec Králové - rekonstrukce II. etapa“ začala v listopadu 2020 a byla kompletně dokončena v dubnu 2022, začátkem května 2022 proběhla kolaudace.

KZ prokázaly, že účinnost flotace pro maximální průtok surové vody splňuje návrhovou účinnost danou projektem a že celá technologická linka je funkční při 250 l/s a že vyrobená voda splňuje limity pro pitnou vodu ve sledovaných parametrech. Závěrem musíme konstatovat, že provozování úpravy, která má maximální kapacitu 250 l/s, ale běžně je provozována na výkon méně než poloviční – tj. 80 – 90 l/s, má svoje specifika a nutí provozovatele přemýšlet o provozním nastavení a odstavení části zařízení v závislosti na objemu vyráběné vody.

Literatura

- [1] Král P., Tesaříková K., Provozní řád pro trvalý provoz Úprava Hradec Králové – Orlice, KHP a.s., 2022
- [2] EKO EKO, s.r.o., Projektová dokumentace pro provedení stavby – „Úprava vody Hradec Králové – rekonstrukce – II. etapa“, 2020
- [3] ENVI-PUR, s.r.o., Protokol o provedení komplexních zkoušek „ÚV Hradec Králové – rekonstrukce – II. etapa“, 2022

Implementace nových technologií na úpravně vody Želivka

Ing. Eva Riederová¹⁾

Ing. Vladimír Filip²⁾

1) Želivská provozní a.s., K Horkám 16/23, 102 00 Praha 10 - Hostivař

2) VODA Želivka a.s., K Horkám 16/23, 102 00 Praha 10 - Hostivař

Abstrakt

Příspěvek představuje vybrané moderní technologie realizované na úpravně vody Želivka v posledních několika letech. Příspěvek v první části popisuje linku filtrace na granulovaném aktivním uhlí, která byla realizována zejména kvůli výskytu některých pesticidních látek a jejich metabolitů ve vodárenské nádrži Švihov, včetně provozních zkušeností získaných během dvouletého provozu. Ve druhé části popisuje změnu hygienického zabezpečení vody, kdy po více než padesáti letech používání plynného chlóru došlo k jeho nahrazení chlornanem sodným, a to včetně představení zařízení na jeho výrobu. Třetí část je věnována technologii na výrobu plynného kyslíku, která je umístěna přímo na úpravně a plně nahrazuje dodávky tohoto média cisternami a jeho uchovávání ve velkoobjemových zásobnících. Kyslík se dále využívá na výrobu ozonu pro ozonizaci. Všechny tyto a mnohé další realizované i probíhající projekty si kladou za cíl zejména zlepšení kvality vyráběné pitné vody, ale i zvýšení bezpečnosti provozu, snížení provozních nákladů a v neposlední řadě snížení uhlíkové stopy skupiny VODA Želivka.

Úvod

Úpravna vody Želivka byla do provozu uvedena v dubnu roku 1972 jako jednostupňová technologie s chemickou úpravou sestávající z přípravy suspenze, pískové filtrace a hygienické zabezpečení plynným chlorem. Kapacita úpravy (pro surovou vodu) byla 3,3 m³/s, rozšíření na stávající kapacitu 7,7 m³/s bylo realizováno a do provozu uvedeno v roce 1987, kdy byla doplněna hala pískové filtrace F2. V roce 1991 byla úpravna doplněna o ozonizaci, která přispívá ke zlepšení kvality vody, odstraňuje bakterie a viry, snižuje obsah pesticidních látek a jejich metabolitů a zlepšuje senzorické vlastnosti vody. Douprava pitné vody sestává z doalkalizace vápenným hydrátem.

Pro přípravu suspenze je na úpravně vody Želivka používán 50% roztok síranu hlinitého, v roce 2016 bylo z důvodu zhoršení kvality surové vody doplněno dávkování pomocného polymerního flokulantu. Při zvýšení pH surové vody (např. při jarním oživení) se dává kyselina sírová. Filtrace F1 sestává z 32 pískových filtrů o celkové ploše 3 100 m² s maximálním výkonem 3,3 m³/s, filtrace F2 je tvořena 24 filtry o celkové ploše 2 374 m² s maximálním výkonem 4,4 m³/s. Po pískové filtraci následuje ozonizace. Výroba ozonu je zajišťována skrze dvě linky o výkonu 2x16 kg O₃/hod při koncentraci ozonu ve výstupním plynu 12 hmotnostních %.

V lednu roku 2021 byla dokončena a do zkušebního provozu uvedena nová linka sorpce na granulovaném aktivním uhlí (GAU). Tato prozatím nejvýznamnější investiční akce v novodobé historii úpravy zahrnovala výstavbu nového objektu s 16 filtry a rovněž novou čerpací stanicí, která zajišťuje přítok vody na GAU, venkovní trubní rozvody velkých profilů a úpravy na některých stávajících objektech úpravy.

Obr. 1 Stavba štolového přivaděče – prorážka



Na přelomu roku 2022 a 2023 byl dokončen projekt změny hygienického zabezpečení vody, kdy se z využití plynného chloru přešlo na využití chlornanu sodného.

Na přelomu roku 2022 a 2023 byl dokončen projekt výstavby generátoru kyslíku v areálu úpravy vody Želivka.

Upravená voda je dopravována štolovým přivaděčem o délce 51,916 km (světlý průměr 2 640 mm). Štola končí uzávěrovou komorou ve Vestci, kde se rozvětjuje do dvou potrubí, která vyúsťují v přítokových komorách vodojemu Jesenice I, celkový objem akumulace je 200 000 m³. Úpravna vody Želivka zásobuje pitnou vodou cca 1,3 mil. obyvatel České republiky.

Linka filtrace na granulovaném aktivním uhlí

Z pohledu úpravy surové vody na vodu pitnou představují pesticidní látky a jejich metabolity pro vodárny významný problém. Konvenční proces úpravy sestávající z koagulační filtrace je schopen tyto látky odstraňovat jen v omezené míře. Povodí vodárenské nádrže Švihov je významně zemědělsky využíváné, a to včetně aplikace různých pesticidních látek. Od roku 1991 disponuje úpravna ozonizací, s postupem času bylo rozhodnuto ještě o doplnění stupně sorpce na GAU. Sorpce na aktivním uhlí může dle literatury dosahovat účinnosti od 50 % resp. 60 % do 95 %. Literatura dále uvádí, že účinnost odstranění některých pesticidních látek je možné zvýšit předřazenou oxidací ozónem, nevýhodou je ale tvorba různých fragmentů organických molekul, které jsou prekursory trihalometanů a halogenderivátů kyseliny octové.

Obr. 2 Pohled do filtrů s náplní granulovaného aktivního uhlí



V období 10/2018 až 1/2021 byla postavena nová hala s 16 filtry naplněnými GAU značky Filtrasorb TL 830 výrobce Chemviron S.A., celková plocha filtrů je 1 604 m², výška náplně 1,7 m. Doba zdržení se pohybuje od 13 minut při průtoku 3,5 m³/s do 18 minut při průtoku 2,5 m³/s. Jako drenážní systém byl použit systém TRITON v nerezovém provedení. Zakrytí filtrů zajišťuje bazénový systém, který odděluje prostor nad filtry a umožňuje odsávání vzduchu s obsahem nespotřebovaného ozonu do destruktorů. Hala filtrace na GAU byla 1.2.2021 uvedena do zkušebního provozu a kolaudačním souhlasem vydaným MÚ Vlašim byla 31.1.2022 uvedena do trvalého provozu.

Všechny sledované parametry v upravené (pitné) vodě splňují požadavky vyhlášky č. 252/2004 Sb. v platném znění. Množství organického znečištění obecně, ale i pesticidních látek a jejich metabolitů v upravené vodě je díky využití stupně filtrace na GAU s předřazenou ozonizací významně sníženo.

Průměrná koncentrace sumy pesticidních látek a jejich metabolitů (bez nerelevantních metabolitů) v surové vodě se v období od 2/2021 do 12/2022 pohybovala kolem 130 ng/l. Průměrná koncentrace sumy pesticidních látek a jejich metabolitů (bez nerelevantních metabolitů) v upravené vodě se v období od 2/2021 do 12/2022 pohybovala kolem 4 ng/l. Ze čtyřiceti odběrů došlo k průchodu pesticidní látky pouze v pěti případech, z toho 3x prošla látka DEET a 2x látka Imidacloprid. Účinnost odstraňování pesticidních látek se blíží 100 %.

V průběhu zkušebního provozu bylo optimalizováno praní filtrů. Na počátku zkušebního provozu byla délka cyklu 2 týdny a jednotlivé fáze praní 1 min vzduch, 2 min prací voda 140 l/s, 15 min prací voda 720 l/s, 2 min prací voda 120 l/s. Po uvedení do trvalého provozu byla délka cyklu 4 týdny a v současné době 5 týdnů a jednotlivé fáze praní jsou upraveny na 1 min vzduch, 10 min prací voda 720 l/s. Došlo tak ke značné úspoře prací vody.

Hygienické zabezpečení chlornanem sodným

Od uvedení do provozu v roce 1972 až do roku 2022 byl na úpravně vody Želivka pro hygienické zabezpečení upravené vody používán plynný chlor. S ohledem na objem používaného chloru byla úprava dle zákona č. 224/2015 Sb. (Zákon o prevenci závažných havárií v platném znění) v platném znění, zařazena do kategorie A. Hlavním důvodem pro změnu hygienického zabezpečení byla eliminace ohrožení životů jak personálu úpravní, tak i obyvatel přilehlých obcí v případě úniku chloru.

V období 6/2018 až 5/2019 byla realizována změna způsobu dezinfekce na vodojemu Jesenice I. Díky této změně bylo možné vybudovat v těsné blízkosti vodojemu základní školu. Na základě pozitivních zkušeností z provozu bylo rozhodnuto o změně způsobu dezinfekce i na úpravně vody Želivka, kde je použita stejná technologie.

Realizace stavby proběhla v období 3/2022 až 2/2023. Výstavbu ztěžovala skutečnost, že instalace nové technologie musela probíhat za plného provozu úpravní.

Chlornan sodný je vyráběn ze solného roztoku (solanky), tedy kuchyňské soli rozpuštěné v oteplené vodě (teplota vody 28 °C). Pro výrobu chlornanu sodného se předpokládá příprava nasyceného roztoku chloridu sodného o koncentraci 26 hm. % (tj. rozpuštění 35 g soli v 100 g vody). Ze zařízení pro automatickou přípravu solanky se změkčovači je roztok potrubím dopravována k elektrolyzérům typu CHLORINSITU III. Nasycený solný roztok v elektrolytickém zařízení projde procesem elektrolyzy v membránovém reaktoru. Membrána slouží k oddělení anodové a katodové části reaktoru. Do katodové části je přiváděna voda, do anodové části solanka. Během elektrochemické reakce v katodové komoře reaktoru vzniká roztok hydroxidu sodného bez chloridů a současně vodík, v anodové komoře vzniká plynný chlor a výrazně zředěný roztok solanky. Membrána zabraňuje smíchání hydroxidu sodného s produktem anodové části reakční komory, což je volný chlor a roztok soli. K reakci hydroxidu sodného

a plynného chloru dochází až v separovaném reaktoru, který je zařazený za vakuovým odlučovačem odsávajícím plynný chlor. Tímto způsobem se vyrábí roztok chlornanu sodného vysoké čistoty s obsahem chloru 20-25 g/l. Nedochází proto ke kontaminaci upravené vody chloridy a vedlejšími oxidačními produkty, které mohou vznikat během elektrolýzy solného roztoku (např. chlorečnany, chloritany, chlordioxidy, bromičnany).

Obr. 3 Zařízení pro automatickou přípravu solanky se změkčovači



Na úpravně jsou nainstalovány čtyři elektrolyzéry, každý o kapacitě 3500 g Cl_2 /hod. Vyrobený chlornan sodný je skladován ve dvou LDPE nádržích o objemu 7100 l (užitečný objem je 6100 l). Dávkovací stanice rozvádí chlornan k celkem čtyřem dávkovacím místům. Při standardním provozu úpravy je dávkování NaClO realizováno v Měrném objektu, kterým prochází trojice ocelových potrubí DN1600. Na každém potrubí jsou osazeny dva injektory, jeden provozní, druhý záložní. Zbývající tři dávkovací místa jsou využívána k dávkování NaClO v případě odstávek některých částí úpravy.

Standardní dávka Cl_2 je v rozmezí od 0,6 do 1 g/ m^3 . V případě NaClO (s koncentrací 2 až 2,5 %) odpovídá dávkování 30 až 40 ml/ m^3 v závislosti na kvalitě vody. Dávkování NaClO se dle průtoku vody a dávkovacího místa pohybuje v intervalu od 100 do 648 l/hod roztoku.

V případě poruchy nebo odstávky výše popsané technologie na výrobu 2 – 2,5% roztoku chlornanu je možné použít systém záložního dávkování průmyslově vyráběného roztoku chlornanu o koncentraci 12 %.

Odpadní roztok z elektrolyzérů (anolyt) obsahující rozpuštěný chlor je přiváděn do neutralizační stanice, kde je chlor neutralizován. Skládá se ze tří vzájemně propojených reakčních PE nádrží o průměru cca 800 mm, výšce 2100 mm, dvě nádrže s náplní aktivního uhlí, jedna nádrž s náplní vápence, s kontinuálním měřením redox potenciálu a hodnoty pH na výstupu z neutralizační stanice, včetně zachytne vany. Odpadní voda, bez obsahu chloru, je vypouštěna do technologické kanalizace. Odtud je přivedena do laguny, odkud je po smísení s ostatními odpadními vodami z ÚV Želivka vypouštěna do Rýzmburského potoka.

Generátory na výrobu kyslíku

Kyslík je na úpravně používán pro výrobu ozonu, který zajišťuje dezinfekci vody v podobě likvidace mikroorganismů, bakterií a virů. Oxidace ozonem dále zlepšuje účinnost sorpce některých organických látek na GAU (např. pesticidní látky a jejich metabolity) a v neposlední řadě zlepšuje chuť vody. Výrobu ozonu zajišťují na úpravně dva generátory ozonu od firmy ITT Wedeco. Každý je schopen vyrábět až 16 kg 12% ozonu/hod.

V posledních dvou letech došlo k rapidnímu zdražení všech komodit, včetně kapalného kyslíku. Navýšení ceny nakupovaného kyslíku a zároveň požadavek na zvýšení nezávislosti na externích dodávkách hlavními důvody pro instalaci zařízení umožňujícího vlastní výrobu kyslíku odpovídající kvality.

Výstavba proběhla v období 09/2022 až 2/2023. Technologie je umístěna v budově Strojovny ozonizace. Základním článkem této technologie je zařízení na výrobu dostatečného množství stlačeného vzduchu o stanovených parametrech. V tomto případě je použit jednostupňový rotační šroubový kompresor GA 110 VSD, který je vybaven frekvenčním měničem, který umožňuje kontinuální provoz. Nedochází tak k častému vypínání a zapínání kompresoru, které by zkracovalo jeho životnost. Pro generátory kyslíku je zásadní vysoká čistota přiváděného tlakového vzduchu. Z tohoto důvodu jsou za každým kompresorem umístěny tři typy filtrů, které ze stlačeného vzduchu odstraňují olej v kapalně i aerosolové formě a prach (filtr UD+, filtrační věž QDT s filtrem z aktivního uhlí a filtr PDp+). Kromě filtrů je za každým kompresorem ještě umístěna kondenzační sušička vzduchu, která zajišťuje požadovanou úroveň rosného bodu stlačeného vzduchu.

Kyslíkový generátor používá technologii "Pressure Swing Adsorption", při které se oddělují molekuly kyslíku ze stlačeného vzduchu. Výsledkem je vysoká čistota kyslíku na výstupu z generátoru.

Obr. 4 Kyslíkový generátor OGP 105



Zvolený kyslíkový generátor OGP 105 je velmi efektivní a používá se v různých průmyslových odvětvích, jako je čištění odpadních vod, výroba ozónu, ve zdravotnictví, ve sklářském průmyslu a v mnoha dalších oblastech. Výkonnost zvoleného generátoru je 31,5 l/s respektive 105 m³/h kyslíku. Tomu odpovídá spotřeba vzduchu 367,5 l/s respektive 1224 m³/h vzduchu. Výše uvedené hodnoty platí pro výstupní čistotu kyslíku 90 %. S rostoucím požadavkem na čistotu dochází k poklesu produkce kyslíku.

Technologie generátorů je zdvojená a koncipovaná jako 100% záloha pro případ poruchy nebo servisu na jednom ze zařízení.

Závěr

Nová linka filtrace na granulovaném aktivním uhlí, změna hygienického zabezpečení vody nebo výstavba generátorů kyslíku přímo na úpravně vody Želivka nejsou jedinými realizovanými či připravovanými projekty. Protože skupině VODA Želivka není lhostejná ani uhlíková stopa, patří mezi další již realizované projekty kogenerační jednotka o výkonu 800 kW, která kombinuje výrobu elektrické energie a tepla a je zařazena jako prvek záložního napájení úpravny v případě blackoutu. Dále malá vodní elektrárna v armaturních komorách na přítoku do vodojemu Jesenice I s celkovým instalovaným výkonem 890 kW, vyžívající energetický potenciál dopravované vody štolovým přivaděčem Želivka. Připravována je instalace fotovoltaických panelů na vodojemu Jesenice a na úpravně vody Želivka, uvažuje se o instalaci plovoucí fotovoltaiky na usazovací nádrž Rýzmburk. Největším připravovaným projektem je rekonstrukce haly filtrace F1, která svým rozpočtem převyšuje i realizaci linky filtrace na granulovaném aktivním uhlí.

Skupina VODA Želivka tak podniká mnohé kroky nejen k výrobě vysoce kvalitní pitné vody, ale i ke snížení uhlíkové stopy a ke společensky odpovědnému podnikání.

Environmentální posouzení provozů ÚV Plzeň a ČOV 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, ÚUPE, Jankovcova 23, 170 00 Praha 7

Abstrakt

VODÁRNA PLZEŇ a. s. v rámci své podnikatelské činnosti provozuje na území západočeské metropole kapacitně největší úpravnu vody (ÚV) a čistírnu odpadní vody (ČOV). Provozy ÚV Plzeň a ČOV Plzeň tak zajišťují výrobu a dodávku kvalitní pitné vody a také odvod a čištění odpadních vod pro téměř 230 tisíc obyvatel Plzně a jejího blízkého okolí. ÚV a ČOV Plzeň jsou po nedávné rekonstrukci a intenzifikaci a právem oběma patří místo v rámci České republiky mezi nejmodernějšími vodárenskými provozy. Výroba pitné vody nebo efektivní vyčištění odpadní vody vyžaduje dopravu velkého množství chemikálií, technologické linky ÚV a ČOV jsou v některých fázích značně energeticky náročné; tyto dva aspekty přímo souvisí s ekologickou stopou. Cílem příspěvku bude interpretovat výsledky environmentálního posouzení provozů ÚV a ČOV Plzeň pomocí metody posuzování životního cyklu Life Cycle Assessment (LCA). Metoda LCA je pro provozovatele vodohospodářské infrastruktury užitečným nástrojem, jak získat komplexní informace o environmentálních dopadech konkrétního provozu, s možností jejich využití pro záměry environmentální dopady provozu nebo jeho části snížit.

Klíčová slova: úpravna vody, čistírna odpadní vody, posuzování životního cyklu, LCA, environmentální dopady

Úvod

Vodárenské provozy (ÚV a ČOV) stejně jako jiné provozovny, výroby, podniky a technologie napříč různými odvětvími hospodářství představují pro životní prostředí v lokálním i globálním měřítku nezpochybnitelnou zátěž. V posledních několika letech už nestačí vodárenský provoz nebo jeho část hodnotit pouze s ohledem na výkonnost a účinnost zařízení ve vztahu kvality výstupního produktu, pitné vody nebo vyčištěné odpadní vody. Z mnoha obhajitelných důvodů je pro provozovatele přínosné mít konkrétní představu, jak hlubokou stopu daný vodárenský provoz zanechává v životním prostředí. Podstatou vodárenských technologií je odstranění z vodního zdroje nežádoucí složky a upravit ji do kvality vody pitné, respektive snížit koncentrace nežádoucích polutantů anorganického i organického charakteru v odpadní vodě před jejím návratem do recipientu. Při naplňování zjednodušeně popsaného základního principu obou vodárenských provozů se spotřebuje velké množství různých chemikálií, paliv a energie, a na druhé straně vzniká významné množství emisí škodlivin. Posoudit environmentální dopady v komplexním měřítku konkrétních vodárenských provozů v závislosti na spotřebě materiálů a energií umožňuje metoda posuzování životního cyklu LCA [1]. Na základě posouzení metodou LCA provozu ÚV Plzeň ve vztahu k 1 m³ vyrobené pitné vody a posouzení provozu ČOV Plzeň ve vztahu k 1 m³ vyčištěné odpadní vody lze demonstrovat rozdíly environmentálních dopadů. ÚV Plzeň jímá tekoucí povrchovou vodu z dolního toku řeky Úhlavy a pomocí robustní technologie

upravuje a distribuuje obyvatelům Plzně pitnou vodu v kvalitě odpovídající legislativním požadavkům. Na druhém konci města Plzně se v technologické lince ČOV Plzeň vyčistí ročně více než 16 milionů m³ veškeré odpadní vody a vypustí do toku řeky Berounky, na jejímž vzniku se řeka Úhlava spolu s Radbuzou, Mží a Úslavou podílí.

ÚV Plzeň

Roční odběr říční vody do technologie ÚV Plzeň s výkonem 1000 l/s se pohybuje okolo 14 milionů m³. Do čerpané surové vody je po případné alkalizaci dávkován koagulant, síran hlinitý. Po homogenizaci následuje proces sedimentace v šesti dvoupatrových podélných usazovacích nádržích. Po separaci vzniklých vloček voda gravitačně natéká na šest otevřených filtrů s drenážním systémem Leopold a náplní Filtralite Mono-Multi. Před vstupem upravované vody na filtry je zaústěné dávkování manganistanu draselného pro oxidaci manganu, přítomného v povrchové vodě. Filtrát dále 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. Ozonizovaná voda je z akumulace čerpána na třetí separační stupeň technologické linky, na čtyři otevřené filtry a 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 ve střídavém režimu. Před vstupem upravené vody do akumulačních nádrží dochází k finální úpravě pitné vody, ke ztvrdování vody dávkováním oxidu uhličitého a vápenného hydrátu v podobě vápenné vody a dále k hygienickému zabezpečení nízkými dávkami chloru. Upravená voda je v objektu ÚV akumulována celkem v pěti akumulačních nádržích, odkud je čerpána do pásmových vodojemů v Plzni a dále distribuována celkem 200 000 odběratelů v západočeské metropoli a jejím okolí.

ČOV Plzeň

Technologický provoz ČOV Plzeň byl navržen jako mechanicko-biologická ČOV v systému R-An-D-N se zvýšeným biologickým odstraňováním sloučenin dusíku a fosforu a s termofilní anaerobní stabilizací kalu. Kapacita ČOV byla v rámci intenzifikace, realizované v letech 2010 – 2012, zvýšena na 427 917 EO. Cesta přivedené odpadní vody začíná ve šnekové čerpací stanici a pokračuje na česle, trojici horizontálně protékaných lapáků písků až do dvojice usazovacích nádrží. Biologický proces zahrnuje předřazenou regenerační nádrž a následně čtyři linky biologického čištění s anaerobní, denitrifikační a nitrifikační zónou v uvedeném pořadí. V této části technologické linky je instalováno zařízení pro možnost dávkování externího substrátu, síran železitý, flokulant a chemikálií pro srážení fosforu. Proces biologického čištění je řízen na základě sledování koncentrací forem dusíku v jednotlivých zónách. Separace aktivovaného kalu probíhá ve čtyřech dosazovacích nádržích. Gravitačně zahuštěný primární kal a strojně zahuštěný přebytečný kal je anaerobně stabilizován ve vyhnívacích nádržích. Zpočátku provozu ČOV vyhnívací nádrže pracovaly za mezofilních podmínek, později byla teplota zvýšena do termofilní oblasti. Anaerobní stabilizovaný kal je odvodněn v zahušťovacích odstředivkách a produkován bioplyn je spalován ve čtyřech kogeneračních jednotkách. Vyčištěná odpadní voda, v souladu s legislativními parametry, odtéká do řeky Berounky.

Posuzování životního cyklu - 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 [2, 3]. 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 jasně 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 [1].

Metodika a charakteristika studovaného systému

Pro dynamický model LCA byla vybrána provozní data ÚV Plzeň z roku 2012 a 2019 a provozní data ČOV Plzeň z roku 2019. V roce 2012 byla ÚV před rozsáhlou rekonstrukcí technologické linky. Rok 2019 reprezentoval z pohledu kvality surové vody, množství srážek, počtu kalamitních stavů a množství vyrobené vody normální provoz.

Hranici posuzovaného systému v případě ÚV vymezují procesy podílející se na výrobě pitné vody, tzn. od čerpání vstupní surové vody z řeky, přes vlastní úpravu vody ve třech separačních stupních, až po čerpání výstupní pitné vody do městských vodojemů. Distribuce pitné vody vodovodním systémem už v posouzení není uvažována. Stejně tak nejsou uvažovány stavby a údržba objektů v areálu ÚV. Do hodnocení je počítán veškerý transport jak z pohledu dopravní vzdálenosti, tak použitého dopravního prostředku. Do zpracování jsou zahrnuty veškeré materiálové spotřeby chemikálií včetně jejich výroby a dopravy a spotřeby energií.

Hranice posuzovaného systému v případě provozu ČOV je dána čerpáním přivedené odpadní vody šnekovou čerpací stanicí, celý postupný proces čištění, výrobu, dovoz a spotřebu chemikálií, produkce bioplynu, proces výroby elektrické energie v kogeneračních jednotkách a likvidaci vyhnílého kalu odvozem na skládku. Mimo hranice posuzovaného provozu ČOV, stejně jako v případě posouzení provozu ÚV, je odvod produkovaných odpadních vod kanalizačním systémem, stavby, nejsou uvažovány emise z kompostování vyhnílého kalu a výroba kogeneračních jednotek.

Funkční jednotkou a referenčním tokem posuzované ÚV byl zvolen 1 m³ vyrobené pitné vody a pro provozní linku ČOV 1 m³ vyčištěné odpadní vody.

K interpretaci posouzení obou provozů bylo provedeno vybranou metodikou Environmental Footprint 3.0 (EF 3.0). Jako databázový nástroj pro získání generických dat byla použita databáze GaBi.

Výsledky a diskuze

Hlavními zdroji emisí v procesu ÚV jsou spotřeba elektrické energie a spotřeba a doprava chemikálií. Velký podíl z celkové spotřebované elektrické energie představuje čerpání vody, a to surové vody z řeky (cca 20%), tak čerpání vyrobené pitné vody do vodojemů a v některých částech vodovodní sítě její přečerpávání do vyšších tlakových pásem (cca 40%). Nedílnou součástí technologické linky je energeticky náročná ozonizace (tři generátory ozonu, čerpadla chladící vody, destruktory ozonu). V rámci rekonstrukce ÚV právě celek ozonizace prošel výraznou modernizací s výsledkem snížení spotřeby elektrické energie téměř o 20%. Technologie ÚV musí reagovat na kolísavou kvalitu vstupní surové vody, často v poměrně krátkých časových intervalech, především výraznými výkyvy v množství dávkovaného koagulantu a dalších pomocných chemikálií na vstupu. V Tabulce 1 jsou uvedeny hlavní indexy environmentálních dopadů výroby 1 m³ pitné vody v procesu úpravy před rekonstrukcí a současným stavem vodárenského provozu. V tabulce jsou zvýrazněné významné kategorie dopadu ze zpracování hodnocení metodikou EF 3.0, které souvisí se surovinovou náročností na výrobu stěžejních chemikálií a výrobou spotřebované elektrické energie.

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

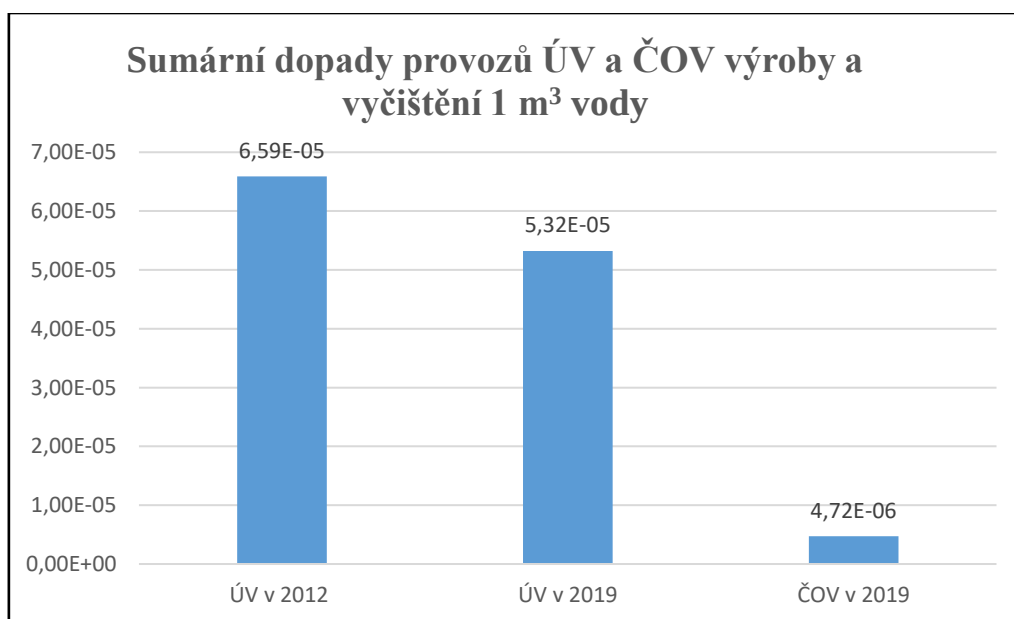
INDIKÁTORY KATEGORIE DOPADU	ÚV Plzeň PŘED rekonstrukcí (2012)	ÚV Plzeň PO rekonstrukci (2019)
Acidifikace [Mole of H ⁺ eq.]	2,30E-03	1,84E-03
Změna klimatu - celk. [kg CO ₂ eq.]	7,62E-01	5,71E-01
Změna klimatu - biogen. [kg CO ₂ eq.]	5,50E-03	3,95E-03
Změna klimatu - fosil. [kg CO ₂ eq.]	7,56E-01	5,67E-01
Ekotoxicita sladkovodní - celk. [CTUe]	5,45E+00	4,36E+00
Eutrofizace sladkovodní [kg P eq.]	4,36E-05	3,71E-05
Eutrofizace mořská [kg N eq.]	3,91E-04	3,13E-04
Toxicita pro člověka - rakov. [CTUh]	1,99E-10	1,62E-10
Toxicita pro člověka - nerakov. [CTUh]	8,34E-09	6,38E-09
Ionizující záření [kBq U235 eq.]	9,66E-02	7,45E-02
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC-11 eq.]	5,62E-09	4,81E-09
Tvorba částic [výskyt onemocnění]	2,39E-08	1,99E-08
Tvorba fotoch. ozonu [kg NMVOC eq.]	1,11E-03	8,85E-04
Využití fosilních zdrojů [MJ]	1,23E+01	9,17E+00
Využití surov. minerálů a kovů [kg Sb eq.]	5,87E-07	4,96E-07
Spotřeba vody [m ³ world equiv.]	2,04E+00	1,93E+00

V porovnání s provozem ÚV je proces čištění odpadní vody na ČOV energeticky náročný podobně (z pohledu množství spotřebované elektrické energie). Největší podíl na celkové spotřebě elektřiny mají dmychadla (52%), podstatně nižší spotřebu vykazuje čerpání odpadní vody (12%), aktivací linka (11%) a odvodnění a zahuštění kalu (7-8%). Čistírenský provoz je díky čtveřici kogeneračních jednotek, které spalují produkovaný bioplyn (4299922 m³ v 2019), téměř celoročně energeticky soběstačný. Tato skutečnost dávala předpoklad, že celkové environmentální dopady provozu ČOV v porovnání s ÚV budou nižší a zároveň podíl jednotlivých indexů kategorií dopadu bude rozdílný. Tuto tezi potvrzují hodnoty normalizovaných výsledků indikátorů kategorií dopadu v Tabulce 2 a v grafu na obrázku 1.

Tab. 2 Přehled normalizovaných výsledků indikátorů dopadů výroby 1 m³ pitné vody v ÚV a vyčištění 1 m³ odpadní vody v ČOV

INDIKÁTORY KATEGORIE DOPADU - metodika EF 3.0.	ÚV Plzeň PŘED rekonstrukcí (2012)	ÚV Plzeň PO rekonstrukci (2019)	ČOV Plzeň (2019)
Acidifikace	2,56E-06	2,05E-06	8,23E-07
Změna klimatu	1,98E-05	1,49E-05	1,06E-06
Ekotoxicita sladkovodní	2,45E-06	1,96E-06	9,02E-08
Eutrofizace sladkovodní	7,59E-07	6,47E-07	1,21E-08
Eutrofizace mořská	5,93E-07	4,74E-07	3,16E-07
Eutrofizace suchozemská	8,91E-07	7,16E-07	4,72E-07
Toxicita pro člověka - rakov.	2,50E-07	2,04E-07	1,64E-08
Toxicita pro člověka - nerakov.	6,68E-07	5,11E-07	8,73E-08
Ionizující záření	1,15E-06	8,84E-07	1,71E-08
Využití půdy	3,02E-07	2,29E-07	5,09E-09
Poškození ozonové vrstvy	6,61E-09	5,65E-09	5,92E-10
Tvorba částic	3,59E-06	3,00E-06	6,33E-07
Tvorba fotoch. ozonu	1,31E-06	1,04E-06	6,78E-07
Využití fosilních zdrojů	1,58E-05	1,17E-05	4,60E-07
Využití surov. minerálů a kovů	6,96E-07	5,88E-07	1,23E-08
Spotřeba vody	1,51E-05	1,43E-05	3,64E-08

Obr. 1 Porovnání celkových normalizovaných environmentálních dopadů provozů ÚV Plzeň a ČOV Plzeň podle metodiky EF 3.0.



Závěr

Z výsledků hodnocení environmentálních dopadů vodárenského procesu, vztažených na 1 m³ vyrobené pitné vody pro plzeňskou aglomeraci, vyplývá, že významný podíl představují emise vzniklé výrobou spotřebované elektrické energie a výrobou dávkovaných stěžejních chemikálií. V České republice je výroba elektrické energie svázána s úbytkem fosilních surovin a acidifikujících látek. Z výsledků je evidentní pokles celkových dopadů v porovnání vodárenského provozu před a po rekonstrukci.

