

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Zhodnocení tržního potenciálu elektrostatické
separace plastů**

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na elektrostatickou separaci plastů pomocí separátoru a jeho možnost využití

Klíčová slova

Elektrostatická separace, plasty, náklady, třídění, ekologie, separátor

Abstract

The bachelor thesis is focused on electrostatic separation of plastics through the separator and the possibility of using

Key words

Electrostatic separation, plastics, costs, grading, ecology, separator

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

Podpis

V Plzni dne 9.6.2015

Barbora Mikešová

Poděkování

Tímto bych rád a poděkoval vedoucímu své bakalářské práce Ing. Janu Kacerovskému za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD.....	9
1 NEJČASTĚJI POUŽÍVANÉ PLASTY.....	10
1.1 POLYETHYLEN	10
1.2 POLYPROPYLEN.....	10
1.3 POLYVINYLCHLORID	10
1.4 POLYSTYREN.....	11
1.5 POLYAMID.....	11
1.6 POLYETHYLENTEREFTALÁT	11
2 PLASTOVÝ ODPAD V ČR.....	12
2.1 TŘÍDĚNÝ PLAST	13
2.2 NETŘÍDĚNÝ PLAST.....	14
3 PŘÍPUSTNÉ NÁKLADY	15
4 PŘÍKLADY VÝPOČTU NÁKLADŮ	16
5 ZHODNOCENÍ TRŽNÍHO POTENCIÁLU	18
ZÁVĚR	19
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	20

Seznam symbolů a zkratek

PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
PS	Polystyren
PA	Polyamid
PET	Polyethylentereftalát
HDPE	Vysokohustotní polyetylen
LDPE	Nízkohustotní polyetylen
PC	Polykarbonát
POM	Polyoxymetylen
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PS HIPS	Houževnatý polystyren
PS GPPS	Standardní polystyren

Úvod

Ve své bakalářské práci se věnuji plastům a jejich elektrostatické separaci pomocí separátoru a výpočtu nákladů na jeho funkci. Hlavním důvodem, proč se v současné době řeší separace plastů, je stále více se rozšiřující se přístup k třídění obalových materiálů, které umožňují recyklaci. Rozšiřování tohoto přístupu je velice přínosné a to hlavně z pohledu ekologie jelikož v současné době podle statistického úřadu více než 70% Čechů třídí obalové materiály. Takto velká část populace naší společnosti vytváří čím dál větší množství odpadu, který je možno recyklovat. Hlavním problémem jsou pastové materiály, které se v přírodním ekosystému nedokážou sami rozložit. V roce 2014 bylo svezeno více než 106 000 tun plastových obalových materiálů, což je 67% všech použitých plastových obalových materiálů. V tomto objemu jsou v současné době obaly tříděny nejčastěji ručně. Tento způsob ovšem není moc efektivní, jelikož i kvalifikovaný pracovník nedokáže rozeznat 100% všechny druhy plastů. Tento problém vzniká hlavně díky různým úpravám plastových povrchů a technologiím výroby. V současné době se proto testuje a vyvíjí využití strojů pro elektrostatickou separaci plastů. Tento přístup velice usnadňuje a zlepšuje proces třídění plastů a opětovné využití obalových materiálů, kterých naše populace produkuje každým dnem více a více.

1 Nejčastěji používané plasty

1.1 Polyethylen

Polyethylen je termoplast, který vzniká polymerací ethenu. Vyrábí se z něj smrštitelné folie, roury, ozubená kola, ložiska, textilní vlákna, nejrůznější hračky, sáčky (mikroten) a elektrotechnická izolace. Z pohledu elektrotechniky je velice důležitý hlavně kvůli v oblasti izolací vodičů a sekundárních izolací pomocí smrštitelných folií. [1]

1.2 Polypropylen

Polypropylen je termoplastický polymer ze skupiny polyolefinů, které patří mezi nejběžnější plasty, používá se v mnoha odvětvích potravinářského a textilního průmyslu a v laboratorních vybaveních. Prodává se pod obchodním názvem Triplen, Tatren, Mosten. Polypropylen je často používán pro výrobu lan a provazů kvůli své nízké hustotě hmotnosti - lana jsou pak dostatečně lehká, takže mohou plavat na hladině.

Z pohledu elektrotechniky se PP používá jako alternativa polyvinylchloridu pro izolaci elektrických kabelů v málo větraných prostředích, především v tunelech. Polypropylen totiž při hoření neprodukuje tolik kouře a žádné toxické halogenuhlovodíky, které by mohly za vysokých teplot přispět ke vzniku různých kyselin. [2]

1.3 Polyvinylchlorid

Polyvinylchlorid je třetí nejpoužívanější umělou hmotou na Zemi. Vyrábí se polymerací vinylchloridu, což je těkavý, jemně nasládlý plyn. Od běžných plastů se liší obsahem chloru. Příčinou jeho mimořádného rozšíření jsou poměrně levné způsoby výroby vinylchloridu a významné vlastnosti jeho polymeru - snadná zpracovatelnost prakticky všemi základními postupy (válcováním, vytlačováním, vstřikováním, vyfukováním, vakuovým tvarováním atd.). Tento materiál má i velmi dobrou tepelnou odolnost. Nejvíce se využívá ve stavebnictví.

Samotný polymer se nezpracovává, pro využití se mísí s různými přísadami. Polyvinylchlorid se zpracovává buď bez změkčovadel, pouze se stabilizátory a modifikátory na tvrdé výrobky (trubky, profily, desky, apod.), nebo se změkčovadly na výrobky polotuhé až elastické (folie, nádoby, hračky, ochranné rukavice atd.). Neměkčený, tvrdý polyvinylchlorid je znám pod zobecněným obchodním označením novodur, měkčený pod názvem novoplast. [3]

1.4 Polystyren

Polystyren vzniká jako produkt polymerace styrenu. Sem patří standardní (krystalový, čirý) PS, houževnatý PS, zpěňovatelný PS (EPS), vytlačovaný pěnový PS (XPS) a kopolymery. Nejvíce je znám jako pěnový tepelně izolační polymerní materiál. Polystyren je jedním z nejrozšířenějších tepelně zpracovatelných plastů, tzv. termoplastů. Používá se v těchto třech formách jako desky, drcený anebo jako extrudovaný polystyren. Z důvodu vysoké hořlavosti se do PS přidávají bromované zpomalovače hoření. PS odpad představuje značný problém. [4]

1.5 Polyamid

Polyamid se používá ve formě vláken tzv. filamentů. Filament je označení pro „nekonečně“ dlouhé vlákno, které se používá ve výrobě. Vlákna jsou z lineárních makromolekul, v jejichž řetězcích se opakují funkční amidové skupiny. V roce 2009 se asi z poloviny filamentů vyrobily punčochy a sportovní oděvy, 26 % se použilo na technické textilie (dopravní pásy, lana, sítě, filtry, chirurgické nitě) a 20 % na podlahoviny. [5]

1.6 Polyethyltereftalát

Polyethyltereftalát je termoplast ze skupiny polyesterů. PET se uplatnil při výrobě vláken a textilních produktů vynikajících nemačkovostí a nízkou absorpcí vlhkosti, dále výrobou lahví a dalších obalových materiálů. Z obalových materiálů jsou mimo PET lahvi často používané tenké fólie, které bychom našli pod obchodním názvem Mylar. Samotná látka PET je známa pod řadou obchodních názvů: Arnite, Impet, Rynite, Ertalyte, Hostaphan,

Melinex, Dacron, Terylene, Trevira atd. Různé názvy vznikají jen na základě pojmenování výrobci případně v závislosti na výrobním procesu. V závislosti na procesu výroby pak lze vytvořit průhledný PET (amorfní) anebo mléčně zakalený PET (polykrystalický). [6]

2 Plastový odpad v ČR

Plasty jsou polymery vhodné pro recyklaci, to znamená, že je lze využít opakovaně. Největší spotřeba plastů je v potravinářství, poté ve stavebnictví, v automobilovém průmyslu, v elektronice [7].

Tab.1.1 Výskyt plastových odpadů z jednotlivých aplikací v ČR v roce 2011 (v tis. tun). [7]

	Česká republika
Odpady z obalů	243
Odpady ze stavebnictví	28
Odpady z automobilů	16
Odpady z elektroniky	18
Odpady z domácích spotřebičů	16
Odpady ze zemědělství	17
Odpady – ostatní	52
Celkem	390

Plasty se rozdrtí na malé granulky, kterým se říká granuláty. Granuláty se roztaví a přeliji se do formy na požadovaný produkt. Některé produkty mají stejné využití, jako před změnou na granuláty. Týká se to převážně PET lahví. Existují případy, kdy se granulát skládá z více druhů plastů a pak je potřeba směs separovat. V této práci se budu věnovat separaci pomocí elektrostatiky.

Granuláty se nabijí elektrostatickým nábojem pomocí tření. Podle toho, jaký máme druh plastu, se nám různé druhy plastů nabijí na rozdílné hodnoty elektrostatického náboje. Tyto nabité granuláty jsou poté vhozeny do prostoru, kde se nacházejí dvě ramena. Jedno rameno je nabitě kladně a druhé záporně. Granuláty se nám podle nabití přiblíží více k jednomu nebo druhému ramenu. Poté nám už separované granuláty spadnou do příslušné přihrádky. Každé přihrádce odpovídá určité přiblížení k ramenům.

Plasty dělíme na tříděné a netříděné. To je už určitá výhoda při separaci. Víme, že separujeme směs tříděných plastů. To znamená, že víme určitý rozsah hodnot náboje granulátu. Také jsme v obraze, co se týká ceny při nákupu nebo prodeji granulátů.

2.1 Tříděný plast

Tříděné plasty jsou ty plasty, které dáváme do žlutých popelnic. Patří sem PET láhve, sáčky, folie, polystyren, výrobky a obaly z plastů [8]. PET lahve, nejžádanější a nejrozšířenější odpad, se dotřídí obvykle ještě podle barev. Chybně vytříděné odpady a znečištěné plasty mohou sloužit jako alternativní palivo v cementárnách a jiných provozech. Pěnový polystyren se zpracovává do izolačních tvárnic případně lehčeného betonu a dalších tepelných izolací. [9] V tabulce 1.2 jsou nejčastější tříděné plasty.

Tab.1.2 označení třídících plastů [10]

PET	1
HDPE	2
LDPE	4
PP	5
PS	6

Granuláty se prodávají jednotlivě nebo ve směsích. Roztříděné granuláty mají větší cenu než směsi. Granuláty se mohou lišit barvou. Barva nám pomáhá, při určování druhu směs.

Tab. 1.3. barvy a ceny granulátů tříděných plastů [10]

PET	zelená	1,08 €/kg
HDPE	bílá	1,50 – 1,52 €/kg
LDPE	bílá	1,52 – 1,57 €/kg
PP	černá	1,42 – 1,55 €/kg
PS HIPS / PS GPPS	modrá /bílá	1,76 / 1,72 €/kg

V tabulce 1.3 vidíme barevné rozlišení plastových granulátů a cenu v eurech za kilogram tohoto granulátu.

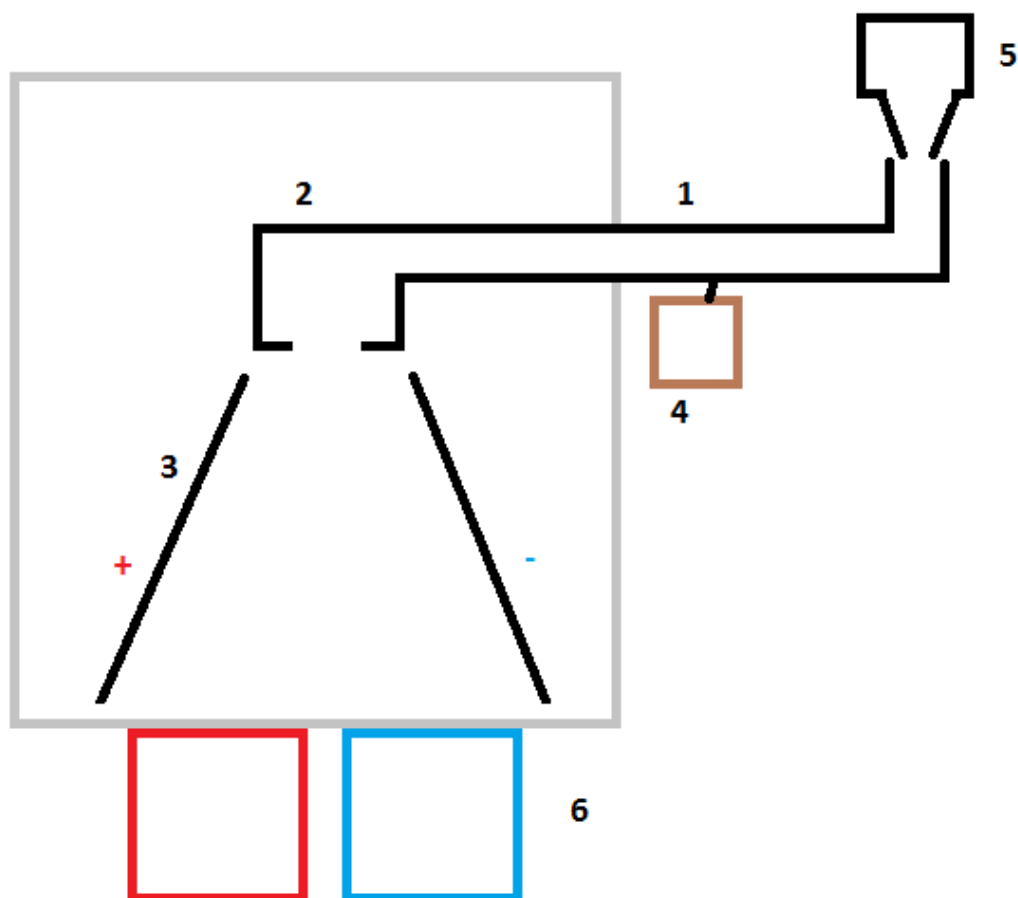
2.2 Netříděný plast

Netříděné plasty se také rozdrťí na granulát. Sem patří PVC, linolea, plastové trubky, guma, molitan, textil z umělých vláken, nádoby od léčiv, vícevrstvé obaly, pneumatiky, obaly od nebezpečných látek [8]. Druhově neroztříděné směsné plasty se zpracovávají například na stavební a zahradní prvky jakou jsou ploty, zatravnovací dlažba, protihlukové zábrany či zahradní kompostéry [9].

Tab. 1.4. barvy a ceny granulátů netříděných plastů [10]

PVC	černá	2,35 €/kg
PC/ABS	černá	2,60 / 2,12 €/kg
PVC+ABS	šedá	2,15 + 2,12 €/kg
PA6+PA6,6	bílý+černá	2,69 + 3,22 €/kg
PVC – okna	převážně bílá	2,15 €/kg
POM	bílá	2,01 €/kg

3 Přípustné náklady



Obr.1 Separátor – 1 třecí tyč, 2 vsypávač, 3 ramena s kladným a záporným nábojem, 4 zdroj, 5 doplňovací trychtýř, 6 nádoby na roztríděný plast

Je potřeba započítat všechny náklady potřebné k provozu elektrostatického separátoru. Náklady na nákup plastů nebo plastové drti. Náklady na dopravu. Jedná se o přivezení plastů a plastových granulátů, to mohou zajišťovat zaměstnanci z firmy pověřeni rozvozem. Také se může jednat o externí firmu zabývající se rozvozy odpadů. Náklady na elektrickou spotřebu. Je potřeba do místnosti dodávat elektrickou energii. Jak v podobě osvětlení, tak v podobě zdroje, který otáčí trubkou, kde se granuláty nabíjejí třením.

Všechny třídící firmy musí splňovat zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů (zákon o odpadech) a směrnici evropského parlamentu a rady (ES) č.98/2008 ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic. [11] Také by se měli řídit normami o plastech (ČSN EN 15342 – ČSN EN 15348) [12]

Stát přispívá firmám na třídění odpadu. Tento příspěvek se mění a odvádí ho producenti obalů. Distributorem je firma EKOKOM. Firma se zabývá sběrem tříděných odpadů. V současné době tento příspěvek činí 0,-kč [13]

4 Příklady výpočtu nákladů

Máme zdroj o výkonu 1000Watt. Cena jedné kWh elektrické energie se liší podle distributora a účtovaného tarifu. Pro svůj výpočet jsem použila 2 Kč/kWh. Stroj bude v provozu 8 hodin denně, 20 dní v měsíci. Zaměstnanec doplňující přístroj směsí s taxou 100 Kč/h, pracující 8 hodin denně, 20 dní v měsíci a zaměstnanec odebírající roztržený materiál. Osvětlení bude v provozu po celou dobu pracovní směny se spotřebou 100W. Náklady na provoz tedy budou počítány takto:

(Spotřeba zdroje + spotřeba osvětlení) * cena elektřiny * počet hodin * počet dní + počet zaměstnanců * mzda * počet hodin * počet dní =
(1kW + 0,1kW) * 2kč * 8 h * 20 dní + 2* 100kč/h * 8h * 20 dní = 32 352 Kč/měsíc

Cena směsi plastové drtě je podle ceníku [14] 2000 Kč/t, cena rozříděného plastu je podle ceníku [10] je HDPE 1,5€/kg, PET je 1,08 €/kg a PP je 1,45 €/kg.

Při zpracování 1t plastu denně zaplatíme 2000 Kč za směs a dostaneme 1500 €, při kurzu 27Kč/€ dostaneme 40 500 Kč.

Dovoz plastové směsi zaměstnancem firemní dodávkou se průměrnou spotřebou 10 l/100 km a s nádrží na 70 l. Jsou náklady na dovoz od 50 km vzdáleného dodavatele.

počet km * průměrná spotřeba * cena nafty = (50 + 50) * 0,1 * 34,50 = 345 Kč

Provoz stroje je 352 Kč/měsíc a plat jednoho zaměstnance je 16 000 Kč/měsíc. Denní výdělek je 38 500 Kč. Měsíčně je to tedy 770 000 Kč. Po zaplacení energii a zaměstnanců dostaneme 737 648Kč/měsíc.

Při počátečních nákladech na separátor např. 4 mil.Kč by byl stroj splacen během první poloviny roku.

5 Zhodnocení tržního potenciálu

Když majitel najde dodavatele a odběratele v taktovém množství. Je tento separátor velmi výhodný. I v malé velikosti dokáže tento přístroj vydělat. Majitel díky této investici bude mít dostatečné finanční zdroje pro renovaci firmy. Lze si také pořídit separátor na separaci kovu od plastů.

Závěr

V případě třídění více druhů plastů hrozí nedokonalá separace. To znamená, že se bude muset provést opětovná separace na zmenšení zmetkovitosti. Při separaci dvou druhů může mít přístroj tyto rozměry: výška 1,5 metru, šířka 1 metr a hloubka 1 metr. Pod přístroj se vejdou dvě nádoby, tam bude padat separovaný plast.

Když se bude třídít více druhů, musí se zvětšit místo, kam se uloží nádoby na roztříděný plast. Z toho důvodu by se musela rozšířit vzdálenost mezi rameny, to znamená zvětšení rozměrů. To už se zvětšují rozměry celého stroje a to si už nárokuje více místa.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Polyethylen. *Wikipedie.org* [online]. [cit. 2015-03-04].
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Polyethylen>.
- [2] Polypropylen. *Wikipedie.org* [online]. [cit. 2015-03-04].
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Polypropylen>.
- [3] Polyvinylchlorid. *Wikipedie.org* [online]. [cit. 2015-03-04]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Polyvinylchlorid>.
- [4] Polystyren. *Wikipedie.org* [online]. [cit. 2015-03-04].
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Polystyren>.
- [5] Polyamidová vlákna. *Wikipedie.org* [online]. [cit. 2015-03-04].
Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Polyamidová_vlákna.
- [6] Polyethylentereftalát. *Wikipedie.org* [online]. [cit. 2015-03-04].
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Polyethylentereftalát>.
- [7] Aktuální informace o plastech a využití plastových odpadů. *Stavba.tzb-info.cz*
[online]. [cit. 2015-04-09].
Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/11996-aktualni-udaje-o-plastech-a-vyuziti-plastovych-odpadu>
- [8] Třídění odpadu. *Wikipedie.org* [online]. [cit. 2015-03-04].
Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Třídění_odpadu.
- [9] Recyklace a využití plastů. *Jaktridit.cz* [online]. [cit. 2015-03-04]. Dostupné z:
<http://www.jaktridit.cz/cz/co-se-deje-s-odpadem/recyklace-a-vyuziti-plastu>
- [10] Ceny polymerů. *Plasticportal.cz* [online]. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z:

<http://www.plasticportal.cz/cs/ceny-polymerov/lm/1>

- [11] Právní předpisy. *Ceho.cz* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z:
<http://www.ceho.cz/pravni-predpisy>
- [12] Plán odpadového hospodářství. *Mzp.cz* [online]. [cit. 2015-05-30]. Dostupné z:
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/\\$FILE/ODP-POH_CR_2015_2024_schvalena_verze_20150113.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/$FILE/ODP-POH_CR_2015_2024_schvalena_verze_20150113.pdf)
- [13] Právní předpisy. *Ekokom.cz* [online]. [cit. 2015-05-30]. Dostupné z:
<http://www.ekokom.cz/cz/klienti/uzitecne-informace-pro-klienty/pravni-predpisy-klienti>
- [14] Ceník. *Entera.cz* [online]. [cit. 2015-05-30]. Dostupné z:
<http://www.enreta.cz/index.php/cenik>