

Ekotoxicita odpadních vod, její výskyt ve stokové síti a působení při biologickém čištění

Jaroslav Vorálek, Zdenka Boháčková

Zaměření VODÁRENSKÉ AKCIOVÉ SPOLEČNOSTI, a. s., na sledování ekotoxicity v odpadních vodách bylo vyvoláno havárií provozované ČOV Blansko v roce 2021. V následujícím roce 2022 byly biologické testy ekotoxicity rozšířeny na více provozovaných ČOV a objektů napojených na stokovou síť v rámci schváleného projektu společnosti.



ČOV Blansko

Havárie ČOV Blansko se projevila snížením účinnosti čištění odpadních vod v jarních měsících roku 2021. Jedná se o mechanicko-biologickou ČOV s anaerobní stabilizací kalu o kapacitě 29 376 EO. Nejprve došlo ke snížení odstraňování celkového fosforu (P_{celk}), k tomu se přidal i růst zbytkového uhlíkatého znečištění v ukazateli $CHSK_{Cr}$. Následovalo zhoršení procesu denitrifikace i nitrifikace. Narušením těchto hlavních čistících pro-

cesů na městské ČOV se výrazně navýšily hodnoty zbytkového dusíkatého znečištění ve vypouštěných odpadních vodách, a to nejprve u dusíku celkového (N_{celk}), v krátké době i u dusíku amoniakálního ($N-NH_4$). V závěrečné fázi havárie se objevilo pění jak na hladině biologické linky ČOV, tak i na odtoku čistěných odpadních vod do recipientu.

Původně byl předpokládán toxický vliv průmyslových odpadních vod, zejména technologických vod s vyšším obsahem těžkých kovů. Ve městě se nachází celá řada producentů těchto odpadních vod s elektrotechnickou nebo strojírenskou výrobou. I přes jejich intenzivnější kontrolu – odběry vzorků odpadních vod vypouštěných do kanalizace, odběry sedimentů z odtokových objektů (tj. vzorků s pamětovým efektem) a podrobnými vodohospodářskými šetřeními – se nepodařilo příčinu zhoršeného čištění nalézt. Naopak i přes řadu technologických zásahů do čištění odpadních vod, včetně navázení zdravého aktivovaného kalu, došlo na ČOV Blansko během jara 2021 ke zmíněnému skokovému zhoršení. Havárie této ČOV vlivem neznámého původce a zdrojového znečištění odpadních vod tak musela být oznámena vodoprávnímu úřadu.

Začátkem měsíce června 2021 bylo jako nouzové řešení rozhodnuto zahájit monitorování ekotoxicity odpadních vod na ČOV a ve vybraných profilech stokové sítě města. Ke spolupráci byla oslovena Laboratoř MORA V A s. r. o., pracoviště s dlouhodobou zkušeností ve sledování ekotoxicity. Hlavní část



Pění na odtoku čistěných odpadních vod



Odběr vzorků ke sledování ekotoxicity

zvolených biologických rozborů byl test na luminiscenční bakterie *Vibrio fischeri*. Tyto speciální mořské bakterie se vyznačují obdobnou reakcí na toxické znečištění odpadních vod jako standardní biocenóza čistírenského kalu. Ke sledování toxicity byly vybrány testy i na další vodní organismy. Jednalo se o akutní toxicitu na perloočkách (*Daphnia magna*), akutní toxicitu na rybách (živorodka duhová, *Poecilia reticulata*), doplněné testem růstu na řasách (*Desmodesmus subspicatus*).

Vedle výběru odběrných míst a rozsahu ekotoxikologického sledování bylo nutné zvolit plán vzorkování tak, aby byl co nejlépe splněn **hlavní cíl – získat co nejširší povědomost o příspěvku toxických vod do kanalizační sítě ze strany producentů**. Ve zvolených místech bylo nutné provést místní šetření, zmapovat podmínky ovlivňující vlastní odběr a vybrat typ odběru včetně použitého odběrného zařízení. Poměrně významnou roli hrál také relativně velký objem vzorku (6 l), který subdodavatelská laboratoř pro své analýzy požadovala. V rámci sledování byly odebírány prosté vzorky manuálně a směsné vzorky sléváním v průběhu 24 hodin. Tyto byly odebírány automatickými vzorkovacími, v konstantních časových intervalech a s odběrem vždy stejného objemu dílčího vzorku.

