

ODBORNÝ ČASOPIS PRE PODNIKATEĽOV, ORGANIZÁCIE, OBCE, ŠTÁTNU SPRÁVU A OBČANOV

## 1. MINIMALIZÁCIA, ZHODNOCOVANIE A ZNEŠKODŇOVANIE

- **LANDFILL MINING“ AKO ALTERNATÍVA SANÁCIE A ZÍSKAVANIA SUROVÍN ZO SKLÁDOK ODPADOV**  
Jana Černická, Andrea Mišková
- **MOBILNÉ TELEFÓNY – JEDNODUCHÁ CESTA K OPÄTOVNÉMU POUŽITIU** Ing. Juraj Špes
- **VPLYV MIERY ZNEČISTENIA SEPAROVANE ZBIERANÝCH ZLOŽIEK NA EFEKTIVITU SEPAROVANÉHO ZBERU**  
RNDr. SImona Vandáková
- **MATERIÁLOVÉ ZHODNOTENIE ODPADOVÝCH OLEJOV PREVAŽUJE NAD ENERGETICKÝM** Ing. Štefan Kuča
- **ANALÝZA STARÝCH ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ S KOVONOSNÝM POTENCIÁLOM V SPIŠSKOM REGIÓNE NA SLOVENSKU**  
Laubertová, M., Gerhartová, K.
- **ŽILINA ZABEZPEČILA BEZPLATNÝ ZBER ELEKTROODPADU** Kolektív
- **BUDÚ DO KONCA ROKU 2015 VŠETKY OBCE NAD 2000 OBYVATEĽOV ODKANALIZOVANÉ?!** Kolektív

## 2. PREDPISY, DOKUMENTY, KOMENTÁRE

- **POSLANCI OPÄTOVNE SCHVÁLILI NOVELU ZÁKONA O ODPADOCH, KTORÚ PREZIDENT VRÁTIL DO PARLAMENTU**  
Kolektív
- **VLÁDA SCHVÁLILA NOVELY ZÁKONOV UPRAVUJÚCICH NEBEZPEČNÉ LÁTKY V ELEKTROZARIADENIACH A PRI PRIEMYSELNÝCH HAVÁRIACH A PRIPRAVUJE NOVELU VODNÉHO ZÁKONA** Kolektív
- **„OBEZLIČKY“ OBVODNÉHO ÚRADU ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA V BRATISLAVE (APLIKÁCIA TRASHOUT)**  
Mgr. Rudolf Pado
- **ZLEPŠENIE ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD V EÚ** Kolektív
- **VRCHNÝ STER VZNIKAJÚCI V PROCESE MOKRÉHO KUSOVÉHO ŽIAROVÉHO ZINKOVANIA**  
Jana Pirošková, Jarmila Trpčevská, Blanka Hol'ková
- **PROBLÉM NEROVNOVÁHY MEDZI LIMITMI ZBERU A SPRACOVANIA ELEKTROODPADU A MNOŽSTVOM VÝROBKOV NA TRHU**  
Ing. Štefan Kuča
- **ODPADY A CUDZORODÉ LÁTKY V KONTEXTE POĽNOHOSPODÁRSTVA**  
Ing. et Ing. Marián Sudzina, PhD., Prof. Ing. Mária Angelovičová, PhD
- **HYDROMETALURGICKÉ SPRACOVANIE ÚLETOV Z ELEKTRICKEJ OBLÚKOVEJ PECE V HYDROXIDE SODNOM**  
Ivana Kobalková, Tomáš Havlík
- **KRÍZA PRIBRZDILA POČTY VYZBIERANÝCH OPOTREBOVANÝCH VOZIDIEL** Ing. Štefan Kuča
- **POKUTY ZA PORUŠOVANIE PREDPISOV V OBLASTI ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA A ZA ZNEČIŠŤOVANIE OVZDUŠIA**  
Kolektív

## 3. SPEKTRUM

- **KALENDÁRIUM PRE ODPADY ZO ZÁHRAD, SADOV A VINOHRADOV - SEPTEMBER 2013 (36. AŽ 40. TÝŽDEŇ)**  
Ing. et Ing. Marián Sudzina, PhD., Ing. Katarína Rovná, PhD.
- **ZALOŽENIE LABORATÓRIA SPRACOVANIA PRIEMYSELNÝCH ODPADOV** Ing. Zita Takáčová
- **PRIEHRADA NA DUNAJI JE PRE PRÍRODU ROVNAKOU HROZBOU AKO ROPOVOD** Kolektív
- **KAUZA MOCHOVCE** Kolektív
- **VÝVOJ V KAUZE JAHODNÁ** Kolektív
- **VÝVOJ V KAUZE ŤAŽBA ZLATA V KREMNICI** Kolektív
- **PASÍVNY DOM ŠETRÍ PENIAZE V HORÚČAVÁCH AJ V MRAZOCH** Bc. Katarína Arvayová
- **POŽIAR V AREÁLI PKO PRAVDEPODOBNE SPÔSOBILO VZNIETENIE ODPADU** Kolektív
- **NA PROJEKTE „BIOKATALÝZA NOVEJ GENERÁCIE“ SA PODIELA AJ STU** Kolektív
- **PODVÝŽIVENÝ ENVIROZPOČET** Kolektív
- **ZNEČISTENIE NÁDRŽE RUŽÍN KOMUNÁLNYM ODPADOM** Kolektív
- **STARNUTIE EURÓPSKÝCH LESOV MÔŽE MAŤ VÁŽNE EKONOMICKÉ A EKOLOGICKÉ DÔSLEDKY**  
Kolektív



epos

ISSN 1335-7808

9 771335 780004 67

MINIMALIZÁCIA, ZHODNOCOVANIE A ZNEŠKODŇOVANIE

Jana Černická, Andrea Miškuřová

## „LANDFILL MINING“ AKO ALTERNATÍVA SANÁCIE A ZÍSKAVANIA SUROVÍN ZO SKLÁDOK ODPADOV

### ABSTRAKT

*Predmetom tejto štúdie je inovatívna metóda riešenia problému so skládkovaním odpadu nazývaná „landfill mining“. Ide o proces vyťaženia skládkovaného odpadu s jeho následným spracovaním a energetickým a/alebo materiálovým zhodnotením. Práca sa zaoberá podstatou „landfill mining“, jeho históriou, predpokladmi pre jeho využitie a popisom výsledkov vybraných pilotných projektov zameraných na „landfill mining“. V práci je zhrnuté porovnanie jednotlivých prípadových štúdií, charakterizovanie dostupných technológií energetického zhodnotenia vyťaženého odpadu a možností využitia materiálového potenciálu. V závere sú rozdiskutované možnosti a perspektívy uplatnenia technológie „landfill mining“ na Slovensku.*

