

2 • 25

Únor 2025

Ročník 34

SOVAK ČR – řádný člen EurEau,
začleněné společenstvo
Hospodářské komory České republiky
a členský svaz Konfederace
zaměstnavatelských a podnikatelských
svazů ČR



30 let provozu biologické
linky BČOV Pardubice

Použití pokročilých
oxidačních procesů pro
odstranění metabolitů
pesticidů v ÚV Studená
voda – provozní zkušenosti

Zkušenosti s odstraňováním
fosforu a dezinfekcí
v terciárním stupni čištění
na NVL ÚČOV Praha

Vliv ozonizace na odstranění
pesticidů – pokus v reálných
podmínkách na ÚV U Svaté
Trojice v Kutné Hoře

Posouzení životního cyklu
výroby pitné vody v procesu
úpravy vody Plzeň
metodou LCA

SOVAK

ČASOPIS OBORU VODOVODŮ A KANALIZACÍ



VODOVODY
A KANALIZACE
PARDUBICE, A.S.

Technologická linka ÚV Studená Voda

SOVAK
ROČNÍK 34 • ČÍSLO 2 • 2025

OBSAH

Oldřich Vodička
30 let provozu biologické linky
BČOV Pardubice 1

Adam Fendrych, Lukáš Havránek,
Jiří Strouhal
Použití pokročilých oxidačních procesů
pro odstranění metabolitů pesticidů v ÚV
Studená Voda – provozní zkušenosti 5

Lenka Charvátová, Jakub Kovařík,
Milan Lánský, Jan Lukeš, Jiří Rosický,
Martin Srb, Petr Sýkora, Pavel Válek
Zkušenosti s odstraňováním fosforu
a dezinfekcí v terciárním stupni čištění
na NVL ÚČOV Praha 10

Reorganizace ve Sweco: vznikla nová
divize Městská vodohospodářská
infrastruktura 15

Ladislava Hatáková, Jiří Beneš
Vliv ozonizace na odstranění pesticidů –
pokus v reálných podmínkách na ÚV
U Svaté Trojice v Kutné Hoře 16

Martina Klimtová, Vladimír Kočí
Posouzení životního cyklu výroby pitné
vody v procesu úpravy vody Plzeň
metodou LCA 22

Z regionů 28

František Kožíšek
Riziko aplikace zpomalovačů hoření
k likvidaci požárů v Los Angeles pro
zdroje podzemní i povrchové vody 30



Technologická linka ÚV Studená Voda

30 let provozu biologické linky BČOV Pardubice

Oldřich Vodička

Biologická čistírna odpadních vod v Pardubicích má za sebou více než třicet let provozu. Historie čistírny ale sahá ještě o pár let dále. Z pohledu technologického uspořádání ji rozhodně nelze považovat za běžnou ČOV.

Historie výstavby

Vlastníkem BČOV Pardubice je společnost Vodovody a kanalizace Pardubice, a. s., od roku 2006 a v roce 2015 se stala jejím provozovatelem. Základní technologickou koncepci čistírny určil její původní vlastník. Čistírnu začal budovat tehdejší předchůdce Synthesie, a. s., v sousedství svého výrobního areálu v katastru obce Rybitví. V letech 1978 až 1982 byla vybudována neutralizační linka průmyslových odpadních vod. Zahrnovala především objekty vápenného hospodářství (příprava hydroxidu vápenatého), neutralizační reaktory a sedimentační nádrže neutralizačního kalu. V letech 1987 až 1994 byly postaveny objekty hrubého a mechanického předčištění komunálních odpadních vod, kalového hospodářství (včetně spalovny kalů) a především rozsáhlé tři linky biologického čištění (označované jako BIO1, BIO2 a BIO3). Stěžejní myšlenkou byla od počátku koncepce společného čištění průmyslových a komunálních odpadních vod. Původním záměrem bylo kromě připojení pardubické aglomerace i přivedení odpadních vod z Hradce Králové a objekty biologického čištění byly vybudovány na tuto kapacitní variantu.

Množství komunálních vod představuje asi 80 % z celkového ročního průtoku. Komunální odpadní vody jsou přiváděny jednotnou kanalizací. Průmyslové odpadní vody z areálu Sementin Zone jsou nejprve akumulovány v retenční nádrži Lhotka, která slouží pro vyrovnání jejich objemového nátoky i kvality, a následně jsou řízeně čerpány do areálu čistírny na neutralizaci. Objemově představuje množství průmyslových odpadních vod asi 20 % celkového nátoky, na látkovém zatížení se podílejí podstatně vyššími čísly. Například v ukazateli CHSK přinášejí průmyslové vody až 40 % z celkového přítoku, v ukazateli N_{celk} je to dokonce okolo 50 %.



Obr. 1: Jedna z modernizovaných aktivačních nádrží

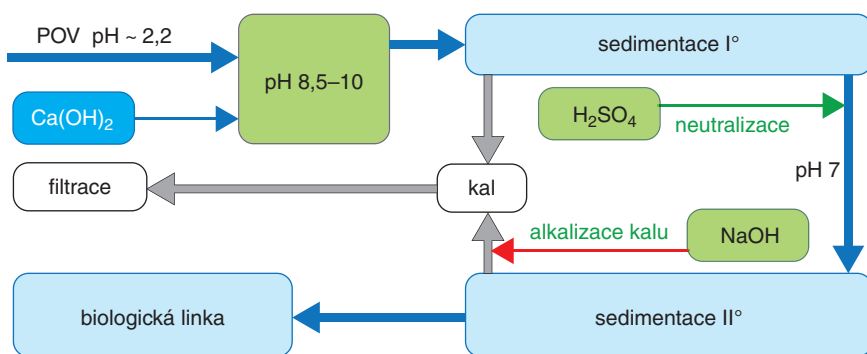
Modernizace biologické linky

K přivedení odpadních vod z Hradce Králové nikdy nedošlo, a tak od počátku provozu byla jedna ze tří biologických linek odstavena. Tato rezervní biologická linka umožnila takřka nemožený provoz čistírny v průběhu modernizace [1] v letech 2010–2012.

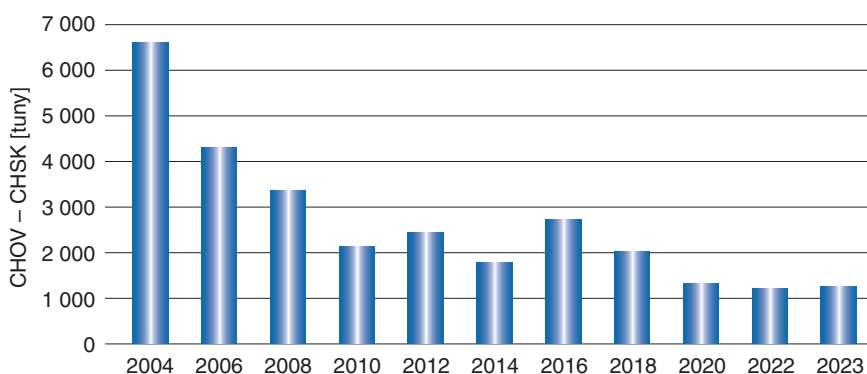
Hlavním cílem modernizace bylo zvýšit biologické odstraňování sloučenin dusíku. Projekt dále řešil špatné hydraulické rozložení průtoků vody i kalů na jednotlivé nádrže biologických linek čištění a dále nevyhovující způsob likvidace čistírenských kalů. Po dokončení modernizace dvou biologických linek (obrá-



Obr. 2: Pohled na neutralizační linku – neutralizační reaktory a vápenné hospodářství



Obr. 3: Schematické znázornění intenzifikace neutralizační linky. Zeleně je označeno nově doplňované technologické vybavení



Obr. 4: Roční množství CHSK natékající v průmyslových odpadních vodách

zek 1) však skutečné látkové zatížení průmyslových odpadních vod převyšovalo původní návrhové parametry, proto byl i nadále zachován částečný provoz třetí technologické linky, v potřebném rozsahu opravené a intenzifikované.

Současná podoba aktivace po zmíněné modernizaci zahrnuje tedy tři oddělené biologické linky, které umožňují poměrně variabilní provoz v závislosti na přítékajícím znečištění a momentálních podmínkách. Celkový objem provozovaných aktivovaných nádrží činí 49 691 m³.

V současné době natékají na čistírnu ročně přibližně dva miliony m³ průmyslových odpadních vod a okolo 12 milionů m³ komunálních odpadních vod. Kapacita biologické linky je 192 000 EO₆₀. Roční zatížení v parametru CHSK je ~ 5 500 t/rok, v N_{celk} představuje ~ 800 t/rok. Celková kapacita aktivací linky je však výrazně vyšší. V parametru CHSK je to až 9 200 t/rok, v parametru N_{celk} je to až 1 160 t/rok. Z čísel je patrné, že velká část kapacity zůstává nevyužita. Taktéž po zmíněné velké modernizaci zůstala stále spousta nádrží provozně nevyužitých. Volná kapacita pomáhala a pomáhá vyřešit aktuální potřeby a výzvy, které vycházejí ze změn legislativy a měnícího se složení přiváděných odpadních vod. Proto mohlo dojít k realizaci projektů, jako je vybudování dešťových zdrží, intenzifikace aktivací nádrže AN13 či bioplynové stanice, o kterých je pojednáno níže.

Optimalizace neutralizační linky

S tím, jak se v průběhu let měnila skladba výroby v průmyslovém areálu, měnilo se i složení průmyslových odpadních vod čerpaných z retenční nádrže Lhotka na čistírnu. Celkem logicky tak neutralizační linka (obrázek 2) prochází postupnou proměnou. V minulosti bylo jednou z nejzásadnějších změn začlenění třech nádrží druhého stupně sedimentace. Důvodem byla nutnost odstranění většího podílu síranu vápenatého, který vzniká při neutralizaci.

I v prostředí neřaděných průmyslových odpadních vod dochází k denitrifikaci. Děje se tak v sedimentačních nádržích pro neutralizaci. Ty nejsou pro intenzivnější biologický proces vybaveny. Biologické pochody tak probíhají v nárostové kultuře po stěnách a konstrukcích zařízení. Účinnost je silně závislá na sezónních změnách teploty. Specifická spotřeba CHSK na odstranění N-NO_x je zde v porovnání s denitrifikací na aktivací lince příznivější. Intenzifikací procesu, například vložení nosičů pro nárostové kultury, by došlo ke zvýšení účinnosti odstranění dusíku, zejména pak v zimním období. Podle provedených testů by i při zimních nízkých teplotách (< 10 °C) dosahovala účinnost denitrifikace v případě použití nosiče až 58 %.

Stávající neutralizace průmyslových OV probíhá jednostupňově. Původně kyselé vody jsou neutralizovány hydroxi-

dem vápenatým na pH 6–7,5, tedy na hodnoty, které umožňují následné biologické čištění v aktivačních nádržích. Při této změně pH dochází mimo jiné k významnému snížení obsahu některých těžkých kovů. Ne však v dostatečné míře a v rozpustné formě přecházejí do aktivací. Tam dochází k převedení jejich dalšího podílu ve formě málo rozpustných sloučenin do přebytkového aktivovaného kalu, čímž je znehodnocován. Řada kovů ale vytváří málo rozpustné sloučeniny až při vyšších hodnotách pH. Pokud chceme zvýšit jejich odstranění, je potřeba v odpadních vodách změnit pH až do alkalické oblasti. Následně je ale nutné v takto upravené vodě snížit pH na hodnoty příznivé pro biologické čištění. Pro náš případ (obrázek 3) to znamená zvýšit cílové pH v neutralizačních reaktorech, vybudování automatické neutralizační stanice na trase mezi prvním a druhým stupněm sedimentace společně se zásobní nádrží kyseliny sírové a dodatečnou alkalizací kalu z druhého stupně sedimentace. Tato investiční akce byla spuštěna v minulém roce a plánované zahájení provozu je v květnu 2025.

Dešťové zdrže

Dalším z příkladů užitečnosti volných objemových kapacit je využití tří původně dosazovacích nádrží k akumulaci dešťových vod. Jejich celkový objem činí 8 600 m³. Výstavba byla provedena v roce 2022 a zahrnovala úpravu a sanaci původních dosazovacích nádrží a vybudování dvou čerpacích stanic. První z nich vznikla v původně usazovací nádrži mechanického předčištění MOV a slouží k zachytu srážkových vod a jejich přečerpání do akumulčních nádrží. Druhá slouží k přečerpání akumulovaných vod na aktivační linky. Zachyceny jsou vody na začátku dešťových událostí, tedy ty, které jsou nejvíce zatíženy znečištěním z výplachu kanalizace. V roce 2024 bylo akumulováno a následně vyčištěno přes 220 000 m³ OV.

Kalová koncovka

Řešení kalové koncovky bylo na BČOV vždy ojedinělé. Při původní výstavbě v roce 1994 zahrnovalo gravitační zahuštění kalu s následným dvoustupňovým sušením na parním a elektrickém sušiči. Následně byl kal spalován v přilehlé spalovně. Po jejím odstavení byl usušený kal (80 % sušiny) odvážen a následně solidifikován a skládkován. Po modernizaci v letech 2010 až 2012 se z ekonomických důvodů od sušení upustilo a kal byl „jen“ odvodňován (výstupní sušina 22 %). Vzhledem k vyššímu obsahu anorganiky v přebytkovém aktivovaném kalu a vyššímu obsahu síranu nevycházela výstavba vlastní anaerobní kalové koncovky jako smysluplná. Od počátku roku 2014 je v areálu BČOV v provozu bioplynová stanice společnosti Marius Pedersen a.s. Vyrosla v jedné z nevyužívaných dosazovacích nádrží a zpracovává kromě odpadní vody s obsahem organického biologického kalu z pardubické čistírny i biologicky rozložitelné odpady a další suroviny vhodné pro anaerobní fermentaci. Na jaře 2025 zahajuje provozovatel bioplynové stanice výstavbu sušárny kalu. Palivem pro tenkovrstvou sušárnu bude dřevní štěpka (záložně bioplyn z BPS). Výstupní kal by měl mít sušinu 80 až 85 %.

Příjem externích OV a kapalných odpadů

Postupné snižování látkového zatížení (obrázek 4), zejména průmyslových odpadních vod, vedlo k myšlence příjmu a likvidaci externích odpadních vod a kapalných odpadů [2]. Integrované povolení na zařízení pro odstraňování kapalných odpadů a odpadních vod bylo vydáno v roce 2018. V prosinci 2024 proběhla již jeho osmá změna. Byly vybudovány tři příjmové stanice, každá pro jiný charakter odpadních vod. Na první z nich – PS1 – jsou přijímány odpadní vody průmyslového cha-



Obr. 5: Pohled na zmodernizovanou nádrž AN13 – čtyři reaktory pro čištění odpadních vod s vysokým obsahem amoniakálního dusíku

rakteru. Pro jejich příjem je využívána jímka o objemu 800 m³ a další dvě menšího objemu pro příjem kyselých odpadů a vod jsou ve výstavbě. Na dalším příjmovém místě – PS3, zaústěném do lapáku šterku na přítoku MOV – jsou přijímány odpadní vody septikového charakteru. Z technologického pohledu je nejzajímavější poslední příjmové místo, jehož popisu je věnován další odstavec. Zde jsou přijímány skládkové odpadní vody, případně jiné vody s vysokým obsahem amoniakálního dusíku.

Příjmová stanice PS2 – čištění skládkových odpadních vod

Příjmová stanice PS2 je určena pro příjem odpadních vod s vysokými koncentracemi dusíku. Příkladem takových vod jsou výluhové vody ze skládek komunálního odpadu, odpadní vody po odvodnění čistírenských kalů, průmyslové OV s obsahem amoniaku apod. Denní produkce kalové vody na naší čistírně je cca 240 m³. Donedávna byly skládkové vody čištěny v původní aktivační nádrži AN13 s objemem 4 200 m³ a s omezenou možností řízení a regulace. Ročně bylo možné přijmout k čištění okolo 10 000 m³ skládkových odpadních vod. Poptávka po čištění skládkových vod byla znatelně vyšší, proto nás tato skutečnost vedla k intenzifikaci procesu. Původní aktivační nádrž AN13 (obrázek 5) proto byla přebudována na čtyři samostatné nádrže (každá o objemu 1 000 m³). Dvě z nich jsou zakryté s odtahem vzdušiny čištěným na fotokatalytické jednotce. Nádrž AN14 byla opravena a slouží jako příjmová nádrž o objemu přes 4 000 m³. Investiční akce úpravy těchto nádrží byla dokončena na sklonku roku 2023 a nyní, v době vzniku tohoto článku, ji máme již rok v provozu. Během roku 2024 jsme zpracovali přes 33 000 m³ skládkových vod. Zpracovávány jsou zatím samostatně pouze skládkové odpadní vody. S relativně vysokou účinností se v nich daří řídit nitrifikační proces. To znamená, že oxidace amoniakálního dusíku je řízena tak, aby produktem byl primárně dusitan, což v porovnání s úplnou nitrifikací přináší úsporu na aeraci. Bez nutnosti přidavku alkalizačního činidla se nám daří oxidovat přes 45 % amoniakálního dusíku na dusitany a 15 % na dusičnany. Vetší míra účinnosti oxidace amoniakálního dusíku není bez dodatečné alkalizace procesu možná, protože by další oxidací došlo k překyselení média a inhibici procesu.

Takto předčištěné vody jsou čerpány na začátek aktivační linky, kde projdou celým procesem biologického čištění. Tím je docíleno významně vyšší doby zdržení skládkových odpadních vod přijatých na PS2. To umožní pravděpodobně i hlubší rozklad složitějších organických látek, ke kterému by při „stan-

dardním" čistírenském postupu nedošlo. Technologie samotná včetně jejího začlenění do celkové technologické linky v sobě spojuje vyšší odstranění znečištění a úsporu nákladů na čištění. V dalších fázích provozu bude realizováno společné čištění skládkových vod a kalové vody z odstředivek po zahuštění kalů. Dále je v plánu spřažený proces nitrace/denitrace a nitrace/Anammox. Tomuto tématu budeme v blízké budoucnosti věnovat detailní samostatné příspěvky na oborových seminářích a konferencích.

Vize budoucnosti

Jak je patrné z předcházejícího stručného výčtu nejdůležitějších změn, pardubická čistírna v průběhu celé své existence prochází nepřetržitým vývojem. V rámci dostupných prostředků a možností se dařilo v průběhu let reflektovat potřeby, které přinášely změny legislativy nebo kvality a množství čistěných odpadních vod. V několika případech se jedná o využití skutečně pokročilých čistírenských procesů.

Kromě výše nastíněných plánů pro blízkou budoucnost je třeba zmínit i naše snahy v oblasti zefektivnění řídicích procesů. V současné době zahajujeme projekt optimalizace řízení BČOV. Systém bude založený na digitálním dvojčeti a softwarové platformě skládající se z několika modulů a doplnění analytického měření (online sond). Moduly budou řídit klíčové technologické procesy jako dodávku vzduchu do aktivací, řízení interních recyklů, dělení odpadních vod na biologické linky, dávkování chemikálií pro odstranění fosforu, nátok průmyslových odpadních vod, řízení nátok dešťových vod, řízení neutralizační stanice a řízení SBR pro čištění skládkových vod. Součástí systému je pak uživatelské rozhraní poskytující celkový přehled nad systémem, umožňující jeho parametrizaci a diagnostiku. Toto uživatelské rozhraní bude realizováno formou webové stránky s možností vzdáleného přístupu. Bude možné se napojit na službu předpovědi počasí a napojení na laboratorní systém. Realizace všeho zmíněného nám dopomůže vybudovat účinné a hospodárné zařízení, které dokáže uspokojit společenské a ekologické potřeby.

Literatura

1. Pilař J. Modernizace Biologické čistírny odpadních vod Pardubice. Sovak 2014;23(1):4–9.
2. Vodička O, a kol. BČOV Pardubice – Příjem a likvidace odpadních vod a kapalných odpadů. Sovak 2018;27(4):1–4.

Ing. Oldřich Vodička, Ph.D.

Vodovody a kanalizace Pardubice, a. s.



dodává
a instaluje:

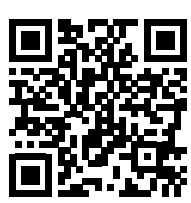
- komunální čistírny odpadních vod
- průmyslové čistírny odpadních vod
- dekontaminační jednotky

- geologické průzkumy
- sanace podzemních vod a zemin

www.ekosystem.cz

- **Skupina VAG spustila výrobu** velkých armatur v Hodoníně
- **Klapky a plunžrové ventily** až do světlosti DN 2200
- **Opracování a navařování** odlitků o hmotnosti až 18 tun





NOVÁ HALA - NOVÉ MOŽNOSTI
VAG | The Valve Experts

Použití pokročilých oxidačních procesů pro odstranění metabolitů pesticidů v ÚV Studená Voda – provozní zkušenosti

Adam Fendrych, Lukáš Havránek, Jiří Strouhal

S rostoucím okruhem legislativně sledovaných mikropolutantů v pitné vodě a díky pokrokům v analytice vody nacházíme stále více polutantů, o jejichž přítomnosti provozovatelé v minulosti neměli tušení, přestože zde prokazatelně byly. Tento příspěvek se zabývá problematikou metabolitů chloracetanilidových pesticidů. Ty byly v nadlimitních koncentracích zjištěny nejprve v upravené vodě skupinového vodovodu Holice a následně identifikovány ve vybraných zdrojích surové podzemní vody.

První nadlimitní nález metabolitů acetochloru ESA a alachloru ESA v pitné vodě v distribuční síti, trvající déle než 30 dní, byl zaznamenán v srpnu 2017. Nález byl oznámen na Krajskou hygienickou stanici (KHS). Kvůli omezené kapacitě nebylo možné kontaminované zdroje okamžitě odstavit, a proto byl vypracován znalecký posudek a podána žádost o určení mírnějšího limitu pro tyto ukazatele. Mírnější limit byl stanoven od 1. 3. 2018 na dobu tří let. Následně byl rozšířen rozsah pravidelného sledování pesticidů v rámci analýz surové, vyrobené a pitné vody. Ve spolupráci s VŠCHT Praha byly provedeny laboratorní testy zahrnující sorpci na granulovaném aktivním uhlí (GAU) a předřazenou oxidaci (O_3 , $O_3 + UV$, $O_3 + H_2O_2$). Cílem těchto testů bylo z celkem sedmi typů GAU (dodavatelé Chemviron Carbon, Norit) vybrat nejvhodnější typ a ověřit účinnost oxidačních metod.

