

Možnosti využitia komunálneho odpadu a jeho foriem Technologické systémy zhodnotenia odpadu z pohľadu praktických aplikácií

Róbert PROCHÁZKA - Zdenek DONOVAL – Jan Valíček

Katedra kvality a strojárskych technológií, Technická fakulta, SPU v Nitre

Anotácia:

Komunálny odpad a jeho všetky súvisiace formy je fenomén, ktorý je potrebné riešiť nielen z hľadiska jeho hromadenia pri zvyšujúcej sa spotrebe a produkcii, ale aj z dôvodu dosahovania vyčerpanosti neobnoviteľných vstupných surovín, dnes využívaných či už priamo vo výrobnom procese alebo v energetike (palivo). V posledných rokoch evidujeme jeho stúpajúcu tendenciu a produkciu, čo súvisí nielen so stúpajúcou životnou úrovňou, ale hlavne so stále minimálnymi schopnosťami efektívne využiť všetky možnosti jeho využitia a spracovania pre zabezpečenie cieľov fungujúcej cirkulárnej ekonomiky. Najvýznamnejším druhom odpadu je komunálny odpad, pretože ho tvoríme všetci bez ohľadu na náš spoločenský status, bohatstvo či vzdelanie. Tvoríme ho pri bežných činnostiach, a to v domácnosti, v práci alebo v škole. A je to práve jeden z mála druhov odpadu, ktorého tvorbu môžeme obmedziť vlastným zodpovedným prístupom.

Cieľom príspevku je popísať súčasné možnosti aplikácie technologických postupov jeho zhodnocovania, ukázať hlavné trendy s popisom hlavných parametrov jednotlivých procesov z pohľadu technologických možností, ktorá je aktívna práve v praktických realizáciách na slovenskom a českom trhu.

Kľúčové slová

Zhodnotenie odpadu, technologické spracovanie, komunálny odpad, triedenie, optické systémy triedenia, recyklácia, ochrana prírody

Key Words

Waste recovery, technological processing, municipal waste, sorting, optical sorting systems, recycling, nature protection.

1. Úvod

Cieľom každej krajiny je zníženie produkcie komunálneho odpadu a jeho maximálne využitie v iných formách tak, aby recyklačný proces vyústil do minimalizácie jeho uloženia na skládku. Jeho vrátenie do obehu v akejkoľvek forme znížením alebo úplnou elimináciou neobnoviteľných vstupných surovín je úlohou cirkulárnej ekonomiky, ktorého základom je jeho zhodnotenie a spracovanie – strojnými, na trhu dostupnými technológiami. Legislatíva EÚ a s ňou prepojené legislatívy v rámci jednotlivých členských štátov jasne deklarujú potrebu zníženia množstva skládkovania KO a zvýšenia jeho recyklácie s opätovným využitím, či už ako vo forme druhej suroviny alebo paliva s jasne deklarovanými parametrami a minimálnym vplyvom na životné prostredie.

Prvým a najekonomickejším krokom predprípravy vyprodukovaného komunálneho odpadu, je zníženie jeho produkcie v mieste spotreby, následne jeho dobré predtriedenie, mechanická recyklácia spracovaním na jeho využiteľné formy. Vo všeobecnosti je po vytriedení možné jeho opätovné využitie či ako druhotnej suroviny opätovne vo výrobe resp. v energetike ako palivo vo forme tuhého alternatívneho paliva (TAP) pre energetické zariadenia (výroba tepla, elektriny alebo chladu). Príprave predchádza dôkladné tepelné zhodnotenie jeho organickej zložky a eliminácia nevhodných anorganických prísad obsiahnutých v samotnom komunálnom odpade (napr. PVC).