**Kľúčové slová:** skládky, odpad, ťažba zo skládky, spracovanie odpadu, zisk energie/materiálu

### 1. ÚVOD

Produkcia odpadu časom vzrastá priamoúmerne pokroku priemyselnej výroby, zvyšujúcemu sa počtu obyvateľstva a rastu jeho potrieb vyúsťujúcich do tvorby stále nových výrobkov. V mnohých regiónoch sveta bolo skládkovanie dlho považované za konečný spôsob nakladania s odpadom, a to s najnižšími nákladmi [1]. Celkovo bolo v roku 2009 v krajinách Európskej Únie vyprodukovaných 260 miliónov ton tuhého komunálneho odpadu (TKO), pričom až 38 % bolo uložených na skládky [2].

Miera skládkovania odpadov v jednotlivých štátoch pritom nepriamo úmerne závisí od poplatkov za tonu skládkovaného komunálneho odpadu za rok, ktorá kolíše v širokom rozmedzí od 3,5 €/t v Portugalsku do vyše 100 €/t v Dánsku či Fínsku [3]. Ďalšími faktormi vplyvujúcimi na mieru skládkovania sú kompozícia odpadu, regulácia formou legislatívnych ustanovení, rozvinutosť odpadového hospodárstva a podobne.

Najfatálnejší stav spracovávaní TKO je pravdepodobne v Bulharsku, ktoré podľa dostupných informácií skládkuje prakticky všetok odpad vyprodukovaný z domácností. Vo všeobecnosti volí všetkých 12 štátov, ktoré sa stali členmi EÚ po roku 2004 s výnimkou Grécka, ktoré prijalo členstvo už v roku 1981, v prevažnej miere ako techniku nakladania s odpadom skládkovanie (60 až 100 % vyprodukovaného TKO) [2].

V súčasnosti je známym faktom, že podobné praktiky majú množstvo vedľajších účinkov na vzduch, pôdu a vodu, taktiež degradácia organického odpadu v takých zásobách produkuje dlhodobé emisie metánu prispievajúce ku globálnemu otepľovaniu. Skládky, špeciálne tie staré, ktoré nespĺňajú

prísne kritériá na zabránenie úniku škodlivín do prostredia, sú mnohokrát považované za zdroje lokálneho znečistenia práve kvôli vylučovaniu škodlivých látok z odpadu. Navyše, otázka priestoru sa stáva čoraz viac dôležitejšou, a to najmä v husto obývaných oblastiach, kde umiestnenie skládky niekedy prekáža rozvoju mesta [1].

„V Nemecku leží pod zemou viac medi, než koľko jej je obšiahnuté vo všetkých známych ložiskách medenej rudy na svete.“ Túto vetu predniesol profesor Rainer Lucas z Ústavu klímy, životného prostredia a energie vo Wuppertale na základe výsledkov prieskumu, ako sa nakladá v SRN s druhotnými surovinami [4]. Na druhej strane patrí Nemecko v dnešnej dobe ku krajinám skládkujúcim len nevyhnutné minimum odpadov a s rozvinutým fungujúcim systémom recyklácie (recyklujú až 70 % z vyprodukovaných odpadov).

„Landfill mining“ (LFM) je inovatívnou metódou riešenia problému so skládkovaním, ktorá dáva šancu odpadu uloženému na skládku využiť jeho energetický alebo materiálový potenciál a zároveň poskytuje priestor pre technickú úpravu a zabezpečenie starých skládok a nadobudnutie nového skládkového priestoru.

Cieľom príspevku je poukázať na alternatívu v oblasti nápravy starých skládok odpadov ohrozujúcich okolité prostredie, ktorou je „landfill mining“. Účelom je tiež prostredníctvom výsledkov realizovaných pilotných projektov prezentovať overené výhody LFM v porovnaní so sanáciou či rekultiváciou skládok.

### 2. HISTÓRIA A SÚČASNOSŤ „LANDFILL MINING“

„Landfill mining“ je proces, pri ktorom sú tuhé odpady (komunálne aj priemyselné), ktoré boli predtým skládkované, znovu vyťažené a spracované. Spracovanie zvyčajne zahŕňa sériu mechanických operácií navrhnutých na znovuoobnovenie jednej alebo všetkých hodnôt, ako sú recyklovateľné materiály, spáliteľné frakcie, pôda a skládkovací priestor. Okrem toho môže byť „landfill mining“ aplikovaný v rámci opatrení na nápravu zle navrhnutých alebo nesprávne prevádzkovaných skládok a na odstránenie príčin zlého stavu tých skládok, ktoré nespĺňajú podmienky ochrany životného prostredia a zdravia obyvateľstva. Medzi typické vybavenie používané v jednoduchom LFM patrí bager, sitovacie zariadenie a dopravníkový pás [5].

„Landfill mining“ bol prvýkrát opísaný v roku 1953 v príspevku, ktorý dokumentoval procesy použité na skládke prevádzkovej mestom Tel Aviv v Izraeli [5]. Odvtedy bolo celosvetovo vykonaných len niekoľko desiatok projektov „landfill mining“,

\* Technická univerzita v Košiciach, Hutnícka fakulta, Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov, Letná 9, 042 00 Košice  
e – mail: jana.cernicka@student.tuke.sk andrea.miskurfova@tuke.sk, Tel.: +421 55 602 24 00, Fax: +421 55 602 8016

z toho v USA približne 30, v Európe 15 a v Ázii 5 [6]. Je však potrebné dodať, že o mnohých z týchto projektov existuje len veľmi obmedzené množstvo informácií.