Na základě výsledků laboratorních testů byly provedeny poloprovozní zkoušky, které definovaly návrh budoucí technologické linky a její provozní parametry. Takto byla technologická linka následně vyprojektována a v prosinci 2021 uvedena do zkušebního provozu. Výsledky poloprovozních zkoušek se ukázaly být velmi přesné a odpovídaly reálným provozním hodnotám, což potvrzuje, že kvalitní předprojektová příprava je alfou a omegou každého úspěšného projektu.

ÚV Studená Voda

Úpravena vody Studená Voda leží 5 km severovýchodně od Holice a je v provozu od roku 1967. Slouží jako zdroj pitné vody pro skupinový vodovod Holice, který zásobuje zhruba 7 500 obyvatel. Návrhový výkon ÚV Studená Voda je max. 12 l/s a je ovlivněný aktuální kapacitou zdrojů surové vody.

Na úpravnu vody přitékají dva proudy surové vody:

1. Voda z vrtů – směs H-1a a HV-7, společné přírodní potrubí (7 l/s).
2. Gravitační zářez – nátok ze sběrné pramenní jímky (3,5–5 l/s).

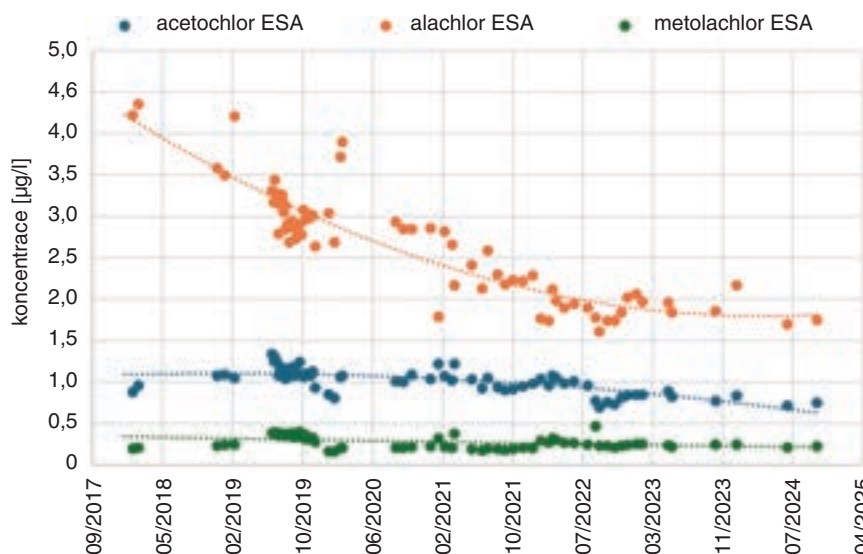
U obou zdrojů surové vody se jedná o vodu s nízkou hodnotou pH a alkalitou,

vykazující agresivní charakter. Zdroje jsou umístěny na lesních pozemcích, avšak infiltrační území vrtů zasahuje na blízká zemědělsky obdělávaná pole. Ochranné pásmo vodních zdrojů není bohužel vyhlášeno v dostatečném rozsahu, aby postihlo i zónu infiltrace.

Původní technologická linka shromažďovala směs surové vody z vrtů a z gravitačního zářezu v akumulaci nádrži (400 m³), odkud byla voda čerpána na vodojem Koudelka 1 (800 m³). Pro odkyselení byla do sání výtlačných čerpadel dávkována vápenná voda a dále chlornan sodný pro hygienické zabezpečení vody.

Tento způsob úpravy postačoval do té doby, dokud nebyly při screeningu na vodovodní síti opakovaně nalezeny nadlimitní koncentrace pesticidních látek acetochloru ESA a alachloru ESA. Jako zdroj kontaminace byly identifikovány vrty H-1a a HV-7 (tabulka 1).

Voda z vrtů je prokazatelně zatížena splachy z blízkých polí, což se projevuje vysokou koncentrací dusičnanů a výskytem metabolitů pesticidů ve vodě (tabulka 1). Jedná se o mělké vrty (15 a 20 m). Naproti tomu voda z gravitačního zářezu vykazuje



Obr. 1: Vývoj koncentrace vybraných pesticidních látek v surové vodě (směs H-1a + HV-7) v letech 2017–2024

koncentrace pesticidů pod mezí stanovitelnosti. Dále je třeba zmínit, že aplikace pesticidů obsahující acetochlor byla zakázána v roce 2013 a alachlor v roce 2008. Jde tedy o starou zátěž a metabolity těchto pesticidů jsou postupně vyluhovány z půdního prostředí (obr. 1).

Z pohledu trendů lze u alachloru ESA pozorovat sestupný trend zhruba do roku 2022. Od té doby je koncentrace relativně stabilní. Acetochlor ESA vykazuje jen velmi pozvolný pokles ve sledovaném období a koncentrace metolachloru ESA jsou víceméně konstantní. Tyto trendy naznačují, že kontaminace zdrojů podzemní vody bude problémem i v budoucnu. Na tom nic nemění fakt, že použití pesticidů obsahujících acetochlor a alachlor je už dlouhodobě zakázané.

Pokročilé oxidační procesy

Pro uvedení do problematiky bude vhodné krátce promluvit o tom, co jsou pokročilé oxidační procesy. Pokročilé oxidační procesy, známé pod zkratkou AOP (Advanced Oxidation Proces-

ses), představují moderní technologii pro úpravu a čištění vody zaměřenou zejména na odstranění obtížně rozložitelných znečišťujících látek, jako jsou např. léčiva nebo pesticidy. Tyto procesy využívají chemickou reakci, při níž vznikají hydroxylové radikály, které reagují velmi rychle a neselektivně s mnoha organickými látkami, s rychlostní konstantou o 3–5 řádů vyšší než u reakce samotného ozonu. To z nich činí ideální nástroj pro cílené odstranění znečišťujících látek, které by jinými metodami bylo obtížné nebo nákladné odstranit. Mezi nejčastěji využívané pokročilé oxidační procesy patří:

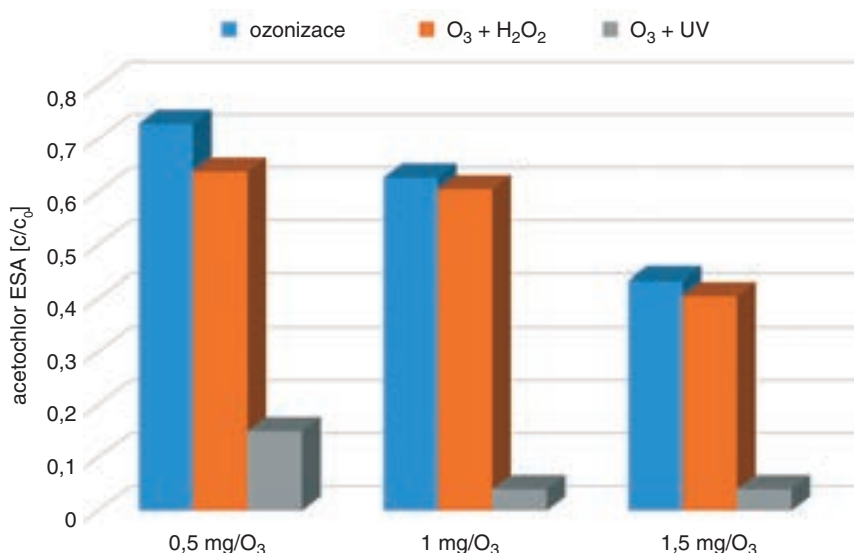
- **Fentonova reakce:** kombinace železnatých iontů (Fe^{2+}) a peroxidu vodíku (H_2O_2).
- **Ozonizace:** využití ozonu (O_3) samostatně nebo v kombinaci s peroxidem vodíku (Peroxone proces) či UV zářením.
- **Fotokatalýza:** použití oxidu titaničitého (TiO_2) a UV záření.
- **Fotolýza peroxidu vodíku:** rozklad H_2O_2 pomocí UV záření.

Díky své schopnosti rozkládat i ty nejodolnější znečišťující látky přispívají pokročilé oxidační procesy k ochraně životního prostředí a zajištění vysoké kvality upravené vody.

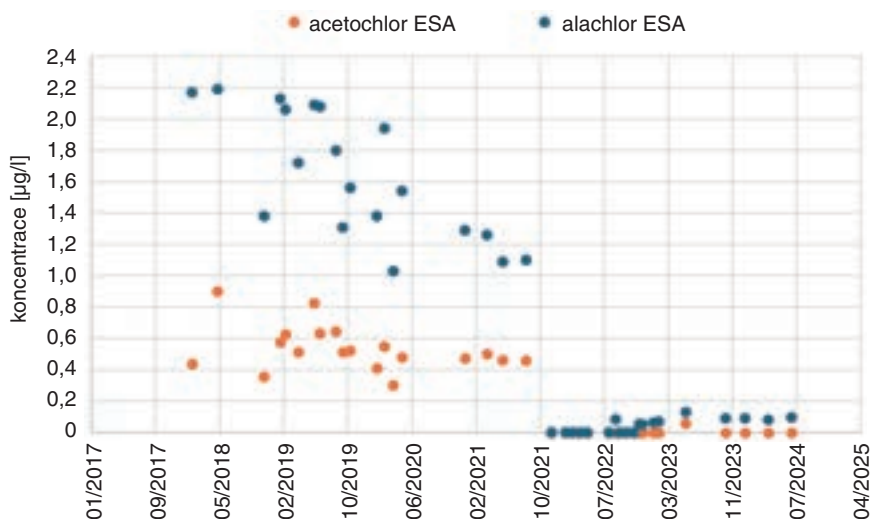
Výsledky poloprovozních zkoušek

Výsledky poloprovozních zkoušek byly již publikovány v odborném periodiku [1], a proto je zde uvádíme pouze ve stručnosti. Klíčovým zjištěním bylo, že použití pokročilých oxidačních procesů (konkrétně kombinace O_3 + UV následované GAU) může z pohledu provozních i investičních nákladů konkurovat prosté sorpci na granulovaném aktivním uhlí (GAU). Při prosté filtraci přes GAU je sorpční kapacita pro metabolity pesticidů vyčerpána velmi brzy. Na základě poloprovozních zkoušek byla predikce životnosti GAU při kontaktní době 20 minut (vyjádřeno jako EBCT – empty bed contact time) 1,4 roku. Následně by došlo k průniku sledovaných pesticidů v nadlimitní koncentraci do upravené vody, i když například iodové číslo uhlí by stále vykazovalo vysoké hodnoty. Naproti tomu při využití AOP dochází k úplné oxidaci pesticidů prostřednictvím hydroxylových radikálů. Sorpční stupeň na GAU v této konfiguraci slouží spíše k odstranění případných štěpných produktů oxidačních reakcí. Díky tomu lze sorpci na GAU navrhnout s mnohem kratší kontaktní dobou a jeho životnost je násobně vyšší (cca 5–7 let). Z hlediska investičních a provozních nákladů vyšla z testů nejlépe technologie oxidace O_3 + UV následovaná adsorpcí na GAU. A to hlavně díky menšímu počtu filtrů, množství GAU a četnosti reaktivace/výměny uhlí. Hlavní výhody spočívají v menším počtu filtrů, nižším množství GAU a v delších intervalech mezi reaktivací nebo výměnou GAU.

Z obr. 2 je patrné, že při návrhové kontaktní době dosahuje potřebné účinnosti odstranění pesticidních látek pouze kombinace O_3 + UV. I když by samotný proces AOP splnil legislativní požadavky na kvalitu pitné vody, zařazení filtrace na



Obr. 2: Srovnání účinnosti jednotlivých procesů během poloprovozních zkoušek při době kontaktu 5,7 minuty, dávka UV 1 800 J/m²



Obr. 3: Vybrané ukazatele pesticidních látek v upravené vodě

GAU zajišťuje další úroveň bezpečnosti. Tento krok odráží princip předběžné opatrnosti, zejména s ohledem na možný výskyt neznámých štěpných produktů oxidačních reakcí.

Současná technologická linka ÚV Studená voda

Rekonstrukce úpravní vody Studená Voda přinesla zásadní modernizaci technologie. Hlavními změnami bylo zařazení pokročilých oxidačních procesů (AOP), zahrnujících ozonizaci, UV záření a filtraci přes granulované aktivní uhlí (GAU). Součástí rekonstrukce byly také stavební úpravy, vystrojení vrtů HV-7 a H-1a, nahrazení nevyhovujícího vápenného hospodářství za odkyselovací filtry s polovypáleným dolomitem (PVD) a výměna starého ocelového a litinového potrubí za nerezové potrubí.

Provozní parametry technologické linky AOP:

- Ozonizace, dávka 1,2 mg/l.
- UV 2 000 J/m² – nízkotlaká UV lampa.
- Doba zdržení v reakční nádrži 6 minut.
- Kontaktní doba na GAU filtraci 10 minut.

Ozon je vyráběn pomocí generátoru Prominent s výkonem 105 g/h přímo na místě z kyslíku získaného technologií PSA (Pressure Swing Adsorption). Toto moderní řešení eliminuje potřebu dovozu a skladování kapalného kyslíku, což je zvláště výhodné vzhledem k umístění úpravní v lesním prostředí s obtížným přístupem.

Po smísení surové vody s ozonem voda natéká ihned na nízkotlakou UV lampu. Ta zajistí rozklad ozonu na OH radikály, které jsou podstatou AOP procesu. Následuje nerezová reakční nádrž o objemu 2,5 m³ s dobou zdržení šest minut. Zde dochází k potřebným oxidačním reakcím a k odplynění nezeagovaného ozonu. Na odtoku z reakční nádrže jsou detekovány pouze stopové koncentrace zbytkového ozonu (< 0,02 mg/l). Z reakční nádrže odchází voda prostá ozonu na dvojici tlakových GAU filtrů (náplň Filtrasorb 400) s návrhovou kontaktní dobou (ECBT – empty bed contact time) 10 minut. Hlavním účelem GAU není sorpce pesticidů, ale odstranění štěpných produktů oxidačních reakcí. Kouzlem této části technologické linky je, že se jedná o kompletní tlakový proces, takže nehrozí únik nezeagovaného ozonu z nádrží nebo filtrů do prostoru úpravní.

Za GAU filtraci je předupravená voda z vrtů směřována se surovou vodou z gravitačního zářezu a společným potrubím natéká na dva otevřené filtry o celkové ploše 13,4 m² plněné polovypáleným dolomitem (PVD, Everzit-Dol K2; 2,5–4,5 mm), za účelem odkyselení vody. Zde došlo k výraznému posunu vzhledem k dřívějšímu dávkování vápenné vody, jejíž koncentrace byla značně proměnná a přesnější označení by bylo spíše vápenná suspenze. Vápenné hospodářství se vyznačovalo zvýšenou poruchovostí a kladlo zvýšené nároky na obsluhu. Nově použité odkyselovací filtry jsou naproti tomu naprosto bezproblémové

a vyžadují pouze periodické dosypávání filtrační náplně. Z důvodu provozních úspor byl PVD postupně nahrazen drceným mramorem (Carolith 3–4 mm).

Hygienické zabezpečení vyrobené vody je zajištěno dávkováním chlornanu sodného před akumulací nádrží o objemu 400 m³ nebo do výtlačku, kterým je upravená voda čerpána do VDJ Koudelka.

Výsledky

Získané výsledky jasně dokládají, že po uvedení technologie AOP následované GAU do provozu (12/2021) došlo k účinnému odstranění problematických pesticidních látek. Náplň GAU je stále původní z roku 2021 (obr. 3).

Výsledky zkušební provozu potvrzují data získaná z polo-provozních testů a jasně ukazují, že k účinnému odstranění pesticidních látek dochází ve stupni AOP (vzorky odebrané z reakční nádrží) a GAU zde slouží pouze jako pojistka pro zachyt štěpných produktů oxidačních reakcí (tabulka 2).

Problematika provozu AOP na ÚV Studené Voda

Žádná nová technologie se neobejde bez výzev a ani ÚV Studená voda nebyla výjimkou. Během provozu bylo nutné vyřešit několik problémů, které se vyskytly zejména v počáteční fázi.

Tabulka 1: Přehled kontaminace zdrojů surové vody (2018–2024) – hlavní parametry

Lokalita	Acetochlor ESA [µg/l]	Alachlor ESA [µg/l]	Dusičnany [mg/l]
H-1a	0,78–1,83	1,18–2,95	52–77
HV-7	0,66–1,2	2,09–4,68	46–58
H-1a + HV-7 (směs)	0,69–1,34	1,61–4,36	38–61
gravitační zářez	< 0,05	< 0,05	6–13
limit pro pitnou vodu	0,1	1	50

Červeně označené hodnoty nesplňují limit na pitnou vodu dle vyhlášky č. 252/2004 Sb.

Tabulka 2: Výsledky zkušební provozu

	Acetochlor OA [mg/l]	Acetochlor ESA [mg/l]	Alachlor OA [mg/l]	Alachlor ESA [mg/l]	Metazachlor ESA [mg/l]	Metazachlor OA [mg/l]	Metolachlor ESA [mg/l]	Metplachlor OA [mg/l]
surová H-1a +HV7	< 0,05	1,04	< 0,05	2,44	< 0,05	< 0,05	2,15	< 0,05
za O ₃ + UV	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
za GAU	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
vyhl. č. 252/2004 Sb.	0,1	0,1	1,0	1,0	5,0	5,0	6,0	6,0

Tabulka 3: Srovnání provozních nákladů před rekonstrukcí a po ní

	Spotřeba elektrické energie [kWh/m ³]	Výrobená voda [m ³ /rok]	Z toho vrtů [m ³ /rok]	Cena výroby vody [kč/m ³]	Vápenný hydrát [t/rok]	Odkyselovací hmota [t/rok]
2020	0,641	235 160	123 175	10,39	3,77	0
2023	0,550	263 305	120 349	32,07	0	7,70

Koroze GAU filtrů

Při kontrole GAU filtrů byla zjištěna koroze v horní části ocelových filtrů s vnitřním ochranným nátěrem. Příčinou bylo nedostatečné odvětrání, které vedlo ke vzniku vzduchového polštáře se zbytkovou koncentrací plynného ozonu. Tento problém byl odstraněn provedením sanace vnitřní části filtrů a aplikací nového ochranného nátěru. Zároveň byl upraven systém odvětrávání filtrů, aby se zabránilo opakování této situace.

Výpadky UV lampy

Dalším problémem byly výpadky UV lampy, které způsobovaly průnik vyšších koncentrací ozonu na GAU filtry. Přestože nedošlo k překročení povolených limitů pesticidních látek v upravené vodě, situace si vyžádala úpravy nastavení v řídicím systému UV lampy. Po této úpravě byla zajištěna stabilní funkce zařízení.

Mimo zmíněné problémy všechny ostatní systémy pracují bezchybně. Technologie nevyžaduje pravidelnou přítomnost obsluhy, což výrazně snižuje provozní náklady a zvyšuje celkovou efektivitu úpravy.

I přes počáteční komplikace se technologie AOP na ÚV Studená Voda osvědčila a po vyřešení uvedených problémů je nyní spolehlivým a efektivním řešením pro úpravu vody.

Ekonomika provozu

Samozřejmě nelze očekávat, že při doplnění technologie pro odstraňování mikropolutantů nedojde k navýšení ceny vyráběné vody. Celková investice do rekonstrukce činila 27,3 mil. Kč. Provozní náklady se po zavedení nové technologie zvýšily, což vedlo k růstu ceny vody z původních 10,39 Kč/m³ na 32,07 Kč/m³ (viz tabulka 3). Tento nárůst je především důsledkem zahrnutí odpisů, vyšších režijních nákladů a zvýšených cen energií. Přestože byla technologie doplněna o energeticky náročné procesy, spotřeba elektrické energie na 1 m³ vyrobené vody klesla o 14 procent. Tento pokles byl dosažen díky několika opatřením:

- instalace nových energeticky úsporných čerpadel;
- zrušení původního energeticky náročného vápenného hospodářství.

Z pohledu spotřeby chemikálií zcela odpadlo dávkování vápenného hydrátu. Místo toho je dosypávána mramorová drť. AOP jako takové díky výrobě kyslíku ze vzduchu nemá žádnou spotřebu chemikálií. Spotřeba chlornanu sodného pro dezinfekci zde není závislá na technologii pro úpravu vody (tabulka 3).

Pro srovnání provozních nákladů byly použity roky 2020 (před rekonstrukcí) a 2023, kde již v plné výši nabíhají odpisy. Celkový nárůst nákladů na výrobu vody je tedy v souladu s očekáváním a odpovídá standardům pro provoz obdobných technologií.

Závěr

Rekonstrukce ÚV Studená Voda je příkladem úspěšného přístupu k návrhu úpravy vody, kde kvalitní předprojektová příprava sehrála klíčovou roli. Důkladné poloprovozní testování umožnilo vybrat optimální technologii, která nejen splňuje požadavky na kvalitu vody, ale je také srovnatelná investičně i provozně s běžnými řešeními. Ačkoli by bylo možné navrhnout technologii „od stolu“, tento přístup by vedl k zařazení standardní filtrace na granulovaném aktivním uhlí (GAU) s dlouhou kontaktní dobou. Takové řešení by sice fungovalo, ale vyžadovalo by častější výměnu GAU (každých 1–1,5 roku), což by zvýšilo provozní náklady a nároky na obsluhu. Díky poloprovoznímu testování však bylo možné realizovat pokročilou technologii, která minimalizuje provozní náklady a zároveň zjednodušuje provoz. Výsledky testování se přímo promítly do snadnějšího uvedení úpravy do provozu. Optimalizace dávek ozonu a UV záření, získaná během testování, umožnila okamžité a efektivní nastavení provozu. Jedním z inovativních aspektů projektu je plně tlaková koncepce technologické linky, která eliminuje únik ozonu a minimalizuje doby kontaktu – řešení ideální zejména pro menší úpravy vody.

