

Možnosti recyklácie vybraných druhov odpadu

Analýza vybraných parametrov triedenia

Róbert PROCHÁZKA - Zdenek DONOVAL - Maroš KORENKO

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

Anotácia:

Fenoménom súčasnosti je odpad a jeho všetky súvisiace formy. Nielen z hľadiska jeho stúpajúcej tendencie a produkcie, no aj z hľadiska jeho stále nevyužívaných možností. Odpad by sa dal označiť za nepotrebný, nie však nevyužiteľný, vedľajší produkt ľudskej činnosti. Z pohľadu bežného človeka je najvýznamnejším druhom odpadu komunálny odpad. Tento odpad tvoríme všetci bez ohľadu na náš spoločenský status, bohatstvo či vzdelanie. Tvoríme ho pri bežných činnostiach, v domácnosti, práci alebo škole a je to jeden z mála druhov odpadu, ktorého tvorbu môžeme obmedziť vlastným zodpovedným prístupom. Cieľom práce bolo popísať meranie čistoty triedenia, vibrácie a hluk zariadenia. Analyzovaný druh odpadu bol železný odpad, ktorý sa nachádzal v plastovom odpade a ktorého analýza parametrov triedenia je popísaná v práci.

Annotation :

Phenomenon of the present days is the waste and its all the relevant forms. This is not only because of its rising production but also of its still not employing possibilities. Waste could be called an unnecessary, but not usable, by-product of human activity. From the point of view of a common man, the most significant type of waste is municipal waste. Municipal waste is all of us regardless of our social status, wealth, or education. We create it in ordinary activities, at home, at work, or at school, and it is one of the few types of waste whose work we can limit by our own responsible approach. The aim of the paperwork was to describe the measurement of purity, vibration and the noise. The type of waste we measured was iron waste compounded in plastic waste, which the analyse of main parameters is described in this work.

1. Kľúčové slová

Zhodnotenie odpadu, komunálny odpad, triedenie, optická linka, odpad, analýza, postup, meranie, recyklácia, budúcnosť.

2. Úvod

Komunálny odpad (KO) je v súčasnosti málo využívaný, vedľajší produkt ľudskej činnosť. Tvoríme všetci bez ohľadu na náš spoločenský status, bohatstvo či vzdelanie, všetci a pri bežných činnostiach, v domácnosti, práci alebo škole a je to jeden z mála druhov odpadu, ktorého tvorbu môžeme obmedziť vlastným zodpovedným prístupom. Cieľom každej krajiny je zníženie produkcie komunálneho odpadu a maximálne využitie vyprodukovaného v iných formách tak, aby recyklačný proces vyústil do minimalizácie jeho uloženia na skládku.

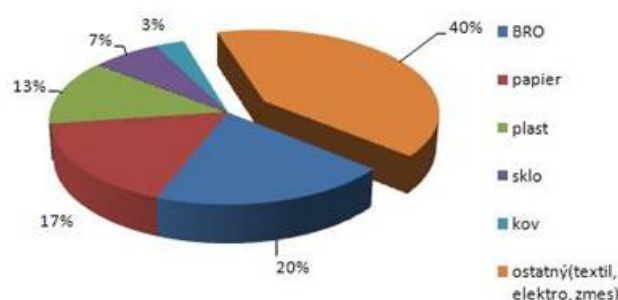
Úlohou spoločnosti je znížiť množstvo produkovaného odpadu buď znížením jeho produkcie alebo zvýšením jeho recyklácie, teda zhodnotenia využiteľných zložiek. Toho sa dá najekonomickejšie doceliť jeho dobrým pred-separovaním ešte u zdroja a následne jeho dotriedenie podľa vlastností, farieb atď. Po dotriedení je možné jeho opätovné využitie ako druhotná surovina opätovne vo výrobe alebo v energetike ako palivo pre energetické zariadenia po jeho dôkladnom tepelnom zhodnotení jeho anorganickej zložky (plasty, guma) napr. formou katalytického splynenia, pyrolýzy, resp. jeho organickej zložky, jej úprave a následnej fermentácii, výsledkom ktorej je spáliteľný metán opäť ako palivo. Pre tieto účely je potrebné nastaviť mechanizmus zhodnotenia v samotnej legislatíve, aby mal v sebe motivačný prvok.