Provoz ÚV a ČOV v Plzni je provázáný tekoucí vodou po povrchu, ale také veškerou odpadní vodou odváděnou kanalizací pod povrchem. Do environmentálního hodnocení ÚV je proces čištění odpadní vody ČOV zahrnutý. Nicméně hodnocení procesu čištění odpadních vod ČOV samostatně přineslo zajímavé, byť nepřekvapivé zjištění. Provoz ČOV vykazuje podle použité metodiky celkové dopady na životní prostředí o řád nižší, což lze vysvětlit energetickou soběstačností provozu.

Literatura

- [1] Kočí, V., Posuzování životního cyklu – Life Cycle Assessment – LCA. 2009, Chrudim: Ekomonitor
- [2] ISO 14040 (2006). International Standard (ISO): Environmental management – Life cycle assessment: Principles and Framework. ISO 14040.
- [3] ISO 14044 (2006). International Standard (ISO): Environmental management – Life cycle assessment: Requirements and Guidelines. ISO 14044.

Poloprovozní testy dvouvrstvé filtrační náplně písek-antracit na ÚV Kněžpole

Ing. Pavla Halasová

Slovácké vodárny a kanalizace, a.s., pavla.halasova@svkuh.cz

Abstrakt

Poloprovozní testy filtrace na dvouvrstvé filtrační náplni písek-antracit proběhly v návaznosti na připravovaný projekt rekonstrukce a intenzifikace ÚV Kněžpole. Účelem bylo na dvou paralelně provozovaných filtračních kolonách najít nejvhodnější kombinaci zrnitosti u obou vrstev filtračního materiálu a vhodné rychlosti praní. Výsledná kombinace zrnitostí písku a antracitu bezzbytku splnila dva hlavní cíle. Jemný vodárenský písek o zrnitosti FP 05/10 umožnil získat excelentní kvalitu upravené vody tak, aby byl co nejlépe ochráněn plánovaný nový úpravárenský stupeň, GAU filtrace. Horní hrubší vrstva antracitu o zrnitosti 1,4-2,5 mm pak zajistí i dostatečně velkou kalovou kapacitu. Provoz filtrace by tak měl být bezpečný a s delší dobou filtračního cyklu, než umožňují současné filtry. Navíc tak může být dosaženo i významné 35% úspory vody při praní filtrů.

Projekt rekonstrukce filtračního stupně ÚV Kněžpole a doplnění GAU filtrace

Úpravna vody Kněžpole je součástí skupinového vodovodu Uherské Hradiště-Uherský Brod-Bojkovice, který zásobuje pitnou vodou přes 110tisíc obyvatel. Zdrojem surové vody pro úpravnu je voda jímáná z kvartérních sedimentů v údolní nivě řeky Moravy na území evropsky významné lokality Kněžpolský les. Vyznačuje se vysokou mineralizací s převažujícím obsahem hydrogenuhličitánů a vápníku, vyšší koncentrací síranových iontů a nadlimitní koncentrací železa, manganu a amonných iontů. Díky intenzivní zemědělské činnosti v bezprostředním okolí Kněžpolského lesa nacházíme v surové vodě i zvýšené koncentrace celé řady metabolitů pesticidů.

Úpravna vody Kněžpole byla vybudována a uvedena do provozu v roce 1959, čímž patří mezi nejstarší úpravárenská zařízení na jihovýchodní Moravě. V roce 1998 byla provedena první etapa technologické rekonstrukce úpravně a v roce 2007 byla modernizace dokončena na současný maximální výkon 100 l/s upravované vody. Na úpravně je surová voda nejdříve intenzivním provzdušněním zbavena plynů a těkavých látek. Následně je k urychlení oxidace manganu a vzduchem nezoxidovaného železa dávkován ozon. Poté upravovaná voda prochází flokulačním stupněm, kde se za pomalého míchání vylučují sraženiny železa a částečně i manganu. Hlavní podíl takto vzniklých nerozpuštěných látek je z upravované vody odsazen v sedimentačních nádržích. Zákal odsazené vody přiváděné na filtry se za běžného provozu pohybuje mezi 5 až 10 NTU. Následuje dvojstupňová filtrace na odželezovacích a odmanganovacích filtrech. Oba stupně filtrace jsou každý tvořen 2x 5 otevřenými rychlofiltry evropského typu, každý o ploše 15,21 m² s mezidnem osazeným filtračními hlavicemi. Všechny filtry jsou naplněny vodárenským křemičitým pískem o zrnitosti 1 – 2 mm do výšky 1 m. Filtrační cyklus na obou stupních není ukončován od tlakové ztráty na filtrech, ale časově na základě provozních zkušeností s průnikem železa nebo manganu do filtrátu. U odželezovacích filtrů je filtrační cyklus 4 dny a u odmanganovacích filtrů 8 dnů. Denně se tak perou 3 filtry z celkem 16 provozovaných. Současné prací rychlosti vody

v závěrečné fázi 20 m/h jsou však nedostačující. Svědčí o tom stav filtrační náplně. Na závěr je upravená voda před nátokem do akumulčních nádrží hygienicky zabezpečena pomocí chlordioxidu. Alternativně lze využít i plynný chlor. Současná technologie úpravy vody v Kněžpoli však neumožňuje odstranit pesticidní látky a jejich metabolity. Pro splnění limitů pro pitnou vodu je nyní nezbytné vodu vyrobenou na ÚV Kněžpole ředit ve vhodném poměru s upravenou vodou z ÚV Ostrožská Nová Ves na vodojemech ve spotřebišti. Z tohoto důvodu je nyní úpravna provozována pouze na minimální výkon 22 až 25 l/s a není možné ji využít jako samostatný zdroj pitné vody. Proto bylo rozhodnuto, že na úpravně bude doplněn další technologický stupeň, a to filtrace na granulovaném aktivním uhlí (GAU).

S ohledem na vydatnost jímacího území se předpokládá čerpání a úprava 50 l/s surové vody z prameniště, maximálně ne více jak 80 l/s. Klíčovým prvkem této investiční akce bude využití částí stávající filtrační kapacity pro doplnění GAU filtrace. Namísto současného prvního filtračního stupně s 2x 5 filtry se počítá s dvouvrstvou filtrací s max. filtrační rychlostí 3,1 m/h a s GAU filtrací namísto 4 odmanganovacích filtrů na druhém filtračním stupni. U všech 14 rekonstruovaných filtrů se počítá s vybouráním mezidna a instalací nerezového drenážního systému. Tím se navíc získá dalších 0,6 m výšky filtrační náplně. Prostor zbývajících odmanganovacích filtrů bude využit jako akumulace nechlorované prací vody pro praní GAU filtrů.

Poloprovozní filtrační kolony společnosti MEMSEP

Pilotní zařízení společnosti MEMSEP, na kterém byly na ÚV Kněžpole prováděny testy s dvouvrstvou filtrační náplní písek-antracit, je tvořeno dvojicí transparentních filtračních kolon se čtvercovým průřezem o vnitřním rozměru 340 x 340 mm, s celkovou výškou 3,5 m. Na dně kolon je osazen nerezový drenážní systém Andritz. Kolony umožňují kombinované praní vodou a vzduchem. Dále jsou vybaveny měřením tlakové ztráty podél výšky filtrační náplně s manuálním odečtem. Součástí kolon je i rám umožňující praní a regulaci průtoku a měření množství upravené vody. Na odtoku z každé kolony je osazen regulační ventil včetně měření průtoku a množství upravené vody (vodoměr + rotametr). Pro velmi přesné měření zákalu filtrované vody je pro každou kolonu osazen špičkový zákaloměr SIGRIST AquaScat 2 s regulací a měřením průtoku. Pro praní je každá kolona vybavena možností nastavení průtoku prací vody (rotametr). Osazeny jsou dvě regulace prací vody, a to z toho důvodu, že při praní voda + vzduch je použita nižší vzestupná rychlost než při závěrečném praní pouze vodou. V tomto uspořádání pak není nutné měnit nastavení prací průtoků vody při každé fázi praní. Prací vzduch se přivádí pomocí dmychadla, které na ÚV Kněžpole bylo výhodně umístěno na obslužné lávce nad kolonami.



Obr. 1: Poloprovozní filtrační kolony MEMSEP na ÚV Kněžpole

Podmínky filtračních testů

Filtrační kolony byly naplněny filtračním materiálem do výšky cca 160 cm, což je maximální výška, kterou mají umožnit nově zrekonstruované filtry na ÚV Kněžpole. Pro první filtrační kolonu **FN1** byl na plnění spodní vrstvy do výšky cca 80 cm použit nezpracovaný pytlovaný křemenný vodárenský písek (objemová hmotnost 2,5 – 2,8 kg/l) společnosti Provodínské písky a pro druhou filtrační kolonu **FN2** pak hrubší vodárenský písek ze zpracovaného odmanganovacího filtru ÚV Kněžpole. Pro horní vrstvu byl použit nezpracovaný pytlovaný antracit s obchodním označením Everzit N typu I a II (objemová hmotnost 1,35 – 1,55 kg/l) německého výrobce EVERS.

Tab. 1: Složení filtračního materiálu a plnění filtračních kolon

Plnění kolon	FN1		FN1a		FN2	
	Zrnitost [mm]	Výška plnění [cm]	Zrnitost [mm]	Výška plnění [cm]	Zrnitost [mm]	Výška plnění [cm]
Horní vrstva Antracit	0,6-1,6 typ I	90	1,4-2,5 typ II	83	1,4-2,5 typ II	84
Spodní vrstva Filtrační písek	0,5-1 FP 05/10	80	0,5-1 FP 05/10	82	1-2 FP 10/20	81
Celkem		170		165		165

Celková výška vodního sloupce v koloně se pohybovala okolo 276 cm, tedy nad filtrační náplň bylo okolo 110 cm vody.

Výsledky testů na filtrační koloně

Během 16 týdnů poloprovozních testů (od poloviny května do konce srpna 2022) na ÚV Kněžpole byl na filtračních kolonách on-line sledován zákal upravované vody natékající na kolony ze sedimentačních nádrží a ve filtrátu. Laboratorně byly kontrolovány koncentrace železa, manganu a amonných iontů. Dále pak byly každodenně sledovány tlakové ztráty v 10 profilech filtrační náplně. Pro zvolené filtrační rychlosti byla pro každé složení filtrační náplně stanovena jednotková výroba filtru (tzv. filtrační délka L_f). Filtrační cyklus byl ukončen buď při počínajícím průniku železa do filtrátu (signalizováno zákalem nad 0,1 FNU) nebo při dosažení filtračních ztrát neumožňujících dosažení požadované rychlosti průtoku vody kolonou. Prostorové možnosti filtrů na ÚV Kněžpole umožní po rekonstrukci maximální filtrační rychlost cca 3,1 m/h. Na základě současných zkušeností víme, že minimální výkon úpravny je okolo 25 l/s, což při provozu jedné filtrační linky s 5 filtry odpovídá filtrační rychlosti okolo 1,18 m/h. To byla pak nejnižší rychlost, která byla testována. V úpravárenství na otevřených rychlofiltrech evropského typu filtrační rychlosti obvykle nepřesahují 5 m/h. Nad rámec reálných možností filtračního stupně ÚV v Kněžpoli tak byla vyzkoušena i tato rychlost filtrace. Přehled dosažených jednotkových výrob filtru pro jednotlivá testovaná složení filtrační náplně písek-antracit a různé filtrační rychlosti shrnuje tabulka 2.

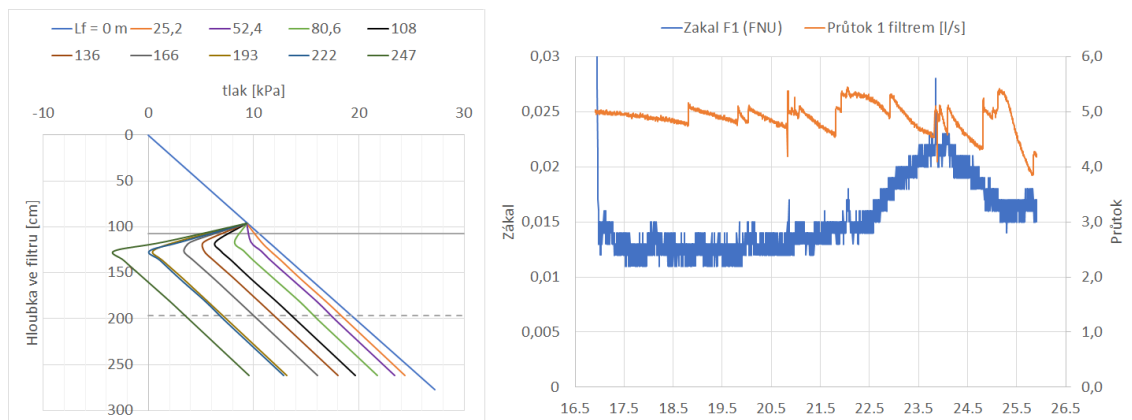
Tab. 2: Dosažené jednotkové výroby filtru a doby filtrace při zvolených filtračních rychlostech

Náplň		FN1		FN1a		FN2	
Filtrační rychlost [m/h]	Průtok 1 filtrem [l/s]	Filtrační délka [m ³ /m ²]	Doba filtrace [d]	Filtrační délka [m ³ /m ²]	Doba filtrace [d]	Filtrační délka [m ³ /m ²]	Doba filtrace [d]
1,185	5,0	200	7,0	726 ¹	25,5	420	14,8
2,367	10,0	-	-	595	10,5	390	6,9
2,560	10,8	230	3,7	-	-	210	3,4
3,115	13,2	-	-	540	7,2	340	4,5
5,000	21,1	-	-	220	1,8	220	1,8

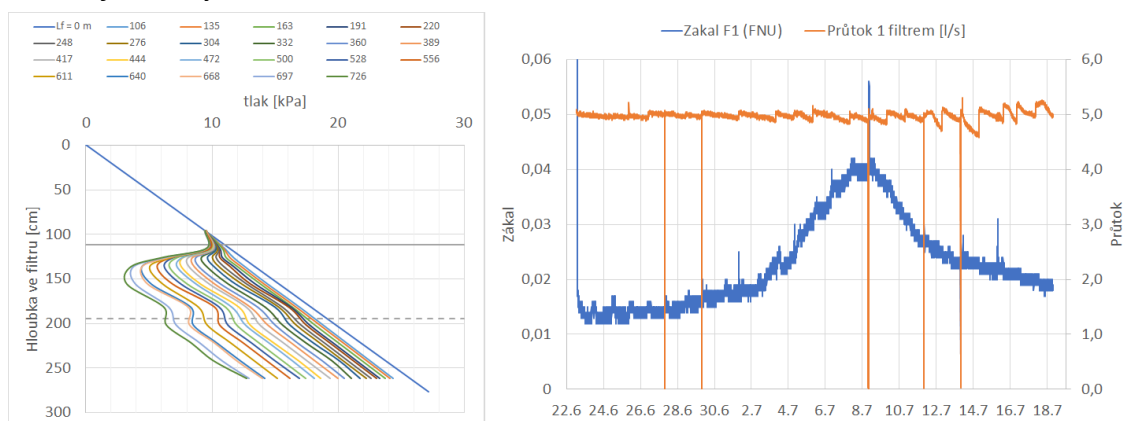
¹ předčasně ukončeno – další testy ukázaly, že při těchto rychlostech je možno dosáhnout filtrační délky až 1190 m³/m², a tedy doby filtrace až 42 dnů

Při testech se velmi rychle ukázalo, že u kombinace filtračních náplní označených **FN1** neumožňuje vrchní jemná antracitová vrstva průnik suspenze do hloubky. To je velmi dobře vidět u tlakových ztrát na obrázku 2. a na křivce regulace průtoku filtrem.

Obr. 2: Filtrační náplň složení FN1 - vývoj tlakové ztráty, zákalu a schopnosti regulace průtoku při filtrační rychlosti 1,185 m/h



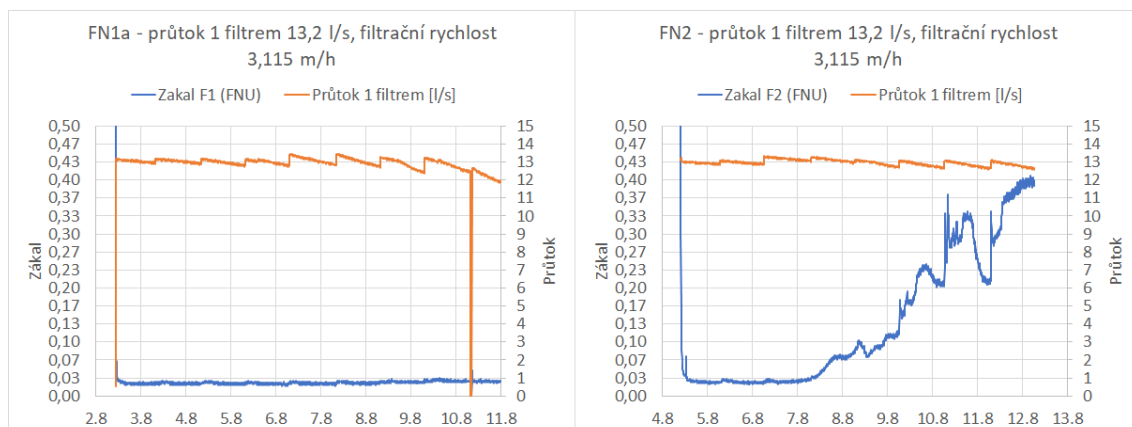
Obr. 3: Filtrační náplň složení FN1a - vývoj tlakové ztráty, zákalu a schopnosti regulace průtoku při filtrační rychlosti 1,185 m/h



Na základě těchto zkušeností byly testy filtrační náplně o složení **FN1** ukončeny a vrchní jemná antracitová vrstva v koloně byla nahrazena hrubší frakcí. Tato obměněná kombinace filtrační náplně pak nesla označení **FN1a**. Z obrázku 3 je patrné, že touto změnou se chování filtrační náplně radikálně změnilo. Díky hrubší antracitové vrstvě nastala hloubková filtrace, čímž byla získána požadovaná vysoká kalová kapacita filtru. Jemný písek ve spodní části kolony pak zajistil velmi kvalitní filtrát se zákalem okolo 0,04 FNU.

Hrubší složení obou vrstev filtrační náplně označené jako **FN2** se ukázalo jako méně výhodné. Na křivkách tlakových ztrát je sice patrný předěl ve vrstvách antracit – písek, ale hrubší písková frakce nedosahuje tak dobrých výsledků v parametru zákalu. Filtrační cyklus na testovací koleně s náplní **FN2** bylo nutné tak jako u provozních filtrů ukončit z důvodu rychlého nárůstu zákalu následně provázeného „průrazem“ železa do filtrátu. Nedostatečná filtrační účinnost hrubšího písku narůstala s rostoucí filtrační rychlostí. Rozdíl v chování dvouvrstvé filtrační náplně s různou zrnitostí spodní vrstvy písku při maximální rychlosti, kterou budou umožňovat rekonstruované filtry na ÚV Kněžpole, je ukázán na obrázku 4.

Obr. 4: Porovnání zákalu filtrátu při maximálním průtoku upravované vody, který umožní rekonstruované filtry

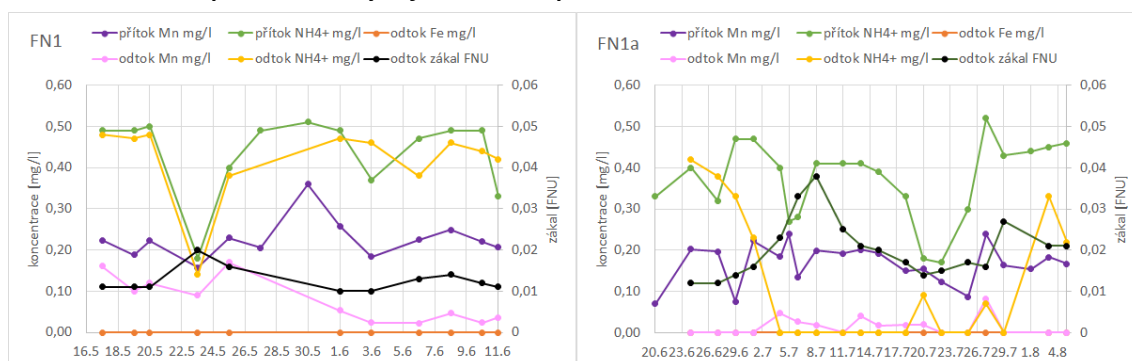


Při zvýšení filtrační rychlosti na 5 m/h se za necelé 2 dny ukázaly limity obou složení filtrační náplně. Vrstva jemného písku ve filtrační koloně s náplní **FN1a** není velmi rychle schopna udržet požadovanou filtrační rychlost. Hrubší písek ve filtrační koloně s náplní **FN2** pak nedokáže s dostatečnou účinností udržet jemné částice suspenze. Každá drobnější změna vede k prudkým výkyvům zákalu.

Zpracování filtrační náplně

U filtrační kolony s náplní **FN2**, kde spodní vrstvu tvořil zapracovaný písek z provozního odmanganovacího filtru, dle očekávání ihned od zahájení testů vykazoval filtrát koncentrace manganu pod mezí stanovitelnosti. Pouze v závěrečné fázi filtračního cyklu, kdy ve filtrátu narůstal zákal a s ním i železo, začal „prorážet“ i mangan. Plná nitrifikace nastala až po cca měsíci provozu filtrační kolony. Důvodem je, že na provozních filtrech úpravy plnou nitrifikaci zajišťuje už první odželezovací stupeň. Takže písek z druhého odmanganovacího stupně nitrifikační schopnost postrádal. U filtrační kolony s novou náplní **FN1** a poté **FN1a** trvalo zapracování na plné odmanganování zhruba měsíc. Až poté s odstupem dalších min. 10 dnů filtrační kolona začala i plně nitrifikovat. Ani po této době však další měsíc odmanganování na filtrační náplni **FN1a** nebylo vždy stabilní. Na výkyvy v provozu úpravy, způsobené poruchami na zdrojích surové vody, reagovala čerstvě zapracovaná náplň „průniky“ manganu. Pro urychlení zapracování nové filtrační náplně, a tedy vytvoření dostatečně stabilní vrstvičky oxidů manganu, pak v praxi předpokládáme po dobu min. dvou měsíců dávkovat do nátoky na filtry roztok manganistanu draselného.

Obr. 5: Průběh zapracování nových filtračních náplní FN1 a následně FN1a



Vliv zrnitosti filtrační náplně na režim praní filtrů

Praní dvousložkové filtrační náplně má svá specifika. Jednak je zapotřebí hlavně ve fázi praní vzduch-voda zabránit úniku lehčí antracitové vrstvy, ale rovněž vhodným průtokem prací vody udržet obě vrstvy trvale oddělené. V testech na filtračních kolonách se ukázalo, že tato druhá podmínka má zásadní vliv na potřebný výkon pracích čerpadel. U jemného filtračního písku FP 06/10 se při závěrečném praní vodou pro udržení oddělených náplní písek-antracit ukázala jako vhodná rychlost 30 m/h ale u hrubšího filtračního písku FP 10/20 však 50 m/h. Doba praní vodou potřebná na úplné odplavení kalového mraku se při obou zrnitostech filtračního písku pohybovala okolo 10 minut, s rozmezím 8 až 14 minut. V praxi se pak předpokládá dopírat filtr vodou do dosažení zákalu prací vody 15 NTU. Tím by se doba praní vodou mohla i zkrátit. S ohledem na prací rychlosti potřebné pro kvalitní vyprání dvousložkové filtrační náplně písek-antracit se jako jednoznačně úspornější ukázala jemná písková náplň.

Pokud porovnáme současnou spotřebu vody na praní stávajících provozních filtrů s odhadem spotřeby prací vody získané při testech na filtrační koloně se složením **FN1a** se ukazuje, že bude možno dosáhnout až 35% úspory.

Závěr

Při poloprovozních testech na ÚV Kněžpole bylo potvrzeno, že pro intenzifikaci filtračního stupně s maximální rychlostí filtrace cca 3,1 m/h je dvousložková filtrační náplň písek-antracit vhodným řešením. Zároveň se pro tuto úpravu poměrně jednoznačně ukázalo, že nejvhodnější kombinací bude pro spodní vrstvu jemný filtrační písek o zrnitosti 0,5-1 mm. Ten bude umět zajistit excelentní účinnost filtrace se zákalem do 0,05 FNU. Pro horní vrstvu se jako velmi vhodný pro hloubkovou filtraci ukázal antracit se zrnitostí 1,4-2,5 mm. V kombinaci s jemným pískem bylo dosaženo dostatečně velké kalové kapacity, jež umožní prodloužit filtrační cykly. Volba jemného písku zároveň umožní využívat menších výkonů pracích čerpadel. Pro závěrečnou fázi praní vodou by měla pro kvalitní vyprání postačovat rychlost 30 m/h. V porovnání s prací rychlostí 50 m/h v kombinaci s hrubším pískem je to značná úspora. Dvousložková filtrační náplň umožní prodloužit filtrační cykly. To by spolu s výraznějším nenavyšováním pracích rychlostí mělo umožnit úsporu až 35 % prací vody. Pro ÚV Kněžpole však bude kompletní výměna filtrační náplně znamenat nutnost pečlivého několikaměsíčního zapracování.

Vliv antropogenní činnosti na kvalitu vod nejen v CHKO Moravský kras

Ing. Tatána Halešová

Ing. Zuzana Bílková, Ph.D.

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

Abstrakt

Moderním mikropolutantům – pesticidům a nověji zejm. léčivům, je v současnosti již i v České republice věnována pozornost širokou odbornou i laickou veřejností, a to z důvodu stále většího množství monitorovacích studií potvrzujících jejich výskyt ve vodním prostředí. Laboratoře ALS Czech Republic prokázaly přítomnost těchto látek v nezanedbatelných koncentracích např. ve vodách CHKO Moravský kras, a to navzdory přísným ochranným opatřením, která zde panují. Je téměř jisté, že je jen otázkou času, kdy budou pesticidy a léčiva zařazeny mezi ukazatele přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných z komunálních čistíren odpadních vod a budou pro ně stanoveny emisní standardy a kdy budou na seznam ukazatelů jakosti pitné vody přidána léčiva (pesticidy na seznamu již jsou) a budou pro ně stanoveny hygienické limity.

Úvod

Zdroje pitných vod jsou ohroženy kontaminací moderními mikropolutanty. Znečištění pesticidy a léčivy se bohužel nevyhýbá ani vodním zdrojům, které se nacházejí v chráněných krajinných oblastech, přičemž tyto oblasti jsou obecně považovány za jedny z nejčistějších.

Léčiva – přehled současné legislativy se zaměřením na pitné vody

Výskyt léčiv v životním prostředí, způsobený jejich širokým používáním (a často i nadužíváním) v humánní i veterinární medicíně, a zejména pak dopad těchto látek na kvalitu pitné vody – to je téma, které přitahuje stále větší pozornost. Způsobů, jimiž léčiva do životního prostředí mohou vstupovat, je hned několik. Mezi jeden z nejvýznamnějších zdrojů kontaminace patří komunální odpadní vody. Navzdory této skutečnosti nenařizuje současně platná legislativa v České republice komunálním čistírnám odpadních vod (ČOV) tyto látky monitorovat a odstraňovat. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. (ČR 2015), které stanovuje emisní standardy pro vypouštěné odpadní vody, bohužel pro léčiva (a ostatní mikropolutanty, včetně pesticidů) příslušný ukazatel přípustného znečištění nedefinuje.

V roce 2020 reagovala Evropská unie na rostoucí znepokojení laické i odborné veřejnosti ohledně výskytu léčiv v životním prostředí a zejm. pak v pitné vodě představením strategie Od zemědělce ke spotřebiteli (EU 2020a) a přijetím nové směrnice o jakosti vody určené k lidské spotřebě (EU 2020b).

Strategie od zemědělce ke spotřebiteli usiluje o vytvoření udržitelného, spolehlivého a odolného potravinového systému. Tohoto cíle chce dosáhnout mimo jiné snížením závislosti na pesticidech a antimikrobiálních látkách a omezením nadměrného hnojení. V souvislosti

s antimikrobiálními látkami si strategie vytyčila záměr zredukovat do roku 2030 jejich prodej pro hospodářská zvířata a aquakulturu v celé EU o 50 %.

Směrnice 2020/2184 o jakosti vody určené k lidské spotřebě nahrazuje dříve platnou směrnici 98/83/ES (EU 1998) a zavádí mechanismus seznamu sledovaných ukazatelů, který umožní dynamičtější a flexibilnější reakci na obavy veřejnosti ohledně účinků nově se objevujících sloučenin. Léčiva, konkrétně hormon 17 β -estradiol, jsou součástí prvního Watch Listu pro vodu určenou k lidské spotřebě (EU 2022), který byl vydán začátkem roku 2022.

Tab. 1: Kombinovaný výčet léčiv, které mají v České republice potenciál nálezů ve zdrojích pitných vod v koncentracích nad 0,1 μ g/l (SZÚ 2022), a látek z indikativního seznamu pro snížení farmaceutického znečištění vodních toků (SFŽP 2021). Ve výčtu je uvedeno 36 látek.

Institute	SFŽP ČR	SZÚ	Institute	SFŽP ČR	SZÚ
Voda	povrchová	pitná	Voda	povrchová	pitná
Analgetika			Dna		
Paracetamol	✓		Oxypurinol	✓	✓
Tramadol	✓	✓	Estrogenní hormony		
Antibiotika			17 α -estradiol	✓	
Azithromycin	✓		17 α -ethinylestradiol	✓	
Klarithromycin	✓		17 β -estradiol	✓	
Sulfamethoxazol	✓	✓	Kontrastní látky		
Sulfapyridin	✓		Johexol		✓
Trimethoprim	✓		Jomeprol		✓
Antidepresiva			Jopamidol		✓
Venlafaxin	✓		Jopromid	✓	✓
Antiepileptika			NSAIDs		
Gabapentin	✓	✓	Diklofenak	✓	✓
Karbamazepin	✓	✓	Diklofenak-4'-hydroxy	✓	
Antihypertenziva			Ibuprofen	✓	✓
Telmisartan	✓	✓	Ibuprofen-2-hydroxy	✓	✓
β -blokátory			Ibuprofen-karboxy	✓	✓
Acebutulol	✓		Ketoprofen	✓	
Atenolol	✓		Naproxen	✓	✓
Metoprolol	✓		Naproxen-o-desmethyl	✓	
Sotalol	✓		Onemocnění spojená s poruchou acidity		
Diabetes			Ranitidin	✓	
Metformin	✓	✓	Psychostimulancia		
Diuretika			Paraxantin	✓	
Furosemid	✓				
Hydrochlorothiazid	✓				

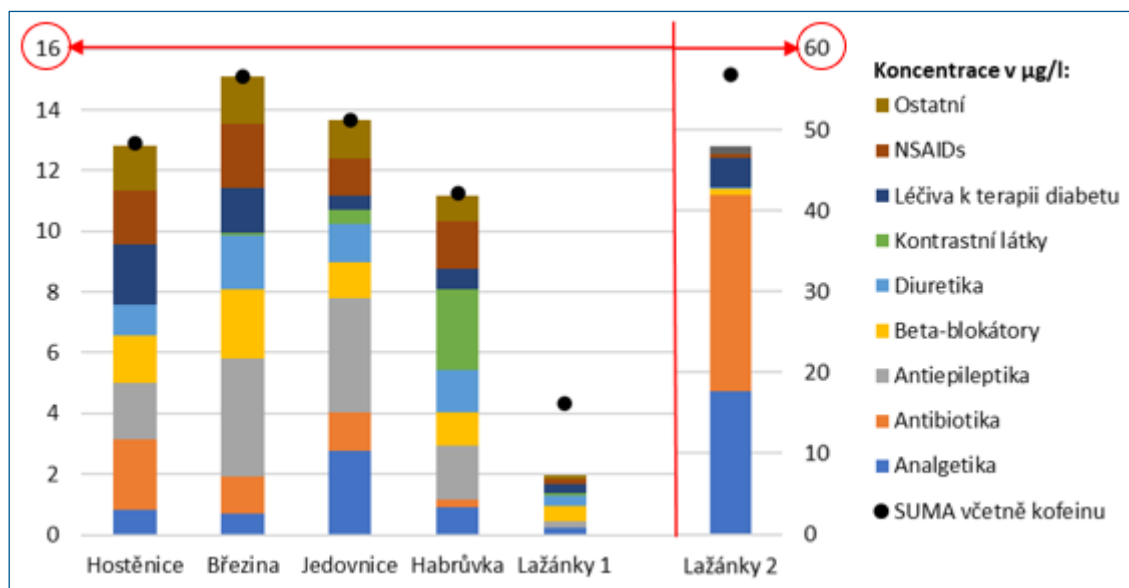
V České republice upravuje kvalitu pitné vody vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. (ČR 2004). Ačkoliv vyhláška stanovuje hygienické limity i pro některé mikropolutanty (pesticidní a průmyslové látky), léčiva v seznamu sledovaných ukazatelů uvedena nejsou. V souladu s touto právní normou mají nicméně výrobci pitné vody povinnost pro každý zdroj surové vody zpracovávat posouzení rizik a v případě, že z posouzení vyplývá podezření na výskyt látek neupravených vyhláškou, mají následně na základě zákona o ochraně veřejného zdraví (ČR 2000) povinnost neprodleně zjistit jejich koncentraci a tuto skutečnost oznámit místně příslušné krajské hygienické stanici, která nález posoudí. V této souvislosti vydal v roce 2022 Státní zdravotní ústav – Národní referenční centrum pro pitnou vodu stanovisko (SZÚ 2022), v němž na základě principu předběžné opatrnosti doporučuje pro léčiva v pitné vodě obdobné hygienické limity jako pro pesticidy, tj. 0,1 µg/l pro jednotlivé léčivé látky a jejich metabolity (0,01 µg/l pro látky s mutagenním účinkem nebo hormonálně aktivní látky) a 0,5 µg/l pro sumu všech zjištěných léčiv. Součástí stanoviska je taktéž výčet 16 léčiv, které mají v České republice potenciál nálezů ve zdrojích pitných vod v koncentracích nad 0,1 µg/l. Tento výčet se částečně překrývá s indikativním seznamem 33 látek pro snížení farmaceutického znečištění vodních toků (SFŽP 2021), který v roce 2021 zveřejnil SFŽP v rámci dotační výzvy z Norských fondů (výzva č. 3B „Trondheim“). Kombinovaný výčet z obou seznamů, obsahující 36 látek, je uveden v Tab. 1.

Léčiva a pesticidy v CHKO Moravský kras

Moravský kras představuje největší a nejznámější krasovou oblast České republiky, typickou nejen četným výskytem podzemních i povrchových krasových jevů, ale také unikátní přírodou. Zásadní a nedílnou součástí jeho ochrany je péče o čistotu vod, z nichž některé jsou využívány jako zdroj pitné vody. Navzdory přísným ochranným opatřením prokázaly laboratoře ALS Czech Republic ve vodách této chráněné krajinné oblasti výskyt léčiv a pesticidů.

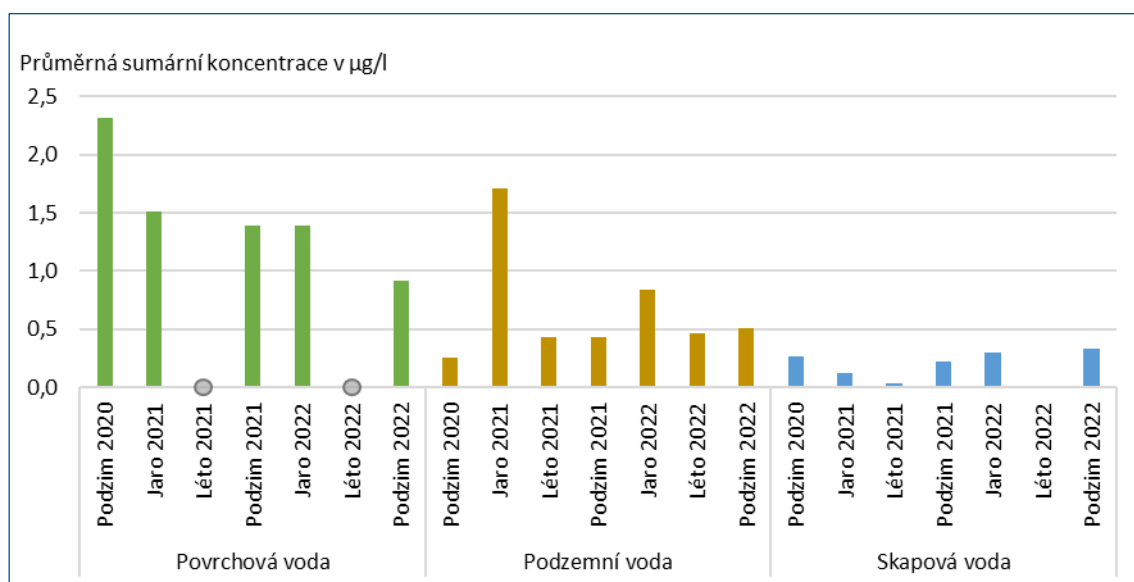
V případě léčiv jsou zdrojem kontaminace odpadní vody ze zdejších obcí. Řada obcí Moravského krasu ČOV vůbec nemá. Obce, kterým se ČOV podařilo vybudovat, zase řeší její nevyhovující kapacitu a/nebo z hlediska léčiv nedostačující kvalitu čištění. Ta je dána skutečností, že odstranění mikropolutantů na komunálních ČOV není v současnosti regulatorně vyžadováno a konvenční ČOV bez terciálního stupně dočištění nejsou na odstraňování tohoto typu znečištění uzpůsobené. Zjistit více informací o výskytu farmaceutických látek v odpadních vodách odtékajících z obcí Moravského krasu se pokusila screeningová studie, kterou v říjnu 2022 uskutečnily na území 5 zdejších obcí laboratoře ALS Czech Republic. V rámci studie bylo odebráno 6 vzorků. Sumární koncentrace léčiv se ve vzorcích pohybovala v rozmezí od 4,3 µg/l (Lažánky 1) do 56,9 µg/l (Lažánky 2). Průměrný počet zjištěných léčiv byl 22. Nejvíce zastoupené farmaceutické skupiny jsou patrné z Obr. 1, který shrnuje výsledky studie. Jedná se o analgetika, antibiotika, antiepileptika, beta-blokátory, diuretika, kontrastní látky, léčiva k terapii diabetu a nesteroidní protizánětlivá a protirevmatická léčiva (zkráceně NSAIDs z anglického výrazu non-steroidal anti-inflammatory drugs). V případě vzorků se sumární koncentrací léčiv do 16 µg/l patřily mezi látky s nejvyšší průměrnou koncentrací, převyšující hodnotu 1 µg/l, diklofenak (1,11 µg/l) ze skupiny NSAIDs, analgetikum tramadol (1,06 µg/l) a beta-blokátor metoprolol (1,02 µg/l). V případě nejvíce zatíženého vzorku Lažánky 2 se sumární koncentrací 56,9 µg/l hodnotu 1 µg/l přesáhla koncentrace antibiotika sulfamethoxazol (18,6 µg/l), analgetika paracetamol (17,6 µg/l), psychostimulancia kofein (9,0 µg/l), antibiotika trimethoprim (5,7 µg/l) a léčiva metformin používaného k terapii diabetu (3,7 µg/l).

Obr. 1: Léčiva v odpadních vodách odtékajících z obcí Moravského krasu (říjen 2022)



V případě pesticidů je zdrojem kontaminace zemědělská činnost, a to i po změně zonace a zatrávnění orné půdy v I. zóně. Je však třeba říci, že velkou měrou se na znečištění podílejí zemědělsky obhospodařovaná místa nacházející se za hranicí CHKO. (Halešová a Kotyzová 2021, Halešová et al. 2022) Laboratoře ALS Czech Republic se monitoringu pesticidů ve vodách CHKO Moravský kras věnují dlouhodobě. Na Obr. 2 jsou sumarizovány výsledky z let 2020 až 2022, z nichž je patrné, že pesticidy se v nezanedbatelné míře vyskytují i ve skapových vodách této chráněné krajinné oblasti. Mezi nejproblematictější látky z hlediska koncentrace i četnosti výskytu patří v této oblasti amidové pesticidy, společný metabolit azolových pesticidů 1,2,4-triazol a v povrchových vodách taktéž účinná látka glyfosát a její metabolit AMPA.

Obr. 2: Pesticidy ve vodách CHKO Moravský kras (2020–2022)



Závěr

Na základě současných poznatků je možné usuzovat, že zvýšená opatrnost je v případě léčiv na místě a že monitoring těchto látek je potřebný, a to nejen ve vyčištěných odpadních vodách, vstupujících do povrchových toků, ale také v povrchových či podzemních zdrojích pitných vod, do kterých se mohou léčiva spolu s pesticidy dostávat splachem z polí po aplikaci kalu, kejdy či hnoje nebo břehovou infiltrací.

Literatura

ČR 2000: Zákon č. 258/2000 Sb. ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů.

ČR 2004: Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

ČR 2015: Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. ze dne 14. prosince 2015 o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

EU 1998: Směrnice Rady 98/83/ES ze dne 3. listopadu 1998 o jakosti vody určené k lidské spotřebě.

EU 2020a: Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů COM(2020) 381 final ze dne 20. 5. 2020: Strategie „od zemědělce ke spotřebiteli“ pro spravedlivé, zdravé a ekologické potravinové systémy.

EU 2020b: Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě.

EU 2022: 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.

Halešová a Kotyzová 2021: Halešová, T. a Kotyzová, M. (2021). Zatravnění I. zóny v CHKO Moravský kras. Ochrana přírody, 2021(1), 15–18.

Halešová et al. 2022: Halešová, T., Konečná, J., Václavíková, M., Karásek, P., Nováková, E. (2022). Výskyt pesticidních látek v řece Punkvě. VTEI, 2022(2), 29–32.

SFŽP 2021: Seznam látek pro snížení farmaceutického znečištění vodních tok. Státní fond životního prostředí České republiky, 2021. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dokumenty/detail/?id=2415>.

SZÚ 2022: Stanovisko Státního zdravotního ústavu – Národního referenčního centra pro pitnou vodu k otázce sledování léčiv v pitné vodě a jejich přijatelných koncentrací. SZÚ, 2022. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/kvalita-vody/pitna-voda-leciva>

Odstraňování mikropolutantů pomocí sorpce na bentonitu a fotochemické oxidace

Ing. Robert Kvaček¹⁾

Ing. Pavel Mašín, Ph.D.²⁾; Mgr. Martin Lexa, Ph.D.³⁾; Ing. Pavel Dytrych, Ph.D.⁴⁾;
Bc. Dominik Stránský¹⁾; Ing. Zuzana Sýkorová, Ph.D.¹⁾

1) Pražské vodovody a kanalizace, a.s.

2) DEKONTA, a.s.

3) Česká zemědělská univerzita v Praze

4) Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i.

Abstrakt

Hromadění mikropolutantů v ekosystému je reálnou hrozbou, a proto je nezbytné hledání nejlépe dostupných technologií pro snížení jejich přítomnosti. Cílené odstraňování mikropolutantů, především pesticidních látek, ve vodárenství začíná být nezbytnou součástí úpravy vody. V souvislosti s budoucím zpřísňováním legislativy a možnostem recyklace vody postupuje diskuze o odstraňování mikropolutantů, léčiv, z pitné a odpadní vody. Mezi mikropolutanty se řadí ale i mikroplasty. K odstranění mikroplastů se v technologii vody využívají sorpční procesy. Správná předúprava sorbentu a pravidelná údržba jsou klíčové pro jeho dlouhotrvající separační schopnost. Potenciálně ekonomicky zajímavou separační technologií je sorpce mikroplastů na bentonitu, jílovité hornině s nízkou cenou. Další mikropolutanty lze účinně odstraňovat pokročilými oxidačními procesy, např. H_2O_2 + UV. Příspěvek shrnuje získané výsledky obsahu mikropolutantů ve všech typech vod, výsledky laboratorního odstraňování částic mikroplastů a provozní zkušenosti z desetiměsíčního poloprovozního testování technologií sorpce na bentonit a fotochemické oxidace.

Úvod

Zprávy o plastových ostrovech v oceánech či antibiotické rezistenci bakterií přináší do společenského dění mnoho otázek a obav, které se dotýkají vodního hospodářství. Cílem odborné veřejnosti je vnést do společnosti uklidnění a expertizu, kterou může přispět k řešení problémů současných i budoucích. Tento příspěvek si klade za cíl stručně představit vybrané mikropolutanty, jejich distribuci v prostředí a výzvy, se kterými se jako společnost potýkáme. Závěrem je představena technologie, která může být jedním z řešení v boji proti znečištění životního prostředí.

Pojmem mikropolutant se nejčastěji označují pesticidní látky či farmaka. Tyto široké skupiny čítající desítky až stovky jednotlivých zástupců mateřských látek a jejich metabolitů jsou již řadu let monitorovány. Jejich výskyt je pravidelně kontrolován jak ve vybraných povrchových vodách, tak i ve vodách pitných, kde je obsah pesticidních látek a relevantních metabolitů pesticidních látek limitován platnou legislativou. Monitoring v odpadních vodách povinný není, přesto někteří provozovatelé výskyt zmíněných látek sledují. Důkladný monitoring pesticidních látek a farmak ve vodách je možný díky vyspělým analytickým metodám. Pro obě skupiny látek je využívána metoda vysokoúčinné kapalinové chromatografie s hmotnostně spektrometrickou detekcí definovaná normou ČSN EN ISO 21676 [1].

Další podskupinou mikropolutantů jsou mikroplasty. „Mikroplasty jsou syntetické pevné částice nebo polymerní matrice s pravidelným či nepravidelným tvarem o velikosti 1 μm až 5 mm. Mohou být primárního či sekundárního výrobního původu a jsou nerozpustné ve vodě“ [2]. Přestože na jejich definici panuje po dlouhých letech diskuzí shoda, analytické přístupy ke kvantifikaci mikroplastů mají k nalezení optimální metodiky daleko. Nerozpustnost mikroplastů ve vodě implikuje nutnost složitě předúpravy vzorku před jeho analýzou v podmínkách vylučujících vzdušnou kontaminaci. Nejjednodušší analytickou metodou je optická mikroskopie s možností selektivního barvení [3, 4]. K širšímu využití této metody brání její nízká spolehlivost a náročná kvantifikace mikroplastů, proto se více využívá jako selekční předúprava vzorku před dalšími analytickými metodami [4]. Ze sofistikovanějších metod umožňujících vedle kvalitativní analýzy i kvantifikaci mikroplastů se nejvíce využívá infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR) v modifikacích ATR-FTIR a μFTIR a Ramanova spektroskopie v modifikaci μRaman [3-5]. Mezi méně využívané metody patří např. pyrolýzní plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií (Pyr-GC-MS) či skenovací elektronová mikroskopie s energeticky disperzní rentgenovou spektroskopií (SEM-EDX) [3-5]. Jednoznačné určení jediné spolehlivé metody není dosud možné, jelikož spektrofotometrické analýzy značně komplikuje odlišnost charakteru mikroplastů ve vzorcích od charakteru standardů. Každou z uvedených metod je navíc výhodné použít při odlišné velikosti sledovaných mikroplastů.

Výskyt mikropolutantů v ČR

Sledování výskytu mikroplastů se v zahraničí věnuje celá řada výzkumných skupin. Hlavní oblastí zájmu je monitoring sladkých a slaných povrchových vod, sledování větších částic mikroplastů a jejich vlivu na vodní ekosystém. Monitorování mikroplastů v úpravárenských a čistírenských systémech je záležitostí posledních cca 10 let. Kvalita používané metodiky odběru a analýzy vzorků jedné z českých výzkumných skupin byla potvrzena v rámci rozsáhlého hodnocení nizozemsko-švýcarského týmu prof. Koelmanse, kde obdržela nadprůměrné skóre 11 bodů z 18 [5]. Z výše zmíněných analytických metod využívá skupina μFTIR [6], μRaman [6-8], SEM [6-8] a SEM-EDX [6, 7]. Naměřená data z vodárenských provozů v ČR jasně dokládají několik trendů, jež lze pozorovat i v zahraniční literatuře:

- 1) Na obsah mikroplastů má velký vliv typ vodního zdroje a jeho geografické umístění, zejména přítomnost větších aglomerací podél toku vody před vodním zdrojem.
- 2) Majoritně zastoupenou velikostní frakcí mikroplastů je frakce 1 až 10 μm a to jak v surové, tak i v upravené vodě.
- 3) Mikroplasty mají v rámci všech detekovatelných nerozpuštěných látek zanedbatelné zastoupení. Míra jejich zastoupení se pohybuje v řádech desetin až tisícín procenta [7, 8]. Majoritně jsou zastoupeny látky přírodního původu.
- 4) Detekované mikroplasty nejsou z pohledu chemického homogenní skupinou, nejčastěji pozorovanými látkami jsou polypropylen (PP), polyethylen (PE), polyethylentereftalát (PET), polystyren (PS) a acetát celulózy (CA).
- 5) Účinnost úpraven vody při odstranění mikroplastů se ve studovaných materiálech pohybovala od 40 % do 88 % [6-8]. Významným faktorem ovlivňujícím účinnost bylo množství mikroplastů v surové vodě. Vyšších účinností bylo dosahováno na úpravkách vody s dvoustupňovou separací nerozpuštěných látek. Souhrnně lze říci, že v pitné vodě byly nalezeny desítky až nižší stovky částic mikroplastů, v surové vodě byl rozptýl vyšší, od desítek částic mikroplastů po nižší tisíce.

Výskyt a příslušné koncentrace pesticidních látek a jejich metabolitů je díky pravidelnému monitoringu pro řadu míst známý. Zastoupení pesticidů v povrchových vodách prochází sezónními změnami způsobenými zemědělskou aktivitou v daném povodí, nejvyšší koncentrace

pesticidů jsou ve vodních zdrojích měřeny koncem léta. Detailní analýzu výskytu pesticidů v pitné vodě v České republice provedl v roce 2017 Státní zdravotní ústav. Ve dvou vzorkovacích etapách bylo sledováno 175 lokalit, přičemž u 75 % z nich byla nalezena kontaminace alespoň jednou pesticidní látkou či metabolitem a u 5 % veškerých výsledků (sledováno bylo 21 analytů) byla koncentrace dané látky nad limitem vyhlášky MZ č. 252/2004 Sb. v platném znění, který je pro každou jednotlivou pesticidní látku a její relevantní metabolit 100 ng l⁻¹ [9].

Koncentraci farmak a dalších produktů osobní péče (používá se anglická zkratka PPCP - Pharmaceutical and personal care products) se kromě povrchových a pitných vod věnuje velká pozornost i v odpadních vodách, které jsou jejich hlavním zdrojem. Konvenční komunální ČOV nejsou vybaveny technologiemi pro jejich odstraňování, proto by měla být věnována velká pozornost snížení nadbytečného užívání těchto prostředků a decentralizovanému čištění odpadních vod z nemocnic a sociálních zařízení s využitím terciárního stupně pro separaci PPCP. Vliv vyčištěných odpadních vod je patrný i ve výsledcích publikací analytického vyhodnocení přítomnosti PPCP na řece Vltavě [10] a v povodí vodní nádrže Švihov [11]. Celková suma PPCP dosahovala v povrchových vodách stovek až několika tisíců ng/l, vyšších koncentrací bylo dosahováno při větším podílu vyčištěné odpadní vody na průtoku vody.

Legislativa

Legislativní omezení mikropolutantů v pitné vodě se v současné době týkají pouze pesticidních látek a jejich relevantních metabolitů. Vyhláška MZ č. 252/2004 Sb. v platném znění limituje nejvyššími mezními hodnotami jejich sumární koncentraci na 500 ng l⁻¹ a jejich individuální koncentraci na 100 ng l⁻¹.

Zástupci skupiny PPCP nejsou legislativně limitovány. Pokud však existuje podezření na výskyt těchto látek ve zdroji, je provozovatel povinen neprodleně zjistit jejich koncentraci a svůj další postup koordinovat s příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví dle zákona o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. v platném znění. Za rizikové zdroje vod lze považovat zejména povrchové vody, nicméně monitoring ČHMÚ mezi lety 2017 a 2021 odhalil i 31 lokalit podzemní vody, ve kterých bylo nalezeno alespoň 1 léčivo o koncentraci vyšší než 100 ng l⁻¹ [12]. Přestože odborníci ze Světové zdravotnické organizace dosud nedoporučili pravidelné sledování přítomnosti PPCP v pitné vodě, Státní zdravotní ústav doporučuje na základě předběžné opatrnosti považovat za přijatelné koncentrace PPCP v pitné vodě do 100 ng l⁻¹ u jednotlivých léčiv a jejich metabolitů, do 10 ng/l u jednotlivých léčiv a jejich metabolitů s genotoxickými či hormonálně aktivními účinky, celkovou sumární koncentraci všech kvantitativně zjištěných léčiv je doporučeno považovat za přijatelnou do 500 ng l⁻¹ [12].

Zdaleka nejsložitější je vývoj legislativy v oblasti mikroplastů. Jejich negativní efekt je prokázán při působení na vodní ekosystémy, nikoliv na lidský organismus. Dle Státního zdravotního ústavu představují mikroplasty malou část veškerých nerozpuštěných látek v pitné vodě, na které je navíc lidský organismus v potravě zvyklý [13]. Potenciální riziko nesou mikroplasty možností vnosu sorbovaných polutantů, které jsou ale v pitné vodě pravidelně monitorovány v rámci platné legislativy [13].

Regulace výskytu mikroplastů v životním prostředí je tak namísto vodní legislativy tématem legislativy mířené na výrobce plastových produktů. Ve snaze o co nejmenší emise mikroplastů do životního prostředí probíhá jak regulace nadužívání plastových výrobků, např. zákaz používání jednorázových plastů v EU [14], tak i regulace výroby produktů s primárními mikroplasty. Z primárních mikroplastů jsou regulovány zejména mikrokuličky používané v kosmetickém průmyslu. Jejich zákaz platí v USA, Kanadě, Indii, Jižní Africe, Jižní Koreji či na Tchaj-wanu [15-17]. Nad omezením používání mikrokuliček se debatuje i v Číně [15]. Zákaz používání vybraných mikroplastů již schválili i některé evropské státy. Jednotná legislativa v EU dosud neplatí, nicméně v druhé polovině roku 2022 vydala Evropská komise návrh změny přílohy

příslušné regulace, která bude pravděpodobně schválena v blízké budoucnosti [18]. Regulace by měla nově zakázat použití primárních mikroplastů menších než 5 mm a vláken kratších než 15 mm mj. v kosmetice, čisticích prostředcích, pesticidech a ve sportovním vybavení.

Technologie

Farmaka a pesticidy jsou v technologii úpraven vody odstraňovány stejnými procesy, pokud daná úprava disponuje technologií pro jejich odstraňování. Na území České republiky je nejpoužívanějším stupněm pro odstranění mikropolutantů filtrace přes granulované aktivní uhlí (GAU). Další použitelné procesy zahrnují využití práškového aktivního uhlí, membránových procesů, především nanofiltrace, a pokročilých oxidačních procesů. Účinnosti daných technologií jsou z celkového pohledu velmi vysoké. Konkrétní hodnoty účinnosti jsou vždy ovlivněny kvalitou surové vody a koncentracemi jednotlivých zástupců léčiv, pesticidů a jejich metabolitů. Tytéž procesy jsou aplikovatelné i v čistírenství, ve kterém ale nejsou v České republice vzhledem k platné legislativě nezbytné. V provozním měřítku je v Evropě terciární čištění zaměřené na mikropolutanty pouze v některých západních zemích. Poloprovozní testování různých výzkumných týmů však dokazuje možnost využití výše zmíněných procesů, u pokročilých oxidačních procesů i bez nutnosti následné sorpce [19, 20].

Odstraňování mikroplastů probíhá většinou v rámci odstraňování nerozpuštěných látek z vody. Ve vodárenství se jedná mimo jiné o procesy flotace rozpuštěným vzduchem, pískové filtrace, mikrofiltrace, ultrafiltrace, při kterých dochází minimálně k 75% zachytu mikroplastů [21, 22]. Na městských čistírnách odpadních vod (ČOV) probíhá odstraňování mikroplastů ve všech technologických částech - mechanické předčištění, biologické čištění a terciárním čištění. V mechanickém předčištění se odstraní 50 – 98 % mikroplastů, které jsou na čistírnu přivedeny přítokem. V biologickém stupni se část mikroplastů odstraní s aktivovaným kalem. Podíl mikroplastů za biologickou linkou se pohybuje v rozmezí 0,2 – 14 % ze vstupní koncentrace na ČOV. Za terciárním čištěním se běžně nachází 0,2 - 2 % mikroplastů ze vstupní koncentrace na ČOV, přičemž záleží na použité technologii a účinnosti odstranění mikroplastů v předešlých stupních [22, 23].

Mezi technologie terciárního čištění se řadí i sorpční procesy. Nalezení ekonomicky dostupného a funkčního sorbentu pro odstraňování mikroplastů bylo cílem projektu „Pokročilé sorbenty pro separaci mikroplastů a mikropolutantů z vod“ (č. FV40126) podpořeného Ministerstvem průmyslu a obchodu České republiky. V rámci projektu byl připraven sorbent na bázi bentonitu, jež byl testován v laboratorním i poloprovozním měřítku.

Poloprovozní testování sorpce na bentonit + AOP (H_2O_2 + UV)

Poloprovozní technologie pro odstraňování mikropolutantů se skládala ze dvou sériově zapojených technologických částí: adsorpce na bentonitu a pokročilý oxidační proces (H_2O_2 /UV). Nátokem na poloprovozní jednotku byla vyčištěná odpadní voda z městské ČOV. Sací potrubí bylo opatřeno zpětnou klapkou a ochranou sítí na zachyt nerozpustných nečistot (řasy, drobní živočichové). Čištěná voda dále protékala přes filtr mechanických nečistot chránící čerpadlo a dva paralelní pískové filtry, pro předčištění vody před nátokem na sorpční stupeň. Následovaly dvě gravitačně protékané paralelní filtrační kolony plněné kačirkem o mocnosti 5 – 8 cm a vrstvou hydraulicky upraveného bentonitu o mocnosti 10 – 15 cm. Předčištěná voda natékala vrchem kolony skrze distributor kapalně fáze k dosažení rovnoměrného průtoku po celé průřezové ploše kolony. Potrubní trasa protékané vody byla konstruována tak, aby byla vrstva bentonitu v koloně neustále pod vodou. Za kolonami byl umístěn mechanický filtr k zachytu vyplavených částic bentonitu. V druhé části technologie pro odstranění mikropolutantů byl využit pokročilý oxidační proces H_2O_2 /UV. Jednotka byla složena ze čtyř sériově řazených UV

reaktorů o třech výbojkách. Do prvního reaktoru bylo zaústěno dávkování H_2O_2 . Vyčištěná voda byla odváděna zpět do technologie čistírny odpadních vod.

V průběhu celého experimentu byly testovány tři modifikace výše zmíněné technologie:

- 1) Dvě paralelně protékané kolony s hydraulicky upraveným bentonitem + fotochemická oxidace, kde všechny UV zářiče vyzařovaly vlnění o vlnové délce 253,9 nm
- 2) Up-scale technologie nahrazením písku v jednom z filtrů hydraulicky upraveným bentonitem (sériový tok písek – bentonit) + fotochemická oxidace s UV zářiči o vlnové délce 253,9 nm
- 3) Up-scale technologie nahrazením písku v jednom z filtrů hydraulicky upraveným bentonitem (sériový tok písek – bentonit) + fotochemická oxidace s UV se třemi lampami se zářiči vlnové délce 253,9 nm a jednou UV lampou se zářiči o vlnové délce 185 nm

Odstranění mikroplastů bylo zhodnoceno porovnáním jejich koncentrací na vstupu a výstupu z pilotní jednotky při provozu modifikací 1) a 2). U modifikace 3) nebyl výskyt mikroplastů analyzován. Vzorkování probíhalo filtrováním odebírané vody přes vzorkovač vyvinutý řešiteli projektu. Vzorkovač obsahoval trojici nerezových filtrů o porozitě 500, 60 a 25 μm . Po nasazení vzorkovače na vzorkovací kohout protékala voda ve směru snižujícího se průměru ok. Mikroplasty zachycené na nerezových filtrech byly nejprve zkoumány pod mikroskopem a vybrané části filtru byly následně podrobeny analýze $\mu Raman$ při 532 nm. Průměrné hodnoty a příslušné směrodatné odchylky počtu částic ze sérií k daným modifikacím jsou uvedeny v Tab. 1, kde zkratka MP reprezentuje mikroplasty. Tabulka je pro porovnání výskytu mikroplastů v odpadní a rozšířena o výsledky analýz provedených v povrchové vodě.

Tab. 1: Porovnání koncentrací částic v odpadní a povrchové vodě a na vstupu a výstupu z pilotní technologie ve dvou modifikacích

Odběrové místo	MP - vstup [počet částic m^{-3}]	MP – výstup [počet částic m^{-3}]	Účinnost odstranění [%]
Odpadní voda modifikace 1)	11 855 $\pm$ 3 656	1 120 $\pm$ 424	90,6
Odpadní voda modifikace 2)	17 430 $\pm$ 42	3 950 $\pm$ 891	77,3
Povrchová voda	1 296	-	-

Ze srovnání přítomnosti mikroplastů v povrchové vodě a odpadní vodě je patrné, že v dané říční vodě se nacházelo přibližně 10x menší množství mikroplastových částic. Vzhledem ke komplikované matici odpadní vody bylo u zvolené metodiky složité provést průkazné statistické vyhodnocení. Pro účely statistického vyhodnocení množství mikročástic plastů v odebraných vzorcích a pro posouzení účinnosti technologie byly sledovány absolutní počty částic zachycených na filtrech a pomocí lineární diskriminační analýzy a linearizací byly určeny relativní četnosti jednotlivých druhů částic (např. sinice, mikroplasty, organické, anorganické částice). Z nich byl porovnáním počtů na jednotlivých odběrných místech určen stupeň odstranění v dané velikostní frakci. Účinnost odstranění dosáhla v modifikaci 1) 90,6 % a v modifikaci 2) 77,3 %.

V rámci poloprovozního testování byla sledována léčiva a jejich metabolity. Míra jejich odstraňování byla ovlivněna především fotochemickou oxidací (H_2O_2/UV). Odběry byly realizovány na vstupu a na výstupu z poloprovozní jednotky, analýzy byly prováděny dle normy ČSN EN ISO 21676 [1]. Odběry byly provedeny ve všech třech modifikacích a dále byla analyzována i povrchová voda. Průměrné hodnoty a příslušné směrodatné odchylky jsou uvedeny v Tab. 2, kde ukazatele „léčiva“ reprezentuje sumu všech 80 analytů ze skupiny léčiv.

Tab. 2: Koncentrace léčiv v odpadní a povrchové vodě a ve vstupu a na výstupu z jednotky s uvedenou účinností odstranění při testování všech modifikací technologického uspořádání

Modifikace	Léčiva – vstup [ng l ⁻¹]	Léčiva – výstup [ng l ⁻¹]	Účinnost odstranění [%]
Odpadní voda modifikace 1)	25 831 ± 4 011	14 230 ± 3 782	45
Odpadní voda modifikace 2)*	21 021	9 441	55
Odpadní voda modifikace 3)	37 754 ± 1 109	18 260 ± 491	52
Povrchová voda	1 348 ± 425	-	-

*Proveden pouze jeden odběr – uvedena konkrétní hodnota místo průměrné

Hodnoty účinnosti odstranění léčiv byly mezi testovanými modifikacemi srovnatelné, pohybovaly se od 45 do 55 %. Koncentrace léčiv v povrchové říční vodě byla průměrně 1 348 ng l⁻¹, přičemž koncentrace léčiv v odpadní vodě z ČOV se pohybovaly v řádech desítek nanogramů na litr.

Závěr

Laboratorní analýzy potvrdily, že mikropolutanty (mikroplasty a léčiva) jsou obsaženy jak v odpadní, tak povrchové vodě, přičemž hodnoty v odpadní vodě jsou o cca řád vyšší. Navržená a poloprovozně odzkoušená technologie (sorpce na bentonitu a fotochemická oxidace H₂O₂/UV) je vhodná pro odstraňování mikroplastů. Její nízké investiční náklady z ní činí vhodnou technologii pro úpravu a čištění a vod, zejména ve vybraných provozech v oblasti zpracování plastových materiálů. Míra odstraňování léčiv a jejich metabolitů byla pro aplikaci na odpadní vodě dostatečná a činila cca 51 %.

Literatura

- [1] ČSN EN ISO 21676 (757599) *Kvalita vod - Stanovení rozpuštěné frakce vybraných léčivých přípravků, jejich metabolitů a dalších organických látek ve vodách a v čištěných odpadních vodách - Metoda vysokoúčinné kapalinové chromatografie s hmotnostně spektrometrickou detekcí (HPLC-MS/MS nebo -HRMS) po přímém nástřiku*, 2019.
- [2] J. P. G. L. Frias and R. Nash, "Microplastics: Finding a consensus on the definition," *Marine Pollution Bulletin*, Article vol. 138, pp. 145-147, 2019.
- [3] C. Li, R. Busquets, and L. C. Campos, "Assessment of microplastics in freshwater systems: A review," *Science of the Total Environment*, Review vol. 707, 2020, Art no. 135578.
- [4] J. C. Prata *et al.*, "Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review," *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, Review vol. 110, pp. 150-159, 2019.
- [5] A. A. Koelmans *et al.*, "Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality," *Water Research*, Review vol. 155, pp. 410-422, 2019.
- [6] M. Pivokonský *et al.*, "Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water," *Science of the Total Environment*, Article vol. 643, pp. 1644-1651, 2018.
- [7] M. Pivokonský *et al.*, "Detekce mikroplastů ve zdrojích vody a v pitné vodě na ÚV Káraný, Želivka a Podolí," Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i., Praha, 2019.
- [8] M. Pivokonský *et al.*, "Occurrence and fate of microplastics at two different drinking water treatment plants within a river catchment," *Science of the Total Environment*, Article vol. 741, 2020, Art no. 140236.
- [9] A. Moulisová *et al.*, "Pesticidy a jejich metabolity v pitné vodě: jaký je současný stav v České republice?," *Vodní hospodářství*, vol. 7/2018, 2018.

- [10] J. K. Fuksa and L. Smetanová, "Vliv pražské aglomerace na jakost vody ve Vltavě," *Vodní hospodářství*, vol. 11/2020, 2020.
- [11] J. V. Datel and A. Hrabánková, "Výskyt farmak a jejich metabolitů v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce," *Vodní hospodářství*, vol. 7-8/2022, 2022.
- [12] F. Kožíšek, "Stanovisko Národního referenčního centra (NRC) pro pitnou vodu k otázce sledování léčiv v pitné vodě a jejich přijatelných koncentrací," Státní zdravotní ústav, 2022.
- [13] F. Kožíšek, "Stanovisko Státního zdravotního ústavu – Národního referenčního centra pro pitnou vodu ke zprávě o výskytu mikroplastů v pitné vodě a jeho zdravotním riziku," Státní zdravotní ústav, 2018.
- [14] *DIRECTIVE (EU) 2019/904 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment*, E. Union, 2019.
- [15] Y. Xu *et al.*, "A critical review of microplastic pollution in urban freshwater environments and legislative progress in China: Recommendations and insights," *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Article vol. 51, no. 22, pp. 2637-2680, 2021.
- [16] I. Conti *et al.*, "Legislation to limit the environmental plastic and microplastic pollution and their influence on human exposure," *Environmental Pollution*, Review vol. 288, 2021, Art no. 117708.
- [17] C. S. Lam *et al.*, "A Comprehensive Analysis of Plastics and Microplastic Legislation Worldwide," *Water, Air, and Soil Pollution*, Article vol. 229, no. 11, 2018, Art no. 345.
- [18] *COMMISSION REGULATION (EU) .../... of XXX amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) as regards synthetic polymer microparticles*, E. Union, 2022.
- [19] L. Rizzo *et al.*, "Consolidated vs new advanced treatment methods for the removal of contaminants of emerging concern from urban wastewater," *Science of The Total Environment*, vol. 655, pp. 986-1008, 2019/03/10/ 2019.
- [20] J. Rodríguez-Chueca *et al.*, "Assessment of full-scale tertiary wastewater treatment by UV-C based-AOPs: Removal or persistence of antibiotics and antibiotic resistance genes?," *Science of the Total Environment*, Article vol. 652, pp. 1051-1061, 2019.
- [21] M. R. Karimi Estahbanati *et al.*, "Treatment processes for microplastics and nanoplastics in waters: State-of-the-art review," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 168, p. 112374, 2021/07/01/ 2021.
- [22] Y. Pan *et al.*, "Removing microplastics from aquatic environments: A critical review," *Environmental Science and Ecotechnology*, vol. 13, p. 100222, 2023/01/01/ 2023.
- [23] R. Y. Krishnan *et al.*, "Recent approaches and advanced wastewater treatment technologies for mitigating emerging microplastics contamination – A critical review," *Science of The Total Environment*, vol. 858, p. 159681, 2023/02/01/ 2023.