Závěrem bychom rádi poděkovali firmě Prominent za zapůjčení pilotní jednotky a za dodání kompletní technologie AOP, která významně přispěla k úspěchu celého projektu. Tento přístup ukazuje, že investice do důkladné předprojektové přípravy a testování se vyplácí i v případě menších úprav vody.

Literatura

1. Fendrych A. Odstranění metabolitů pesticidů pomocí metod pokročilé oxidace a sorpcí na GAU – poloprovozní testy. Vodní hospodářství 2022;72(4):1–3. ISSN 1211-0760.

Ing. Adam Fendrych, Ing. Lukáš Havránek, Ing. Jiří Strouhal
Vodovody a kanalizace Pardubice, a. s.



GDF spol. s r.o.

DODÁVKY ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ PRO VODÁRENSTVÍ
PO CELÉ ČESKÉ REPUBLICE

•

ZAJIŠTĚNÍ KOMPLETNÍ DODÁVKY ELEKTROINSTALACE

•

REALIZACE NA VÍCE NEŽ 4400 VODÁRENSKÝCH OBJEKTECH
A VÍCE NEŽ 250 DISPEČERSKÝCH PRACOVÍŠTÍCH




33
let



www.GDF.cz

**SRDEČNĚ ZVEME SVÉ OBCHODNÍ PARTNERY
K SETKÁNÍ NA VÝSTAVĚ VOD-KA 2025**

Zkušenosti s odstraňováním fosforu a dezinfekcí v terciárním stupni čištění na NVL ÚČOV Praha

Lenka Charvátová, Jakub Kovařík, Milan Lánský, Jan Lukeš, Jiří Rosický, Martin Srb, Petr Sýkora, Pavel Válek

Potřeba modernizace ÚČOV Praha byla zvažována již v 80. letech 20. století. Po roce 1990 bylo zřejmě, že bude třeba zvažovat modernizaci v lokalitě Císařského ostrova. Vlastní prostor pro stavbu byl umožněn devastací pozemků v této lokalitě při povodních 2002. V té době se již potřeba zásadní modernizace Ústřední čistírny odpadních vod Praha jevila jako naléhavá. Důvodem byla snaha o plnění požadavků na kvalitu vypouštěné vyčištěné odpadní vody, které se ČR zavázala plnit v rámci svého vstupu do EU.

S cílem zajistit Praze moderní a ekologicky šetrnou infrastrukturu byla přijata komplexní strategie celkové přestavby Ústřední čistírny odpadních vod (ÚČOV). Tato strategie zahrnuje výstavbu kapacitní čistírny, která nejen splní přísné požadavky na kvalitu vyčištěné vody, ale také optimalizuje energetickou účinnost celého procesu. Vzhledem k rozsahu a složitosti projektu byla jeho příprava a realizace rozfázována do několika etap.

V roce 2018 byla do zkušebního provozu uvedena tzv. Nová vodní linka ÚČOV Praha (NVL), která je první etapou stavby č. 6963, Celková přestavba a rozšíření ÚČOV na Císařském ostrově. Od tohoto okamžiku je ÚČOV Praha tvořena dvěma mechanicko-biologickými vodními linkami: Stávající vodní linkou (SVL) a NVL, která je navíc vybavena terciárním stupněm čištění a od roku 2021 i UV dezinfekcí. Obě linky v souběhu zajišťují čištění cca 92 % odpadních vod z hlavního města Prahy, jak uvádí tabulka 1.

Pro obě vodní linky slouží v rámci ÚČOV Praha společné Kaldové a energetické hospodářství, jehož rekonstrukce a modernizace je samostatnou etapou celkové přestavby a rozšíření ÚČOV na Císařském ostrově. NVL je od 1. 1. 2022 v trvalém provozu s výjimkou části dezinfekce vyčištěných odpadních vod, která je ve zkušebním provozu do 31. 12. 2025.

Cílem tohoto článku je představit zkušenosti s provozem terciárního stupně čištění, které nabývá na důležitosti zejména v návaznosti na revizi směrnice EU o požadavcích na čištění odpadních vod [2]. Revize směrnice předpokládá úpravu limitů u ČOV nad 150 000 EO k roku 2039 a k roku 2045 i u ČOV nad 10 000 EO v citlivých oblastech.

Prahová hodnota pro terciární čištění se předpokládá pro $N_{\text{celk}} = 8 \text{ mg/l}$ (účinnost 80 %) a pro $P_{\text{celk}} = 0,5 \text{ mg/l}$ (90 %) pro ČOV > 150 000 EO a $N_{\text{celk}} = 10 \text{ mg/l}$ (80 %) a $P_{\text{celk}} = 0,7 \text{ mg/l}$ (87,5 %) pro aglomerace mezi 10 000 a 150 000 EO [3].



Obr. 1: Schéma NVL ÚČOV Praha

Základní údaje NVL a popis možností srážení fosforu

NVL má projektovanou kapacitu 806 250 EO. Odpadní vody jsou za česlemi mechanicky předčištěny v lamelových sedimentačních nádržích Densadeg 4D (D4D, 20 700 m³), které mají integrovaný lapák písku a tuků. Biologické čištění odpadních vod probíhá ve čtyřech identických aktivačních nádržích, viz obrázek 1. Každá nádrž se skládá z třístupňového kaskádového procesu s aktivovaným kalem – ALPHA (3 anoxické a oxické zóny v sérii, celkem 147 584 m³). Do denitrifikačních sekcí je přiváděna odpadní voda v poměru D1 : D2 : D3 = 39 : 33 : 28 %, přičemž vratný kal je přiváděn pouze do první denitrifikační sekce. Do denitrifikačních sekcí lze dávkovat externí substrát. Aktivační směs z biologického stupně čištění natéká do 40 podélných dosazovacích nádrží (DN, 64 800 m³).

Vratný kal je podroben oxické regeneraci ve dvou regeneračních nádržích (14 840 m³). Jedna regenerace je společná pro dvě aktivační nádrže. Každá regenerace se skládá ze 4 sekcí, v první a v poslední lze měnit oxické a anoxické podmínky, prostřední sekce jsou pouze oxické. Do regenerační zóny je rovněž přiváděna odpadní voda z odvodnění vyhnílého kalu pro využití procesu bioaugmentace nitrifikace in-situ.

Proces čištění odpadních vod je na NVL vybaven chemickým odstraňováním fosforu. Jako srážedlo je používán síran železitý (41 %). Dávkování koagulantu je možné celkem na třech místech. Při dešťových nátocích (nad 3,6 m³/s) je dávkován koagulant do nátoky odpadní vody do D4D z důvodu povinnosti snížení koncentrace CHSK min. o 35 % během procesu primárního předčištění. Srážení fosforu je dále možné v nátoky na DN. Poslední a do budoucna hlavní možností je srážení v terciárním stupni čištění (TSČ) v lamelových sedimentačních nádržích Densadeg 2D (D2D, 8 400 m³).

Posledním technologickým stupněm čištění odpadních vod je hygienické zabezpečení vyčištěné odpadní vody z TSČ pomocí UV lamp (176 ks).

Technické údaje: Kapacita mechanického předčištění činí 7,1 m³/s. Z toho jsou v případě srážkových událostí odlehčovány až 3 m³/s mechanicky předčištěné vody do Vltavy. Hydraulická kapacita biologického stupně, TSČ a UV lamp je 4,1 m³/s. Biologický stupeň má navíc hydraulickou kapacitu až 6 m³/s pro

dobu jedné hodiny pro pokrytí období, kdy bude SVL odstavena a rekonstruována a vody původně čištěné na SVL budou čištěny na NVL.

Vybrané odtokové limity jsou pro NVL stanoveny takto: $N_{\text{celk}} = 10 \text{ mg/l}$ roční průměr, $P_{\text{celk}} = 0,8 \text{ mg/l}$ roční průměr, NL = p 20 mg/l, m 30 mg/l.

Popis D2D a základní parametry

Terciární čištění (TSČ) probíhá na NVL ve třech lamelových usazovacích nádržích D2D.

TSČ slouží především ke snížení koncentrace fosforu na odtoku, druhotně je možné jej využít i k zachytu unikajících nebezpečných látek (NL) z dosazovacích nádrží. Odstraňování zbytkové koncentrace biologického kalu v terciárním stupni je však na NVL chápáno pouze jako případná možnost a nikoli jako běžný stav či účel.

Nátoková komora každého D2D je osazena dvěma stavidly, jedno slouží k uzavření nátoky do příslušného D2D a druhé umožňuje obtok dané nádrže D2D pro případ nutnosti odstavení nádrže.

Zařízení D2D uvedené na obrázku 2 se skládá z koagulační komory (1), flokulačního reaktoru (2), nátoky do sedimentační části (3) a sedimentačního prostoru (4). Hladina sedimentační části je vybavena plastovou lamelovou vestavbou pro zvýšení

Tabulka 1: Vyčištěné odpadní vody v roce 2023 [1]

ÚČOV Praha	Množství vyčištěné odpadní vody [m ³]	Podíl na celkovém množství vyčištěné odpadní vody v PVK [%]
Stávající vodní linka (SVL)	46 219 250	39 %
Nová vodní linka (NVL)	63 448 300	53 %
ÚČOV celkem	109 667 550	92 %

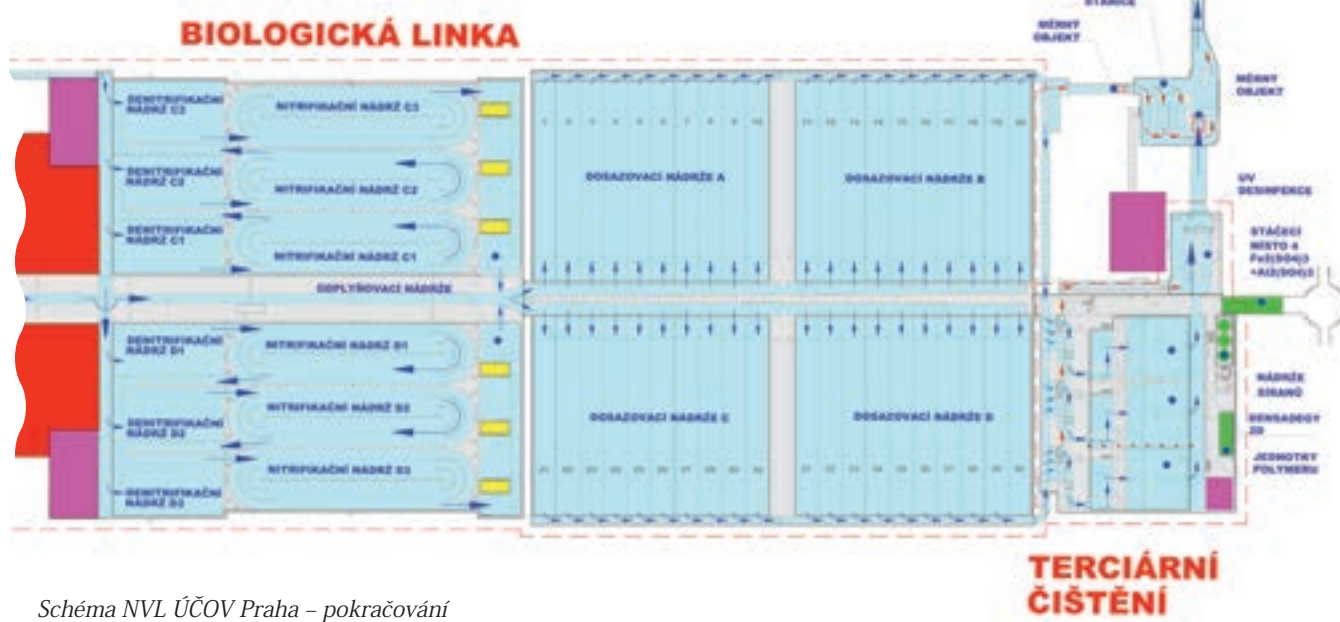


Schéma NVL ÚČOV Praha – pokračování

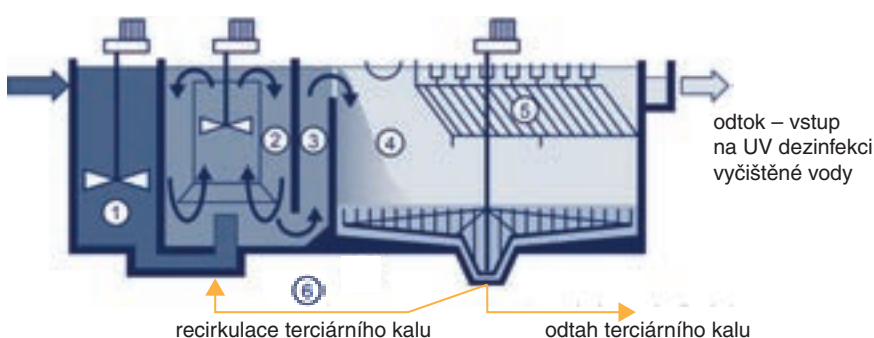
účinné plochy (5). Ze dna je odčerpáván terciární kal, přičemž část kalu je možné vnitřní recirkulací (6) čerpat ze sedimentačního prostoru do flokulační části.

Z hladiny D2D jsou v případě potřeby odtahovány plovoucí látky, které jsou posouvány vzduchem ke sklopnému žlabu manuálním zapínáním vzduchu a ručním naklopením sběrného žlabu.

Do první koagulační komory je zavedeno potrubí dávkování koagulantu. Flokulant je dávkován do spodní části flokulačního reaktoru.

Dávkování koagulantu

Z celkového spotřebovaného množství koagulantů PIX 113 (na bázi síranu železitého) a PIX XL2A (na bázi síranu železitohlinitého) bylo za dobu provozu NVL dávkováno do mechanického předčištění 1,6–13,0 %, jak ukazuje tabulka 2.



Obr. 2: Schéma nádrže Densadeg 2D [4]

Tabulka 2: Rozložení dávkovaného množství koagulantu na NVL

Rok	Mechanické předčištění (PIX 113) [%]	Biologický stupeň a TSČ (PIX113 a PIX XL2A) [%]	PIX XL2A (pouze z množství na biologický stupeň a TSČ) [%]	Preferované dávkovací místo koagulantu
2019	2,0	98,0	15,8	TSČ
2020	1,6	98,4	11,6	TSČ
2021	3,2	96,8	39,6	TSČ
2022	13,0	87,0	14,0	před DN
2023	8,5	91,5	0,0	před DN
1–8 2024	9,0	91,0	0,0	před DN

Tabulka 3: Specifická spotřeba koagulantu a roční průměrné koncentrace fosforu na NVL

Parametr	2021	2023
celková specifická spotřeba PIX na NVL [t/t odstraněného P_{celk}]	14,88	8,50
celková specifická spotřeba PIX na biologii [t/t odstraněného P_{celk}]	17,23	9,16
prům. konc. P_{celk} na přítoku na NVL [mg/l]	6,10	6,98
prům. konc. P_{celk} na přítoku na biologii NVL [mg/l]	5,20	6,03
prům. konc. P_{celk} na přítoku na TSČ [mg/l]	1,20	0,67
prům. konc. P_{celk} na odtoku [mg/l]	0,60	0,71
prům. konc. $P-PO_4$ na přítoku na NVL [mg/l]	2,40	2,74
prům. konc. $P-PO_4$ na přítoku na biologii NVL [mg/l]	2,50	2,98
prům. konc. $P-PO_4$ na přítoku na TSČ [mg/l]	1,00	0,48
prům. konc. $P-PO_4$ na odtoku [mg/l]	0,31	0,50

Razantně významnější část koagulantu je dávkována do TSČ nebo do biologického stupně před DN nebo v kombinaci do obou míst. Dokud byl dávkován i koagulant PIX XL2A, tvořila jeho část 11,6–39,6 % z množství koagulantu pro srážení fosforu v biologickém stupni a v TSČ, který byl vždy dávkován pouze před DN. Z důvodu zjištění nereaktivity vláknitého mikroorganismu *Microthrix p.* na hlinitý koagulant [5] na jaře 2022 (četnost 5, sušina byla 3,2 g/l a KI 225 ml/g) nebyl od června 2022 do současnosti PIX XL2A dávkován.

Pro srovnání spotřeby koagulantu na požadované snížení koncentrace celkového fosforu byly pro potřeby tohoto článku vybrány z dosavadního provozu NVL 2 roky (2021 a 2023), které se od sebe významně liší místem srážení fosforu.

V roce 2021 probíhalo srážení fosforu především v TSČ s výjimkou krátkých období při používání PIX XL2A na potlačení *Microthrix p.* V roce 2021 již nebylo vstupující zatížení tolik ovlivněno pandemií covidu-19, jako tomu bylo v případě roku 2020. V roce 2023 probíhalo srážení fosforu výhradně v nátoku na DN a nebyl používán PIX XL2A. Oproti roku 2021 bylo v přítoku na NVL v roce 2023 vyšší zatížení P_{celk} , a to o 5,8 %. V celém dosavadním provozu NVL je srážení fosforu řízeno ručně podle vizuálně sledovaného online měření koncentrace $P-PO_4$ před a za TSČ. V tomto ohledu se oba porovnávané roky od sebe neliší.

Tabulka 3 uvádí specifickou spotřebu koagulantu a koncentrace fosforu v jednotlivých stupních čištění OV.

Z porovnání spotřeby koagulantu dávkovaného pro snížení koncentrace fosforu vstupujícího do biologického stupně je zcela zřejmé, že při výhradním srážení fosforu v TSČ v roce 2021 byla specifická spotřeba PIX 17,23 t/t odstraněného P_{celk} , tedy vyšší o 46,8 % oproti výhradnímu srážení v nátoku na DN v roce 2023 (9,16 t/t odstraněného P_{celk}). Z porovnání specifické spotřeby koagulantu vztažené na celkové vstupní zatížení fosforem (14,88 t/t a 8,5 t/t) je zřejmé, že výše uvedený rozdíl ve specifické spotřebě koagulantu není dán vyšším podílem dávkovaného koagulantu do mechanického předčištění v roce 2023 (8,5 %) oproti roku 2021 (3,2 %), viz tabulka 2, ale výraznou roli hraje právě volba místa srážení fosforu.

Zkušenosti s vlivem terciárního kalu na zahušťování primárního kalu

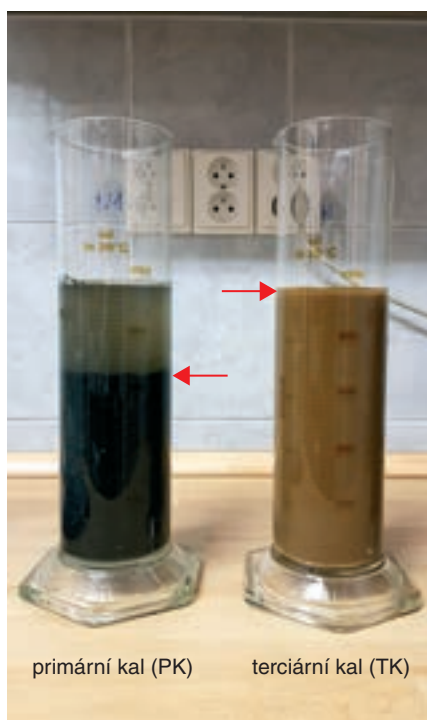
Zásadní jsou zkušenosti se zpracováním terciárního kalu (TK), který vzniká při srážení fosforu v TSČ. Terciární kaly jsou z nádrže D2D čerpány do nádrže s primárními kaly (PK), kde dochází k jejich smísení a směs volně natéká do tří gravitačních zahušťovacích nádrží (ZN, $3 \times 250 \text{ m}^3$). Během let, kdy bylo provozováno TSČ, bylo zjištěno, že při produkci TK dochází ke zhoršení zahušťovacích vlastností směsného kalu (PK a TK) s kritickým dopadem na dostatečnou kapaci-

tu a účinnost procesu předzahuštění směsných kalů v ZN. Požadované zahuštění směsných kalů na 6 % veškerých látek (VL) pro optimální provoz vyhnívacích nádrží bylo dosahováno velmi obtížně, a to i přes vyšší dávku flokulantu 4,5–5,0 kg/t VL. V případě odstavení TŠC a zahájení simultánního srážení fosforu v nátoku na DN bylo pozorováno výrazné zlepšení procesu předzahuštění PK v ZN. Pro lepší porozumění vlivu TK na proces předzahuštění bylo provedeno srovnání prosté sedimentace PK a TK (obrázek 3). Výsledek jednoznačně ukázal téměř nulovou sedimentaci TK (1,2 % VL, 37,1 % VLŽŽ – ztráta žíháním). Dále byla provedena řada flokulačních a sedimentačních testů s obsahem TK ve směsném kalu 4–30 obj. %. Testované dávky flokulantu byly 0,2–2,5 kg/t VL a testovány byly flokulanty A120 a C494.

Dosaženo bylo těchto výstupů:

- Čím vyšší byl podíl TK ve směsi, tím horší byly separační vlastnosti směsného kalu (viz obrázek 4), který znázorňuje stav po třicetiminutové sedimentaci s flokulantem A120 a dávkou 1,0 kg/t.
- Laboratorně dochází k zásadnímu zhoršení separačních vlastností kalu při objemu TK nad 10 obj. %.
- Provozně bylo pozorováno zhoršení separačních vlastností při objemu TK nad 4 obj. %. V ZN byly vysoké kalové mraky a docházelo k úniku NL přepadem odsazené vody.
- Při podílu TK 20 obj. % bez přídavku flokulantu nedocházelo téměř k žádné separaci kalu.
- Čím je vyšší podíl TK ve směsném kalu, tím se zvyšuje dávka flokulantu potřebná k dosažení požadovaného zahuštění.

V reakci na tato zjištění byla technologie zahuštění směsných kalů doplněna



Obr. 3: Sedimentace primárního kalu a terciárního kalu po 30 minutách

o strojní zahuštění kalu zahušťovacími stoly [6], kde k zahuštění kalů dochází oddělením filtrátu přes síto s mezerou 0,6 mm. Tímto způsobem byla navýšena zahušťovací kapacita NVL a flexibilita provozu např. pro období odstávky a rekonstrukce SVL, kdy budou na NVL čerpány všechny odpadní vody či další mimořádné situace.

