

# SOUČASNÝ STAV A MOŽNOSTI POUŽITÍ MEMBRÁNOVÝCH PROCESŮ PRO ZPRACOVÁNÍ SKLÁDKOVÝCH VÝLUHOVÝCH VOD

N. SAVCHUK, L. MACHUČA  
MEMBRAN S.R.O., POD VINICÍ 87, 471 27 STRÁŽ POD RALSKEM

## Popis problematiky

Odstranění skládkového výluhu je jednou z hlavních ekologických i technických komplikací, se kterou se setkávají provozovatelé skládek. Průsakové vody ze skládek mohou být znečištěny jak biologicky, tak i chemicky, a proto skládky tuhých odpadů patří k významným znečišťovatelným povrchových vod.

Složení skládkových výluhů může být velice různorodé a koncentrace jednotlivých kontaminantů závisí na stáří skládky, na probíhajících chemických a mikrobiálních procesech a na aktuálních fyzikálních podmínkách prostředí.

Obecně dnes existuje několik cest nakládání se skládkovými výluhy:

- zpracování výluhů společně s kanalizačními kaly (odvoz do městských čistíren odpadních vod a zpracování společně s domovními kaly).
- rozlévání po tělese uzavřených skládek (půda a odpady působí jako biologický a fyzikální filtr – množství výluhu limitováno 40-50 m<sup>3</sup>/ha za rok).
- čištění odpadních vod přímo v místě vzniku. V dnešní době existuje řada metod zpracování znečištěných vod, které lze obecně rozdělit na fyzikálně-chemické a biologické. Tato cesta se v současnosti jeví z ekologického hlediska jako nejperspektivnější.

## Membránové procesy

Pro zpracování kontaminovaných vod, jako jsou i skládkové výluhy, přicházejí v úvahu všechny membránové procesy s tlakovou hybnou silou, tedy mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace a reverzní osmóza. Při těchto procesech se využívá selektivní propustnost speciálních polymerních membrán pro odstranění specifických polutantů z vody. Jsou to účinné separační nástroje, které se často používají pro čištění průmyslových a odpadních vod. Mají výhodu v tom, že se do vody nevnáší žádné jiné látky, jsou energeticky nenáročné a jsou schopny kontinuálního provozu. Vzhledem k citlivosti membrán, často ale potřebují vhodnou předúpravu vstupní vody.

Pro zpracování skládkových vod připadá v úvahu i použití tzv. elektromembránových procesů. Při nich působí stejnosměrné elektrické pole na pohyb disociovaných složek solí ve vodném roztoku tak, že kationty pohybující se ke katodě jsou propouštěny kationvýměnnými membránami a zadržovány anionvýměnnými membránami, zatímco anionty přitahované k anodě jsou propouštěny anionvýměnnými membránami a zadržovány na kationvýměnných membránách. Mezi tyto separační procesy řadíme zejména elektrodialýzu a elektrodeionizaci.

## Pilotní linka čištění skládkových výluhů

Na základě výsledků analýz vzorků výluhové vody za bezdešťového počasí a informací o množství a kvalitě vznikajících skládkových výluhů, byl rozpracován technologický koncept základní technologické linky čištění skládkových výluhů.

Pilotní linka čistírny skládkových výluhů obsahovala 3 technologické stupně. Jako první stupeň technologie byl zvolen proces flotace, s použitím koagulačního a flokulačního činidla pro zvýšení účinnosti odstranění koloidních látek. V laboratorních podmínkách byly provedeny koagulační a flokulační testy pro nalezení vhodných činidel, jejich optimálních dávek a zjištění efektivity procesu koagulace a následně byly provedeny pilotní testy flotační jednotky jak v laboratoři s použitím reálné skládkové vody tak i přímo na skládce.



Obr. 1: tvorba flotační pěny

Druhý stupeň představuje písková filtrace. Pro účely pilotního testování byl zvolen tlakový pískový filtr s vícevrstvou náplní „triple medium“. Sloužil jako pojistný stupeň před membránovou technologií, která je velice náročná na přítomnost nerozpuštěných látek ve vodě.

Třetí stupeň pilotní linky byl tvořen jednotkou reverzní osmózy se speciálními membránami, které obsahují ochrannou vrstvu proti foulingu (zanášení). V tomto stupni docházelo k odstranění až 98% veškerých látek rozpuštěných ve vodě.