Pokiaľ ide o prírodné podmienky a zloženie skládkovaného odpadu, je každá skládka unikátna. Kľúčovú rolu hrá najmä zloženie skládkovaného odpadu, ktoré závisí od rôznych faktorov, akými sú počet obyvateľov v oblasti skládky, ekonomická a sociálna úroveň spoločnosti, regulácia formou legislatívnych ustanovení a poplatkov za skládkovanie, rozvinutosť odpadového hospodárstva, stupeň separácie a pod. Preto je nutné pristupovať k realizácii procesu „landfill mining“ individuálne, s ohľadom na osobitosť každej skládky.

Podnety prevádzkovateľov skládok k zahájeniu procesu „landfill mining“ sú rôzne. Často ide o prevenciu nežiaducich vplyvov odpadu na prostredie, zabezpečenie skládky pred únikom kontaminantov či technickú úpravu starej skládky navrhutej bez postačujúcich ochranných systémov. K ďalším cieľom patrí napríklad vytvorenie nového skládkového priestoru, úplné odstránenie skládky či výskum možností recyklácie a energetického zhodnotenia zaskládkovaného odpadu.

Samotný proces „landfill miningu“ má pomerne štandardný priebeh, ťažbe materiálu obvykle predchádza monitoring skládky a vzorkovanie na skládke uloženého odpadu, nakoľko je len málokedy známe presné zloženie odpadu putujúceho na skládku. Na obr. 1a je možné vidieť metódu a postup vzorkovania odpadu uloženého na skládke REMO v Belgicku [7].

Nasleduje vyhlbenie odpadu bagrom, jeho sitovanie, najčastejšie rotačným sitom o veľkosti otvorov od 10 mm, resp. 25 mm až po 76 mm, pred ktorým materiál môže, ale nemusí byť zbavený vlhkosti. Na obr. 1b je znázornený proces úpravy vyťaženého odpadu zo skládky sitovaním na rotačnom site. Odpad je potom triedený na rôzne frakcie (s možnosťou magnetickej separácie). Voľba frakcií je individuálna. V prípade pilotného projektu na skládke REMO v Belgicku sa napríklad zvolilo ručné dotriedenie nadsitnej frakcie na ďalších 8 subfrakcií: plasty, textil, drevo, papier/kartón, kovy, sklo/keramika, kamenivo a nedefinovaná frakcia [7].

Iným príkladom výberu frakcií oddelených z vyťaženého odpadu je proces „landfill mining“ realizovaný na skládke Geringe v Dánsku, kde produktom separácie boli tieto triedy: spáliteľný odpad vhodný pre energetické zhodnotenie, železo a kovy, inertný stavebný odpad, pneumatiky a zvyškový odpad [9]. Frakcie sú ďalej zväčša podrobené analýzám na vlhkosť, obsah popola, výhrevnosť, množstvo TOC (Total Organic Carbon – celkový organický uhlík), zastúpenie vodíka a dusíka, síry, chlóru, fluóru, brómu a iných prvkov vrátane ťažkých kovov [7]. Tieto opatrenia sú dôležité z hľadiska legislatívnych ustanovení referenčných hodnôt pre nakladanie s odpadom.

Je potrebné dodať, že s narastajúcou dobou skládkovania odpadu klesá výhrevnosť materiálu a taktiež koncentrácia TOC. V prípade skládky REMO bola po takmer tridsiatich rokoch uloženia odpadu na skládke výhrevnosť okolo 6 MJ.kg<sup>-1</sup>, čo je hodnota blízka ku hraničnej hodnote pre termické zhodnotenie. Tento pokles je zapríčinený rozkladom materiálov bohatých na uhlík na skládkový plyn, čo je zmes oxidu uhličitého, metánu a iných plynov a stopových prvkov, vyprodukovaný



Obr. 1: a) Postup vzorkovania odpadu uloženého na skládke [7]



Obr. 1: b) Sitovanie vyťaženého odpadu [8]

rozkladom organického odpadu [7]. Avšak na druhej strane, podľa poznatkov prevádzok využívajúcich skládkový plyn pre energetické účely plyn sa produkuje aj viac ako 30 – 35 rokov, teda roky po ukončení životnosti niektorých skládok.

Nadväzujúce spracovanie vyťaženého odpadu je ovplyvnené množstvom faktorov, akými sú napríklad zloženie a vlastnosti materiálu, zámery prevádzkovateľov projektov, dostupnosť vhodných technológií pre využitie energetického či materiálového potenciálu odpadu, ekonomická efektívnosť metód nakladania s vyťaženým odpadom, atď. Z vyššie uvedeného je zjavné, že existuje niekoľko možných verzií ďalšieho osudu vyťaženého odpadu po „landfill mining“.

Najjednoduchším a zároveň najmenej nákladným riešením je odpad jednoducho presunúť do tej časti skládky, ktorá je zabezpečená celkovým ochranným systémom vrátane odvodu dažďovej vody a výluhov a systému zachytávania skládkových plynov. Práve toto riešenie zvolili napríklad prevádzkovatelia skládky pri meste Bethlehem v Pensylvánii v USA [8].

Inou možnosťou je uvoľniť a „vyčistiť“ znehodnotený skládkový priestor a zároveň využiť časť vyťaženého materiálu tak, ako to navrhli a realizovali prevádzkovatelia skládky Perdido

na Floride (USA), kde 34% materiálu nadobudnutého po procese LFM bolo opätovne použitých za účelom každodenného prekryvania skládky a ďalších 28% bolo použitých pri výstavbe novej prístupovej cesty na skládku [10].

Pomerne obvyklou cestou nakladania s vyťaženým odpadom zo skládky je jeho energetické zhodnotenie. Alternatíva termického spracovania odpadu ponúka niekoľko výhod (ak nie je možná efektívna materiálová recyklácia vyťaženého odpadu), hoci patrí medzi drahšie možnosti nakladania s vyťaženým odpadom. Okrem zužitkovania energetického potenciálu odpadu je výhodou aj hygienizácia materiálu, degradácia potenciálnych škodlivín a zmenšenie objemu odpadu. Navyše, ak je v blízkosti k dispozícii jestvujúca spaľovňa odpadov alebo iné zariadenie na termickú úpravu odpadov, odpadajú náklady na vybudovanie nových spracovateľských kapacít. Moderná spaľovňa akýchkoľvek aktuálne vyprodukovaných odpadov, ktoré je možné spáliť (teda aj vydolovaných zo skládky), je vybudovaná na ostrove Isle of Man vo Veľkej Británii [11].

