



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
Materiálovotechnologická fakulta



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

ODPADY

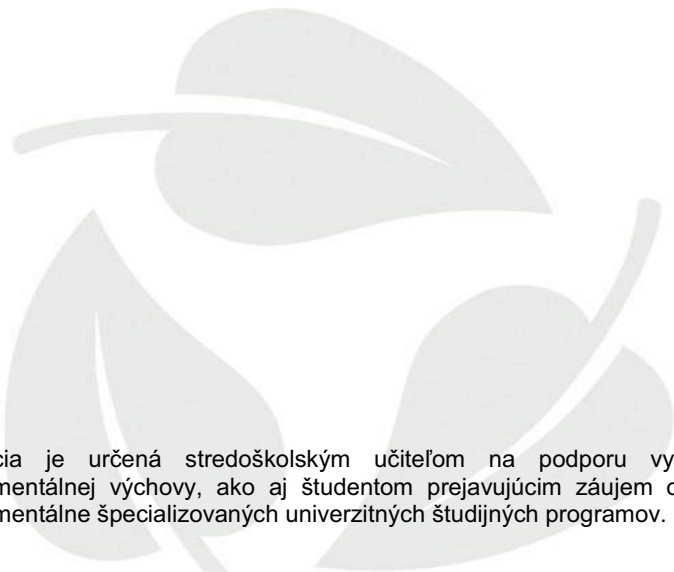
Zuzana SOLDÁNOVÁ



Trnava 2009



Táto publikácia bola podporovaná
Agentúrou na podporu výskumu a vývoja
na základe zmluvy č. LPP-0171-07.



Publikácia je určená stredoškolským učiteľom na podporu vyučovania environmentálnej výchovy, ako aj študentom prejavujúcim záujem o štúdium environmentálne špecializovaných univerzitných študijných programov.

Autor: © Ing. Zuzana SOLDÁNOVÁ

Recenzenti: Doc. Ing. Jozef ČERNECKÝ, CSc.

Doc. Ing. Maroš SOLDÁN, PhD.

Rok vydania: 2009

Vydalo: Tlačové štúdio Váry pre MTF STU v Trnave

Tlač: Tlačové štúdio Váry, Trnava

Ilustrácie použité v publikácii sú voľne dostupné na internete.

ISBN: 978-80-89-422-04-3



OBSAH

ÚVOD.....	4
1 ODPAD.....	5
2 NAKLADANIE S ODPADMI.....	7
2.1 Zneškodňovanie odpadov	8
2.1.1 Skládkovanie	8
2.1.2 Termické metódy.....	12
2.2 Zhodnocovanie odpadov	15
2.2.1 Recyklácia	16
2.2.1.1 Recyklácia papiera	17
2.2.1.2 Recyklácia plastov.....	19
2.2.1.3 Recyklácia skla.....	21
2.2.1.4 Recyklácia pneumatík	24
2.2.1.5 Recyklácia autovrakov	26
2.2.2 Biotechnologické metódy	27
2.2.2.1 Kompostovanie.....	28
3 MÁLODPADOVÉ A BEZODPADOVÉ TECHNOLOGIE.....	31
3.1 Program odpadového hospodárstva a BAT technológie	31
LITERATÚRA.....	34

ÚVOD

Odpady vznikajú pri každej ľudskej činnosti, vo výrobnej i spotrebiteľskej sfére. Ich vznik a hromadenie predstavuje výrazný zásah do životného prostredia. Odpady obsahujú látky, ktoré často ohrozujú prakticky všetky zložky prostredia, t.j. kvalitu vôd, ovzdušia a pôdy. Prenikajú do rastlín a cez potravinový reťazec ohrozujú zdravie a život živočíchov i ľudskej populácie.

Správne nakladanie s odpadmi sa preto stáva rovnako dôležitým problémom, ako zabezpečenie základných životných potrieb. Okrem toho, stále väčší význam nadobúda využívanie odpadov ako zdroja druhotných surovín.

Produkcia odpadu je sprievodným znakom existencie človeka. Produkcia a vlastnosti odpadu závisia od rozvoja činnosti človeka a od zvyšovania jeho náročnosti. V prvopočiatku odpad produkovaný človekom bol podobný odpadu, ktorý sa vyskytoval v prírodnom ekosystéme. Tento, v rámci prirodzeného kolobehu živín, bol biologicky degradovateľný.

Vývojom ľudských činnosti však sa začalo vyskytovať množstvo ťažko alebo nedegradovateľných odpadov, ktorým sa neúmerne zvyšovalo zaťaženie prírodného prostredia. Koncentrácia obyvateľstva do územných celkov spôsobuje asi 10 % nárast odpadu. Zabezpečiť ochranu prírodného prostredia nielen pre nás ale aj pre ďalšie generácie si vyžaduje stanoviť priority a ciele environmentálnej politiky, usporiadať opatrenia stratégie udržateľného rozvoja a následne vypracovať legislatívne opatrenia aj v oblasti odpadového hospodárstva, postupu manipulácie s odpadom a jeho správneho zneškodňovania.



1 ODPAD



Čo je odpad?

Opad je huteľná vec, ktorej sa jej držiteľ zbavuje, chce sa jej zbaviť alebo je v súlade so zákonom o odpadoch alebo osobitnými predpismi povinný sa jej zbaviť (zákon č. 409/2006 Z. z.).

Okrem delenia podľa skupenstva (na tuhé, kvapalné a plyné) možno odpady rozdeľovať podľa rôznych hľadísk. Podľa vyhlášky č. 284/2001 Z. z., ktorou sa ustanovil „Katalóg odpadov“, rozlišujeme dve kategórie odpadov:

- ☒ Nebezpečné odpady,
- ☒ Ostatné odpady.



Opad existuje odkedy existuje život. V prírode sú odpady zvierat alebo rastlín surovinami pre ďalšie organizmy. Pokiaľ by neexistovali rozkladné mikroorganizmy, zem našich listnatých lesov by bola pokrytá obrovskou vrstvou lístia.

Rozoznávame dva druhy odpadu:

1. **Prírodný odpad** v obehu látok: rastliny - bylinožravce - mäsožravce - hmyz - mikroorganizmy je teoreticky dokonalý. Každý prírodný odpad má svojho odberateľa a spotrebiteľa.
2. Odpad vzniknutý **v dôsledku ľudskej činnosti** predstavuje výrazný problém. Pre ľudský odpad neexistuje takmer žiaden odberateľ, ktorý by ho prirodzenou cestou vedel spracovať a využiť pre seba. Ľudia, na rozdiel od prírody, vytvárajú také druhy odpadu, s ktorými si príroda sama nevie poradiť.

Rýchle zväčšenie množstva odpadov je ovplyvnené tromi faktormi: zväčšením populácie, zväčšovaním osobnej spotreby a úrovňou technológie

spoločenskej výroby. Zhoršenie kvality životného prostredia možno charakterizovať súčinom týchto troch faktorov.

Podľa miesta vzniku je vhodné tuhé odpady zaradiť do troch skupín:

- ☒ odpady komunálne,
- ☒ odpady priemyselné,
- ☒ odpady energetické.

V Slovenskej republike najviac odpadov pripadá ročne na priemyselné odpady (predovšetkým rezort hutníctva a strojárstva, poľnohospodárstva a výživy a chemického priemyslu). Druhou najväčšou skupinou sú odpady energetické a na treťom mieste sú odpady komunálne.

Pojmom **tuhý komunálny odpad** rozumieme látky tuhého a polotuhého



skupenstva, organického a anorganického pôvodu, vznikajúce činnosťou človeka v domácnostiach, službách, obchode, občianskej a technickej vybavenosti, administratíve v mestách a obciach.

Komunálne odpady (KO) sú veľmi citlivým indikátorom rastu životnej úrovne obyvateľstva, a to ako svojim zložením, tak aj

množstvom. Krivka množstva tuhých komunálnych odpadov sleduje krivku vzostupu životnej úrovne. Rýchlo sa zväčšuje množstvo obalových materiálov, ktoré tvoria 20 až 30 % odpadu z domácností a 8 % z priemyselnej a obchodnej činnosti.