Přibližně do dvou týdnů se podařilo zjistit úroveň ekotoxicity odpadních vod v lokalitě, základní směřování toxických vod a některé významné původce tohoto znečištění. Na přítoku ČOV dosahovala inhibice u testu na bakterie *Vibrio fischeri* až 97 %. Mezi nejvýznamnějšími původci ekotoxicity byla zjištěna zejména městská nemocnice, seniorcentrum, ruční chemické myčky aut a severní průmyslová zóna města. Klíčové informace poskytla kontrola bezpečnostních listů přípravků, používaných v nemocnici k sanitaci a dezinfekci ploch. U řady producentů bylo zjištěno chybné nakládání při používání provozních směsí, které mělo zásadní vliv na ekotoxicitu vypouštěných odpadních vod. Některé látky vyžadovaly při své likvidaci ředění s ostatními produkovanými vodami až 1 : 10⁶. Jednalo se o zcela zásadní zjištění, které přeměňovalo dosavadní kontrolu zaměřenou na průmyslové nebo jiné technologické vody na kontrolu sanitace ploch u všech objektů, zasažených zvýšenou dezinfekcí provozních a výrobních prostor během covidové pandemie (tabulka 1).

Nápravná opatření realizovaná u hlavních zjištěných zdrojů toxických odpadních vod vedla ve velmi krátké době (cca 10 dnů) ke snížení negativního vlivu přitékajících OV a výraznému zlepšení účinnosti čištění. Popisovaný déletrvající havarijní stav se samozřejmě projevil nejen na zhoršené kvalitě čištění odpadních vod, ale i na výrazném zvýšení provozních nákladů na jejich čištění v lokalitě. Na základě výše zmíněných poznatků rozhodlo v únoru 2022 vedení společnosti o dalším podrobnějším monitorování ekotoxicity i v jiných lokalitách.

Projekt „Prověření toxicity odpadních vod na vybraných ČOV a objektech VAS“ – přijaté cíle: (realizace 2022)

- Prověření zatížení významných provozovaných ČOV toxickými odpadními vodami, a to zejména v lokalitách s většími riziky jejich přítoku.
- Zjištění „běžných“ hodnot ekotoxicity odpadních vod na přítoku ČOV s dominantním podílem splaškových odpadních vod.
- Stanovení limitních hodnot ekotoxicity do kanalizačních řádů.
- Omezení negativních dopadů toxických odpadních vod na jejich čištění u provozovaných ČOV.

Při výběru potenciálních zdrojů ekotoxicity odpadních vod byly zohledněny zkušenosti získané při řešení havarijního stavu na ČOV Blansko a také některá specifika, která mohla vést právě u dotčené lokality k zesílení negativního vlivu toxicity na technologii čištění městských odpadních vod:

- ČOV s anaerobním zpracováním kalu (snížený objem aktivace, menší ředící potenciál),
- vlny covidové pandemie (zvýšená dezinfekce),
- vysoký podíl průmyslových OV (cca 20 %),
- velká nemocnice na stokové síti,
- samoobslužné chemické myčky aut na síti.

Obdobně byly využity zkušenosti se vzorkováním v Blansku k naplánování a realizaci odběru vzorků v pokračující kampani sledování ekotoxicity. Vedle zmíněných odběrů bodových vzorků a směsných 24hodinových byly odebírány i tzv. osmihodino-

Tabulka 1: Biologické testy ekotoxicity v odpadních vodách při a po havárii ČOV Blansko

