

Čištění skládkových výluhů kombinovanou membránovou technologií s použitím biologických systémů předčištění

Reinigung des Deponiesickerwassers mit einem kombinierten membranengestützten Verfahren mit Einsatz biologischer Vorreinigung

Jaroslav Hrabal, Vendula Cencerová¹ Irena Šupíková, Libor Polách², Lukáš Václavík³, Jaroslav Nosek⁴

Abstrakt

V rámci řešení výzkumného projektu byly v průběhu let 2015-2018 realizovány odborné a technické práce směřující k vývoji kombinované technologie úpravy skládkových výluhů. Základní myšlenkou projektu bylo organické propojení přírodě blízkých procesů biologického předčištění skládkových výluhů s dočištěním na membránových technologiích. Tedy spojení environmentálně přívětivých procesů s minimálními energetickými a materiálovými vstupy se špičkovou technologií membránových separací. Výsledkem je systém nízkonákladové technologie s minimální potřebou obsluhy, která řeší problematiku nakládání se skládkovými výluhý bez nutnosti jejich přepravy a externí likvidace na ČOV. V rámci projektu byly provedeny expertízy, laboratorní experimenty a především dlouhodobý poloprovozní pokus úpravy skládkových výluhů na vytipovaných skládkách. Na skládce komunálních odpadů byly vybudovány dvě pilotní technologie biologického předčištění skládkových vod. Třetí pilotní technologie byla cílena na poloprovozní předčištění průsakových vod z kazety nebezpečného odpadu. Skládkové výluhy upravené biologickým předčištěním byly testovány na lince membránových technologií. Na základě dosažených výsledků byly obě dílčí technologie optimalizovány a vypracována studie proveditelnosti.

Kurzfassung

Im Rahmen der Bearbeitung eines Forschungsprojektes wurden im Laufe der Jahre 2015 - 2018 fachliche sowie technische Arbeiten zur Entwicklung eines kombinierten Verfahrens zur Reinigung des Deponiesickerwassers unternommen. Die grundlegende Idee des Projektes war eine organische Verbindung naturnaher Prozesse der biologischen Vorreinigung des Deponiesickerwassers mit einer Nachreinigung mit membranengestützten Technologien. Also eine Verbindung von umweltfreundlichen Prozessen mit minimalen Energie- und Materialansprüchen mit einer Spitzentechnologie membranengestützter Trennung. Das Ergebnis ist ein System einer billigen Technologie mit einem minimalen Bedienungsbedarf, mit der die Behandlung des Deponiesickerwassers ohne Notwendigkeit eines Transportes und einer externen Beseitigung in einer Kläranlage gelöst werden kann. Im Rahmen des Projektes wurden Gutachten erarbeitet, Laborexperimente durchgeführt und insbesondere ein langfristiger Pilotversuch zur Aufbereitung von Deponiesickerwasser auf ausgewählten Deponien umgesetzt. Auf einer Kommunalabfalldeponie wurden zwei Pilotanlagen für eine biologische Vorreinigung aufgebaut. Die dritte Pilotanlage war auf eine pilothafte Vorreinigung des Sickerwassers aus dem Bereich des gefährlichen Abfalls ausgerichtet. Das biologisch vorgereinigte Deponiesickerwasser wurde auf membranengestützten Technologien getestet. Auf Grundlage der erreichten Ergebnisse wurden beide Teiltechnologien optimiert und eine Machbarkeitsstudie erarbeitet.

¹MEGA a.s., Pod Vinicí 87, 471 27 Stráž pod Ralskem, Jaroslav.Hrabal@mega.cz

²AQUATEST a.s., Husitská 133/49, 460 07 Liberec, supikova@aquatest.cz, polach@aquatest.cz

³MemBrain s.r.o., Pod Vinicí 87, 47127 Stráž pod Ralskem

⁴Technická univerzita v Liberci, Studentská 1402/2, 461 17 Liberec 1, jaroslav.nosek1@tul.cz

1 Úvod

Nakládání s odpady představuje v ČR dlouhodobě problematickou oblast z pohledu ochrany životního prostředí. Ačkoliv bylo již v roce 1996 ukončeno skládkování na nebezpečných skládkách (resp. skládkách, které umožňovaly průsak skládkových výluhů do horninového prostředí či kontaminaci podzemních vod), přetrvává problém s likvidací skládkových výluhů provozovaných skládeček. Existuje celá řada technologií řešících likvidaci skládkových průsakových vod. Volba vhodné metody se odvíjí od charakteristiky odpadu naváženého na skládky, ale také od umístění skládky, geologického podloží a celé řady dalších parametrů. Škála využitelných metod likvidace skládkových výluhů je poměrně široká, avšak převážná část provozovatelů skládeček v ČR likviduje skládkové výluhy rozštípkem po tělesu skládky nebo (v případě většího množství těchto výluhů) odvozem na nejbližší ČOV. Tento způsob likvidace skládkových vod sice vyhovuje současně legislativě ČR, ale je poměrně neefektivní, a to jak z hlediska environmentálního, tak i ekonomického. Čistírenský proces na ČOV není vhodný pro eliminaci typického znečištění skládkových výluhů (některé kontaminanty jsou sice eliminovány, ale většinou jsou pouze naředěny a vypouštěny do vodních toků). Transport většího objemu skládkových vod na nejbližší ČOV je pak obvykle spojený s neúměrně vysokými náklady. Metoda čištění skládkových výluhů kombinovanou technologií [1] s použitím biologických systémů předčištění a dočištění na membránové lince je schopna eliminovat nedostatky jiných používaných technologií (zejména využití ČOV pro likvidaci skládkových výluhů) a zároveň je zajímavá svým ekonomickým efektem. V pilotním ověření technologie na lokalitách Svěbořice i Tušimice bylo dosaženo velmi dobrých výsledků a byla doložena možnost reálného nasazení do praxe.