Priemyselný odpad sa líši od komunálneho odpadu množstvom, ale najmä zložením. Pri priemyselnom odpade ide o odpad špecifický pre každý závod, niekedy i pre každú šaržu (napr. železný odpad, kyanidové odpady...) je homogénnejší a možno s ním jednoduchšie manipulovať. Komunálny odpad je naopak zmesou rôznorodých materiálov a jeho spracovanie je oveľa náročnejšie.

Zo všetkých druhov tuhých odpadov, ktoré človek produkuje, najzávažnejšie ohrozenie zdravia človeka a životného prostredia predstavujú

práve priemyselné odpady. Mnohé priemyselné odpady sú veľmi nebezpečné, pretože aj po ich uložení na skládkach uvoľňujú toxické škodliviny a prostredníctvom nich môže dôjsť ku kontaminácii zdrojov pitnej vody, potravín rastlinného i živočíšneho pôvodu a pod.



Viete, že človek v priemere vyprodukuje cca 300 kg KO ročne? Z toho najväčšiu časť (30 %) tvoria obaly. Ak vyseparujeme to, čo sa dá recyklovať, ušetríme peniaze za odvoz odpadu a mesto, ktoré zväžá odpad, ušetrí za jeho umiestňovanie na skládke.

Vzhľadom na prognózy, podľa ktorých priemysel bude aj v budúcnosti patriť medzi rýchlo sa rozvíjajúce odvetvia národnej ekonomiky, možno oprávnené očakávať zodpovedajúci rast negatívneho pôsobenia priemyslu na životné prostredie. Pretože už v súčasnosti je priemyselná výroba najväčším znečisťovateľom životného prostredia, je nevyhnutné jej negatívne pôsobenie na prostredie minimalizovať. Možno to dosiahnuť aj obmedzovaním vzniku odpadov všetkého druhu, využívaním vzniknutých odpadov ako druhotných surovín a zavádzaním recyklácie, širším zavádzaním máloodpadových a bezodpadových technológií do výrobných praxe, neškodným zneškodňovaním nevyužitelných odpadov a pod.



2 NAKLADANIE S ODPADMI

Nakladanie s odpadmi sa riadi zákonom č. 409/2006 Z. z., kde sú uvedené všeobecné podmienky nakladania s odpadmi, osobitné podmienky nakladania s nebezpečnými odpadmi, zneškodňovanie odpadov a náležitosti k žiadosti o vydanie súhlasu na nakladanie s odpadmi.

Na základe skôr uvedeného rozlišujeme tieto spôsoby nakladania s odpadmi:

- ❖ Zneškodňovanie odpadov
 - skládkovanie,
 - spaľovanie.

❖ Zhodnocovanie odpadov

- materiálové (recyklácia, kompostovanie),
- energetické (spaľovanie, pyrolýza).

Zhodnocovaním odpadov označujeme činnosti vedúce k využitiu fyzikálnych, chemických alebo biologických vlastností odpadov a **zneškodňovaním odpadov** rozumieme také nakladanie s nimi, ktoré nespôsobuje poškodzovanie životného prostredia alebo ohrozovanie zdravia ľudí.

Aj v prípade nakladania s odpadmi je potrebné zohľadňovať dopady na životné prostredie a preto sa uprednostňuje zhodnocovanie odpadu recykláciou, pred využitím odpadu ako zdroja energie a až následne sa uvažuje so zneškodňovaním odpadu spôsobom neohrozujúcim zdravie ľudí a nepoškodzujúcim ŽP (skládkovanie a spaľovanie).

2.1 Zneškodňovanie odpadov

2.1.1 Skládkovanie

Skládkovanie je najstaršia, najjednoduchšia a najrozšírenejšia metóda zneškodňovania odpadov. I vo vyspelých krajinách sa v minulosti skládalo viac ako 90 % tuhých odpadov, pritom nerátame hlušinu, ktorá odpadá pri ťažbe uhlia, rúd a ďalších minerálnych surovín, ktoré sa bežne ukladajú na výsypky, haldy a odvaly.



Na skládkovanie odpadov sa v minulosti používali opustené lomy, pieskové bane, močaristé pozemky, neobhospodarované voľné plochy a pod. bez osobitnej úpravy. Pri tomto **neorganizovanom** (tzv. divom) **skládkovaní** sa odpad sypal na vymedzený priestor bez prikrývania. Odpady na skládkach prechádzajú mnohými fyzikálnymi, chemickými a biologickými zmenami, z ktorých najvýznamnejšie sú:

-
- ❖ aeróbny a anaeróbny biologický rozklad organických látok, sprevádzaný tvorbou a únikom zápachajúcich plynov a kvapalín,
 - ❖ chemická oxidácia látok,
 - ❖ vylúhovanie organických a anorganických látok a pohyb výluhu skládkou,
 - ❖ nerovnomerné usadzovanie vyvolané komprimáciou materiálu do puklín, vytvorených rôznou stlačiteľnosťou.

Miera chemických a biologických procesov rastie s teplotou a vlhkosťou až po určitú hornú hranicu.

Takéto neorganizované (divé) skládky ohrozujú životné prostredie, bývajú zdrojom chemickej a biologickej kontaminácie povrchových i podzemných vôd, zhoršujú hygienu prostredia (zápach, dym, vzhľad, šírenie infekčných chorôb) v širokom okolí a ohrozujú zdravie ľudí. K znečisteniu podzemných vôd škodlivinami vylúhovanými zo skládky dochádza ako priamym stykom podzemnej vody so skládkovaným materiálom, tak aj výtokom zo skládky. Osobitne nebezpečné sú prípady zavážania jám, ktorých dno leží pod hladinou podzemnej vody.

Základným predpokladom pre bezpečné skládkovanie odpadov je **riadené (organizované) skládkovanie**. Je to ukladanie tuhých odpadov vo vrstvách za použitia takej technológie, ktorá zamedzuje ohrozenie režimu podzemných vôd a dodržiava hygienické a estetické podmienky danej lokality, pričom výsledným produktom je rekultivovaná skládka.



Skládka odpadov je miesto so zariadením na zneškodňovanie odpadov, kde sa odpady trvalo ukladajú na povrchu zeme alebo do zeme. Za skládku sa považuje aj miesto, na ktorom pôvodca odpadu vykonáva zneškodňovanie

svojich odpadov v mieste výroby, ako aj miesto, ktoré sa trvalo používa na dočasné uloženie odpadov na dobu dlhšiu ako jeden rok.

Skládky odpadov rozlišujeme podľa druhu odpadu umiestneného na nich a to na:

- ❖ skládky odpadov na inertný odpad,
- ❖ skládky odpadov na odpad, ktorý nie je nebezpečný,
- ❖ skládky odpadov na nebezpečný odpad.



Čo je inertný odpad?

Inertný odpad je nereaktívny odpad, nepodliehajúci fyzikálnym, chemickým ani biologickým zmenám (napr. stavebná suť, popol).

Skládka obsahuje tieto základné časti:

- ☒ prístupová komunikácia ku skládke,
- ☒ spevnené komunikácie v areáli skládky,
- ☒ oplatenie,
- ☒ obvodový odvodňovací systém na odvedenie povrchových vôd z okolia skládky,
- ☒ prevádzková časť (informačná tabuľa, prevádzkový objekt, zariadenie na zisťovanie množstva odpadu, protipožiarne zariadenie, zariadenie na čistenie odchádzajúcich aut),
- ☒ skládkové teleso (tesniaci systém, ochranná a drenážna vrstva),
- ☒ odvodňovacie drenážne potrubie s revíznymi šachtami,
- ☒ akumulčná nádrž priesakových vôd, zariadenie na odvádzanie plynov,
- ☒ pozorovací systém skládky,
- ☒ inžinierske siete,
- ☒ uzavretá časť skládky,
- ☒ rekultivovaná časť skládky



Vysvetlivky:

- 1. Rekultivovaná vrstva
- 2. Minerálne tesnenie
- 3. Geotextília PEHD 1,5 mm
- 4. Drenážna vrstva 50 cm
- 5. Drobný odpad

- 6. Ochranná vrstva
- 7. Polyetylénová fólia PEHD 1,5 mm
- 8. Drenážny systém
- 9. Zariadenie na zachytávanie a úpravu bioplynu



Viete, že v súčasnosti je na Slovensku v prevádzke 161 skládok odpadov? Sklárky, ktoré po roku 2008 nespĺňali kritériá právnych predpisov odpadového hospodárstva museli ukončiť prevádzku, zrehabilitovali sa a budú naďalej monitorované po dobu 30 - 50 rokov.