Praktické zkušenosti – recirkulace kalu, zanášení lamel, korozivní vlastnosti koagulantu

Provozem TŠC bylo potvrzeno, že dávkování koagulantu v podobě síranu železitého představuje vysoké nároky na materiálové řešení technologie. Mimo vlastního ředění síranu a vhodného zaústění dávkovacího potrubí pro zamezení nerozpuštěných úsad na potrubí odpadní vody je třeba věnovat významnou pozornost i volbě materiálu vlastního přírodního potrubí odpadní vody. Důvodem je mimo běžných korozních vlivů zvýšené riziko související s korozivními vlastnostmi v přítomnosti železitých bakterií v odpadní vodě s umocněním koroze při vyšším obsahu chloridů. Pro tyto účely je vhodné materiálové řešení konzultovat s odbornými experty z oboru koroze a protikorozi ochrany [7].

Tabulka 4: Sledování hygienizace za UV lampami na odtoku z NVL

Ukazatel	Min.	Max.	Průměr	Účinnost (%)
počet odběrů	-	-	25	-
zákal	1,1	2,6	1,8	-
absorbance (při 254 nm)	0,135	0,243	0,181	-
<i>E. coli</i> (KTJ/100 ml)	0	1 500	296	98
termotolerantní koliformní bakterie (KTJ/100 ml)	100	4 000	572	99
enterokoky (KTJ/100 ml)	100	1 800	508	90

Tabulka 5: Dílčí vyhodnocení spotřeby el. energie na hygienizaci UV lampami (pro období hodnocené dle tabulky 4)

Spotřeba elektrické energie na provoz UV lamp	Min.	Max.	Průměr	Jednotka
měsíční	43 129	50 762	46 499	kWh/měsíc
denní	1 391	1 637	1 529	kWh/d
na 1 000 m ³ hygienizované vody	8	10	9	kWh/1 000 m ³



Obr. 4: Testování sedimentace při různých poměrech primárního a terciárního kalu

V rámci NVL byl nakonec problém korozivních vlivů na přívodním potrubí do D2D eliminován použitím vnitřní ochranné vrstvy dvousložkovým nátěrem typu polyurea.

Z provozního hlediska je vhodné realizovat i další prvky údržby zejména pro separaci plovoucích látek z flokulační zóny a čištění lamel od zachycených nerozpustných látek (ostřík shora, případně zavedení tlakového vzduchu zespodu) tak, aby tyto prvky umožnily automatizovaný kontinuální provoz TSC. Podrobnější a další praktické informace související např. s recirkulací kalu jsou dostupné v [8].

UV lampy

Zařízení pro hygienizaci odtoku z TSC je řešeno pomocí 176 UV lamp osazených do dvou betonových kanálů s možným bezpečnostním obtokem. Nátok na UV lampy je regulován pro každý kanál jedním nátokovým a odtokovým stavidlem. Odtokovým stavidlem je automaticky udržována i požadovaná hladina vody v prostoru UV lamp.

Jednotlivé UV lampy jsou uspořádány do čtyř samostatných jednotek, kde každá je dále tvořena tzv. 3 podjednotkami (banky). Každá jednotka disponuje vlastním měřením dávky záření a celkově je provoz automatizován možným snižováním/zvyšováním výkonu jednotlivých jednotek. Pro každou UV lampu je k dispozici signalizace pro zobrazení jejího stavu (porucha/počet motohodin).

Ochrana UV lamp a nátoků je zajištěna tzv. děrovaným usměrňovačem. Na nátok na UV lampy je mimo průtoku a hladin kontinuálně měřena také transmitance. Proti zabránění tvorby pěny, která vzniká zejména v důsledku dávkování flokulantu do TSC, byla před vstup vody na UV lampy instalována tryska s ostříkem provozní vodou. Technologie UV dezinfekce je ve zkušebním provozu od 5. 10. 2021.

Z dílčího měsíčního sledování v rámci 25 odběrů zkušebního provozu vyplývá (tabulka 4), že lze dosahovat vysoké účinnosti hygienického zabezpečení odtoku a průměrných hodnot *E. coli* na úrovni několika jednotek KTJ/1 ml, to znamená cca 300 KTJ/100 ml. To odpovídá třídě C dle nařízení EU 2020/741 o minimálních požadavcích na opětovné využívání vody.

Z dílčího vyhodnocení zkušebního provozu dle spotřeby samostatných elektroměrů pro UV lampy vyplývá (tabulka 5), že průměrně se spotřeba elektrické energie pohybuje okolo 9 kWh/1 000 m³ hygienizované vody s výstupy zabezpečení dle tabulky 4.

Závěr

Dosavadními zkušenostmi z provozu třetího stupně čištění bylo potvrzeno, že pomocí technologie Densadeg 2D lze zajistit účinné srážení fosforu na aktuálně požadovaný limit 0,8 mg/l

P_{celk} jako roční průměr, přičemž bylo krátkodobě vyzkoušeno i dosažení nižších hodnot na úrovni 0,5 mg/l P_{celk} .

V rámci NVL se ukázalo jako velmi výhodné kombinovat srážení fosforu v různých technologických stupních: na mechanickém stupni při srážkových událostech, na biologické lince (simultánní srážení) a na terciárním stupni čištění.

S ohledem na plnění limitů dle nové směrnice EU lze předpokládat potřebu další provozní optimalizace TSC na NVL, např. automatizace dávkování koagulantu, související nároky na čištění lamel a odtahu plovoucích látek, ověření logistických možností závozu a kapacitní skladování chemikálií atd.

Z dílčího vyhodnocení provozu UV lamp je zřejmé, že lze dosahovat očekávaného hygienického zabezpečení při spotřebě cca 9 kWh/1 000 m³ hygienizované vody.

Literatura

1. <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/odpadni-voda/>
2. https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/01/29/urban-wastewater-council-and-parliament-reach-a-deal-on-new-rules-for-more-efficient-treatment-and-monitoring/?utm_source=dsms-auto&utm_medium=email&utm_campaign=Urban+wastewater%3a+Council+and+Parliament+reach+a+deal+on+new+rules+for+more+efficient+treatment+and+monitoring
3. Wanner F, Zrubková M, Sýkora P, Žák V. Směrnice o čištění městských odpadních vod. Sovak 2024;33(7–8):2–11.
4. <https://www.suezwaterhandbook.com/processes-and-technologies/flocculators-settling-tanks-flotation-units/settling-tanks/sludge-recirculation-settling-tank-thickener-the-densadeg>
5. Wágner DS, Peces M, Nierychlo M, Mielczarek AT, Thornberg D, Nielsen PH. Seasonal microbial community dynamics complicates the evaluation of filamentous bulking mitigation strategies in full-scale WRRFs. Water Research 2022;216:118340. ISSN 0043-1354.
6. <https://www.suezwaterhandbook.com/degremont-R-technologies/sludge-treatment/thickening/direct-thickening-screen-on-biological-sludge-of-different-concentration-GDD-GDE>
7. Kreislavá K, Geiplová H, Fialová P. Materiály a korozní rizika v prostředí čistíren odpadních vod. Sborník konference Řešení extrémních požadavků na čištění odpadních vod. Blansko 2022;143–156. ISBN 978-80-11-01510-7.
8. Charvátová L, Kovařík J. Zkušenosti s odstraňováním fosforu a dezinfekcí v terciárním čištění NVL ÚČOV. Sborník přednášek ze semináře Nové metody a postupy při provozování ČOV XXVIII. Seč (ČZ), 23.–24. 4. 2024.

Ing. Lenka Charvátová, Ph.D., Ing. Milan Lánský, Ph.D.,
Ing. Bc. Martin Srb, Ph.D., Ing. Petr Sýkora, Ph.D.
Pražské vodovody a kanalizace, a. s.

Ing. Jakub Kovařík, Mgr. Jan Lukeš, Ing. Jiří Rosický,
Ing. Pavel Válek, MBA
Pražské vodohospodářská společnost a. s.



filtrilo
FILTRAČNÍ MATERIÁLY
FILTER MATERIALS
FILTERMATERIALIEN
www.filtrilo.com

ISO 9001



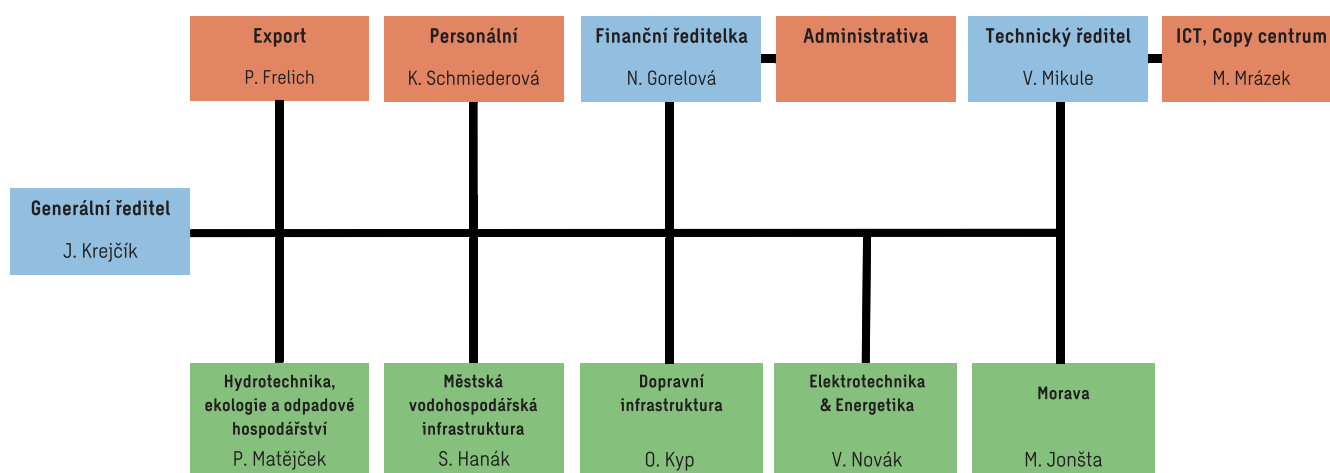
Purity Control spol. s.r.o.
Přemyslovců 30, 709 00 Ostrava
www.puritycontrol.cz, purity@puritycontrol.cz
tel.: 596 632 129

Dodávky a servis zařízení pro úpravu pitné, technologické a odpadní vody

- Dávkovací čerpadla chemikálií Milton Roy; výkon 0,9–15 000 l/hod.
- Úpravní vody: změkčování, filtrace, reverzní osmózy, dezinfekce atd.
- Přípravné stanice polyflokulantu a rozmíchávací chemické jednotky
- Komplexy skladování a dávkování síranu železitého
- Kompletní dávkovací stanice vč. MaR
- Vertikální míchadla Helisem®

Reorganizace ve Sweco: vznikla nová divize Městská vodohospodářská infrastruktura

Společnost Sweco a. s., česká pobočka přední evropské poradenské, architektonické a inženýrské firmy Sweco, oznamuje sloučení dvou svých divizí: Městská infrastruktura – vodárenství a Městská infrastruktura – čištění odpadních vod & kanalizace. Touto organizační změnou vzniká jednotná divize Městská vodohospodářská infrastruktura, která zlepší koordinaci projektů a nabídne klientům komplexnější služby v oblasti vodního hospodářství.



SWECO 



Stanislav Hanák

Vedením nové divize byl pověřen Stanislav Hanák, dosavadní ředitel divize Městská infrastruktura – čištění odpadních vod & kanalizace. Jeho hlavním úkolem bude propojit odborné týmy a rozvíjet jejich vzájemnou spolupráci, aby Sweco a. s. dokázalo ještě pružněji reagovat na potřeby měst, obcí a průmyslových podniků. Sloučení divizí umožní efektivnější sdílení know-how a zavádění inovativních technologií, díky nimž bude možné nabízet udržitelná a dlouhodobě ekonomicky výhodná řešení.

Reorganizace neovlivní žádné stávající ani již podepsané projekty. Všechny smluvní závazky a probíhající spolupráce s klienty zůstanou nezměněny. Sloučením divizí vedení společnosti předpokládá zvýšení flexibility a posílení synergií mezi týmy.

Tento strategický krok je v souladu s dlouhodobou vizí Sweco a. s. podporovat města a obce při budování moderní a udržitelné infrastruktury. Sloučením odborných kapacit v oblasti vodárenství a čištění reaguje společnost na rostoucí envi-

ronmentální nároky i potřeby obyvatel. Sweco a. s. se tak i nadále profiluje jako spolehlivý partner v oblasti projektování, poradenství a implementace šetrných řešení pro český i zahraniční trh.

„Spojení našich inženýrů, techniků a specialistů různých oborů do jedné divize vytvoří pevnější a efektivnější tým, který nám umožní poskytovat klientům ucelená a komplexní řešení v oblasti městské vodohospodářské infrastruktury. Tento ‚one stop shop‘ zajistí rychlejší koordinaci, lepší sdílení znalostí a přinese významné výhody jak našim klientům, tak obchodním partnerům. Věřím, že jeden silný tým ještě upevní a zvýrazní naši vedoucí pozici v oboru konzultací a projektování městské vodohospodářské infrastruktury, dokáže lépe reagovat na potřeby našich klientů a pomáhat jim při řešení klíčových výzev spojených s vodním hospodářstvím měst a obcí,“ říká generální ředitel Sweco Jan Krejčík.

(komerční článek)

Vliv ozonizace na odstranění pesticidů – pokus v reálných podmínkách na ÚV U Svaté Trojice v Kutné Hoře

Ladislava Hatáková, Jiří Beneš

Nádrže s povrchovou vodou jsou citlivé na znečištění pesticidy a jejich metabolity. To platí o to více u nádrží, v jejichž okolí dochází k zemědělské činnosti. Takovou nádrží je VD Vrchlice, která slouží jako zdroj vody pro úpravnu vody U Svaté Trojice v Kutné Hoře. Limitní hodnoty sledovaných pesticidních látek v pitné vodě jsou tak nízké, že pro úpravny vody není jednoduché je splnit a nutí je zavádět další stupně úpravy vody. To s sebou nese i další ekonomické nároky, spojené jak se zavedením dalších stupňů úpravy, tak s jejich provozem.

Úpravna vody U Svaté Trojice disponuje ozonizací s následnou GAU filtrací. Pro zajištění co nejúčinnějšího odstranění pesticidních látek z upravované vody je důležité správné nastavení ozonizace. Na úpravně vody U Svaté Trojice byl v reálném provozu studován vliv dávky ozonu s následnou GAU filtrací na míru odstranění sledovaných pesticidních látek. Zároveň byla sle-

dována ekonomická náročnost ozonizačního stupně v závislosti na aplikované dávce ozonu. Výsledky analýz ukázaly, že vzhledem k aktuálním koncentracím pesticidních látek ve VD Vrchlice je ozonizace s následnou GAU filtrací pro úpravnu nejen klíčová, ale i nezbytná.

Nádrž VD Vrchlice

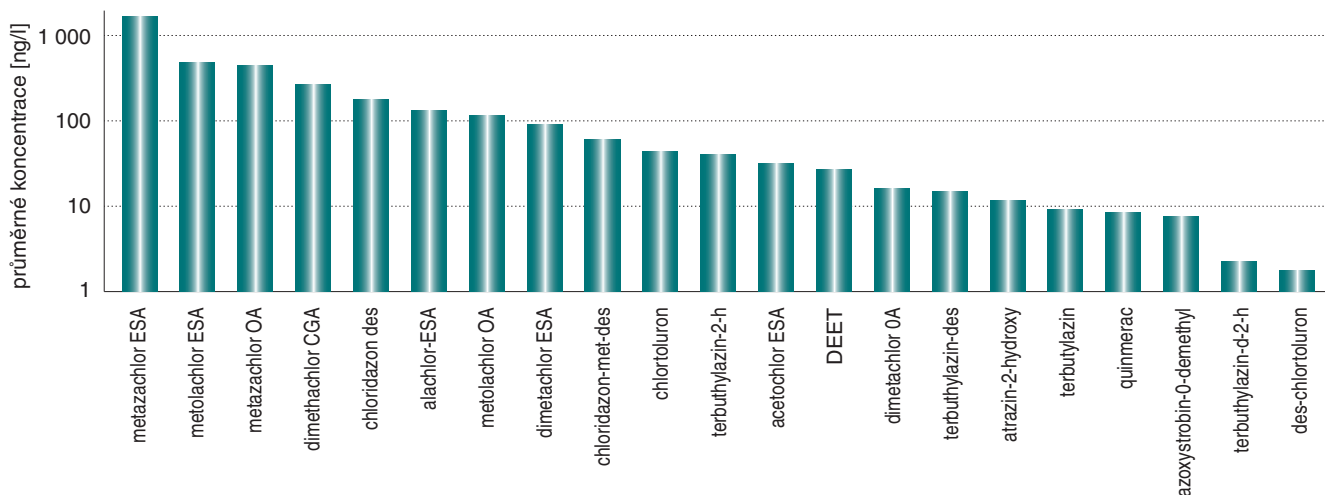
Zdrojem vody pro Úpravnu vody (ÚV) U Svaté Trojice je povrchová voda z nádrže VD Vrchlice patřící pod Povodí Labe. Nádrž byla uvedena do provozu v roce 1973 a je unikátní svou klenbovou hrází, která je jediná v České republice. Celkový objem nádrže je 8 322 000 m³, plocha nádrže činí 1,028 km², průměrná hloubka je 31,6 m a teoretická doba zdržení 210 dní [1]. V okolí nádrže dochází k zemědělské činnosti (obr. 1), plocha zemědělské půdy v povodí nádrže je 59 km².

Zemědělství je nejvýznamnějším zdrojem znečištění prostředí pesticidními látkami. I při dodržení správné zemědělské praxe se na rostlinu dostane pouze 65 % aplikovaného pesticidu [2]. Zbytek pesticidu se dostává na půdu a úletem do vzduchu, v prostředí pak dochází k jeho migraci, degradaci a přeměně na metabolity pesticidů.

Z tohoto důvodu jsou ve vodě z nádrže VD Vrchlice ve významném množství nacházeny pesticidní látky. V nejvyšších kon-



Obr. 1: Letecký snímek nádrže VD Vrchlice



Obr. 2: Průměrné koncentrace pesticidních látek v nádrži VD Vrchlice v průběhu let 2022–2023 v profilu u hráze

centracích se v nádrži v průběhu let 2022–2023 vyskytovaly metabolity pesticidních látek metazachlor ESA, metolachlor ESA, metolachlor OA, dimetachlor CGA, chloridazon-desfenyl, alachlor ESA a metazachlor OA (obr. 2). I přes vysokou samočisticí schopnost nádrže se pro úpravu vody na ÚV U Svaté Trojice používá surová voda s významnými koncentracemi pesticidních látek.

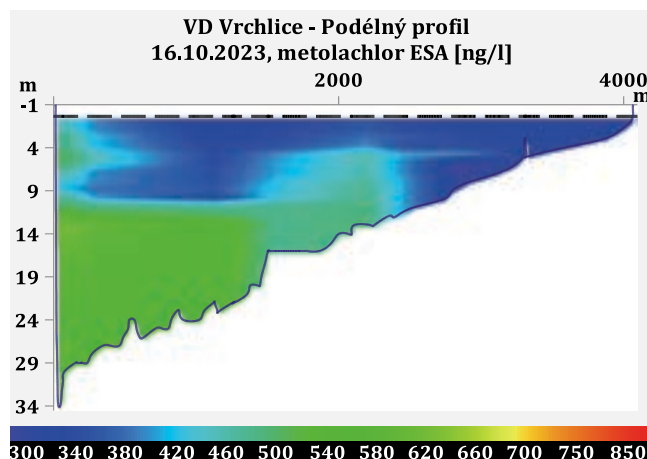
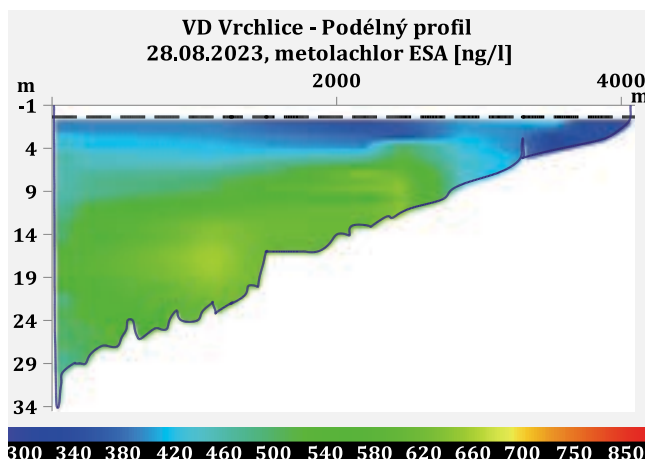
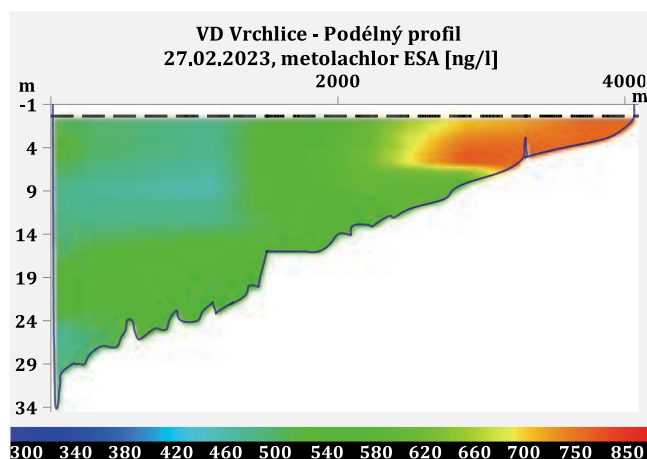
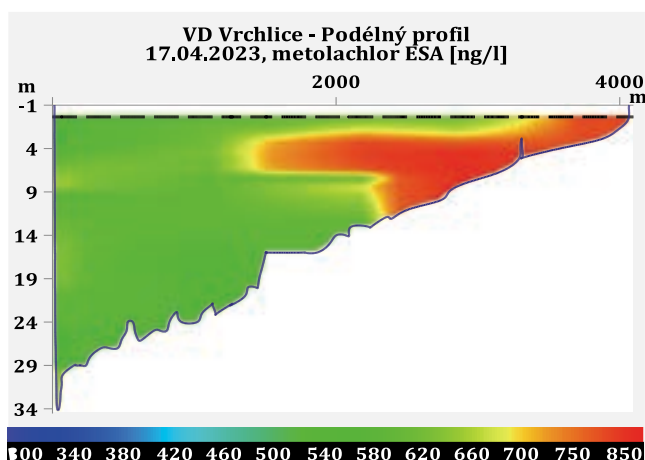
V nejvyšší koncentraci se v nádrži vyskytoval metazachlor ESA. Je to metabolit chloracetanilidového pesticidu metazachlor (stejně jako zakázaný alachlor, metolachlor, imetachlor). Metazachlor je herbicid, aplikovaný pro ochranu rostlin, hlavně řepky olejky. Poločas rozpadu metazachloru, stejně jako ostatních chloracetanilidových pesticidů je krátký, dva týdny. Degraduje se na metazachlor ESA a metazachlor OA. Jejich poločasy rozpadu jsou 17 týdnů u metazachloru ESA a 13 týdnů u metazachloru OA [3]. Na grafech (obr. 3) je vidět znečištění nádrže metazachlorem ESA v průběhu roku [1]. Nejvyšší koncentrace metazachloru ESA je v předjaří a na jaře, kdy dochází vlivem jarního tání a jarních dešťů k vyplavování pesticidu z půdy do vodních toků a dále do nádrže. Směrem od přítoku k hrázi a v průběhu roku potom koncentrace metazachloru ESA v nádrži klesá.

