

ENVIRONMENTÁLNE ASPEKTY VZNIKAJÚCE V PROCESCH ZNEŠKODŇOVANIA KOMUNÁLNYCH ODPADOV

KATARÍNA ČEKANOVÁ

ENVIRONMENTAL ASPECTS IN THE PROCESS DISPOSAL OF MUNICIPAL WASTE

ABSTRAKT

V zákone o odpadoch je definovaná hierarchia odpadového hospodárstva, ktorá je záväzná a predstavuje základný pilier európskej politiky v oblasti odpadov. Jej účelom je podporiť predchádzanie vzniku odpadov a minimalizácia negatívnych vplyvov na životné prostredie. Aj napriek tomu patrí skládkovanie odpadov v rámci slovenskej republiky medzi najčastejší spôsob zneškodňovania odpadov. Na základe týchto skutočností je cieľom článku identifikovať a analyzovať environmentálne aspekty vznikajúce v procesoch zneškodňovania komunálnych odpadov – skládkovanie a spaľovanie.

Kľúčové slová: environmentálny aspekt, skládkovanie, spaľovanie

ABSTRACT

The law on waste defined of the waste hierarchy, which is binding and represents a fundamental pillar of European waste policy. Its purpose is to promote waste prevention and minimization of negative impacts on the environment. Although include landfill in the Slovak Republic the most common method of waste disposal. Based on these facts is the aim of article identify and analyze environmental aspects arising in the disposal of municipal waste - landfill and incineration.

Key words: environmental aspect, landfilling, incineration.

ÚVOD

V zákone o odpadoch č. 343/2012 Z. z. je zakotvená hierarchia odpadového hospodárstva ktorá pozostáva z nasledujúcich krokov: predchádzanie vzniku odpadov, príprava na opätovné použitie, recyklácia a v neposlednom rade je to iné zhodnocovanie tzn. spaľovanie spojené s energetickým využitím odpadov a na poslednom mieste je zneškodňovanie, tzn. skládkovanie resp. spaľovanie bez energetického využitia. Je nutné zdôrazniť že uvedená hierarchia je záväzná.

Ročne sa na Slovensku vyprodukuje cca 1,8 miliónov ton komunálnych odpadov a miera skládkovania predstavuje viac ako 80 %. Možno predpokladať, že tento fakt je spojený s tým, že ceny skládkovania sú na Slovensku nízke (cca 30 €/t), nedostatočnou mierou recyklácie, nízkym percentuálnym podielom separovania, nevyužívaním metód zhodnocovania odpadov a pod. Aj napriek tejto skutočnosti patrí skládkovanie a spaľovanie medzi najviac používané metódy zneškodňovania odpadov v rámci Slovenskej republiky.

Na základe týchto skutočností je cieľom článku:

- identifikovať environmentálne aspekty vznikajúce v procesoch skládkovania a spaľovania,
- charakterizovať možný environmentálny vplyv na jednotlivé zložky životného prostredia.

ENVIRONMENTÁLNE ASPEKTY PROCESU SKLÁDKOVANIA

Skládkovanie patrí medzi najstaršie metódy zneškodňovania odpadov. Ide o ukladanie odpadov vo vrstvách, následné prekrytie vrstiev odpadu buď zeminou, alebo iným inertným materiálom a hutnenie vrstiev použitím takej technológie, ktorá zamedzí ohrozeniu režimu podzemných vôd a dodrži hygienické a estetické podmienky danej lokality. Výsledným produktom je rekultivovaná skládka. Podľa zákona č. 223/2001 Z.z.: „Skládka odpadov je miesto, kde sa odpady trvalo ukladajú na povrchu zeme, alebo do zeme“ [1]. Podľa zákona o odpadoch sa v podmienkach SR najčastejšie realizuje skládkovanie metódou D1, a to uložením do zeme, alebo na povrchu zeme. V súčasnosti je na Slovensku cca 160 riadených skládok odpadov. V nasledujúcej tabuľke sú popísané výhody a nevýhody skládkovania.