Pred dopravou a konečným uložením mnohých, najmä nebezpečných odpadov, treba ich solidifikovať, aby sa znížil stupeň ich nebezpečnosti, aby sa zmenšil ich objem a znížilo riziko ich úniku.

Pod **solidifikáciou** rozumieme premenu nebezpečných odpadov z kvapalného na tuhé skupenstvo, resp. ich viazanie do takej tuhej formy, v ktorej sú menej nebezpečné napr. preto, že sa výrazne znižuje ich vyluhovateľnosť vodou. Solidifikácia je teda aj proces odparenia roztoku v nádržiach, odparenie vody v odpadkách, ako aj *kalcinácia* t.j. proces odparenia vody spojený s chemickou premenou. Solidifikačný proces sa často ukončuje vo vysokoteplotnej fáze, ktorej produktom je látka s veľkou retenčnou schopnosťou pre toxické prípadne rádioaktívne látky. Preto sa tomuto procesu niekedy hovorí *fixácia*. Solidifikácia splní svoj účel vtedy, keď vznikne chemicky stabilný, vo vode prakticky nerozpustný produkt. Je to dôležité preto, lebo zafixované odpady sa budú vždy musieť skladovať v zemi (na skládkach) a nikdy nebude možné zaručiť, že sa k nim voda nedostane.

Existujú rôzne technológie solidifikácie: cementácia, bitumenácia, vitrifikácia.

Cementácia je založená na fixácii odpadov do silikátovej matrice, t.j. za použitia maltovinových spojív (cement). Cementácia je vhodná najmä pre anorganické odpady. Výhodou cementácie je jej priebeh za normálnych klimatických podmienok (teplota) a to, že cement nie je ovplyvňovaný oxidačnými činidlami. Určitou nevýhodou je však značný objem výsledného produktu (solidifikátu).

Bitumenácia je zamiešanie odpadu do organického roztaveného bitúmenu (asfaltu). Po stuhnutí taveniny vznikne pevná tuhá hmota, nerozpustná vo vode. Bitumenácia je vhodná pre anorganické aj organické odpady, ktoré sú pri teplote



roztaveného bitúmenu stále. Produkty bitumenácie majú menšiu vyluhovateľnosť oproti solidifikátom z cementácie odpadov, výsledný objem je taktiež menší.


Vitrifikácia je zamiešanie odpadu do anorganického materiálu a následné pretavenie zmesi. Po stuhnutí taveniny vznikne pevná tuhá hmota nerozpustná vo vode. Vitrifikácia je teda solidifikačná metóda založená na prevedení anorganických odpadov na sklo. Výhodou vitrifikácie je znižovanie objemov odpadov v dôsledku toho, že prakticky všetky zlúčeniny sú prevedené na oxidy. Produktom vitrifikácie je prakticky inertné sklo, ktoré má použitie v stavebníctve (dlaždice, obkladačky a pod.).

2.1.2 Termické metódy

Termické metódy (spaľovanie, pyrolýza) (tab. 2) sú po skládkovaní najstaršími metódami zneškodňovania odpadov. Zo začiatku to boli hlavne hygienické dôvody, ktoré viedli k termickému zneškodňovaniu odpadov, neskôr k nim pristúpili dôvody redukcie hmotnosti odpadov a šetrenie objemu skládok. Ako výsledok spaľovania je okrem získania energie redukcia objemu až na cca 1/10 a redukcia hmotnosti na cca 1/2 podľa druhu odpadu.

Najradikálnejší a hygienicky najúčelnejší spôsob odstraňovania odpadov je **spaľovanie**. Proces spaľovania látok je veľmi zložitý a je súhrnom viacerých reakcií. Z hľadiska spaľovacích vlastností delíme odpady na dobre spáliteľné a ťažko spáliteľné. Dobré spáliteľné sú niektoré priemyselné odpady, ktoré sa podobajú komunálnym odpadom, t.j. textilný odpad, obalový materiál, lepenka, fólie a pod. Ťažko spáliteľné odpady treba miešať s dobre spáliteľnými v pomere, ktorý ešte zaručí trvalé horenie zmesí.

K ťažko spáliteľným odpadom patria napr. plasty a chemické látky obsahujúce fluór, chlór a pod., galvanizačné kaly a iné toxické odpady, ktoré pri spaľovaní za vysokých teplôt spečením vytvárajú trosku, ktorá chemicky viaže toxické zložky a je vo vode nerozpustná.



Spaľovaním tuhých odpadov možno získať paru pre rôzne technologické procesy, teplo na ohrev technologickej alebo úžitkovej vody. Spaľovne okrem riešenia likvidácie odpadov teda prinášajú aj úspory v oblasti klasických zdrojov energie, ako sú uhlie, zemný plyn, ropa a iné. Ďalšou prednosťou spaľovania oproti skládkovaniu sú napr. menšie nároky na plochy skládok, zníženie ich hygienickej závadnosti, možnosť likvidácie i biologicky nerozložiteľných odpadov (plastov). Spaľovanie šetrí i náklady na dopravu, predovšetkým v prípade tuhých domových odpadov, pretože súčasné skládky domového odpadu sú od miest a obcí vzdialené 20 až 40 km, kým spaľovne sa obyčajne budujú na predmestí.

K nevýhodám spaľovacej techniky patria predovšetkým vysoké investičné i prevádzkové náklady a nevyhnutnosť použiť osobitné technologické zariadenia od zhromažďovania, skladovania cez triedenie a dopravu odpadu na spaľovanie. Ďalšou nevýhodou spaľovania je, že pri ňom vznikajú dymové plyny. Každá spaľovňa je teda aj potenciálnym zdrojom znečistenia ovzdušia.

Na zneškodňovanie resp. na zužitkovanie odpadov možno použiť aj **pyrolýzu**, pri ktorej ide o termické rozloženie organickej hmoty bez (resp. za obmedzeného) prístupu kyslíka. V praxi poznáme tento proces pod pojmami splyňovanie alebo karbonizácia. Pyrolýza pozostáva z nasledujúcich technologických stupňov:

- ❖ proces tvorby prchavých látok: tvorba plynu pri teplotách medzi 400 až 600 °C,
- ❖ pyrolýza: tepelný rozklad organických molekúl odpadu medzi 500 až 800 °C za vzniku plynnej a tuhej frakcie,
- ❖ splyňovanie: konverzia uhlíkatého podielu v pyrolýznom kokse pri 800 až 1000 °C s použitím splyňovacích látok (napr. vzduchu alebo pary) na procesný plyn (CO, H₂),
- ❖ spaľovanie: spaľovanie plynu a pyrolýzneho koksu v spaľovacej komore.

K výhodám pyrolýzy patrí: vznik menšieho množstva nebezpečných látok, ľahšie čistenie pyrolýzneho plynu viazanie ťažkých kovov na tuhý zvyšok.

Nevýhodou je, že je nákladnejšia ako spaľovanie a vzniká pyrolýzna voda.

Porovnanie spaľovania a pyrolýzy je uvedené v tabuľke 2.



Viete, že bohatým zdrojom horľavých odpadov je poľnohospodárstvo. Osobitný druh horľavého odpadu, ktorý sa vyskytuje v poľnohospodárskej veľkovýrobe, je aj kalový plyn (bioplyn). S odpadmi sa často spaľuje menšie množstvo (10 až 15 hm. %) klasických alebo ušľachtilých palív (uhlie, oleje, plyn), ktoré majú funkciu stabilizačného paliva.

Tuhé odpady môžeme považovať za palivo vtedy, ak:

- ☒ obsahuje minimálne 25 % horľavej zložky,
- ☒ výhrevnosť je najmenej 5000 kJ.kg^{-1} (tab. 1),
- ☒ obsah nespáliteľných zložiek je pod 60 %,
- ☒ obsah vody je pod 50 %.



Tabuľka 1: Porovnanie výhrevnosti vybraných odpadov

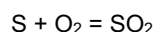
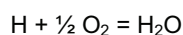
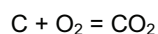
Druh odpadu	Výhrevnosť [MJ.kg^{-1}]
Drevené piliny	16 – 17
Kôra	16 – 17
Papierový odpad	14 – 15
PVC odpad	18 – 20
Polyetylén	41 – 43
Slama	15 – 16
Bavlna	21 – 25
Guma	32 – 36

Tuhý komunálny odpad je tvorený:

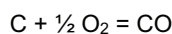
- ☒ horľavými zložkami (uhlík, vodík, síra),
- ☒ nehorľavými zložkami (kyslík, dusík, W - vlhkosť, A - popol).