		Toxicita kalu – <i>Vibrio fischeri</i>			Ekotoxicita – bez ředění			Ekotoxicita – ředění 10x		
Datum	Místo odběru vzorku	bez ředění inhibice [%]	ředění 10x inhibice [%]	ředění 100x inhibice [%]	ryby mortalita [%]	perloočky imobilizace [%]	řasy inhibice [%]	ryby mortalita [%]	perloočky imobilizace [%]	řasy inhibice [%]
během havárie										
červen 2021	přítok ČOV Blansko	97	3		100	100	45	0	0	7
červen 2021	myčka 1 Blansko	83	11		100	100	7	0	0	
červen 2021	myčka 2 Blansko	97	60	19	100	100	37	0	7	19
červen 2021	Nemocnice Blansko	97	48	14	100	100	35	0	0	15
červen 2021	přítok ČOV Blansko	89	15		11	57	25	0	7	
červen 2021	myčka 1 Blansko	97	49	11	100	73	19	0	27	
červenec 2021	přítok ČOV Blansko	98	79	11	100	100	100	0	27	30
po havárii										
červenec 2021	Nemocnice Blansko	79	46	4	100	100	100	100	100	49
září 2021	přítok ČOV Blansko	81	33	0	100	100	25	6	33	1
říjen 2021	přítok ČOV Blansko	90	25	4	100	100	59	0	47	0
říjen 2021	myčka 2 Blansko	86	52	15	100	100	50	0	100	2
listopad 2021	přítok ČOV Blansko	36	9		100	100	21	50	63	
listopad 2021	Nemocnice Blansko	56	8		100	100	50	0	0	2

vé a „kvalifikované prosté vzorky“. Kvalifikovaný prostý vzorek je speciální druh směsného vzorku, skládající se z nejméně pěti prostých vzorků odebraných a smíchaných během doby max. dvou hodin a v intervalu nejméně dvě minuty. Tento typ vzorku je definován v aktualizované normě ČSN ISI 5667-10. Vzorkování tak umožnilo efektivně postihnout technologickou a provozní různorodost vzorkovaných objektů a odběrných míst (obr. 3).

Zdroje toxických odpadních vod byly rozděleny do 4 kategorií:

1. ČOV s výrazným zatížením průmyslovými a ostatními vodami, s vyšším podílem sanitačních a dezinfekčních vod.
2. ČOV s převládajícím obsahem komunálních odpadních vod, méně sanitačních vod.
3. Významné zdroje do kanalizace vypouštěných odpadních vod s předpokladem zvýšeného obsahu sanitačních a dezinfekčních prostředků v těchto vodách (nemocnice, sociální zařízení).

4. Samoobslužné chemické myčky aut.

Výsledky a hlavní poznatky monitorování ekotoxikity odpadních vod dle jednotlivých zdrojů

K vyhodnocení úrovně ekotoxikity byla zavedena kategorizace dle zjištěného % a ředění vzorku:

- toxicita extrémní,
- toxicita vysoká,
- toxicita zvýšená,
- toxicita nízká,
- stimulace.

Tabulka 2: Zdroje č. 1 – více zatížené ČOV

Místo odběru vzorku	Ekotoxikita kalu – <i>Vibrio fischeri</i>			Ekotoxikita – bez ředění			Ekotoxikita – ředění 10x		
	bez ředění inhibice [%]	ředění 10x inhibice [%]	ředění 100x inhibice [%]	ryby mortalita [%]	perloočky imobilizace [%]	řasy inhibice [%]	ryby mortalita [%]	perloočky imobilizace [%]	řasy inhibice [%]
ČOV Boskovice – přítok	■ 98	■ 93	■ 29	■ 100	■ 100	■ 34	0	7	7
ČOV Ivančice – přítok	■ 98	■ 71	■ 14	■ 100	■ 100	■ 100	0	13	■ 13
ČOV Jevišovice – přítok	■ 98	■ 92	■ 39	■ 100	■ 100	■ 100	■ 100	■ 100	■ 28
ČOV N. Město – přítok	■ 95	■ 44	■ 9	0	23	28			
ČOV Telč – přítok	■ 98	■ 80	■ 27	0	0	11			
ČOV Třebíč – přítok	■ 24			0	7	11			
ČOV Znojmo – přítok	■ 71	10		■ 100	■ 100	■ 49	0	10	3

- Celková průměrná hodnota toxicity v testu na *Vibrio fischeri* za všechny sledované ČOV činila 57 %, u výběru zdrojů toxických vod s nejčastějším výskytem 83 %, u cca poloviny vzorků odpadních vod byl průměr dokonce 91 %.
- Extrémní toxicita v testu na *Vibrio fischeri* (nad 90 %) byla výrazně větším problémem u ČOV střední nebo menší velikosti, tj. se zatížením cca do 25 000 EO. Hraje zde roli např. míra ředění odpadních vod v kanalizaci a částečně i velikost aktivace.
- Nejvíce rizikovou kombinací je menší ČOV s většími zdroji toxicity (např. ČOV Jevišovice).