V práci je pojednávané o jednej z možných foriem zníženia množstva, a to o procese technologického spracovania automatickou formou. Pre tento systém je prioritné sledovanie vybraných parametrov triedenia. Pre účel uvedenej analýzy nám bol poskytnutý automatický triediaci stroj typu Autosort Finder s magnetickým detekčným inteligentným systémom zachytávania feromagnetických a nemagnetických kovov v odpade - IOM (intelligent object recognition), ktorý nám poslúžil na analýzu závislosti vybraných technických parametrov triedenia počas samotného procesu na vybranej komodite – feromagnetických materiáloch, ktorou sa zaoberá samotná práca.

3. Zloženie komunálneho odpadu

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

Zloženie komunálneho odpadu



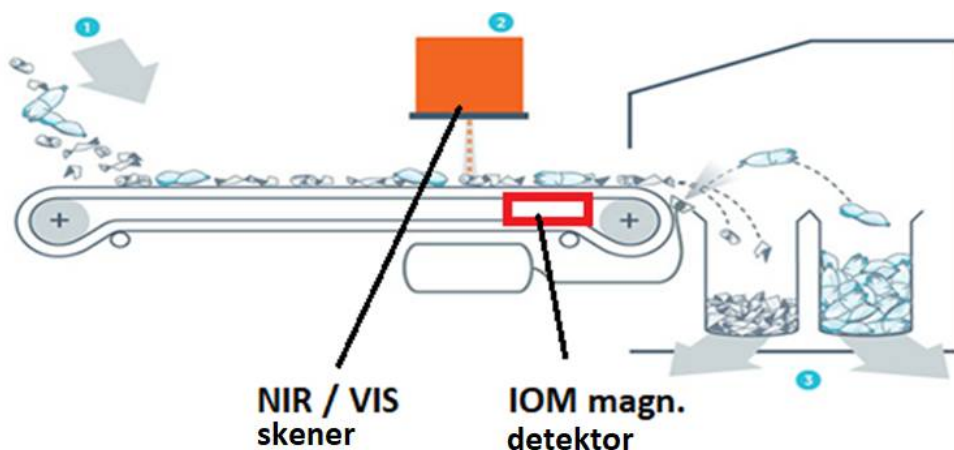
domy). V Európe sa doposiaľ uskutočnilo len málo presných analýz komunálneho odpadu, a preto sú údaje o jeho zložení len orientačné a pre každý štát iné a závisiace na mnohých vplyvoch. Z rôznych nezávislých analýz vyplýva, že zložky separovaného zberu (plast, sklo, papier, kov, bio odpad) predstavujú až 60 % objemu z komunálneho odpadu. Jedným zo zložiek komunálneho odpadu je aj kov, ktorý bol z hľadiska vhodnej a pre nás disponibilnej technológie, použitý, ako bolo spomenuté, na testovanie vybraných parametrov procesu.

4. Popis testovacieho zariadenia

Pre analýzu parametrov triedenia bolo vyššie uvedené triediace zariadenie Autosort Finder 1200, ktoré nám zapožičala spoločnosť VÚMZ SK, s.r.o. Nitra, ktorá tieto zariadenia v spolupráci s dodávateľom skenovacích a radiacích segmentov Tomra Sorting, vyrába.

Zariadenie pozostáva z hlavných častí, ktorými sú dopravník, komora, magnetický detekčný systém IOR, pneumatiký a radiaci systém samotnej jednotky.

Kovový odpad je na páse detekovaný IOR zariadením, následne po odovzdaní informácie do radiaceho systému následne vystrelený prostredníctvom tlakového vzduchu o tlaku 8-10b v perforáciách v ejekčnej líšte, po celej šírke pásu s priemerom ca 1mm, do vzdialenejšej časti komory. Do prednej časti komory padá ostatný odpad, zbavený kovových častí.