V neposlednom rade sa vyťažený odpad zhodnocuje materiálovo. Táto možnosť je však limitovaná mierou zníženia kvality recyklovateľných komodít po dobu ich uloženia na skládke.

Prehľad metód pre energetické zhodnotenie odpadu a tiež alternatívy obnovenia materiálovej hodnoty separovaných komodít sú v nasledujúcej kapitole.

### 3. MOŽNOSTI ZHODNOTENIA VYŤAŽENÉHO ODPADU

Technológie spracovania jednotlivých frakcií odpadu po jeho vybagrovaní hrajú v projekte „landfill mining“ kľúčovú úlohu.

Technológie rozlišujeme podľa toho, či využívajú energetický alebo materiálový potenciál odpadu uloženého na skládke.

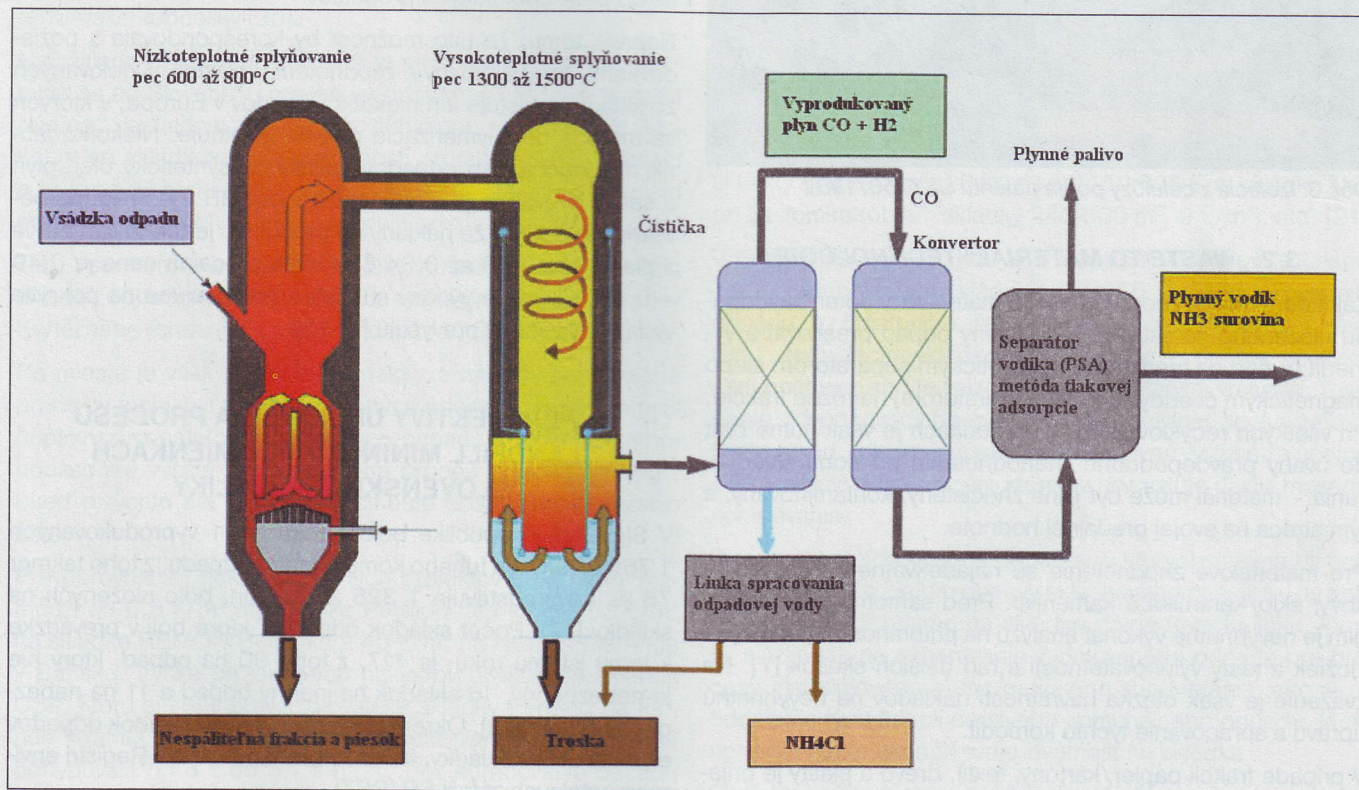
#### 3.1. „WASTE TO ENERGY“ TECHNOLOGIE

Jednou z možností je nakladať s časťou vyťaženého materiálu s energetickým potenciálom rovnako, ako pri termickom zhodnocovaní „čerstvého“ tuhého komunálneho odpadu (TKO) za predpokladu, že by neboli zistené žiadne nebezpečné vlastnosti. K najbežnejším termickým spôsobom spracovania odpadov patrí spaľovanie, k menej rozšíreným, ale účinným patria splyňovanie, pyrolýza a plazmová technológia.

Atraktívne riešenie nakladania s vyťaženým odpadom ponúka závod na splyňovanie v Japonsku (obr. 2). Ide o dvojstupňový proces tlakového splyňovania a tvorby trosky zahŕňajúci nízko a vysokoteplotný spaľovací reaktor – obidva pracujúce pod vysokým tlakom (0,7 – 0,8 MPa). Účelom je produkcia syntetického plynu z predspracovaných odpadových plastov, a tiež recyklovanie kovov a granulátu skla.

V prvom stupni procesu sa splyňovanie deje v reaktore s fluidným lôžkom pri nízkych teplotách (600 – 800 °C), aby sa zabránilo taveniu kovov ako napríklad hliníka. To umožňuje vysokú výťažnosť kovov na dne splyňovacieho zariadenia v neoxidovanej, a tak ľahko predajnej forme, čo robí túto technológiu zvlášť atraktívnou pre nakladanie s odpadmi s vysokým obsahom kovov (napríklad odpad po šredrovaní starých vozidiel).