2 Stručný popis pilotních lokalit

Na skládku Svěbořice se ukládají komunální odpady produkované městem Mimoň a okolními obcemi. Svozová oblast produkuje ročně cca 25 tis. tun odpadů. Podle Katalogu odpadů se jedná o kategorii ostatní odpad, tj. ostatní komunální odpady a stavební a demoliční odpady. Skládka je členěna na kazety A až D, které jsou postupně zaplňovány a rekultivovány. Specifikem této skládky je postupné navýšování úložné kapacity budováním nových kazet, a také sejmoutí dříve zrekultivovaných ploch a zvyšování nivelety skládky. Tím dochází k vzájemnému propojování kazet s možností přetoku skládkových výluhů mezi jednotlivými kazetami. Skládka je vybavena třemi záchrannými jímkami výluhů. Celková plocha skládky je 5 ha a úložný objem je kalkulován na 792 000 m³ odpadu. Maximální mocnost odpadu má dosáhnout 24 m. Skládka bude dobudována v roce 2019 a ukončení aktivního skládkování se předpokládá v roce 2023.

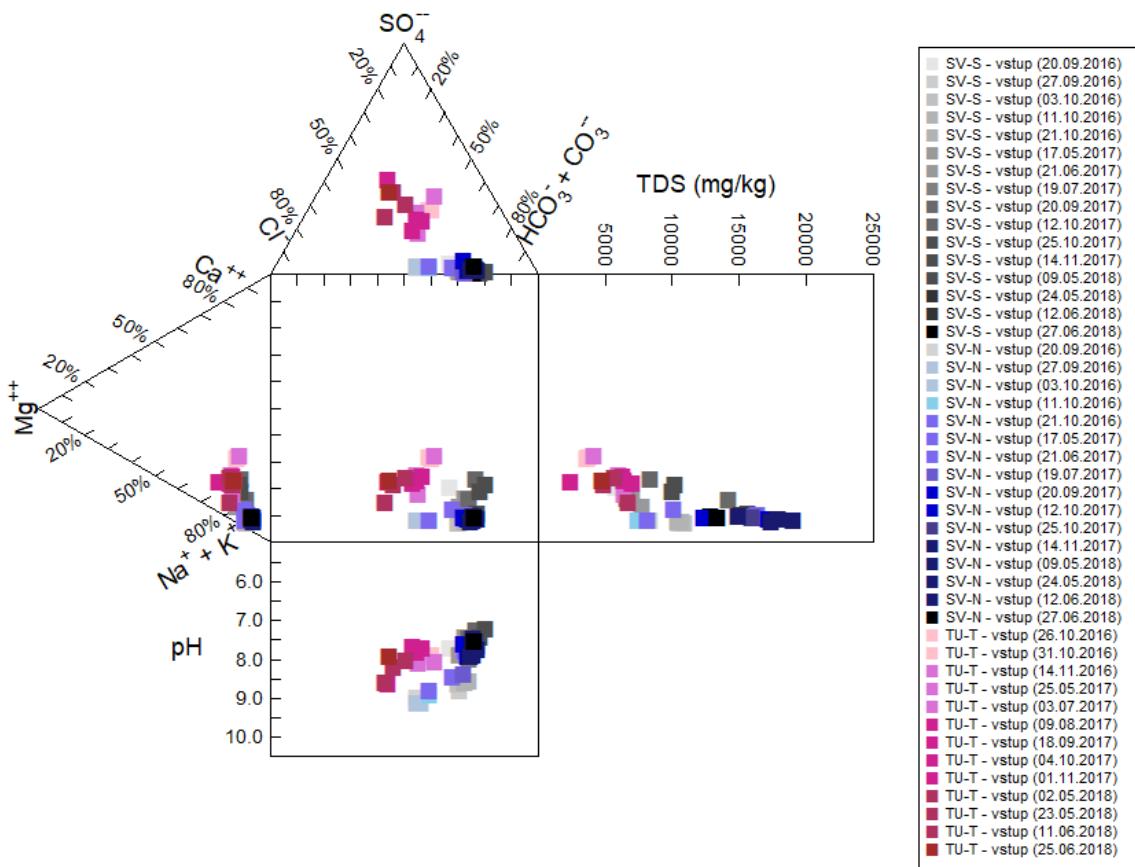
Skládka Tušimice byla uvedena do provozu v roce 1996 ve vnějším výsypkovém prostoru Libouš. Pro stavbu skládky byla využita deprese o vnějších půdorysných prostorech 790 x 300 m s hloubkou 14 až 15m. Dle způsobu technického zabezpečení jednotlivých kazet je skládka určena pro skupiny S-IO inertní odpad (kazeta A), S-OO1 ostatní odpad s nízkým obsahem organických biologicky rozložitelných látek a odpadů z azbestu (kazeta D, I), S-OO3 odpad kategorie ostatní odpad s podstatným obsahem organických rozložitelných látek a odpadů z azbestu (kazety B, D, I), S-NO nebezpečné odpady (kazeta T).