Tab. 1 Výhody a nevýhody procesu skládkovania

Skládkovanie	
Výhody	Nevýhody
Nízke počiatkové náklady v porovnaní so spaľovaním	Strata surovín
Otvorenie v krátkom čase	Riziko kontaminácie spodných vôd, pôdy
Možnosť využitia bioplynu na energiu	Tvorba plyných produktov
-	Hygienické problémy, zápach
-	Riziko samovznietenia
-	Nedôvera verejnosti
-	Veľký záber prostredia
-	Všetka časť skládkových plynov sa nepodarí zachytiť
-	Rýchlosť skládkovania závisí od rýchlosti navážania odpadov

Aj na technicky dobre vybavenej a zabezpečenej skládke dochádza k emitovaniu emisií do ŽP. Tieto emisie možno podľa jednotlivých zložiek ŽP rozdeliť na emisie do ovzdušia a na emisie do vody.

Emisie do ovzdušia: skládkové plyny

Na skládkach komunálneho odpadu (KO) dochádza vplyvom mikroorganizmov k mikrobiologickému rozkladu organických zložiek odpadu, pričom sa anaeróbnymi procesmi vo vnútri telesa skládky vytvára skládkový plyn. Nekontrolovaný únik tohto plynu zo skládky môže mať negatívny vplyv na ovzdušie, preto je nutné ho monitorovať, prípadne zachytávať. Skládkový plyn sa skladá najmä z 50 – 70 % metánu (CH_4), 30 - 40 % oxidu uhličitého (CO_2), 5 – 10 % vodíka (H_2), dusíka (N_2) a kyslíka (O_2). Taktiež v nepatrných množstvách obsahuje sírovodík, uhlíkovodík, halogén uhlíkovodíky a amoniak.

Tvorba skládkového plynu závisí od viacerých faktorov, napr. od zloženia ukladaných odpadov, jeho vlhkosti, stupňa zhutnenia, teploty v skládke, obsahu kyslíka a pod. Tvar a hĺbka telesa skládky majú taktiež dôležitú úlohu pri vzniku skládkového plynu, ovplyvňujú spôsob jeho migrácie. Z toho dôvodu by skládky mali byť čo najhlbšie a mať čo najmenší povrch. Nadzemné skládky navrhované nad rovný terén uvoľňujú najviac plynov na úbočí a tlaky plynov v ich centre sú nižšie než u podúrovňových skládok, tzv. vaňového typu. Pri určitom pomere podielov kyslíka a metánu je zmes plynu výbušná. Z toho dôvodu musí byť skládka vybavená odplyňovacím zariadením. Odplynenie skládky ma zabrániť hromadeniu skládkového plynu, ktoré by mohlo porušiť izolačnú bariéru skládky a predísť jeho úniku do ovzdušia, či prípadnému výbuchu. Hlavné zložky skládkového plynu, ktorými sú metán a oxid uhličitý majú taktiež veľké množstvo negatívnych vlastností, ktoré zapríčiňujú celkové otepľovanie atmosféry - skleníkový efekt, samovznietenie skládky a pod.

Vznikajúci skládkový plyn musí teda byť z telesa skládky odvádzaný, prípadne zachytávaný a energeticky využitý v tzv. kogeneračných jednotkách, v ktorých sa používa k výrobe tepla a elektrickej energie. Výhrevnosť tohto bioplynu dosahuje 21 - 23 MJ/m³ a závisí od množstva metánu čo zodpovedá približne množstvu tepla získaného spálením 0,7 l benzínu alebo 0,8 kg uhlia.

Vznik skládkového plynu

Celý proces skládkovania, tzn. od uloženia odpadov v telese skládky až po vznik skládkového plynu sa nazýva anaeróbna digestcia. Ide o proces prirodzene sa vyskytujúci pri rozklade organickej hmoty na jednoduchšie zlúčeniny. Je to proces premeny organickej zložky, bez prístupu vzduchu na CO_2 a CH_4 .

Anaeróbna digestcia prebieha v troch stupňoch: hydrolýza, acidogenéza, metanogenéza. Ide o proces kedy mikroorganizmy za neprítomnosti kyslíka rozkladajú hmotu najprv na aminokyseliny, cukry a alkoholy, následne na jednoduché organické kyseliny (octová, maslová), oxid uhličitý (CO_2), vodík (H_2) až nakoniec metanogénne baktérie transformujú uvedené produkty na metán (CH_4) - (štípenie octovej alebo redukciou CO_2 vodíkom). Vzniká tiež isté množstvo H_2O a NH_3 .