Druhý stupeň procesu sa deje v cyklónovom vysokoteplotnom splyňovacom zariadení navrhnutom tak, aby zvládol prúdy odpadov so značným obsahom tuhých látok s bodom topenia 1300 až 1500 °C. Roztavený popol sa zbiera v temperova-



Obr. 2: Dvojstupňový proces tlakového splyňovania odpadov [12]

cích kúpeľoch na konci cyklónového reaktora, kde stuhne na úplne inertnú, vitrifikovanú a granulovanú trosku [12]. Nevýhodou je podmienka nižšej zrnitosti vstupnej vsádzky, takže odpad (mimo podsitnej frakcie) musí byť upravovaný.

Ďalšou zaujímavou metódou spracovania vyťaženej odpadu je plazmová technológia, ktorá ponúka znovuzískanie kovov zo zaskládkovaného odpadu a zároveň produkciu elektrickej či tepelnej energie. Zachytené úlety z procesu plazmovej technológie a vyredukovanú kovovú zliatinu je možné využiť ako druhotnú surovinu pri výrobe kovov a inertnú, ekologicky nezávadnú trosku s nízkym obsahom ťažkých kovov je možné využiť v stavebníctve. Nevýhodou plazmových technológií je však vysoká spotreba elektrickej energie [13].

Na svete existuje niekoľko závodov spracujúcich odpad plazmovou technológiou, napr. PLASCON v Austrálii [kvapalné odpady obsahujúce halogénované uhľovodíky – CFC (chlórfluórované uhľíky), HFC (fluórované uhľovodíky), PCB (polychlórované bifenyly)], Westinghouse Plasma Corp. v Japonsku (tuhý komunálny odpad a odpad po šredrovaní automobilov), Plasco Energy Group v Kanade (tuhý komunálny odpad), Europlasma vo Francúzsku (popolček) a v Japonsku (popolček a škvara), GASPLASMATM vo Veľkej Británii (palivo vyrobené z odpadu vrátane TKO vydolovaného zo skládky). [12]



Obr. 3: Izolácia z celulózy podľa patentu US7758719B2

### 3.2. „WASTE TO MATERIAL“ TECHNOLÓGIE

Základom metód zhodnocujúcich materiálový potenciál odpadu uloženého na skládke je vyťaženie odpadu presitovať a vytriediť (ručne na triediacej linke, optickým separátorom alebo magnetickým či eddy-current separátorom) na rôzne frakcie. Pri všetkých recyklovateľných komoditách je však nutné brať do úvahy pravdepodobné znehodnotenie po dobu skládkovania – materiál môže byť silne znečistený, kontaminovaný, a tým stráca na svojej predajnej hodnote.

Pre materiálové zhodnotenie sú najadekvátnejšie komodity: kovy, sklo/keramika a kamenivo. Pred samotným zhodnotením je nevyhnutné vykonať analýzu na prítomnosť organických zložiek a testy vylúhovateľnosti a rad ďalších skúšok [7]. Na zváženie je však otázka návratnosti nákladov na nevyhnutnú úpravu a spracovanie týchto komodít.

V prípade frakcií papier/kartóny, textil, drevo a plasty je prijateľnejšou cestou energetické zhodnotenie, a to hneď z niekoľ-

kých dôvodov. Kvalita a stav textilu vydolovaného zo skládky neumožňuje jeho opätovné použitie, papier/kartóny, drevo a plasty sú príliš heterogénne alebo kontaminované. Recyklácia papiera/kartónov je vylúčená, kvôli degradácii počas skládkovania a znečisteniu jedlom, sklom a pod. Do úvahy však prichádza možnosť materiálovej recyklácie a využitia zo skládky vydolovaného papiera/kartónov na výrobu izolácie z celulózy tak, ako je to navrhnuté v patente US7758719B2 [14] (obr. 3), alebo výroba tehál [7].

Čo sa týka možností recyklácie plastov, rozlišuje sa medzi primárnym, sekundárnym a terciárnym recyklovaním. Primárne recyklovanie plastov nezasahuje do chemických vlastností polymérov a plasty tak môžu byť použité na výrobu nových produktov bez straty na kvalite.

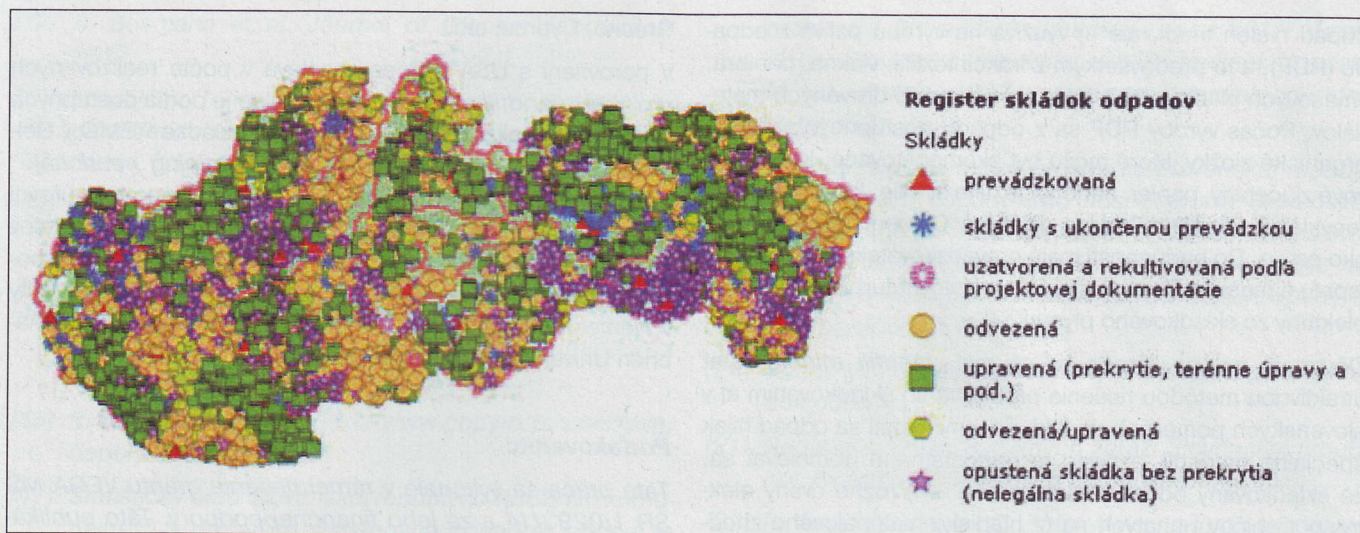
Pre plasty vydolované zo skládky je však technologicky usku-točiteľné ssekundárne recyklovanie, ktoré zahŕňa sériu mechanických úprav, aby bol odpadový plast vhodný pre výrobu nových produktov ako plastové potrubia, kreslá, tašky a pod. Je však otázne, ako zabezpečiť, aby sekundárne recyklovanie bolo ekonomicky efektívne. Navyše, v Európe sú podľa Smernice 94/62/ES o obaloch a odpadoch z obalov stanovené limitné hodnoty ťažkých kovov ako Pb, Cd, Hg a CrVI v obalových materiáloch na hodnotu 100 mg.kg<sup>-1</sup> [15]. Pri analýze plastovej frakcie vydolovaného materiálu zo skládky REMO v Belgicku bola táto limitná hodnota prekročená vo všetkých vzorkách. Z toho dôvodu je nepravdepodobné, že by mohli byť vydolované plasty sekundárne recyklované.