Chemické složení skládkových výluhů získané v průběhu monitoringu pilotních systémů od září 2016 do června 2018 je uvedeno v tabulce 1. Na lokalitě Svěbořice byly maxima, minima a průměry pro jednotlivé sledované parametry vypočteny z 15 chemických rozborů vod, na lokalitě Tušimice ze 13 chemických rozborů vod. Vzorky byly odebírány v období od května do listopadu). Od prosince do dubna, nebyl systém z důvodu zimní odstávky monitorován.

Tabulka 1: Průměrné složení skládkových výluhů na skládkách Svěbořice a Tušimice.

		Svěbořice stará kazeta			Svěbořice nová kazeta			Tušimice		
		max.	min.	průměr	max.	min.	průměr	max.	min.	průměr
pH	[-]	8,8	7,2	–	9,2	7,5	–	8,6	7,7	–
konduktivita	[mS/cm]	17,1	6,6	11,9	20,1	9,3	14,5	9,4	4,0	7,0
KNK _{4,5}	[mmol/l]	150,0	50,0	103,0	175,0	10,7	116,0	42,0	8,6	27,8
ZNK _{8,3}	[mmol/l]	11	0	7,5	12,7	0	6,9	3,35	0	1,6
CHSK _{Cr}	[mg/l]	6130	497	2188	3410	1690	2569	850	297	510
humínové látky	[mg/l]	289	49	154	728	149	427	52	11	34
Cl ⁻	[mg/l]	1800	807	1276	2080	1390	1723	1570	440	912
NH ₄ ⁺	[mg/l]	1160	265	672	1600	72	716	361	30	193
NO ₃ ⁻	[mg/l]	11,3	2,3	3,1	11,3	0,5	3,6	54,6	1,1	18,6
NO ₂ ⁻	[mg/l]	6,6	0,1	1,3	9,7	0,3	1,8	30,4	0,2	4,1
HCO ₃ ⁻	[mg/l]	9150	3050	5959	10700	2660	6909	2560	464	1671
CO ₂	[mg/l]	708	0	159	702	0	184	153	0	14
SO ₄ ²⁻	[mg/l]	177	10	58	410	30	174	1190	650	946
PO ₄ ³⁻	[mg/l]	52,8	2,8	20,0	54,0	6,4	30,4	10,2	3,8	6,4
F ⁻	[mg/l]	5,0	1,0	2,4	65,0	1,0	6,3	2,7	1,0	1,4
SiO ₂ rozp.	[mg/l]	49,9	22,1	34,2	47,5	20,0	34,5	34,4	9,4	25,4
Na	[mg/l]	1730	571	1105	1930	1070	1511	1250	418	808
K	[mg/l]	1390	449	894	1820	850	1295	400	111	247
Ca	[mg/l]	255	25	113	152	37	96	216	72	179
Mg	[mg/l]	160	89	123	173	94	124	180	66	120
B	[mg/l]	11,4	3,8	7,2	10,2	6,1	8,2	5,5	2,6	3,5
Fe	[mg/l]	10,1	0,4	3,9	9,0	0,2	3,7	0,3	0,0	0,1
Mn	[mg/l]	1,6	0,2	0,7	0,8	0,1	0,5	1,4	0,1	0,8
TOC	[mg/l]	2130	121	694	1310	444	745	227	84	141

