

LANDFILL LEACHATE CLEANING USING MEMBRANE SEPARATION

ODSTRAŇOVÁNÍ PRŮSAKOVÝCH VOD METODAMI MEMBRÁNOVÉ SEPARACE

Pavel Kocurek, Martin Podhola, Tomáš Patočka, Marek Šír, Zuzana Honzajková, Martin Kubal
*VŠCHT Praha, Ústav chemie ochrany prostředí, Technická 5, 166 28, Praha 6,
e-mail: pavel.kocurek@vscht.cz*

Abstract:

This work deals with the application of membrane separation processes for cleaning of landfill leachate. According to literature and the composition of the leachate, reverse osmosis was chosen amongst the other separation processes. Reverse osmosis splits the feed into two separate streams - permeate and concentrate, using a semipermeable membrane. Concentrate contains all components that did not pass through the membrane while permeate is the purified stream and usually consists mainly of the feed solvent. The typical performance factors of the reverse osmosis are high effectivity and good selectivity. The driving force of this process is pressure gradient. Several sets of experiments were performed to determine the optimal working conditions i.e. working pressure and feed pretreatment. The aim of the later experiments was to minimize the amount of the concentrate while keeping the quality of permeate at desired level. The two stage reverse osmosis showed the best results both for contaminant removal and minimization of concentrate volume. The total effectivity for contaminants removal was more than 99% for every contaminant. The final amount of produced concentrate was 20% of the feed volume. In the two stage experiment setting no feed pretreatment was necessary.

Keywords:

waste water treatment, landfill leachate, membrane separation, reverse osmosis, ammoniacal-nitrogen removal

Úvod

Membránové procesy se používají k dělení homogenních nebo heterogenních tekutých směsí - kapalných roztoků a směsí, plynných směsí a suspenzí pevných částic mikroskopických rozměrů (menších než cca $1 \cdot 10^{-5}$ m) v kapalinách [1]. Pro separační procesy obecně jsou charakteristickými rysy vysoká separační účinnost a dobrá selektivita, která závisí na konkrétním membránovém procesu. Separace dále probíhá při teplotě okolí, což znamená, že nedochází k poškození termolabilních látek. Provoz takových stanic lze velmi efektivně řídit a kontrolovat i s vyloučením personálu za pomoci moderních řídicích prostředků. Provoz je možné uzpůsobit pro kontinuální provoz ve velkém měřítku, stejně tak je možné technologii provozovat ve vsádkovém uspořádání s malým vstupním objemem. Tyto účinné separační procesy se dnes uplatňují v mnoha oblastech lidské činnosti, a to i při odstraňování průsakových vod ze skládek.

Průsakové vody ze skládek - skládkové výluhy - vznikají infiltrací dešťových a podzemních vod do tělesa skládky, kde tyto vody vzájemně reagují s uloženým odpadem. Skládkový výluh je kapalná směs se značnou variabilitou složení. Objem produkovaného skládkového výluhu je silně závislý na klimatu. Ostatní parametry, které ovlivňují kvalitu výluhu, jsou konstrukce a stáří skládky, samozřejmě také stupeň zhutnění odpadu a jeho složení. Nutno podotknout, že skládkový výluh obvykle obsahuje velké množství rozpuštěných anorganických solí. Klasická čistírna odpadních vod je soustředěna pouze na organiku, těžké kovy a formy dusíku. Nevypořádá se s odstraněním rozpuštěných anorganických solí a v některých případech dokonce zvyšuje jejich koncentraci [2].

Zájmová lokalita

Skládka Košťálov se nachází v Libereckém kraji nedaleko Semil. Tato skládka je určena skupinou S-OO, respektive podskupinami S-OO1, S-OO2 a S-OO3. Projektovaná kapacita skládky je $2.800.000 \text{ m}^3$. Přítomno je recyklační zařízení, které využívá některých druhů odpadů (zejména

stavebních). Odplynění skládky Košťálov je zajištěno sběrným systémem plynu s jímajícími studněmi, který je zakončený čerpací stanicí a kogenerační jednotkou [3].

Skládkový výluh z této skládky je nahnědlá kapalina o pH cca 8, s mírným zápachem, která obsahuje přibližně 7 g/l rozpuštěných látek převážně anorganického charakteru. Dominují sodné a draselné kationty a chloridové anionty. Ve větším množství jsou přítomny také amoniakální dusík a uhličitany, někdy označované jako TIC.

Provedené experimenty

Pro zpracování výluhu byla zvolena technologie reverzní osmózy, jejímž principem je dělení vstupního roztoku pomocí semipermeabilní membrány na dva proudy, a to na koncentrát, ve kterém se zadržují separované složky směsi, a na přečištěný proud - permeát. Pro reverzní osmózu jsou typické vysoká účinnost a dobrá selektivita. Hnací silou procesu je gradient tlaku.

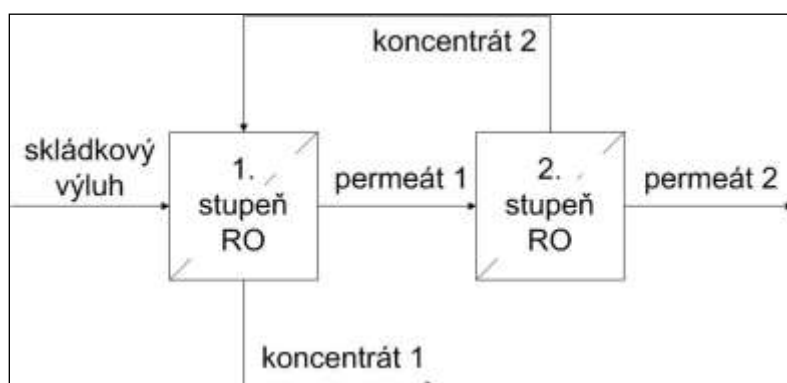
Všechny experimenty byly provedeny na membránové separační jednotce LAB M20. Zařízení je uzpůsobeno pro vsádkový provoz s objemem nádrže pro vstupní kapalinu o objemu cca 12 litrů. K vlastní separaci dochází na deskovém modulu DSS osazeném 36 membránami typu HR98PP (výrobce ALFA LAVAL) pro reverzní osmózu o celkové ploše 0,6264 m². Membrány lze použít ve velkém rozmezí pH (1-13). Pracovní tlak pro provoz zařízení zajišťuje pístkové čerpadlo Rannie, s nímž lze dosáhnout tlaků až 60 bar. Permeát je ze zařízení odváděn a cirkulující kapalina se zakonzcentrovává.

Bylo provedeno několik experimentů v rozsahu laboratorní zkoušky, jejichž cílem bylo minimalizovat objem koncentráту, což znamená maximální zahuštění vstupního roztoku při takovém pracovním tlaku a vhodné předúpravě, aby byla zajištěna také dobrá kvalita permeátu. Dále byla provedena četná analytická stanovení za účelem zjištění kvality permeátů i koncentrátů.

První dva experimenty RUN1 a RUN2 sloužily pouze ke zjištění, jak lze maximálně zahustit vstupující kapalinu, případně zda je vhodné na ni aplikovat nějaký postup fyzikální či chemické předúpravy. V prvním experimentu bylo dosaženo koncentračního faktoru* 10 při pracovním tlaku 40 bar za cenu krystalizace rozpuštěných složek v zařízení. V druhém případě bylo téměř dosaženo koncentračního faktoru 10 při pracovním tlaku 40 bar bez krystalizace rozpuštěných složek v zařízení, ale za cenu zhoršení kvality separovaných proudů z důvodu přidání většího množství kyseliny chlorovodíkové, která byla přidána kvůli změně pH na hodnotu 6 z důvodů ověření lepší separace amoniakálního dusíku. Paradoxně bylo množství amoniakálního dusíku v obou permeátech srovnatelné.

Experimenty RUN3 a RUN4 jsou brány jako jeden dvoustupňový experiment (RUN34). U třetího experimentu nebyl kladen takový důraz na dosažení maximálního zakonzcentrování vstupující kapaliny z důvodů dosažení lepší kvality permeátu (hlavně amoniakálního dusíku) a eliminaci krystalizace složek přímo v zařízení. Tento experiment v podstatě kopíruje první experiment RUN1, ale jen s rozdílným dosaženým koncentračním faktorem. U třetího experimentu bylo dosaženo koncentračního faktoru 5 při pracovním tlaku 40 bar a úspěšně byly potvrzeny výše uvedené předpoklady. Z důvodů dobrých vlastností permeátu z experimentu RUN3 byl u čtvrtého experimentu RUN4 zmenšen pracovní tlak na 20 bar. Jako nástřik se použil permeát z prvního stupně reverzní osmózy (RUN3). U tohoto posledního experimentu byl dosažen koncentrační faktor 14 a vzhledem k vysokým hodnotám permeačního výkonu** by bylo možné permeát z prvního stupně reverzní osmózy zahušťovat ještě dále. Nastává však otázka, jak by se to projevilo na kvalitě separovaných proudů, a to hlavně na permeátu, jehož kvalita je při dosaženém koncentračním faktoru výborná. Tento permeát by bylo možné vypouštět přímo do recipientu bez nutnosti další úpravy.

Obr. 1 Návrh technologického uspořádání pro lokalitu



- * koncentrační faktor je podíl vstupního objemu a objemu koncentrátu
- ** permeační výkon je hodinový průtok permeátu membránou o ploše 1 m²

Tab. 1 Srovnání dominujících složek ve skládkovém výluhu a permeátech z jednotlivých experimentů

veličina	skládkový výluh	RUN1-P	RUN2-P	RUN3-P	RUN34-P
Mg [mg/l]	147	<1	3,6	1,4	0,3
Ca [mg/l]	98	<0,5	4,9	0,8	<0,5
Na [mg/l]	1760	59	93	42	<1
K [mg/l]	767	33	63	26	1
Cl ⁻ [mg/l]	2087	110	329	58	<7
N _{amon} [mg/l]	560	63	63	36	3
NO ₃ ⁻ [mg/l]	127	1	<1	<1	<1
TIC [mg/l]	1173	71	115	88	3
TOC [mg/l]	353	1	<0,5	<0,5	<0,5
vodivost [mS/cm]	12,15	0,85	1,27	0,59	0,05

Závěr

Z hlediska účinnosti odstranění kontaminantů ze vstupního roztoku, hlavně amoniakálního dusíku, vykazuje nejvyšší účinnost separace dvoustupňový experiment. U tohoto dvoustupňového experimentu není třeba vůbec upravovat fyzikálně-chemické vlastnosti skládkového výluhu. Při vlastním experimentu je výhodné, s přihlédnutím ke konečnému výtěžku, provozovat reverzní osmózu v prvním stupni při tlaku 40 bar, přičemž bylo dosaženo výtěžku 80 %. V druhém stupni stačí nastavit pracovní tlak na 20 bar. Permeační výkon je v tomto případě dostatečně velký i na konci experimentu, kdy lze prakticky dosáhnout výtěžku 95 % a teoreticky i vyššího. Účinnost odstranění amoniakálního dusíku byla 99,4 %, chloridů více než 99,7 %, sodíku a draslíku více než 99,9 %, TIC 99,7 % a TOC 99,9 %. U ostatních významných složek se míra separace pohybovala také kolem 99 %. Vodivost výsledného permeátu byla 50 μS/cm, což je hodně pod úroveň vodivosti běžné pitné vody.

Je nutné ovšem podotknout, že v tomto případě se jedná o výsledky laboratorní zkoušky a pro případný provoz technologie na dané lokalitě by musela proběhnout ještě poloprovozní zkouška s cílem ověřit a přesně definovat jednotlivé technologické charakteristiky procesu a zjistit konkrétní limity daného technologického uspořádání.

Použitá literatura

- [1] ŠNITA D., et al.(2005): Chemické inženýrství I, VŠCHT Praha
- [2] CATH T., CHILDRESS A., ELIMELECH M.(2006): Forward osmosis: Principles, applications, and recent developments. Journal of membrane science, (281), 70-87
- [3] Krajský úřad Libereckého kraje - Odbor rozvoje venkova, zemědělství a životního prostředí: Rozhodnutí o vydání integrovaného povolení pro zařízení "Skládka Košťálov", č. j. KULK/13648/2007