Výstupom anaeróbnej digestcie je bioplyn a digestát (hnojivo, na výrobu kompostu). Vyššiu kvalitu bioplynu je možné dosiahnuť odstránením vody a CO_2 (vodnými skrubrami, molekulovými sitami, membránovými procesmi).

Parametre ovplyvňujúce proces anaeróbnou digestciu:

- obsah tuhých látok (max.do 40 %),
- teplota (vyššia teplota skracuje dobu a napomáha eliminácii patogénov/vírusov),
- miešanie,
- pH (6.4 - 7.2),
- doba anaeróbnej digestcie,
- C:N (pomer uhlíka a dusíka),
- zrnitosť (napr. pod 40 mm).

Emisie do vody: Odpadové vody

Voda je do telesa skládky vnášaná samotným odpadom. Zároveň je každá skládková plocha vystavená pôsobeniu atmosférickým podmienkam (zrážkam), ktoré presakujú odpadom uloženým na skládke. Dažďová voda, ktorá preteká cez odpady sa kontaminuje škodlivými látkami, obsiahnutými v odpade. Táto priesaková voda môže v prípade nesprávne utesneného dna a svahov preniknúť a znečistiť okolitú pôdu, podzemné a povrchové vody. Dažďovú vodu, ktorá sa zhromažďuje na dne skládky, je potrebné odvádzať drenážnym systémom, ktorý musí byť vybudovaný na dne a bočných stenách každej riadenej skládky. Tesnenie dna a bočných stien skládky vytvára vodotesnú vaňu, kde sú zachytávané tieto priesakové vody zo skládky. Drenážny systém tvorí sústava líniových, alebo plošných drenážnych prvkov.

Zachytené vody je možné použiť na spätné skrúpanie telesa skládky. Rozstrekaním zachytenej vody späť na povrch skládky možno optimalizovať vývin skládkového plynu. Tento systém spracovania priesakovej vody býva väčšinou nedostatočný. Dochádza ku koncentrácii škodlivín v skládke a taktiež k zvyšovaniu koncentrácie škodlivín v priesakových vodách, preto sa systém kombinuje s čistením priesakovej vody v ČOV. Odpadnú vodu je potrebné zneškodňovať a monitorovať aj po uzavretí skládky. Nebezpečné látky, ktoré sa môžu uvoľňovať zo skládok odpadov vo forme výluhov sú: soli (chloridy), celkový dusík, amoniak, veľké množstvo ťažkých kovov, napr. Cd, Ni, Cu, Zn, Pb, Hg atď. [2]

Limity pre jednotlivé triedy skládky sú definované vo vyhláske MŽP SR č. 263/2010 a tvoria súčasť Prílohy A.

ENVIRONEMNTÁLNE ASPEKTY PROCESU SPAĽOVANIA

Spaľovanie patrí k najviac využívannej technológii tepelného (termického) spracovania odpadu, pri ktorom dochádza k pôsobeniu teploty na odpad tak, že je porušená medza jeho chemickej stability. Ide o riadené exotermické zlučovanie horľavých zložiek odpadov s kyslíkom za stechiometrických, alebo nadstechiometrických podmienok. Podľa zákona č. 137/2010 Z.z. sa za spaľovňu odpadov považuje každé stacionárne, alebo mobilné technické zariadenie, ktoré slúži na

tepelnú úpravu odpadov s využitím, alebo bez využitia tepla vznikajúceho pri spaľovaní. Ide o zariadenie na spaľovanie odpadov oxidáciou [2].

V súčasnosti na Slovensku pôsobí cca 26 spaľovní z toho je približne 20 zariadení na spoluspaľovanie, čo sú takmer všetky cementárne. Výhody a nevýhody spaľovania odpadov sú znázornené v nasledujúcej tabuľke.