Chemizmus skládkových výluhů ve Svěbořicích odpovídá mírně zásaditým vodám s vysokou mineralizací, kde jsou převažujícím aniontem hydrogenuhlícitany následované chloridy. Chemický typ vod je hydrogenuhličitano-ammonosodný ($\text{HCO}_3^- - \text{Na} - \text{NH}_4^+$). V průsakových vodách převažují koncentrace alkalických kovů nad kovy alkalických zemin. Z nutrientů převažuje celkový anorganický dusík nad fosforečnany. Z kovů byly nejvyšší koncentrace zjištěny pro Fe. Koncentrace bóru se pohybovala mezi hodnotami 3,8 až 11,4 mg/l. Hodnoty CHSK_{Cr} se pohybovaly mezi 498 až 6130 mg/l, přičemž koncentrace TOC byla na úrovni cca 700 mg/l. Průměrné zastoupení humínových láttek představovalo hodnotu kolem 150 mg/l. Chemický typ průsakových vod z kazety T na skládce nebezpečného odpadu v Tušimicích je sírano-sodný ($\text{SO}_4^{2-} - \text{Na}$). Nižší mineralizace je dána nižšími koncentracemi anorganických solí ve vodách z kazety nebezpečného odpadu. Průměrné koncentrace amoniakálního dusíku jsou výrazně nižší než u sledovaných kazet svěbořické skládky, podobně je tomu i v případě hodnot CHSK_{Cr}. Z nutrientů opět dominují koncentrace celkového anorganického dusíku nad fosforečnany. V porovnání s průsakovými vodami z komunálních skládek jsou koncentrace boru, TOC i obsah humínových láttek v kazetě T nebezpečného odpadu výrazně nižší. Chemické analýzy byly podrobně zpracovány formou diagramů a sloupcových grafů, na obrázku 1 je příklad vyhodnocení chemizmu skládkových výluhů ze skládky Svěbořice (šedá a modrá stupnice, kód SV) a Tušimice (červená stupnice, kód TU).



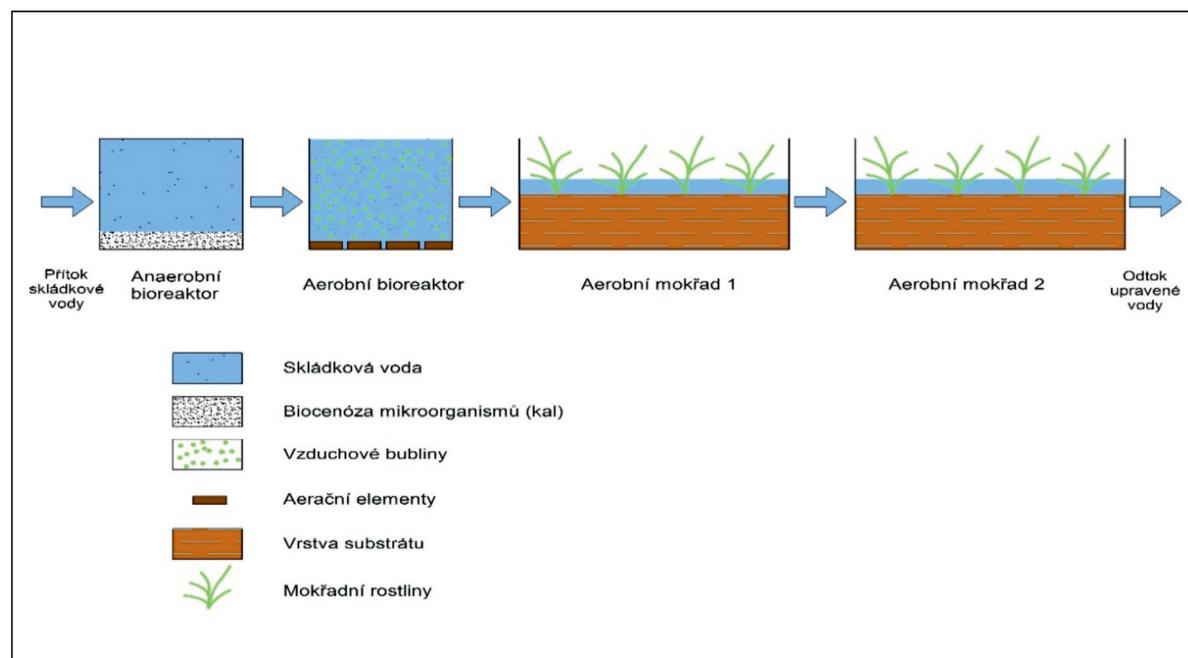
Obrázek 1: Durovův diagram s výsledky chemických analýz skládkových výluhu.

Durovův diagram znázorňuje nejzastoupenější složení anionů a kationů v běžných vodách, včetně pH a mineralizace. Nepočítá však s vysokými obsahy dusíkatých sloučenin typických pro skládkové výluhy, které jsou však v diagramu zahrnuty v parametru TDS (rozpuštěné minerální látky). Přesto lze velmi dobře demonstrovat odlišný chemizmus vod na skladce Svěbořice a Tušimice (rozdílný poměr síranů a hydrogenuhličitanů, vyšší mineralizace na skladce Svěbořice) odrázející jiný typ skládkovaného materiálu.

