

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 koncepcí 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 nátoku i kvality, a následně jsou řízeně čerpány do areálu čistírny na neutralizaci. Objemově představuje množství průmyslových odpadních vod asi 20 % celkového nátoku, 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

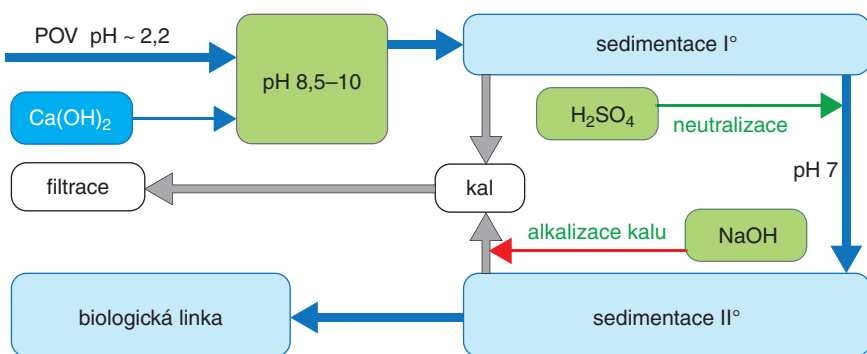
Modernizace biologické linky

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 neomezený provoz čistírny v průběhu modernizace [1] v letech 2010–2012.

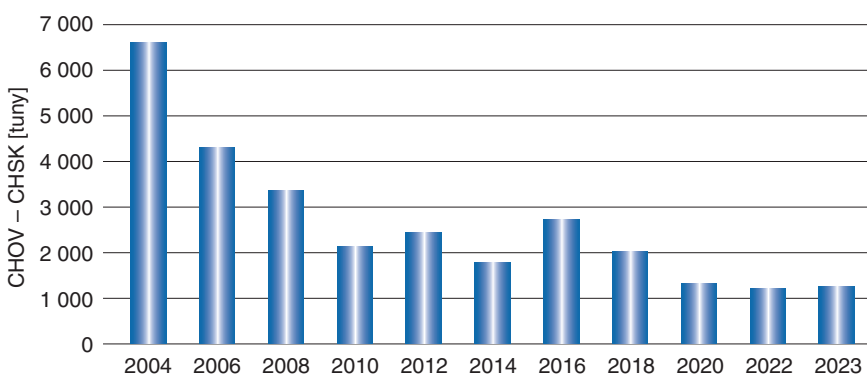
Hlavním cílem modernizace bylo zvýšit biologické odstraňování sloučenin dusíku. Projekt dále řešil špatné hydraulické rozložení průtoků vody i kalů na jednotlivé nádrže biologických linek čištění a dále nevyhovující způsob likvidace čistírenských kalů. Po dokončení modernizace dvou biologických linek (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 bioplynová stanice, o kterých je pojednáno níže.

Optimalizace neutralizační linky

S tím, jak se v průběhu let měnila skladba výroby v průmyslovém areálu, měnila 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 kyselá voda jsou neutralizována 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 přebytečného 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 akumulačních 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 přebytečném aktivovaném kalu a vyššímu obsahu síranu nevyházela výstavba vlastní anaerobní kalové koncovky jako smysluplná. Od počátku roku 2014 je v areálu BČOV v provozu bioplynová stanice společnosti Marius Pedersen a. s. Vyrostla 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 ztlačena 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. Větší 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 nitriface/denitriface a nitriface/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 nátoku 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.