Ozonizace a filtrace na granulovaném aktivním uhlí

Pro odstraňování organických mikropolutantů, mezi které patří i pesticidní látky, z upravované vody existuje několik nástrojů s různými mechanismy. Patří mezi ně ozonizace, filtrace na granulovaném aktivním uhlí nebo úprava využívající pokročilé oxidační procesy (AOP). Při pokročilých oxidačních procesech je generován aktivní hydroxylový radikál, který účinně oxi-

duje mikropolutanty [4]. Pro úpravu vody jsou nejčastěji používány kombinace ozon a UV záření, ozon a peroxid vodíku, UV záření a peroxid vodíku.

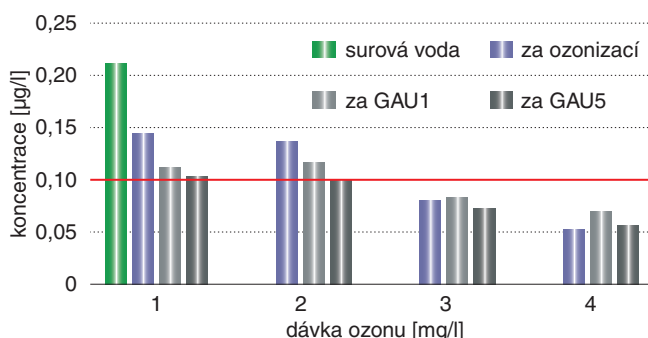
Ozon je jedním z nejstarších dezinfekčních činidel používaných ve vodárenství. První kontinuální ozonizace pitné vody v Evropě byla zprovozněna již koncem 19. století, na území České republiky pak začátkem 20. století. V současnosti má ozon pro své oxidačně dezinfekční účinky široké využití, přičemž v České republice se využívá zejména při úpravě pitných vod, ale vzhledem k novým trendům v čistírenství lze jeho budoucí potenciál spatřovat i při čištění odpadních vod, a to právě při likvidaci mikropolutantů.



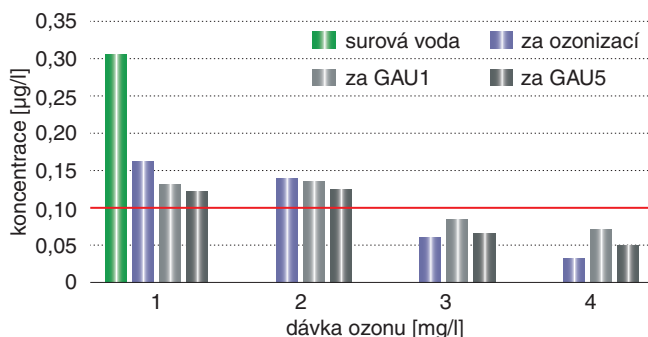
Obr. 3: Koncentrace metazachloru ESA v nádrži VD Vrchlice v průběhu roku

Reakcí ozonu s mikropolutanty dochází k jejich oxidaci a tvorbě jednodušších organických sloučenin. Ty jsou již hůře odstranitelné ozonizací, ale mikroorganismy je mohou využívat jako zdroj uhlíku. Takto může docházet ke zvýšení ukazatele AOC (Assimilable Organic Carbon), což ve svém důsledku může ovlivnit biologickou stabilitu upravované vody. Nejen proto bývá zařazována za stupeň ozonizace filtrace na granulovaném aktivním uhlí [5].

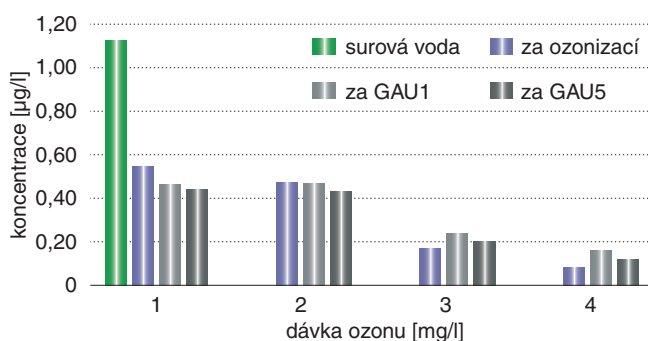
Granulované aktivní uhlí (GAU) je vysoce porézní materiál, který má obrovský vnitřní povrch. Díky tomu je schopné adsorbovat široké spektrum látek, včetně zbytků rozložených organických látek. Po filtraci na granulovaném aktivním uhlí získáváme vodu, která je nejen bezpečná z hlediska odstranění mikropolutantů,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



Graf 1: Koncentrace pesticidu dimetachlor CGA při různých dávkách ozonu za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5)



Graf 2: Koncentrace pesticidu metolachlor ESA při různých dávkách ozonu za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5)



Graf 3: Koncentrace pesticidu metazachlor ESA při různých dávkách ozonu za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5)

Úprava vody U Svaté Trojice v Kutné Hoře – ozonizace a filtrace na granulovaném aktivním uhlí

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

V roce 2014–2015 prošla ÚV U Svaté Trojice rekonstrukcí a intenzifikací technologie. Do technologie byly instalovány dva generátory ozonu řady WEDECO SMOevo 410 vyrábějící ozon z čistého kyslíku (obr. 4). K dávkování ozonu do vody nyní dochází s využitím statických míšičů technologie GDS Statiflo a upravovaná voda až poté putuje do reakční nádrže. Tím dochází k vyšší účinnosti rozpouštění ozonu ve vodě, díky čemuž lze dosáhnout lepších výsledků oxidačního procesu. Generátory mohou vyrábět ozon v rozsahu koncentrací 6–15 hm. %. Vhodným výběrem optimální koncentrace O_3/O_2 lze snížit spotřebu elektrické energie na výrobu ozonu (7–10 kWh/kg vyrobeného ozonu).

Nový systém ozonizace, kromě zvýšení účinnosti a snížení energetických nákladů, poskytuje i detailnější informace o vlastním procesu ozonizace. Kontinuálně se měří koncentrace ozonu v kyslíku, průtok kyslíku, automaticky se reguluje námi zadaná dávka ozonu vzhledem k výkonu úpravy vody a měří se koncentrace ozonu ve vodě. V roce 2016 byl za stupeň ozonizace zařazen i stupeň filtrace na granulovaném aktivním uhlí. Do provozu bylo instalováno pět tlakových filtrů s granulovaným uhlím. Aktuálně používanou náplní filtrů je Filtrasorb TL830.

Systémem úpravy vody na ÚV U Svaté Trojice, který zahrnuje ozonizaci s následnou GAU filtrací (obr. 5), je úprava schopna z vody účinně odstranit mikropolutanty (pesticidní látky) a vyrábět kvalitní pitnou vodu, která je biologicky stabilní.

Legislativa a pesticidní látky

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

V průběhu let 2022 a 2023 došlo k několika legislativním změnám u pesticidních látek, které se vyskytují v nádrži VD Vrchlice. V roce 2022 začal být nově sledován dimetachlor CGA jako relevantní metabolit pesticidů a v roce 2023 byly metolachlor ESA a metolachlor OA přechodně přeřazeny ze skupiny nerelevantních metabolitů pesticidů do skupiny relevantních metabolitů. U těchto pesticidních látek byla limitní hodnota stanovena na 0,1 µg/l, kterou voda upravená na ÚV U Svaté Trojice pro dimetachlor CGA a metolachlor ESA nesplňovala.

Vliv ozonizace na odstranění pesticidních látek na ÚV U Svaté Trojice

Pro splnění přísnějších limitních hodnot bylo nutné se zamyslet, jak zajistit vyšší míru odstranění pesticidních látek z upravované vody. Jednou z možností je prodloužení doby filtrace na granulovaném aktivním uhlí. To na ÚV U Svaté Trojice není možné, protože kapacita GAU filtrů neumožňuje delší dobu zdr-

žení než používanou, a to 11,7 minuty. Další možností je změna dávky ozonu. Z toho důvodu byl v říjnu 2023 a v lednu 2024 ve spolupráci s firmou DISA s. r. o. proveden ozonizační pokus.

Na ÚV U Svaté Trojice je ozonizace zařazena za stupněm pískové filtrace (obr. 5). Dávkováná koncentrace ozonu je 1,8 mg/l, doba zdržení v ozonizační nádrži je v průměru 90 minut. Dále je upravovaná voda filtrována na pěti tlakových filtrech s granulovaným aktivním uhlím. Doba zdržení na filtrech je 11,7 minuty. Ve čtyřech GAU filtrech je náplň v provozu od března 2021. V GAU filtru číslo 5 je náplň v provozu od června 2022.

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

Pro pokus byly vybrány čtyři dávky ozonu: 1, 2, 3 a 4 mg/l. Koncentrace ozonu 4 mg/l byla vybrána jako nejvyšší, jakou je možné vyrobít a nadávkovat stávajícím systémem ozonizace. Koncentrace pesticidů ve vodě byla analyzována laboratořemi ALS s uváděnou odchylkou měření $\pm 30\%$. Celkem bylo analyzováno 103 pesticidních látek, ze kterých bylo 18 nalezeno v surové vodě ve stanovitelné koncentraci.

Získané výsledky ukázaly, že se zvyšující se dávkou ozonu se koncentrace pesticidů v upravované vodě snižuje. Koncentrace pesticidů byly porovnávány po ozonizaci a následné GAU filtraci na GAU 5. Nejvyšší pokles koncentrace pesticidů byl zaznamenán mezi dávkou ozonu 2 a 3 mg/l. Účinnost odstranění některých pesticidů z upravované vody se při zvýšení dávky ozonu z 2 na 3 mg/l zvýšila až o 21,9 % (tabulka 1) a při dávce ozonu 3 mg/l dosahovala okolo 80 %. Zatímco u zvýšení dávky ozonu z 1 mg/l na 2 mg/l došlo ke zvýšení účinnosti odstranění pesticidů o 1–2 % a při zvýšení dávky ozonu ze 3 mg/l na 4 mg/l došlo ke zvýšení účinnosti odstranění pesticidů o 5–7 %.

Dávka ozonu 2 mg/l s následnou filtrací na granulovaném aktivním uhlí nestačí pro splnění přísněho limitu 0,1 $\mu\text{g/l}$ jak pro pesticid dimetachlor CGA (graf 1), tak v případě metolachloru ESA (graf 2). Po zvýšení dávky ozonu na 3 mg/l je úpravná schopna vyrábět vodu, která tento limit splňuje, a to dokonce už za procesem ozonizace, ještě před filtrací na GAU.

Metazachlor ESA, který se v nádrži VD Vrchlice vyskytuje v nejvyšší koncentraci, je ozonizací s následnou GAU filtrací také nejúčinněji odstraňován. Při dávce ozonu 3 mg/l je účinnost odstranění metazachloru ESA za GAU 5 přes 82 % (graf 3). Přestože je rozdíl v účinnosti odstranění pesticidů u filtrů GAU 1 a GAU 5 v rámci jednotek procent, lze pozorovat jednoznačný trend snižování adsorpční účinnosti granulovaného aktivního uhlí v čase. Pro zjištění vlivu samotné filtrace na granulovaném aktivním uhlí, bez příspěvku ozonizace, byl pokus v lednu 2024

doplněn o zkoušku s nulovou koncentrací ozonu. Pokus byl proveden ve stejném uspořádání jako v říjnu 2023.

Schopnost adsorpce granulovaným aktivním uhlím se u jednotlivých pesticidních látek významně liší. U některých pesticidních látek (např. chloridazon-desfenyl, chloridazon-methyl-desfenyl) je účinnost odstranění na GAU filtrech vysoká (přes 80 %, graf 4). Pro zajištění vyhovující kvality vody z pohledu těchto pesticidů by byla GAU filtrace dostačující. U dalších pesticidních látek, a to u metabolitů chloracetanilidových pesticidů, které se ve VD Vrchlice vyskytují ve vyšších koncentracích (např. dimetachlor CGA, metolachlor ESA, metazachlor ESA), dochází k adsorpci na GAU filtrech s nízkou účinností (10 až 20 %, graf 5). Pro tyto případy představuje ozonizace nezbytnou součást procesu úpravy vody.



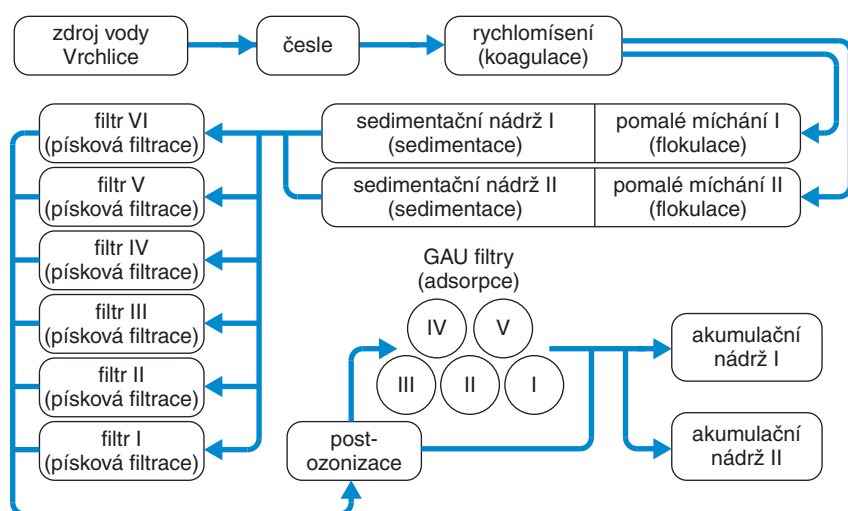
Obr. 4: Generátor ozonu řady WEDECO SMOevo 410

Tabulka 1: Zvýšení účinnosti odstranění pesticidů při zvýšení dávky ozonu ze 2 mg/l na 3 mg/l

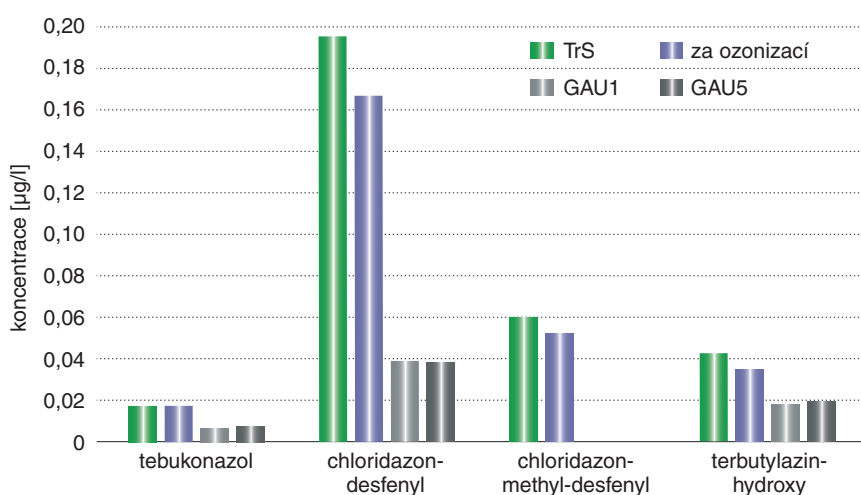
Dávka ozonu [mg/l]	Účinnost odstranění pesticidů					
	Dimetachlor CGA [%]	Metolachlor ESA [%]	Metolachlor OA [%]	Metazachlor ESA [%]	Metazachlor OA [%]	Alachlor ESA [%]
2	51,7	58,8	55,2	61,3	60,6	58,3
3	65,6	78,6	77,1	82,6	82,3	79,2
zvýšení účinnosti	13,9	19,8	21,9	21,3	21,7	20,9

Tabulka 2: Podíl ceny ozonizace na celkové ceně výroby 1 m³ upravené vody pro dávky ozonu 1, 2, 3 a 4 mg/l

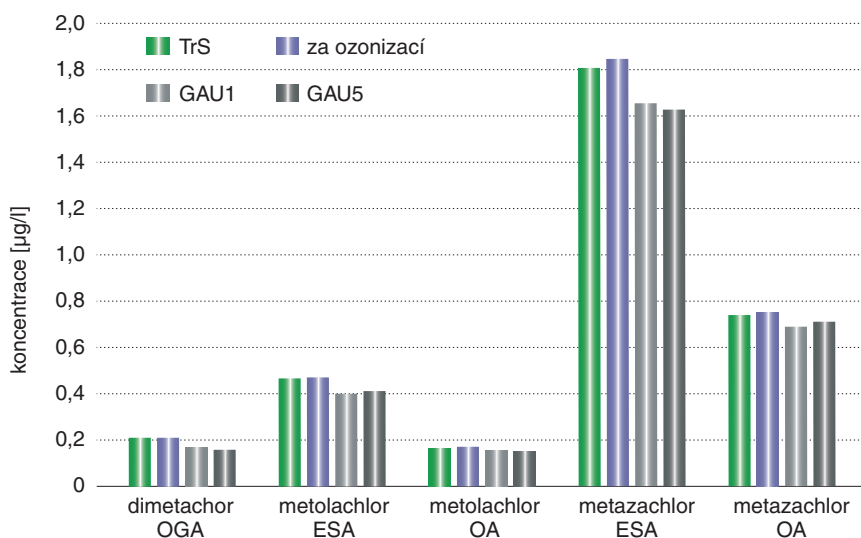
Dávka ozonu [mg/l]	1	2	3	4
ozonizace/celkové náklady na výrobu 1 m ³ upravené vody [%]	2,7	4,3	5,8	7,3



Obr. 5: Technologické schéma ÚV U Svaté Trojice v Kutné Hoře



Graf 4: Koncentrace pesticidů (tebukonazol, chloridazon-desfenyl, chloridazon-methyl-desfenyl, terbutylazin-hydroxy) při dávce ozonu 0 mg/l v surové vodě, za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5)



Graf 5: Koncentrace pesticidů (dimetachlor CGA, metolachlor ESA, metolachlor OA, metazachlor ESA, metazachlor OA) při dávce ozonu 0 mg/l v surové vodě, za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5)

Ekonomické nároky na ozonizaci

Odstraňování nově sledovaných mikropolutantů (pesticidních látek) z upravované vody s sebou nese další ekonomické nároky pro úpravný a odráží se na ceně upravené vody. Proto byla v rámci pokusu provedena kalkulace nákladů na ozonizaci 1 m³ vody pro dávky ozonu 1, 2, 3 a 4 mg/l a vypočítán podíl ceny ozonizace na celkové ceně výroby 1 m³ upravené vody (tabulka 2). Do provozních nákladů na ozonizaci byly zahrnuty náklady na elektrickou energii, kyslík a externí servis včetně náhradních dílů. Celkové náklady jsou přímé náklady na výrobu 1 m³ upravené vody.

Na ÚV U Svaté Trojice je používaná dávka ozonu 1,8 mg/l, při této dávce ozonu činí ekonomické nároky na ozonizaci 4,0 % z celkové ceny výroby 1 m³ upravené vody.

I při nejvyšší testované dávce ozonu 4 mg/l činí náklady za ozonizaci jednotky procent celkové ceny výroby upravované vody, konkrétně 7,3 %. V případě zpřísnění limitních hodnot pro pesticidní látky metolachlor ESA a metolachlor OA by limit 0,1 µg/l splňovala voda upravená na ÚV U Svaté Trojice už při dávce ozonu 3 mg/l. Podíl ceny ozonizace na celkové ceně úpravy 1 m³ vody by se tak zvýšil ze 4,0 % na 5,8 %, tedy o 1,8 procentního bodu. Pokud se ÚV U Svaté Trojice má připravit na zpřísnění limitních hodnot u sledovaných a regulovaných mikropolutantů, zvýšení účinnosti odstranění mikropolutantů vyšší dávkou ozonu se jeví jako varianta, která nebude ekonomicky náročná. Provozní náklady by bylo možno v budoucnu ještě snížit v důsledku zamýšlené modernizace části ozonizační technologie, kterou aktuálně diskutujeme s dodavatelem ozonizace.

Závěr

Existuje mnoho odborných publikací, které se věnují kombinaci ozonizace a filtrace na granulovaném aktivním uhlí, nicméně jejich drtivá většina pracuje s uměle připravenou vodou a s přidávanými konkrétními mikropolutanty obvykle ve vyšších koncentracích, než je běžné v reálné pitné vodě. Účinnost ozonizace a adsorpce i jejich kombinace významně závisí na celkové kvalitě vody, vstupních koncentracích mikropolutantů a množství konkurenčních sloučenin. Například rozpuštěný organický uhlík (DOC-Dissolved Organic Carbon) konkuruje odstraňování mikropolutantů jak během ozonizace, tak během filtrace na granulovaném aktivním uhlí. Proto tyto práce neposkytují zcela spolehlivé informace o kombinaci ozonizace a GAU filtrace v reálných podmínkách. Z tohoto důvodu je tato práce praktickou ukázkou fungování kombinace

ozonizace a GAU filtrace na konkrétní úpravě, při běžném průtoku vody, se skutečným koktejlem mikropolutantů v environmentálních koncentracích a s reálným pozadím (DOC).