Obr.1: Princíp činnosti optického triedenia na zariadení Autosort Finder 1200
(zdroj : www.tomra.com)

Hlavné parametre stroja Autosort Finder 1200 :

Dĺžka /šírka pásu : 4500mm / 1200mm
Dĺžka /šírka komory :2200mm/2000mm
Rýchlosť pásu: 3,6 m/s

5. Popis metódy merania

Meranie prebiehalo v mesiaci jún 2018 v priestoroch spoločnosti VÚMZ SK, s.r.o. Nitra. Ako vybrané parametre analýzy a samotného merania boli pri presných zmenách rýchlosti pásu v rámci pohybu materiálu nad magnetickým detektorom kovov (kapacity triedenia) :

- čistota celkového vytriedenia kovových častí z plastového mixu (popísaný nižšie)
- vibrácie zariadenia (merané 2 miesta – pri motore a na ráme pod dopravníkom)
- hlučnosť zariadenia

Odpad bol tvorený mixom železného odpadu zakomponovanom v plastovom odpade (PET + drogéria (PP/PE).

Pozn.: Podmienky na separáciu triedeného materiálu neboli ideálne, keďže stroj bol umiestnený po jeho výrobe len na podlahe a distribúcia oboch prúdov odpadu (vytriedený a zostatkový) vzhľadom k uvedenému nebola v štandardnom uložení ako býva v technologickej linke počas prevádzky (triediace stroje sú štandardne umiestnené nad odoberacími dopravníkmi s výsypanými časťami, ktoré zberajú všetky vystreľované časti cez svoje výsyvky bez strát po ich vystrelení. Z hľadiska eliminovania vplyvu penetrácie jednotlivých častí medzi sebou sme použili koeficient nepresnosti 20%. Uvedená aplikácia koeficientu vo výpočtoch v jednotlivých sledovaných parametroch nemala vplyv na uvedené výsledky závislosti parametrov triedenia.

Pre uvedený postup sme použili vzorec aplikácie faktoru nepresnosti :

$$E = E_{test} \times 1,2$$

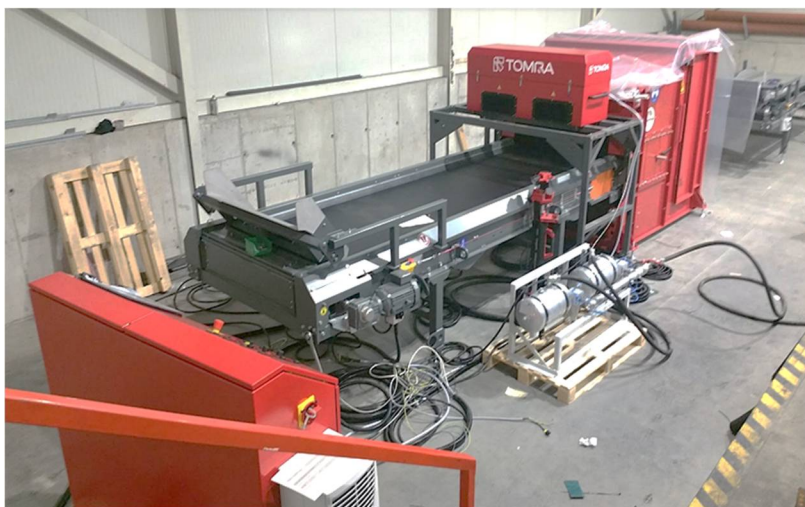
kde :

E – korigovaná čistota triedenia

E_{test} – čistota meraná počas triedenia (cyklu)

Objem a váha triedených a netriedených materiálov :