Podľa podmienok, ktoré sú vytvorené pri spaľovaní rozoznávame:

- ❖ *Dokonalé spaľovanie*, pri ktorom nastane spálenie všetkých horľavých zložiek odpadu, takže vo vzniknutých spalinách nie sú zastúpené.



- ❖ *Nedokonalé spaľovanie*, pri ktorom určitý obsah horľavých zložiek odpadu zostáva v spalinách.



Tabuľka 2: Porovnanie termických metód

Spaľovanie	Pyrolýza
oxidačný proces	redukčný proces
za prístupu vzduchu	bez prístupu vzduchu
exotermická reakcia	endotermická reakcia
Produkty:	
<i>tuhé</i> : škvara <i>kvapalné</i> : H ₂ O <i>plynné</i> : CO ₂ , H ₂ O, SO ₃ , NO _x ...	<i>tuhé</i> : tuhý zvyšok <i>kvapalné</i> : H ₂ O, C _m H _n <i>plynné</i> : CO ₂ , CO, CH ₄ , C ₂ H ₆ , H ₂ S, NH ₃ ...
Spaľovacia teplota:	
800 - 1000 °C	500 - 1000 °C

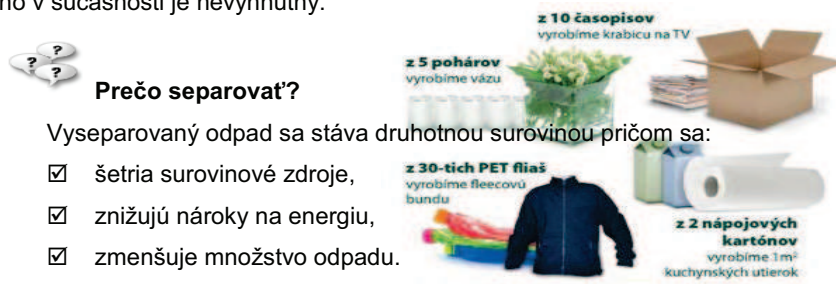
2.2 Zhodnocovanie odpadov

Materiálové zhodnotenie odpadov je najvýznamnejšia forma ich využitia. Vzniknuté druhotné suroviny sa vracajú priamo do výrobného procesu, väčšinou ako plnohodnotné materiálové vstupy. Preto má tento spôsob zhodnotenia (recyklácie) odpadov prednosť pred zhodnocovaním energetickým.

Význam triedeného zberu druhotných surovín z KO (tab. 3) asi nie je potrebné zvlášť zdôrazňovať. Ekonomický prínos sa prejaví úsporami nákladov na odvážanie odpadov a ich skládkovanie (spaľovanie), predĺžením životnosti skládok, zo širšieho hľadiska podstatnou úsporou energie vo výrobe a znížením nárokov na suroviny. Z celospoločenského hľadiska je však oveľa významnejší

prínos ekologický. Obmedzením množstva spaľovaného a skládkovaného odpadu dôjde k zmenšeniu nebezpečenstva kontaminácie podzemných a povrchových vôd, pôdy aj ovzdušia v okolí týchto zariadení a k šetreniu nenahraditeľných zdrojov prvotných surovín.

Treba však zdôrazniť, že triedený zber odpadov nerieši problém s odpadmi, no v súčasnosti je nevyhnutný.



Tabuľka 3: Percentuálne zloženie komunálneho odpadu

Surovina	Podiel v hm. %	Možnosť recyklácie
Sklo	12	vynikajúca
Papier a lepenka	20	vynikajúca
Kovy	4	vynikajúca
Bioodpad	45	vynikajúca
Plasty	7	častočná
Textil	4	obmedzená
Nebezpečný odpad	1	obmedzená
ostatné	8	malá

2.2.1 Recyklácia

Recykláciu možno v najširšom zmysle slova definovať ako opätovné použitie akéhokoľvek materiálu. Podľa všeobecne prijatej definície predstavuje recyklácia rozsiahle opätovné navrátenie tuhých, tekutých a plyných odpadových látok do obehu a opätovné využívanie odpadovej energie a tepla. Objektom recyklácie sú zvyšky, t.j. to, čo zostane z výroby alebo zo spotreby výrobkov. Zo zvyškov, ktoré nie sú recyklované, stáva sa odpad, ktorý sa dostáva do prírodného prostredia. Aj konečné výrobky, predmety dlhodobej

spotreby po spoločenskom využití, ak nie sú recyklované, stávajú sa odpadom. Recyklácia teda predstavuje postupy, pri ktorých sa vracajú vzniknuté odpady znovu do výroby, kde slúžia ako surovina pri získavaní nových výrobkov alebo ako zdroj energie.



Pri recyklácii možno rozlíšiť niekoľko „stupňov“ podľa toho, či ide o znovuvyužitie výrobkov alebo surovín, alebo len o získanie tepelnej energie z odpadu. Za najúčinnnejšie uplatnenie možno považovať prípady, keď dochádza k znovuvyužitiu výrobku po minimálnych úpravách, napr. po umytí sklenených fliaš. Nižšia efektívnosť recyklácie sa dosahuje pri výrobkoch, z ktorých sa po ich spoločenskom využití použijú látky, z ktorých je tento odpad zložený. Týka sa to napr. recyklácie starého papiera. Najnižší stupeň účinnosti recyklácie sa dosahuje v prípadoch, keď zmes odpadových látok sa rozloží na jednoduchšie zlúčeniny, napr. odpad organického pôvodu sa pyrolýzou rozloží na uhľovodíky, alebo sa odpad využije aspoň na získanie tepelnej energie.



Viete, že vytriedením 110 ton starého papiera a jeho použitím na výrobu nového sa zachráni 1 hektár 80 ročného lesa? Celkové emisie skleníkotvorných plynov uhlíka sú 4 až 5 krát nižšie, ak sa materiály produkujú z recyklovaného papiera, ocele, skla a medi. Pri hliníku sú až 40 krát nižšie. Recyklácia jednej hliníkovej plechovky ušetrí elektrinu potrebnú na chod počítača alebo TV počas troch hodín. Recyklovanie papiera znižuje znečistenie ovzdušia o 75 %, vody o 35 % a spotrebu energie o 75 %.

2.2.1.1 Recyklácia papiera



Papier, ktorý vytriedime do zberných nádob sa rozdelí na základné druhy, ako napr. biely nepotlačený papier, noviny, lepenka a pod. Ďalej sa papier upraví, napr. trhaním, odprašovaním a napokon sa zlisuje do balíkov. Takto pripravený papier sa potom odváža na spracovanie. Kým sa zo starého papiera stane nový výrobok, prejde papier týmito základnými procesmi:

1. Príprava papieroviny

Rozvoľňovanie - je to prvý krok v spracovaní papiera. Balíky sa tu otvárajú, ich obsah sa nakypruje a premiešava, aby sa k nemu ľahšie dostala voda alebo para, pretože obsah balíkov býva po lisovaní veľmi pevný.

Rozvlákňovanie - robí sa v zariadeniach - rozvlákňovačoch, ktoré pracujú ako veľké mixéry. Ich úlohou je uvoľniť z papiera pomocou vody a turbulentného prúdenia jednotlivé vlákna. Takže výsledkom tohto procesu je zmes vody a vlákna. Ak papier nebol úplne rozvláknený, robí sa jeho dovláknenie pomocou mechanického tlaku vo vodnej suspenzii.

Separácia - ide o dôležitý proces, ktorý slúži na oddelenie kovových spiniek, kamienkov, korku, drôtov, plastových fólií a pod. Robí sa rôznymi spôsobmi ako sedimentáciou, vodným vírom, cedením cez sitá, odstreďovaním a pod. Oddelujú sa hrubé aj jemné nečistoty, ktorých prítomnosť by mohla poškodiť stroje a samozrejme zhoršiť kvalitu výrobku.

Zahusťovanie - v tomto procese sa vláknitá suspenzia zbavuje prebytočnej vody, aby mohla byť ďalej spracovaná.