2. Formy komunálneho odpadu a jeho technologické spracovanie

Komunálny odpad (KO) predstavuje veľmi rozmanitú zmes rôznych materiálov a líši sa svojim zložením v závislosti na druhu sídla a zástavbe (obec – rodinné domy, mesto – bytové domy). V súčasnosti sú známe a využívané formy jeho spracovania v nasledovnom rozdelení:

- 1) **Plastový odpad (PKO)** (zastúpenie 5% v KO).
Pre spracovanie PKO sa používajú mechanické a automatické systémy (Optické/rontgenové/laserové) pre mechanické vytriedenie plastov pre opätovné využitie v procese (R-recyklát / Regranulát) alebo pre prípravu TAP.
Pre získanie využiteľných produktov v energetike – syntézny plyn, oleje, tuhá zložka - sa v súčasnosti využívajú formy splyňovania a spaľovania plastového odpadu s čiastočným alebo obmedzeným, riadeným prístupom O₂ a regulovaným teplotným polom molekulárneho štiepenia – katalytická depolymerizácia, pyrolýza, resp. termické spaľovanie.
- 2) **Elektro a kovový / nekovový odpad** (zastúpenie 1% v KO).
Pre spracovanie elektro odpadu alebo štandardného kovového/nekovového odpadu sa používajú Magnetické, nemagnetické, flotačné spôsoby vytriedenia, po jeho predošlom rozdrvení Využitie výstupov po zhodnotení ako druhotná surovina pre zlievarenský priemysel.
- 3) **Papierový odpad** (zastúpenie 3% v KO).
Papierový odpad sa spracúva predovšetkým ručným pretriedením a následným zlisovaním. V takejto forme sa posúva priamo ako druhotná surovina pre opätovné spracovanie v papierenských podnikoch .
- 4) **Sklo** (zastúpenie 2% v KO).
Spracúva sa prostredníctvom optických triediacich systémov na farebné a druhové triedenie. Využitie výstupov ako recyklát pre opätovné spracovanie bez R-degradácie výsledného produktu.
- 5) **Textil** (zastúpenie 1% v KO).
Pre textilné odpady sa využíva mechanického predtriedenia, prečistenia a v technologicky čistých formách aj možného rozvláknenia, s prísadami a lisovaním výroba zhodnotiteľného produktu (napr. STERED – pojednané v ďalšom).
- 6) **Organický odpad** (zastúpenie 18% v KO).

Množstvo organického odpadu je na Slovensku od 1.7.2021 povinné pre kuchynský odpad oddeľovať od zmesového KO. Biologický rozložiteľný komunálny odpad (BRKO) je separovaný samostatne pri zdroji. Oba druhy odpadov sa spracovávajú drvením a buď kompostovaním v aeróbnom fermentore alebo v bioplynovej stanici. Pri kuchynskom odpade je v zmysle legislatívy dôležitá biologická stabilizácia pre AT4.

7) **Zmesový a veľkorozmerový komunálny odpad (70% z KO).**

Zmesový KO je najpočetnejšou časťou KO a jeho podiel je dominantný a najmenej spracovávaný, keďže končí prevažne na skládkach. To sa v súčasnosti legislatívne mení v časovom nastavení pre milníky r.2023 / 2027 a r.2035, kedy má klesnúť podiel skládkovania na 10% a podiel jeho recyklovania až na 65%. Zvyšok bude využiteľný ako inak využiteľná forma napr. pre stavebný priemysel. Viac o formách spracovania ZKO v ďalšej časti.

8) **Ostatné časti KO a NO (ca 1-2% z KO).**

Zvyšné formy odpadu (dnes zatiaľ nezhodnotiteľné) a nebezpečný odpad sú spracovávané v autoklávoch) a následne sa umiestňujú na skládky odpadu.

Celkové možné využitie odpadu z hľadiska cirkulárnej ekonomiky resp. energetiky je možné až do výšky 95% z celkového produkovaného KO. Dnes sa pohybuje len v úrovni 40-50%.

3. Hlavné parametre proces zhodnotenia vybraných druhov KO

Jednotlivé formy komunálneho odpadu je možné zhodnocovať a to od najjednoduchších foriem až po vyspelé procesno technologické, investične náročnejšie, no pre väčšie množstvá spracovania a náročné kvalitatívne požiadavky prevádzkovo plne zodpovedajúce a ekonomicky návratné.

- **Plastový a skelný odpad - Optické triedenie :**

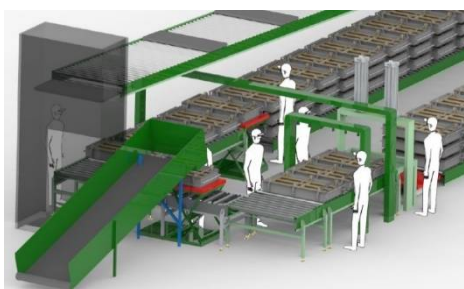


Obr.1 Spracovávaný plastový odpad a optická forma triedenia

Triediace zariadenia pracuje na báze spektrálnej analýzy viditeľných alebo videniu blízkych vlnových dĺžok pre roztriedenie zložiek plastového a skleneného odpadu. Následne sú vytriedené plasty podrvené, oprané a zgranulované ako druhotná surovina, zvyšok ako palivo (TAP). Hlavné parametre triedenia: Čistota triedenia >95%, tok spracovania >500kg, veľkosť frakcie 10-350mm

- **Textilný odpad – mechanické spracovanie**

Vybrané formy textilného odpadu (predovšetkým z automobilového priemyslu) je možné spracovávať formou rozvlákňovania a zmáčania pre opätovné použitie ako druhotná surovina (vlákno, chumáč) na výrobu izolačných, protihlukových resp. vodozádržných systémov.



Obr.2 Spracovateľný textilný odpad a linka na výrobu dosiek STERED^R

Dosky STERED sú vyrábané z 80% textilného recyklátu, spotreba na 1kg hotového výrobku len 1kWh (1m²=10kg=10kWh=1,35 CO₂)

Parametre dosiek STERED:

50mm hrubá doska zníži hlukové vyžarovanie v horizontálnom smere o 35dB

V aplikácii na strešnom plášti ušetrí 300mm hrubá doska pre budovu s pracovnou výškou 6m a použitím trvalého zavlažovania nasledovné úspory :

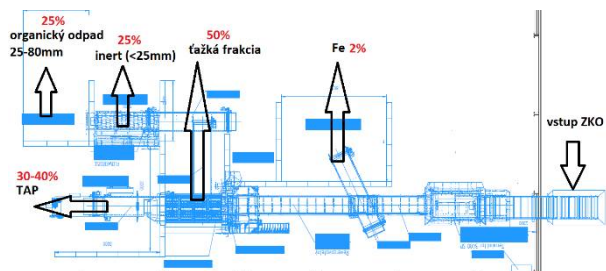
- 60kWh /m²/rok a 8kg produkcie CO₂ súvisiaci s úsporou na vykurovaní zemným plynom (dosiahnuteľné úspory do 25%)
- 130kWh /m²/rok a 18kg produkcie CO₂ súvisiaci s úsporou na chladení (dosiahnuteľné úspory do 42%)
- vyparením 650 l zadržanej vody počas zrážok v roku sa ušetrí ochladením až 422kWh energie na chladenie a 57kg CO₂ = 1,5m² odrasteného lesa.
- Zatrávnením povrchu sa zvýši fotosyntéza okolia a zníži sa produkcia CO₂ o 5kg/m²/rok



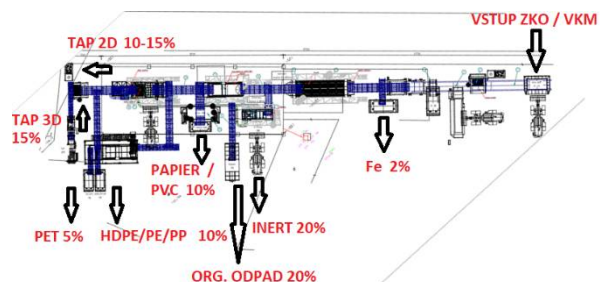
Obr.3 Aplikácie aplikácie a zatrávnenia strechy (zelená „klimatická“ strecha) s použitím obnoviteľných zdrojov OZE (napr. fotovoltaické systémy elektriny).

• **Zmesový a veľkoobjemový komunálny odpad – mechanicko biologická úprava**

Zmesový KO je najpočetnejšou formou KO. Jeho zhodnocovanie je obtiažne, keďže je morfológicky rozmanitý a nachádza sa v ňom veľa nezhodnotiteľných zložiek, vrátane biologickej časti, ktorú je potrebné pred zaskládkovaním stabilizovať v zmysle požiadaviek legislatívy. Prvá fáza mechanickej recyklácie je jeho podrvenie (vrátane veľkoobjemového odpadu) na jednotnú frakciu (zvyčajne do 350-400cm). Následne presitovanie na 2 základné frakcie- „ľahkú“ a „ťažkú“. V ťažkej sú zastúpené predovšetkým rozdrvené stavebné a biologické časti, v ľahkej zasa prevažne plastový a papierový odpad. Ťažkú frakciu ZKO je možné presitovať na jemnú so zrnitosťou < 25mm (tzv. „inert“) a túto ďalej nespracovávať. V súčasnosti je ju možné uložiť naspäť na skládku, v budúcnosti je možné jej použitie pre aplikácie zásyrov alebo podsypov. Zvyšnú väčšiu frakciu (rozsah od ca 25mm do 80mm), je potrebné biologicky stabilizovať s cieľom dosiahnutia parametrov AT4 a GS21. Následne je možné aj túto uložiť na skládku. Od r. 2022 sa predpokladá jej zníženie zo súčasných 25% na 10-15% z hmotnosti vstupného ZKO, keďže sa vplyvom samostatného zberu kuchynského a zeleného odpadu (BRKO) predpokladá jej nižšie zastúpenie v ZKO. Z ľahkej frakcie je možné magneticky a opticky oddeliť zhodnotiteľné frakcie (napr.PET, HD-PE, PVC, PP, LDPE alebo papier), a tým zvýšiť množstvo spracovaných komodít alebo vyrobiť TAP a zároveň tým znížiť množstvo konečného odpadu na skládke. Na obrázkoch 5 a 6 nižšie je zakreslená jednoduchá mechanická linka na vytriedenie základných legislatívou určených frakcií zo ZKO s výrobou TAP. Komplexnejší systém (obr.7 a 8 nižšie), ponúka možnosť dotriedenia najmä ľahkej frakcie na ďalej zhodnotiteľné komodity (vybrané plasty) a PVC pre odstránenie nežiadúceho Cl z TAP. Biozložka v oboch variantoch linky musí byť tepelne stabilizovaná, aby dosiahla požadované parametre AT4 a GS21 a mohla byť umiestnená zatiaľ na skládku.



Obr. 5 a 6 : Jednoduchá mechanická triediaca linka na ZKO a výstupy zo spracovania



Obr.7 a 8 : Komplexnejšia mechanická triediaca linka na ZKO a výstupy zo spracovania

Hlavné parametre spracovania TAP :

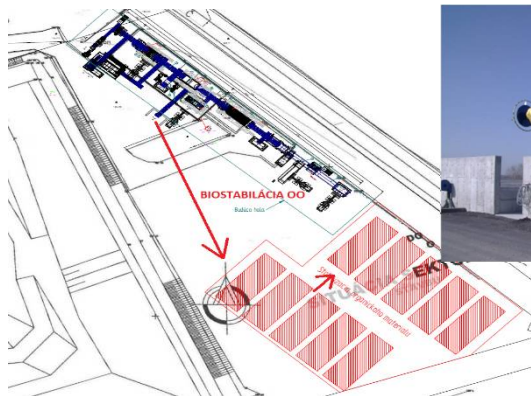
Tok spracovania >1t/hod, veľkosť vstupnej / výstupnej frakcie 350/40mm

Veľkosť pelety TAP : 25-35mm ; Výhrevnosť pelety TAP : 17-19MJ/kg ; Sušina : <5% H₂O



Obr.9,10 a 11 spracovaná TAP na výstupe a jej možné formy pre jej energetické zhodnotenie.

Pre splnenie legislatívou stanovených požiadaviek (Vyhláška 382/2018, platná od 1.1. 2023) je dosiahnutie AT4 (spotreba O₂ po 4 dňoch) a GS21 (produkcia plynov po 21 dňoch), je potrebné biofrakciu (hmotnostný podiel ca 25% z celkovej hmotnosti spracúvaného ZKO) stabilizovať. Od r. 2027 je navyše zakázané skládkovať odpad, ktorý má výhrevnosť > 6.5MJ/kg. Pre účel biostabilizácie sa používajú v súčasnosti rôzne typy stabilizačných bunkrov resp. kontajnerov s núteným a riadeným prísunom vzduchu pre využívanie riadeného fermentačného procesu. Výstupom je stabilizovaná hmota, bohužiaľ zatiaľ kvalitou nespĺňajúca požiadavky na kompostovanie, keďže obsahuje veľa kontaminantov, ktoré nie je možné aplikovať napr. do zeme. Príklady kompletného usporiadania linky na mechanické a bio-stabilizovanie ZKO („MBU“ linka) so stabilizáciou, sú znázornené na obr.12 a 13 nižšie.



Obr.12 a 13: Usporiadanie MBU v štandardnej zostave a príklad aeróbného fermentačného systému stabilizácie bio-zložky ZKO.

4. Záver

Príspevok poskytuje komplexné informácie o súčasných možnostiach technologických foriem spracovania a zhodnotenia vybraných foriem komunálneho odpadu so zacielením na reálne aplikácie z hľadiska praktických ukážok vhodných technológií. Cieľom bolo aj priblíženie foriem spracovania odpadu v praxi s prezentáciou dosiahnutých parametrov z procesov získaných výstupných komodít ako z hľadiska mechanických, tak aj energetických vlastností, predovšetkým pre zmesový komunálny odpad, ako najpočetnejšiu a najmenej riešenú časť KO. Problematika možností zhodnotenia KO je široká a stále otvorená na rozvoj a aplikáciu riešení. Veľká miera rozšírenia technologických aplikácií a využitia spracovaných foriem odpadu závisí predovšetkým na nastavení legislatívy jednotlivých krajín EÚ s možnosťami využitia aj napr. systémom dotačných mechanizmov pre spracovateľov odpadu, aby sa spracovávanie odpadu vyplatilo aj z ekonomického hľadiska a tak sa dosiahol spoločenský cieľ cirkulárnej ekonomiky. Vtedy bude mať vývoj technológií súvisiacich s aplikáciami liniek, a s tým súvisiace aj samotné spracovávanie odpadu v akejkoľvek jeho forme šancu na dosiahnutie rastu odpadu na skládkach s postupným nahradením dočerpávaných energetických neobnoviteľných surovín.

5. PodĎakovanie

Ďakujem spoločnosti VÚMZ SK, s.r.o. Nitra, za odbornú pomoc a poskytnutie publikačných materiálov z praktických aplikácií navrhovaných, inštalovaných a vyrábaných triediacich a recyklačných technologických liniek a produktov samotného zhodnocovania foriem KO.

6. Použité zdroje a literatúra

- Michaux J. (1980) Saving of Energy and Raw Materials by Recycling Plastic Waste Extracted from Urban Garbage. In: Strub A.S., Ehringer H. (eds) New Ways to Save Energy. Springer, Dordrecht; ISBN 978-94-009-8990-0; DOI https://doi.org/10.1007/978-94-009-8990-0_97.
- Bonifazi G., Serranti S. (2012) Recycling Technologies. In: Meyers R.A. (eds) Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer, New York, NY; ISBN 978-1-4419-0851-3; DOI <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3>
- ŠMELKOVÁ, E. – TESLÍK P. 2009. Bilancia separovaného zberu komunálneho odpadu. In Enviromagazín, roč. 14, 2009, č. 1, s. 30-31.
- Verejne dostupné informácie na odpadových portáloch : <https://www.odpady-portal.sk/> ; www.enviroportal.sk .
- Podnikové podklady z aplikácií od technologickej a výrobnjej spoločnosti PR Krajné, s.r.o. (www.stered.sk).
- Podnikové podklady z aplikácií od technologickej a výrobnjej spoločnosti VÚMZ SK, s.r.o., Nitra (www.vumz.sk).