Tab. 2 Výhody a nevýhody procesu spaľovania

Spaľovanie	
Výhody	Nevýhody
Hygienický spôsob zneškodnenia odpadu	Vznik emisií (CO_2 , NO_x)
Redukcia objemu a hmotnosti odpadu	Vznik škvary
Využitie energie obsiahnutej v odpade	Vznik popolčeka
Nekonečný cyklus spaľovania	Vysoké investičné a prevádzkové náklady
Spracovanie aj NO bez predošlej úpravy	Technologické zariadenia na zhromažďovanie, skladovanie, triedenie a dopravu odpadu
Presné monitorovanie odpadov	
V porovnaní so skládkou rýchle zneškodnenie odpadov	
Neobmedzená kapacita	

Spaľovanie, rovnako ako každý proces, vyžaduje energetické vstupy a ako výstupy produkuje odpady, ale aj značné množstvo využiteľnej energie. Medzi vstupy možno zaradiť predovšetkým odpad, ďalej zemný plyn, vzduch, demineralizovanú vodu, z ktorej sa vyrába vysokotlaková para na výrobu elektrickej energie a tepla a dodatkové chemikálie – čpavková voda, vápenný hydrát, hydroxid sodný, sulfid sodný, chlorid železitý, ktoré sa používajú pre čistenie spalín, odpadových vôd a pod. Výstupmi sú vyčistené spaliny, vyčistené procesné vody, pevné odpady ako popolček a škvara, tepelná, poprípade elektrická energia. Samotný proces je zložený z termickej úpravy odpadov, zo stupňa využitia tepla a z čistenia spalín (NO_x , SO_2 , HCl , HF , TZL , POP). Podobne ako v procese skládkovania aj pri spaľovaní sa uvoľňujú emisie do ovzdušia a vody a zároveň vznikajú aj tuhé odpady.

Emisie do ovzdušia

Množstvo emisií uvoľnených do ovzdušia závisí od zloženia zneškodňovaného odpadu a na spôsobe čistenia spalín. Spaľovne musia v dnešnej dobe spĺňať prísne emisné limity ktoré sú zakotvené vo vyhláške MŽP SR č. 410/2012. V procese spaľovania TKO sa uvoľňujú okrem oxidov uhlíka, dusíka, síry, ťažkých kovov aj niekoľko desiatok látok súborne označovaných ako dioxíny a furány. Pod pojmom dioxíny sa rozumie súhrn 210 chemických látok zo skupín polychlórovaných dibenzo-p-dioxínov (PCDD) a dibenzofuránov (PCDF). Dioxíny sú perzistentné látky (dlhodobu sa nerozkladajú) a majú vysoko bioakumulatívne schopnosti. Okrem dioxínov sa v plynach nachádza asi 250 rôznych uhlíkovodíkov. Plyný odchádzajúce zo spaľovacieho priestoru pri spaľovaní TKO sa musia pred ich vypustením do ovzdušia odstrániť. Spaliny sú pred výstupom do atmosféry čistené pomocou rôznych procesov. Buď to môže byť suchou metódou, alebo mokrou metódou. Metóda denitrifikácie zahŕňa selektívnu nekatalytickú redukciu oxidov dusíka. Na odstraňovanie popolčeka slúžia elektrostatické odlučovače, textilné filtre, multicyklóny. Škvara a popolček (10-15 % pôvodného objemu) s obsahom toxických látok sa musí ukladať na skládky s riadeným režimom.

Emisie do vody

Ak je v spaľovni inštalovaný systém mokrého čistenia spalín, potom je nutné považovať emisie do vody za významné. Odpadová voda obsahuje množstvo škodlivých látok ako HCl , HF , ťažké kovy, oxidy síry. Voda sa čistí v sedimentačných nádržiach do ktorých sa pridáva $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2S a FeCl_3 . Ťažké kovy v nich sedimentujú na dne vo forme vločiek. Kal zo sedimentačnej nádrže je prepieraný a odvodnený vo filtri. Vzniká tzv. filtračný koláč, ktorý sa zhromažďuje v špeciálnych kontajneroch a odváža sa k ďalšiemu spracovaniu pred uložením na skládku nebezpečných odpadov. Voda vypúšťaná zo spaľovne obsahuje predovšetkým zvýšený obsah chloridov a síranov, sodík a vápnik. Do vody sa dávkuje chlorid železitý, aby sa pred vypustením do kanalizácie zlepšila jej kvalita.