Terciárne recyklovanie plastov využíva chemickú alebo termickú depolymerizáciu na štiepenie polymérov na menšie molekuly alebo až na monoméry, väčšinou plyny alebo kvapaliny, ktoré môžu byť použité ako suroviny na výrobu nových plastov alebo petrochemických produktov.

Napriek tomu, že táto možnosť by korešpondovala s požiadavkami na materiálové zhodnotenie plastov vydolovaných zo skládky, existuje len niekoľko závodov v Európe, v ktorých sa metóda depolymerizácie plastov uplatňuje. Niekoľko fabrik zhodnocujúcich odpadové plasty na syntetický olej, plyn a sadze prevádzkuje v Indii spoločnosť GB Pyrolysis. Je povšimnutia hodné, že náklady na produkciu jedného litra paliva z plastov sú 0,29 až 0,34 €, pričom predajná cena je 0,49 – 0,55 €/l, takže výnosy sú nielen postačujúce na pokrytie výdavkov, ale ich aj prevyšujú [7, 16].

## 4. PERSPEKTÍVY UPLATNENIA PROCESU „LANDFILL MINING“ V PODMIENKACH SLOVENSKEJ REPUBLIKY

V Slovenskej republike bolo v roku 2011 vyprodukovaných 1 766 990,5 ton tuhého komunálneho odpadu, z toho takmer 75 %, čo predstavuje 1 325 242,9 ton, bolo uložených na skládke [17]. Počet skládok odpadov, ktoré boli v prevádzke k tomu istému roku, je 117, z toho 90 na odpad, ktorý nie je nebezpečný, 16 skládok na inertný odpad a 11 na nebezpečný odpad [18]. Okrem prevádzkovaných skládok odpadov existujú ďalšie skládky, ktoré sú zaznamenané v Registri environmentálnych záťaží SR (REZ).



Obr. 4: Register skládok odpadov na území Slovenskej republiky

Tab. 1: Schválené prostriedky na uzatváranie a rekultiváciu skládok odpadov do 31.12.2010

| Operačný cieľ                              | Počet schválených projektov | Suma na schválené projekty spolu | KF           | ŠR          |
|--------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------|-------------|
| Uzatváranie a rekultivácia skládok odpadov | 52                          | 85 390 830 €                     | 76 124 162 € | 9 266 668 € |

Aktuálne obsahuje Register environmentálnych záťaží SR 436 záznamov o skládkach komunálnych odpadov, kde sa kontaminácia zložiek životného prostredia zatiaľ nepotvrdila monitorovaním. Vo väčšine prípadov ide o tzv. divoké, teda nekontrolované skládky odpadov. 55 skládok KO sa nachádza v registri „B“, čo je „Pravdepodobná environmentálna záťaž“ a až 311 skládok je v registri „C“, to je „Rekultivovaná/sanovaná lokalita“ [19]. Obr. 4 lokalizuje rôzne druhy skládok na mape Slovenskej republiky [20].

Na základe získaných informácií je možné uviesť, že momentálne sa na Slovensku neplánuje odštartovať proces „landfill mining“ na žiadnej zo skládok. Aktuálnou prioritou je odklonenie od skládkovania v súčasnosti produkovaného odpadu a sanácia tých skládok odpadov, ktoré sú uvedené v registri environmentálnych záťaží a vyžadujú prioritné riešenie.

Tab. 1 sumarizuje schválené projekty na sanáciu a rekultiváciu skládok odpadov do 31.12.2010 a výšku príspevku zo zdrojov Kohézneho fondu (KF) a štátneho rozpočtu SR (ŠR) [19].

Na mieste je však poukázať na fakt, že náklady na sanačné práce by mohli byť podľa dostupných údajov a prvotných prepočtov porovnateľné, v niektorých prípadoch dokonca mnohonásobne vyššie, ako výdaje na proces „landfill mining“, i keď o týchto nie je k dispozícii ešte dostatočné množstvo údajov.