3 Výsledky pilotního pokusu

Od 2. poloviny roku 2016 do poloviny roku 2018 byly prováděny pilotní experimenty s cílem ověřit účinnost pasivních biologických systémů předčištění skládkových vod. Konceptní návrh pilotní technologie předčištění průsakových vod vycházel z výsledků experimentů provedených v laboratorním měřítku a z kvalitativního posouzení fyzikálně-chemických a mikrobiologických parametrů včetně jejich reálně vznikajícího množství. Pilotní technologie byly provozovány jako kontejnerové bioremediační linky, které byly sestaveny ze 3 samostatných technologických stupňů (kontejnerů) zapojených v sériovém uspořádání. Jednotlivé stupně byly uspořádány v následujícím pořadí – anaerobní bioreaktor, aerobní bioreaktor, aerobní mokrad. Konceptní schéma sestavy jednotlivých prvků pilotního systému je znázorněno na obrázku 2.

Vzorky na chemické analýzy byly odebírány na vstupech a výstupech jednotlivých uzelů. Na základě podrobného vyhodnocení výsledků bylo prokázáno, že v pilotním systému probíhá nitrifikace amoniakálního dusíku vykazující dlouhodobě vysokou účinnost (od 33 do 97 % pro celkovou dobu zdržení od 16 do 245 dní), přičemž odstraňování tohoto klíčového kontaminantu ze surové skládkové vody je kombinací nitrifikačních a denitrifikačních procesů v ae-

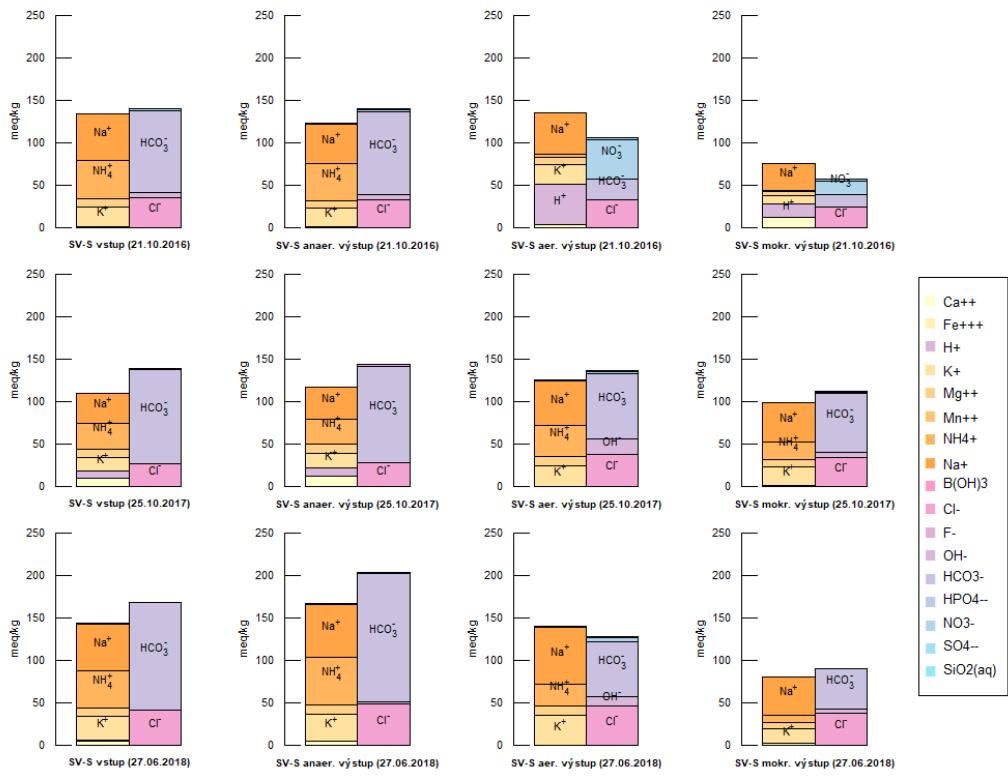


Obrázek 2: Koncepcní schéma pilotní technologie biologické předúpravy.

robním bioreaktoru a aerobním mokřadu. Při vyšších koncentracích $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (nad 500 mg/l) je amoniakální dusík spotřebováván převážně v aerobním mokřadu v souvislosti se zajištěním metabolických potřeb přítomných mikroorganismů a jako důležitý růstový faktor pro rozvoj mokřadních rostlin. Účinnost eliminace fosforečnanů se v převažující míře pohybuje od 45 do 98 %. K odstraňování fosforečnanů docházelo převážně v aerobním bioreaktoru v důsledku inkorporace tohoto biogenního prvku do buněk přítomných mikroorganismů za účelem zabezpečení základní metabolické potřeby pro výstavbu jejich těl a z důvodu vytváření energeticky bohatých zásobních látek typu polyfosfátů. Bylo dosaženo i relativně vysoké účinnosti snížení koncentrace boru ve finálním odtoku předčištěné vody (účinnost převážně od 30 do 86 %). Hlavní podíl na tomto procesu mají sorpční procesy v aerobním mokřadu. Relativně vysokých účinnosti čištění bylo dosaženo i v případě organického znečištění (většinou v intervalu od 30 do 83 %). Organické látky byly účinně odstraňovány především biodegradací biologicky rozložitelné složky organického znečištění v aerobních podmínkách (aerobním bioreaktoru) a částečně v aerobním mokřadu. Hodnota celkové konduktivity klesla až o 60 %, na snížení konduktivity neměly vliv koncentrace iontově rozpuštěných látek (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , chloridy apod.), protože ty zůstaly po průchodu bioremediační linkou víceméně nezměněny. Snížení hodnoty konduktivity je pravděpodobně důsledkem biologického odstraňování nutrientů a procesů iontové výměny v matrici substrátu. Výsledky pilotního testování pro jednu ze 3 testovaných pilotních technologií (pro kazetu C skládky Svěbořice) jsou uvedeny na obr. 3 a 4.

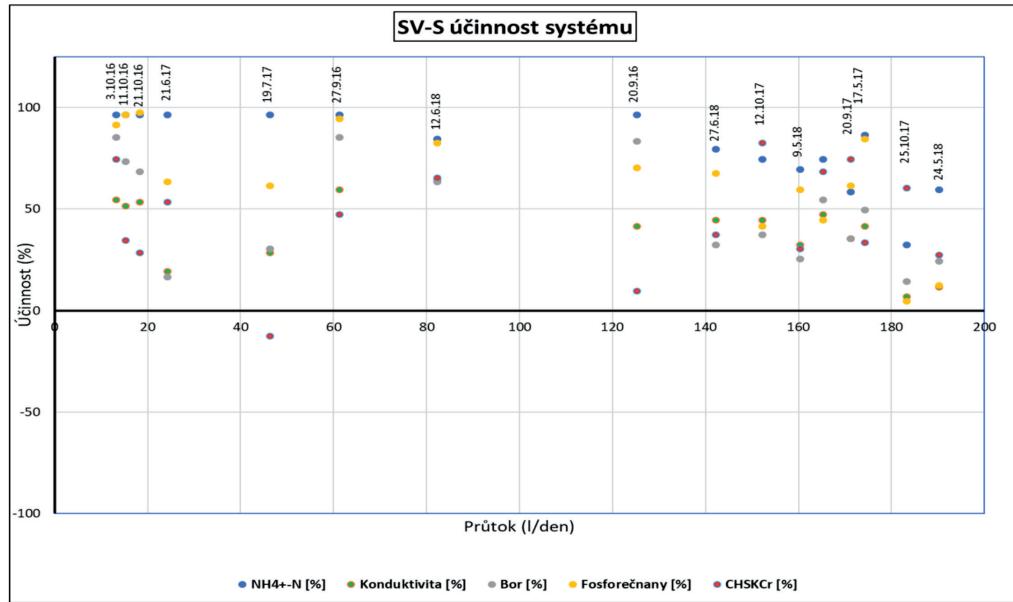
Koncentrace látek ve sloupcových grafech jsou přepočteny na meq/kg, lze tak demonstrovat nejen změny chemizmu skládkových výluh při průchodu technologií, ale i nábojovou vyváženosť roztoku. Podle chemického složení a pH jsou dopočteny i další složky roztoku (H^+ a OH^-). Velmi dobře patrný je vliv aerobního stupně, a především aerobního mokřadu na změnu chemizmu roztoků.

Na obrázku 4 je vyhodnocena účinnost technologie biologického předčištění skládkových výluh. Na ose x je uveden průtok čištěných vod v technologii (l/den), na ose y pak účinnost technologie. Jednotlivé polutanty jsou znázorněny barevnými body. Nutno upozornit na jistou míru neurčitosti výsledků, jelikož odběry jednotlivých proudů byly vždy prováděny ve stejném čase. Jak bylo zjištěno nátoky skládkových výluh do technologie jsou v čase rozkolísané. Při vyšších zdrženích je možno předpokládat ovlivnění vypočtené účinnosti variabilitou vstupu



Obrázek 3: Příklad vyhodnocení chemických analýz formou sloupcových grafů.

a tím je možno interpretovat i fluktuaci hodnot účinnosti.



Obrázek 4: Skládka Svěbořice – účinnost eliminace hlavních kontaminantů skládkových výluhů z uzavřené kazety v pilotním systému (SV-S).

Ze skládkových výluhů je v jednotlivých stupních biologického předčištění odstraněno větší množství kontaminantů tak, aby upravená voda splňovala požadované parametry a mohla být docištěna na membránové lince složené ze vstupního filtru, reverzní osmózy (dále RO), případně elektrodialýzy (dále ED). Pro posouzení efektivity celého procesu je důležité che-

mické složení finálních odsolených roztoků (ED diluát a RO permeát). V následující tabulce je uveden příklad výstupu z membránových technologií při nástřiku skládkových výluhů upravených v biologickém stupni předčištění (vstup). Při průchodu membránovou linkou dochází k jednoznačnému efektu oxidace zbytkových amonných iontů na dusitany a dusičnany, přičemž obsah amonných iontů v ED koncentrátu je nižší než ve vstupu, a přitom dusitany a dusičnany jsou řadově nabohaceny v ED koncentrátu. Obsah amonných iontů v ED diluátu je vysoký. Z dalších látek, které v ED diluátu dosahují relativně vysokých hodnot je možno jmenovat chlорidy (i při velmi dobré rejekci – 90 %) z důvodu velmi vysokých obsahů na vstupu, podobně i Na, K a sírany. Mineralizace ED diluátu dosahuje cca 2,5 g/l při vstupech v úrovni 10 g/l. V druhém stupni je ED diluát čištěn na RO. Výstupní RO permeát pak vykazuje velmi nízké obsahy iontů – u amonných iontů pod 1 mg/l a oxidované formy anorganického dusíku v úrovni prvních mg/l, přičemž dále dochází k oxidaci na dusičnany. Humínové látky do permeátu nepřecházejí.

Tabulka 2: Chemizmus technologických proudů membránové linky.

Parametr	Jednotka	Vstup	ED diluát	ED koncentrát	RO permeát	RO retentát
pH	-	7,29	6,56	7,51	6,76	7,50
konduktivita	µS/cm	12 400	2 250	64 300	73,8	9 470
celkové rozp. látky	mg/l	9 490	2 610	51 900	197	12 800
celkový uhlík	mg/l	791	606	1 450	3,35	2 810
celkový anorg. uhlík	mg/l	117	21,7	574	1,40	46,3
celkový org. uhlík	mg/l	674	584	872	1,94	2 760
celkový dusík	mg/l	406	114	2 790	4,30	393
Al	mg/l	0,25	0,25	0,25	0,05	0,861
B	mg/l	9,94	9,40	9,27	3,04	21,7
Ba	mg/l	0,25	0,25	0,539	0,05	0,41
Ca	mg/l	109	20,4	375	0,0900	93,4
Cr	mg/l	0,682	0,76	0,25	0,05	3,36
Cu	mg/l	0,311	0,377	0,25	0,05	1,4
Fe	mg/l	3,71	4,35	0,25	0,05	20,7
K	mg/l	1 180	135	6 700	3,09	577
Mg	mg/l	111	19,0	550	0,05	90,5
Mn	mg/l	0,851	0,392	1,47	0,05	1,7
Na	mg/l	1 740	351	10 900	11,2	1930
P	mg/l	6,34	2,94	10,5	0,203	14,4
S	mg/l	369	177	2510	0,235	882
Zn	mg/l	0,250	0,592	0,449	0,05	2,33
Humínové látky	mg/l	714	744,0	35,0	0	4 370,0
NH ₄ ⁺	mg/l	123	7,7	80,0	0,8	31,0
Br ⁻	mg/l	5,66	0,5	23,1	0	1,0
Cl ⁻	mg/l	1 820	177,0	15 500,0	36	898,0
NO ₃ ⁻	mg/l	27	10,7	1 230,0	6,9	36,5
NO ₂ ⁻	mg/l	994	128,0	9 310,0	0,3	427,0
F ⁻	mg/l	2,25	1,0	10,0	0	1,8
PO ₄ ²⁻	mg/l	20,1	9,3	32,4	1,1	31,7
SO ₄ ²⁻	mg/l	1 050	417,0	9 320,0	120	1 910,0
CO ₃ ²⁻	mg/l	0	0,0	0,0	0	0,0
HCO ₃ ⁻	mg/l	1 940	238,0	4 670,0	22	1 490,0

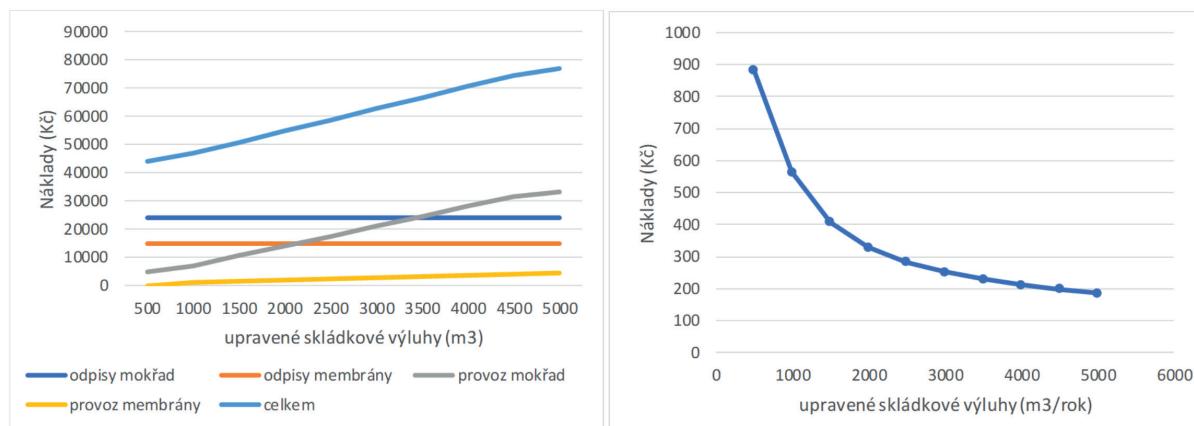
Pilotním pokusem bylo ověřeno, že membránová linka je zařízení schopné produkovat vyčištěnou vodu v ekvivalentu reverzně osmotického permeátu. Výtěžek membránové linky do-

sahoval 80 až 85 %. V naprosté většině sledovaných parametrů jsou celkově dosahovány velmi vysoké účinnosti a v signifikantních kontaminantech (amonné ionty, chloridy, Na) se účinnost blíží 100 %. Problematickým kontaminantem je bór, který není RO ani ED účinně odstraněn. Jeho eliminace je možná sorpcí na minerální substrát biologického stupně.

Odpadním proudem je elektrodialyzační koncentrát, který může být likvidován zpětným zasakováním do deponie. Zpětně zasakováno je tak teoreticky 15 % objemu skládkových výluhů zpracovaných na membránové lince, přičemž při započtení evapotranspirace biologického systému lze orientačně odhadovat zpětný zásak v úrovni cca 5 %. produkovaných skládkových výluhů.

4 Technicko ekonomická studie

Na závěr pilotního testování byla zpracována technicko ekonomická studie srovnávající investiční a provozní náklady při předpokládaném provozu technologie v trvání 10 let. Z ekonomického hlediska je navržená kombinovaná technologie velmi úsporná oproti stávajícímu způsobu likvidace skládkových výluhů. Jak na lokalitě Svěbořice, tak na lokalitě Tušimice dosahly předpokládané celkové náklady likvidace skládkových výluhů za 10 let pouze cca 65 % nákladů spojených s odvozem výluhů na ČOV (přičemž existuje reálný předpoklad, že v průběhu 10 let se služby odvozu odpadu na ČOV budou zvyšovat nejen v kontextu inflačního vývoje). Na obr. 5 jsou definovány náklady technologie a predikce změny jednotkových nákladů při kolísání nátonku skládkových výluhů na technologii, jelikož se předpokládají roční i meziroční fluktuace.



Obrázek 5: Propočet nákladů na úpravu skládkových výluhů.

Jak vyplývá z grafu, pro takto navrženou technologii je limitní hodnotou ekonomické efektivity nátok na technologii v úrovni 2500 až 3000 m³ za rok. Při dalším snižování nátonku dochází k exponenciálnímu zvyšování jednotkových nákladů. Modelová studie pracuje s určitými omezeními a prvkem nejistoty. Již nyní lze ale konstatovat, že vyvinutá kombinovaná metoda vykazuje velmi zajímavý ekonomický efekt a finanční úspory jsou poměrně významné. Nezanedbatelný je samozřejmě i environmentální aspekt této metody, protože na rozdíl od likvidace výluhů na ČOV jsou touto metodou likvidovány prakticky všechny kontaminanty a environmentální rizika jsou výrazně eliminovány.

5 Závěr

Je zřejmé, že technologie složená z biologického stupně předčištění a membránové linky přináší významný environmentální efekt v oblasti eliminace skládkových výluhů. Nezanedbatelný je také efekt ekonomický – v rámci technickoekonomicke studie bylo prokázáno, že jednotkové i celkové náklady související s likvidací skládkových výluhů na skládkách Svěbořice

i Tušimice jsou nižší než v případě, kdy jsou tyto výluhy odváženy na ČOV. Díky environmentálním i ekonomickým aspektům této metody lze předpokládat její využití v problematické oblasti nakládání se skládkovými výluhy v podmínkách ČR.

Při implementaci technologie do praxe však bude třeba zohlednit místní podmínky jednotlivých lokalit, které mohou generovat nutnost optimalizace technologie a tím i nárůst nákladů. Kalkulace nákladů byla provedena podle dat získaných při poloprovozní aplikaci. Je pravděpodobné, že při reálném provozu bude třeba upravit některé parametry technologie. Největší nejistotou řešení jsou změny množství i kvality skládkových výluhů produkovaných deponiemi v rámci hydrologického roku i životního cyklu deponie, a tím i relativně značné změny bilančního zatížení technologie. Vyžadovaná pružnost technologie úpravy skládkových výluhů může vést k vyšším investičním nákladům, stejně jako pokles množství zpracovávaných vod ve svém důsledku povede k navýšení jednotkových nákladů. Odborným odhadem je možno stanovit, že pro ekonomicky efektivní provoz navržené technologie je nezbytné zpracování minimálně 3000 m³ skládkových výluhů ročně.

Poděkování

Tato práce je realizována za podpory prostředků Technologické agentury České republiky, v rámci projektu TH 01030661.

Literatura

- [1] HRABAL, J.; aj.: Závěrečná zpráva projektu TH 01030661 Čištění skládkových výluhů kombinovanou membránovou technologií s použitím biologických systémů předčištění. 2018, MEGA a.s.