2. Tvorba papierového listu

Keď je papierovina pripravená, má potrebnú hustotu, je zbavená nečistôt, má vhodnú farbu, privádza sa do papierenského stroja. Tu sa lisuje, suší, chladí, hladí a navíja do veľkých kotúčov (*tamborov*) na pevné dutinky alebo oceľové jadrá. Toto navíjanie je posledným krokom pri výrobe papiera.

3. Úprava papiera

V tejto časti sa už papier upravuje do konečnej podoby, prevíja sa, reže, triedi, počíta a balí. Toto boli základné kroky, ktorými prejde starý papier, kým si ho opäť môžeme kúpiť v podobe nového výrobku. Okrem nich však papier môže prejsť aj inými úpravami, ktoré sa nazývajú zušľachtovacie procesy.

Zušľachtovacie procesy môžu, ale nemusia byť použité pri recyklácii papiera. Vďaka nim sa zvyšujú požadované vlastnosti papiera, kartónov aj lepeniek a odstraňujú sa tie nežiaduce. Používajú sa vo všetkých fázach recyklácie. Patrí sem: *zosvetľovanie a odfarbovanie vlákna, bielenie vlákna*

krepcovanie, mramorovanie, razenie (takto sa zobia napr. baliace obrúsky), natieranie voči masnote a vlhkosti a iné.



Viete, že papier je materiál, ktorý sa dá recyklovať ale len obmedzene. Pri opakovanom použití sekundárnych vlákien z papiera, kartónu a lepenky je potrebné brať do úvahy, že papierotvorné vlastnosti vlákien sa s rastúcim počtom recyklácii menia v dôsledku nevratného opotrebenia. Hĺbka zmien závisí od počtu cyklov použitia vlákien a od spôsobu použitia.

2.2.1.2 Recyklácia plastov

A. Materiálová (fyzikálna) recyklácia

Pri recyklácii prevládajú mechanické technológie, pri ktorých sa materiál najprv roztaví, potom tvárni a nakoniec ochladí. Rozlišujeme:

- ☒ **primárnu recykláciu** - z odpadu sa získava rovnaký alebo podobný výrobok ako bol pôvodný,
- ☒ **sekundárnu recykláciu** - z odpadu sa získava výrobok, ktorého vlastnosti sú značne odlišné od pôvodného výrobku.



Plasty z komunálneho zberu sa musia najprv vytriediť podľa druhov, čo je pomerne náročný proces. Vybieraný plastový odpad putuje do triediarní, kde sa roztriedi podľa druhu plastu a charakteru výrobku, z ktorého odpad pochádza. PET (polyetyléntereftalát) fľaše sa triedia dokonca aj podľa farebnosti. Najcennejšie sú číre bezfarebné fľaše, lebo z nich vyrobené vlákna a iné výrobky sa dajú ľubovoľne zafarbiť. Modré, zelené a inak zafarbené fľaše sa musia vytriediť samostatne. Vlákno z nich môže byť už iba tmavej farby, ktorá prerazí pôvodnú farbu fliaš a zabezpečí mu jeho rovnomerný odtieň. Po PET fľašiach sa zvyčajne z odpadu vytriedia fólie, prípadne niektoré tvrdé plasty a zvyšok tvoria tzv. zmesové plasty. Jednotlivé vytriedené frakcie plastových odpadov potom lisujú do balíkov, aby sa šetrili náklady na prepravu, zviažu sa a putujú do recyklačných zariadení. Tam prechádza komplexom mechanických operácií. Z nového

plastového materiálu možno vyrábať znova rozličné výrobky. Z fóliových odpadov sa napr. recykláciou získava regranulát, z ktorého sa znovu vyrábajú fólie, vrecia na odpadky či iné technické výrobky.

Recyklačný postup:

Separácia (triedenie) - V tejto fáze sa plasty triedia na jednotlivé druhy a oddeľujú sa od ostatných nečistôt. Metóda na triedenie je veľa, triedenie na jednotlivé druhy sa robí najčastejšie ručne, mechanicky.

Mechanická úprava odpadu - Sem patria úpravy ako drvenie, rezanie, mletie, ktorými sa odpad znižuje na požadovanú veľkosť. Výber mechanizmu závisí od fyzikálnych vlastností materiálu, tvrdé materiály sa jednoduchšie drvia, mäkké strihajú. Najčastejšie sa na mechanickú úpravu využívajú nožové mlyny, ktoré majú v spodnej časti sito, ktorým prepadáva namletý materiál.

Pranie - je doplnková operácia, ktorá sa robí po rozdrvení vtedy, ak sú plasty silno znečistené a ak sa používajú na výrobu kvalitnejších výrobkov. Pri praní sa môžu oddeliť rôzne druhy plastov.

Sušenie - slúži na zníženie obsahu vody v drvine. Robí sa horúcim vzduchom alebo vákuovo.

Regranulácia - pripravený plastový odpad sa roztaví. V granulovacom stroji sa z tejto hmoty vytlačujú pásy hmoty, ktoré sa ďalej režu na požadovanú veľkosť. Výsledný granulát môže mať rôzny tvar, napr. tehličiek, valčekov, šošoviek. Regranuláty predstavujú polotovary na výrobu nových výrobkov.

Spracovanie regranulátu - na výrobu plastových výrobkov z regranulátu sa využíva množstvo technologických postupov, ktoré sa používajú podľa druhu plastu a požadovaného finálneho výrobku.

Najčastejšie sa používajú tieto:

- ❖ *vytláčanie* - zohriaty plast sa vytlačí cez systém kalibrov na požadovaný profil,
- ❖ *vstrekovanie* - lisovacia metóda, pri ktorej sa roztavený plast vstrekuje do pripravenej formy,

-
- ❖ *vyfukovanie* - vyrábajú sa ním duté telesá ako fľaše a plastové fólie, hlavne z PVC (polyvinylchlorid) a PE (polyetylén).

B. Surovinová (chemická) recyklácia

Počas nej sa využívajú postupy, pri ktorých je plastový odpad vystavený rôznym chemickým reakciám pri zvýšených teplotách. Medzi takéto postupy patrí pyrolýza, glykolýza, hydrolýza a mnohé ďalšie.

C. Energetické zhodnotenie

Pri tomto spôsobe sa využíva energetická hodnota plastových odpadov, pretože plasty sú energeticky veľmi bohaté. Z plastov sa pripravuje drť, ktorá sa zmieša s drevenými pilinami a zbytkovými opotrebovanými olejmi. Potom sa tento materiál môže použiť ako alternatívne palivo, na Slovensku napríklad v cementárni Rohožník, Ladce resp. Horné Srnie.

2.2.1.3 Recyklácia skla



Odpadové sklo je dôležitou druhotnou surovinou a v sklárstve sa využíva už veľmi dlho, pretože prináša mnohé výhody. Sklo je materiál, ktorý sa dá recyklovať neobmedzene. Musí však spĺňať určité podmienky, preto je prvým krokom pri jeho recyklácii práve úprava skla.


Úprava odpadového skla

Sklo sa zbaví nežiaducich prímiesí, roztriedi sa podľa farby a upraví sa na požadovanú veľkosť.



Sklenené črepy musia spĺňať určité technické podmienky:

- ☑ musia mať požadovaný stupeň čistoty, t.j. nesmú mať viac cudzorodých látok ako je povolené. Takýmito látkami sú keramika, porcelán, kovy, organické látky a podobne. Tieto nečistoty spôsobujú problémy pri tavení, poškadzujú pec a znižujú kvalitu výrobkov,

-
- 
- ☑ musia mať požadovanú veľkosť, črepy nesmú byť väčšie ako 5 cm,
 - ☑ musia mať podobné chemické zloženie ako suroviny na výrobu skla, ku ktorým sa pridávajú, pretože inak by zhoršili výsledné vlastnosti výrobku.

Zakladanie - príprava sklárskeho kmeňa

Sklársky kmeň zmiešaný so sklenenými črepami sa nazýva vsádzka. Pri výrobe obalového skla sa pridáva 50 - 60 % črepov. Zelené obalové sklo sa môže vyrábať aj z čistých sklenených črepov. Pridávanie sklenených črepov má pri výrobe skla mnohé výhody. Hlavnou z nich je, že uľahčujú tavenie skla.