- PET/drogéria : 2,1 kg
- Kovový materiál : 3,0 kg
- Celkovo odpad : 5,1 kg



Obr. 2: Znázornenie testovacieho stroja Autosort Finder 1200

Ako bolo vyššie zmienené, v samotnom meraní boli nastavené kroky rôznych rýchlostí pásu, ktorý bol ovládaný cez frekvenčný menič v úrovniach 40% , 55% , 70% , 85% , 100%. V nastavených rýchlostiach sa previedli 3 opakované merania pre elimináciu náhodných stavov, z ktorých sa vyhotovil aritmetický priemer :

$$f(\text{priemer}) = (\sum_{n=1}^5 (a_n)) / n$$

kde :

a – je konkrétne meranie a

n – počet testovacích kôl, počas ktorých sa merali výsledky

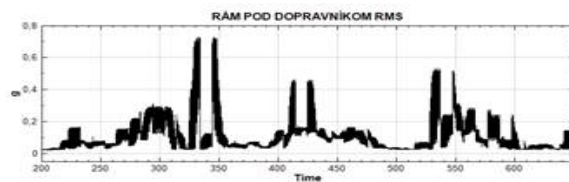
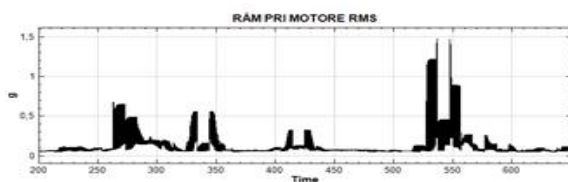
6. Výsledky merania

I. Meranie : rýchlosť pásu 40% z nominálnej hodnoty (1,44m/s) :

A) Čistota triedenia

otáčky (m/s)		netriedený tok		triedený tok			
		Fe	PET	Fe	PET		
40%	1,44	meranie 1	0,91	1,00	1,95	1,09	
		korekcia Fe k množstvu	1,05	0,95	1,00	2,05	1,09
		korekcia k ost.vplyvom		0,54	1,00	2,46	1,09
		účinnosť separácie / kontaminácia			82%	52%	

B) Vibrácie



C) Hlučnosť

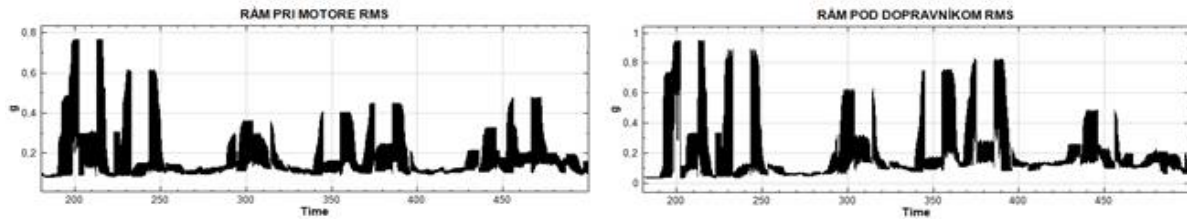
LA	LACq	LAmx	LCpeak	
67,20	88,20	98,10	111,60	dB

II. Meranie : rýchlosť pásu 55% z nominálnej hodnoty (1,98 m/s) :

A) Čistota triedenia

55%	1,98	meranie 2		0,95	1,13	1,77	0,96
		korekcia Fe	1,10	1,05	1,13	1,95	0,96
		korekcia k ost.vplyvom		0,66	1,13	2,34	0,96
						78%	46%

B) Vibrácie



C) Hlučnosť

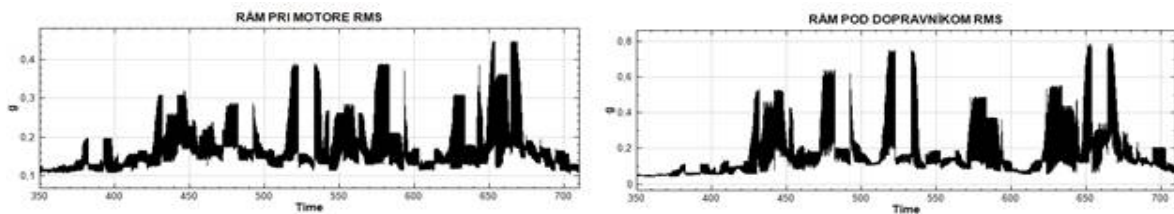
LA	LACq	LAmx	LCpeak	
70,10	93,00	98,90	112,20	dB

III. Meranie : rýchlosť pásu 70% z nominálnej hodnoty (2,52 m/s) :

A) Čistota triedenia

70%	2,52	meranie 3		1,57	0,94	1,17	1,15
		korekcia Fe	1,09	1,72	0,94	1,28	1,15
		korekcia k ost.vplyvom		1,46	0,94	1,54	1,15
						51%	55%

B) Vibrácie



C) Hlučnosť

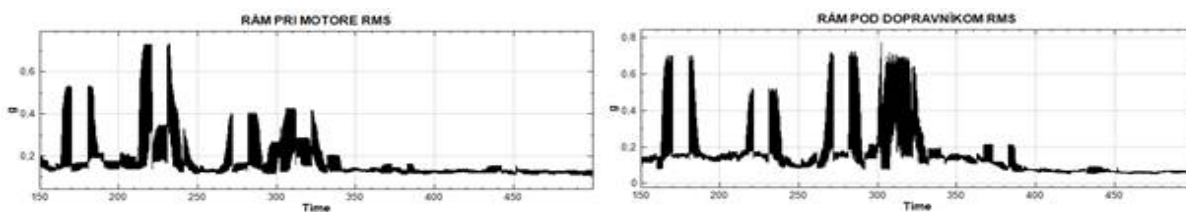
LA	LACq	LAmx	LCpeak	
66,00	92,00	99,70	111,80	dB

IV. Meranie : rýchlosť pásu 85% z nominálnej hodnoty (3,06 m/s) :

A) Čistota triedenia

85%	3,06	meranie 4		1,25	0,99	1,55	1,10
		korekcia Fe	1,07	1,34	0,99	1,66	1,10
		korekcia k ost.vplyvom		1,01	0,99	1,99	1,10
						66%	53%

B) Vibrácie



C) Hlučnosť

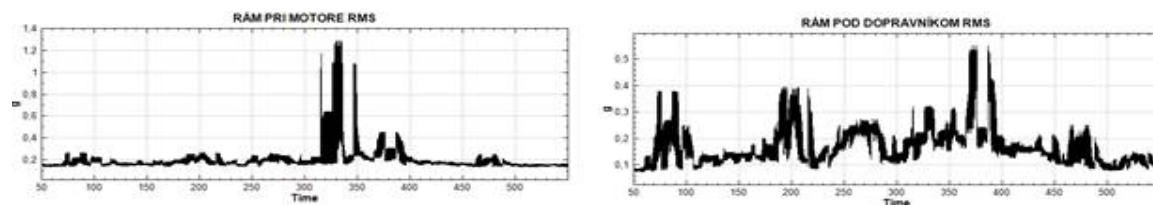
LA	LACq	LAmx	LCpeak	
72,30	96,00	101,90	113,10	dB

V. Meranie : rýchlosť pásu 100% z nominálnej hodnoty (3,60 m/s) :

A) Čistota triedenia

100%	3,60	meranie 5		0,98	1,06	1,82	1,03
		korekcia Fe	1,07	1,05	1,06	1,95	1,03
		korekcia k ost.vplyvom		0,66	1,06	2,34	1,03
						78%	49%

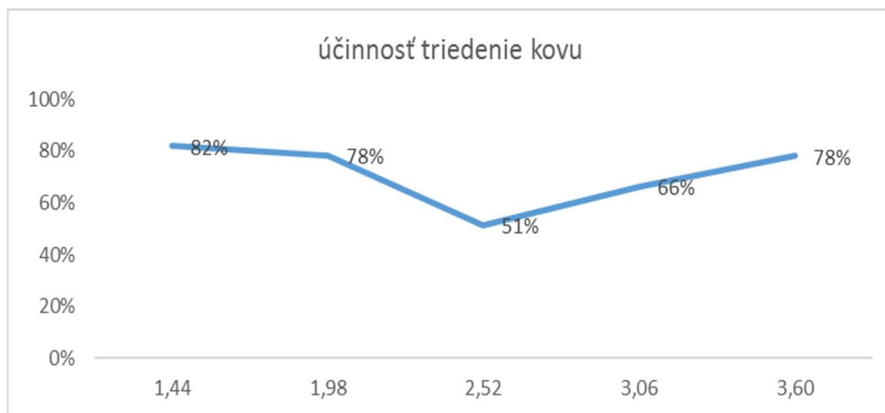
B) Vibrácie



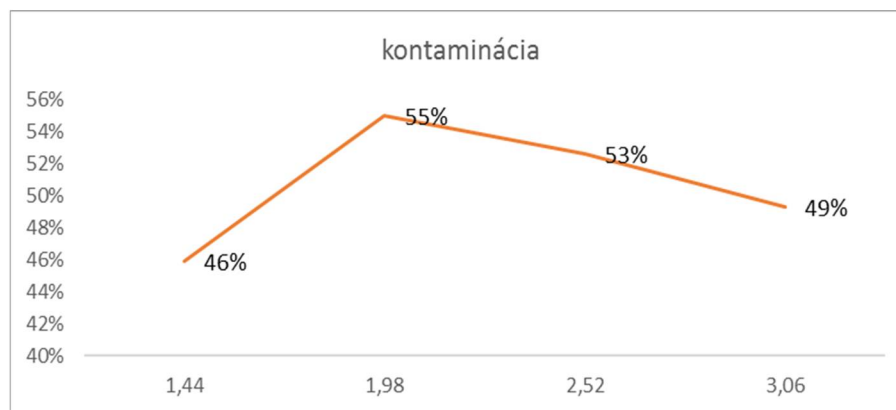
C) Čistota triedenia

LA	LACq	LAmx	LCpeak	
71,50	96,00	102,80	113,50	dB

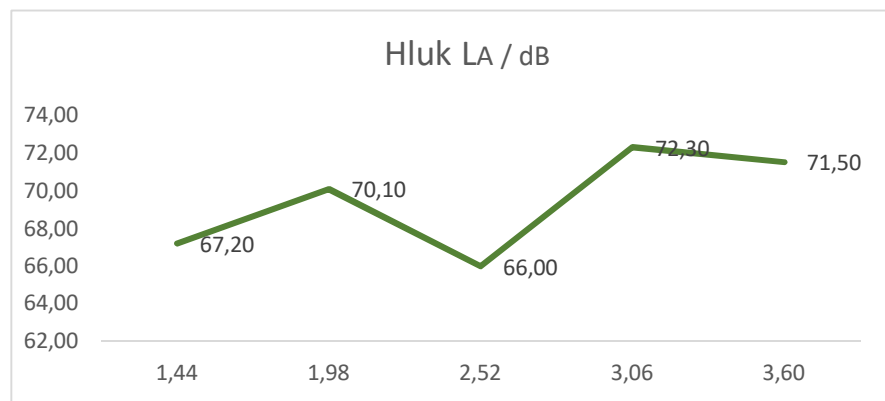
6.1. Grafické výstupy z meraní



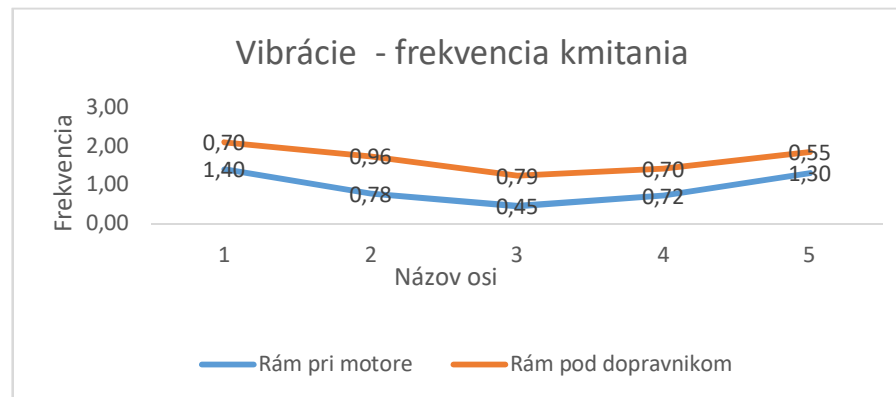
Obr. 3 účinnosť triedenia – pozitívna kontaminácia



Obr. 4 účinnosť triedenia – negatívna kontaminácia



Obr. 4 hluk pri triedení



Obr. 5 vibrácie pri triedení – pod motorom a pod rámom dopravníka

7. Záver

Merania na automatickom triediacom zariadení Autosort Flinder 1200 preukázali závislosť sledovaných parametrov čistoty triedeného materiálu, jeho kontaminácie od otáčok (resp. rýchlosti pohybu materiálu na páse dopravníka), vibrácií dopravníka v úrovni (pri hnacom motore a na ráme pod dopravníkom) spolu s hlučnosťou zariadenia. Najlepšie hodnoty čistoty triedenia (pozitívna kontaminácia) boli dosiahnuté pri 40% a 100% otáčkach. Keďže pri 100% otáčkach je však prepravovaný pri porovnateľných dosiahnutých parametroch cca 2-násobný tok spracúvaného prúdu odpadu ako pri minimálnych, ktoré boli merané, hovorí výsledok jasne pre nastavenie triedenia na otáčky blízke maximálnym, čo sa v praxi aj deje a triediace stroje sa v prevádzke nastavujú na najvyššie prevádzkové rýchlosti dopravných pásov pre skenovanie / detekciu v automatických triediacich linkách. V uvedených hodnotách čistoty triedenia boli zaznamenané aj maximálne vibrácie zariadenia. Merané boli na ráme pri hnacom motore a na ráme pod dopravníkom. Hlučnosť zariadenia dosahovala maximálne hodnoty v najvyšších otáčkach motora (rýchlosti pásu), čo je logické z hľadiska krivky v zaťaženiach pohonných systémov (elektromotor, bubny, hriadele, ložiská).

Obdobnej závislosti vplyvu rýchlosti pásu, a teda aj celkového spracúvaného odpadu, na sledovaných parametroch triediaceho cyklu, je dosiahnutých aj pri optickom triedení plastového materiálu, kedy je namiesto IOR nad odpad umiestnený skener a detekcia funguje na princípe NIR (Near Infra Red) spektrálnej analýze vlastností odpadu, ktorý je ľudskému oku neviditeľný, no dokáže podľa vlastností triedeného materiálu v infraspetre detekovať snímaný materiál, ktorý je následne vytriedený.

8. PodĎakovanie

Ďakujeme za pomoc a poskytnutie priestorov na testovanie, odborných technikov a samotného moderného triediaceho stroja spoločnostiam VÚMZ SK, Nitra a Tomra Sorting Solutions (Nemecko), pobočka Senec. Bez ich pomoci by sa testovanie nedalo uskutočniť.

Rovnako ďakujeme za odborné vedenie aj školiteľovi doc Ing. Marošovi Korenkovi, PhD., za jeho vedecké smerovanie výsledkov práce k jej následnému publikovaniu spolu s dosiahnutými závermi.

9. Použité zdroje a literatúra

- Seok-Beom Roh, Sang-Beom Park, Sung-Kwun Oh, Eun-Kyu Park, Woo Zin Choi. (01/2018); Development of intelligent sorting system realized with the aid of laser-induced breakdown spectroscopy and hybrid preprocessing algorithm-based radial basis function neural networks for recycling black plastic wastes; 01/2018, Issue 4, ISSN 1611-8227, <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0701-1>
-
- 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>
- GALOVIČ, P. 2006. Program odpadového hospodárstva SR na roky 2006 – 2010. In: Enviromagazín, roč. 9, 2006, č. 4, s. 8.
-
- ŠMELKOVÁ, E. – TESLÍK P. 2009. Bilancia separovaného zberu komunálneho odpadu. In Enviromagazín, roč. 14, 2009, č. 1, s. 30-31.
- Článok v týždenníku Odpady portal www.odpady-portal.sk / <https://www.odpady-portal.sk/Dokument/103918/eurostat-produkcia-komunalneho-dopadu-v-eu-v-roku-2016.aspx>
-
- Verejne dostupné elektronické údaje na stránke výrobcu optických skenerovacích jednotiek www.tomra.com