Pre porovnanie, náklady pilotných projektov LFM boli v rozmedzí od 6,5 €/m<sup>3</sup> na skládke Perdido na Floride, 63 €/m<sup>3</sup> na skládke REMO v Belgicku a 40 €/m<sup>3</sup> na skládke Geringe v Dánsku. Výška projektových nákladov dvanástich skládok USA, ktorú si zistili prevádzkovatelia skládky Perdido na Floride v rámci prípravy na vlastný projekt „landfill mining“, sa pohybovala od 3 € do 5,1 € na m<sup>3</sup> bez spracovania odpadu a od 2,3 € do 9 € na m<sup>3</sup> vrátane cien za spracovanie odpa-

du (prepočítané z USD \$ kurzom zo dňa 02.07.2013, 1 U.S. dollar = 0,768 Eur) [7, 9, 10]. Naproti tomu celkové náklady na sanačné práce skládky TKO pri Trenčianskych Tepliciach financované Projektami zahraničnej pomoci v SR dosiahli sumu 4 347 658 € (čo pri objeme 16 000 m<sup>3</sup> činí 271,7 €/m<sup>3</sup>). Na skládke TKO pri Banskej Štiavnici zvanej Principiac boli výdavky na sanačné práce stanovené na 1 820 000 € (taktiež financované Projektmi zahraničnej pomoci v SR), čo je pri objeme 14 526 m<sup>3</sup> 125 €/m<sup>3</sup>. Projekty zahraničnej pomoci v SR vyčlenili 2 647 407 € (pri predpokladanom objeme 80 000 m<sup>3</sup> 33 €/m<sup>3</sup>) na sanačné práce na skládke KO pri Novom Meste nad Váhom (Mnešice - Tušková), 3 972 230 € na skládke TKO Horné Opatovce pri Žiari nad Hronom (objem skládky 172 973 m<sup>3</sup>, 28 €/m<sup>3</sup>) a 2 150 905 € na skládke TKO pri Lastomíre (objem skládky 240 600 m<sup>3</sup>, 9 €/m<sup>3</sup>), atď. [21]

V prípade Slovenska, kde sa v minulosti skládalo takmer 100% a doposiaľ sa skládkuje vyše 70 % vyprodukovaného odpadu, by uplatnenie „landfill mining“ znamenalo tiež efektívnu „recykláciu skládkového priestoru“, pričom po vykonaní opatrení, ako je zaizolovanie ochrannými vrstvami, zavedenie odvodňovacieho systému, vybudovanie odplyňovacích šácht a pod., nie je vylúčené jeho opätovné využitie za účelom skládkovania odpadov, pre ktoré už neexistuje ďalšia možnosť spracovania.

Pre zriaďovateľov skládok odpadov, v ktorých záujme by bolo aplikovať LFM s cieľom obnovy skládkového priestoru, by bolo ideálne vytvoriť priamo na skládke dotriedňovaciu linku, ktorá by slúžila tak na separovanie vydolovaného odpadu pre procesy materiálového a energetického zhodnotenia, ako aj na oddelenie tých frakcií čerstvého komunálneho odpadu, ktoré nemusia nutne ukončiť svoju životnosť na skládke.

Obdobné zariadenie prevádzkuje skládka pri Trnave, kde sa

odpad nielen triedi, ale aj využíva na výrobu paliva z odpadu (RDF), a to predovšetkým z frakcií textílií, vlákna, papiera, zmesových plastov, PET fliaš, ale i dreva či drevených materiálov. Počas výroby RDF sa z odpadu postupne vyseparujú organické zložky, ktoré môžu byť skompostované, kovy a kovové zlúčeniny, papier, kartóny, textílie či fólie, ktoré putujú na recykláciu. Zvyškovú drvinu odoberá Cementáreň Rohožník ako palivo. Do budúcnosti majú prevádzkovatelia tejto skládky (spolu s mestom Trnava) ambíciu inštalovať turbínu na výrobu elektriny zo skládkového plynu [22].

Dôvodom navyše, prečo by sa mal „landfill mining“ stať atraktívnou metódou riešenia problému so skládkovaním aj v slovenských pomeroch, je fakt, že v minulosti sa odpad nijak špeciálne netriedil, a preto je opodstatnené domnievať sa, že skládkovaný odpad obsahuje (nie len) rôzne druhy elektrosprebičov bohatých na (z hľadiska materiálového zhodnotenia) príťažlivé prvky, ako sú železné i neželezné kovy, ušľachtilé kovy či dokonca prvky vzácnych zemin (zastúpené v magnetoch, v luminofore na obrazovkách, v akumulátoroch). Ich separácia a následné spracovanie by ekonomicky zefektívnil proces LFM.

Na druhej strane je však potrebné vziať do úvahy aj potenciálne rizikové zložky (ortuť, azbest a pod.), ktoré by sa v daných skládkach mohli nachádzať (s vysokým nákladmi na ich vhodné zneškodnenie) a ďalšie technické riziká. Údajov o zložení odpadu na skládkach je zatiaľ málo, čo zvýrazňuje dôležitosť prieskumu a vzorkovania skládkovaného odpadu pre potreby stanovenia jeho materiálového a energetického potenciálu a analyzovania prípadného rizika.

Ďalším neprehliadnuteľným bonusom aplikovania „landfill mining“ na Slovensku je vyčistenie pôdy od vplyvov skládkovaného odpadu, takže by splynula s pôvodným prostredím, prípadne by mohla byť využívaná na poľnohospodárske alebo iné účely. V neposlednom rade by „landfill mining“ mohol nahradiť často technicky a ekonomicky náročné sanácie starých skládok odpadov.

## 5. ZÁVER

„Landfill mining“ je vo svojej podstate mladou, no perspektívnou metódou prinávratu hodnoty odpadu, ktorý už bol uložený na skládku. Okrem tejto hlavnej myšlienky „landfill mining“ obnáša plejádu ďalších pozitívnych skutočností, či už je to „recyklácia“ skládkového priestoru, zabezpečenie okolia skládok pred vplyvmi odpadov alebo šetrenie primárnych zdrojov surovín a energie.

Prihladnuc na fakt, že sanácia starých skládok odpadov je pomerne ekonomicky náročná, sa „landfill mining“ javí ako príťažlivá alternatíva „čistenia pôdy“ s prípadným bonusom – návratom investícií vďaka využitiu materiálového či energetického potenciálu vyťaženeho odpadu. Tento netradičný prístup k obnove druhotných surovín a ochrane životného prostredia by mohol nájsť uplatnenie nielen na Slovensku, ale vo všetkých krajinách Európy, v ktorých skládkovanie bolo a stále je majoritne využívanou metódou nakladania s komunálnym odpadom, ako je Bulharsko, Rumunsko, Lotyšsko, Litva,

Grécko, Cyprus, atď.