Tabulka 3: Zdroje č. 2 – málo zatížené ČOV

Místo odběru vzorku	Ekotoxikita kalu – <i>Vibrio fischeri</i>			Ekotoxikita – bez ředění			Ekotoxikita – ředění 10x		
	bez ředění inhibice [%]	ředění 10x inhibice [%]	ředění 100x inhibice [%]	ryby mortalita [%]	perloočky imobilizace [%]	řasy inhibice [%]	ryby mortalita [%]	perloočky imobilizace [%]	řasy inhibice [%]
ČOV Oslonice – přítok	■ 96	■ 55	■ 10	■ 100	■ 100	■ 100	0	10	■ 30
ČOV Puklice – přítok	■ 97	■ 58	■ 16	0	■ 100	29		0	
ČOV Radostín – přítok	13			0	3	3			
ČOV Rebešovice – přítok	■ 64	9		■ 100	■ 100	29	0	17	
ČOV Vladislav – přítok	■ 63	3		■ 100	■ 100	76	0	0	2
ČOV Žďár – přítok	■ 57	4		■ 100	■ 100	68	0	10	3

- Celková průměrná hodnota toxicity v testu na *Vibrio fischeri* za všechny sledované ČOV tohoto typu činila 57 %, u výběru zdrojů toxických vod s nejčastějším výskytem 65 %, u většiny vzorků odpadních vod (cca 70 %) byl ale průměr výrazně nižší – 40 %.
- Zvýšená toxicita odpadních vod zde byla zaznamenána shodně ve všech biologických testech. Většinou byly hodnoty doprovázeny i zakoncentrovaným chemickým znečištěním těchto vod.
- Zjištěný nárazový výskyt toxických přítoků odpadních vod u malých ČOV je zřejmě důsledkem nízkého množství celkově priváděných vod, příp. jejich zahánění v kanalizaci. Menší kanalizace i ČOV nemají dostatečnou velikost k ředění i nízkého přítoku toxického znečištění v lokalitě.

Do prezentovaných tabulek jednotlivých zdrojů byly vybrány nejvyšší zaznamenané hodnoty dle úrovně ekotoxicity s nejčastějším výskytem v kategorii (tabulky 2–5, graf).

Závěrečné shrnutí hlavních poznatků z monitorování ekotoxicity odpadních vod

- Ekotoxicita nebyla zjištěna ve vyčištěných odpadních vodách. Látky, které způsobovaly ekotoxicitu, sice inhibovaly aktivovaný kal ČOV, ale byly převážně biologicky odstranitelné.

- Ekotoxicita v testech na vodní organismy dosahovala vyšších hodnot již vlivem vyšší zakoncentrovanosti odpadních vod. K výraznému poklesu zde docházelo při rozbořech vzorků s 10násobným ředěním. U testů na řasy byl vliv ředění na pokles ekotoxicity výrazně menší.
- Extrémní ekotoxicita v testu na *Vibrio fischeri* (nad 90 %) byla výrazně větším problémem u ČOV střední nebo menší velikosti, nejvíce se zatížením cca od 15 000 do 25 000 EO.
- Nárazová extrémní ekotoxicita byla zaznamenána i u některých malých ČOV (do 1 000 EO). Jednou z možných příčin jsou za-