Tavenie - takto pripravená vsádzka sa presunie do taviacej pece, kde sa zmes pri vysokých teplotách (1400 - 1600 °C) roztaví. Tavenie môžeme rozdeliť na tri samostatné procesy:

- ❖ vlastné tavenie,
- ❖ homogenizácia a čírenie skla,
- ❖ ochladzovanie skla na pracovnú teplotu.



Tvarovanie - v tejto fáze dochádza k vytvoreniu výrobku, buď ručne alebo prostredníctvom tvarovacích strojov - feedrov (zariadenie pripravujúce dávku skloviny na spracovanie). Sklo sa môže tvarovať:

- ❖ fúkaním - duté predmety ako fľaše, vázy,
- ❖ vyťahovaním - takto sa medzi valcami vyťahuje tabuľové sklo, vyťahovaním sa vyrábajú aj sklenené vlákna,
- ❖ liatím - odlievaním vo forme, sa vyrábajú rôzne drobné spotrebné predmety, ako misky, popolníky,
- ❖ lisovaním - sa vyrábajú drobné predmety, ako gombíky, bižutéria.

Chladenie - výrobok zo skla sa musí po dokončení pomaly chladiť, aby sa v sklovine stabilizovalo vnútorné napätie. Ak sa sklo ochladí rýchlo, praskne. Chladenie prebieha v chladiacich peciach, trvá obvykle 2 hodiny a výrobok opúšťa pec pri teplote okolo 50 - 200 °C.

Zušľachtovanie alebo rafinovanie - táto fáza zahŕňa posledné úpravy a dekoráciu výrobkov. Vychladnutý výrobok sa môže zdobiť brúsením, rezaním, rytím, leptaním, maľovaním a podobne.

Kontrola hotových výrobkov - kontrolné prístroje dôkladne preveria všetky kvalitatívne parametre výrobku.

Balenie a uskladnenie výrobkov - balenie a uskladnenie výrobkov je poslednou etapou pred odbytom.

Sklo ako obal je vysoko kvalitný a ekologický obal. Vyznačuje sa nasledujúcimi vlastnosťami:

- ☒ dokonale hygienický,
- ☒ chuťovo neutrálny,
- ☒ farebne rozdielny,
- ☒ tvarovo rozmanitý,
- ☒ z prírodných surovín,
- ☒ 100 % recyklovateľný.



Bez skla si nedokážeme náš každodenný život predstaviť. Sklené obaly najrôznejších tvarov i farebných odtieňov nachádzajú široké uplatnenie nielen v potravinárskom priemysle, ale aj v oblasti farmaceutického priemyslu či kozmetiky. Sklo pochádza z prírody. Vyrába sa zo surovín, ktoré sa v prírode vyskytujú vo veľkom množstve, napr. z piesku, vápenca, dolomitu, živca a zo sódy. V závislosti od farby sa pri výrobe skla môže využiť až 100 % sklených črepov. Sklo je materiál 100 % recyklovateľný a možno ho recyklovať donekonečna. Procesom recyklácie si sklo uchováva také isté fyzikálne, chemické či hygienické vlastnosti, ako keby bolo vyrobené z prírodných zdrojov - piesku, vápenca a sódy.

Recyklačný kolobeh

1. ZBER

Na začiatku kolobehu sú zberné kontajnery na odpadové obalové sklo. Črepy sa v rámci zberného systému dostávajú do sklárne.

2. ÚPRAVA ČREPOV

Na linke na úpravu črepov sa sklené črepy triedia pomocou špeciálnych technológií. Tu sa odstraňujú nežiaduce prímеси.

3. VÝROBA NOVÉHO OBALU

Z upravených črepov vyrába Vetropack Nemšová nové sklené obaly, ktoré majú rovnaké fyzikálne, chemické aj hygienické vlastnosti, ako keby boli vyrobené z prírodných materiálov.

6. SPOTREBA

Výrobok v sklenom obale sa dostáva do obchodu, kde si ho môže spotrebiteľ zakúpiť. Odpad zo skleného obalu by sa mal dostať opäť do kontajneru a kolobeh začína odznova.

5. PLNENIE

Sklený obal slúži ako ochrana i ako marketingový nástroj pri predaji najrôznejších nápojov, potravín, kozmetiky, či liekov.

4. PREPRAVA

Sklený obal putuje k výrobcovi a plničovi potravín a nápojov. Vetropack Nemšová vyrobí každoročne vyše 450 miliónov obalov zo skla.



2.2.1.4 Recyklácia pneumatík

Po opotrebení môže u nás putovať pneumatika na dve miesta. Na protektorovanie, pri ktorom sa obnoví vrstva gummy, alebo na recyklovanie. Protektorovanie je výhodnou obnovou opotrebovanej pneumatiky, predlžuje jej životnosť. Môže sa robiť za studena alebo za tepla.



Jedna pneumatika sa dá protektorovať dvakrát, výnimočne aj trikrát. Po tejto fáze, keď sa už pneumatika nedá obnovovať, je určená na recykláciu. U nás sa spracovávajú opotrebované pneumatiky v dvoch závodoch – v EKO Beluša pri Púchove a v Závode na spracovanie opotrebovaných

pneumatík a gummy v Priemyselnom parku Kechnec pri Košiciach.

Opotrebovaná pneumatika sa drví na gumový granulát rôznych veľkostí. Ten má široké využitie. Jednak slúži ako vstupná surovina pri výrobe gumových rohoží, pri výstavbe multifunkčných športovísk, ako zásyp do umelých trávnikov. Okrem toho sa z neho robia zvuk pohlcujúce protihlukové steny, pokrýva povrch detských ihrísk, pridáva sa do asfaltu na zlepšenie jazdných vlastností (hlavne ako protišmyková zložka) a je výborným materiálom i na výrobu zámkovej dlažby. Použitie gumeného granulátu je takmer neobmedzené, môže nahrádzať kamenné obrubníky, pätníky pri cestách, môže slúžiť vo forme najrôznejších panelov. Dá sa tvarovať i farbiť a prírode neškodí.

Posledným spôsobom ako zhodnotiť starú opotrebovanú pneumatiku, je jej spoluspálenie v peci pri výrobe cementu. Tam sa využijú všetky jej časti (aj kovové), vyžaduje to iba dostatočne spoľahlivé filtrovanie unikajúcich spalínových plynov. Spoluspaľovanie pneumatík pri výrobe cementu významne znižuje spotrebu zemného plynu alebo čierneho uhlia.

2.2.1.5 Recyklácia autovrakov

Percentuálne zastúpenie jednotlivých materiálov automobilu je nasledovné:

- ❖ 70,2 % železné kovy (oceľový plech, kované časti, odliatky),
- ❖ 8,7 % neželezné kovy (hliník, meď, olovo, zinok),
- ❖ 21,1 % nekovy (38 % plasty, 12 % kvapaliny, 21 % guma, 15 % ostatný materiál).

V zásade existujú tri možné prístupy k likvidácii automobilov:

Úplná demontáž – jej podstatou je, že sa v špeciálnych prevádzkach vrak automobilu postupne rozoberie na jednotlivé materiály s cieľom eliminovania akéhokoľvek odpadu a jednotlivé suroviny sa opätovne využívajú. Pri rozoberaní vraku automobilu sa odstráni motorový olej, brzdová kvapalina, akumulátor, plastové súčiastky, pneumatiky, textil, koža, farebné kovy a oceľ. Motorový olej, brzdovú kvapalinu a akumulátory je potrebné bezpečne zneškodniť. Vzhľadom na to, že dnes neexistuje trh pre všetky materiály, bude pre každý jeden materiál dôležité vytvoriť trhové prostredie. Materiál však bude musieť byť triedený a prichádzať na trh v plynulých dodávkach a veľkých množstvách, aby mohol byť aj racionálne využitý.

Selektívna demontáž - presadzuje sa recyklovanie iba tých častí automobilu, pre ktoré sa nájde uplatnenie na trhu. Tento spôsob sa vyznačuje vysokou ekonomickou efektívnosťou vyplývajúcou z predaja použitých náhradných dielov a takisto z predaja materiálov pre recyklačný trh (napr. šrot pre oceliarský priemysel). Tento prístup je preferovaný nemeckým automobilovým priemyslom.

Drvenie vrakov – na drviacej a triediacej linke, ktorá dokáže každú minútu roztrhať osobný automobil na kúsky a potom pomocou vibrácií, prúdu vzduchu, elektromagnetov a kvapalinových kúpeľov roztriediť na železo, farebné kovy a nekovový odpad. Tento spôsob má určité úskalía, ako sú možné úniky chemikálií, nedoriešená je likvidácia zvyškov z drviča, ktoré tvoria 20 – 25 % hmotnosti vozidla.





2.2.2 Biotechnologické metódy

Niektoré druhy odpadov sa môžu zneškodniť, prípadne zužitkovať nielen fyzikálnymi a chemickými postupmi, ale aj biotechnologickými (mikrobiologickými) metódami. Platí to predovšetkým o organických odpadoch.

Biotechnologické metódy prebiehajú pri miernych podmienkach: teploty do 70 °C, bez tlaku a väčšinou pri hodnotách pH blízky 7. Nedostatok týchto metód je v tom, že vo väčšine prípadov sa pracuje v zriedených vodných roztokoch a procesy sú podstatne pomalšie.

Doterajšie skúsenosti a výskum v tejto oblasti poukazujú na to, že biotechnologický spôsob zneškodňovania resp. využitia odpadov ako druhotných surovín bude mať čoraz väčší význam. Ekonomicky sa javia ako perspektívne procesy **aeróbne** (produkcia biomasy a krmiva, zneškodnenie ropných uhľovodíkov a i.), ale aj procesy **anaeróbne** (produkcia etanolu a metánu).

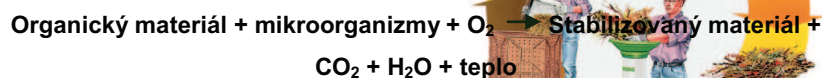
Metanizácia organických odpadov je najefektívnejším zužitkovaním najmä rôznych kalov a suspenzií organických látok s vysokým obsahom vody, kde je spaľovanie nerentabilné. Metanizácia je proces, pri ktorom za anaeróbnych podmienok zmesná kultúra mikroorganizmov postupne rozkladá biologicky rozložiteľné organické látky. Konečnými produktami tohto procesu sú „stabilizovaná“ biomasa a bioplyn. Metanizácia sa postupne začína uplatňovať aj pri zneškodňovaní netradičných druhov odpadov. Jedným z nich je komunálny odpad. Najprv sa odpad rozdrví v drviči na malé kúsky (dĺžka asi 10 cm). Magneticky sa odstráni železný podiel, využitím odstredivej sily sa odstránia ťažké anorganické časti (sklo, neželezné kovy a iné), až zostane len organický odpad. Organický odpad sa zmieša s kvapalnými odpadmi a vzniknutou zmesou sa naplnia hermeticky uzavreté reaktory, v ktorých sa počas piatich dní udržiava teplota okolo 60 °C. Za anaeróbnych podmienok prebieha zložitý rozkladný proces - metanizácia za vzniku bioplynu s obsahom metánu ako najdôležitejšej zložky. Odvodnený zvyšok možno použiť ako hnojivo v poľnohospodárstve alebo ako zdroj tepla pri spálení. Odhaduje sa, že mestské

sídliská môžu pri dnešnej úrovni technológie metanizácie kryť 5 až 7 % svojej potreby paliva plynom, získaným takýmto spôsobom.

2.2.2.1 Kompostovanie

Najčastejšie používanou biotechnologickou metódou je **kompostovanie**, pri ktorom z organických odpadov (poľnohospodárske, lesnícke, papierenské, domové a iné odpady) vznikajú najmä humusové látky. Biologickú premenu organických látok na humus spôsobujú aeróbne i anaeróbne mikroorganizmy.

Kompostovanie je riadený mikrobiálny prevažne aeróbny rozklad organickej hmoty za vzniku kompostu, v priebehu ktorého sa uvoľňujú plynné produkty mikrobiálneho metabolizmu - CO₂ a teplo. Tento rozklad popisuje nasledujúca rovnica:



Čo možno kompostovať?

Kompostovať možno všetky netoxické organické materiály (tab. 4), ktoré vznikajú v domácnosti a v záhrade. Vo všeobecnosti hovoríme takýmto materiálom **bioodpad**, ktorý je schopný anaeróbného alebo aeróbného rozkladu a tvorí 45 % komunálneho odpadu.

Tabuľka 4: Odpad vhodný na kompostovanie

Odpad z kuchyne	Odpad zo záhrad	Iný odpad
zvyšky z čistenia ovocia a zeleniny	kvety, pokosená tráva	popol z dreva
zvyšky jedál	konáre, lístie	hobliny, drevené piliny
potraviny	zhnité ovocie	hnoj a trus
čaj, kávový výluh	vypletá burina	vlasý, perie
potravínami znečistený papier	zemina	papierové obrúsky a servítky



Tabuľka 5: Odpad nevhodný na kompostovanie

Druhotné suroviny	Problémové látky	Iný odpad
plasty	farby, chemické prostriedky	prach zo smetí a vysávania
sklo	staré lieky	časti rastlín napadnuté chorobami
textil	staré oleje	kosti a mäso
kovy	batérie	mliečne výrobky



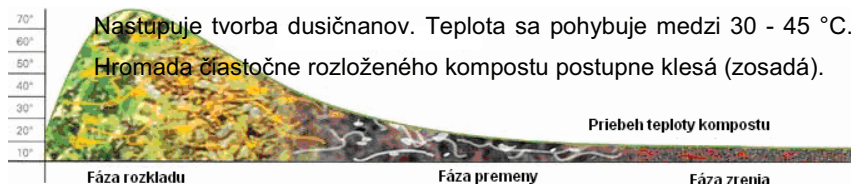
Kompostovanie prebieha v nasledujúcich fázach:

1. Fáza odbúravania (termofilná fáza, fáza hygienizácie)

- 1 - 3 týždne: mikrobiologickou činnosťou prebieha rozklad v prvých dňoch veľmi rýchlo. Teplota dosahuje až 70 °C. Ľahko odbúrateľné makromolekuly ako bielkoviny a škrob, podporujú rozmnožovanie a činnosť baktérií. Ich látkovou výmenou vzniká teplo. Jednoduché molekuly, ktoré vznikli rozkladom makromolekúl, odchádzajú z kompostu ako plyny (CO_2 , NH_3 , H_2O ,...) alebo vo výluhu (hlavne živiny) alebo sú využité pre tvorbu buniek mikroorganizmov či humusových látok (to až v ďalších fázach kompostovania). Pri dodržiavaní základných zásad kompostovania zostáva prevažná väčšina živín v komposte. Keď teploty poklesnú, termofilné baktérie odumrú a slúžia ďalším mikroorganizmom a hubám ako potrava alebo sa zaspórujú.

2. Fáza prestavby

- 3 - 7 týždeň: ťažko stráviteľné látky (kryštalická celulóza a lignín) sú rozkladané hubami. Mikrobiologická činnosť sa spomaľuje. Pri procesoch prestavby bielkovinového materiálu sa uvoľňuje amoniak. Nastupuje tvorba dusičnanov. Teplota sa pohybuje medzi 30 - 45 °C. Hromada čiastočne rozloženého kompostu postupne klesá (zosadá).



3. Fáza výstavby

- ▶ 8 - 12 týždeň: nastupuje tvorba humusových látok a hromadné rozmnožovanie malých živočíchov ako roztočov, chvostoskokov, nematód, ktoré brzdia rast húb. Prichádzajú aj niektoré druhy dážďoviek, najmä *Eisenia foetida* (dážďovka hnojná), zodpovedná za tvorbu stabilných hrudiek alebo koprolytov, čo sú, laicky povedané, dážďovkové výkaly, ktoré majú skvelé hnojivové a fytosanitárne vlastnosti.

4. Fáza stabilizácie a dozrievania

- ▶ Prechod do poslednej fázy je plynulý. Dážďovky opúšťajú kompost. V tejto fáze už prevládajú humifikačné procesy, pri ktorých sa vytvárajú humusové látky (humínové kyseliny, fulvokyseliny,...), vďaka ktorým má vznikajúci kompost tmavohnedú farbu. Humifikačné procesy vyžadujú ako aeróbne, tak i anaeróbne prostredie, preto v tejto fáze už nie je vhodné prekopávať. Ľahká a hrudkovitá štruktúra vypovedá o dokončenom rozklade.

Kompost by mal mať nasledujúce parametre:

- ☒ vlhkosť (40 - 65 hm.%),
- ☒ pH (6,0 - 8,5),
- ☒ pomer dusikátých (hnoj, trus, tráva, kuch. bioodpad...) a uhľikátých látok (piliny, hobliny, listie, papier...) (C:N =30 - 35:1).



Čo je vermikompostovanie?

Vermikompostovanie je kompostovanie pomocou dážďoviek, ktorého výsledným produktom je **vermikompost**. Princíp výroby vermikompostu je založený na **schopnosti dážďoviek** premieňať vo svojom tráviacom trakte organickú hmotu, pričom vylučujú látky bohaté na živiny.



3 MÁLODPADOVÉ A BEZODPADOVÉ TECHNOLOGIE

Princíp novej stratégie vo výrobe a vo využívaní jej produktov, riešiaci problém nedostatku prírodných surovín a problém znečisťovania životného prostredia odpadmi, sú predovšetkým v racionálnejšom využívaní surovín, materiálov a energie, v znižovaní odpadov a strát vo výrobe, recirkulácii odpadov alebo v ich využívaní ako druhotných surovín v iných výrobách, vo zvýšení úžitkových vlastností a predĺžení životnosti výrobkov, vo využívaní spotrebiteľského odpadu, v komplexnom spracovaní surovín a v zavádzaní máloodpadových a bezodpadových technológií.


Kritériom, či je technológia výroby ekologicky prijateľná alebo neprijateľná, je množstvo a druh odpadu.

Bezodpadová technológia je praktické použitie znalostí, metód a prostriedkov tak, aby v rámci potrieb človeka poskytovali najracionálnejšie praktické využitie prírodných zdrojov a energie a chránili životné prostredie. Z definície vyplýva, že bezodpadová technológia je také plánovanie a riadenie priemyselnej činnosti ľudskou spoločnosťou, aby sa pri minimálnej spotrebe materiálu a energie dosiahol maximálny efekt výrobných procesov s minimálnym množstvom vznikajúcich odpadov. Pojem *bezodpadový* možno chápať ako technologické optimum, ktoré možno brať ako normu na meranie konečného stupňa efektívnosti, pri ktorej sa berú do úvahy všetky ľudské potreby.

3.1 Program odpadového hospodárstva a BAT technológie

Základným koncepčným materiálom štátu pre oblasť odpadového hospodárstva je **Program odpadového hospodárstva SR** (POH SR). Spracúva sa na všetkých úrovniach - od celoštátnej, cez krajskú až po úroveň jednotlivých pôvodcov odpadov vrátane obcí.

Program odpadového hospodárstva SR tvorí základnú koncepciu pre rozvoj rôznych podnikateľských aktivít, ktorých neoddeliteľnou súčasťou je




minimalizovanie vzniku alebo zhodnocovanie odpadov ako druhotných surovín v súlade s pravidlami EÚ pre slobodný trh kapitálu, služieb, tovaru a osôb. Programy odpadového hospodárstva predstavujú základný nástroj strategického riadenia odpadového hospodárstva v Slovenskej republike už od roku 1993. Aktuálny v poradí už 4. Program odpadového hospodárstva SR určuje strategický a koncepčný rozvoj odpadového hospodárstva SR na roky 2006 až 2010. Zároveň je prvým programom vypracovaným od vstupu Slovenskej republiky do EÚ.

Základom pre vypracovanie tohto programu boli identifikované nedostatky v oblasti odpadového hospodárstva v predošlom období a odporúčania pre nakladanie s odpadmi na nadchádzajúce obdobie rokov 2006 až 2010.

Odporúčania pre ďalšie roky sa týkajú predovšetkým problematiky separovaného zberu odpadov, materiálového zhodnocovania a zneškodňovania odpadov. Vo vzťahu k problematike separovaného zberu je potrebné pokračovať vo zvyšovaní účinnosti zberových systémov a zvyšovaní počtu vyseparovaných zložiek komunálneho odpadu. Čo sa týka materiálového zhodnocovania odpadov je potrebné zvyšovať technickú úroveň používaných technológií, zefektívniť logistiku zberných zariadení so spracovateľskými zariadeniami, podporovať rozvoj technológií na zhodnotenie odpadov a na zníženie sekundárnych odpadov pri zhodnocovaní odpadov.

Slovenská republika po svojom vstupe do EÚ, aby dosiahla úroveň vyspelých krajín, nevyhnutne musí vyčleniť viac finančných prostriedkov na rozvoj aj v oblasti infraštruktúry odpadového hospodárstva. Podľa schváleného dokumentu sa po finančnej stránke napĺňanie cieľov POH bude opierať o štyri piliere - štrukturálne fondy Európskej únie a Kohézny fond, Recyklačný fond ako neštátny zdroj, Environmentálny fond (MŽP SR) a súkromné finančné zdroje.

V rámci priemyselnej sféry je snaha zaviesť do praxe recyklačné technológie odpadov, dobudovať chýbajúce kapacity na zhodnocovanie odpadov a takisto zaviesť využívanie progresívnych BAT technológií. Pojem BAT (Best Available Technique) predstavuje také technológie, ktoré z environmentálneho hľadiska predstavujú najvýznamnejší nástroj integrovanej



prevencie a kontroly znečisťovania životného prostredia. Sú takisto najlepšie dostupnými technológiami podloženými najnovšími vedeckými poznatkami z oblasti ochrany životného prostredia. V nasledovnom období sú tieto technológie považované za nástroj strategického významu. Preto sa rovnako strategickým stáva aj využívanie výskumného a vedeckého potenciálu Slovenskej akadémie vied, technických univerzít a špecializovaných výskumných ústavov.



LITERATÚRA

- Badida M., Bosák M., Pauliková A.:** Recyklácia plastov, SJF-TU Košice, 2006., ISBN 80-8073-577-8
- Čermák O.:** Odpadové hospodárstvo – Spôsoby zberu a odstraňovania odpadov, STU Bratislava, 2007, ISBN 978-80-227-2662-7
- Gašparíková B., Gojdičová M., Gallovič P.:** Odpadové hospodárstvo SR po vstupe do EÚ. Bratislava: EPOS, 2005, ISBN 80-8057-610-6
- Chriaštel' L.:** Recyklácia odpadov, ES STU Bratislava 2000, ISBN 80-227-1403-8
- Moňok B.:** Kompostovanie - príručka o zbere a zhodnocovaní biologických odpadov, Priatelia Zeme – SPZ, 2005, ISBN 80-967972-2-0
- Piatrik M., Rusko I.:** Odpadové hospodárstvo. Banská Bystrica: UMB, 2003
- Soldán M., Soldánová Z., Michalíková A.:** Ekologické nakladanie s materiálmi a odpadmi, STU Bratislava, 2005, ISBN 80-227-2223-5
- Straka F.:** Metody likvidace tuhých odpadů, Ca Publishing Praha 1999, ISBN 80-228-1103-3
- Šooš L.:** Odpady 1 - environmentálne technológie, ES STU Bratislava, 2007, ISBN 978-80-227-2627-6
- Šopinec F.:** *Skládkovanie stále najpoužívanější spôsob zneškodňovania odpadov.* Enviromagazín MČ 2/2005, str. 10-11
- Štofila A., Chriaštel' L.:** Spracovanie a recyklácia tuhých odpadov. 1. vyd. Bratislava: STU v Bratislave, 2006, ISBN 80-227-2477-7
- Tólgýessy J., Piatrik M.:** Technológia vody, ovzdušia a tuhých odpadov, ES STU Bratislava 1994, ISBN 80-228-1103-3
- Tólgýessy J., Piatrik M.:** Zneškodňovanie a zužitkovanie tuhých odpadov. Bratislava: STU v Bratislave, 1999. 269 s. ISBN 80-227-1264-7



Autor: Ing. Zuzana SOLDÁNOVÁ
Názov: ODPADY
Miesto vydania: Trnava
Vydavateľ: Tlačové štúdio Váry pre MTF STU v Trnave
Rok vydania: 2009
Vydanie: prvé
Rozsah: 34 strán
ISBN: 978-80-89422-04-3



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA
Materiálovotechnologická fakulta
Paulínska 16
917 24 Trnava
www.mtf.stuba.sk