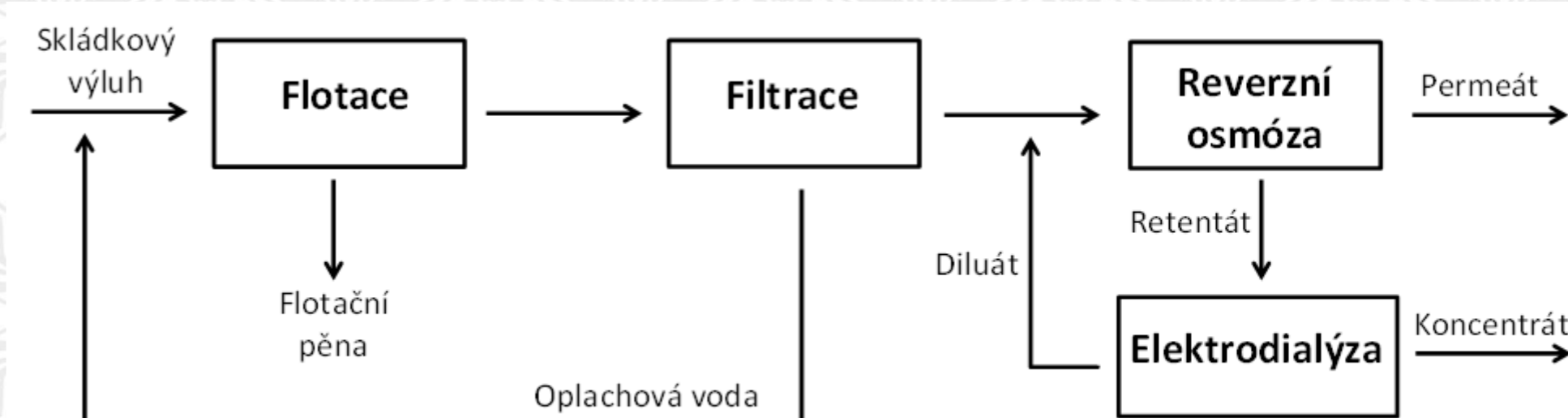
Obr. 2: Jednotka reverzní osmózy

V laboratorních podmínkách byl rovněž testován ještě jeden technologický stupeň čistírny skládkových výluhů, a to proces elektrodialýzy. Důvodem byla snaha minimalizace objemu vzniklého odpadního proudu (tzv. retentátu) z reverzní osmózy. Procesem elektrodialýzy lze produkovat koncentrovaný roztok s maximální koncentrací, který představuje finální odpadní proud a musí se zpracovávat jako nebezpečný odpad. Objemově množství koncentrovaného roztoku však tvoří pouze 20 – 25 % původního objemu zpracovaného retentátu z reverzní osmózy. Odsolený proud z elektrodialýzy je vrácen zpět do technologie jako nástrž do reverzní osmózy.



Obr. 3: Pilotní jednotka elektrodialýzy ED-X

## Výsledky



Obr. 4: Návrh technologického uspořádání základní technologické linky čištění skládkových výluhů

Objemová bilance vstupující skládkové vody:

- Flotace:
- vyčištěná voda – 80 až 95%, postupuje na filtraci
  - flotační pěna – 5 až 20% (v závislosti na kvalitě vstupující vody), odpadní proud
- Filtrace:
- vyčištěná voda – až 100 % (v závislosti na kvalitě vstupující vody), postupuje na reverzní osmózu
  - proplach – 500 l oplachové vody po 10m<sup>3</sup> zfiltrovaného skládkového výluhu
- Reverzní osmóza
- permeát – 70 až 75%, finální produkt
  - retentát – 20 až 25%, postupuje do elektrodialýzy
  - proplach – 200 l oplachové vody po 5 m<sup>3</sup> zfiltrovaného skládkového výluhu
- Elektrodialýza
- diluát – 75 až 80%, postupuje do reverzní osmózy
  - koncentrát – 20 až 25 %

Během pilotního testování technologie byla provedena četná analytická stanovení sledovaných složek ve vlastní zpracované skládkové vodě tak v jednotlivých proudech po každém technologickém stupni. Hlavním účelem tohoto monitoringu bylo nalezení optimálních podmínek navrhované předúpravy vody před reverzní osmózou. Průměrné výsledky jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab.1: Srovnání některých ukazatelů ve skládkovém výluhu a vyčištěné vodě z jednotlivých stupňů technologie

Veličina	Skládkový výluh	Flotace	Filtrace	Reverzní osmóza (permeát)	Elektrodialýza (diluát)
CHSK <sub>Cr</sub> [mg/l]	883	693	680	7	1440
NL [mg/l]	81	62	19	<5,0	38
RL [mg/l]	4956	4693	4686	153	748
N <sub>amon</sub> [mg/l]	530	526	527	42	21
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	170	167	169	<5,0	148
Ca <sup>2+</sup> [mg/l]	122	84	82	0,2	33
Na <sup>+</sup> [mg/l]	903	878	897	37	114
vodivost [mS/cm]	10,6	10,3	10,3	0,3	6,3

## Závěr

Pro likvidaci skládkových výluhů ze skládky tuhých odpadů byla navržena a experimentálně ověřena technologická linka čištění skládkových výluhů v kontejnerovém uspořádání, jejíž základem jsou membránové technologie. Technologie zahrnuje tlakový membránový proces – reverzní osmózu, elektromembránový proces – elektrodialýzu a dvoustupňovou předúpravu.



Obr. 5: Pilotní testování – pohled na kontejner

Výsledky pilotního testování lze shrnout do následujících bodů:

- Byly dosaženy stabilní podmínky provozu a kvalita odtékající vyčištěné vody byla prakticky stejná, i přes to, že koncentrační složení vstupující vody se měnilo v závislosti na počasí.
- Dvoustupňová předúprava – flotace a písková filtrace, se jeví jako dostatečná pro danou vodu. Vyšší účinnost (až 60 % odstranění nerozpuštěných látek) lze dosáhnout především při aplikaci vysokých provozních dávek chemikálií.
- V průběhu pilotáže reverzní osmóza byla provozována za poměrně nízkého tlaku - pod 2 MPa, přičemž bylo dosaženo konverze 75%. Další membránový proces - elektrodialýza může být zařazen do technologie čištění kontaminovaných vod jako nenáročná technologie pro podstatnou minimalizaci odpadního proudu – přibližně 20-25% původního objemu retentátu.