Z našich výsledků plyne, že schopnost adsorpce granulovaného aktivního uhlí se významně liší u jednotlivých pesticidních látek. Pesticidní látky ze skupiny chloracetanilidových pesticidů (dimetachlor, metolachlor, metazachlor) je nutné nejprve destruovat ozonizací a na GAU filtraci snižovat zbytkové koncentrace, případně vzniklé produkty oxidace ozonem. Vzhledem k tomu, že ve vodě z nádrže VD Vrchlice se tyto pesticidní látky vyskytují ve vysokých koncentracích, je pro úpravu vody na ÚV U Svaté Trojice stupeň ozonizace nezbytný.

Výrazný nárůst účinnosti odstranění pesticidů z upravované vody při zvýšení dávky ozonu pomůže ÚV U Svaté Trojice připravit se na zpřísňování limitních hodnot pro pesticidy. Výkonový potenciál ozonizačního stupně může navíc v budoucnu ÚV U Svaté Trojice pomoci při zvýšení účinnosti odstranění dalších sledovaných, zatím neregulovaných mikropolutantů, jako jsou léčiva, produkty osobní péče, nebo látky narušující endokrinní systém. Je nutné mít na paměti, že se zvýšení dávky ozonu promítne do celkových nákladů na výrobu upravené vody, a tím potenciálně i do konečné ceny pro spotřebitele. Z kalkulace nákladů na ozonizaci ale vyplývá, že toto zvýšení by nebylo veliké, jedná se o jednotky procent z celkových nákladů na výrobu upravené vody. Kombinace ozonizace a filtrace na granulovaném aktivním uhlí představuje robustní a flexibilní nástroj pro účinné odstranění mikropolutantů z upravované vody. Ozonizace snižuje zatížení náplně GAU filtrů, a tím může prodloužit jejich životnost.

Úpravna vody U Svaté Trojice provozující ozonizaci s následnou filtrací na granulovaném aktivním uhlí má v rukou nejlepší dostupnou technologii pro odstranění organických mikro-

polutantů a je schopná vyrábět biologicky stabilní pitnou vodu nejvyšší kvality.

Literatura

1. Povodí Labe, státní podnik.
2. Vieira D. et. al. Pesticides residues in European agricultural soils. 2023. DOI: 10.2760/86566.
3. Kodeš V. Metazachlor a jeho vliv na kvalitu vod v ČR. Český hydro-meteorologický ústav Praha, 2021.
4. Oturan MA., Aaron J-J. Advanced oxidation processes in water/wastewater treatment: principles and applications. 2014;44(23). DOI: 10.1080/10643389.2013.829765.
5. Wang J, et. al. Production of micro-pollutants free and bio-stable drinking water, full paper from pilot testing, Singapore's national water agency, 2016.

Ing. Ladislava Hatáková

Vodohospodářská společnost Vrchlice – Maleč, a. s.

Ing. Jiří Benes

DISA s. r. o.

VAK PRAHA www.vakprahaas.cz

JSME STRÁŽCI VODOVODŮ A KANALIZACÍ

Specializujeme se na **výstavbu, rekonstrukci a údržbu vodohospodářských celků** pro obce, města a průmyslové areály.

- Evidence VÚME, VÚPE, ISPOP
- Plány rozvoje vodovodů a kanalizací (PRVKÚK)
- Plány financování obnovy
- Kanalizační řády a Provozní řády ČOV
- Havarijní plány
- Čištění lapolů

+420 777 400 200 info@vakprahaas.cz

IN-EKO

FILTRACE FLOTACE PŘEDČIŠTĚNÍ

komunální a průmyslové ČOV rybí farmy
terciární a kvartérní čištění
redukce fosforu až na 0,1 mg/l

www.in-eko.cz

VCL WATERTech, s.r.o.

- Úprava pitné vody
- Ionexové technologie
- Filtrační postupy
- Neutralizační stanice
- Tepelné úpravy vody
- Předúprava vody
- Membránová separace
- Čistírný odpadních vod
- Úprava chladicí vody
- Odvodňování kalů

VCL WATERTech, s.r.o.

Železná 492/16, 619 00 Brno www.vclwatertech.cz tel.: +420 545 427 711
e-mail: vclwt@vclwt.cz

Jsmo právním pokračovatelem firmy VA TECH WABAG Brno spol. s r.o.

DEN malých OBČÍ

20. 3. 2025
O₂ universum Praha

27. 3. 2025
Výstaviště Flora Olomouc



Vše podstatné pro rozvoj a správu vaší obce

Registrujte se na www.denmalychobci.cz/registrace

Akční cena do 10. 3. 2025



Posouzení životního cyklu výroby pitné vody v procesu úpravy vody Plzeň metodou LCA

Martina Klimtová, Vladimír Kočí

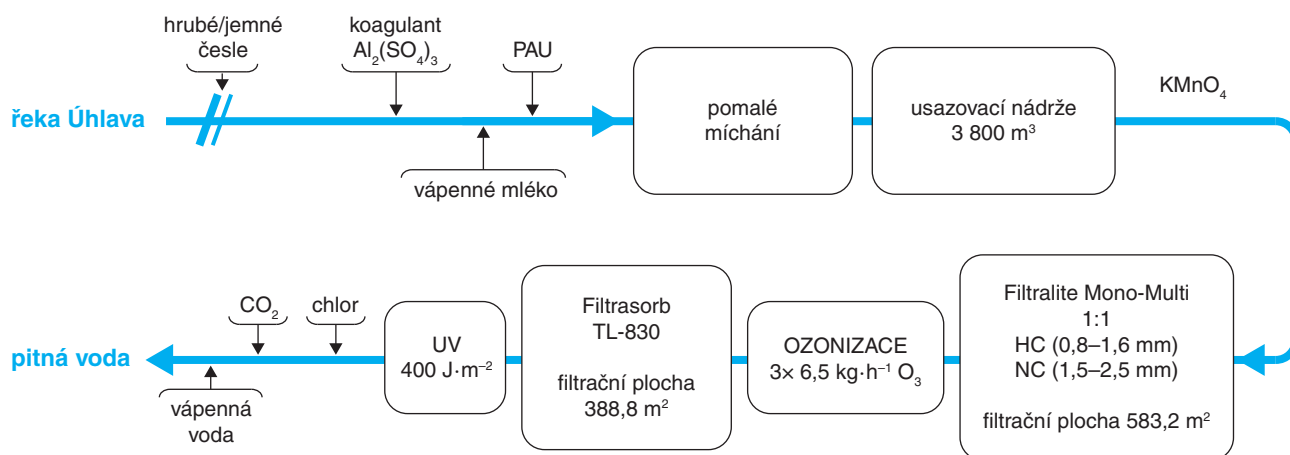
Prioritou společnosti VODÁRNA PLZEŇ a. s. je bezpečná dodávka pitné vody pro téměř 200 000 obyvatel města Plzně a tří desítek okolních obcí v dostatečném množství a kvalitě, odpovídající platným legislativním předpisům.

Proces úpravy povrchové vody v třístupňové technologii úpravy vody (ÚV) Plzeň vyžaduje na vstupu velké množství elektrické energie a chemikálií. Energeticky a materiálově náročný provoz ÚV Plzeň při naplňování základní funkce značným množstvím emitujících látek zatěžuje všechny složky životního prostředí. Kvantifikovat v komplexním měřítku environmentální dopady, spojené s celým životním cyklem výroby 1 m³ pitné vody v Plzni, umožňuje analytická metoda Life Cycle Assessment (LCA). Hlavními zdroji emisí v procesu ÚV Plzeň jsou spotřeba elektrické energie z distribuční sítě a spotřeba dávkovaných chemikálií, především koagulantu. Na základě zjištění největších přispěvatelů do celkových environmentálních dopadů současného procesu ÚV Plzeň byly modelovým přístupem vytvořeny a následně posouzeny varianty ÚV s alternativou koagulantu a zdrojů pro výrobu elektrické energie. Zjištěné výsledky ukázaly na možnost snížení environmentálních dopadů celého vodárenského provozu využitím většího podílu obnovitelných zdrojů pro výrobu elektrické energie.

Aplikace metody LCA ve vodárenství

Do oboru vodárenství v posledních letech začíná pronikat celospolečenské téma uhlíkové neutrality, udržitelného provozování a environmentálního dopadu. V brzké době lze očekávat v souvislosti s transpozicí evropských požadavků do národní legislativy začleňování environmentálních kritérií při modernizaci a optimalizaci vodárenských procesů. Vedle hodnocení výkonnosti a účinnosti zařízení ve vztahu ke kvalitě pitné vody jako výstupního produktu bude pro provozovatele nebo majitele

přínosné mít konkrétní představu, jak hlubokou stopu daný vodárenský provoz zanechává v životním prostředí. Metoda LCA pomocí charakterizačních metodik umožňuje v širším spektru vyčíslit dopady daného vodárenského provozu ve vztahu ke spotřebovaným energiím a materiálům v rámci celého procesu. Metoda LCA používá k vyjádření míry škodlivosti životnímu prostředí definované kategorie dopadů [1]. Kategorie dopadu je specifický problém životního prostředí, na jehož rozvoji se lidská činnost přímo podílí v důsledku výměny látek či energií s okolním prostředím. Pomocí metody LCA lze vyjádřit vedle uhlíkové stopy reálného provozu, vyjádřené v ekvivalentech CO₂, také jakou měrou se daný provoz podílí na acidifikaci prostředí, na eutrofizaci, na poškození ozonové vrstvy, ekotoxicitě, na humánní toxicitě a poškození lidského zdraví, na úbytku fosilních surovin aj. Od začátku tisíciletí bylo publikováno mnoho vědeckých studií, prostřednictvím metody LCA posuzují vodárenskou soustavu nebo její část. Mezi publikovanými studiemi má výraznou převahu environmentální posouzení pomocí LCA čistíren odpadních vod [2]. LCA studie, které hodnotí dopady procesu výroby pitné vody nebo její distribuce do spotřebiště, převážně vztahují výsledky environmentálních dopadů k objemové funkční jednotce 1 m³ vyrobené pitné vody. Publikované LCA studie zaměřené na posouzení procesu úpravy vody se liší rozsahem posuzovaného systému. Autoři studií Bonton et al. a Igos et al. [3,4] vymezili hranici posouzení dopadů na proces úpravy povrchové vody do kvality pitné vody. Rozsáhlé studie [5,6] jsou příkladem posouzení environmentálních dopadů procesu výroby pitné vody, včetně její distribuce do spotřebiště. Zpracování studie [7] je názornou ukázkou zahrnutí environ-



Obr. 1: Technologické schéma ÚV Plzeň s projektovaným výkonem 1 000 l/s

Tabulka 1: Výsledky dopadů výroby 1 m³ pitné vody v procesu ÚV Pízeň v roce 2023 získané charakterizační metodikou EF 3.0												
Indikátory kategorií dopadu metodiky EF 3.0	ÚV Pízeň celkem	Absolutní hodnoty v jednotkách specifických pro danou kategorii dopadu					Procentuální podíl na celkových dopadech [%]					
		odpadní voda	elektřina	chemikálie	ostatní	plyn	doprava	odpadní voda	elektřina	chemikálie	ostatní	zemní plyn
acidifikace [Mol H ⁺ eq.]	1,65E-03	5,60E-08	8,00E-04	6,83E-04	2,47E-05	1,94E-05	1,09E-05	0,0	48,6	41,5	1,5	1,2
klimatická změna – celkem [kg CO ₂ eq.]	5,22E-01	1,40E-04	3,37E-01	9,93E-02	1,46E-03	3,53E-02	2,91E-03	0,0	64,6	19,0	0,3	6,8
změna klimatu – biogenní [kg CO ₂ eq.]	4,18E-03	1,27E-04	2,70E-03	2,97E-04	5,56E-04	1,27E-04	9,28E-06	3,0	64,6	7,1	13,3	3,0
změna klimatu – fosilní [kg CO ₂ eq.]	5,17E-01	1,38E-05	3,34E-01	9,90E-02	8,02E-04	3,52E-02	2,87E-03	0,0	64,6	19,1	0,2	6,8
změna klimatu – užití a změna krajiny [kg CO ₂ eq.]	2,12E-04	1,08E-08	2,03E-05	5,55E-05	1,06E-04	1,62E-06	2,62E-05	0,0	9,5	26,1	49,9	0,8
ekotoxická – sladkovodní – celkem [CTUe]	4,31E+00	2,85E-04	2,19E+00	1,79E+00	6,83E-03	5,02E-03	2,68E-02	0,0	50,7	41,5	0,2	0,1
ekotoxická – sladkovodní, anorg. [CTUe]	1,28E+00	2,33E-04	9,30E-01	1,90E-01	5,88E-03	3,79E-03	2,60E-02	0,0	72,5	14,8	0,5	0,3
ekotoxická – sladkovodní – kovy [CTUe]	2,99E+00	7,97E-06	1,25E+00	1,57E+00	7,59E-04	1,10E-03	5,29E-04	0,0	41,8	52,5	0,0	0,0
ekotoxická – sladkovodní – org. [CTUe]	3,33E-02	4,42E-05	4,00E-03	2,81E-02	1,90E-04	1,25E-04	3,04E-04	0,1	12,0	84,3	0,6	0,4
eutrofizace – sladkovodní [kg P eq.]	3,74E-05	7,87E-09	1,02E-06	3,62E-05	2,44E-08	3,94E-09	1,03E-08	0,0	2,7	96,8	0,1	0,0
eutrofizace – mořská [kg N eq.]	2,71E-04	6,98E-08	1,57E-04	7,15E-05	7,18E-06	8,78E-06	5,09E-06	0,0	57,9	26,4	2,7	3,2
eutrofizace – terestrická [Mol N eq.]	2,94E-03	1,86E-07	1,62E-03	8,69E-04	7,75E-05	9,59E-05	5,71E-05	0,0	55,1	29,6	2,6	3,2
humánní toxicita – karcinogenní, celkem [CTUh]	1,63E-10	7,68E-15	3,86E-11	1,15E-10	4,87E-13	3,57E-12	5,46E-13	0,0	23,6	70,3	0,3	0,3
humánní toxicita – karcinogenní, anorg. [CTUh]	5,81E-21	5,00E-25	2,06E-22	5,55E-21	8,82E-24	9,97E-24	1,04E-23	0,0	3,5	95,4	0,2	0,2
humánní toxicita – karcinogenní, kovy [CTUh]	1,25E-10	6,31E-15	1,36E-11	1,05E-10	1,55E-13	3,38E-12	5,32E-13	0,0	10,9	84,4	0,1	2,7
humánní toxicita – karcinogenní, org. [CTUh]	3,83E-11	1,37E-15	2,50E-11	9,37E-12	3,32E-13	1,81E-13	1,45E-14	0,0	65,3	24,5	0,9	0,5
humánní toxicita – nekarcinogenní – celkem [CTUh]	6,27E-09	1,07E-12	2,68E-09	2,72E-09	3,75E-11	4,34E-10	3,54E-11	0,0	42,8	43,3	0,6	6,9
humánní toxicita – nekarcinogenní, anorg. [CTUh]	1,76E-09	2,22E-13	1,38E-09	1,19E-10	2,69E-11	4,06E-11	1,15E-11	0,0	78,2	6,8	1,5	2,3
humánní toxicita – nekarcinogenní, kovy [CTUh]	4,47E-09	6,64E-13	1,30E-09	2,57E-09	9,79E-12	3,93E-10	2,39E-11	0,0	29,0	57,5	0,2	8,8
humánní toxicita – nekarcinogenní, org. [CTUh]	6,26E-11	1,90E-13	2,28E-11	3,14E-11	9,39E-13	4,02E-12	2,29E-13	0,3	36,3	50,2	1,5	6,4
humánní toxicita – lidské zdraví [kBq U ₂₃₅ eq.]	7,98E-02	3,42E-07	5,75E-02	1,45E-02	6,28E-05	1,39E-05	7,20E-06	0,0	72,0	18,2	0,1	0,0
úbytek krajiny [Pt]	2,66E+00	1,69E-05	2,04E+00	3,26E-01	2,63E-03	1,37E-03	1,61E-02	0,0	76,7	12,2	0,1	0,1
úbytek stratosferického ozonu [kg CFC-11 eq.]	4,83E-09	2,20E-17	2,55E-12	4,81E-09	2,00E-11	6,25E-16	2,48E-16	0,0	0,1	99,5	0,4	0,0
vznik pevných částic [výskyt onemocnění]	1,29E-08	5,39E-13	6,02E-09	5,46E-09	1,46E-10	3,59E-10	6,27E-11	0,0	46,8	42,4	1,1	2,8
vznik fotooxidantů – lidské zdraví [kg NMVOC eq.]	7,64E-04	9,80E-08	4,32E-04	2,14E-04	1,96E-05	3,05E-05	9,87E-06	0,0	56,5	28,0	2,6	4,0
úbytek surovin – fosilní [MJ]	8,76E+00	1,95E-04	5,95E+00	1,37E+00	1,32E-02	5,81E-01	3,85E-02	0,0	67,9	15,7	0,2	6,6
úbytek surovin– minerály a kovy [kg Sb eq.]	4,72E-07	3,46E-13	2,34E-08	4,44E-07	3,86E-10	6,32E-10	1,84E-10	0,0	5,0	94,1	0,1	0,1
úbytek vody [m³ world equiv.]	1,92E+00	4,86E-07	5,17E-03	6,12E-02	1,90E-04	2,80E-05	3,26E-05	0,0	0,3	3,2	0,0	0,0

Zkratky: kg CO₂-eq – ekvivalentní množství CO₂; CTUe – komparativní toxická jednotka pro akvatickou ekotoxicitu = PAF × m³ × den na kg vypouštěných látek; PAF – potenciálně zasažená část druhu; CTUh – komparativní toxická jednotka pro humánní toxicitu = případ onemocnění na kg vypouštěných látek; CFC-11 – freon trichlorfluormethan; NMVOC – non-methanové těkavé organické sloučeniny.

Tabulka 2: Porovnání výsledků indikátorů kategorií dopadu podle metodiky EF 3.0 procesu výroby 1 m³ pitné vody v ÚV Plzeň v 2019 a modelové varianty s dávkovaným koagulantem na bázi železa

Indikátory kategorií dopadu metodiky EF 3.0	ÚV s Al-koagulantem		ÚV s Fe-koagulantem	
	ÚV celkem	Al ₂ (SO ₄) ₃	ÚV celkem	Fe ₂ (SO ₄) ₃
acidifikace [Mol H+ eq.]	1,84E-03	6,47E-04	1,50E-03	3,10E-04
klimatická změna – celkem [kg CO ₂ eq.]	5,71E-01	4,21E-02	5,41E-01	1,24E-02
změna klimatu – biogenní [kg CO ₂ eq.]	3,95E-03	1,51E-04	3,88E-03	8,06E-05
změna klimatu – fosilní [kg CO ₂ eq.]	5,67E-01	4,19E-02	5,37E-01	1,23E-02
změna klimatu – užití a změna krajiny [kg CO ₂ eq.]	2,71E-04	4,81E-05	2,31E-04	8,53E-06
ekotoxicita – sladkovodní – celkem [CTUe]	4,36E+00	1,62E+00	3,09E+00	3,55E-01
ekotoxicita – sladkovodní, anorg. [CTUe]	1,42E+00	1,19E-01	1,63E+00	3,26E-01
ekotoxicita – sladkovodní – kovy [CTUe]	2,90E+00	1,47E+00	1,45E+00	2,48E-02
ekotoxicita – sladkovodní – org. [CTUe]	3,35E-02	2,76E-02	9,46E-03	3,52E-03
eutrofizace – sladkovodní [kg P eq.]	3,71E-05	3,59E-05	1,30E-06	1,10E-07
eutrofizace – mořská [kg N eq.]	3,13E-04	5,96E-05	2,66E-04	1,29E-05
eutrofizace – terestrická [Mol N eq.]	3,41E-03	7,43E-04	2,81E-03	1,38E-04
humánní toxicita – karcinogenní, celkem [CTUh]	1,62E-10	1,06E-10	6,28E-11	7,06E-12
humánní toxicita – karcinogenní, anorg. [CTUh]	6,41E-21	5,24E-21	8,12E-21	1,72E-21
humánní toxicita – karcinogenní, kovy [CTUh]	1,25E-10	9,91E-11	3,23E-11	6,46E-12
humánní toxicita – karcinogenní, org. [CTUh]	3,67E-11	6,83E-12	3,05E-11	5,97E-13
humánní toxicita – nekarcinogenní – celkem [CTUh]	6,38E-09	2,02E-09	4,68E-09	3,15E-10
humánní toxicita – nekarcinogenní, anorg. [CTUh]	1,82E-09	8,23E-11	1,81E-09	6,63E-11
humánní toxicita – nekarcinogenní, kovy [CTUh]	4,53E-09	1,91E-09	2,86E-09	2,48E-10
humánní toxicita – nekarcinogenní, org. [CTUh]	7,15E-11	2,93E-11	4,53E-11	3,15E-12
ionizační záření – lidské zdraví [kBq U ₂₃₅ eq.]	7,45E-02	1,08E-02	6,47E-02	1,07E-03
úbytek krajiny [Pt]	2,36E+00	2,43E-01	2,14E+00	2,16E-02
úbytek stratosferického ozonu [kg CFC-11 eq.]	4,81E-09	4,78E-09	3,08E-11	3,42E-14
vznik pevných částic [výskyt onemocnění]	1,99E-08	4,65E-09	1,75E-08	2,17E-09
vznik fotooxidantů – lidské zdraví [kg NMVOC eq.]	8,85E-04	1,84E-04	7,61E-04	6,06E-05
úbytek surovin – fosilní [MJ]	9,17E+00	8,96E-01	8,79E+00	5,13E-01
úbytek surovin – minerály a kovy [kg Sb eq.]	4,96E-07	4,37E-07	6,12E-08	2,98E-09
úbytek vody [m ³ world equiv.]	1,93E+00	5,54E-02	1,88E+00	1,46E-03

mentálního hlediska do rozhodovacích procesů v rámci předprojektové přípravy plánované úpravy vody.