Vodní mikroturbíny pro vodárenství

Dr. Ing. Petr Nowak

Ing. Eva Bílková, Ing. Jiří Souček

ČVUT v Praze, Fakulta Stavební, Katedra Hydrotechniky
Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice, nowak@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Energetická krize spojená s prudkým nárůstem cen elektřiny, které vznikla jako důsledek ruské agrese na Ukrajině, dala nový impuls k energetickému využití i velmi malých zdrojů. Systémy úpravy, akumulace a dopravy pitné vody ke spotřebiteli představují prozatím nevyužitý hydroenergetický potenciál. Vytipování vhodných lokalit a stanovení předpokládané roční výroby elektrické energie je prvním krokem. Následně investor a provozovatel vodárenského systému společně s konzultantem definuje požadovanou funkcionalitu a provozní priority kladené na novou vodní mikroelektárnu. Představena jsou různá technologická řešení a srovnány výhody a nevýhody jednotlivých koncepčních řešení. Příklady realizací vodních mikroelektáren jsou doloženy provozními zkušenostmi. Závěrem je prezentován souhrn doporučení a postupů při vytipování, návrhu, realizaci a provozu vodních mikroelektáren na vodárenských systémech.

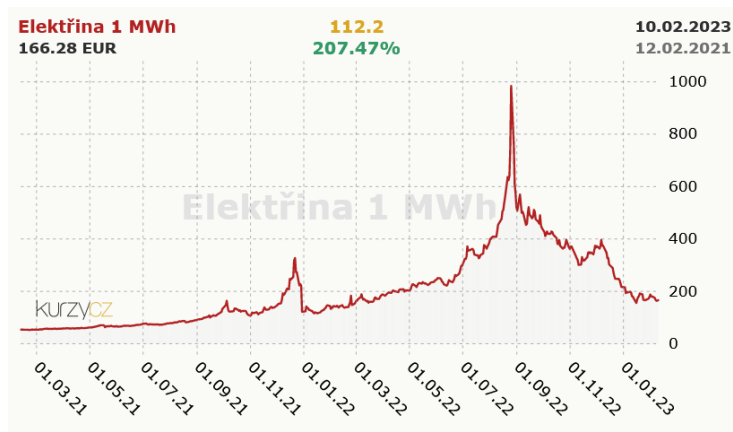
Problematika využití zbytkových spádů ve vodárenství

Významné náklady v oblasti vodárenství tvoří spotřeba elektrické energie na úpravu a dopravu vody. Volatilita cen prakticky všech forem energií zvyšuje zájem dvě základní oblasti – snižování spotřeby a výroby energie. V oblasti čerpací techniky je aktuálním tématem zvyšování účinnosti čerpacích stanic zejména novými typy čerpadel s využitím frekvenčních měničů a přizpůsobení pracovního bodu čerpadla charakteristice hydraulického systému.

Druhou oblastí je energetické využití zbytkových spádů pro výrobu elektrické energie. Cílem je tedy osazení turbínového soustrojí, které převede mechanickou energii vody (převážně ve formě tlakové složky energie) na energii rotující hřídele (výstupní hřídel turbíny) a následně v generátoru na formu elektrické energie. Generátor je zpravidla připojen k síti nízkého napětí a výkon je dodán

k místní spotřebě technologického vybavení vodárenského systému, nebo přetoky do distribuční sítě. Snižování spotřeby může být výrazně ekonomicky výhodnější nežli samotný prodej vyrobené energie do sítě.

Obr. 1 Vývoj ceny elektrické energie na evropské burze



Výpočet hydroenergetického potenciálu a stanovení návrhových parametrů

Výkon turbíny je dán součinem objemového průtoku a tlakového rozdílu mezi vstupním a výstupním profilem turbíny se zohledněním účinnosti

$$P_t = H_t \cdot Q_t \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_t$$

, kde	P_t	výkon na hřídeli turbíny (W)
	Q_t	objemový průtok turbínou (m ³ /s)
	ρ	hustota vody (kg/m ³)
	g	tíhové zrychlení (m/s ²)
	η_t	účinnost turbíny (-)

Vyrobená energie odpovídá časovému integrálu výkonu dodanému za dané časové období

$$E_t = \int_{t_1}^{t_2} P_t(t) \cdot dt$$

, kde	t_1, t_2	začátek a konec měřeného období (s)
	E_t	vyrobená energie (J)

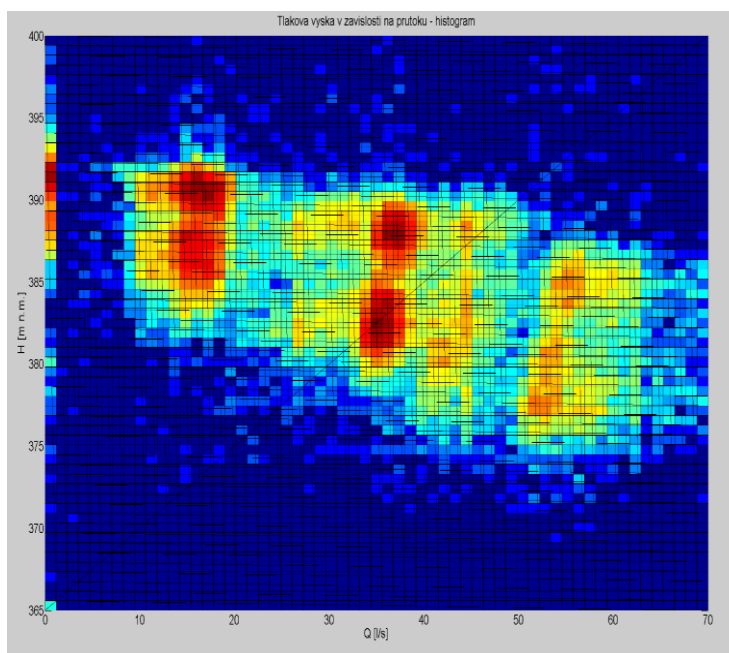
Protože elektrická energie se obchoduje v jednotkách kWh, resp. MWh, je nutné základní jednotku Joule přepočítat

$$1kWh = 3.600.000J$$

, resp. můžeme rovnou integrovat výkon v kW za časový interval v hodinách a rovnou získáme energii v jednotkách kWh. Příjem z provozu turbínového soustrojí je dán prodejem elektrické energie (při dané výkupní ceně), resp. snížením celkové spotřeby (při dané ceně nákupu). Provozní podpora ve formě výplaty zelených bonosů může dále zvyšovat ziskovost provozu.

Za místa vhodná pro energetické využití je možné považovat profily se skokovou změnou úrovně tlakové čáry, kde dochází ke skokovému tlakovému rozdílu. Tyto profily zpravidla odpovídají regulačním uzávěrům sloužícím k regulaci průtoku systémem, zejména na vtocích to vodojemů, přerušovacích komor, přívodů na úpravnu vody apod. Abychom mohli správně stanovit návrhové parametry turbíny, tj. spád a průtok, je vhodné provést analýzu dlouhodobě logovaných hodnot tlaků a průtoků v daných profilech i se zohledněním budoucího vývoje spotřeby a dalších vlivů.

Obr. 2 Histogram provozních dat (H, Q)



Specifické požadavky na turbíny pro vodárenství

Energetické využití zbytkových spádů ve vodárenských systémech je nutné chápat jako vedlejší užitek se zachováním základní priority - zajištění pitné vody v dané kvalitě a kvantitě. Z tohoto důvodu je turbínové soustrojí vždy instalováno jako bypass zpravidla stávajícího regulačního uzávěru tak, aby v případě poruchy nebo výpadku napájení bylo možné vodárenský systém provozovat bez přerušení. Požadavky lze shrnout v následujících bodech podle priorit:

- Bezpečnost

- Možnost převádění průtoku při poruše a servisu soustrojí nebo při výpadku napájení; tento požadavek je možné realizovat dvěma způsoby:
 - Při odstavení turbíny dojde k synchronnímu otevření bypassu (a to i při výpadku napájení pomocí záskokového zdroje, zpravidla UPS)
 - Turbína je schopna převést průtok i při výpadku napájení a dále umožňuje regulaci průtoku v neenergetickém provozu (vhodné zpravidla u Peltonových turbín s pomocí deflektoru/deviátoru)
- Omezené ohrožení tlakovými rázy při rychlé změně průtoku mohou ohrožovat bezpečný provoz vodárenského systému. V případě dlouhých přivaděčů je protirázová ochrana důležitá u reakčních turbín. Je nutné analyzovat vznik hydraulického rázu zejména při výpadku napájení, resp. tripu generátoru.

- Kvalita

- Veškeré plochy, kterou jsou ve styku s pitnou vodou (surovou, resp. upravenou) musí splňovat hygienické požadavky.
- Je nutné se vyhnout ovládání pomocí hydraulického oleje a zajistit, aby případný únik mazacího oleje ložisek nemohl vodu kontaminovat. Samosvorné pomalé elektrické aktuátory s integrovanými snímači polohy, koncových poloh a přetížení jsou preferované.

- Kvantita

- Turbína musí umožňovat přesnou regulaci průtoku podle požadavků vodárenského dispečinku. U některých lokalit je možné využít čerpadla v turbínovém režimu (PAT) s velmi omezenou možností regulace průtoku, resp. je možné průtok skokově regulovat provozem více čerpadel v paralelním zapojení. Tento způsob ale s ohledem na nízkou účinnost nedoporučujeme.

Typy turbín a jejich vhodnost pro vodárenství

Pro vodárenské aplikace je možné využít různé typy turbín, které mají dané výhody a nevýhody. Pro přehlednost uvádíme jednotlivé kategorie heslovitě:

- Akční turbíny

- Peltonova turbína
 - **výhody**
 - konstrukční jednoduchost – pouze ostřikovací labyrint bez nutnosti těsnění hřídele
 - vysoká účinnost
 - široký regulační rozsah průtoku
 - bez kavitace
 - při výpadku napájení nedojde k ovlivnění průtoku, resp. nepůsobí hydraulický ráz
 - možnost bezenergetického provozu při průběžných otáčkách, resp. možná instalace deflektoru/deviátoru
 - dlouhá životnost a nízké provozní náklady
 - **nevýhody**
 - nutnost instalovat nad maximální dolní provozní hladinu (zpravidla je instalace v úrovni střechy vodojemu)
 - nízké specifické otáčky, resp. vhodné pouze pro vyšší spády a malé průtoky

- Turgo – v Čechách se nevyrábí a nejsou zde žádné provozní zkušenosti
- Bánki – je na přelomu akčních a reakčních turbín; Některé instalace vykazují vysoké vibrace, hluk, nízkou účinnost a omezené regulační schopnosti. Při výpadku způsobí hydraulický ráz.

Obr. 4 Horizontální jednotrysoká Peltonova turbína



Obr. 3 Vertikální pětistruská Peltonova turbína



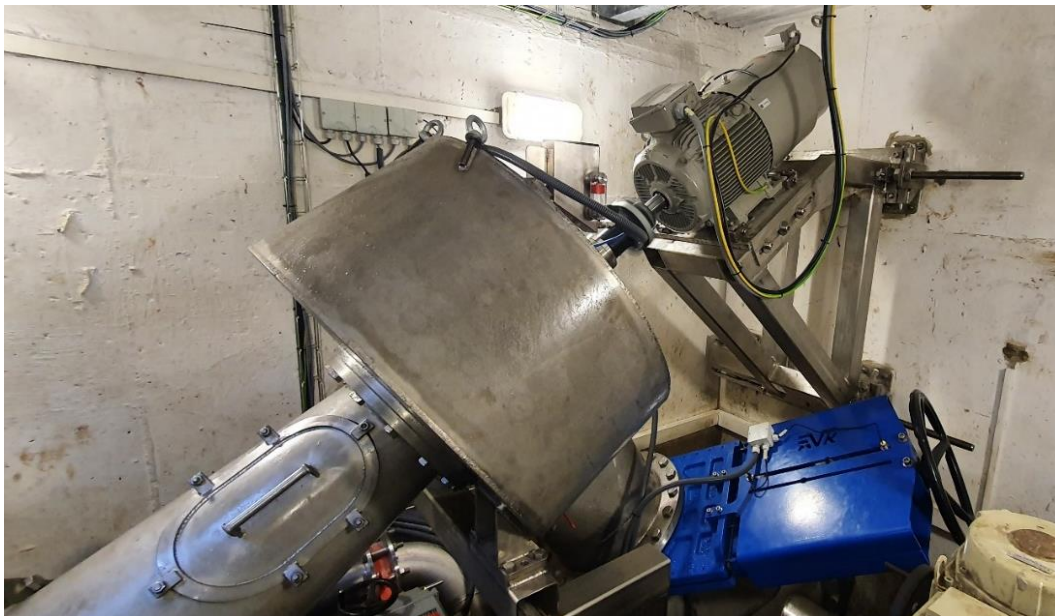
Peltonovy turbíny se ve vodárenských systémech úspěšně provozují zejména s ohledem na konstrukční jednoduchost a vysokou spolehlivost.

- Reakční turbíny

- **Výhody**
 - Vysoké specifické otáčky - jsou vhodné pro nižší spády a vyšší průtoky
 - Možnost instalace do tlakového systému – nutný tlakový vstup i výstup
- **Nevýhody**
 - Riziko hydraulického rázu při výpadku napájení
 - Riziko kavitace při daném výškovém umístění
 - Nutné řešit ucpávku hřídele a její hygienickou nezávadnost
- **Typy turbín**
 - Axiální turbína – vrtulová, Kaplanova, semi-Kaplanova
 - Radiální – Francisova, modifikace diagonální
 - PAT (Pump As Turbine) – využití čerpadel v turbínovém režimu
 - **Výhody**
 - Vybrané typy s hygienickým atestem
 - Levné řešení, množství výrobců
 - **Nevýhody**
 - Bez možnosti regulace průtoku, výjimečně uzávěrem paralelně nebo sériově řazeným, nebo provozními otáčkami s využitím frekvenčního měniče
 - Nízká účinnost
 - Obvykle neznámé charakteristiky v turbínovém režimu. Vysoké riziko nedosažení návrhových parametrů, zejména průtoku a výkonu.

Jako vzorovou realizaci axiální reakční vrtulové turbíny s regulovaným rozváděčem a proměnnými provozními otáčkami bychom uvedli zakázkově navržené soustrojí do strojovny spodních výpustí přehrady Podhora, která slouží jako zásobárna pitné vody pro přečerpávání do vodní nádrže Mariánské Lázně. Dvojitá regulace (natočení rozváděcích lopatek a nastavení optimálních provozních otáček) umožňuje velmi široké pásmo regulace průtoku ($Q = 70\text{--}350\text{ l/s}$) při čistém spádu cca 7,5 m a zajištění vysoké účinnosti celého soustrojí. Celé soustrojí je vyrobeno z nerezového materiálu a splňuje požadavky na styk s pitnou vodou.

Obr. 5 Vrtulová turbína s regulovaným rozváděčem a proměnnými provozními otáčkami



ZHODNOCENÍ

Razantní zvýšení cen elektrické energie zvýšilo zájem o energetické využití lokalit i s poměrně nízkými instalovanými výkony. Vodárenské systémy představují vhodný potenciál zejména s ohledem na vysokou ekonomickou efektivitu výstavby a provozu turbínových soustrojí, trvalý provoz s malými výkyvy průtoků a nízkými provozními náklady (existující infrastruktura – stavba, elektrická přípojka, nadřazený dohledový systém, zaškolený personál, čistá voda apod.).

K návrhu turbínového soustrojí nelze přistupovat shodně jako k návrhu čerpací stanice. Je nutné zohlednit místní podmínky a s ohledem na vysoké výkupní ceny se soustředit na regulační schopnosti soustrojí při vysoké účinnosti. Tohoto cíle je možné dosáhnout zákaznickým řešením, návrhem soustrojí „na míru“ dané lokality. Optimalizační metody spojené s matematickým modelováním proudění umožní efektivní návrh hydraulického obvodu pro dosažení požadovaných provozních parametrů.

CNC technologie výroby klíčových komponent turbíny – zejména oběžného kola – umožní rychlé a ekonomické dodání soustrojí i při kusové výrobě malých soustrojí.

PODĚKOVÁNÍ

V článku byly využity výsledky projektu TAČR TH04010140 - „Inovativní návrh kompaktního soustrojí Kaplanovy mikro-turbíny“, který byl realizován společně s univerzitou UJEP a firmou Elzaco, s.r.o. Dokumentace z instalace soustrojí je rovněž poskytnuta firmou Elzaco. Vrtulová turbína byla dodána pro podnik Povodí Ohře, s.p.

Malá vodní elektrárna ve VDJ Jesenice

Ing. Miroslav Tomek¹⁾

Ing. Jiří Mrkva²⁾

1) VODING Hranice spol s.r.o., Zborovská 583, 753 01, Hranice

2) VODA Želivka, a.s., K Horkám 16/23, 102 00 Praha 10

Abstrakt

V rámci rekonstrukce přítokových komor vodojemů Jesenice 1 a 2, která proběhla v letech 2020 – 22 bylo realizováno energetické využití regulace přítoku pitné vody pro výrobu elektrické energie.

Vzhledem k dostatečnému tlaku na konci přivaděče až 32 m vodního sloupce a také požadovanému průtoku v součtu pro 4 komory až $3,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ projektant posoudil, že energetické využití je možné, a to k pohonu vodních turbín s generátory elektrické energie.

Pro každou komoru (celkem 4) byly instalovány 2 samostatné regulační prvky – Francisové turbíny a paralelně ke každé turbíně nové plunžrové regulační ventily.

Náročnost projektu i realizace byla dána vstupními zadávacími podmínkami, zejména zajištění bezpečného provozu štolového přivaděče v délce 52 km, materiálové provedení turbín pro pitnou vodu a také spolehlivou dodávkou pitné vody pro Hlavní město Praha.

Projekt i realizace proběhlo v těsné návaznosti a hotové dílo je plně funkční.

Cílem přednášky je seznámit širší vodárenskou obec se specifikovanými požadavky jak na projekt, tak na dodávku takového díla.

Projektová příprava

Vše začalo u společnosti VODA Želivka a.s. oslovením projektanta se žádostí o zpracování kompletní dokumentace MVE Jesenice ve všech stupních projektu včetně vyřízení územního souhlasu a stavebního povolení. Smlouva s projekční společností byla podepsána dne 9.5.2019. Tento náročný úkol se podařilo splnit, a to v relativně krátké době.

Jako podklad pro zadání stavby byla již k dispozici dobře zpracovaná studie kolektivem autorů Aqatis v Brně dne 25.4.2017 Ing. Oldřich Neumayer, CSc., Doc. Ing. Ondřej Debreczeni, CSc., Ing. Miloslav Kupský, Ing. Josef Malý, Ing. Jaroslav Hladík.

Další podklad, který projektant obdržel byla studie vodního rázu zpracovaná firmou DHI a.s. dne 5.3.2018 autory Ing. Oldřich Kolovrat, Ing. Petr Ingeduld MSs., Ing. Jiří Čermák PhD, Ing. David Hrabák.

Následně projektant zpracoval posouzení možnosti realizace stavby a aktualizace zejména technické proveditelnosti a náklady pro realizaci stavby.

Celá projektová dokumentace akce MVE areál VDJ Jesenice byla rozdělena na části, které vyžadují územní souhlas. Žádost o územní souhlas včetně příslušné dokumentace byl zaslán dne 30.10.2019. Dokumentace včetně územního souhlasu byla investorovi předána 31.1.2020. Jedná se o následující technická a technologická zařízení stavby:

TZ 01 Přípojka VN 22kV

V rámci výstavby MVE Jesenice je vybudována kabelová zemní přípojka VN 22kV s napojením na stávající vrchní vedení ČEZ Distribuce a.s.. Tato přípojka slouží k vyvedení výkonu z výroby MVE Jesenice ve vodojemech 1 a 2 (4x soustrojí) do sítě.

TZ 02 Trafostanice

Řeší novou kompaktní betonovou trafostanice o výkonu 1000 kVA s oddělenými prostory pro rozváděč VN, transformátor a rozváděče NN. Trafostanice je napojena přípojkou vysokého napětí. Měření dodané elektrické energie z MVE Jesenice do sítě je řešeno na straně vysokého napětí, elektroměr je osazen v samostatné skříni.

TZ 04 Vnější kabelové rozvody k VDJ 1

TZ 08 Vnější kabelové rozvody k VDJ 2

Tyto části projektu řeší vyvedení výkonů z jednotlivých soustrojí do trafostanice. Z každého soustrojí jsou vedeny výkonové kabely nízkého napětí v zemi od přítokových komor VDJ1 a VDJ2 k nové trafostanici.

Dále projektant zpracoval části, které vyžaduje „pouze“ stavební povolení. Žádost o stavební povolení včetně příslušné dokumentace byl zaslán dne 24.1.2020. Dokumentace včetně stavebního povolení s nabytím právní moci byla investorovi předána 18.6.2020.

IO 01 MVE VDJ 1 – stavební část

IO 02 MVE VDJ 2 – stavební část

Tyto inženýrské objekty řeší stavební úpravy spojené s osazením soustrojí MVE (malé vodní elektrárny) na přítokové potrubí v prostoru suterénu armaturní komory VDJ 1 a 2.

Po demontážích stávajícího potrubí nátoků do jednotlivých komor v suterénu přítokových komor je provedeno vybourání nevyužívaných betonových bloků po demontovaném potrubí. Stávající ocelové schodiště je demontováno a upraveno pro uvolnění prostoru a nový základ pod zařízení soustrojí MVE. Dle dispozičního uspořádání nových technologických rozvodů potrubí a umístění soustrojí MVE jsou provedeny úpravy ocelových konstrukcí obslužných plošin, schodišť a žebříků. Pod nová zařízení soustrojí MVE a rozvody potrubí jsou na ŽB desce suterénu vybetonovány podpůrné a kotevní bloky pro jejich ukotvení. Pro potrubí savek od turbín jsou v obvodových stěnách komor vybourány prostupy. Po osazení a stabilizaci technologických potrubí do vybouraných otvorů je provedeno jejich vodotěsné dobetonování. Pro odvádění přebytečného tepla z vnitřního prostoru je doplněno nucené větrání pomocí ventilátoru a přísávání vzduchu přes mřížky v obvodových stěnách. V návaznosti na stavební úpravy a výměnu elektroinstalací jsou provedeny opravy a doplnění vnitřních omítek a povrchů.

IO 03 Trafostanice – stavební připravenost

Řeší stavební připravenost pro osazení kioskové trafostanice a následné zemní práce s úpravou okolní plochy.

TZ 03 MVE VDJ 1 – strojně technologická část

TZ 07 MVE VDJ 2 – strojně technologická část

Řeší montáž 2 soustrojí s Francisovými turbínami ve vertikálním uspořádání do přítokové komory VDJ 1 a 2. Dále jejich napojení na přítokové potrubí a nátok do jednotlivých komor vodojemů. Součástí je nahrazení stávajících rozstřikovacích ventilů novými plunžrovými regulačními ventily.

TZ 05 Motorická instalace a MAR MVE VDJ 1

TZ 09 Motorická instalace a MAR MVE VDJ 2

Řeší elektrotechnickou část pro soustrojí a elektroinstalaci přítokových armaturních komor. Jedná se o nové rozvody motorické instalace a MAR s využitím moderní techniky a bezpečnosti provozu elektrických zařízení. Součástí je i silové propojení generátorů s jištěním a silové vývody napájení 3x400V/50Hz a měření vyrobené elektrické energie každého soustrojí.

TZ 06 Automatizovaný systém řízení MVE VDJ 1

TZ 10 Automatizovaný systém řízení MVE VDJ 2

Řeší regulaci přítoku do jednotlivých komor VDJ Jesenice I. Dále monitorování všech zařízení, dálkové automatické řízení a přenos dat na dispečink provozovatele. Jsou doplněny 3 PLC (automaty) pro přítokovou komoru VDJ 1, VDJ 2 a trafostanici. Vše je propojeno optickými kabely pro spolehlivé řízení a přenos dat.

Skladba projektové dokumentace na inženýrské objekty a technická a technologická zařízení byla dána také navrhovaným postupem výstavby a rekonstrukce na části týkající se VDJ 1 a samostatně na části týkající se VDJ 2 zejména z důvodu výstavby za provozu a nepřerušného zásobování pitnou vodou Hlavního města Prahy.

Následně projektant zpracovával zadávací dokumentaci a dokumentaci pro provedení stavby, která byla investorovi a zhotoviteli předána 4.3.2021.

Úpravna vody Želivka a štolový přivaděč

Úpravna vody Želivka spolu s vodárenskou nádrží Švihov, tlakovým přivaděčem a vodojemem Jesenice, vytváří unikátní soubor vodohospodářských staveb zajišťující dodávku pitné vody pro téměř 1,3 mil. obyvatel hlavního města Prahy a řady měst a obcí ve Středočeském kraji a Kraji Vysočina. Svými parametry se tak řadí mezi nejvýznamnější úpravy pitné vody nejen u nás, ale i ve střední Evropě.

Štolový přivaděč pro dopravu pitné vody byl vybudován hornickým způsobem. Jedná se o raženou štolu s betonovou obezdívkou, kruhového profilu DN2640 a délce 52 km. Štolový přivaděč je ukončen uzávěrovou komorou v obci Vestec, kde se rozvětňuje do dvou potrubí DN 1600 délky 606 m, která vyústí v přítokových komorách vodojemu Jesenice I. Vodojem Jesenice I zajišťuje akumulaci vody před její distribucí do pražské vodovodní sítě.

Vyhodnocení možnosti instalace MVE ve VDJ Jesenice I

Koncová akumulace upravené vody přitékající štolovým přivaděčem se skládá ze dvou prakticky stejných vodojemů (VDJ 1 – „starý“, z r. 1971 a VDJ 2 – „nový“, z r. 1983). Každý z VDJ 1 a 2 má dvě akumulační nádrže o rozměrech 140 x 47,45 m, hloubce 7,5 m a o objemu 50 000 m³. Celkový objem akumulace Jesenice je tedy 200 000 m³.

Aktualizace ekonomické návratnosti vychází z podrobnější cenové kalkulace soustrojí MVE a trafostanice včetně výměny rozstřikovacích ventilů za plunžrové regulační ventily. Objem proteklé vody za rok 2018 činí:

-VDJ 1: 37 197 364 m³/rok.

-VDJ 2: 44 617 589 m³/rok.

Celkem 81.814.953 m³/rok, průměrný průtok je 2,5943 m³.s⁻¹.

Provozování Francisové turbíny v rozsahu průtoků 400 l.s⁻¹ až 900 l.s⁻¹ je možné i s dostatečným energetickým využitím. Účinnost turbíny pod 50% jmenovitého průtoku výrazně klesá. Nepředpokládá se však dlouhodobý provoz na nižší průtoky na jedno soustrojí než 450 l.s⁻¹

Spádové poměry vycházejí z hladin rozdělovacího VDJ Želivka a z hladin vodojemů VDJ 1 a 2.

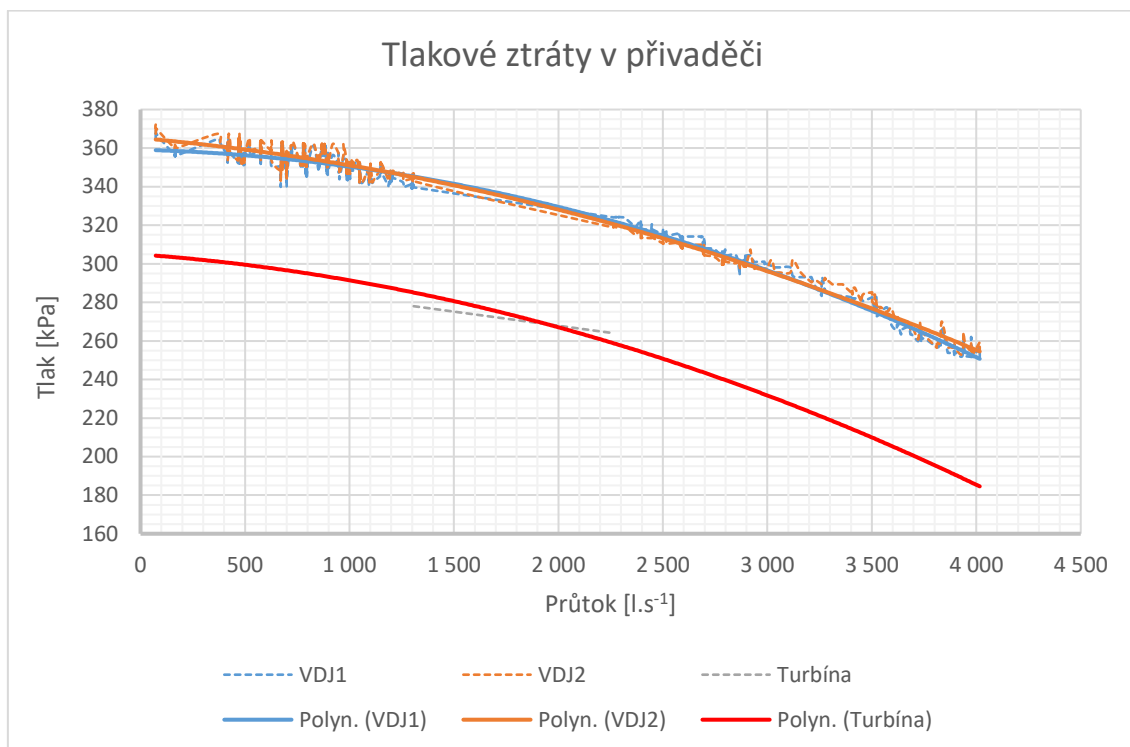
Kóty hladin:	max.	min.	běžná
RV Želivka	369,00	365,00	368,00
VDJ 1 a 2	336,00	332,00	334,00

Maximální hrubý spád $H_{\text{btto,max}} = 37 \text{ m}$

Minimální hrubý spád $H_{\text{btto,min}} = 29 \text{ m}$

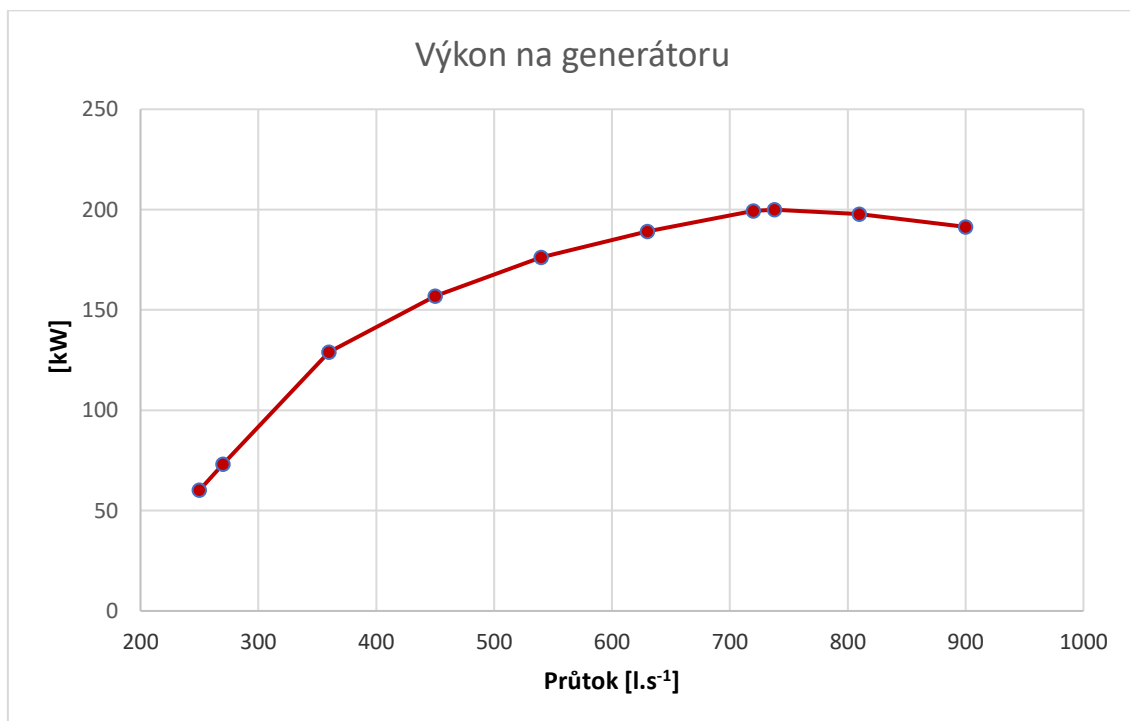
Průměrný hrubý spád $H_{\text{btto,st.}} = 34 \text{ m}$

Graf 1. Q-H průběh v přítokových komorách VDJ Jesenice I.



Čistý spád je dopočítán podle maximální hladiny ve VDJ Jesenice a místních ztrát v potrubí, tvarovkách a armaturách přítokové komory VDJ.

Graf 2. Výkon jednoho generátoru pro čistý spád 200 kPa při celkovém průtoku přivaděčem 3.600 l.s⁻¹



Špičkový výkon generátoru je až 245 kW při provozním tlaku 300 kPa.

Provozní požadavky na návrh MVE

Rozsah průtoků do jednotlivých komor pro energetické využití byl dán až 3.600 l.s^{-1} . Na jednu turbínu vychází hltnost 900 l.s^{-1} . Minimální průtok pro energetické využití je dán provozními podmínkami Francisové turbíny, který by neměl dlouhodobě klesnout pod 450 l.s^{-1} . Průměrný průtok se pohybuje cca 650 l.s^{-1} na jednu turbínu, což je ještě v příznivé účinnosti.

Projektant řešil také nátok do jednotlivých komor VDJ tak, aby při provozu turbín nebylo negativně narušeno stávající proudění vody v komorách. Výstup z turbíny za savkou je redukován na DN1000 a zaveden do stávajícího přítokového potrubí DN1600, které je ukončeno výtokovým trychtýřem.

Plunžrovými regulačními ventily lze jednotlivé komory VDJ plnit až 1.250 l.s^{-1} . V součtu na přítoku přiváděčem až 5.000 l.s^{-1} . I tento požadavek byl splněn. Energetické využití je možné i pro tyto mimořádné průtoky, a to paralelním provozem turbíny.

Turbína

Pro realizaci byla vybrána rychloběžná Francisová turbína ve vertikálním uspořádání. Oběžné kolo na prodloužené hřídeli generátoru. Celá konstrukce turbíny je z nerezové oceli včetně skříňe a keramické ucpávky vyhovující pro trvalý styk s pitnou vodou.

Konstrukce turbíny nezpůsobuje významné brždění průtoku při volnoběžných otáčkách a je prodloužena doba výdrže na volnoběh včetně konstrukce generátoru až na 20 minut.

PARAMETR	OZNAČENÍ	HODNOTA
Typ	FV256-404/430	-
Max. čistý spád	$H_{\max}$	37,86 m
Maximální průtok	$Q_{T\max}$	$0,9 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$
Maximální výkon turbíny na hřídeli	$P_{T\max}$	248,6 kW
Výstupní průměr oběžného kola	D_{OK}	430 mm
Jmenovité otáčky turbíny	n_T	1000 min^{-1}
Maximální průběžné otáčky turbíny	n_p	2305 min^{-1}

Technické řešení instalace soustrojí do přítokových komor VDJ Jesenice

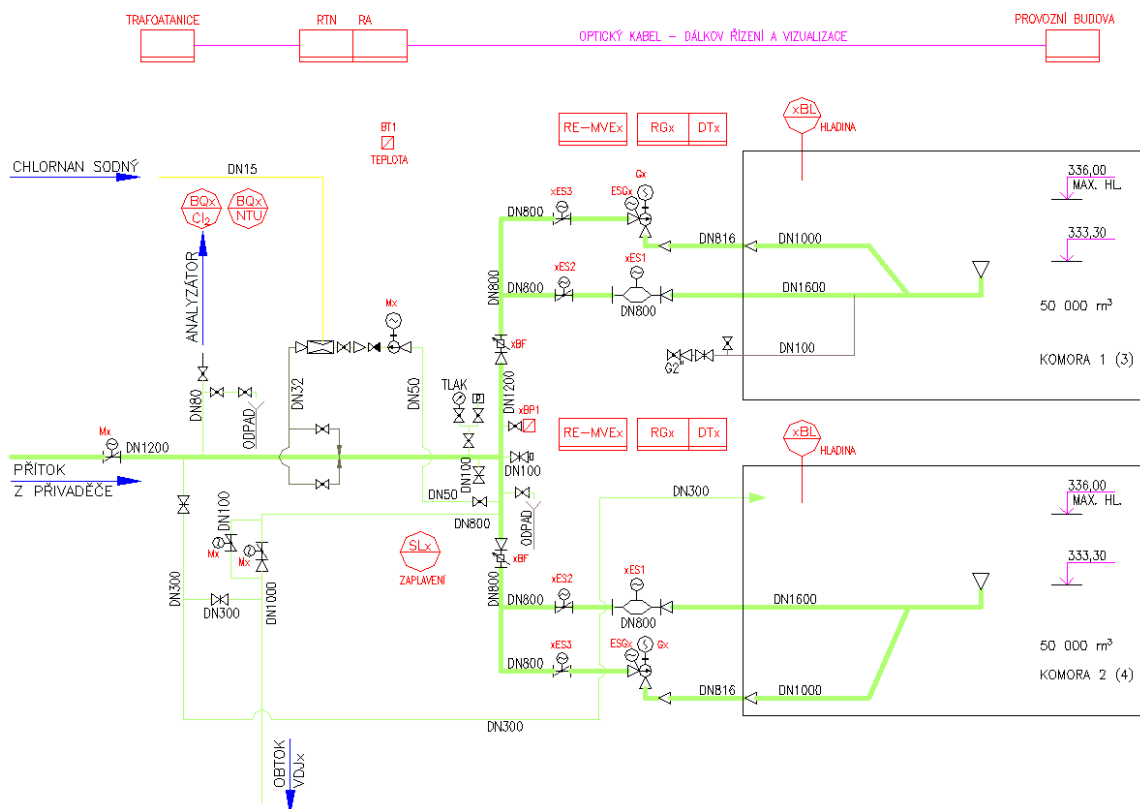
V armaturní komoře vodojemu 1 a 2 jsou osazeny celkem 4 soustrojí Francisová turbína se synchronním generátorem ve vertikálním uspořádání. Maximální výkon generátoru je 250kW. V součtu 4 soustrojí při maximálním průtoku 3.600 l.s^{-1} a vyšším, je dosažitelný maximální výkon cca 200 kW na jednom generátoru a to poklesem tlaku v přiváděči. Turbíny zabezpečují regulační funkci přítoku vody samostatně do každé komory. Náhradním akčním prvkem pro regulaci je nový plunžrový regulační ventil DN800 s elektrickým servopohonem napájeným zálohovaným zdrojem elektrické energie.

Regulace průtoku probíhá prostřednictvím dálkově řízeného automatu a požadovaného průtoku vody polohováním regulačních klapek turbíny. Tento způsob regulace v rozsahu od cca 450 l.s^{-1} do 900 l.s^{-1} je hlavní, náhradní regulace průtoku je pomocí nového plunžrového regulačního ventilu až do maximálního průtoku dle tlakových poměrů až 1250 l.s^{-1} .

Uzavírací klapky se servopohonem ve směru na regulační armaturu DN800 a uzavírací klapka ve směru na turbínu (MVE) jsou napájeny záložním zdrojem. Servopohony umožňují režim změny rychlosti přestavení, tím lze plynule měnit dobu uzavírání. Takto je zabezpečena plynulost průtoku jak při otevírání, tak při uzavírání a jsou tak vyloučeny tlakové rázy v přiváděči vlivem manipulace s armaturami.

Regulační armatura, plunžrový ventil je programově řízena – polohována podle žádaného průtoku. Při uzavírání přítoku na turbínu v případě výpadku elektrické energie, nebo poruše se programově plynule otvírá plunžrový regulační ventil a přebírá regulaci na požadovaný průtok. Takto je zajištěn plynulý přechod a nepřerušovaná dodávka vody.

Obr. 1 Technologické schéma přítokových armaturních komor VDJ Jesenice I



Vyvedení výkonu MVE

Vyvedení výkonu je do sítě vysokého napětí 22kV. Připojení na stávající distribuční vrchní vedení VN linky, kabelosvod a zemní VN kabely k trafostanici umístěné mezi vodojem 1 a vodojem 2.

Trafostanice je kiosková 3 prostorová v sestavě rozvaděč VN 22kV, transformátor 22/0,4kV výkonu 1000 kVA, vývodový rozvaděč NN, skříň měření USM. Měření odebrané a dodané energie na straně VN.

Vzhledem k přenášenému výkonu z každého generátoru až 250 kW na napětí 3x400V a především zcela nezávislého napájení až k bodu trafostanice je vyvedení výkonu od každého generátoru samostatně. Z každé armaturní komory vodojemu jsou vedeny 2 samostatné vývody zemními kabely. Dále je zajištěno na vývodu výkonu z každého generátoru měření vyrobené elektrické energie.

Za rok 2022 vyrobily 2 soustrojí MVE ve VDJ 1 celkem 3.271 MWh čisté elektrické energie. Celkem za dobu provozu bylo vyrobeno více jak 4.000 MWh elektrické energie na 2 soustrojích.

Soustrojí 3 a 4 ve VDJ 2 jsou po kolaudaci a zkouškách, připraveny k okamžitému spuštění po smluvním povolení navýšení výkonu ČEZ Distribuce a.s. a OTE. V dalším období lze očekávat až 2násobné objemy vyrobené čisté elektrické energie.

Servopohony pro ovládání armatur

Pro ovládání plunžrového regulačního ventilu DN800 je použit elektrický servopohon s napájecím napětím 3x400/230V, 50Hz. Tento servopohon musí zabezpečit regulaci i při výpadku v dodávce elektrické energie. Toto je zabezpečeno frekvenčním měničem s napájením na vstupní straně 230V, 50Hz ze záložního zdroje (UPS). Výhoda této sestavy je v tom, že je použito standardního pohonu a při regulaci se uplatňuje možnost frekvenčního měniče plynule spojitě měnit rychlost přestavení regulační armatury. Takto lze dosáhnout velice přesné nastavení a udržování požadovaného průtoku.

Obdobně je použito servopohonů na uzavíracích armaturách DN800 před plunžrovým regulačním ventilem a před turbínou. Servopohony s frekvenčním měničem napájeným ze záložního zdroje. U tohoto pohonu je využito možnosti změny rychlosti přestavení v krajní poloze zavřeno do (12%) pomalým chodem a krokováním a do 20% pomalým chodem, kdy je dle průtokové charakteristiky klapky výrazný nárůst průtoku, klapka se otevírá pomaleji. Tři rychlosti přestavení klapky zaručují plynulý přechod průtoku. Výhodou této sestavy je, že i při ručním ovládání klapky, je zachován tento režim změny rychlosti přestavení.

Seznam použitých zdrojů

Studie proveditelnosti MVE areál VDJ Jesenice, zpracovatel AQATIS 25.4.2017 kolektiv autorů.

Studie vodního rázu pro MVE Jesenice, zpracovatel DHI a.s. 03/2018 kolektiv autorů.

Projekty akce PI16018 MVE areál VDJ Jesenice ve stupni DÚR, DSP, DZS a DPS, zpracoval Voding Hranice spol. s r.o. v letech 2019-2021.

Výrobní dokumentace soustrojí, MAVEL a. s.

Kontakty

Ing. Miroslav Tomek, Voding Hranice spol. s r. o. - Hlavní inženýr projektu

e-mail: miroslav.tomek@voding.cz, tomek.elektro@seznam.cz

tel: 581 675 222, mobil: 605 555 580

Ing. Jiří Mrkva, Voda Želivka a.s. – Výkonný ředitel Želivská provozní a.s.

e-mail: mrkva@zelivska.cz

tel: 327 518 203, mobil: 606 604 139

Smart metering ve vodárenství

Ing. Pavel Kilián

IoT.water a.s.

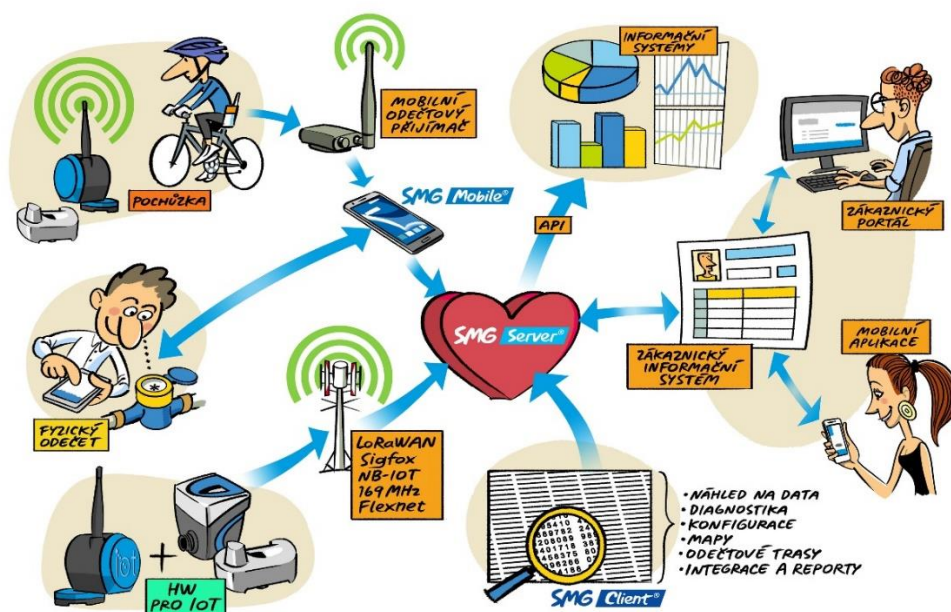
IoT.water je česká společnost, založená v roce 2015, která se zaměřuje na dálkové odečty vody. Za poměrně krátkou dobu na trhu má společnost velkou řadu zkušeností jak s největšími vodárnami v ČR, tak i s malými obcemi.

Moderní přenosové technologie nabízejí oboru vodárenství skvělé možnosti. Téměř celá Česká republika je již pokrytá IoT sítěmi Sigfox, LoRa a NB-IoT. Právě internet věcí (Internet of Things) umožňuje využívat zařízení s velmi nízkou energetickou spotřebou a dlouhou výdrží baterie. Zákazník tak může v reálném čase sledovat v mobilní aplikaci spotřebu vody nebo reagovat na havárii a zabránit tak škodám. Vodárny zase řídí a monitorují svěřený majetek pomocí dispečerských systémů, mohou omezit či předvídat významné havárie, stejně jako efektivně nastavit plán obnovy a ekonomicky optimální rozvoj sítí.

IoT.water řešení – Smart Metering Grid (SMG) – zajišťuje přenos ze všech dostupných systémů měření a z velkého počtu různých typů vodoměrů, včetně využití dostupných bezdrátových IoT sítí a pochůzkových systémů. SMG řešení tedy integruje různé systémy a zajišťuje přenos do interních systémů vodáren. Tato data jsou poté využita pro interní účely, nebo i směrem ke koncovému zákazníkovi.

Obr. 1 Koncept Smart Metering Grid

Koncept SMG (Smart Metering Grid)



Akvizice dat

K získání častých a aktuálních dat je vhodné používat přenos dat přes různé IoT sítě (LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT atd.). Odečtová hlava (OH) v takovém případě komunikuje s nejbližšími základnovými stanicemi operátorů. Hlavní výhodou tohoto řešení je dostupnost naměřených dat téměř v reálném čase a možnost efektivního zpracování takového druhu dat.

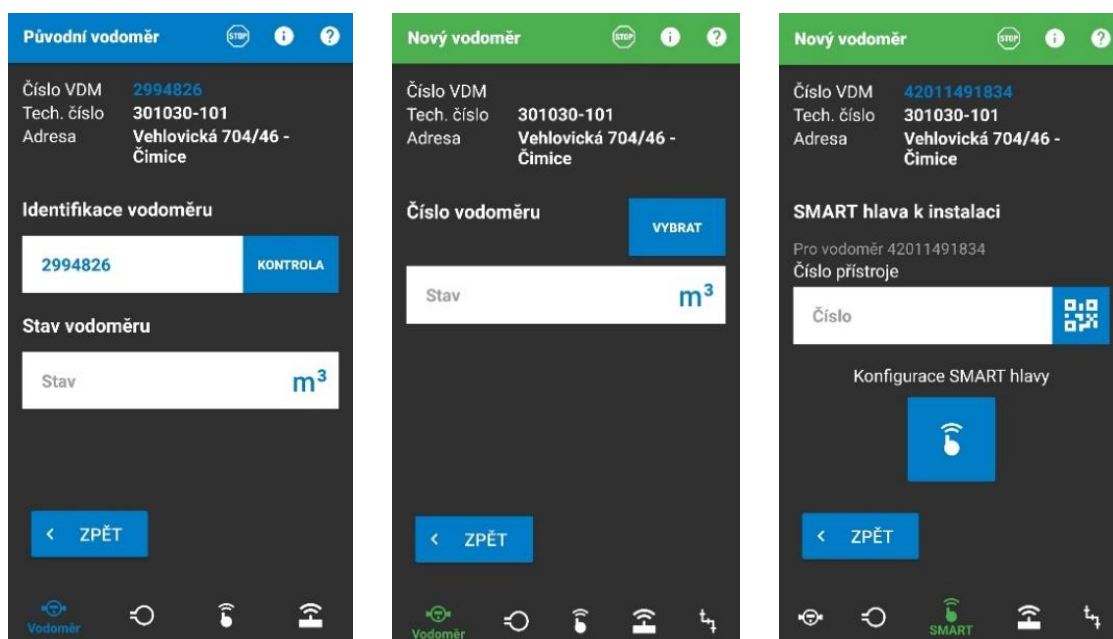
Další možností dálkového odečítání je využívání pochůzkových systémů, při němž dochází ke sběru dat pomocí zařízení MOP (Mobilní Odečtový Přijímač). Z tohoto zařízení se data přenášejí do mobilního telefonu, kde lze průběh odečtové trasy sledovat v aplikaci SMG Mobile. Data je možné na serverové úložiště přenést i při využívání základních manuálních odečtů, a to přímým zadáním údajů do aplikace SMG Mobile, odkud jsou informace posílány přes internet na server.

Řešení SMG je kompatibilní s vodoměry značek Sensus / Itron / Elster a řadou dalších vodoměrů s impulzním výstupem, stejně tak s chytrými vodoměry Kamstrup, Sensus a Itron. Řešení SMG integruje různé odečtové systémy, a to jak na úrovni pochůzkových odečtů (Sensus, Kamstrup, Itron, Elster), tak získává tyto data i z databází těchto dodavatelů (Sensus FlexNet, Softlink CEM, apod.)

Správa a vyhodnocení dat

Mobilní android aplikace SMG Mobile vedle podpory práce v terénu zajišťuje realizaci odečtů, zároveň také instalaci a správu zařízení vzdáleného odečtu. Součástí je i modul pro elektronizaci montážních listů, jehož ukázka je na obrázku 2. Modul je plně propojen se ZIS, kde probíhá příprava dávek pro generování montážních listů, stejně jako generování výzev odběratelům nebo výdej vodoměrů a příslušenství.

Obr. 2 Ukázka aplikace Elektronický Montážní List



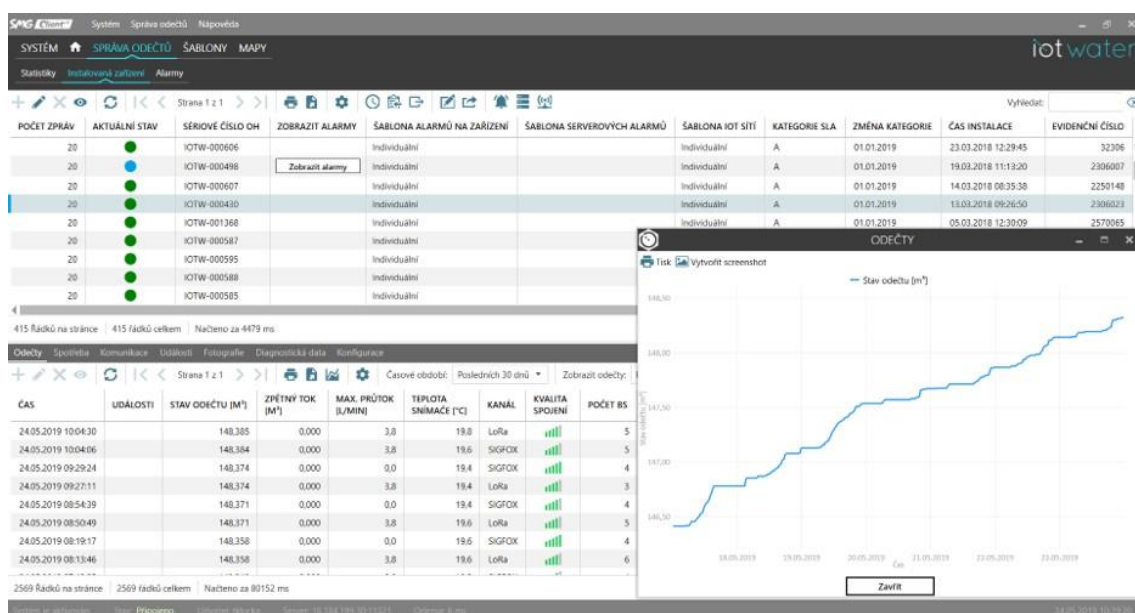
V řešení SMG jsou veškerá data ukládána do jednoho bezpečného a konzistentního zdroje (SMG Server), odkud jsou dále centrálně poskytována všem systémům vodárny jako například Zákaznický informační systém (ZIS) nebo dispečink. Ze ZIS lze data zobrazovat i koncovým zákazníkům prostřednictvím zákaznického portálu nebo mobilní aplikace.

Ve Windows aplikaci SMG Client probíhá správa celého SMG systému. V aplikaci jsou zobrazeny jednotlivé odečtové hlavy s detailními informacemi – stav odečtu, alarmové události, kvalita signálu atd.

Alarmové události se mohou zobrazovat v těchto případech:

- Trvalý průtok
- Zpětný tok
- Nulová spotřeba
- Vyšší než očekávaná spotřeba
- Nižší než očekávaná spotřeba
- Nízká teplota
- Poškození snímače/kabeláže
- Zatopení snímače
- Odejmutí snímače
- Nekalibrovaný stav
- Nestabilní IoT signál
- Ztráta IoT signálu
- Nízký stav baterie
- Vybitá baterie

Obr. 3 Správa odečtů v aplikaci SMG Client



Zákaznický informační systém

Zákaznický informační systém obvykle slouží k evidenci zákazníků a kontaktu s nimi, nicméně může být doplněn o nadstavbu týkající se smart meteringu. V takovém případě funguje ZIS jako hlavní zdroj dat o koncových odběrných místech, k němuž přistupují softwarová řešení dálkových odečtů a naměřená data do něj zapisují prostřednictvím naprogramovaného rozhraní. Příklad takového softwaru je i SMG s jeho ověřeným a úspěšným rozhraním do ZIS od společnosti UTILITES SYSTEMS a.s.

Při úspěšné integraci těchto systémů jsou v ZIS dostupná aktuální data ze všech odečítaných odběrných míst neohledně na způsobu získání dat (IoT síť, pochůzka, manuální odečty) a to včetně informačních hlášení o neobvyklých stavech, jako například trvalý průtok, nadměrná spotřeba vody nebo nízká teplota. K vyhodnocování těchto informačních hlášení dochází jak na straně SMG, tak v některých případech přímo v ZIS.

Aktuální údaje o stavu vodoměru mohou být využity k fakturaci a spolu s informačními hlášeními je lze poskytnout koncovým zákazníkům v rámci služby, která je dostupná buď pomocí zákaznického portálu na internetu, nebo v mobilní aplikaci.

Data z dálkových odečtů je možné využívat i pro další účely, zejména pak:

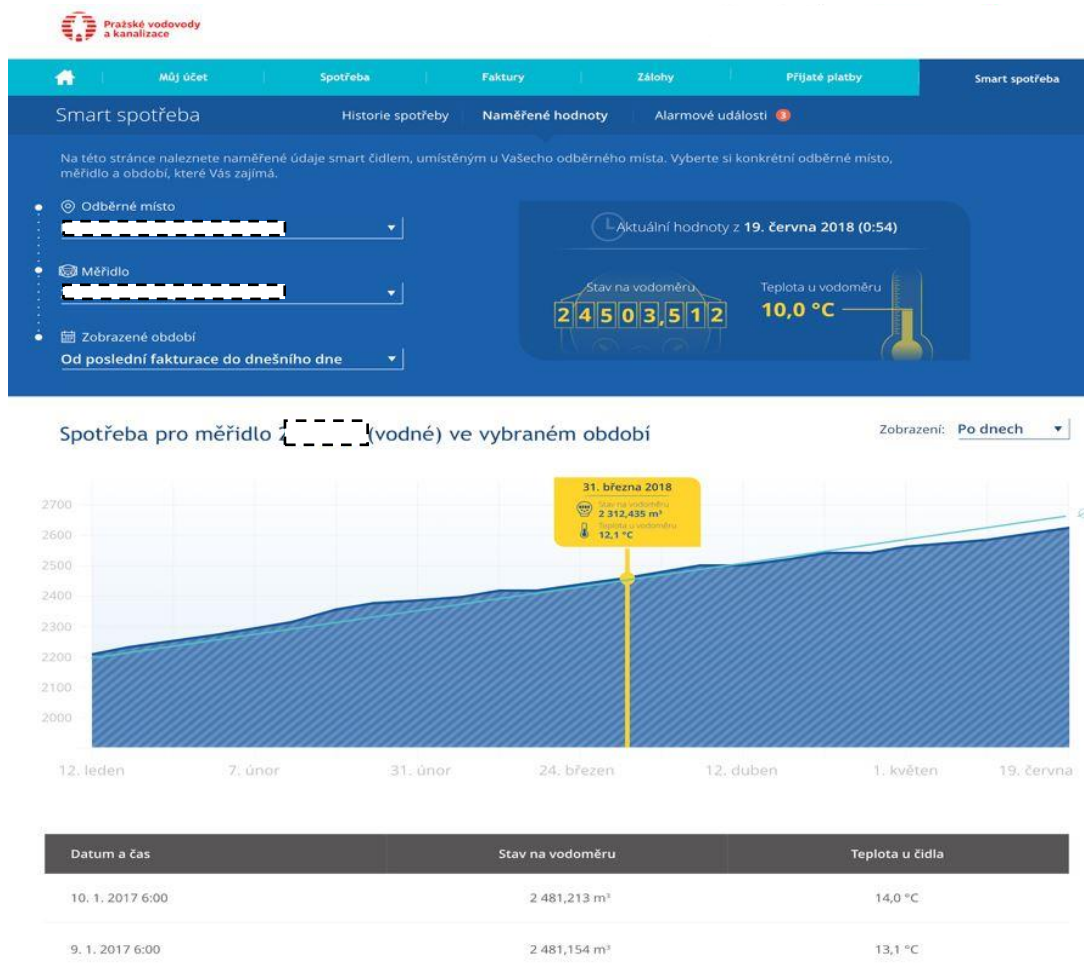
- Pro fakturační účely – efektivní práce zaměstnanců vodárny
- Pro blokaci rozpočtu odečtů – fakturace dle skutečné spotřeby
- Při výpočtu dohadné položky – přesnější výpočet dohadné položky
- Při výpočtu bilančních oblastí

Zákaznický portál a mobilní aplikace

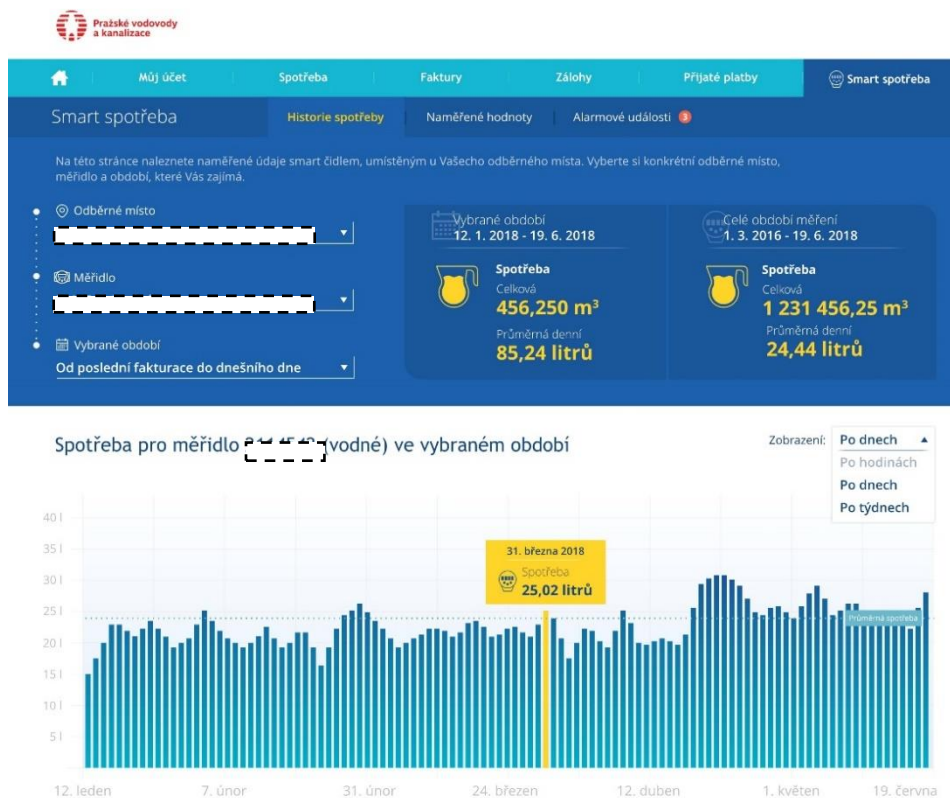
Většina vodáren v ČR již má k dispozici svůj zákaznický portál, případně i mobilní aplikaci pro koncového zákazníka, který zde má různé možnosti. Typicky má přehled o vyúčtováních a zálohách, může si vyřídit vybrané požadavky online jako například změnu nastavení úhrad nebo nahlášení samoodečtu. Najde zde také informace o haváriích a odstávkách vodovodu a nejbližší kontaktní místa dané společnosti.

Někteří dodavatelé Zákaznického informačního systému už nabízejí možnost rozšířit zákaznický portál o agendu dálkových odečtů. Níže je uveden jako příklad zákaznický portál Moje Veolia, který vyvinula společnost Veolia pro své vodárenské společnosti v ČR a tohle rozšíření je v něm dostupné. Obsahuje informace o historii své spotřeby, aktuálním stavu odečtu nebo například průměrné denní spotřebě na odběrném místě. Zákazník si zde může nastavovat limitní hodnoty pro jednotlivá informační hlášení, jako například trvalý průtok, nulová spotřeba, nebo vyšší než očekávaná spotřeba. Zobrazování případných upozornění je možné jak v portálu, tak jejich odesílání pomocí SMS nebo e-mailu. Rozšíření o smart agendu je zobrazeno na následujících obrázcích.

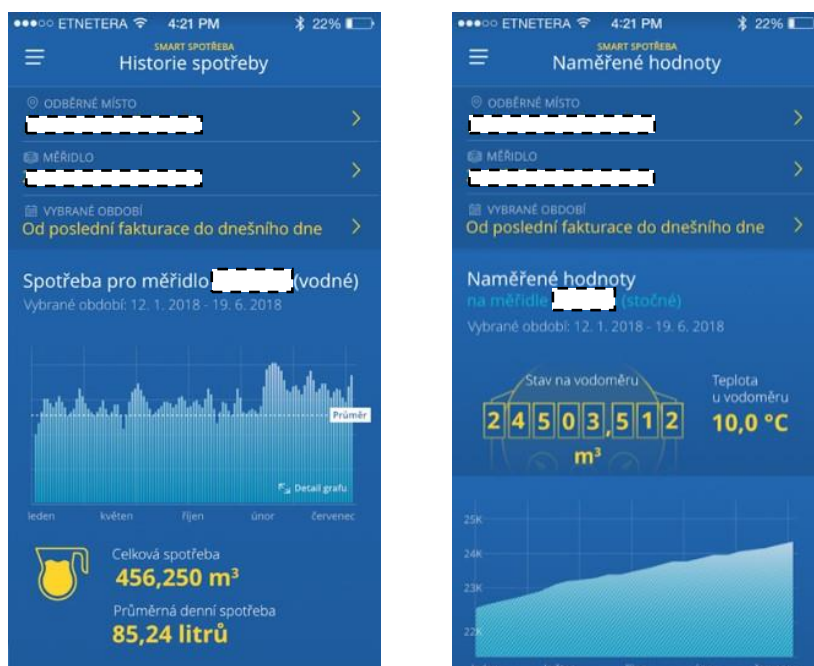
Obr. 4 Ukázka zákaznického portálu Moje Veolia



Obr. 5 Ukázka zákaznického portálu Moje Veolia



Obr. 6 Ukázka mobilní aplikace Moje Veolia



Závěrem

Jak systém Smart Metering Grid, jeho spojení se ZIS a následná prezentace dat vůči zákazníkovi jsou spolehlivé moderní nástroje pro provozovatele, kteří mají díky těmto nástrojům možnost efektivněji řídit, spravovat své vodárenské sítě a zlepšovat vztah s odběrateli. Více informací o řešení společnosti IoT.water je k dispozici na webu www.iod-water.eu.

Možnosti využití regulačních ventilů Cla-val s režimem BLACKOUT

Ing. Jiří Ševčík

HUTIRA s. r. o.

Popis

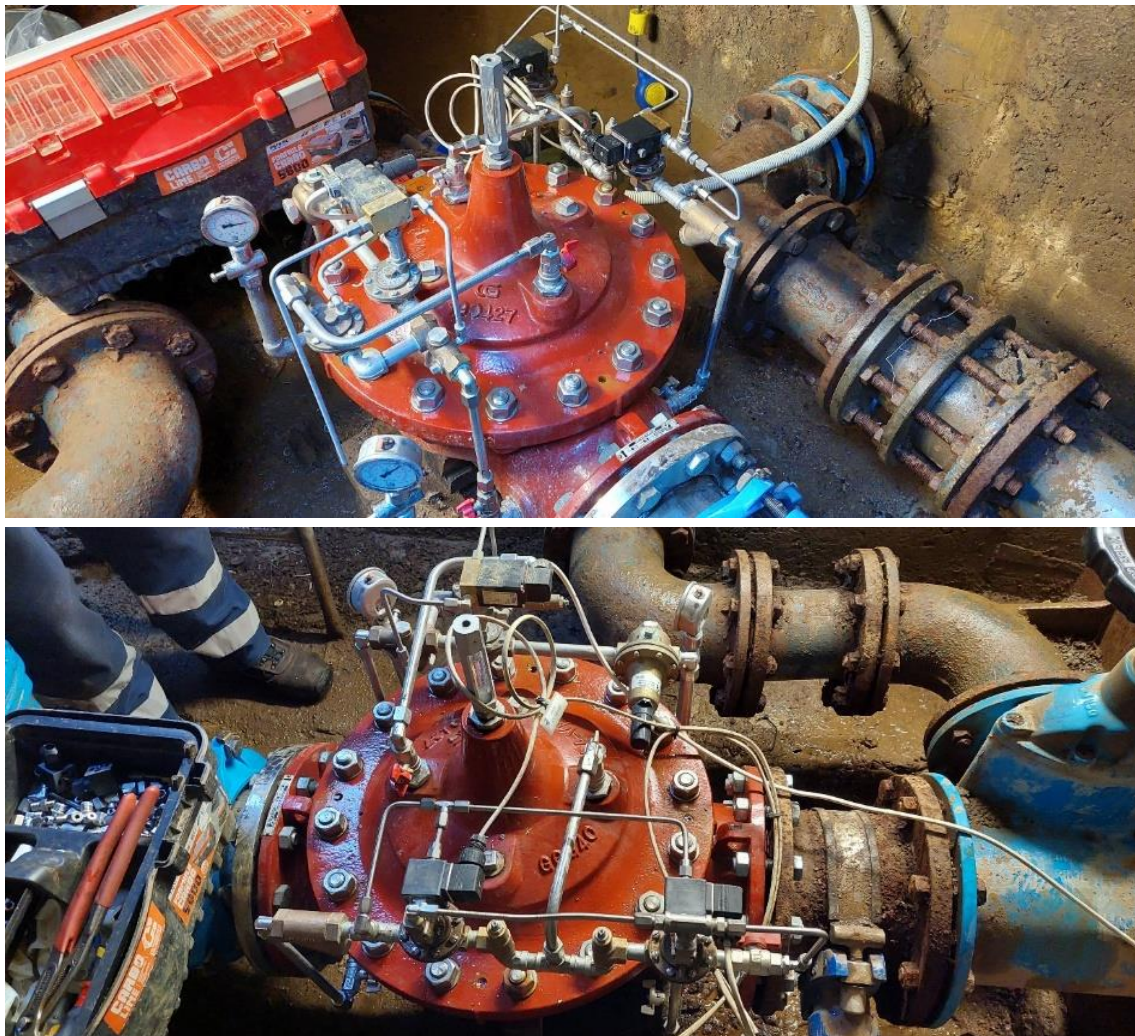
Použití regulačních ventilů nabízí široké spektrum možností a jak již víme z let minulých někdy jsou kladeny opravdu velmi vysoké nároky na multifunkčnost těchto regulačních ventilů. To jde někdy roku v ruce s požadavkem na téměř on-line řízení a to buď dispečersky nebo pomocí místního PLC automatu. Přestože jsou k dispozici sofistikovaná řešení, která vedou ke vhodnému řešení a výsledný „chytrý“ regulační ventil pak pracuje mnoho let ve vodovodní síti, ne vždy hrají místní podmínky na notu provozovatelům a tak je nutné případně zajistit náhradní zdroj elektrické energie, který je pro takto koncipované regulační ventily nezbytný. Obecně výhodou membránových regulačních ventilů je jejich obrovská multifunkčnost a tak je dobré myslet i na nouzové stavy, tedy jak se má zařízení „vhodně“ chovat po dobu delšího centrálního výpadku proudu. A to v případě větších tlakových pásem je tato obava jistě vygradována i množstvím odběratelů a firem, které jsou velmi závislé na kontinuálních dodávkách pitné vody v normativních parametrech. Jedním z takových lokací, který se tímto problémem již v minulosti dlouho potýkal je město České Budějovice. Zde provozovatel používal delší dobu membránové regulační ventily na klíkových uzlech do města, nicméně bohužel bez zohlednění právě dlouhodobějšího výpadku proudu zvaného jako BLACKOUT. Pokud tento stav nastal, stávající regulační ventil neuměl správně změnit nastavení a tím pádem vznikaly provozovateli jisté nekomfortní provozní stavy, které chtěl zásadně vyřešit a zlepšit.

Návrh řešení Cla-val

V rámci reálně již potvrzené obavy z Blackoutu bylo vytipováno ve smyslu zásobování města České Budějovice šest strategických redukčních / regulačních šachet jako nejdůležitější předávací body pro transport pitné vody směrem do této aglomerace. V každé šachtě byl posouzen stávající regulační ventil a nahrazen ventilem Cla-val téže dimenze ovšem již s výbavou pro režim Blackout a větším hydraulickým koeficientem průtočnosti. Vše proběhlo s maximální akceptací stávajícího stylu řízení pomocí firmy GDF. Nově navržené regulační ventily byly vybaveny třemi elektromagnetickými ventily (původní regulační ventily měly vždy jen po dvou elektromagnetických ventilech) a principiálně se jedná o to, že řídicí okruh, který slouží pouze pro řízení po dobu aktivace Blackout je zcela izolovaný od řízení dle GDF. Tato koncepce řešení má dvě výhody, první je z pohledu servisního a také obsluhy – zde je možno provádět jakékoliv servisní úkony bez ovlivnění klasické regulace PLC automatem, tento řídicí okruh je kromě třetího elektromagnetického ventilu (který je trvale pod napětím zablokován v uzavřené poloze) také vybaven samostatnými kulovými kohouty s barevným odlišením proti klasickému řízení dle PLC automatu. Druhou výhodou je „jednoduchost a spolehlivost“ tohoto řízení, které lze využívat opravdu dostatečně dlouhou dobu, aby se mohl provozovatel zaměřit a uvolnit energii na „krizovější“ místa v daném tlakovém pásmu. Jako řešení byl zvolen mnoho let osvědčený způsob jednostupňové redukce tlaku, která díky své citlivosti a přesnosti řízení plně postačuje

dané tlakové pásmo zásobovat po celou dobu aktivního režimu Blackout. V principu tedy v okamžiku výpadku proudu a tedy náběhu režimu Blackout dojde k deaktivaci řízení dle PLC automatu GDF a k automatickému odblokování třetího elektromagnetického ventilu a tím tedy řízení na jednostupňovou redukci tlaku s vhodnou citlivostí regulace tlaku. Tento způsob řízení je pak zcela nezávislý na elektrické energii!

Ukázka první instalace dvou regulačních ventilů na šachtě Jubilejní a Nemanická

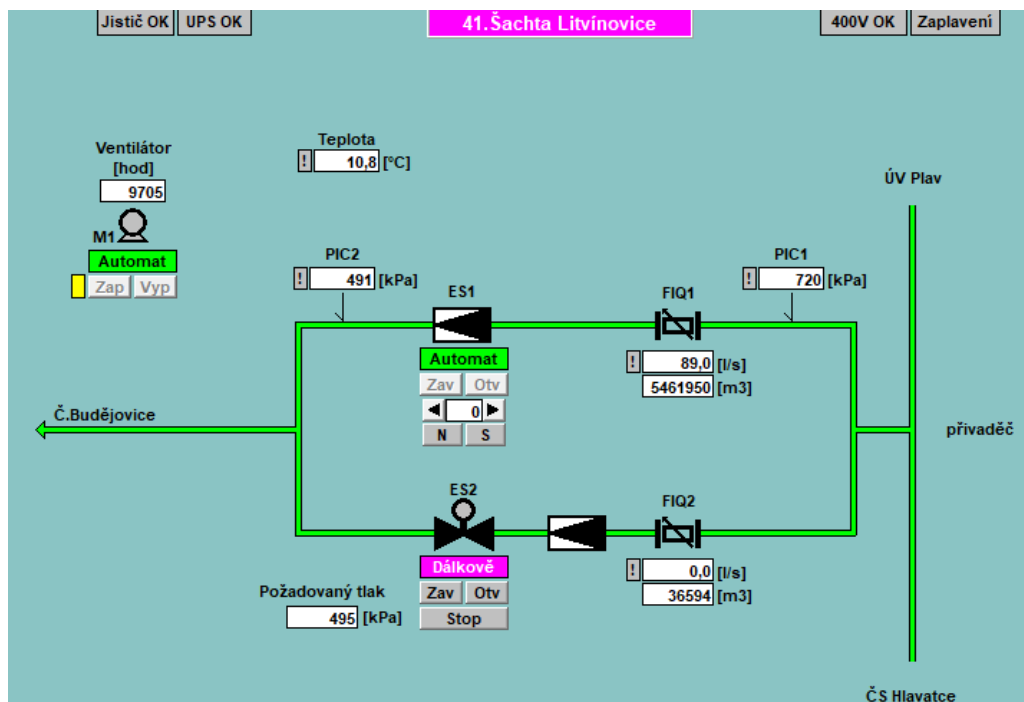


Toto je pilotní projekt , obě dvě redukční šachty jsou umístěny relativně blízko sebe a slouží pro zásobování vnitřní části města. Tlaková dispozice šachet je taková, že výstupní tlaky z těchto redukčních šachet míří proti sobě, takže jsou ventily nastaveny tak, aby se navzájem nepřetlakovali a zásobovaly pásmo rovnoměrně. Jelikož obě šachty jsou každá v jiné nadmořské výšce, byl použit pro každý regulační ventil jiný typ pružiny. Celé zařízení pak bylo úspěšně uvedeno do provozu a po spolehlivém 6 měsíčním provozu bylo přistoupeno k instalaci dalších ještě důležitějších regulačních uzlů.

Největší regulační ventil na šachtě Litvínovická

Vstupní tlak je cca. 7,0 bar a výstupní je naprogramován dle PLC automatu od 4,5 -5,2 bar.

Schéma vizualizace šachty



Instalace a uvedení ventilu Cla-val do provozu

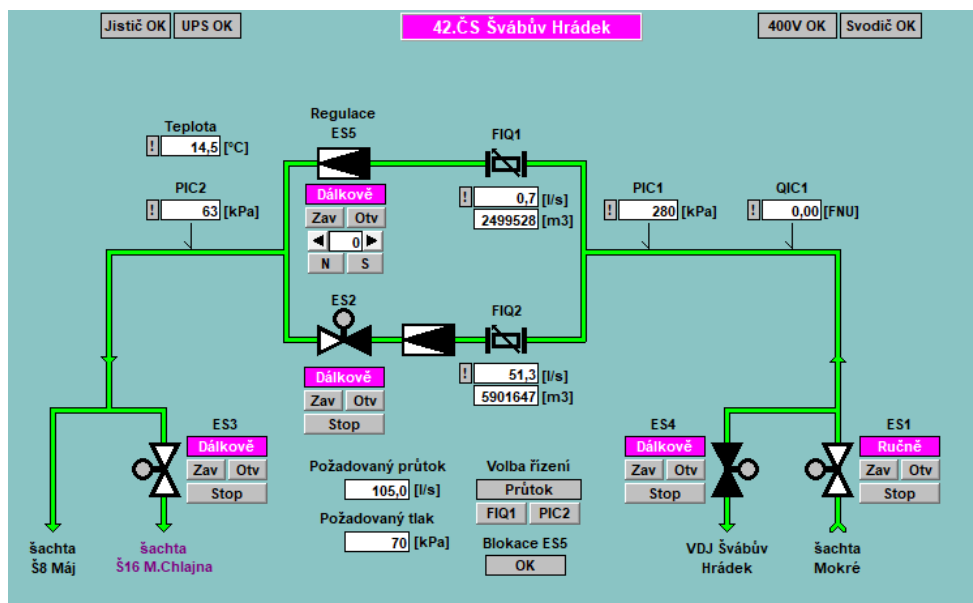


Jelikož se jedná o největší redukční ventil v tomto městě, bylo provedeno uvedení do provozu za asistence techniků fy. HUTIRA v nočních hodinách. Najetí tohoto redukčního ventilu proběhlo hladce bez zásahů do systému GDF. Redukční ventil je v plnoprůtočné verzi DN 300 a maximální průtok redukčním / regulačním ventilem Cla-val je dle odběru cca. 100 l/s.

Osazení dalšího ventilu na šachtě Švábův Hrádek

Zde je situace tlaků / odběrů poněkud odlišná než na Litvínovické šachtě, protože požadovaný výstupní tlak jen mezi 0,02-0,07 MPa, Švábův hrádek je totiž nejvyšší kopec na levém břehu Vltavy. Právě protože je požadovaný výstupní tlak blízky 0,5 atm, je důležité aby jeho hodnota byla co nejvíce stabilní, to v případě takto malého výstupního tlaku zajišťuje měkký typ pružiny a pozvolnější reakce hlavního ventilu. Aby bylo dosaženo co nejvěrnější reakce s předchozím regulačním ventilem, byl zvolen jiný typ elektromagnetických ventilů, který nabízím menší průměr clony a tedy pozvolnější vypouštění / napouštění komory hlavního ventilu. Jako rezerva k tomuto regulačnímu ventilu Cla-val slouží již historicky osazený ventil HAWIDO.

Schéma vizualizace šachty



Instalace a uvedení ventilu Cla-val do provozu



Opět byl použit plnopřůtočný typ regulačního membránového ventilu, nyní DN 200. Osazení v objektu Švábův Hrádek poukázalo na důležitost osazení kvalitního automatického odvzdušňovacího ventilu na výstupní straně redukčního / regulačního ventilu. Souběh s ventilem HAWIDO se neuvažuje a tento jednostupňový tlakově redukční ventil funguje pouze jako záloha v případě pravidelného servisu na regulačním ventilu Cla-val.

Závěr

Protože žijeme v době mírně řečeno závislé na zdrojích energie elektrické, je dobré s touto skutečností počítat a vždy dopředu zinscenovat nejhorší možné scénáře, které mohou prakticky nastat. Jakmile si popíšeme co nejhoršího by se mohlo stát, kdyby pak můžeme začít vytvářet protiopatření, která nám zajistí takové stavy, kterou budou akceptovatelné i s případným dodržením určitých „speciálních“ podmínek např. manipulací na síti atd.

Situace a stavy BLACKOUT nabývají v poslední době poměrně výrazných obrysů a je nutné být na tuto dobu připraveni. Díky aplikaci membránových redukčních ventilů v Českých Budějovicích bylo dosaženo akceptovatelných podmínek pro provoz a také celkově vyšší bezpečnosti provozované vodovodní sítě. Je důležité zvolit a pak také použít takové řešení, které má co největší spolehlivost a zdárně vydrží fungovat celá desetiletí. To bylo také naším cílem v tomto projektu a přestože je celá instalace regulačních uzlů ještě poměrně mladá, očekáváme že bude pro provoz velkým přínosem a zajistí tak těmto lidem klidný noční režim. 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 správná volba tohoto regulačního ventilu a jak bylo dosaženo shody 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 v areálu zákazníka.

Sanace ocelových vodovodních přivaděčů až do průměru DN1200 – ukázky technologie ze staveb

Ing. Daniel Šnajdr

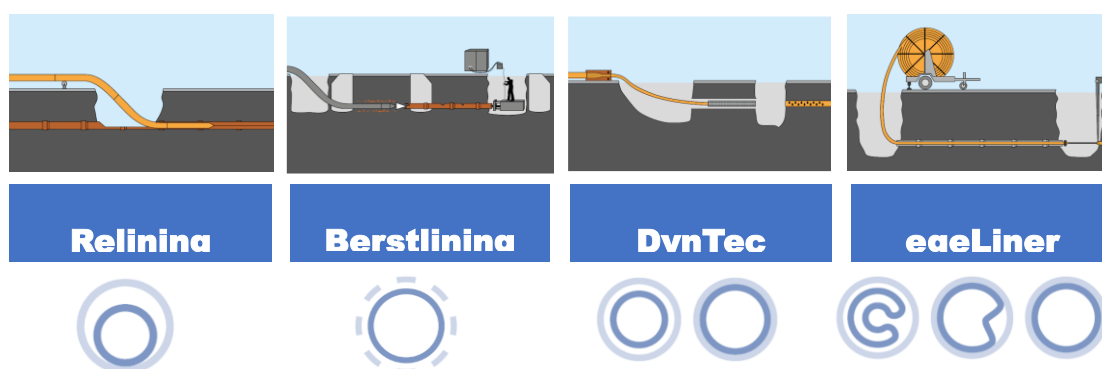
egeplast international GmbH, Greven, Německo

V současné době probíhá několik staveb sanace ocelových vodovodních přivaděčů. Více než 20 let zkušeností směřuje k využití PE potrubí jako v současnosti nejpoužívanějšího materiálu ve vodárenství a plynárenství. Tento materiál s sebou přináší i možnost nasazení zajímavých bezvýkopových technologií, které minimalizují výkopové práce, jsou šetrné k životnímu prostředí a zrychlují realizaci investice nejen zjednodušením povolení stavby. Výsledná sanace s očekávanou životností 100 a více let, kombinace nového PE 100-RC a původní oceli jsou zajímavou volbou pro investory a projektanty.

Sanace ocelových potrubí

Stovky kilometrů vodovodních a plynovodních potrubí v Česku i na Slovensku jsou ve špatném technickém stavu. Časté poruchy a odstávky směřují k rozhodnutí zpracovat projekt na celkovou sanaci potrubí. Výměna potrubí za nové, uložené v nové trase by znamenala kilometry výkopů s dopadem na obyvatele v dotčených oblastech. Navíc nelze donekonečna provádět obnovu podzemních inženýrských sítí položením nového v nové trase a zanecháním starého vedení v zemi. Proto renovace potrubí ve stávající trase a využití bezvýkopové technologie jsou skvělou volbou provedenou ekonomicky, ekologicky ale i zodpovědně k budoucím generacím.

Obr. 1 Bezvýkopové technologie pro renovaci potrubí ve stávající trase



V současné době se největší pozornost věnuje ocelovým potrubím budovaným v 70tých a 80tých letech minulého století. Tyto trubky jsou díky korozi v kritickém stavu, navíc mohou ovlivňovat i kvalitu vody. Z nabízených řešení se jako nejvhodnější jeví technologie Dyntec a egeLiner, tzv. technologie close-fit. Tyto technologie umí nainstalovat nové PE potrubí těsně (close-fit) ke stěně stávajícího a vytvořit tak jeden konstrukční celek s lepšími vlastnostmi a úplně novou životností 100 a více let.

Technologie Dyntec

Tato metoda bezvýkopové sanace vyžaduje minimální rozsah výkopových prací. Používá se na sanaci hlavně tlakových potrubí větších průměrů, DN200 – DN1200 (i více).

Principem metody je zatažení PE potrubí většího vnějšího průměru, než je vnitřní průměr sanovaného potrubí do opotřeбенého nebo poškozeného litinového anebo ocelového potrubí. Těsně před zatažením se PE potrubí smrští a po zatažení se vrátí téměř do původního rozměru.

Metoda je vhodná na sanaci výhradně přímých úseků. Minimální délka úseku vhodného ještě k sanaci touto metodou je 50m. Maximální sanovaná délka je s ohledem povolené tažné síly až 700m.

Výhodami této metody jsou, minimální zmenšení vnitřního průměru sanovaného potrubí za současného několikanásobného zlepšení hydraulických vlastností vnitřního povrchu. Díky této technologii lze zatáhnout maximální dimenzi potrubí, která vyhoví požadavkům na kapacitu potrubí po sanaci. Díky tomuto efektu nedojde k významnému zmenšení průřezu potrubí. Kapacita potrubí není však zásadně snížena i přes zmenšení průřezu potrubí o tloušťku stěny nového PE. Tohoto efektu je docíleno díky velmi dobrým hydraulickým vlastnostem potrubí z PE materiálu.

Materiál potrubí je HDPE PE 100 anebo PE 100-RC, granulát Hostalen CRP 100 black nebo porovnatelný, přičemž jsou důležité hodnoty Index toku taveniny (0,23g/10min) a Hustota (0,959g/cm³). Volba materiálu je dále závislá na požadavku objednatele na tlakovou pevnost potrubí.

Obr. 2 Sanace ocelového vodovodu d1200 v Bratislavě – close-fit efekt



Obr. 3, 4 Sanace v Bratislavě – mechanické čištění a příprava PE potrubí



Obr. 5 Sanace v Bratislavě – zatahování PE potrubí metodou Dyntec



Shrnutí a závěr

Technologie Dyntec umožňuje těsně usazení nového PE potrubí, tzv. close-fit efekt. Dyntec nabízí minimální omezení průtočného profilu a maximální využití stávajícího potrubí z hlediska trasy i konstrukce. Uvedené fotky z projektu v Bratislavě znázorňují tuto technologii pro sanaci ocelového vodovodu průměru DN1200. Další projekty na sanaci ocelových potrubí, které se právě realizují ve zkratce jsou: Záhumenice – SMVAK Ostrava ocel DN530, Mikulovice – Vak Chrudim ocel DN630, DN710, Temelín – ČEZ ocel DN710, Kožová Hora – VKM Kladno DN800, DN900 a DN100. Pokud by vás některý z uvedených projektů zajímal z hlediska polohy stavby nebo průměru potrubí je možné po domluvě s investorem a realizační firmou domluvit prohlídku stavby nebo zaslat pozvánku v případě, že budeme organizovat ukázkou technologie na stavbě.

Generel skupinového vodovodu města Znojma - progresivní přístup k problematice kvality pitné vody během její distribuce

Ing. Michal Lušovský¹⁾

Ing. Jan Ručka, Ph.D.²⁾; Ing. Tomáš Sucháček, Ph.D.³⁾

1) VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s., divize Znojmo, tel.: 607 273 528, lusovsky@vaszn.cz

2) Fakulta stavební VUT v Brně, tel.: 604 794 350, jan.rucka@vut.cz

3) AquaSmart Solutions, s.r.o., tel.: 605 334 365, tomas.suchacek@aquasmart.cz

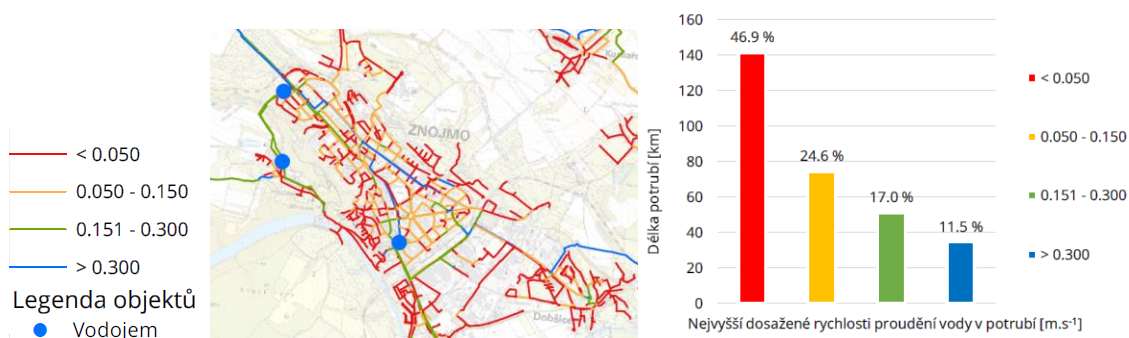
Abstrakt

V letech 2019 až 2022 byl v několika etapách vypracován generální plán pro rozvoj skupinového vodovodu města Znojma a okolních obcí (dále jen „SV Znojmo“). V rámci těchto prací byla vypracována nová koncepce budoucího zásobování vodou v centru města Znojma. S využitím hydraulického modelu vodovodu byla navržena nová topologie potrubí tak, aby se při zajištění požadované spolehlivosti dodávky vody minimalizovala délka vodovodní sítě, minimalizoval se objem vody v potrubí a současně se také minimalizovala pracnost při proplachování vodovodní sítě. Jedním z cílů, který se tímto postupem sleduje, je zajištění požadované kvality vody i při budoucí spotřebě vody, která může výhledově klesat. V následujícím textu jsou prezentovány nejen postupy a úvahy, které zrod nové koncepce provázely, ale také první provozní zkušenosti společnosti VAS, a.s., divize Znojmo.

Úvod a motivace

Potrubí, která dnes tvoří vodovodní síť v ČR, byla často dimenzována v minulosti na vyšší specifickou spotřebu pitné vody. To dnes vede k problémům, které se v konečném důsledku projevují zhoršováním jakosti pitné vody během její dopravy v potrubí. Mnoho potrubí je předimenzovaných a voda jimi proudí velmi pomalu.

Obr. 1 Vodovodní síť centra města Znojma – výsledky hydraulické analýzy, rychlost proudění v potrubí v $m \cdot s^{-1}$ [1]



Při čtení následujícího textu bychom rádi zdůraznili, že město Znojmo nemá nevyhovující či zhoršenou kvalitu vody ve vodovodní síti a z hlediska dimenzování a jakosti vody se nijak nevykývá obvyklému standartu. Výsledky hydraulické analýzy, které zde prezentujeme odrážejí obvyklý stav věci, jak jej shledáváme ve většině sítí, které jsme měli možnost analyzovat. **Obr. 1** znázorňuje výsledky hydraulické analýzy SV Znojmo, která byla provedena s využitím velmi podrobného kalibrovaného hydraulického modelu celé vodárenské soustavy v délce sítě 302 km. Vodovodní síť je rozdělena na měrné okrsky a pohyb vody v síti je zaznamenáván 71 provozními vodoměry, jejichž data byla pro tvorbu modelu použita. Model byl kalibrován a verifikován na základě výsledků měření tlaků na 100 místech sítě. Lze tedy hovořit o velmi přesném hydraulickém modelu, který hydraulické podmínky ve vodovodní síti SV Znojmo reprezentuje dostatečně přesně.

Obr. 1 znázorňuje nejvyšší dosažené rychlosti proudění v potrubí centra města, které se v každém z úseků vyskytly během 21 simulovaných dní. Celkem 46,9 % délky sítě vykazuje tyto rychlosti nižší než $0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, což je rychlost velmi nízká. Po většinu dne jsou rychlosti ještě nižší a voda v potrubí téměř stagnuje. To je situace poměrně běžná i v jiných městech a obcích. Tento stav je zapříčiněn přítomností velkého počtu hydraulických okruhů a předdimenzováním potrubí. Stáří vody v některých úsecích této sítě je až 400 hodin. Na hydraulických okruzích jsou patrné úseky potrubí, které během dne vykazují směr proudění chvíli na jednu stranu a následně na druhou stranu nebo v nich voda zcela stagnuje. Jedná se o malý objem vody, který v daném úseku potrubí nemá jednoznačný pohyb od zdroje ke kohoutku, a v potrubí se zdrží déle, než je nezbytně nutné. To zakládá příčinu k možnému zhoršení jakosti, zejména v senzorických ukazatelích. Ideální stav z hlediska jakosti vody je takový, že voda v bezvadné kvalitě do potrubí vstoupí např. ve vodojemu, následně putuje bez zastavení až ke kohoutku spotřebitele, přičemž po celou dobu je v kontaktu výhradně s čistými povrchy potrubí. Toto je vysoce teoretická a lákavá představa, bohužel na míle vzdálená realitě.

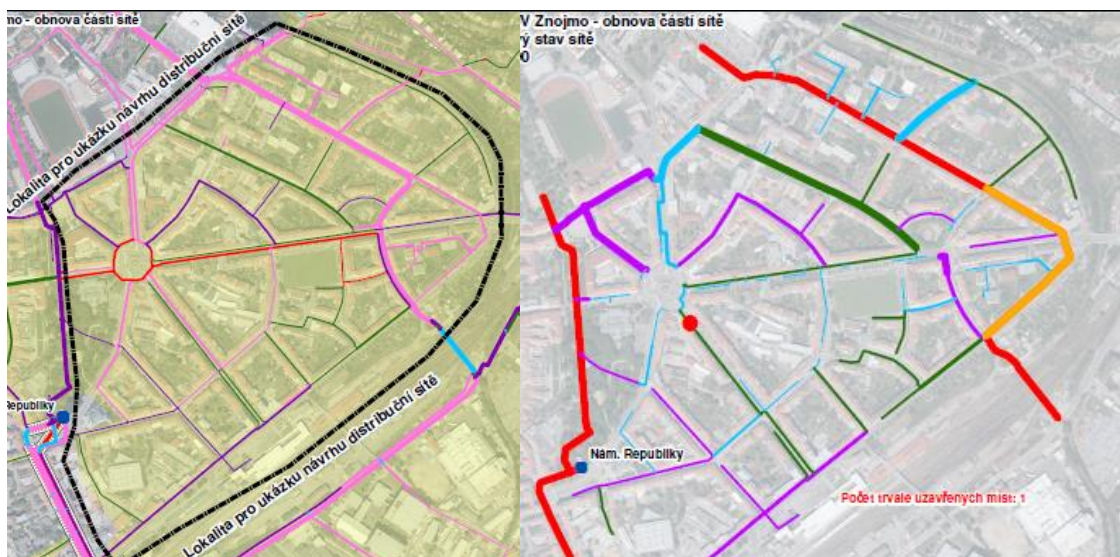
Během řešení generelu jsme se zamysleli nad tím, co se stane, pokud lidé začnou v budoucnu ještě více šetřit vodou. Cena pitné vody se neustále zvyšuje, lidé se snaží myslet ekologicky a příčiny šetření jsou tedy mnohé. Spotřebitelé se jistě budou snažit vodou šetřit ještě více, pokud budou mít možnost. Například tím způsobem, že pitnou vodu z vodovodu budou substituovat z jiných zdrojů. Stát dotacemi podporuje využívání dešťové vody, rozvíjejí se technologie pro využívání vody šedé, resp. obecně vody „nepitné“, jak ji nazývá ČSN 75 6780. Ta se částečně může stát náhradou pitné vody např. pro splachování toalet, mytí aut, zalévání zeleně, případně další účely, kde není nutné použít vodu pitnou. Procento vody, kterou lze v domácnosti nahradit vodou nepitnou se podle různých zdrojů liší. My jsme v nejméně příznivém scénáři pracovali s hodnotou 33% [2]. V rámci simulací jsme sestavili scénáře možného vývoje podle toho, kolik procent obyvatel ve SV Znojmo začne tyto alternativní zdroje využívat. Následně jsme posoudili zatěžovací stav, kdy jsme v modelu stávající vodovodní síť postupně zatěžovali nižší a ještě nižší spotřebou vody. Následně jsme vyhodnotili stáří vody a rychlosti proudění pro každý úsek. Výsledky nebyly optimistické. V nejméně příznivém scénáři, kdy všechny rodinné domy budou až 33 % své stávající spotřeby pitné vody nahrazovat vodou nepitnou z jiných zdrojů, by došlo k nárůstu stáří vody v síti v průměru ze stávajících 84,5 h na budoucích 100,9 h [3]. Pochopitelně, jedná se pouze o hypotetický scénář, který má kvantifikovat dopad možných budoucích změn na vodovodní síť a autoři textu nejsou přesvědčeni o tom, že taková situace nastane. Na druhou stranu však není ani jistota, že takový scénář za deset či dvacet let nenastane. Proto jsme využili příležitost, že existuje tak podrobný model vodovodní sítě, a přistoupili jsme k hledání preventivních opatření. Zajímavou, schůdnou a poměrně logickou cestou se ukázalo přehodnocení celé koncepce stávajícího vedení potrubí v intravilánu města Znojma a vytvoření budoucí podoby topologie vodovodní sítě.

Nová koncepce topologie vodovodní sítě

Nová topologie vodovodní sítě v centru města Znojma byla navržena jako racionální opatření v reakci na očekávanou změnu v chování obyvatelstva (v budoucnu snižující se spotřeba vody) a změnu klimatu (delší horká a suchá období). Pokud se tyto scénáře nenaplní, pak to bude jediné dobře. Nově navržená koncepce uspořádání sítě ale bude velmi dobře plnit svou funkci i při stávající spotřebě vody. Úvaha, jak vodovodní síť nově uspořádat, je již v zahraničí vyzkoušená, není celosvětově nová. Autoři článku ji měli možnost poznat např. v Holandsku, kde tímto způsobem síť budují a provozují běžně.

Stávající vodojemy a objekty na vodovodní síti SV Znojmo jsou novou koncepcí plně respektovány. Změna se týká pouze tras a dimenzí potrubí. Výhledově má být z vodojemu do centra města voda přivedena dostatečně kapacitním potrubím, které ve městě vytvoří veliký kapacitní hydraulický okruh. Okruh bude dimenzován tak, aby při jeho uzavření vlivem poruchy, mohla voda proudit opačným směrem. Pro lepší představu uvádíme přirovnání kapacitního městského okruhu v silniční dopravě, který obkrouží město. Na tento kapacitní okruh potrubí se napojují jednotlivé měřicí okruhy (MO), které již dále zásobují např. jednotlivá sídliště, městské části, bloky ulic, atd. S výhodou se využívá stávajících armaturních šachet, v některých místech bylo potřeba navrhnout šachtu novou. V lokalitách, kde je zásobováno méně než 500 obyvatel, je vedeno potrubí jen z jedné strany a nevytváří se hydraulický okruh. Síť nově navržená tedy nemá tolik hydraulických okruhů, jako síť stávající. Do koncových částí ulic již není navrhováno potrubí DN80, ale dimenze d63 mm, přičemž koncový hydrant je vždy standardně DN80 pro umožnění proplachu a zohledněno je také zásobování požární vodou.

Obr. 2 Vodovodní síť centra města Znojma – porovnání topologie sítě, stávající stav vlevo, návrhový stav vpravo [1]



Změny, které navrhujeme, se mají provádět postupně tak, aby se využilo plánované obměny vodovodního potrubí ve městě Znojme na konci jeho životnosti, a zejména tak, aby se umožnil spolehlivý a bezproblémový přechod od stávající topologie k nově navržené – přechodová fáze provozování. Proto bylo myšleno také na řízené proplachování potrubí.

Benefity, které změna přinese

Změna, ke které se vlastník a provozovatel SV Znojmo rozhodli, však není jen preventivní opatření v očekávání nejistého chování vývoje spotřeby vody a klimatu. Je to naprosto racionální úvaha s očekáváním úspory investičních i provozních prostředků. Při plné aplikaci všech

navržených doporučení, což může nastat za desítky let postupného obměňování potrubí podle nové koncepce, bude výsledná vodovodní síť ve městě Znojmě vykazovat délku nižší o 10 % oproti stávajícímu stavu. Objem vody v potrubí bude o 15 % nižší, a tedy i doba zdržení vody v potrubí bude kratší (při zachování spotřeby na stávající úrovni). Pravděpodobnost akumulace jemných sedimentů v potrubí bude nižší, jelikož budou menší dimenze potrubí a jednoznačně definované trasy proudění vody od vodojemu do místa spotřeby. Sníží se pravděpodobnost vzniku stagnující vody v koncových úsecích potrubí a souvisejících organoleptických změn vody, protože tyto konce potrubí již nebudou budovány z potrubí DN80, ale menších dimenzí. Rychleji proudící a čerstvější voda bude u odběratelů vykazovat lepší senzorické vlastnosti [4, 5]. Pravděpodobnost nečekaných změn jakosti vody bude nižší, protože hydraulicky bude síť „určitá“. Budoucí náklady na obnovu sítě budou nižší v porovnání se sítí okružovou, protože nová vodovodní síť bude mít kratší délku. Nově navržená topologie také umožní efektivní detekci úniků a další snižování ztrát vody, protože s přetvářením topologie dojde k vytvoření menších měřicích okrsků. Další nespornou výhodou nové koncepce je optimalizace tlakových poměrů ve všech místech sítě, ke které bude možno přistoupit díky změně topologie. Změny, které jsme s novou koncepcí navrhli, byly pochopitelně posouzeny simulací v modelu. Jedná se tedy o promyšlený a dobře propočítaný plán.

Uvádění generelu do života

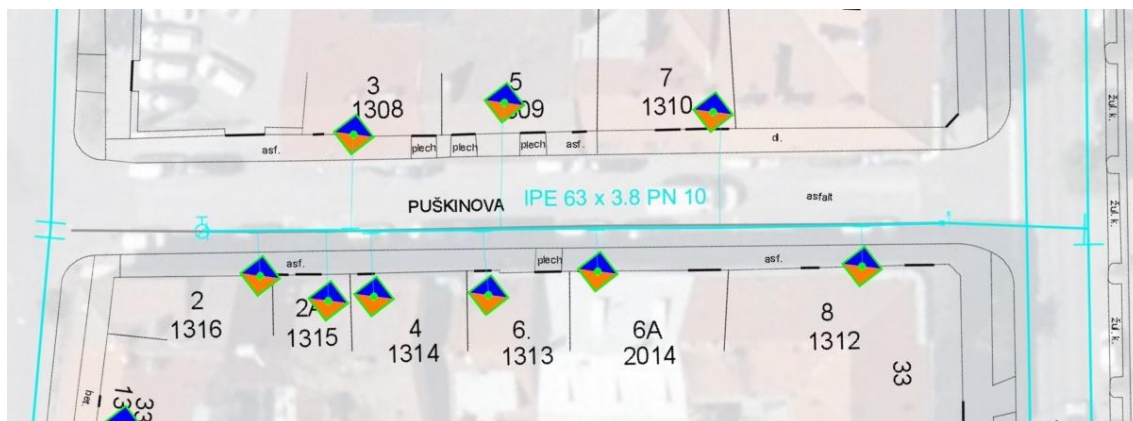
V návaznosti na výstupy z generelu SV Znojmo proběhlo jednání s vlastníkem vodárenské infrastruktury, se svazkem VODOVODY A KANALIZACE ZNOJEMSKO (dále jen VAK Znojmsko) a také se zástupci města Znojma. Na tomto jednání byly předneseny výhody nové koncepce a byly předloženy možné úspory investičních nákladů, možné snížení délky vodovodních potrubí a objemu vody v celém vodovodním systému, které jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tab. 1 Možné úspory investičních nákladů, snížení délky vodovodní sítě a objemu vody ve vodovodní síti centra města Znojma

Úspora investičních nákladů po optimalizaci topologie dle nové koncepce	[Kč ; %]	117 939 406 14,3 % z celkového objemu investičních nákladů
Snížení délky vodovodní sítě po optimalizaci topologie dle nové koncepce	[m ; %]	12 590 10,2 % z celkové délky sítě
Snížení objemu vody ve vodovodní síti po optimalizaci topologie dle nové koncepce	[m ³ ; %]	509 15,2 % z celk. objemu vod. sítě

Výsledkem jednání bylo schválení nové koncepce vodovodu ve městě Znojmě a jako výstup bylo v polovině roku 2022 vypracováno memorandum o spolupráci při realizaci nové koncepce mezi všemi zúčastněnými stranami. Údaje o nové koncepci vodovodu jsou uloženy v GISovém rozhraní provozovatele s tím, že zaměstnanci provozovatele mají možnost náhledu na tyto informace a dle těchto údajů navrhuji a schvalují plánované rekonstrukce vodovodů ve městě Znojmě. V průběhu roku 2022 se provedly rekonstrukce a opravy dle nové koncepce ve čtyřech ulicích – Přímětická, Vančurova, Puškinova a Žižkovo náměstí se stávající délkou 838 m, dle nové koncepce byla délka v vodovodů v těchto ulicích zkrácena na 727 m, což odpovídá úspoře 13,2 % délky sítě a snížil se objem vody v uvedených vodovodních potrubích o 20,8 %.

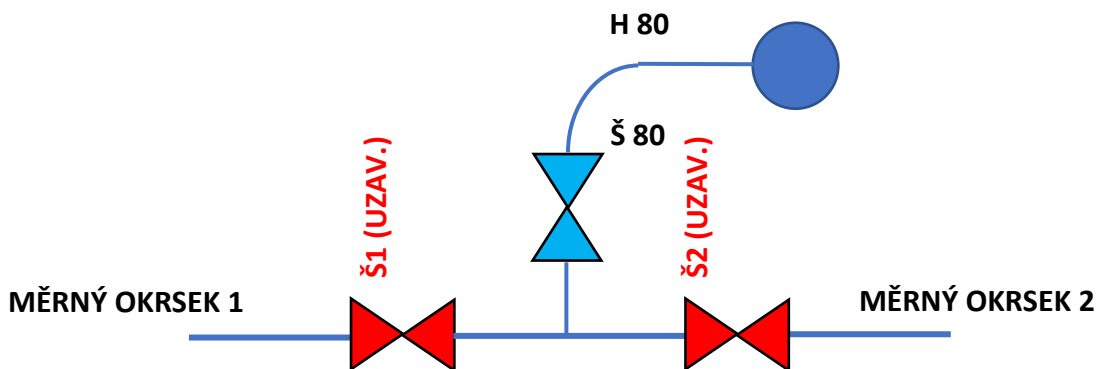
Obr. 3 Puškinova ulice ve Znojmě – zkrácení délky vodovodu a snížení dimenze



Provozní zkušenosti a další etapy řešení

Při výše uvedených realizacích bylo nutné řešit například to, jak bude ukončeno potrubí d63 (DN50), kde jsme dospěli k tomu, že koncový hydrant bude vždy dimenze DN80 s předřazeným šoupětem DN80 nebo DN50. Dále bylo řešeno i umístění koncových hydrantů tak, aby se nenacházely pod parkovacími místy, ale byly vytaženy vždy mimo komunikaci, to znamená do chodníků či zelených ploch. Stejná opatření musí být provedena u mezipásmových propojů mezi jednotlivými měrnými okrsky nebo tlakovými pásmy, jak je patrné z **Obr. 4**.

Obr. 4 Detail řešení mezipásmových propojů



V dalších fázích realizace nové koncepce vodovodu ve městě Znojmo se zaměříme na rekonstrukci hlavních páteřních řadů, které jsou již na hranici své technické životnosti, protože jak již bylo uvedeno výše, základem celého systému je dostatečně kapacitní hydraulický okruh, ze kterého jsou následně napojeny jednotlivé měrné okrsky. V návaznosti na to budou postupně realizovány jednotlivé měrné okrsky – např. v následujícím roce bude realizován MO Přímětická. Kde bude nově vybudován systém měření průtoku a tlaku s přenosem těchto dat na Centrální vodárenský dispečink divize Znojmo. V armaturní šachtě bude redukován tlak v MO o 1,0 – 1,5 bar. [1]

Odborný seminář – VUT v Brně – květen 2023

Autoři příspěvku připravují na **květen 2023 odborný seminář**, který proběhne ve velké přednáškové hale Z240 Fakulty stavební **VUT v Brně**. Seminář bude podrobně prezentovat tři nosná témata, která tento příspěvek pouze naznačuje: 1) **Prezentace scénářů vývoje budoucí spotřeby vody a dopad těchto změn do hydraulických poměrů ve vodovodní síti** – zvýšení stáří vody, stagnace, atd. 2) **Změny topologie vodovodní sítě v centru města Znojma**, které vedou ke snížení investičních i provozních nákladů a ke snížení objemu vody v potrubí a stáří vody – konstrukční detaily řešení, provozní hledisko, atd. 3) **Příprava pro řízené proplachování potrubí** – příprava proplachovacích plánů, dostupná technika pro řízené proplachy, zkušenosti s řízeným proplachem, atd. Podrobné informace o programu budou v předstihu anoncovány na stránkách Ústavu vodního hospodářství obcí Fakulty stavební VUT v Brně [6].

Poděkování

Práce byla financována z rozpočtu grantového projektu VUT v Brně "Vybrané problémy vodního hospodářství měst a obcí", reg. č. FAST-S-22-7990, který je financován z programu Specifického vysokoškolského výzkumu Vysokého učení technického v Brně.

Použité literární odkazy

- [1] RUČKA, J., SUCHÁČEK, T., *Generel vodovodu města Znojma*, Brno, 2022, VODA BRNO, s.r.o., www.vodabrno.cz
- [2] BERGEROVÁ, M., *Dopad sucha na systém zásobování pitnou vodou*. Brno, 2021. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.
- [3] DUKÁT, P., *Modelování jakosti ve vodovodní síti*, Brno 2022. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.
- [4] RAJNOCHOVÁ, M.; RUČKA, J.; SUCHÁČEK, T. *Význam a dlouhodobý účinek řízeného proplachu na vodovodní síť*. Vodovod.info, 2019, č. 9, s. 1-2. ISSN: 1804-7157.
- [5] RAJNOCHOVÁ, M.; RUČKA, J.; SUCHÁČEK, T.; NOVÁKOVÁ, J.; KORABÍK, M. *Možnosti řešení nevyhovující jakosti pitné vody v úsecích vodovodní sítě ohrožených stagnací*. In Pitná voda 2018. České Budějovice: W&ET Team, doc. Ing. Petr Dolejš, CSc., 2018. s. 261-264. ISBN: 978-80-905238-3-8.
- [6] Ústav vodního hospodářství obcí Fakulty stavební, Vysoké učení technické v Brně, webová prezentace, kurzy celoživotního vzdělávání – aktuální nabídka kurzů, <https://water.fce.vutbr.cz/dalsi-stranka-2>

Rekonstrukce vodojemu Flora – Podolské komory

Ing. et Ing. Petr Jenýš

Ing. František Mádl

Sweco Hydroprojekt a.s.

Abstrakt

Příspěvek podává informace o návrhu a realizaci rekonstrukce vodojemu Flora - podolské komory. Vodojem Flora (podolské komory) je čtyřkomorový zemní vodojem z počátku minulého století o celkové kapacitě cca 20 500 m³. Součástí vodojemu je i manipulační komora s trojicí revizních (dilatačních) chodeb a vstupními nástavbami.

Rekonstrukce spočívala v kompletním nahrazení původních stropních desek a sloupů novými železobetonovými, v sanaci stěn a dna akumulčních komor a v kompletní obnově armaturních komor vodojemu včetně výměny všech potrubí do nerezového standardu a hydraulického zkapacitnění propojení celého systému VDJ Flora (7 komor – cca 42 000 m³) včetně čerpací stanice Flora.

V příspěvku je ukázán postup výstavby, popsán způsob provádění rekonstrukce jako například betonáž nových prvků (stropy, sloupy apod.) a použití zvláštních technologií a materiálů (inertní výztuž, fólie na stropy atd.).

Úvod

Vodojem Flora – Podolské komory je součástí komplexu vodárenských vodojemů a doprovodných zařízení, které vznikaly v Praze na počátku 20. století.

Tento komplex vodojemů zásobuje pravobřežní část Prahy vodou z Káraného i Podolské vodárny. K vodojemům patří i několik provozních budov. Samotné „podolské“ vodojemy tvoří čtyři akumulční nádrže o půdorysných rozměrech 2x 24 x 39 m + 2x 24 x 39 m výšce 6 m a manipulační komora, která se nachází v jižní části vodojemů. Mezi jednotlivými komorami jsou armaturní chodby.

Podolské komory byly postaveny před cca 100 lety a od té doby nezaznamenaly žádnou větší rekonstrukci (pouze zásahy do trubního vedení a k tomu náležící stavební úpravy). Na základě zjištění jejich stavu bylo provozovatelem a majitelem rozhodnuto o nutnosti jejich rekonstrukce.

Vzhledem k tomu, že vodojem zásobuje značnou část Prahy (objem komor cca 20 500 m³) a má významnou roli v distribučním systému mezi další vodojemy (přítok vody z ÚV Kárané, ÚV Želivka a ÚV Podolí), byla rekonstrukce naplánována dle podmínek provozovatele na několik etap, aby byla zachována funkčnost alespoň jedné poloviny vodojemů.

Etapizace

Celou rekonstrukci bylo nutné časově i technicky koordinovat, tak aby byla zachována funkčnost alespoň části vodojemů. Z tohoto důvodu byl postup výstavby rozdělen do etap.

Do harmonogramu etap se promítly hlavní požadavky provozovatele a to:

- v provozu musela zůstat min. polovina objemu podolských komor, tedy dvě komory
- při stavebních pracích na komorách nesmí být ohroženy komory v provozu včetně jejich zabezpečení
- min. doba odstavení čerpací stanice (stanovené min. doby odstávek)
- min. doba odstavení sání čerpací stanice z podolských komor (záloha komory VII.)

Celkem se jednalo o 7 etap, které se dotýkaly jak stavební, tak technologické části.

Popis původní konstrukce

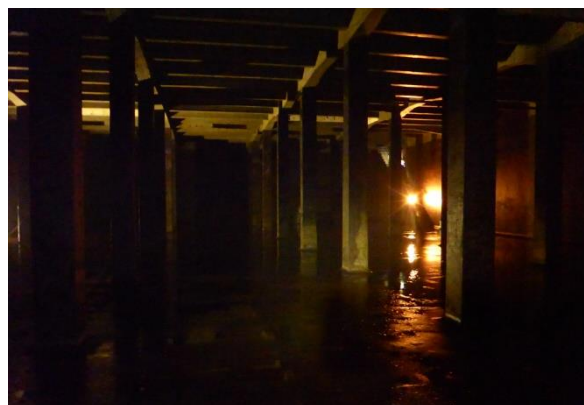
Konstrukce vodojemu je tvořena čtveřicí železobetonových monolitických van po obvodu vyztužené opěrnými žebry. Jednotlivé vany jsou od sebe oddělené dilatačními chodbami, které jsou kolmo nasazeny na stávající armaturní komoru.

Vnitřní sloupky akumulací byly železobetonové monolitické. Strop byl tvořen železobetonovou trémovou deskou podepřenou na stěnách vodojemu a vnitřními sloupky. Vodojem byl řešený jako zemní s přisazenou manipulační komorou. Konstrukce armaturní komory – obvodové stěny byly provedeny z plných pálených cihel, zastropení bylo provedeno monolitickou železobetonovou trémovou deskou. Vnější fasáda armaturní komory byla opatřena hrubou zrnitou omítkou. Vstupní objekty byly provedeny jako zděné.

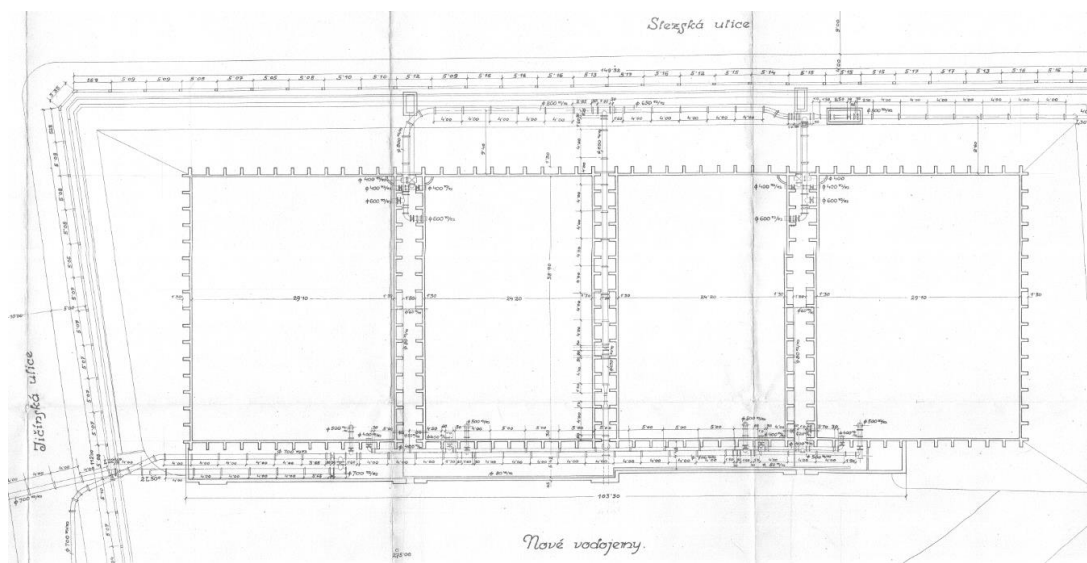
Obr. 1 Původní stav - strop



Obr. 2 Původní stav - sloupky



Obr. 3 Původní výkresová dokumentace



Stavební úpravy v akumulčních komorách

V rámci bouracích prací byl odbourán strop a sloupy akumulčních komor. Dále byly vybourány stávající potrubí do akumulčních komor, vybourány prostupy pro průchod nových potrubí, odstraněny stávající podpěrné bloky, přelivy a vstupní schodiště se vstupními objekty. Následně bylo vyhotoveno nové zastropení akumulčních komor včetně nových sloupů s roznášecími hlavicemi. Spodní líc stropní desky a hlavic sloupů byl opatřen ochrannou fólií. Na nové stropní desce byla provedeno nové hydroizolační souvrství z asfaltových pásů. Toto souvrství bylo provedeno i na obvodových stěnách na výšku 850 mm od horního líce desky. Následně byla provedena ochrana tohoto souvrství a nový zásyp zeminou. Násyp nad akumulčními komorami byl vyspádován. Tloušťka násypu včetně ohumusování byla 500 - 630 mm. Povrch násypu byl ohumusován vrstvou o tloušťce 100 mm a zatravněn luční směsí (speciální směs).

Následně uvnitř akumulací proběhly sanace den a stěn (viz kapitola Sanace) a nabetonování dna včetně přespádování.

Stavební úpravy v armaturních a dilatačních chodbách

V rámci stavebních úprav chodeb došlo k vybourání stropů, sanací stěn a výztužných žeber a podlahy. Následně byla vybetonována nová stropní deska. Provedeno hydroizolační souvrství a zásyp zeminou. Po zhotovení stropu byly vybetonovány nové vstupní objekty v místě původních.

Stávající zděné horní vstupní objekty byly funkčně z důvodu zabezpečení vodního díla zrušeny, ale dle požadavků NPÚ (Národní památkový ústav) musely být hmotově zachovány v původních rozměrech i tvarech.

V rámci armaturních chodeb bylo nahrazeno veškeré potrubí za nové nerezové, byly provedeny nové bloky pod potrubí, nové prostupy a nové lávky. Lávky byly provedeny jako kompozitní.

Sanace

1. Před návrhem sanací

Jako podklad pro návrh sanací sloužil odborně vypracovaný stavebnětechnický průzkum.

Průzkum byl zaměřen hlavně na tyto oblasti:

- Stav nosných konstrukcí. U železobetonových konstrukcí se jako u jiných druhů staveb zjišťovaly 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 bylo pak možné rozhodnout, zdali konstrukci je možné sanovat nebo zdali je nutné konstrukci nahradit za novou. Na základě výsledků byl zvolen nejvhodnější způsob sanace, ať již z hlediska požadovaných vlastností, provádění, životnosti nebo ekonomiky.

2. Sanace - použití nových prvků, folie do stropní desky a inertní sítě

V rámci rekonstrukce tohoto vodojemu bylo použito několik druhů opatření a sanací.

- Vzhledem k nevyhovujícímu stavu stropní konstrukce a sloupů, došlo k jejich náhradě. Strop byl navržen jako lokálně podepřená železobetonová deska viz Obr. 4

- 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. 5
- Na stěnách akumulčních komor byla provedena celoplošná sanace. Nejprve bylo provedeno otryskání a lokální reprofilace sanovaných konstrukcí. Následně byly provedeny vrtý 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. 5), na kterou následně byla strojně nanесena vrstva sanační malty. Po vyzrání 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. 8

Obr. 4 Demolice stávajících konstrukcí a nahrazení novými konstrukcemi



Obr. 5 Použití inertní sítě ke kotvení sanačních hmot



Obr. 6 Použití folie do stropní desky.

Vlevo nedodržení technologických podmínek (vznik „vrubů“)



Vpravo dodržení technologických podmínek



Obr. 7 Po aplikaci sanační malty



Obr. 8 Aplikace finální stěrky



Závěr

Celá rekonstrukce vodojemu byla náročná časově i technologicky, a to z důvodů nutné etapizace, tak aby byla zachována, alespoň částečná provozuschopnost vodojemu po celou dobu výstavby s nutností minimálních odstávek, tak z důvodu nutnosti provedení velkého množství sanačních prací o velkých objemech. Rekonstrukce začala v březnu 2019 a stavba byla předána v listopadu 2022. Celkové náklady na rekonstrukci byly cca 260 mil. Kč.

Odstranění havarijního stavu odběrného objektu Solenice

Ing. Štěpán Zrostlík, Ph.D.

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

Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s.

Abstrakt

Odběrný objekt nad studní byl vybudován v roce 1957 v obci Solenice pod nynější Orlickou přehradou a v současné době je v majetku Svazku obcí pro vodovody a kanalizace Příbram. Hlavním účelem objektu je odběr vody a převedení do hlavní čerpací stanice. Objekt sloužil k odběru vody již před výstavbou vyrovnávací nádrže Kamýk pomocí násoskového systému. Po výstavbě vyrovnávací nádrže Kamýk byl již využíván pouze gravitační nátok do odběrného objektu. V současnosti je zamýšleno využití nádrže s větším zaklesáváním hladiny minimálně o půl metru pod gravitační odběr. Tomuto požadavku je nutno přizpůsobit i způsob provozu odběrného objektu. Násoskový systém nebylo nutno dosud udržovat v provozu. Nyní je nutné obnovení i původního způsobu násoskového odběru s využitím současně dostupných zařízení a technologií. Příspěvek popisuje postup přípravy od samotného záměru až po zhotovení realizační dokumentace.

Odběrný objekt

Samotný odběrný objekt byl vybudován pro zabezpečení zvyšujících se potřeb vody společně s rozvojem důlní činnosti v 60. letech 19. století [1]. Odběrný objekt Solenice je součástí systému zásobování průmyslovou vodou Příbramska, navržený a postavený v souvislosti s nárůstem průmyslu v lokalitě spojeným i s předpokladem zvýšení počtu zásobených obyvatel. V rámci zásobení byl navržen odběrný objekt v Solenici s čerpací stanicí, která dále přes VDJ Nepřejov a posilovací čerpací stanicí Jablonné dodává vodu do VDJ Háje. Z tohoto vodojemu je dále voda gravitačně rozváděna dle potřeby jako surová na úpravnu vody nebo pro průmysl.

Objekt čerpací stanice se skládá ze dvou částí. Jednou je čerpací stanice nad studnou, která slouží k odběru vody z VN Kamýk a k usazování písku, a druhou je vlastní čerpací stanice. Čerpací stanice nad studnou, která je předmětem rekonstrukce, byla navržena a zároveň vybudována pro dva způsoby samostatného odběru. Prvním bylo jímání provizorní, kdy úroveň hladiny, při které se odběr realizuje, byla určena hladinou Vltavy před vybudováním Kamýcké nádrže. Druhým způsobem, který objekt umožňuje, je definitivní jímání, při kterém je hladina určena úrovní vody v Kamýcké nádrži.

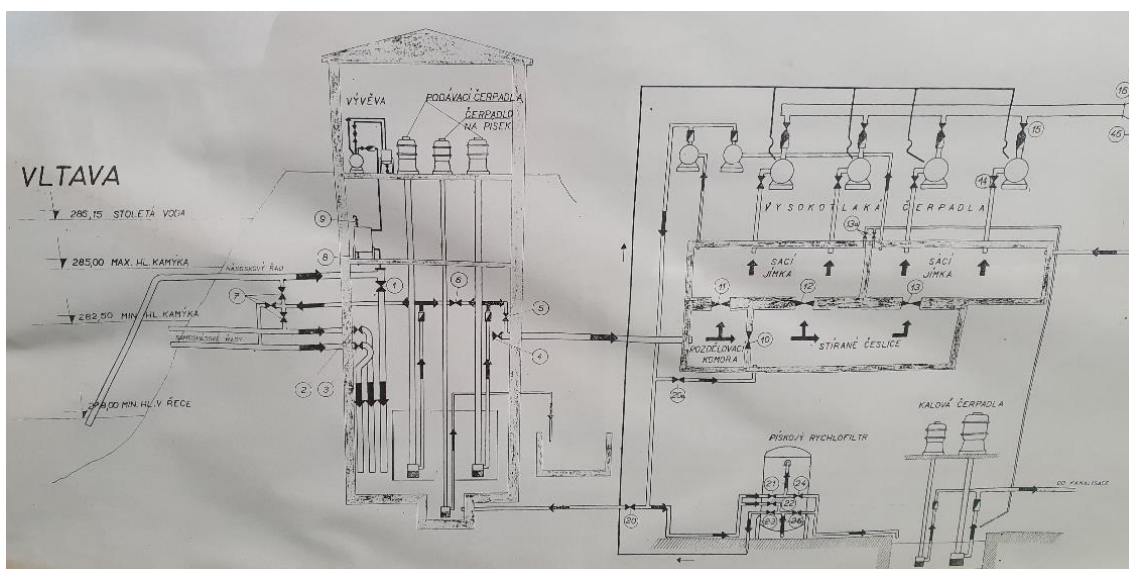
Odběrné potrubí u provizorního jímání vede od stabilizačního betonového objektu pro zakotvení potrubí do břehu, jehož čištění bylo prováděno zpětným proplachem. Toto provizorní jímání bylo prováděno násoskovým ocelovým potrubím DN 500, délky 35 m z úrovně 277,20 m n.m. Definitivní břehový jímací objekt je se studnou spojen dvěma litinovými troubami DN 500, délky 8,5 m. Gravitační nátok slouží do úrovně hladiny 282,10 m n.m. Obě vtoková potrubí jsou chráněna pouze hrubými česlicemi, jejichž čištění je prováděno současně s proplachem příváděcích trub. Přívod do čerpací stanice nad studnou je tedy zabezpečen celkem třemi řady DN 500. Dva jsou samospádové a jeden násoskový. Násoskový řad byl v provozu do té doby, než

bylo vybudováno vodní dílo Kamýk. V současné době je mimo provoz a mělo by sloužit pro případ poklesu hladiny v nádrži pod úroveň současného minimálního nadržení 281,6 m n. m. Z čerpací stanice nad studnou by se muselo dále čerpat podávacími čerpadly do hlavní ČS. Protože byl již v rámci předprojektových prací vytvořen 3D model současného stavu, bylo rozhodnuto vytvořit kompletní dokumentaci v podrobnosti BIM úrovně vhodné pro zadávací dokumentaci stavby.

Čerpací stanice nad studnou je železobetonová stavba průměru 5 m a hloubky 11 m. Slouží jako lapač písku a dále jsou v této studni umístěna tři vertikální čerpadla, jedna vývěva a stojany s ručním ovládáním šoupátek. Dvě čerpadla jsou podávací a jedno kalové.

V současné době je tedy v provozu definitivní jímání vody – samospádový řad. Voda v nádrži, ve studni i v sacích jímkách hlavní ČS je ve stejné úrovni (spojené nádoby). Samospádové přiváděcí řady jsou opatřeny ve studni šoupátky, jejichž ovládání je zakončeno ve stojanech v přízemí čerpací stanice nad studnou. Vrchol násoskového řadu je ve studni a je napojen na vakuový větrník s plovákem. Plovák ovládá automatický chod vývěvy podle stavu hladiny ve větrníku, tím je násoskový řad udržován stále zahlcený. Za normálního stavu je vývěva zakonzervována, což v současnosti znamená, že není nikdo z provozu, kdo by si pamatoval chod násosky. Na následujícím obrázku č.1 je zobrazeno původní provozní schéma.

Obr. 1 Provozní schéma čerpací stanice. [2]



Existuje možnost, že bude v budoucnu nádrž Kamýk sloužit nejen jako vyrovnávací nádrž pro elektrárnu Orlik, ale také jako spodní nádrž pro případ přečerpávání vody mezi Kamýkem a Orlikem. Pro obě funkce by bylo vhodné zvětšit objem využitelný pro tyto funkce. Z tohoto důvodu je uvažováno o snížení spodní úrovně hladiny stálého nadržení o půl metru. Toto snížení by znamenalo nemožnost zabezpečení odběru pro čerpací stanici pomocí definitivního způsobu jímání. Proto je nutno upravit současný možný způsob odběru tak, aby bylo možno zabezpečit odběr i při nižší hladině.

Návrh obnovy objektu

Možných způsobů úpravy odběru vody je několik. Pro posouzení nejvhodnějšího způsobu zajištění odběru vody byla zhotovena studie "Odběrný objekt Solenice – jímání vody a čerpací stanice nad studnou Technicko-ekonomická studie" [3]. Ve studii byly posuzovány čtyři možné varianty řešení opravy a úpravy odběru z pohledu investičních a provozních nákladů. První byla obnova původního navrženého řešení v plném rozsahu. Druhou variantou bylo upravení definitivního jímání snížením možné kóty odběru v kombinaci gravitačního a násoskového odběru. Zároveň by bylo upuštěno

od původního provizorního jímání. Třetí variantou bylo úprava definitivního odběrného objektu tak, aby bylo možno umístit do nádrže čerpadla, a upuštění od provozu čerpací stanice nad studní a obnovy provizorního jímání.

Poslední varianta byla zařazena až v průběhu řešení a vznikla při hledání možné alternativy realizace suché jímky při obnově odběrných částí zasahujících do nádrže. Tato posuzovaná varianta spočívá v obnově původního definitivního břehového odběrného objektu. Vystrojení čerpací stanice nad studní v obdobném technickém provedení jako tomu bylo po vystavení objektu. Zároveň obnova původního dočasného odběru se zvýšením úrovně, ze které bude voda odebírána. Výhodou tohoto řešení je možnost využití realizace prací částečně pod vodou. Konkrétně přípravu ukotvení nového sacího koše na betonový blok a montáž nového potrubí pod vodou. Zároveň bylo uvažováno s možností proplachování násoskového řadu pomocí vzduchu oproti původnímu proplachování vodou.

Průzkumné práce na objektu

V rámci přípravy bylo provedeno několik průzkumných prací za účelem zjištění současného stavu odběrného objektu. První netradiční činností byl batymetrický průzkum za účelem ověření existence původního provizorního odběrného objektu. Tato metoda byla zvolena z důvodu nesnižování hladiny v nádrži pod hladinu stálého nadržení a případného ohrožení turbín na VD Kamýk, které zároveň slouží jako spodní výpustě. Průzkumem byla ověřena existence betonové části provizorního objektu a jeho částečné zanesení splaveninami.

Další přípravné práce byly provedeny pomocí 3D laser skenu, kdy bylo provedeno zaměření současného stavu s porovnáním s dochovanou dokumentací po realizaci stavby. Tyto práce byly provedeny po snížení hladiny pod úroveň gravitačního nátoky a vyčerpání vody ze studny. Metoda se ukázala jako velmi rychlá a efektivní při následné přípravě projektové dokumentace. Převedení naskenovaného objektu do 3D objektů lze využít pro následné zpracovávání v podrobnosti BIM.

Stanovení stavu potrubí od nádrže až do objektu hlavní čerpací stanice bylo provedeno při snížené hladině v nádrži, na základě zhodnocení zbytkové tloušťky stěn v dostupných místech a vizuální kontroly viditelných částí vnitřního povrchu.

Poslední přípravnou prací bylo uskutečnění potápěčského průzkumu za účelem stanovení stavu provizorního betonového odběrného objektu. Díky těmto pracím bylo možno rozhodnout o zachování současné betonové konstrukce, stanovení způsobu jejího ošetření a způsobu úpravy pro možnost nového využití jako stabilizačního betonového bloku.

Časový rámec stavby

V průběhu přípravy stavby byla zjištěna možnost využití souběhu stavby na odběrném objektu se stavebními pracemi na zabezpečení vodního díla Orlík před účinky velkých vod [5]. Při stavebních pracích bude potřeba krátkodobé velké snížení hladiny v Kamýku. Při využití tohoto snížení je možno realizovat poslední popsanou variantu s minimalizací potápěčských prací a vynechání případné nutnosti zájmkování definitivního odběrného objektu.

Projekt rekonstrukce

Po stanovení způsobu rekonstrukce a provedení průzkumných prací bylo přikročeno k samotné tvorbě dokumentace plánovaných prací. Samotný projekt „Odstranění havarijního stavu odběrného objektu Solenice“ [4] je členěn do osmi částí. První hlavní centrální částí je přestrojení a sanace samotného objektu studny. Samotné vystrojení je klíčové pro plnění funkce objektu správně, proto bylo toto část dokumentace zpracovávala společnost KUNST spol, s.r.o. jako

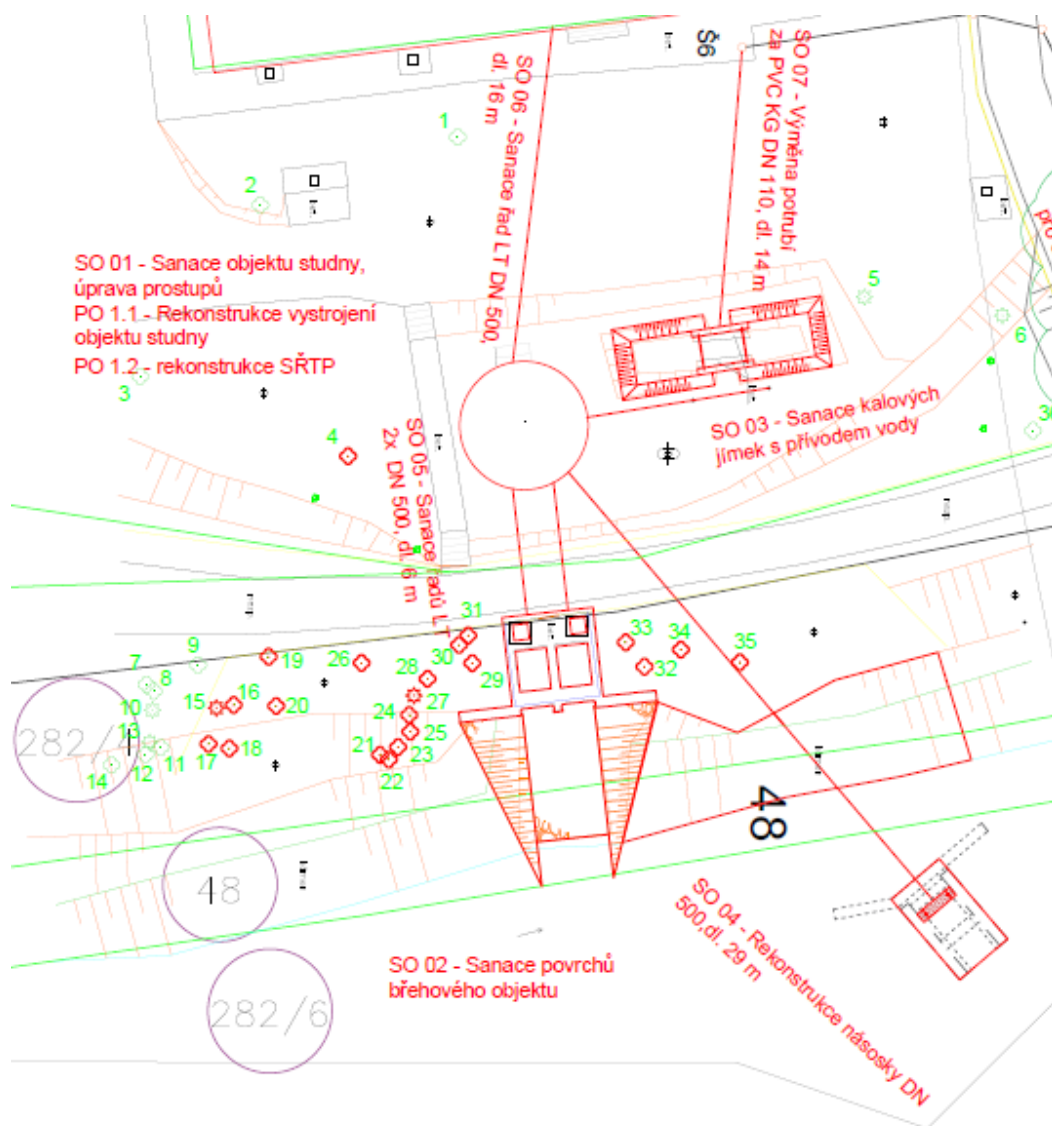
přední firma v oblasti vystrojení vodohospodářských staveb v ČR. Druhou částí je obnovení násoskového řadu pomocí nového potrubí DN 500. Je plánováno realizovat výměnu pomocí naplavení a zatažení potrubí na místo, kde by bylo řízeně zatopeno a ponořeno na místo. Pod vodou by byl konec ukotven na připravený blok a osazen sacím košem. Břehovému odběrnému objektu budou zasanovány betonové plochy, které jsou vystavovány mrazovým cyklům. Dále budou obnoveny zámečnické konstrukce jako jsou žebříky, česle a zábradlí.

Projekt zahrnuje sanaci současných potrubí mezi nádrží až k čerpací stanici pomocí inverzně zatahovaného rukávce a obnově potřebného potrubí pro proplach a napojení na čerpadla s evakuační stanicí.

Poslední důležitou součástí je realizace obnovy odkalovacích jímek pro odčerpávanou vodu ze dna objektu. Jímky budou muset být v průběhu stavby odstraněny kvůli provádění výkopů k současnému a budoucímu vedení potrubí. Jímky budou obnoveny v původním rozsahu spolu s výměnou odvodňovacího potrubí napojeného do současného systému odvodu dešťových vod.

Součástí projektu je i dopravně organizační opatření, zřízení dočasné komunikace místo stávající komunikace, která vede přes všechna tři potrubí vedoucí do objektu studny.

Obr. 2 Situace plánovaných prací na odběrném objektu



Realizace obnovy

V rámci prováděných prací byl vybrán způsob rekonstrukce odběrného objektu nejvhodnější z provozně ekonomického hlediska. Zároveň lze zmíněnou variantu rekonstrukce, i při malé změně způsobu provozování, realizovat jako údržbové práce.

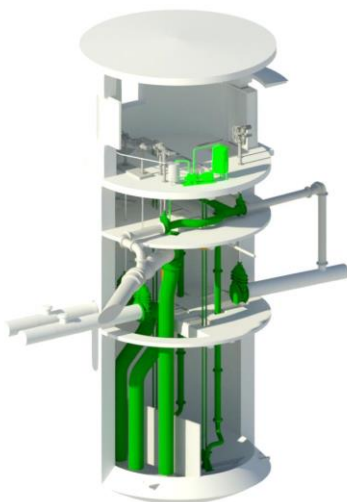
V rámci přípravy projektu bylo využito netradičních průzkumů pomocí miniponorky a potápěčského průzkumu, což umožnilo optimalizovat způsob a postup navržených prací.

Využitím 3D laser skenování se urychlila tvorba modelu současného stavu objektu, což urychlilo návrh prací pro obnovu i tvorbu výkresové dokumentace.

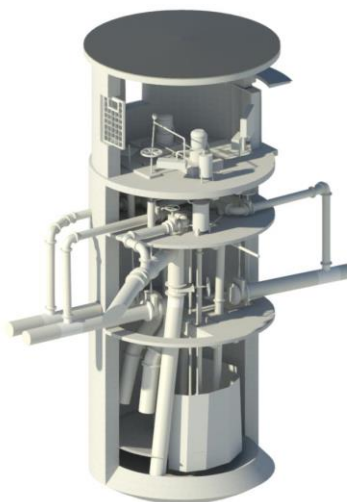
Při přípravě takto složitých projektů se vyplatí využít dostupných inovativních metod pro provádění prací, což má za následek šetření jak času při realizaci stavby, tak finančních prostředků nutných pro provádění.

Podle zhotoveného rozpočtu se předpokládají realizační náklady okolo 25 mil. Kč.

Obr. 3 Studna navržená obnova



Obr. 4 Studna současný stav



Použitá literatura

- [1] Historie dobývání stříbra, olověných a železných rud na Příbramsku, Vladimír Ježek, kronikář města Příbrami 1975
- [2] Projektová dokumentace Průmyslový vodovod JD s SRD na Příbramsku
- [3] Odběrný objekt Solenice jímání vody a čerpací stanice nad studnou Technicko-ekonomická studie, 2020, Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s.
- [4] Odstranění havarijního stavu odběrného objektu Solenice – jímání a čerpání vody DSP 2022, Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s. 2020
- [5] Odstartoval projekt zabezpečení vodního díla Orlík před účinky velkých vod, Ing, Tomáš Beržinský, Stavebnictví 5/2022

Využití simulačního modelu k řešení nedostatečné dodávky vody do průmyslového areálu

Ing. Lubomír Macek, CSc., MBA

autorizovaný inženýr pro vodohospodářské stavby

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

Simulační modely systémů zásobování vodou/rozvodů vody se používají již řadu let k simulaci stavu proudění a tlaku ve vodovodních sítích. Simulace může výrazně zlepšit porozumění systému a pomoci s jeho vývojem a řešením problémů. Ve své praxi jsme se setkali s případem, kdy jsme museli řešit nedostatečnou kapacitu dodávky vody z veřejného vodovodu do průmyslového areálu. Provedli jsme simulaci a kalibraci modelu včetně hydrantových zkoušek, ověření kapacity přípojek z veřejného vodovodu do areálu včetně započtení místních ztrát a kontrolu stavu hlavních uzávěrů až po zahrnutí části vnitřních rozvodů v největší budově areálu. Poměrně rozsáhlé práce vedly nakonec k úspěšnému odhalení místa, které způsobovalo nedostatečnou kapacitu. Jakmile je simulační model sestaven, umožňuje testovat návrhy na vylepšení stávajícího stavu. Pro simulační výpočty, a také pro projektování trubních sítí, používáme software, který si sami vyvíjíme.

Vodohospodářský inženýr pracuje v souvislosti se zásobováním vodou na projektech vodárenské infrastruktury, na plánech rozvoje zásobování vodou a někdy řeší i to, proč vodovod nefunguje tak, jak by měl. O jednom takovém případě bych se chtěl podělit ve svém příspěvku. Když budu předjímat výsledek, tak často by mohlo být velké úsilí vložené do hledání příčiny nedostatečné kapacity nahrazeno dobrou znalostí místních podmínek, často postačuje jen několik správných informací, které ale často nemají ani místní, anebo vysokým stupněm osvětlení toho, kdo tento problém řeší.

Jak jsme hledali úzké místo vnitroareálového vodovodu

Byli jsme požádáni, abychom zjistili příčiny nedostatečné dodávky do velké haly s několika tisíci obyvatel, v které na konci první směny není dostatečný tlak vody a lidé před odchodem se nemohou rychle osprchovat.

Začali jsme tedy práci. Vyslechli jsme lidé, kteří areál spravují a postupně jsme dostávali útržky informací. Postup naší práce zahrnoval:

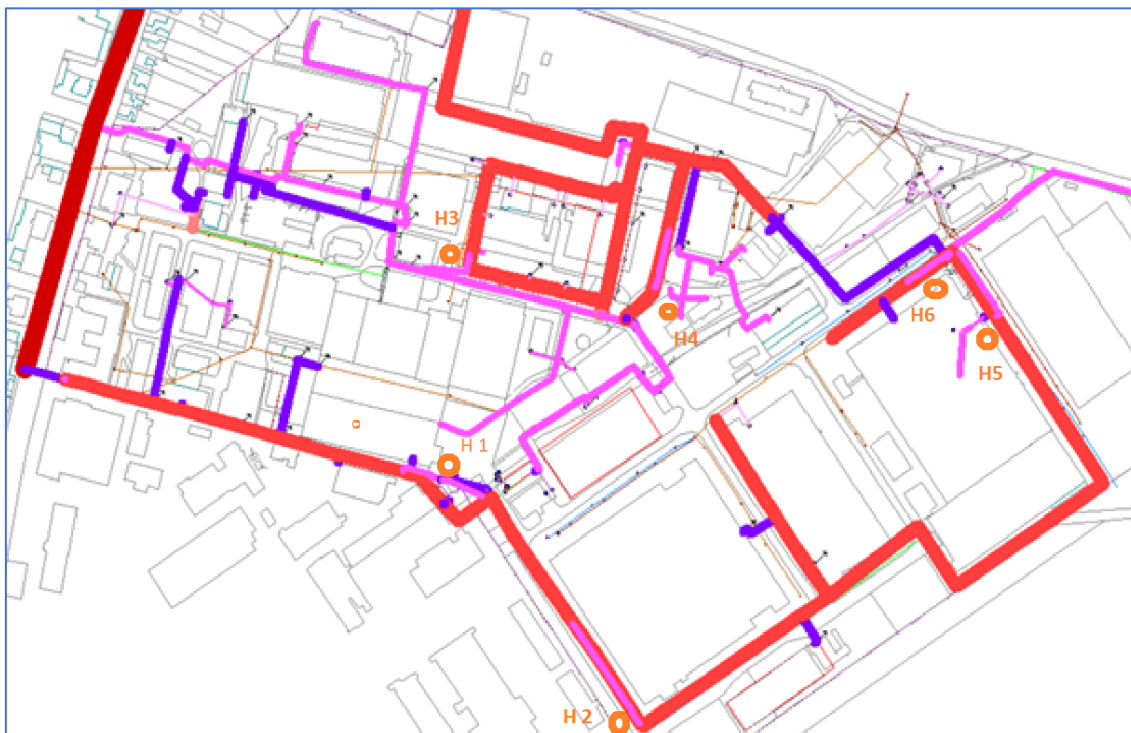
- Prohlídku všech dostupných částí areálového vodovodu
- Sestavení simulačního modelu
- Ověření kapacity požárních hydrantů
- Přidání vnitřních instalací v hale do modelu

Část práce provedl již zadavatel, který provedl kamerovou inspekci potrubí vodovodních přípojek do areálu. Přípojky byly bez překážek, s bílým inkrustem na povrchu potrubí. V této fázi jsme zmapovali všechny armatury a tvarovky na přípojkách na vstupu do areálu – uzávěry, vodoměry, montážní kusy atd. Vše vypadalo v pořádku.

Dalším krokem bylo sestavení simulačního modelu vnitroareálového vodovodu. Pracujeme s naším vlastním programem SiteFlow, který stále vyvíjíme a který má pro simulační výpočty vodovodů integrovaný program EPANET. To obnášelo sestavení topologického modelu potrubí (viz obr. 1) a odběrových vzorců pro jednotlivé odběratele v areálu. Tento model jsme zkalibrovali pomocí měření kapacity požárních hydrantů (obrázky 2 a 3). Při této kalibraci jsme narazili na kuriozitu, požární hydrant typu C. naštěstí máme redukce, takže můžeme měřit všechny typy požárních hydrantů. – A, B, C i D. Zkalibrovaný a ověřený model žádné chyby neukázal. Voda proudila okolo jednotlivých hal s dostatečným tlakem a dokázala zásobovat plně jednotlivé požární hydranty. Protože zkalibrovaný a ověřený model neukázal žádné problémy s průtoky a tlaky v areálu, v dalším kroku jsme doplnili místní ztráty na přípojkách na vstupu do areálu. Místní ztráty pro běžné průtoky byly zanedbatelné a tlakové poměry ve vnějším vodovodu splňovaly požadavky na zásobování vodou.

Na obr. 1 je zobrazena vodovodní síť v areálu, kde červeně jsou vyznačeny potrubí největšího průměru, DN 150, modře DN 100 a fialově DN 80 a DN 50 mm. Vodovodní síť má jeden hlavní okruh, který pomáhá vyrovnávat tlaky v areálu za většího odběru. Po sestavení simulačního modelu vnitroareálového vodovodu, tj. po sestavení tzv. topologického modelu, což představují jednotlivá potrubí a jejich propojení, jsem model doplnili u všech odběratelů o křivky odběru během pracovního dne. V první fázi jsme měli model bez přípojky do největší haly a tlakové a průtokové poměry byly ve vnějším vodovodu v areálu bez problémů. Teprve po přidání přípojky do haly, kde jsme namodelovali potrubí až do pánských sprch ve druhém patře, se objevil problém. Nedostatečná kapacita přípojky, způsobená malým průměrem použitého vodoměru. Na obr. 3 je vidět nadstandardní rychlost v přípojce oproti rychlostem ve vnějším vodovodu. Na obr. 4 jsou zobrazeny průtoky v okamžiku konce první směny v areálu. Na obrázku je pěkně vidět, jak se do přípojky pro velkou halu spojují přítoky z obou stran.

Obr. 1 Zobrazení průměru potrubí ve vodovodním potrubí v areálu. Průměr potrubí je vyjádřen tloušťkou čáry a barvou.



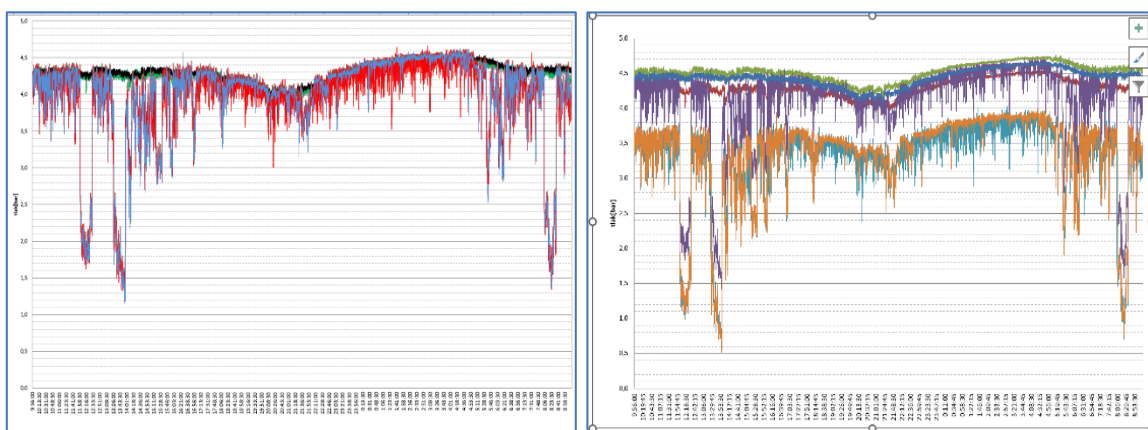
Pro analýzu příčiny nízké kapacity zásobování vodou největší haly jsme pak využili i měření tlaků v jednotlivých místech vnitroareálové vodovodní sítě, které byly pořízené ještě před tím, než jsme začali pracovat. Podélná osa areálu mírně stoupá od vchodu ke konci areálu, rozměry areálu jsou cca 400 x 800 m. Pokud měření tlaku vyhodnocujete v relativních tlacích, naměřených na místě měření, dostanete čáry, které jsou umístěny v různých výškách na svislé ose, výška odpovídá výškovému rozdílu měřených bodů, viz. obr. 2 vlevo. Jakmile vynesete naměřené tlaky v absolutních hodnotách, lépe se uspořádají a je vidět, kde dochází k největším poklesům tlaku. V tomto zmiňovaném případě se jednalo o panské šatny v druhém patře budovy. To už bylo skoro vyhráno. Viz obrázek 2. vpravo.

Podle informací od místních měla původně tato velká hala několik přípojek z vnitroareálového vodovodu. Postupně se však všechny přípojky až na jednu zrušili. Zároveň kromě odběru pro potřeby zaměstnanců touto přípojkou natéká také voda pro provozní účely. Charakter výroby vyžaduje, aby se doplňovaly nádrže na provozní vodu na konci směny, což zvyšuje průtok v přípojce v okamžiku největšího odběru pro zaměstnance. Přidali jsme tedy přípojku do haly a vnitřní rozvody až do panské šatny do simulačního modelu. Hned potom jsem objevili příčinu problému s nízkým tlakem a nedostatečnou kapacitou vodovodu, zásobujícího halu.

Příčina byla v příliš malém průměru vodoměru na přípojce do haly, v které pracuje několik tisíc lidí a zároveň tato jediná přípojka slouží k doplňování provozní vody. Zjistili jsme, že na přípojce DN 80 je nainstalovaný vodoměr DN 50, jehož místní ztráty byly takové, že za odběrové špičky na konci první směny, kdy je v objektu nejvíce zaměstnanců, nepropustí dostatek vody a dojde k poklesu vody ve druhém patře objektu tak, že voda ze zařizovacích předmětů téměř nevytéká. To je ještě umocněno tím, že ve stejné době se doplňují nádrže provozní vody.

Návrh řešení byl tedy jednoduchý, pro odstranění problému postačí namontovat vodoměr o průměru DN 80 mm, který propustí dále dostatek vody, a případně zprovoznit jednu ze dříve zavřených přípojek do haly.

Obr. 2 Porovnání absolutních a relativních tlaků. Z absolutních tlaků vlevo je vidět mnohem lépe, co se děje s tlaky v areálu. Největší ztráta je v panských šatnách (spodní čára na obou obrázcích)

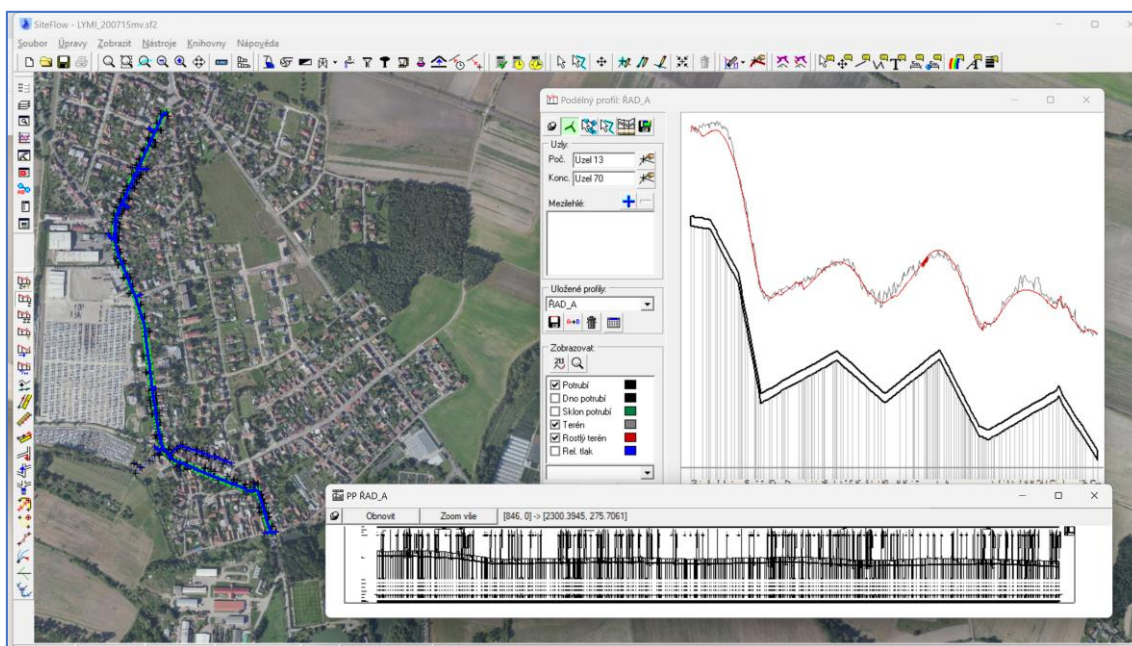


Použitý software

Program SiteFlow, který používáme pro projektování a simulační výpočty vodovodů (a kanalizací) je dobrým nástrojem, který pomáhá při práci. Projektant pro projektování vodohospodářské infrastruktury potřebuje zvládnout rychle složité věci, mít dobrý přehled o zpracovávaném projektu, mít při práci pohodu, pracovat bez formálních chyb a pokud možno co nejrychleji. Program SiteFlow umí takto projektantovi pomoci. Projektanta většinou trápí nízká rychlost práce, příliš komplikované použití softwaru, roztříštěnost práce, vysoká pracnost včetně vysoké pracnosti při zapracování změn do projektu.

Při projektování pracujeme s plochou terénu (DMT – digitální model terénu), viz obr. 5, což nám umožňuje pracovat rychleji, při kreslení situačního zákresu rovnou dostáváme výšku terénu k jednotlivým bodům. Pozemky z katastru se zas samy řadí do popisných rámečků v podélných profilech a umožňují exportovat seznam dotčených pozemků. Editovat data je možné v situaci a v podélných profilech. Místo pracných výpočtů výšek pro podélný profil editujete data grafickými úpravami podélného profilu. Exporty podélných profilů a situací jsou uživatelsky nastavitelné a můžete pracovat s několika digitálními moduly terénu podle potřeby – například stávající terén a povrch nově vyprojektované vozovky nebo výkopy a násypy apod. podle potřeby.

Obr. 5 Příklad využití našeho programu pro projektování – v převýšeném pracovním náhledu podélného profilu vodovodu vidíme potrubí, průběh stávajícího terénu (šedě) a průběh nového terénu – nově navržené komunikace (červeně). V dolním výřezu je vygenerovaný stavební výkres podélného profilu, který odpovídá mnohem převýšenějšímu pracovnímu náhledu podélného profilu. Pro praktické účely tento dlouhý výkres rozdělujeme. V podélných profilech je možné zobrazovat i hydrodynamickou tlakovou čáru.



Pro simulačním modelování v programu SiteFlow využíváme, zejména u větších spotřebišť, možnost automatického přiřazení jednotlivých odběrných míst do nejbližších uzlů. Simulovat můžete hydraulické parametry, stáří vody nebo podíl jednotlivých zdrojů, včetně výpočtů kvality vody. Model můžete použít pro například pro optimalizaci návrhu čerpání nebo pro řešení různých provozních problémů jako ve zmiňovaném případě. Dobře lze použít také pro návrh a posouzení různých variant při plánování rozvoje systémů zásobování vodou. Tlakové poměry

si můžete zobrazit také v podélném profilu, případně můžete exportovat výkres podélného profilu se zobrazenou tlakovou čarou.

Z projekčního modelu můžete přejít do simulačního a zpět. Díky tomu odpadá převádění dat z jednoho programu do druhého.

Obr. 6 Požární hydrant připraven pro měření tlaku a průtoku



Obr. 7 Někdy může být tlak vody větší než čekáte



Obr. 8 První setkání s hydrantem typu "C"



Závěr

Velké úsilí a hodně práce vedlo v tomto případě k „objevení“ jednoduchého řešení v podobě výměny vodoměru s malým průměrem na vodovodní přípojce do haly za větší, z DH 50 na DN 80. Když takto zpětně budu glosovat naši práci, pokud bychom měli dostatek informací, jak to v areálu funguje, asi bychom tento problém našli hned. Dostatek správných informací jsme ovšem neměli a jsme skládali postupně kousek po kousku informace o tom, jak vodovod funguje. Postupně jsme eliminovali jednotlivé možné příčiny nízké kapacity vodovodu až jsme se dostali na konec, kde jsme příčinu našli. V případě dostatečných informací by bylo možné tento problém identifikovat. Hned. Druhá možnost, jak tento problém vyřešit bez dostatečných informací by spočívala v osvětlení toho, kdo hledá příčiny problému. Pak bychom například začali od konce místo od začátku.

Možnosti vyhledávání úniků vody z potrubí pomocí detektoru Leakpen

Michal Ričl

vonRoll hydro (cz) s.r.o.

Abstrakt

Lokalizace úniků vody z potrubí je důležitou činností při provozování vodohospodářské infrastruktury pro zásobování pitnou vodou. S technickým pokrokem dochází k miniaturizaci také v oblasti detektorů poruch vodovodního potrubí. Příspěvek se zabývá možnostmi detekce úniků vody z potrubí pomocí kapesního detektoru Leakpen.

Úvod

V době, kdy se ceny energií mění pomalu každým dnem, může být snižování ztrát z důvodu neznámých úniků jednou z nejjednodušších cest, jak ušetřit finanční prostředky. Pro předběžnou kontrolu vodovodních potrubí pro distribuci pitné vody nemusí být zapotřebí používat pouze velmi sofistikované, ale současně také velmi drahé technologie. Díky moderním technologiím je možné odhalovat potencionální úniky v každé situaci a velmi jednoduše. Ventily a armatury, hydranty, domovní přípojky atd., se dají velmi snadno kontrolovat při údržbě, odečtech měřičů nebo při specifickém vyhledávání netěsností.



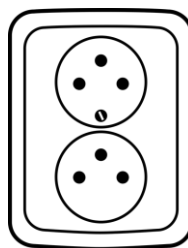
Popis zařízení

Leakpen je vyroben z nerezové oceli a plastového středního panelu, který obsahuje pole s informačními diodami. Díky malé hmotnosti (200 g) a kompaktním rozměrům o délce 180 mm a průměru 18 mm, je možné nosit lokátor stále u sebe a při jakékoliv příležitosti zkontrolovat přítomnost možného úniku. Tělo přístroje je vodotěsné a napájení zajišťuje standardní AA baterie, kterou je možné jednoduše vyměnit.

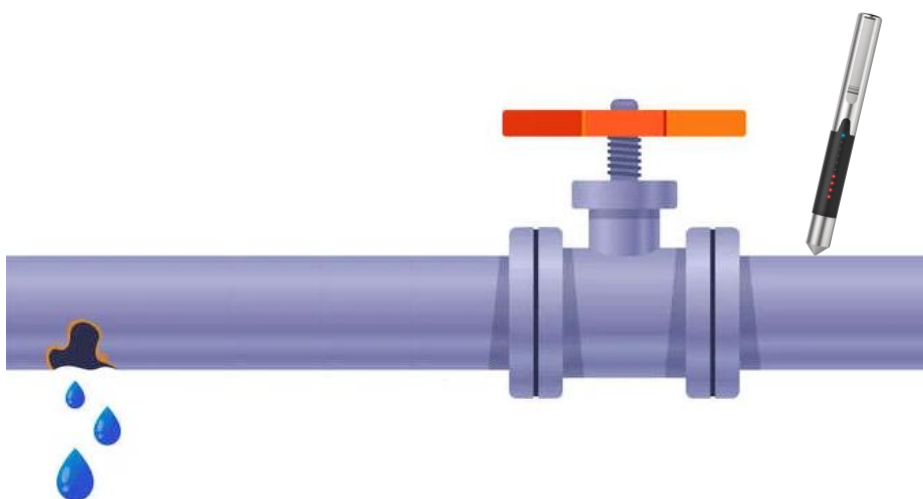


Jak to funguje

Pro bližší představu je nejpodobnější přirovnání k jednoduché zkoušečce, kterou používají elektrikáři v podobě šroubováku k základní detekci, zda například fáze v elektrické zásuvce je nebo není pod napětím.



Obdobným způsobem funguje i Leakpen. Je vybaven pohybovým čidlem a je spínán krátkým pohybem vpřed. Po zapnutí se přístroj přidrží hrotem na měřeném bodě na jakékoliv části potrubí. Naměřená úroveň šumu se zobrazuje pomocí LED diod na zařízení a je tak na první pohled možné snadno odhalit případné netěsnosti.



Princip detekce spočívá v lokalizaci hladiny šumu, který se šíří materiálem potrubí. Pokud se potrubím šíří šum způsobený únikem, rozsvítí se podle úrovně hladiny šumu odpovídající počet diod.

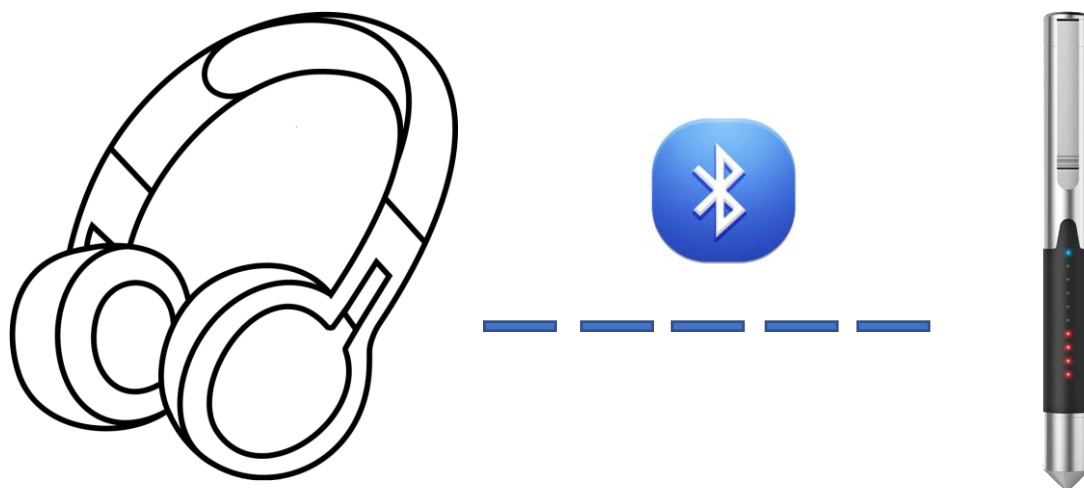
Obecně platí, že čím vyšší je naměřená úroveň šumu, tím blíže je únik. Pokud není zjištěn žádný šum způsobený únikem, lze předpokládat, že v daném úseku potrubí nejsou žádné netěsnosti. Rušení je automaticky vyloučeno přednastavenou frekvencí a filtrem.

Místa úniku lze obecně detekovat na vzdálenost až 200 m, v závislosti na materiálu potrubí a jeho provozních podmínkách.



Bluetooth

Diody na středním panelu poskytují rychlou informaci, zda se v blízkosti měřícího bodu může nacházet netěsnost. Leakpen je ale možné spárovat s jakýmkoliv sluchátkem vybaveným bezdrátovou Bluetooth technologií a poslechnout si jaký hluk se přesně potrubím šíří. Zkušený pracovník tak může snadno identifikovat, zda se jedná o případný únik nebo je šum v potrubí způsoben jiným zdrojem hluku.



Závěr

Pomocí moderních technologií je možné odhalovat možné úniky z potrubní sítě jednoduchým způsobem. Sofistikované korelátory umožňují detekovat přesné místo poruchy, ale jejich rozměry a složité nastavování při každém použití vyžaduje časovou náročnost a vyškolené pracovníky. Naopak Leakpen je jednoduché a kompaktní zařízení, jakým je možné detekovat možné úniky v počátku jednoduchým způsobem a na základě tohoto jednoduchého měření teprve poté přistoupit k detailnímu vyhledávání poruchy a tím pádem předejít ke ztrátám finančních prostředků, které úniky způsobují.

technologie pro život

Čerpadla a čerpací stanice



Kamerové systémy do potrubí



Chlorová dezinfekce



Ozonizace



Detekce plynů



Vřetenová čerpadla



UV dezinfekce



Příslušenství potrubí a sítí



DISA s. r. o.

Barvy 784/1 | CZ - 638 00 Brno
+420 548 141 211 | www.disa.cz | info@disa.cz

OBSAH

DISA PLUS s. r. o.

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



Rodinný podnik s tradicí a pohledem do budoucnosti



made for generations.

OBSAH

Bezvýkopové technologie
- Berstlining, relining



Vodovody



Kanalizace



Vodojemy



Čistírny odpadních vod



Stavby občanské vybavenosti



Vodohospodářské stavby Javorník – CZ s.r.o.
Benátky 17, 698 01 Veselí nad Moravou
www.vhsjavor.cz



Realizujeme:

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

www.vhs-brno.cz



Medmes



PROJEKCE • DODÁVKY • MONTÁŽ

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

SPOLEČNOST JE CERTIFIKOVÁNA DLE
ČSN EN ISO 9001:2009 | ČSN EN ISO 14001:2005 | ČSN EN OHSAS 1801:2008



+420 581 603 200

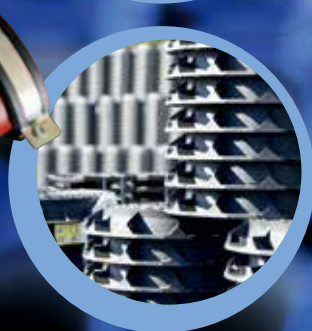
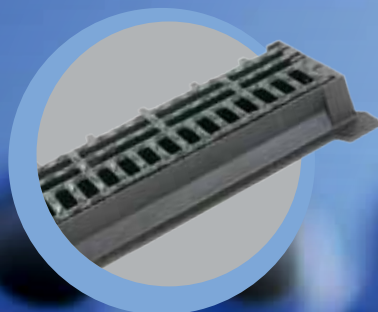
Medmes, spol. s r.o., třída Čs. Armády 211, 753 01 Hranice

www.medmes.cz

OBSAH

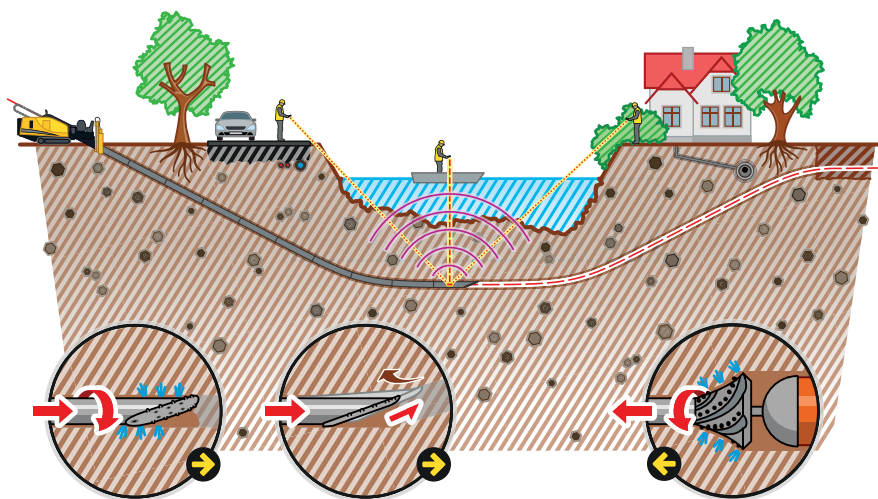
Již 30 let

dodáváme na český trh
kvalitní a spolehlivé trubní
systémy z tvárné litiny



Zemní protlaky

6 km/rok



Sanace kanalizace UV liner

12 km/rok



TRASKO BVT, s r.o.,
Na Nouzce 487/8, 682 01 Vyškov
E bvt@trasko.cz | www.trasko.cz

Monitoring: T 725 638 288
Sanace UV LINER: T 775 738 244
Zemní protlaky: T 777 738 215

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



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
KÖRĚNŮ A INKRUSTACÍ



ČIŠTĚNÍ TUKOVÝCH
LAPULŮ A ODVODNĚNÍ KALŮ



ČIŠTĚNÍ
ROPNÝCH LAPOLŮ



ČIŠTĚNÍ VYSOKOTLAKÝM
VODNÍM PAPSREM



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





Sanace vodovodů

KAWEX
DN 75 - DN 1200

P SYSTEM
DN 150 - DN 500



Sanace plynovodů

GASEX
DN 75 - DN 1200

P SYSTEM
DN 150 - DN 500



Sanace kanalizace

KAWO
DN 100 - DN 2200

KAWO UV
DN 150 - DN 1200



Servis kanalizace

Monitoring, Čištění, Robot



Kontaktujte nás na

✉ wombat@wombat.cz  www.wombat.cz

držitel certifikace ISO 9001 a 14001

OBSAH

MEDIÁLNÍ PARTNEŘI KONFERENCE

STAVEBNISERVER.com

VODARENSTVI.cz

časopis
stavebnictví



***vodní
hospodářství®***

OBSAH