Pevné odpady vznikajúce po spaľovaní

Tieto odpady sa môžu vyskytovať vo forme trosky, popola, škvary, kalu z filtračného koláča a popolčeka zachyteného vo filtroch. Ich zvýšená nebezpečnosť voči ŽP je spôsobená nahromadením škodlivín v menšom objeme zbytkov po horení/spálení, než pôvodne obsahovali v rámci celého TKO. Aby ich bolo možné využiť, prípadne skládkovať, vyžadujú ďalšiu úpravu svojich vlastností.

Obsahy škodlivín v jednotlivých odpadoch a ich spracovanie:

- Škvara – tvorí väčšinu pevného odpadu v spaľovni. Obsahuje cca 50 % SiO_2 , ďalej CaO , Al_2O_3 , oxidy železa, sírany, chloridy, fluoridy, alkalické oxidy a oxidy niektorých ťažkých kovov. Skládkuje sa v príslušnej triede skládok, alebo sa používa na technické zabezpečenie skládok.
- Popolček z I. stupňa čistenia spalín – obsahuje najväčší podiel nebezpečných látok, ako sú ťažké kovy a perzistentné organické polutanty typu PAU, PCB, PCDD/F. Musí sa stabilizovať a skládkovať na skládkach NO.

- Popolček z II. stupňa čistenia spalín – 60 % CaCl_2 , 20 % $\text{Ca}(\text{SO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$, CaF_2 , aktívne uhlie a nezreagovaný vápenný hydrát. Spracováva sa stabilizovaním a skládkovaním, tak ako popolček z prvého čistenia spalín.
- Filtračný koláč – obsahuje množstvo nebezpečných látok obsahujúcich ťažké kovy. Spracováva sa solidifikáciou a skládkuje sa ako nebezpečný odpad.

Limitné hodnoty pre spaľovne odpadov sú zakotvené vo vyhláske MŽP SR č. 410/2012.

ZÁVER

Odborníkmi z vysokoškolského prostredia ako odborníkmi z praxe boli realizované viaceré štúdié zamerané na porovnanie kvantitatívnych ako aj kvalitatívnych parametrov vznikajúcich v procesoch skládkovania a spaľovania. Štúdié ukázali, že skládkovanie komunálnych odpadov je omnoho zaťažujúcejšie pre životné prostredie ako spaľovanie. Z emisií do ovzdušia vykazovalo skládkovanie vyššie emisie pri zložkách ako napr. SO_2 , HCl, HF, CO, NMVOC, PAH, PCDD/F a iných. Práve dioxíny a furány patria k vysoko toxickým chemickým látkam, mimoriadne škodlivým pre ŽP a zdravie človeka. Zo skleníkových plynov boli zistené hlavne metán (CH_4) a CO_2 -ekvivalent, čo je veličina udávajúca celkové pôsobenie skleníkových plynov. Tieto škodlivé zložky sú príčinou skleníkového efektu, ktorý zapríčiňuje otepľovanie zemskej atmosféry a globálne zmeny klímy.

Aj napriek tomu, že skládkovanie v zmysle právnych predpisov, sa považuje za posledný článok reťazca nakladania s odpadmi, stále zostáva najčastejším spôsobom zneškodňovania odpadov pre väčšinu odpadu na našom území. Riešením by bolo striktné dodržiavanie právnych predpisov v oblasti nakladania s odpadmi, príp. výrazné navýšenie ceny za tonu ukladaného komunálneho odpadu. Týmto krokom by štát cielene donútil držiteľov odpadu hľadať alternatívne riešenia zneškodňovania odpadov a bolo by možné dosiahnuť prechod od zneškodňovania ku zhodnocovaniu odpadov.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Zákon č. 343/2012 Z. z. ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 221/2001 Z. z. o odpadoch.
- [2] TAKÁČOVÁ, Zita - MIŠKUFOVÁ, Andrea: Základné informácie o odpadoch. - Equilibria s.r.o., Košice. 2011. ISBN 978-80-89284-78-8.

ADRESA AUTORA:

Katarína ČEKANOVÁ, Ing., PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: >katarina.cekanova@stuba.sk<

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.