Metoda LCA

Metoda LCA je transparentní nástroj kvantifikace potenciálních environmentálních dopadů svázaných s jednotlivými vstupními i výstupními materiálovými a energetickými toky. Hodnocení životního cyklu procesů metodou LCA se provádí podle norem ČSN EN ISO 140401 a ČSN EN ISO 140442. Pomocí metody LCA lze převést přesně definovaným postupem veškeré uvažované emisní toky na takzvané kategorie dopadu. Kategorie dopadu je definovaný problém životního prostředí, na jehož rozvoji se podílí určitá lidská činnost v důsledku výměny látek a energií s okolním prostředím. Každá emise látky do prostředí je podle jejích účinků přidělena konkrétní kategorii dopadu [7]. Míra zasažení dané kategorie dopadu antropogenní činností je vyjádřena měřitelnou veličinou s definovanou jednotkou. Vzájemné porovnání různých environmentálních dopadů umožňují charakterizační metodiky. Většina metodik LCA k určení velikosti podílu environmentální škody konkrétní kategorie definuje normalizaci výsledků. Normalizované výsledky indikátorů kategorií lze orientačně porovnávat [1].

Charakteristika posuzovaného procesu ÚV Plzeň

ÚV Plzeň s reálným výkonem 480 l/s upravuje povrchovou vodu z dolního toku řeky Úhlavy třístupňovým procesem (viz obr. 1). Do čerpané surové vody je po korekci pH dávkován sí-

ran hlinitý. Na koagulaci s pomalým mícháním navazuje proces sedimentace ve dvanácti podélných usazovacích nádržích. Po separaci vzniklých vloček voda gravitačně natéká do šesti otevřených filtrů s drenážním systémem Leopold a náplní Filtralite Mono-Multi. Před vstupem upravované vody do objektu filtrace je zaústěné dávkování manganistanu draselného pro oxidaci manganu. Do filtrátu, přitékajícího do objektu ozonizace, je vnášen ozon, vyrobený v generátorech z dováženého kyslíku. Ozonizovaná voda postupuje tříkomorovou reakční nádrží, rozdělenou na sestupnou a vzestupnou směšovací sekci a nakonec vymírací sekci. Voda po ozonizaci je čerpána na třetí separační stupeň technologické linky, do čtyř otevřených filtrů s náplní granulovaného aktivního uhlí (GAU), kde dochází k sorpci rozpuštěných organických látek, produktů ozonizace a případných zbytků anorganických látek z předchozích separačních stupňů. Po GAU-filtraci je zařazena dezinfekce vody prostřednictvím UV záření z dvojice UV reaktorů. Před vstupem upravené vody do akumulčních nádrží dochází k finální úpravě pitné vody, ke stabilizaci vody dávkou oxidu uhličitého a vápenného hydrátu v podobě vápenné vody a dále k hygienickému zabezpečení nízkými dávkami chloru. Upravená voda je z akumulčních nádrží v objektu ÚV čerpána do pásmových vodojemů v Plzni.

Posouzení procesu ÚV Plzeň metodou LCA

Pro posouzení stávající technologie ÚV Plzeň a pro vytvoření modelů LCA byla vybrána provozní data ÚV Plzeň z roku 2023 a 2019. Environmentální hodnocení a porovnání variant dávkovaných koagulantů v procesu úpravy vody bylo provede-

no na základě provozních dat z roku 2019. Provozní data ÚV Plzeň z roku 2023 byla použita k vytvoření modelů energetických scénářů pro alternativní zdroje elektrické energie.

Hranici posuzovaného systému ÚV Plzeň určují všechny procesy související s výrobou pitné vody:

- čerpání surové vody z řeky,
- všechny fáze procesu úpravy vody,
- výroba a spotřeba procesních chemikálií,
- doprava chemikálií a potřebných materiálů,
- spotřeba paliv,
- spotřeba elektrické energie,
- čerpání upravené vody do vodojemů,
- odvoz vodárenských kalů a odpadů,
- odvádění a čištění produkované odpadní vody (ČOV Plzeň).

S ohledem na nedostupnost relevantních dat nebyly do environmentálního posouzení zahrnuty následující procesy:

- stavební činnosti a stavební materiály,
- výroba a obnova technologického zařízení ÚV,
- výroba a pokládka vodovodního potrubí,
- proces reaktivace GAU,
- spotřeba chemikálií na údržbu a provoz kontinuálních analyzátorů,
- výroba a údržba dopravních prostředků.

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

Pro posouzení reálných a modelových scénářů procesu výroby pitné vody v Plzni byla vybrána charakterizační metodika EF (Environmental Footprint), verze EF 3.0. Pro získání generických dat byl použit software a databáze GaBi (aktuálně Sphera LCA for Experts).

Výsledky a diskuze

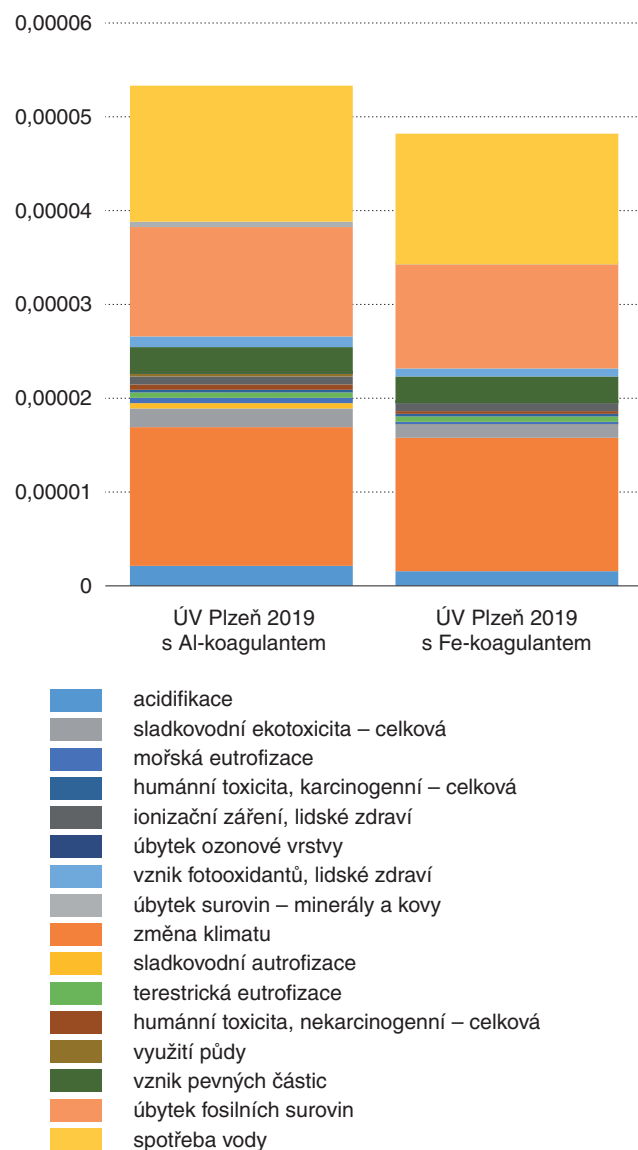
Výsledky vybraných indikátorů kategorií dopadu podle metodiky EF 3.0 v tabulce 1, hodnoceného stávajícího procesu výroby pitné vody v Plzni, jsou rozděleny do logicky souvisejících oblastí, které se na vodárenském procesu podílí a jsou jeho funkční součástí. Ve střední části tabulky jsou u jednotlivých dopadových kategorií vyčísleny dopady fází procesu úpravy vody v jednotkách specifických pro každou kategorii. Sloupce v pravé části tabulky 1 vyjadřují procentuální podíly částí procesu ve vztahu k celkovým dopadům ÚV. Z hodnot dopadů a procentuálních podílů na celkových dopadech vyplývá, že hlavními zdroji emisí jsou spotřeba, potažmo výroba elektrické energie, a nezanedbatelným přispěvatelem je také spotřeba a výroba procesních chemikálií. Pro lepší orientaci jsou v tabulce 1 barevně vyznačené nadpoloviční procentuální podíly spotřebované elektřiny a chemikálií ve vztahu k zasaženým kategoriím dopadu. Z výsledků v tabulce 1 lze vyčíst, že příspěvek dopadů z dopravy a likvidace odpadní vody a vodárenských kalů v procesu výroby pitné vody v Plzni do jednotlivých dopadových kategorií je nevýznamný. Elektřina pocházející z distribuční sítě, potřebná pro výrobu pitné vody ve třístupňovém procesu ÚV Plzeň, se nejvíce propisuje do kategorií ionizační záření, úbytek fosilních surovin, změna klimatu, karcinogenní a nekarcinogenní humánní toxicita, sladkovodní ekotoxicita a mořská a terestrická eutrofizace.

V tabulce 2 jsou prezentovány výstupní hodnoty dvou variant koagulantů pro kategorie dopadu metodiky EF 3.0. Zjištěné výsledky ukazují, že celkové environmentální dopady procesu úpravy vody s hypotetickým dávkováním síranu železitého byly pro všechny kategorie dopadu nižší než skutečné dávkování síranu hlinitého v procesu koagulace ÚV Plzeň. V tabulce 2 jsou barevně vyznačené hodnoty dopadů u dvou dopadových kategorií: sladkovodní ekotoxicita a karcinogenní humánní toxi-

cita, způsobené anorganickými látkami, které vykazují vyšší hodnoty pro modelovou variantu ÚV s koagulantem na bázi železa.

Obrázek 2 názorně ilustruje rozdílné hodnoty celkových environmentálních dopadů po normalizaci podle charakterizační metodiky EF 3.0 stávající ÚV Plzeň a modelové varianty s dávkováním síranu železitého v procesu koagulace. Sloupcový graf na obr. 2 koresponduje s výsledky environmentálních dopadů jednotlivých dopadových kategorií metodiky EF 3.0 v tabulce 2. Varianta stávající technologie ÚV Plzeň s dávkováním koagulačního činidla na bázi železa, vytvořená modelovým přístupem, vykazuje celkové nižší environmentální dopady.

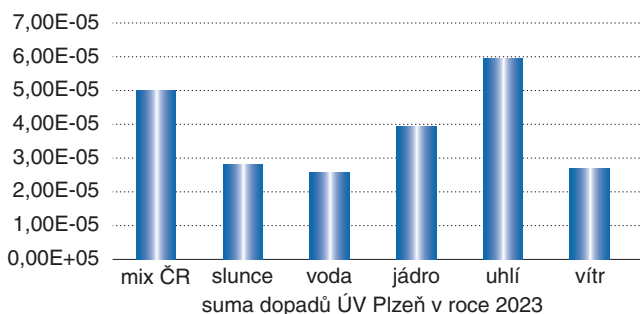
Porovnání, která kategorie dopadu je daným systémem více zasažena, umožňuje princip normalizace výsledků indikátorů dané kategorie dopadu. Normalizace výsledků indikátorů každé kategorie dopadu se provádí v dané metodice vztažením k referenční hodnotě výsledků indikátorů kategorie dopadu se stejnou jednotkou a je potřebná znalost o produkovaných emisích všech látek v daném regionu nebo území (např. 25 států Evro-



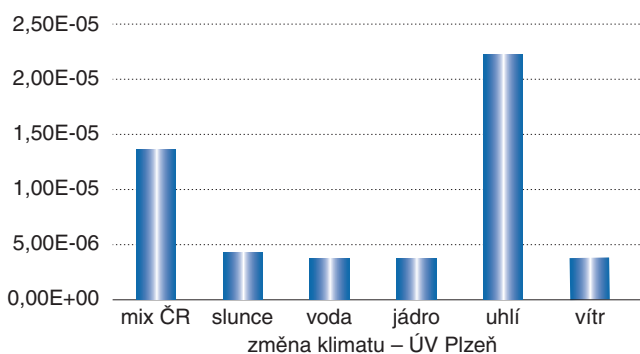
Obr. 2: Porovnání normalizovaných výsledků dopadů při výrobě 1 m³ pitné vody v procesu ÚV Plzeň (v 2019) s běžně dávkovaným síranem hlinitým a v procesu stávající ÚV s použitím síranu železitého jako koagulantu

py, Česká republika). Normalizované výsledky na následujících grafech (viz obr. 2–6) jsou tedy bezrozměrné veličiny.

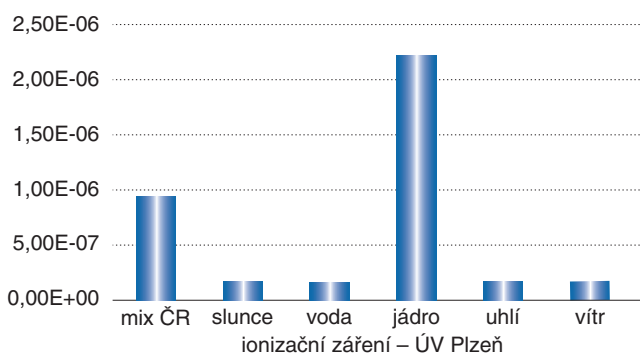
Obrázek 3 uvádí varianty alternativních zdrojů elektrické energie v aplikaci na stávající proces výroby 1 m³ pitné vody ÚV Plzeň. V energetickém mixu ČR dominuje elektřina vyrobená z fosilních zdrojů, následuje energie pocházející ze štěpné reakce atomového jádra a pouhých 13 % tvoří energie vyrobená z obnovitelných zdrojů. V této souvislosti není překvapující zjištění, že vodárenský proces s elektřinou z distribuční sítě vykazuje, s výjimkou elektřiny pouze z uhlí, největší celkové environmentální dopady. Hypotetická možnost využití elektřiny vyro-



Obr. 3: Porovnání celkových environmentálních dopadů v metodice EF 3.0 při výrobě 1 m³ pitné vody v procesu současné ÚV Plzeň pro modelové varianty zdrojů elektrické energie



Obr. 4: Porovnání normalizovaných výsledků variant zdrojů elektrické energie při výrobě 1 m³ pitné vody v procesu ÚV Plzeň v 2023 ve vztahu ke kategorii dopadu metodiky EF 3.0 – změna klimatu



Obr. 5: Porovnání normalizovaných výsledků variant zdrojů elektrické energie při výrobě 1 m³ pitné vody v procesu ÚV Plzeň v 2023 ve vztahu ke kategorii dopadu metodiky EF 3.0 – ionizační záření

bené pouze v jaderné elektrárně se nevyznačuje výrazným poklesem v celkových dopadech ve srovnání s reálnou energetickou možností. K významnému poklesu normalizovaných hodnot dochází až v případě úvahy elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

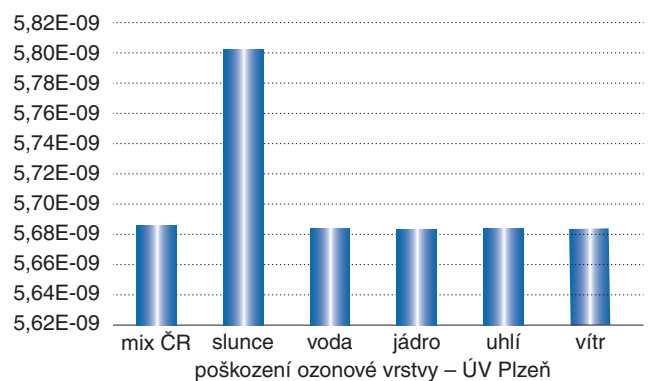
Porovnání normalizovaných výsledků hodnocených energetických scénářů ÚV Plzeň se zaměřením na kategorii dopadu změna klimatu nabízí sloupcový diagram na obr. 4. Se zaměřením na velikost čtvrtého sloupce grafu na obr. 4, reprezentující normalizované výsledky varianty vyrobené elektřiny z jádra, je patrné, že výroba elektrické energie v jaderné elektrárně poškozuje dopadovou kategorii změna klimatu podobnou měrou jako obnovitelné zdroje pro výrobu elektřiny. V detailním posouzení energetických scénářů pro kategorii dopadu ionizační záření z logiky věci dosahuje sloupec reprezentující proces ÚV s elektřinou z jádra atomu nejvyšší hodnoty (viz obr. 5). Obr. 6 znázorňuje porovnání energetických scénářů procesu ÚV Plzeň pro dopadovou kategorii poškození ozonové vrstvy metodiky EF 3.0. Překvapivě nejvýraznější dopad do kategorie související s úbytkem stratosférického ozonu vykazuje varianta ÚV s elektřinou z fotovoltaiky. Z tohoto zjištění vyplývá, že i obnovitelné energetické zdroje mohou pro některé dopadové kategorie představovat větší zatížení než elektřina z distribuční sítě s větším podílem neobnovitelných energetických zdrojů.

Závěr

Největší podíl emisí při výrobě 1 m³ pitné vody v procesu ÚV Plzeň ve vztahu k počtu zasažených kategorií představuje výroba spotřebované elektrické energie z distribuční sítě. V této souvislosti nejvíce zasažené dopadové kategorie (úbytek fosilních surovin, změna klimatu, acidifikace, karcinogenní humánní toxicita, sladkovodní ekotoxicita, eutrofizace a ionizující záření) korespondují se současným energetickým mixem České republiky.

Druhým významným zdrojem dopadů při výrobě pitné vody je výroba a spotřeba chemikálií. Ze skupiny všech dávkovaných chemikálií v procesu ÚV se nejvíce na celkových dopadech podílí spotřeba dávkovaného síranu hlinitého. Porovnáním stávající technologie s koagulantem na bázi hliníku, jehož dávkování má své opodstatnění z hlediska charakteru povrchového zdroje, s alternativou síranu železitého, byla zjištěna menší environmentální zátěž v případě modelového procesu úpravy vody s hypoteticky dávkovaným železitým koagulantem.

Z porovnání normalizovaných výsledků hodnocených energetických scénářů ÚV Plzeň vyplynula jako nejšetnější varianta



Obr. 6: Porovnání normalizovaných výsledků variant zdrojů elektrické energie při výrobě 1 m³ pitné vody v procesu ÚV Plzeň v 2023 ve vztahu ke kategorii dopadu metodiky EF 3.0 – poškození ozonové vrstvy

k životnímu prostředí ÚV s elektrickou energií vyrobenou ve vodní nebo větrné elektrárně. Na základě těchto výsledků lze předpokládat, že k redukci environmentálních dopadů při výrobě pitné vody vede cesta použitím elektřiny s větším podílem obnovitelných zdrojů, než jaký poskytuje elektrina „ze zásuvky“.

Energetická náročnost procesu úpravy vody se přímo odvíjí od charakteru zdroje surové vody, lokace ÚV a rozsahu a geografické polohy spotřebišť. Obecně provozy ÚV v porovnání s provozy ČOV nemají příliš možností, jak si zajistit energetickou soběstačnost a touto cestou cílit na redukci environmentálních dopadů. Realizace možnosti snížení environmentální zátěže procesu výroby životně důležité komodity přechodem na elektrickou energii, vyrobenou pouze z obnovitelných zdrojů, je v současné době velmi vzdálená.

Literatura

1. Kočí V. Posuzování životního cyklu Life Cycle Assessment – LCA, Vyd. 1. ed. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim, 2009.
2. Byrne DM, Lohman HAC, Cook SM, Peters GM, Guest JS. Life cycle assessment (LCA) of urban water infrastructure: emerging approaches to balance objectives and inform comprehensive decision-making. Environ. Sci. Water Res. Technol. 2017;3(6):1002–1014. <https://doi.org/10.1039/C7EW00175D>
3. Bonton A, Bouchard C, Barbeau B, Jedrzejak S. Comparative life cycle assessment of water treatment plants. Desalination 2012;284:42–54. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.08.035>
4. Igos E, Dalle A, Tiruta-Barna L, Benetto E, Baudin I, Mery Y. Life Cycle Assessment of water treatment: what is the contribution of infrastructure and operation at unit process level? Journal of Cleaner Production 2014;65:424–431. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.061>

5. Amores MJ. Environmental assessment of urban water cycle on Mediterranean conditions by LCA approach. Journal of cleaner production 2013;43(7–8): 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.033>
6. Lemos D, Dias AC, Gabarrell X, Arroja L. Environmental assessment of an urban water system. Journal of Cleaner Production 2013;54: 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.04.029>
7. Hofs B, van den Broek W, van Eekveld A, van der Wal A. Carbon footprint of drinking water over treatment plant life span (2025–2075) is probably dominated by construction phase. Cleaner Environmental Systems 2022;5:100079. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2022.100079>
8. Kočí V. Environmentální dopady: posuzování životního cyklu, Vyd. 1. ed. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 2013.

Ing. Martina Klimtová
VODÁRNA PLZEŇ a. s.

prof. Ing. Vladimír Kočí, Ph.D., MBA
VŠCHT Praha, FTOP,
Ústav udržitelnosti a produktové technologie



zde mohla být
vaše vizitková inzerce

ceník inzerce v časopise Sovak je ve formátu PDF ke stažení na www.sovak.cz



**Efektivní zařízení
pro odvodnění
municipálních
i průmyslových kalů**

www.mivalt.cz



VODATECH, s. r. o.
Milotická 499/40
696 04 Svatobořice-Mistřín

VÝROBCE ZAŘÍZENÍ PRO ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

FLOTACE
ROTAČNÍ SÍTA
SEPARÁTORY
ŠNEKOVÉ LISY

CHEMICKÉ JEDNOTKY
AERAČNÍ SYSTÉMY
OBSLUŽNÉ LÁVKY

Tel.: 518 620 962–4
e-mail: vodatech@vodatech.net

Fax: 518 620 962
<http://www.vodatech.net>



KAPKA spol. s r. o.
Autorizované metrologické středisko K 31

www.kapka-vodomery.cz

- OVĚŘOVÁNÍ vodoměrů po skončení doby platnosti ověření
- OPRAVY všech značek a typů vodoměrů
- DÁLKOVÉ ODEČTY a PRODEJ vodoměrů

Vodohospodářské inženýrské služby, a. s.

Křížová 472/47, 150 00 Praha 5
IČO: 6019 3689, tel. 257 182 411

- laboratoře pitných a odpadních vod
- akreditace ČIA 1213, tel. 602 389 347
- akreditace ČIA 1453, tel. 737 846 403
- projektové práce, IČ, tel. 606 644 463
- geodetické práce, GIS, tel. 602 877 542
- inspekční prohlídky kamerou, tel. 724 151 191



Ceník předplatného a inzerce v časopise Sovak
je ve formátu PDF k dispozici ke stažení na stránkách
www.sovak.cz

Z REGIONŮ

Investice, stavby, rekonstrukce

• Ostravské vodárny a kanalizace a. s.