V porovnaní s USA Európa zaostáva v počte realizovaných projektov „landfill mining“. Momentálne je podľa dostupných informácií v realizácii pilotný projekt na skládke REMO v Belgicku. Pozitívne je, že projekty „landfill mining“ neútlmujú a je možné pozorovať zvyšujúci sa záujem o ne aj na úrovni výskumných aktivít na univerzitách a tiež u prevádzkovateľov skládok. Napríklad v septembri roku 2012 odštartovali spoločný výskum realizovateľnosti „landfill mining“ tri univerzity v Nemecku (Technische Universität Braunschweig, RWTH Aachen University, Technische Universität Clausthal).

## Podakovanie:

Táto práca sa vykonala v rámci riešenia grantu VEGA MŠ SR 1/0293/14 a za jeho finančnej podpory. Táto publikácia bola vytvorená realizáciou projektu Univerzitný vedecký park TECHNICOM pre inovačné aplikácie s podporou znalostných technológií financovaného zo štrukturálnych fondov Európskej únie. (Kód ITMS: 26220220182)

## Použitá literatúra

- [1] J. Krook et al: Waste Management 32, 2012.
- [2] Environmental Performance and Information Division OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), Waste, 2009.
- [3] Confederation of European Waste-to-Energy Plants, Landfill taxes and bans, 2012, [online]. Available at <<http://www.cewep.eu/information/data/landfill/index.html>>.
- [4] S. Kahuda: Urban Mining: will landfills change into mines?, Waste 04, 2012.
- [5] K. Strange: Landfill Mining: Preserving Resources through Integrated Sustainable Management of Waste: Technical Brief from the World Resource Foundation. [online]. Available at <<http://www.enviroalternatives.com/landfill.html>>.
- [6] R. Rosendal: Landfill Mining - Process, Feasibility, Economy, Benefits and Limitations, 2009.
- [7] M. Quaghebeur et al: Characterization of landfilled materials: screening of the enhanced landfill mining potential, Journal of Cleaner Production, 2012.
- [8] [online]. Available at <<http://www.heavyequipmentforums.com/showthread.php?7389-Nantucket-Landfill-Mining>>.
- [9] R. Rosendal: Landfill Mining: Excavating and Sorting Waste for Recycling and Incineration with Energy Recovery - Gerringe Landfill, In: Almanac from: The 6th annual conference „Enviro-management 2012“.
- [10] J. Pradeep et al: Waste Management 33, 2013.
- [11] [online]. Available at <<http://www.iomguide.com/right-photos.php?2089>>.

- [12] A. Bosmans et al: *Journal of Cleaner Production*, 2012.
- [13] P. Molčan, I. Imriš: *Options of waste energy use by gasification in plasma furnace*, doctoral dissertation thesis, Košice, 2005.
- [14] A. S. Gerber et al: *Wet pulping system and method for producing cellulose insulation with low ash content*, US7758719 B2, 2010.
- [15] *Smernica Európskeho parlamentu a Rady 1994/62/ES z 20. decembra 1994 o obaloch a odpadoch z obalov*
- [16] [online]. Available at <<http://www.gbpyrolysis.com/en/depolymerizace.html>>.
- [17] Štatistický úrad Slovenskej republiky, *Množstvo komunálnych a drobných stavebných odpadov z obce za rok 2011*. [online]. Available at <<http://portal.statistics.sk/showdoc.do?docid=51430>>.
- [18] Ministerstvo životného prostredia Slovenskej Republiky v spolupráci so SAŽP, *"Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2011"*, Bratislava, Slovenská republika, 2012. [online]. Available at <<http://www1.enviroportal.sk/spravy-zp/detail?stav=52>>.
- [19] Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, *"Program odpadového hospodárstva Slovenskej republiky na roky 2011 – 2015"*, Bratislava, Slovenská republika, 2010. [online]. Available at <<http://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/odpady-obaly/poh/poh-2011-2015/>>.
- [20] Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, *Register skládok odpadov*
- [21] Register environmentálnych záťaží Slovenskej republiky, Register C: Sanovaná, rekultivovaná lokalita.
- [22] [online]. Available at <<http://www.energie-portal.sk/Dokument/trnava-uz-z-odpadu-doluje-palivo-zo-skladkoveho-plynu-chce-elektřinu-100790.aspx>>.
- ZDROJ: Medzinárodná vedecká konferencia „Odpady – druhé suroviny“ konaná 4.6. až 7.6.2013 v Liptovskom Jáne.

Ing. Juraj Špes

## MOBILNÉ TELEFÓNY – JEDNODUCHÁ CESTA K OPÄTOVNÉMU POUŽITIU



### ABSTRAKT

Hierarchia odpadového hospodárstva v Slovenskej republike kladie dôraz na predchádzanie vzniku odpadov a prípravu na opätovné použitie. Pre prípravu na opätovné použitie, ako nový prvok v odpadovom hospodárstve, je nutné nájsť efektívne možnosti využitia v praxi.

**Kľúčové slová:** Elektroodpad, mobilné telefóny, opätovné použitie.

### ÚVOD

Prijatím zákona č. 343/2012 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 223/2001 Z. z. o odpadoch sa do odpadového hospodárstva zavádzajú nové prvky, ako je príprava na opätovné použitie a opätovné použitie. Využívanie týchto spôsobov v praxi si vyžiada od samospráv a odpadových firiem hľadanie možností, ako takéto opatrenie zaviesť do svojej činnosti. Využívanie v praxi si vyžaduje výber kategórií odpadu, ktoré prinesú úsporu nákladov, dodržiavanie právnych úprav, úžitok pre obyvateľov, elimináciu negatívnych vplyvov, a to tak na strane samospráv, ako aj na strane odpadových spoločností.

### 1. VÝBER KATEGÓRIE ODPADOV

Odpad, ktorý môže byť jednoducho pripravený na opätovné použitie, je z ekonomického hľadiska najlepší a zároveň spĺňa zákonom stanovené normy.

„Opätovné použitie je činnosť, pri ktorej sa výrobok alebo časť výrobku, ktoré nie sú odpadom, znova použijú na ten istý účel, na ktorý boli určené.“<sup>1</sup>

„Príprava na opätovné použitie sú činnosti zhodnocovania súvisiace s kontrolou, čistením alebo opravou, pri ktorej sa výrobok alebo časť výrobku, ktoré sa stali odpadom, pripra-