Tabulka 4: Zdroje č. 3 – sociální objekty

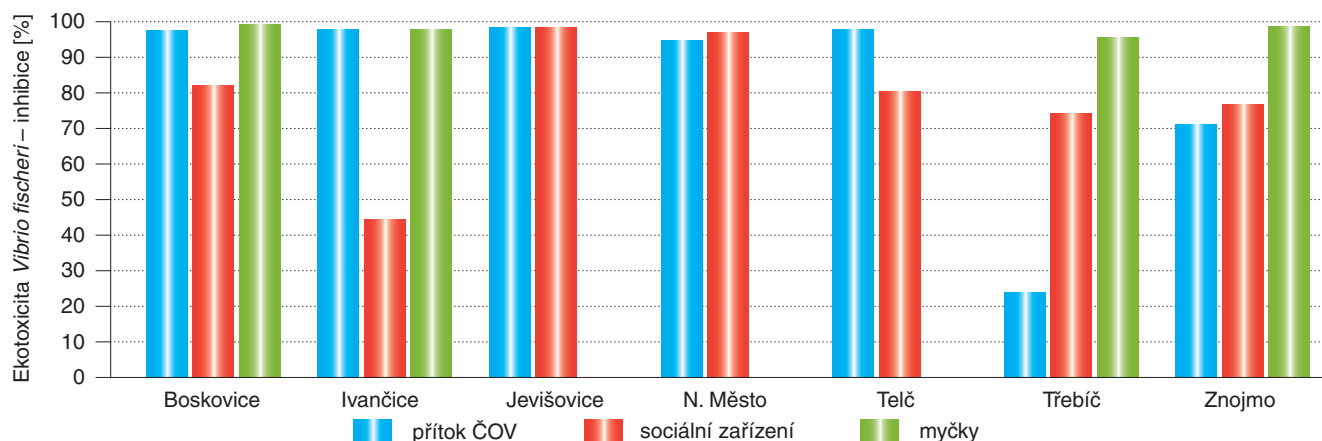
Lokalita	Místo odběru vzorku	Ekotoxicita kalu – <i>Vibrio fischeri</i>			Ekotoxicita – bez ředění			Ekotoxicita – ředění 10x		
		bez ředění [%]	ředění 10x [%]	ředění 100x [%]	ryby mortalita [%]	perloočky imobilizace [%]	řasy inhibice [%]	ryby mortalita [%]	perloočky imobilizace [%]	řasy inhibice [%]
Boskovice	nemocnice	82	27		100	100	56	17	10	20
Ivančice	nemocnice	44	10		50	100	25	0	0	
Jevišovice	domov seniorů	99	65	26	100	100	100	0	17	44
Nové Město	nemocnice	98	56	9	100	100	55	0	7	24
Telč	domov seniorů	81	44	4	100	100	66	0	0	4
Třebíč	nemocnice	74	43	1	100	100	56	0	27	23
Znojmo	nemocnice	77	39	5	100	100	100	0	7	30

- Celková průměrná hodnota toxicity v testu na *Vibrio fischeri* za všechny sledované objekty tohoto typu činila 66 %, u výběru zdrojů toxických vod s nejčastějším výskytem 79 %, u cca poloviny vzorků odpadních vod byl zaznamenán ještě vyšší průměr – 83 %.
- Sledování objektů sociálních služeb (domovy, nemocnice) potvrdilo jejich významný podíl na toxicitě čištěných komunálních OV. Podíl extrémních výsledků byl ale menší – cca dvě lokality.
- Prakticky ve všech odebraných vzorcích byla zjištěna zvýšená ekotoxicita odpadních vod na vodní organismy, a to i v případě nízké toxicity na *Vibrio fischeri*. Ještě ve větší míře než u zdrojů č. 2 se zde projeví vyšší koncentrace chemického znečištění těchto vod a vliv sanitací.
- Oproti nemocnicím jsou často rizikovější jiná sociální zařízení (seniorcentra). Důvodem je horší řízení sanitací a menší produko- vaný objem odpadních vod k naředění účinků toxicity.

Tabulka 5: Zdroje č. 4 – samoobslužné chemické myčky aut

Lokalita	Místo odběru vzorku	Ekotoxicita kalu – <i>Vibrio fischeri</i>			Ekotoxicita – bez ředění			Ekotoxicita – ředění 10x		
		bez ředění [%]	ředění 10x [%]	ředění 100x [%]	ryby mortalita [%]	perloočky imobilizace [%]	řasy inhibice [%]	ryby mortalita [%]	perloočky imobilizace [%]	řasy inhibice [%]
Boskovice	myčka	100	86	21	100	100	6	0	0	
Ivančice	myčka	98	81	13	100	60	5	0	13	
Třebíč	myčka	96	91	58	100	100	69	0	7	36
Znojmo	myčka 1	66	22		100	100	23	0	3	
Znojmo	myčka 2	99	89	39	0	13	60			27
Znojmo	myčka 3	49	25		100	100	49	0	7	26
Žďár n. S.	myčka	58	22		100	7	1	0		

- Celková průměrná hodnota toxicity v testu na *Vibrio fischeri* za všechny sledované myčky činila 66 %, u výběru zdrojů toxických vod s nejčastějším výskytem 79 %, i zde byl zaznamenán vyšší průměr u cca poloviny vzorků odpadních vod – 90 %.
- Odpadní vody z myček vozidel se při monitoringu ukázaly jako jeden z největších zdrojů toxicity přitékající na komunální ČOV. Vykazovaly toxicitu často i při 100násobném ředění vzorku. V praxi tzn., že i méně než 1 % podíl těchto vod může toxicky významně ovlivnit celý přítok v lokalitě.
- Výsledky s vysokou toxicitou odpadních vod z myček ve většině případů korespondovaly s vysokou toxicitou na přítoku do ČOV.
- Tyto odpadní vody vykazovaly nižší toxický účinek v testech na vodní organismy než v testu na *Vibrio fischeri*. Byly tedy toxičtější pro aktivovaný čistírenský kal.



Graf: Ekotoxická *Vibrio fischeri* – inhibice v %

- hnílé odpadní vody a malá kapacita k nařazení toxických vod.
- Jako významný zdroj ekotoxicity byla potvrzena zdravotnická a sociální zařízení – nemocnice, domovy seniorů. Větší domovy seniorů jsou z pohledu toxických odpadních vod rizikovější.
 - Jako jeden z hlavních zdrojů ekotoxicity byly potvrzeny i samoobslužné chemické myčky vozidel, a to i přes nižší objemový podíl vypouštěných odpadních vod do kanalizace. Vysoká toxicita z nich vypouštěných odpadních vod ve většině případů korespondovala s hodnotami na přítoku do ČOV.
 - Souběžně s biologickými rozbory vzorků odpadních vod byly vždy prováděny i chemické rozbory v rozsahu základních ukazatelů. Výsledky umožnily bližší specifikaci příčin ekotoxicity.

Navržená opatření ke snížení negativních dopadů ekotoxicity čistěných odpadních vod

1. U samoobslužných chemických myček aut vyžadovat používání čisticích přípravků s nižší úrovní toxicity, u nově realizovaných případně i chemické čištění mycích vod. U již schválených zařízení postupně prověřit používané čisticí přípravky a jejich dávkování při mytí.
2. Prověřit dezinfekční přípravky a jejich dávkování v hlavních nemocničních a sociálních zařízeních odkanalizovaných naší společností.
3. Stanovit v kanalizačních řádech dotčených lokalit limity maximální ekotoxicity odpadních vod pro jejich biologický rozbor testem na luminiscenční bakterie *Vibrio fischeri*.

3.1 Limity pro všechny producenty odpadních vod

- neředený vzorek – průměrná inhibice 70 %,
- ředený vzorek (10×) – průměrná inhibice 40 %.

3.2 Limity pro zdravotnická a sociální zařízení

- neředený vzorek – průměrná inhibice 80 %,
- ředený vzorek (10×) – průměrná inhibice 50 %.

4. Zavést pravidelnou kontrolu ČOV provozovaných společností, které jsou zatěžovány přítokem toxických odpadních vod, testem na *Vibrio fischeri*. Obdobnou kontrolu zavést i u vybraných producentů toxických odpadních vod.

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a. s., využila provedeního monitorování pro upřesnění limitů pro ekotoxicitu do kanalizačních řádů, alokaci zdrojů s potenciálními havarijními nátoky, pro další cílenější monitoring a upřesnění možností sledování havarijních nátoků u vytipovaných ČOV. Předpokládá se, že výstupy navazujícího monitoringu budou po zajištění sběru dostatečného množství dat předmětem dalšího vyhodnocení.

Ing. Jaroslav Vorálek, RNDr. Zdenka Boháčková
VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a. s.