Jednou z negativních událostí loňských zářijových povodní v Moravskoslezském kraji bylo i kompletní odstavení Ústřední čistírny odpadních vod v Ostravě-Přívoze (ÚČOV). Hladina vody, která místy dosahovala výšky až šesti metrů, zapříčinila kolaps všech zařízení a technologie čištění odpadních vod, které poté volně odtékaly do řeky Odry. Společnost Ostravské vodárny a kanalizace (OVAK) společně se statutárním městem Ostravou deklarovaly, že začátkem roku 2025 spustí mechanickou část čištění a od března 2025 pak část biologickou. A díky vysokému nasazení zaměstnanců společnosti OVAK a dodavatelských firem se podařilo slib splnit – počátkem ledna 2025 se první stupeň, mechanické čištění odpadní vody z ostravských domácností a firem, rozběhl. Druhý stupeň, biologické čištění, který je významně závislý na teplotě, bude následně nabíhat v průběhu prvního čtvrtletí letošního roku.

Povodněmi zaplavená ÚČOV se díky své provázanosti, komplexnosti a rozsahu technologií řadí jako třetí největší komunální čistírna odpadních vod v Česku.



„Důležitá je skutečnost, že dochází k významnému snížení vypouštěného množství znečištění o více než padesát procent co do obsahu organických látek, a také již takto vycištěná voda neobsahuje viditelné znečištění v podobě různých plovoucích nečistot, kalu a jiných pevných příměsí. V souvislosti se zprovozněním prvního mechanického stupně budou předčištěné vody vypouštěny do řeky Odry,“ popsal náměstek ostravského primátora Aleš Boháč. „Mechanické čištění se podařilo obnovit přesně podle plánu, kdy nejprve došlo k úspěšnému zatížení čistírny z jedné poloviny přítoku, sbírajícího splaškovou vodu z Poruby, následující den pak byla čistírna zatížena i druhou

polovinou přítoku, která jímá splašky v Moravské Ostravě,“ dodal Boháč.

Druhý stupeň, biologické čištění, který odstraňuje i rozpuštěné znečištění, bude následně nabíhat od března 2025. Jeho aktivace a účinnost je do značné míry závislá na teplotě odpadní vody, kdy při nižších teplotách je rozběh biologického procesu pomalejší.

„Na uvedení ÚČOV do funkčního stavu se podílelo více než dvacet firem a institucí a řádově stovky našich a externích zaměstnanců, kteří si vzali nápravu škod za své,“ sdělil ředitel společnosti Ostravské vodárny a kanalizace Petr Konečný.

Vzhledem k mimořádnému rozsahu škod však bude kompletní obnova ÚČOV pokračovat rovněž po spuštění biologického čištění na jaře 2025. Dále poběží rekonstrukce dalších zařízení, která jsou pro chod ÚČOV z dlouhodobějšího pohledu nezbytná, ale v rámci urychlení procesu čištění byla jejich oprava provedena jen částečně. Jedná se například o náhradní čerpadla, vystrojení nádrží, které byly zprovozněny v provizorním stavu, protože kompletní rekonstrukce vyžaduje delší čas. Provizorně opravené zařízení bude v provozu a zatím bude paralelně probíhat kompletní rekonstrukce na vedlejší technologické lince. Následně dojde k prohození obou linek a rekonstrukci další technologické části.

V důsledku rozsáhlých oprav po povodni není až do odvolání možné dovážet na ÚČOV ke zpracování koncentrované odpadní vody. Jedná se o výluhy ze skládek, septiky nebo odpadní vody z odlučovačů tuků a olejů a podobně.

• Vodovody a kanalizace Hradec Králové, a. s.

V areálu společnosti Vodovody a kanalizace Hradec Králové se 9. ledna 2024 uskutečnil akt slavnostního zakončení několika staveb vodovodů v roce 2024, které finančně podpořilo Ministerstvo zemědělství.

Jednalo se o rekonstrukci přírodního vodovodního řádu DN 600 mm z úpravny vody v Hradci Králové do vodojemu na Novém Hradci Králové, rekonstrukci části přírodního řádu DN 800 mm ze zdrojové oblasti Litá a Polické křídové pánve a rekonstrukci a výstavbu další akumulární nádrže vodojemu Chlumec nad Cidlinou. Všechna tato zařízení jsou důležitou součástí Vodárenské soustavy východní Čechy, která propojuje okresy Hradec Králové, Náchod, Pardubice a Chrudim a zásobuje 500 000 obyvatel východních Čech pitnou vodou. Společným cílem všech těchto projektů je zajištění bezvadného zásobení obyvatelstva pro případ výskytu sucha a nedostatku zdrojů vody.

„Naše společnost si je vědoma svého poslání, které spočívá v povinnosti zajistit vysokou zabezpečení v dodávkách pitné vody. S tím souvisí i další naše stavba, kterou jsme zahájili v polovině loňského roku a dokončíme ji letos. Jejím předmětem je přístavba dalších dvou akumulárních nádrží na vodojemu Horní Přím o kapacitě 3 000 metrů krychlových. Z něho je voda dále dopravována k 50 000 obyvatel západní a severní části okresu Hradec Králové a do 23 obcí v okresech Jičín, Trutnov, Kolín a Nymburk,“ řekl František Barák, předseda představenstva.

V letech 2023 až 2025 podpoří Ministerstvo zemědělství částkou 272 milionů korun šest staveb Vodovodů a kanalizací Hradec Králové, souvisejících s výstavbou opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody. Celkové náklady na tyto projekty představují 526 milionů, zbylou část,

Z REGIONŮ

254 milionů korun, hradí společnost ze svých finančních prostředků.

- **Vodohospodářská společnost ČERLINKA s. r. o.**

Solární sušárnu čistírenských kalů vybudovala v areálu čistírny odpadních vod v okrajové části města radnice v Litovli na Olomoucku, která si od investice přesahující 90 milionů korun slibuje snížení nákladů na likvidaci kalů. Díky moderní



technologii bude čistírenský kal pomoci slunečního záření přeměněn na sušinu vhodnou pro energetické využití. Město na projekt získalo dotaci pokrývající 80 procent nákladů. Na sociálních sítích o tom informoval starosta Litovle Viktor Kohout.

Solární čistírnu tvoří dva skleníky dlouhé 120 metrů a široké 13 metrů, do kterých už je navážen vlhký čistírenský kal z litovelské čistírny odpadních vod. Hmotu na podlaze skleníku průběžně prohrabává speciální stroj. S příchodem jara, kdy vzroste intenzita slunečního záření, začne proces sušení. Technologie podle Kohouta zvládne ročně vysušit zhruba 3 000 tun čistírenských kalů. „Cílem je vysušit čistírenský kal na sušinu a tím ušetřit náklady v odpadovém hospodářství našeho města. Litovel je v Česku teprve druhým místem, kde se projekt (solární sušárny kalů) realizoval,“ podotkl V. Kohout.

Čistírenský kal je hlavním odpadním produktem při čištění odpadních vod. Náklady na jeho zpracování a likvidaci podle odborníků činí zhruba polovinu provozních nákladů čistíren odpadních vod. V Česku je zakázáno čistírenské kaly odvázet na skládky, proto se používají jako hnojivo na polích či při produkci průmyslových kompostů a rekultivačních substrátů. Samosprávy se snaží najít pro kaly uplatnění i při výrobě tepelné energie, jelikož stát pravidla pro aplikaci kalu na polích výrazně zpřísnil.

- **VODÁRNA PLZEŇ a. s.**

V plzeňské části Lobzy začala významná rekonstrukce rozšíření vodovodní sítě, budování nové oddílné kanalizace a celková revitalizace veřejného prostoru. Jde o lokalitu Rolnického náměstí, která zasáhne také do ulic Lobežská, Revoluční a Na Hraně. Stavbu za více než 100 milionů korun bez DPH bude



realizovat společnost POHL cz, a. s., odštěpný závod Plzeň. Je naplánována na deset měsíců, a pokud nenastanou nečekané komplikace, skončí v polovině listopadu 2025.

Rozsáhlá stavební akce zahrnuje výstavbu splaškové kanalizace v cca 900metrové délce, dešťové kanalizace v délce téměř 650 metrů a výstavbu vodovodních řadů v délce cca 800 metrů. Součástí je také obnova stávajících vodovodních přípojek v rámci veřejných pozemků.

„Stavební práce jsou rozplánovány do čtyř etap. Začne se na Rolnickém náměstí u mostu přes řeku Úslavu a postupně stavební práce dosáhnou až před křižovatkou s ulicí Dlouhá,“ přiblížil technický náměstek primátora Pavel Bosák.

- **Vodovody a kanalizace Trutnov, a. s.**

Tricetitisícový Trutnov v prosinci posílil svůj akciový podíl ve společnosti Vodovody a kanalizace Trutnov koupí zhruba půlprocentního akciového podílu od tří minoritních akcionářů. Celkový podíl města ve vodárnách tím překročil 51 procent. Za 3 513 kusů akcií Trutnov minoritním akcionářům zaplatil téměř čtyři miliony korun.

„Vodovody a kanalizace Trutnov považujeme za strategickou firmu, kterou chceme mít pod kontrolou. Chceme u ní mít stabilní akcionářskou strukturu,“ řekl starosta Michal Rosa. Město je podle něj připraveno jednat o případném odkupu akcií i s dalšími akcionáři, kteří drží větší množství akcií. Loni Trutnov také koupil téměř 10 000 kusů akcií vodáren z dražby, která se konala v březnu 2024. V dražbě byly akcie, které si jejich majitelé při přeměně akcií z majitele na jméno a na listinné nevyzvedli. Základní kapitál vodáren tvoří 607 497 akcií o nominální hodnotě jedné akcie 1 000 korun.

Města a obce v čele s Trutnovem vlastní asi 88 procent akcií vodáren. Po Trutnovu následují Pec pod Sněžkou s podílem přes 21 procent, Janské Lázně téměř s osmi procenty a Svoboda nad Úpou se čtyřmi procenty. Největším akcionářem mimo obce je podnikatel René Holeček s podílem 5,4 procenta. Akcie, které nedrží města a obce, mají původ v kuponové privatizaci v 90. letech minulého století.

Vodovody a kanalizace Trutnov v regionu zásobují vodou přes 35 000 lidí. V roce 2023 vodárny na investice a opravy vynaložily přes 87 milionů korun a pro loňský rok plánovaly 100 milionů korun.

Zdroje rubriky Z regionů: internet a tiskové zprávy uvedených vodárenských společností.

Rádi uveřejníme informace i o vašich akcích či projektech. Napište nám o nich do redakce na e-mail redakce@sovak.cz.

Riziko aplikace zpomalovačů hoření k likvidaci požárů v Los Angeles pro zdroje podzemní i povrchové vody

František Kožíšek

V prvních lednových týdnech roku 2025 jsme mohli v médiích sledovat dramatické záběry hořících lesů i obytných čtvrtí v Kalifornii, v okolí města Los Angeles.

Jen za první týden si rozsáhlé a prudké požáry vyžádaly přes 20 obětí a zanechaly za sebou vysoké hmotné škody, mj. shořelo okolo deseti tisíc domů či budov. Vedle přímých škod na životě a zdraví, způsobených ohněm (vysokou teplotou), ohrožuje veřejné zdraví také masivní znečištění ovzduší. Kouř z požárů totiž obsahuje řadu plynů a částic z materiálů, které oheň spaluje, včetně ozonu, oxidu uhelnatého, polycyklických aromatických sloučenin (PAU), oxidu dusičitého a pevných částic, tedy znečišťujících látek, které jsou spojovány s akutními i chronickými respiračními a kardiovaskulárními onemocněními.

Ve stínu pozornosti stojí ohrožení kvality dodávané pitné vody, ke kterému může bezprostředně dojít v podstatě třemi mechanismy:

- a) Přímé zničení částí infrastruktury (potrubních řadů nebo nádrží vodojemů z plastu), které vede k úplnému přerušení dodávky vody v takto postižené oblasti.
- b) Poničení plastového potrubí nebo nádrží vodojemů vysokým žárem, které sice nevede k přerušení dodávky vody, ale uvolní z materiálu (např. PVC) do vody toxické látky, především těkavé organické látky (např. benzen), které se pak do organismu dostávají nejen při pití vody, ale i inhalační cestou, když vodu používáme v domácnosti na jiné účely. Pokud je z těchto důvodů zakázáno užití vody, musí podle kalifornských zákonů místní provozovatelé vodovodů před odvoláním zákazu stanovit v dodávané vodě právě benzen, ovšem odborníci upozorňují, že seznam takto do vody uvolňovaných a potenciálně toxických látek je mnohem širší.
- c) Při masivních odběrech vody z řadu hasičským záchranným sborem dochází k prudkému poklesu tlaku vody v potrubí, do kterého se mohou nasát kontaminující látky a mikroorganismy z okolní půdy.

Z těchto důvodů byla také nejprve na mnoha místech v Los Angeles a jeho okolí vyhlášena povinnost převařovat vodu, která byla ale po několika dnech změněna na zákaz používat vodu k pití („Do Not Drink“ alert), právě kvůli obavám z výskytu karcinogenních látek ve vodě. Vedle tohoto zákazu ale např. zdravotní úřady města Pasadena varovaly obyvatele, aby vodu nejen nepili, ale aby omezili aktivity využívající horkou vodu jako koupání ve vaně, mytí nádobí, praní prádla, při kterých se do ovzduší domácnosti více uvolňují těkavé toxické látky, které pak obyvatelé vdechují.

Zatímco u velkých provozovatelů, jako je Los Angeles Department of Water and Power, se očekává, že po skončení požáru uvedou situaci v zásobování pitnou vodou do pořádku v řádu nejpozději týdnů, u malých provozovatelů, kteří nemají takové lidské a finanční kapacity, to může být až v řádu mnoha měsíců. Takové jsou aspoň zkušenosti z jiných míst Kalifornie, které postihly podobné požáry v minulých letech.

Následky požárů pro kvalitu dodávané vody nemusí být ale jen přímé, skrze mechanismy výše uvedené. Nacházejí-li se v okolí zdroje surové povrchové vody, mohou být zasaženy kouřovým spadem, tedy polétavým prachem, což se projeví jak zvýšeným zákalem (který bude jiné povahy než obvyklý zákal vznikající v důsledku srážek nebo biologického oživení), tak zvýšeným obsahem některých kovů a látek typu PAU.

V souvislosti s hašením aktuálních losangeleských požárů se diskutuje také o možném negativním dopadu zpomalovačů hoření, které hasiči letecky aplikují spolu s vodou na okolní vegetaci (pozornost médií poutala především výrazná růžová barva této směsi, která narůžovo obarvila jak vegetaci, tak domy a ulice – barvicí příměs je používána proto, aby piloti letadel viděli, kterou oblast již „ošetřili“). Přesné složení této směsi není veřejně známo, mj. obsahuje různé sloučeniny fosforu, síry a amonických iontů, ale její možný dopad na zdroje povrchové a podzemní zdroje dobře prozkoumán není. Pokud shoří velký kus lesa, ve kterém jsou umístěny jímací objekty podzemní vody, lze očekávat narušení stability místních zdrojů (minimálně co do zákalu, obsahu přírodních organických látek a mikrobiologie), což dobře známe i od nás z oblastí postižených kůrovcovou kalamiitou a následnou těžbou.

Díky změnám klimatu nemůžeme rozsáhlé požáry do budoucna vyloučit ani ve střední Evropě. Proto by v nás sledování těchto katastrofických událostí nemělo vyvolat jen úlevný pocit vděčnosti, že nejsme toho momentálně součástí, ale i přemýšlení, jaké poučení si z toho můžeme vzít do budoucna pro naši práci.

MUDr. František Kožíšek, CSc.
Státní zdravotní ústav



Sleva pro členy SOVAK ČR u vizitkové inzerce:
barevná vizitka za cenu černobílé

ZPRÁVY

Byl schválen Národní akční plán k udržitelnému používání pesticidů pro období 2025–2029

Vláda České republiky dne 8. ledna 2025 schválila Národní akční plán k udržitelnému používání pesticidů (NAP) na období 2025–2029. Dokument stanovuje konkrétní cíle, opatření a harmonogram pro snížení rizik a omezení dopadů používání pesticidů na lidské zdraví a životní prostředí. NAP zahrnuje oblasti ochrany: zdraví lidí, podzemních a povrchových vod, necílových organismů a jejich životního prostředí, obsahuje i aktuální trendy v oboru rostlinolékařství.

Kapitola **Ochrana podzemních a povrchových vod** i opatření a cíle pro tuto oblast byly předmětem spolupráce SOVAK ČR jak při přípravě NAP, tak v rámci připomínkového řízení.

Až na drobnosti, které Ministerstvo zemědělství vysvětlilo, byly připomínky a návrhy na doplnění ze strany SOVAK ČR akceptovány. Hlavní cíle v oblasti ochrany vod zahrnují kvalitativní i kvantitativní cíle, preventivní opatření, monitoring vodních zdrojů i vzdělávání a osvětu při aplikaci přípravků na ochranu rostlin (POR).

NAP si klade za úkol v oblasti ochrany podzemních a povrchových vod **snížit výskyt reziduí účinných látek** (popř. jejich metabolitů) v povrchových a podzemních vodách s důrazem na zdroje využívané nebo využitelné pro zásobování obyvatelstva

pitnou vodou. Dalším cílem v této oblasti je efektivní monitoring (zefektivnění systému sledování pesticidů ve vodách, rozšíření sítě monitorovacích míst i rozsahu monitorovaných POR), doplněný **efektivní kontrolou** dodržování správných zásad použití přípravků.

Mezi navržená preventivní opatření spadá zejména podpora nechemických metod ochrany rostlin, zavádění integrované produkce rostlin a ekologického zemědělství včetně regulace používání vybraných účinných látek v ochranných pásmech vodních zdrojů. Součástí NAP je i pravidelná aktualizace ochranných pásem vodních zdrojů.

Vládou schválený NAP k udržitelnému používání pesticidů pro nadcházející období lze celkově hodnotit jako ambiciózní, ale potřebný dokument, který může významně přispět k ochraně vodních zdrojů, životního prostředí a zdraví obyvatel. Jeho úspěšná realizace bude záviset na efektivní spolupráci všech dotčených subjektů a dostatečné podpoře ze strany státu.

Ing. Radka Hušková
15. 1. 2025

První diskuze v roce 2025 nad prioritami vodního hospodářství mezi novou komisařkou a EurEau

V lednu se setkala nová eurokomisařka pro životní prostředí Jessica Rosswallová se zástupci evropské vodárenské asociace EurEau, kde je mezi ostatními 38 členskými organizacemi členem i SOVAK ČR. Diskuzi moderoval předseda představenstva EurEau Par Dalheim i ředitel EurEau Oliver Loebel. Společně si účastníci schůzky potvrdili klíčová témata do následujícího funkčního období Evropské komise v oblasti vody. Jsou jimi zejména odolnost vodohospodářské infrastruktury, revize nařízení REACH a s tím související připravená hlubší regulace až možný zákaz využívání PFAS a konečně i zapojení vodního hospodářství do Akčního plánu oběhového hospodářství.

Zástupci EurEau zdůraznili, že jakákoliv současná i budoucí regulace musí zohledňovat dopady do ekonomické, ale i technické dostupnosti vodárenské služby, poskytované ve veřejném zájmu. Je bezpodmínečně nutné, aby Evropská komise měla jasnou strategii ve vodní oblasti, která bude zohledňovat všechny aspekty poskytování kvalitní pitné vody a odkanalizování a čištění odpadních vod.

Ing. Ondřej Beneš, Ph.D., MBA, LL.M.
člen představenstva EurEau

VÝROBCE ZAŘÍZENÍ PRO ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

Fontana

- MECHANICKÉ PŘEDČISTĚNÍ
- SEPARACE A PRÁNÍ PÍSKU
- TERCIÁLNÍ DOČISTĚNÍ
- HRAZENÍ, REGULACE A MĚŘENÍ PRŮTOKU
- DOPRAVA, LISOVÁNÍ A PRÁNÍ SHRABKŮ
- DOPRAVA A HYGIENIZACE KALU

VÍCE NEŽ 8 000 VÝROBKŮ PO CELÉM SVĚTĚ

FONTANA s.r.o., Příkop 4, 602 00 Brno, tel: 545175853 e-mail: fontana@fontana.cz ; www.fontana.cz

Aqua Global

INTELIGENTNÍ ŘEŠENÍ FILTRACE A ÚPRAVY VODY

Tlakové multimedia filtry
GAU filtry • Čiřiče
Automatické síťové filtry
Separátory písku

www.aquaglobal.cz

VAE CONTROLS

Nám. J. Gagarina 233/1, 710 00 OSTRAVA IO
tel.: 556 204 111, fax: 596 242 153
email: info@vaecontrols.cz

VAE CONTROLS dodává a instaluje

- řídící systémy vodárenských dispečinků
- lokální řízení úprav a čistíren
- dodávky měření a regulace, silnoproudu
- rádiové přenosy ...

www.vaecontrols.cz

Jako, s. r. o.

aktivní uhlí, aktivní koks, antracit
PVD, filtrační materiály

tel: 283 980 128, 603 416 043
www.jako.cz e-mail: jako@jako.cz



VODOVODY-KANALIZACE

23. mezinárodní vodohospodářská výstava

20.-22. 5. 2025

PVA EXPO PRAHA

HLAVNÍ TÉMATA:

- Implementace Směrnice o čištění městských odpadních vod
- Nové technologie v oboru
- Nakládání s vyčištěnými odpadními vodami
- Hospodaření s kaly
- Problematika extrémních jevů – sucho, povodně a jejich zvládnání
- Hospodaření s dešťovými vodami
- Ochrana vodních zdrojů
- Hospodaření s pitnou vodou, kvalita pitné vody
- Udržitelnost vodního hospodářství
- Legislativa
- Dotační politika
- Energetika ve vodárenství
- Personalistika ve vodárenství

Pořadatel a odborný garant:

Organizátor: