

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Bakalářská práce

**Technika a technologie zpracování sběrového papíru a
plastu**

Autor práce: Matěj Blažek

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Malat'ák, Ph.D.

2017 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Matěj Blažek

Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

Technika a technologie zpracování sběrového papíru a plastu

Název anglicky

Technique and technology of processing waste paper and plastic

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je seznámení se současnou problematikou techniky a technologie zpracování sběrového papíru a plastu. Cíle bakalářské práce vycházejí z určených klasifikačních, jakostních a specifikačních rámců vstupních surovin a charakteristiky souvisejících právních předpisů technologie zpracování sběrového papíru a plastu. Praktická část bakalářské práce zahrnuje analýzu surovin a návrh technického zařízení pro zpracování sběrového papíru a plastu.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Přehled poznatků z literatury
4. Zhodnocení technických zařízení pro zpracování sběrového papíru a plastu
5. Závěr
7. Seznam literatury

Doporučený rozsah práce

50

Klíčová slova

třídění, separace, odpadní plast a papír, lisování

Doporučené zdroje informací

Andrt, M.; Němec, E. : Obaly v logistice 1. vyd. Praha, skripta ČZU Praha, Syba, 1996, s. 77 .
Horáček, J. : Zpracovny nekovového odpadu 1. vyd Praha, skripta ČZU Praha, ČZU, 2001, s. 79.
Kuraš, M. Odpady, jejich využití a zneškodňování. 1. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 1994, s. 55
Muller, M.: Zpracovny nekovového odpadu. ČZU, Praha, 2008, 154 s.
Nesvatba, J.: Využití odpadu jako sekundární suroviny. INKOTEKA, Praha 1996. s.56.
Štěpek, J. et al.: Technologie zpracování a vlastnosti plastů. ALFA, Bratislava, 1989, 637 s.
Zákon 185/2001 Sb., o odpadech

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 20. 12. 2015

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 1. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Technika a technologie zpracování sběrového papíru a plastu vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Janu Malat'ákovi, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení a připomínky při zpracování této bakalářské práce. Dále děkuji panu Jiřímu Holešákovi, řediteli společnosti HBH odpady s.r.o. Havlíčkův Brod za poskytnutí informací o společnosti, recyklační lince a o dalších užitečných informacích pro zpracování své bakalářské práce.

Technika a technologie zpracování sběrového papíru a plastu

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá technikou a technologií zpracování plastového a papírového odpadu. Úvodní část obsahuje právní předpisy, které se vyskytují v odpadovém hospodářství. V druhé části je základní charakteristika plastu a papíru, jejich historie, značení a dělení. Další část se zabývá popisem a charakteristikou jednotlivých technologií, které se používají pro jejich zpracování. Poslední část obsahuje seznámení s konkrétním provozem, který se zabývá tříděním odpadu, vlastní stanovení svezeneho odpadu s jeho finančním ohodnocením a návrh modernizace dosavadní recyklační linky. Vlastním stanovením bylo zjištěno, že z celkového množství svezeneho odpadu je 90 % materiálově využito, 7 % energeticky a pouze 3 % skládkovány. Dále jsou představeny průměrné prodejní ceny jednotlivých druhů materiálů, kde u plastových odpadů čirý PET a u papírových odpadů bezdřevé odřezy, jsou cenově nejpřívětivější. V závěru je celá práce zhodnocena.

Klíčová slova: odpad, plast, papír, separace, recyklování, recyklační linka, lisování

Technique and technology of processing waste paper and plastic

Abstract

This bachelor thesis is about technique and technology of working of plastic and paper waste. The opening part contains regulations of law, which are used in the waste economy. In the second part, there is the main characteristic of the plastic and paper, it's concentrating on their history and division. The next part is about description and features of particular technologies, which are used for their working. The last part contains familiarization with specific operation, which is working with waste separation, the production of waste which was separate and then how was the financial profit and finally my own proposition how to make waste separation's flow lines modern. My own research shows that from the whole amount of the waste was 90 % used for secondary manufacturing, 7 % was used as an energetic source and only 3 % are used as waste disposal. Last but not least there are given average prices of each kind of material, whereas the most keenly priced are pure PET for plastic waste and wood free offcuts for paper waste. At the end is the summary of the whole work.

Keywords: waste, paper, plastic, separation, recycling, sorting line

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl práce a metodika.....	2
2.1. Cíl práce	2
2.2. Metodika.....	2
3. Legislativa odpadového hospodářství České Republiky	3
3.1. Základní právní předpisy odpadového hospodářství ČR	3
3.1.1. Zákon o odpadech	3
3.1.2. Zákon o obalech	4
3.1.3. Zákon o vodách	5
3.1.4. Zákon o ochraně ovzduší.....	5
3.1.5. Další právní předpisy odpadového hospodářství.....	5
3.2. Plány odpadového hospodářství České republiky.....	5
3.2.1. Cíle uvedené v POH ČR.....	6
4. Suroviny.....	7
4.1. Zkratky a značení	7
4.2. Plast	8
4.2.1. Historie a rozvoj plastů.....	9
4.2.2. Vlastnosti plastů	10
4.2.3. Rozdělení plastů	10
4.2.4. Využití plastů	14
4.3. Papír	14
4.3.1. Historie a rozvoj papíru	15
4.3.2. Vlastnosti papíru.....	16
4.3.3. Rozdělení papíru.....	18
4.3.4. Označování papíru.....	19
4.3.5. Využití papíru.....	20
5. Technika a technologie zpracování surovin	21
5.1. Zpracování plastového odpadu.....	21
5.1.1. Materiálová identifikace.....	21
5.1.2. Zdrobňování plastového odpadu	23
5.1.3. Konečné zpracování plastového odpadu	24

5.1.4. Termické zpracování plastů.....	28
5.2. Zpracování papírového odpadu.....	31
5.2.1. Možnosti využití papíru.....	31
5.2.2. Sběr odpadního papíru.....	32
5.2.3. Postupy zpracování papíru	32
5.2.4. Postupy používané při výrobě papíru	34
6. Třídící linka pro Havlíčkův Brod.....	37
6.1. Společnost HBH odpady s.r.o.	37
6.2. Dotříd'ovací linka HBH odpady s.r.o.	38
6.2.1. Výkonnost třídící linky.....	39
6.2.2. Tříděné suroviny.....	40
6.3. Návrh modernizace třídící linky.....	46
7. Diskuze a závěr.....	47
8. Seznam použité literatury	48

1. Úvod

V současné době patří mezi hlavní problémy světa nakládání a hospodaření s odpady. Se stále zvyšujícím se počtem obyvatel Země dochází i k nárůstu produkovaného odpadu. Ve své bakalářské práci popisuji a pracuji s dvěma velice důležitými materiály, vyskytujícími se na Zemi, a to plastem a papírem. Jejich produkce, se kvůli širokému uplatnění v mnoha odvětvích průmyslu stále zvyšuje. Proto je nutné, použitý materiál nejenom vyrábět, ale i třídit, opětovně využívat případně energeticky zhodnotit. Hlavním důvodem, proč třídit odpad, je omezit množství skládkovaného komunálního odpadu a získat z něj složky, které je možné materiálově využít.

V posledních letech se pojem recyklace vyskytuje čím dál častěji. Tento pojem je hojně využíván u společností, na internetu nebo v médiích. Co se vůbec tímto pojmem rozumí? Jedná se o postup nakládání s materiálem tak, aby po jeho ukončení životnosti byl vhodně využit. Toto využití by mělo být v první řadě materiálové a až následně po něm jiné, alternativní.

Se stále rostoucími požadavky na šetrné nakládání s odpady vůči životnímu prostředí, do kterého je zahrnuto jak třídění tak i odstraňování, se vyžaduje stále novější a kvalitnější technologie. Tyto technologie však silně zasahují do ekonomické stránky společností, na druhou stranu se jedná o ukazatele, znázorňující péči o životní prostředí.

2. Cíl práce a metodika

2.1. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je seznámení se současnou problematikou techniky a technologie zpracování sběrového papíru a plastu.

V rešeršní části je úkolem vytvořit stručný přehled o právních předpisech v odpadovém hospodářství, charakterizovat jednotlivé druhy odpadního materiálu, jejich klasifikační, jakostní a specifikační parametry. V této části bakalářské práce je také nutné zahrnout způsoby nakládání s tímto materiálem.

Praktická část bakalářské práce zahrnuje představení odpadové firmy a popis jejího provozu, analýzu zpracovávaných surovin a návrh na modernizaci technického zařízení pro zpracování sběrového papíru a plastu.

2.2. Metodika

Na základě literárního rozboru oblasti zabývající se technikou a technologií zpracování sběrového papíru a plastu provést stručné obeznámení se zařízeními pro jejich zpracování a jejich využití ve vybraném podniku.

Metody zvolené pro řešení této bakalářské práce, s ohledem na cíl uvedeny v předchozí kapitole, jsou následující:

1. Charakteristika sběrového odpadu
2. Popis jednotlivých zpracování těchto odpadů
3. Popis používané technologie ve zvoleném podniku
4. Analýza zpracovávaných surovin
5. Návrh modernizace třídící linky

3. Legislativa odpadového hospodářství České republiky

3.1. Základní právní předpisy odpadového hospodářství ČR

V České republice existují dva hlavní zákony, které se zabývají tématem odpadu. Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a Zákon o obalech č. 477/2001 Sb.

3.1.1. Zákon o odpadech

Zákon č. 185/2001 Sb. stanovuje předpisy Evropské unie a zabírá se tématem předcházení vzniku odpadu, nakládání s nimi a jeho využití. V odpadovém hospodářství ČR se jedná o hlavní zákon, který nadefinoval hierarchii nakládání s odpady.

Hierarchie nakládání s odpady:

- Předcházení vzniku
- Příprava pro znovupoužití
- Recyklace
- Jiné využití (energetické)
- Odstranění

Cílem tohoto zákona je definovat pravidla pro předcházení vzniku odpadu a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany zdraví člověka a trvale udržitelného rozvoje. Dále stanovuje práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a působnost orgánů veřejné správy.

Tento zákon platí pro všechny odpady, vyjma odpadních vod, radioaktivních materiálů, mrtvých těl zvířat, exkrementů, látek znečišťujících ovzduší, výbušnin a tak dále.

Opadem se rozumí každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit. V příloze č. 1 tohoto zákona je uveden seznam, který rozděluje odpady do skupin Q1 až Q16.

Další základní pojmy

- Nebezpečný odpad – je takový odpad, který vykazuje jednu nebo více nebezpečných vlastností.
- Komunální odpad – je veškerý odpad, který vzniká na území obce při činnosti fyzických osob.

- Odpad podobný komunálnímu odpadu – je veškerý odpad, který vzniká na území obce při činnosti právnických nebo fyzických osob oprávněných k podnikání a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadu.
- Zbavování se odpadu – dochází k němu tehdy, předá-li osoba movitou věc, uvedenou v příloze č. 1 zákona o odpadech č. 185/2001 Sb., k využití nebo k odstranění, případně oprávněné osobě ke sběru.
- Původce odpadu – je jím právnická nebo fyzická osoba oprávněná podnikat a při jejíž činnosti dochází ke vzniku odpadu, nebo jiné činnosti, při které dochází ke změně vlastností a složení odpadu. Dále se jedná o obec, která se stává vlastníkem odpadu v případě, kdy fyzická osoba odloží odpad na sběrném místě.
- Nakládání s odpady – zahrnuje shromažďování, přepravu, sběr, výkup a skladování odpadu [Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech].

3.1.2. Zákon o obalech

Zákon č. 477/2001 Sb. stanovuje předpisy Evropské unie, má za cíl chránit životní prostředí předcházením vzniku odpadu z obalů, a to zejména snižováním hmotnosti, objemu a škodlivosti obalů a chemických látek obsažených v obalech.

Vztahuje se na všechny odpady, které jsou uváděny na trh nebo do oběhu, vyjma přepravních kontejnerů využívaných v silniční, letecké nebo železniční dopravě.

Zároveň stanovuje práva a povinnosti právnických a fyzických osob při nakládání s obaly, jejich uváděním do oběhu, při využití odpadu z obalů a stanovuje poplatky a opatření.

Obalem se rozumí výrobek, který je zhotovený z jakéhokoli materiálu a je určen k pojmutí, ochraně, manipulaci, nebo je určen spotřebiteli, jestliže:

- se jedná o prodejní obal, tedy obal, který má pro konečného uživatele vytvořit prodejní jednotku.
- jedná se o prodejní obaly, které v místě nákupu tvoří skupinu prodejních jednotek, ať již je tato skupina prodávána konečnému uživateli, nebo slouží jako pomůcka pro umístění do regálů. Při jeho odstranění, se neovlivní vlastnosti výrobku.
- mají při přepravě a manipulaci prodejních jednotek nebo jejich skupiny zabránit fyzickému poškození [Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech].

3.1.3. Zákon o vodách

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, jehož účelem je ochrana povrchových a podzemních vod. Dále tento zákon stanovuje podmínky pro využívání vodních zdrojů, zachování jakosti povrchových a podzemních vod, snížení negativních účinků v době sucha nebo povodní, zajištění bezpečnosti vodních staveb a ochrana vodních ekosystémů [Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách].

3.1.4. Zákon o ochraně ovzduší

Zákon č. 2001/2012 Sb., o ochraně ovzduší, který stanovuje práva a povinnosti týkající se ochrany ovzduší, snižování množství uvolněných znečišťujících látek do ovzduší a také snížení světelného znečištění ovzduší [Zákon č. 2001/2012 Sb., o ochraně ovzduší].

3.1.5. Další právní předpisy odpadového hospodářství

- Vyhláška č. 376/2001 Sb., Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zdravotnictví o hodnocení nebezpečných vlastností odpadu
- Vyhláška č. 381/2001 Sb., Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadu, Seznam nebezpečných odpadu a seznamy odpadu a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadu a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadu (Katalog odpadu)
- Vyhláška č. 383/2001 Sb., Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady
- ČSN 64 003 Plasty – zhodnocení plastového odpadu
- ČSN 77 0052-1 Obaly; Obalové odpady
- ČSN 77 0148 EN 13430 Obaly – požadavky na obaly využitelné k recyklaci materiálu [Plán odpadového hospodářství ČR, 2012].

3.2. Plány odpadového hospodářství České republiky

Plán odpadového hospodářství České republiky (dále jen POH ČR) má za úkol stanovit cíle a opatření pro nakládání s odpady na území ČR.

POH ČR se vztahuje pro nakládání se všemi odpady s výjimkou odpadu uvedených v zákoně č. 185/2001 Sb., o odpadech v § 2 odst. 1 písmena a) až j).

POH ČR se zpracovává na dobu 10 let, a k jeho úpravě dochází při změně podmínek, podle kterých byl vypracován.

Je složen z částí:

- Úvodní část – obsahuje informace o struktuře a obsahu POH a charakteristiku ČR vymezující základní rámec pro hospodaření s odpady.
- Analytická část – definuje vývoj a aktuální stav odpadového hospodářství z hlediska produkce odpadu, tak i nakládání s nimi.
- Závazná část – jsou zde uvedeny zásady pro nakládání s odpady s dodržováním nastavené hierarchie nakládání s odpady.
- Směrná část – slouží k upřesnění plnění vytyčených cílů [Plán odpadového hospodářství ČR, 2012].

3.2.1. Cíle uvedené v POH ČR

POH ČR obsahuje cíle, kterých má být v nadcházejících letech dosaženo. Jedná se o níže uvedené:

- Předcházení vzniku odpadu a snižování měrné produkce odpadu [Program předcházení vzniku odpadů ČR, 2014].
- Minimalizace nepříznivých účinků vzniku odpadu a nakládání s nimi na lidské zdraví a životní prostředí.
- Udržitelný rozvoj společnosti a přiblížení se k evropské „recyklační společnosti“.
- Maximální využívání odpadu jako náhrady primárních zdrojů a přechod na oběhové hospodářství [Plán odpadového hospodářství ČR, 2012].

4. Suroviny

4.1. Zkratky a značení

Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky stanovuje značení obalů uváděných na trh a jejich identifikaci. Účelem tohoto zákona je zjednodušení nakládání s obaly, jejich tříděním a recyklací. Označení se skládá z grafické značky, ta je tvořena třemi šipkami a identifikačním kódem, který může být ve formě čísla nebo textu [SMEJTKOVÁ, DOBIÁŠ, 2004].

Obr. 1 Značka na obalech [Plast EKO-KOM, 2016]



Pokud se jedná o obaly složené z více materiálů, tzv. kombinované materiály, identifikační kód obsahuje písmeno C, následované lomící čarou, za kterou je písmeno materiálu, který má největší procentuální zastoupení v daném obalu [SMEJTKOVÁ, DOBIÁŠ, 2004].

Obr. 2 Značka na kombinovaných obalech [Značení kombinovaných obalů, NIS]



Následující tabulky zobrazují nejběžnější druhy plastů a papírů, se kterými se můžeme setkat na odpadních obalech.

Tab. 1 Identifikační kódy plastů [SMEJTKOVÁ, DOBLÁŠ, 2004]

Materiál	Písemný kód	Číselný kód
Polyetylentereftalát	1	PET
Polyetylen s vysokou hustotou	2	HDPE
Polyvinylchlorid	3	PVC
Polyetylen s nízkou hustotou	4	LDPE
Polypropylen	5	PP
Polystyren	6	PS
Ostatní plasty	7	-

Tab. 2 Identifikační kódy papíru [SMEJTKOVÁ, DOBLÁŠ, 2004]

Materiál	Písemný kód	Číselný kód
Vlnitá lepenka	20	PAP
Hladká lepenka	21	PAP
Papír	22	PAP
Ostatní papír	23	PAP

4.2. Plast

Jedná se o materiál, jehož základní složkou jsou polymery. Jde o látku, která je složena z molekul jednoho či více druhů atomů případně jejich skupin. Polymer je složenina dvou slov a to poly – mnoho a mer – část. Základní stavební jednotkou je monomer. Polymery se od jiných materiálů liší svou řetězcovou strukturou molekul. Plasty mohou dále obsahovat aditiva, jako jsou práškovitá plniva, barviva či změkčovadla, která upravují jejich vlastnosti [JANOVEC, 2013].

V katalogu odpadu lze plasty řadit podle místa jejich vzniku do následujících skupin:

- 02 01 04 Odpadní plasty (kromě obalů)
- 07 02 00 Odpady z výroby, ze zpracování, z distribuce a z používání plastů, syntetického kaučuku a syntetických vláken
- 12 00 00 Odpady z tváření a z fyzikální a mechanické povrchové úpravy kovů a plastů
- 15 01 02 Plastové obaly
- 16 01 19 Plasty
- 17 02 03 Plasty (součást stavebního odpadu)

- 19 12 04 Plasty a kaučuk
- 20 01 39 Plasty (součást komunálních odpadů) [vyhláška MŽP 381/2001 Sb., 2001]

Tab. 3 Produkce plastových odpadů v ČR [MŽP ČR, 2014]

Kat. č. odpadu ³	Název	2007 (t)	2008 (t)	2009 (t)	2010 (t)	2011 (t)	2012 (t)
02 01 04	Odpadní plasty (kromě obalů)	1 683	2 173	3 266	3 235	3 925	3 892
07 02 13	Plastový odpad	38 035	38 335	40 925	46 149	59 760	56 286
12 01 05	Plastové hobliny a třísky	19 734	21 337	16 994	18 731	20 821	18 454
15 01 02	Plastové obaly	120 213	170 239	140 927	127 869	148 109	147 854
16 01 19	Plasty	5 771	7 326	8 575	68 449	11 422	9 860
17 02 03	Plasty	11 580	12 381	10 771	9 313	12 447	7 950
19 12 04	Plasty a kaučuk	22 349	26 136	35 211	47 456	53 403	62 804
20 01 39	Plasty	68 955	59 931	67 804	98 775	73 937	72 907
Celkem		288 320	337 858	324 473	419 977	383 824	380 007

4.2.1. Historie a rozvoj plastů

Plasty, někdy nesprávně označovány jako umělá hmota, byly vyvinuty v druhé polovině 19. století. O tento objev se jako první zasloužil Alexandr Parkes, který své dílo představil pod názvem Parkesin. Tato nová hmota byla definována jako látka tvrdá jako rohovina, ale ohebná jako kůže, která mohla být odlévána nebo lisována, barvena a řezána [Historie plastů, MUNI].

Dalším významným krokem v rozvoji plastů byl rok 1909, kdy belgický chemik Hendrik Baekeland vynalezl první umělou pryskyřici, kterou nazval bakelit. Tato pryskyřice vznikla reakcí fenolu s formaldehydem a vyznačuje se svou pevností, lehkostí a dobrou tepelnou odolností [FACTORY AUTOMATION, 2016].

K největšímu rozmachu plastických hmot došlo mezi světovými válkami, kdy bylo vynalezeno několik nových druhů. Mezi ně patří polyetylen, polystyren, polyvinylchlorid, polyamid a teflon. V dnešní době plasty jsou plasty využívány každý den v domácnostech

nebo všech odvětvích průmyslu. Díky jejich vlastnostem dnes zastupují ostatní tradiční materiály, jako je kov, sklo, papír aj [Historie plastů, MUNI].

4.2.2. Vlastnosti plastů

Oproti kovům mají plasty vyšší tepelnou roztažnost, dobré elektroizolační vlastnosti, vysokou chemickou odolnost a nižší hustotu. Jejich zpracování (tváření, vstřikování, lisování, lití, aj.) je snadné a vhodné pro sériovou výrobu [JANOVEC, 2013].

Mezi nejdůležitější vlastnosti patří:

- Plasticita – umožňuje snadné tvarování.
- Elasticita – umožňuje odolnost vůči mechanickým rázům.
- Pevnost
- Mechanická, chemická a tepelná odolnost [SMEJTKOVÁ, 2004]

Jak bylo uvedeno výše v textu, lze měnit vlastnosti plastů pomocí příměsí, mezi které patří:

- Plniva – zajišťují plasty ohebnost a měkkost; jedná se např. o grafit, textilní nebo skleněná vlákna
- Barviva – barvivo se přidává před polymerací; určuje barevný tón plasty
- Stabilizátory – zajišťují odolnost vůči větru, teplotě a UV záření
- Nadouvadla – vytvářejí pěnovou strukturu

Poslední vlastností, která ovlivňuje životnost plastů je stárnutí. To je vyjádřeno jako časová změna vlastností polymerů [JANOVEC, 2013].

4.2.3. Rozdělení plastů

Plasty rozdělujeme na základě jejich teplotního chování podle změny jejich struktury do tří základních skupin.

Termoplasty

Při jejich ohřátí dojde k rozechvění makromolekul, což způsobí rozrušení mezimolekulárních sil. To má za následek přechod polymeru do plastického stavu, při kterém lze polymer snadno tvarovat a zpracovávat. Jedná se o fyzikální proces, který lze opakovat teoreticky bez omezení [Plasty, KSP.TUL]

Do termoplastů patří tyto plastické hmoty:

Polyetylen (PE)

Podle hustoty se rozlišují dva základní druhy polyetylenů. První, který je označován zkratkou PE-LD je vysokotlaký polyetylen s větvenou strukturou a nízkou hustotou. Druhým je nízkotlaký polyetylen označovaný jako PE-HD, který má na rozdíl od PE-LD strukturu lineární a vyšší hustotu [SMEJTKOVÁ, DOBIÁŠ, 2004].

V závislosti na struktuře, se liší vlastnosti obou hmot. Čím větší je uspořádanost struktury, tím větší má mechanickou a tepelnou odolnost. Nízkohustotní polymer je elastický i při nízkých teplotách, vysokohustotní má vysokou chemickou odolnost [SMEJTKOVÁ, DOBIÁŠ, 2004].

Polyetylen je nejpoužívanějším polymerem na světě, který se používá v obalové technice, pro výrobu hraček, mikrotenových sáčků atd [JANOVEC, 2013].

Polypropylen (PP)

Vlastnosti polypropylenu jsou podobné vlastnostem polyetylenů. Navzdory jeho nižší hustotě má dobrou chemickou a mechanickou odolnost. Je odolný vůči olejům a rozpouštědlům, ale při nízkých teplotách dochází k jeho křehnutí. Kvůli své nízké hustotě se využívá pro výrobu lan, lana se poté vyznačují nízkou hmotností. Dále je možné se s polypropylenem setkat v textilním a potravinářském průmyslu [SMEJTKOVÁ, DOBIÁŠ, 2004], [CHOTĚBORSKÝ, 2011].

Polyvinylchlorid (PVC)

Polyvinylchlorid se řadí na třetí místo celosvětového objemu výroby hned po polyetyleně a polypropyleně. PVC se vyznačuje svými dobrými mechanickými vlastnostmi, elektroizolačními vlastnostmi a dobrou chemickou a tepelnou odolností (odolný až do -150 °C). Jeho nevýhodou jsou špatné mechanické vlastnosti [JANOVEC, 2013].

Polyvinylchlorid se využívá pro potrubí, určené pro vysoké teploty nebo korozivní prostředí. Dále je možné PVC použít na podlahové krytiny, izolaci vodičů, rámy dveří a oken [CHOTĚBORSKÝ, 2011].

Polystyren (PS)

Polystyren je řazen do skupiny nejpoužívanějších plastů, a známý tepelně izolační materiál ve formě pěny. Nejvýznamnějšími vlastnostmi je jeho velká tvrdost, a odolnost vůči

kyselinám, na druhou stranu se jedná o velice křehký plast, málo odolný vůči teplotě a UV záření [JANOVEC, 2013].

Je vyráběn ve dvou formách, a to jako pěnový polystyren (EPS), který se používá jako tepelně izolační materiál a obalový materiál. Druhá forma je polystyren extrudovaný (XPS), využívaný k izolaci podlah [CHOTĚBORSKÝ, 2011].

Polymethylmetakrylát (PMMA)

Polyakrylát vznikající polymerací metylmetakrylátu a kyseliny metakrylové se využívá ve formě desek. Jeho charakteristickou vlastností je naprostá čírost. Až do teploty 80 °C si zachovává svoje mechanické vlastnosti. Materiál je snadno obrobitelný, ale kvůli nízké tvrdosti povrchu se snadno poškrábe [JANOVEC, 2013].

Využití PMMA: okna dopravních prostředků, kryty přístrojů, hodinová sklíčka, hokejové mantinely [JANOVEC, 2013].

Polyamid (PA)

Polymer, který vzniká polykondenzací aminokyselin či jejich cyklických amidů nebo polykondenzací alifatických diaminů s dikarboxylovými kyselinami. Vyznačují se svými dobrými mechanickými vlastnostmi (pevný, houževnatý, odolný proti opotřebení), vynikající teplotní odolností až do 220 °C a malou propustností plynů a aromatické páry [CHOTĚBORSKÝ, 2011].

Je vhodný pro výrobu kladek, spojovacích prvků a ozubených kol. Díky jeho pevnosti z něj lze vytvořit tenké vlákno vhodné pro textilní průmysl, rybářské vlasce, řemeny, dopravní pásy aj [JANOVEC, 2013].

Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou polymerní materiály, které stejně jako termoplasty v první fázi zahřívání měknou a jsou tvarovatelné, avšak po omezenou dobu. Při dalším zahřívání je plast převeden do netavitelného a nerozpustného stavu pomocí přivedeného tepla. Dochází ke vzniku kovalentní vazby mezi makromolekulami, které vytvoří prostorovou zesíťovanou strukturu – vytvrzování. Při opětovném pokusu roztavit nebo rozpustit plast zahřátím, dojde k jeho destrukci – jedná se o děj nevratný [CHOTĚBORSKÝ, 2011].

Do reaktoplastů patří tyto plastické hmoty:

Fenolformaldehyd (PF)

Fenolformaldehyd vzniká polymerací fenolu s formaldehydem. Materiál je tvrdý, křehký, má dobré elektroizolační vlastnosti a odolává rozpouštědlům. Výsledným produktem je novolak nebo rezol, což se odvíjí od způsobu kondenzace a poměru fenolu s formaldehydem.

Novolak se používá jako základní materiál nátěrových hmot, laků a tmelů. Rezoly se používají jako pojidla, lepidla a licí pryskyřice [CHOTĚBORSKÝ, 2011].

Epoxidy (EP)

Pod pojmem epoxidy se rozumí sloučeniny, které obsahují v molekule minimálně jednu velmi reaktivní epoxidovou skupinu. Při jejich vytvrzování dochází k minimálnímu vzniku bublin a smrštění. Výsledkem je vysoká adheze ke kovům, sklu a keramice. Epoxidy jsou pevné a mají dobré elektroizolační a chemické vlastnosti [CHOTĚBORSKÝ, 2011].

Používají se jako licí hmota k výrobě modelů, šablon a lepidel. S přidavkem (plnivem) skleněných nebo uhlíkových tkanin se využívají jako konstrukční materiály v leteckém průmyslu, díky svojí tvarové pevnosti [CHOTĚBORSKÝ, 2011].

Polyester (PES)

Jelikož část polyesterů patří do skupiny termoplastů, je obtížné je definovat. Jedná se o materiál, který se po svém vytvrzení stává velice pevný, odolný vůči chemickým a teplotním účinkům. Nejčastěji se používá jako pojivo u kompozitních materiálů a slouží k výrobě lodí, nádrží, karoserií atd [CHOTĚBORSKÝ, 2011].

Nejznámějším termoplastem, který spadá do této skupiny je polyetylenetereftalát (PET), se kterým je možné se setkat při výrobě lahví na nápoje nebo v textilním průmyslu [CHOTĚBORSKÝ, 2011].

Polyuretan (PUR)

Polyuretany jsou polyestery karbamových kyselin, u kterých k dosažení požadovaných vlastností výsledného produktu musí být vhodně zvolena chemická vazba. Polyuretan je ořezuvzdorný, tuhý až kaučukovitý plast [JANOVEC, 2013].

Využívá se jich kvůli jejich stálosti při působení vody, dobré adhezi k mnoha materiálům a odolnosti proti oděru. Jmenovitě se používají pro výrobu textilních vláken,

koleček pro průmysl nebo kolečkové brusle/skateboardy a na výrobu lepidel [JANOVEC, 2013].

Elastomery

Elastomery jsou plasty, které se vyznačují svými elastickými vlastnostmi. Stejně jako u termoplastů a reaktoplastů dochází při jejich první fázi ohřevu k měknutí, kdy jsou omezenou dobu tvarovatelné. Od ostatních plastů se liší tím, že jejich elasticita nezávisí na teplotě [JANOVEC, 2013].

Do této skupiny patří styren-butadienový kaučuk, kaučuk, butylkaučuk, silikonový kaučuk a polychloroprenový kaučuk. Z elastomerů se vyrábí různá těsnění, latexové čepice a rukavice aj [DUCHÁČEK, HRDLIČKA, 2009]

4.2.4. Využití plastů

V současné době jsou plasty na prvním místě pomyslného žebříčku materiálů používaných všude kolem nás. Na světě je každoročně vyrobeno a spotřebováno na 300 milionů tun plastu. Pozitivní zprávou je, že množství odpadu, který se využije, stoupá [Plast EKO-KOM, 2016].

V České republice zajistila společnost EKO-KOM, a.s., v roce 2016 využití a recyklaci 117 tisíc tun plastů, které jsou následně roztrženy a slisovány na dotřídňovacích linkách (denně 385 tun). Vytříděné plasty (69 % je v ČR recyklováno a využito) směřují ke zpracovatelům, kteří plast drtí, perou a přetváří suroviny pro výrobu koncových produktů [Plast EKO-KOM, 2016].

Podle druhu plastu, lze recyklované plasty využít v mnoha odvětvích, např.: ve stavebním průmyslu, výroba stolů, lavic, protihlukových bariér, zámkové dlažby, imitace dřeva atd. Dalším využitím je výroba kobereců, netkaných textilií nebo zimních bund. Pokud je plast znečištěný na tolik, že by jeho znovuvyužití bylo příliš nákladné, je drcen a využíván jako alternativní palivo v cementárnách – energetické využití [PlasticsEurope, 2016]

4.3. Papír

Papír je materiál, kde je jako hlavní vstupní surovina použita buničina, která se vyskytuje v dřevě stromů, bavlněná tkanina nebo konopí. Dalším vstupním zdrojem je již použitý recyklovaný papír, tzv. sběrový papír. Po namočení ve vodě a mletí uvedených surovin v diskových mlýnech se získají vlákna celulózy, z kterých se samotný papír vyrábí.

Tato vláknitá suspenze se nabaluje na nekonečné síto, a dochází k jejímu odvodnění. Po odebrání papíru ze síta dojde k jeho přemístění do lisu, kde se odstraní další voda v něm obsažená. Po lisovací části následuje sušení, při kterém se odstraní zbytek vody, který by nebylo možné odstranit po mechanické stránce. Finální operací je namotání papírového listu do rolí [Papír, 2015].

V katalogu odpadu lze papír řadit podle místa jejich vzniku do následujících skupin:

- 03 00 00 Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky
- 15 01 01 Papírové a lepenkové obaly
- 19 12 01 Papír a lepenka (odpady ze zařízení na zpracování odpadu)
- 20 01 01 Papír a lepenka (komunální odpady) [Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, 2016]

Tab. 4 Produkce vybraných druhů papírových obalů na území ČR [MŽP ČR, 2014]

Kat. č. odpadu ³	Název	2007 (t)	2008 (t)	2009 (t)	2010 (t)	2011 (t)	2012 (t)
030308	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci	63 599	53 855	56 453	58 548	53 109	62 084
150101	Papírové a lepenkové obaly (odpadní obaly)	427 174	489 086	477 313	546 047	566 268	530 449
191201	Papír a lepenka (ze zařízení na zpracování odpadů)	68 242	43 632	81 969	87 386	123 270	104 766
200101	Papír a lepenka (komunální odpady z obcí)	259 063	310 278	254 571	240 423	266 959	264 559
Celkem		818 078	896 851	870 306	932 404	1 009 606	961 858

4.3.1. Historie a rozvoj papíru

Ač nebyl papír prvním materiálem, na který byl člověk schopen psát, je s námi přítomen téměř 2000 let. Mezi nejznámější předchůdce papíru lze zařadit papyrus následovaný pergamenem, které až do 13. století plnily funkci materiálu pro zaznamenání myšlenek [ZUMAN, VYKYDAL, KORDA, 1985].

O objev papíru, který je podobný tomu současnému, se zasloužil čínský úředník Tsai Lun roku 105 před n. l. Při jeho pokusu nahradit tehdejší destičky vhodnějším materiálem,

vyrobil papír obsahující kůru ze stromů, konopný odpad a zbytky rybářských sítí. Výsledný materiál získal velký ohlas, protože byl lehký, skladný a bylo snadné na něj psát. V Evropě se papír objevil ve 12. století, a to na území Španělska. Na území současné České republiky se papír začal vyrábět za vlády Karla IV. v papírně v Chebu [RUČNÍ PAPÍRNA LOSINY, 2010]

Po vynalezení knihtisku došlo ke zvýšení spotřeby papíru, nedostatek surovin měl negativní vliv na průběh rozvoje výroby. V době, kdy byl pocíťován jeho nedostatek (18. stol.), se projevila snaha o zavedení strojní výroby, což mělo urychlit zdlouhavé ruční práce. Do této doby byl papír získáván z nedostatkové suroviny, hadrů. Při hledání náhradní suroviny objevil pan Keller způsob, jak získat ze dřeva potřebnou vlákninu. Ani tento objev však nestačil, proto se pro získání další vlákniny začaly využívat chemické pochody [ZUMAN, VYKYDAL, KORDA, 1985].

4.3.2. Vlastnosti papíru

V závislosti na postupu výroby a složení papíru (buničina, obsah celulózy) se odvíjejí jeho mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti.

Fyzikální vlastnosti papíru

Plošná hmotnost

Plošná hmotnost je jedním z nejdůležitějších vlastností papíru, která je vyjádřena, jako podíl hmotnosti na jednotku plochy ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$).

- papír $<150 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$
- karton $150 - 250 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$
- lepenka $>250 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ [SMEJTKOVÁ, DOBIÁŠ, 2004]

Bělost

Jedná se o optickou vlastnost papíru, která je definována jako reflektivita povrchu, neboli odrazivost. Její procentuální vyjádření se odvozuje od oxidu hořečnatého, který má odrazivost 100 %. Měří se pomocí reflektometrů nebo spektrofotometrů při vlnové délce 475 nm. Bělost ovlivňuje estetický vzhled, který má vliv na kvalitu tisku [POLYGRAFICKÉ TAHÁKY, 2009].

Dvoustrannost

Dvoustrannost vzniká při samotné výrobě papíru, a to na papírenském sítu, po kterém na spodní straně zůstává nepatrná struktura (drsňá, pórovitá). Od tohoto faktu se odvíjí charakteristika dvoustrannosti, která je definována, jako rozdíl mezi spodní a vrchní stranou papíru [KAPLANOVÁ a kol., 2010].

Rozměrová stálost

Jedná se o schopnost papíru odolávat vnějším vlivům spojených s přijímáním kapalin, po kterých může dojít k rozměrovým změnám. S rostoucí vlhkostí roste rozměr papíru, naopak při sušení dochází k jeho srážení [KAPLANOVÁ a kol., 2010].

Lesk

Lesk papíru je odvozen podle technologického postupu výroby papíru, a to především jeho povrchovou úpravou (kalandrování, natírání). Lesk papíru způsobuje zrcadlení, které je spjato se schopností odrážet dopadající světlo pod stejným úhlem, jako je úhel dopadu [KAPLANOVÁ a kol., 2010].

Mechanické vlastnosti

Pevnost

Pevnost papíru je závislá na pevnosti jednotlivých vláken a jejich vazeb. Při překročení kritické hodnoty, dojde k porušení těchto vláken a vazeb.

- pevnost v tahu
- pevnost v ohybu
- pevnost v průtlaku [PANÁK a kol., 2010]

Tvrđost

Tvrđost je schopnost papíru, která zabraňuje vniku cizího materiálu [PANÁK a kol., 2010].

Tloušťka

Tloušťka neboli volumen, představuje vzdálenost mezi protilehlými povrchy papíru [PANÁK a kol., 2010].

Tuhost

Je spjata s plošnou hmotností, tloušťkou, hustotou a tvrdostí. Jedná se o vlastnost, která je důležitá u obalové techniky, bankovních papírů případně hracích karet [PANÁK a kol., 2010].

Chemické vlastnosti

Stálost zbarvení ve vlhkém prostředí

Spočívá ve schopnosti papíru, nepřenést barvu na předmět, s kterým je papír v bezprostředním kontaktu [PANÁK a kol., 2010].

Stálost zbarvení na světle

Jde o schopnost papíru, která má zamezit změně odstínu barvy působením světla [KAPLANOVÁ a kol., 2010].

Stárnutí

Ke stárnutí papíru dochází po určité době, která je způsobená působením vnitřních a vnějších faktorů (teplo, světlo). Dojde ke změně vlastností a estetického vzhledu papíru [KAPLANOVÁ a kol., 2010].

4.3.3. Rozdělení papíru

Sběrový a odpadní papír je zařazen do normalizovaných skupin podle normy ČSN EN 643, která zároveň udává, co papír může a nemůže obsahovat. Norma obsahuje a definuje ty druhy materiálu, které mají v Evropě největší zastoupení [ČSN EN 643, 2002].

Sběrový papír a lepenka jsou zařazeny do druhů podle kvalitativního třídění surovin dle normy ČSN EN 643 takto:

Skupina 1 – Běžné druhy

- smíšené papíry a lepenky (tříděné), smíšené papíry a lepenky (netříděné), šedá lepenka, vlnitý papír a lepenka z obchodních domů, použité obaly z vlnité lepenky, neprodané časopisy, telefonní seznamy, aj.

Skupina 2 – Středně kvalitní druhy

- noviny, neprodané noviny, neprodané noviny (bez flexografického tisku), slabě potištěné bílé odřezky, slabě potištěné bílé odřezky bez lepidla, silně potištěné bílé odřezky, tříděný kancelářský papír, barevné dokumenty, aj.

Skupina 3 – Vysoce kvalitní druhy

- směs odřezků bezdřevých tiskových papírů (světlých barev), bezdřevé knihařské odřezy, roztrhané bílé odřezy, bílá bezdřevá korespondence, bezdřevý potištěný papír, bílý novinový papír, bílé odřezy, aj.

Skupina 4 – Druhy obsahující sulfátový papír

- nové odřezky vlnité lepenky, použitá vlnitá lepenka s kraftlinerem, použité a nepoužité sulfátové pytle, použitý sulfátový materiál, nový sulfátový materiál

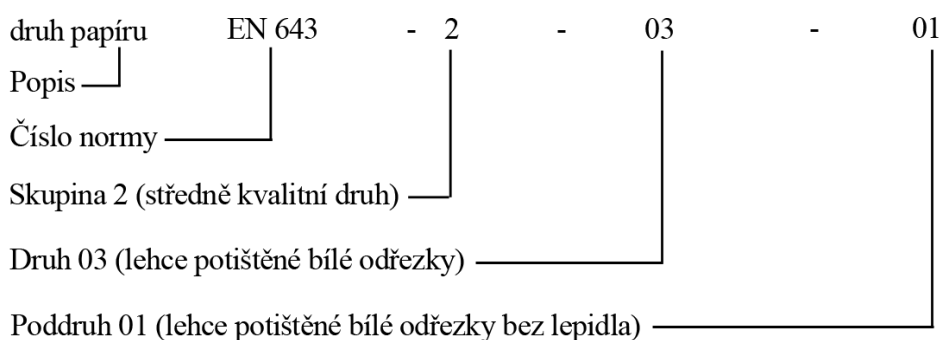
Skupina 5 – Speciální druhy

- směsný sběrový papír a lepenka, smíšené obaly, lepenkové obaly na tekutiny, obaly ze sulfátového papíru, mokré etikety, nepotištěné bílé bezdřevé papíry pevné za mokra, potištěné bílé bezdřevé papíry pevné za mokra [ČSN EN 643, 2002]

4.3.4. Označování papíru

Dle normy ČSN EN 643 je každý druh sběrového papíru očíslován dle jeho kvality a přiřazen podle kódového systému k příslušnému druhu, jak je patrné na Obr. 3. Nastane-li případ, že potřebný poddruh neexistuje, papír se připojí pod označením „00“ [ČSN EN 643, 2002].

Obr. 3 Příklad označování druhů sběrového papíru dle normy ČSN EN 643 [ČSN EN 643, 2002]



4.3.5. Využití papíru

Papír je díky svým vlastnostem jednou z nejvýznamnějších komodit pro recyklaci a následné znovuvyužití. Hlavním využitím je výroba papíru nového, případně jeho zpracování na jednotlivá vlákna [Papír EKO-KOM, 2016].

V roce 2016 společnost EKO-KOM, a.s., svezla v České republice téměř 200 tisíc tun sběrového papíru. Tento papír následně míří na dotřídovací linku, na které se podle požadavků odběratelů odseparují jeho jednotlivé druhy a odstraní nežádoucí příměsi. Vytřízený a slisovaný papír následně směřuje do papíren, ve kterých dochází k jeho opětovné produkci [Papír EKO-KOM, 2016].

Papír je možné recyklovat až sedmkrát, dokud je papírenské vlákno dostatečně dlouhé. Alternativním využitím je výroba tepelných izolací, využití ve stavebním průmyslu, energetické využití či výroba bioplynu a kompostu [Papír EKO-KOM, 2016].

5. Technika a technologie zpracování surovin

5.1. Zpracování plastového odpadu

Plastový odpad lze rozdělit podle místa původu do dvou základních skupin. Vratný technologický odpad je odpad, který vzniká ve výrobním procesu. Pokud tento odpad není znečištěn jiným nežádoucím materiálem, je možné ho vrátit zpět do výrobního procesu. Další odpad je takový, který se ke zpracování získává sběrem, proto ho označujeme jako odpad sběrový. Zpracování sběrového odpadu je kvůli znečištění komplikovanější, proto velice záleží na předcházejícím sběru a separaci [MÜLLER, 2008].

Proces zpracování plastového odpadu lze rozdělit do čtyř fází, které na sebe navazují.

5.1.1. Materiálová identifikace

V závislosti na druhu a složení plastového odpadu volíme vhodný technologický postup nacházející se na začátku řetězce zpracování plastů. Pro stanovení druhu plastu využíváme nejčastěji metodu flotační a metodu triboelektrickou. Další metodou je optická separace a ruční separace, která z finančního a časového hlediska není optimální [MÜLLER, 2008].

Flotační metoda

Metoda flotace spočívá v zachycení lehčí frakce ve vrstvě pěny, proto tuto metodu nazýváme pěnová flotace. Separace pomocí flotace se vyznačuje dobrou účinností, jednoduchostí procesu a nízkými finančními náklady [MÜLLER, 2008].

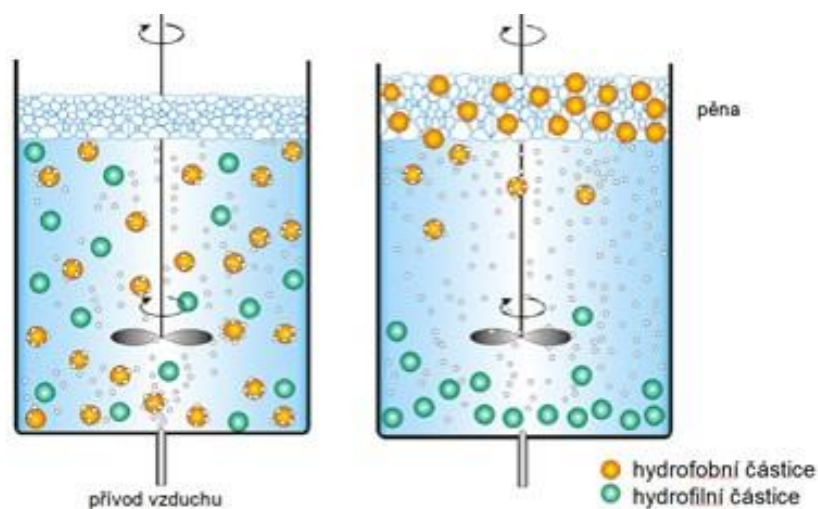
Mezi fyzikální vlastnosti, na kterých je flotace závislá, patří vlastnosti:

- fixní, které nelze ovlivnit - např. hustota
- modifikované, které lze ovlivnit – např. povrchová energie či velikost částic

Jelikož je metoda flotace silně závislá na povrchových vlastnostech, rozdělujeme tyto vlastnosti do čtyř skupin:

- rozdílná hodnota povrchového napětí kapaliny a separovaných složek
- selektivní smáčivost povrchů způsobená adsorpcí činidla
- selektivní smáčení způsobené fyzikálními podmínkami
- selektivní smáčení působením specifických chemikálií [MÜLLER, 2008]

Obr. 4 Flotační metoda [Laboratoř flotace, 2014]

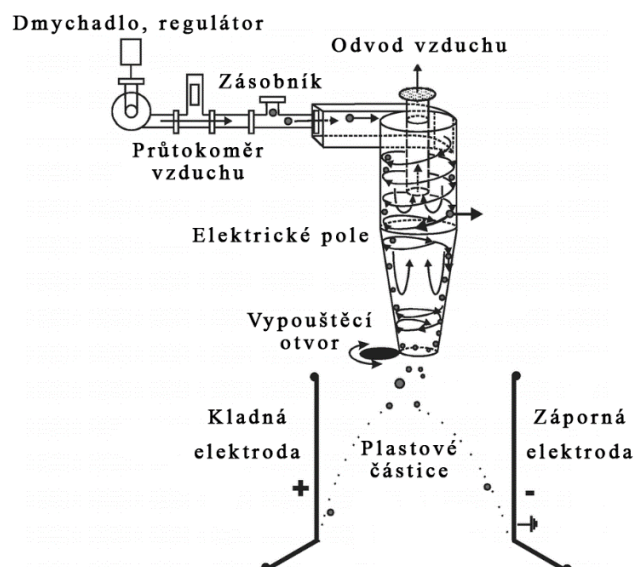


Triboelektrická metoda

Metoda triboelektrická spočívá v nabíjení plastů vlivem jejich tření o sebe. V porovnání s flotační metodou se jedná o spolehlivější proces. U flotační metody dochází k problémům spojených s podobnými hustotami jednotlivých druhů plastů [MÜLLER, 2008].

Samotná metoda začíná v zásobníku, odkud se vzduchem odstraní lehké nežádoucí příměsi. Hlavní fází procesu je průchod plastového odpadu přes stejnosměrné elektrické pole, kde dochází k nabití jednotlivých částic vlivem tření o sebe. V závislosti na jejich nabití se částice přemisťují k opačně nabitě elektrodě [MÜLLER, 2008].

Obr. 5 Triboelektrická metoda [DODBIBA, FUJITA, 2004]

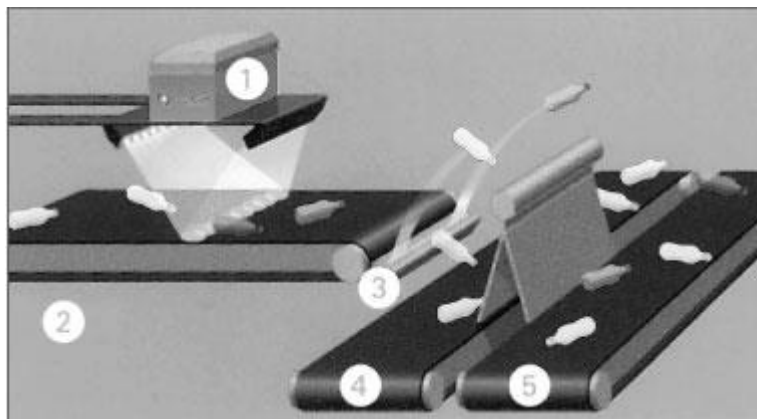


Optická separace

U této metody je materiál separován podle jeho zbarvení nebo průhlednosti. Další metoda je založená na zkoumání spekter, které se od sebe odlišují paprsky, které procházejí barevným či čirým plastem. Touto metodou se dá stanovit i umístění konkrétního materiálu na třídícím pásu, který je následně pomocí vzdušné trysky vytřízen do náleží separační buňky [MÜLLER, 2008].

Tato třídící linka je složena ze scanneru (1), který detekuje odpad pohybující se po dopravníku (2) směrem k vzduchovým tryskám (3). Materiál je následně vytřízen na dopravní systém s vytříděným materiálem (4) a zbytkovou frakci (5) [ODPADY-ONLINE, 2007].

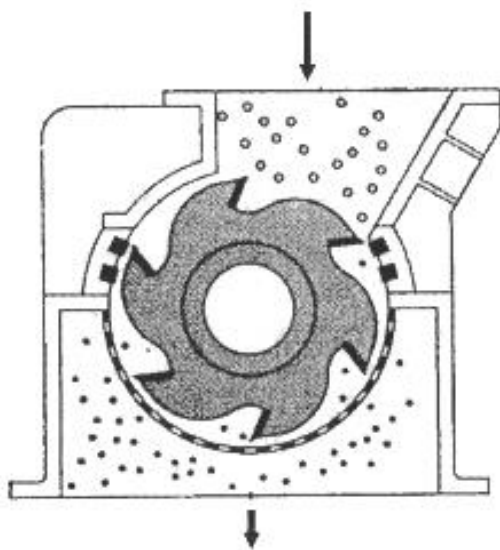
Obr. 6 Optická metoda [ODPADY_ONLINE, 2007]



5.1.2. Zdrobňování plastového odpadu

Fáze drcení, která se v některých případech musí vyskytovat již před fází separace, se provádí na nožových a rázových drtičích. Jejich volba se odvíjí od vlastností plastů, jejich rozměrů či jejich různorodého složení. Drtiče pracují na principu řezání a krájení a jejich konstrukce musí být taková, aby byla schopna snést odpor špatně drtitelných materiálů. Pro zajištění požadované výstupní velikosti frakce je nutné, aby plastový odpad prošel drtičem vícekrát. Pro zpracování plastů je možné využít i upravené mlýny, např. nožové mlýny, které jsou schopny rozmělnit vstupní plast na materiál s rovnoměrnou a požadovanou velikostí. K tomu slouží uvnitř uložené nože, které se otáčejí vysokou rychlostí [MÜLLER, 2008].

Obr. 7 Nožový drtič [MÜLLER, 2008]



5.1.3. Konečné zpracování plastového odpadu

Nejdůležitějším parametrem, od kterého se zpracování odvíjí, je jeho původ, jak už bylo dříve zmíněno. Jedná-li se o odpad technologický, je možné ho vrátit bez třídění zpět do výrobního procesu. U sběrového plastu je zapotřebí jeho sběr a separace doplněná o další technologické procesy, jako je praní a sušení. Pokud proběhne sběr, třídění a čištění na dobré úrovni, je možné ze sběrového plastu získat stejně hodnotný materiál jako je odpad technologický. Konečné zpracování lze rozdělit na regranulaci a přímou recyklaci [BOEUT, 2014].

Regranulace

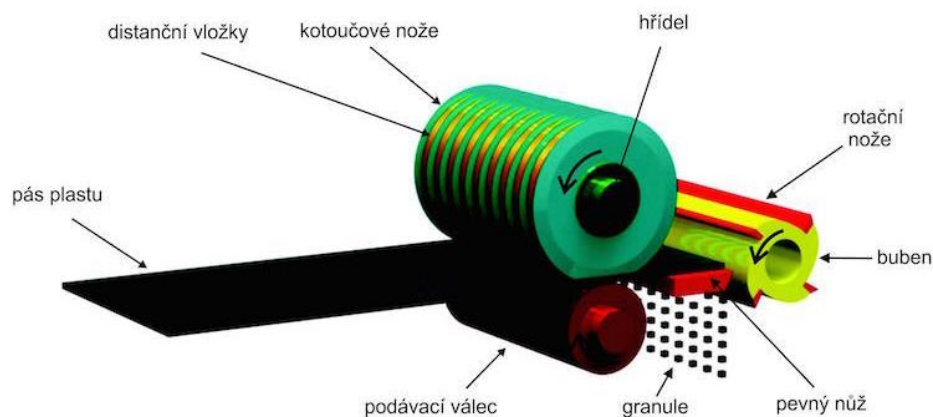
Před samotnou regranulací je nutné připravit vstupní materiál – plastovou drť, která bude splňovat požadovaný vstupní rozměr. Takto připravený materiál je převáděn do plastického stavu, odkud je dopraven do granulačního zařízení. Zde získá nadrcený homogenizovaný materiál finální podobu granulátu, který je určen pro další zpracování na strojích k tomu určených. Podle chování plastu v oblasti taveniny, požadovaném výkonu a na ekonomice vybíráme granulační metodu [MÜLLER, 2008].

Existují dvě základní metody granulace plastů:

- granulace z pásu
- granulace ze strun
 - za studena
 - za tepla

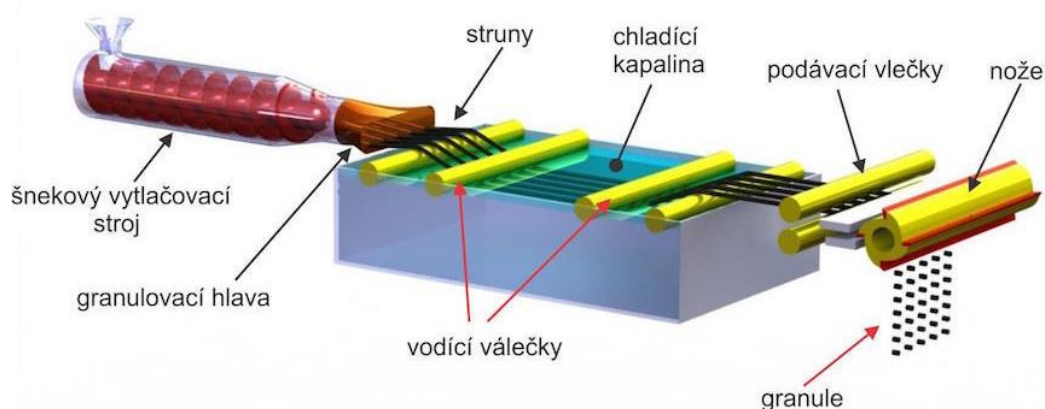
Granulace z pásu není vhodná pro materiály s velkou tvrdostí. Jedná se o technologii, při které dochází k rozřezání vstupního materiálu, který má tvar desky na proužky. Tyto proužky se dále rozsekají na granule požadované velikosti. Používá se při zpracování např. polyamidu (PA) [BOEUT, 2008].

Obr. 8 Granulace z pásu [PUBLI, 2015]



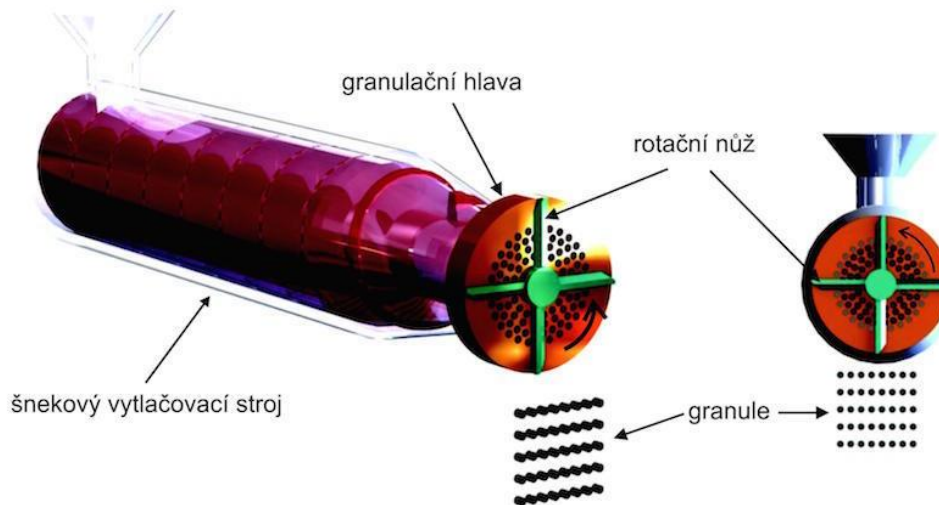
Granulace ze strun je technologie, která k vytvoření meziprojektu – struny, využívá granulační hlavu, která obsahuje velké množství otvorů. Při granulaci strun za studena dochází k ochlazení granulačních strun a jejich následnému sekání. Vzniklé granule je však nutné usušit, kvůli předchozímu styku s vodou. Používá se pro většinu termoplastů [PUBLI, 2015].

Obr. 9 Granulace ze strun za studena [PUBLI, 2015]



Granulace ze strun za tepla dochází k odřezání granulí, ihned po vytlačení tekutého plastu z granulační hlavy. Tato technologie může probíhat za současného působení vody, nebo s následným ochlazením ve vodní mlze [PUBLI, 2015].

Obr. 10 Granulace ze strun za tepla [PUBLI, 2015]



Přímá recyklace ve formě výrobků

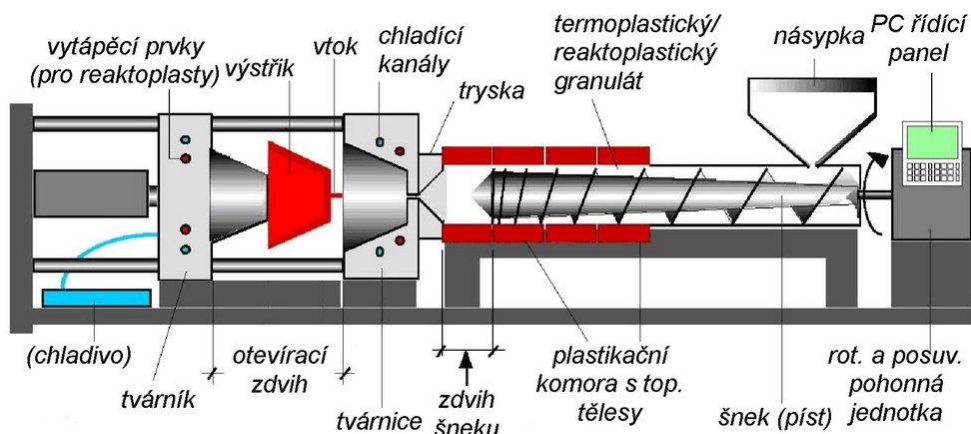
Přímá recyklace je proces, který je na hranici mezi procesem zpracování a finální výrobou. Nedochozí u něj ke granulaci, nýbrž je zpracován na požadované výrobky. Aby bylo možné plasty zpracovat na konečné produkty, je nutné, aby prošly přípravným zařízením, kde dojde k úpravě jejich struktury. To se provádí přidáním přísad, které jsou uvedeny v kapitole 4.2.2. Vlastnosti plastů. Pro dodržení čistoty je nutné taveninu přefiltrovat, aby byla zbavena nežádoucích nečistot [MÜLLER, 2008]

Hlavními technologiemi využívaných pro přímé zpracování na výrobky je vstřikování a vytlačování.

Vstřikování

Tato technologie je založená na vstřikování připraveného plastu ve formě taveniny do vstřikovací formy s finálním tvarem výrobku. Jedná se o levnou, rychlou a kvalitní výrobu. Regranulát je nasypan do násypky, z níž je přemístován částí vstřikovacího stroje do tavicí komory, kde se přeměňuje na taveninu. Odtud míří do dutiny formy, kterou zaplní a získá finální objem a tvar. Pro co nejmenší smrštění následuje fáze dotlaková, kdy je přenášeno teplo z výrobku na formu. Postupným ochlazením vznikne konečný produkt, který je po otevření formy vyjmut a celý proces se znovu opakuje [KSP.TUL, 2008].

Obr. 11 Vstřikování plastů [KSP.TUL, 2008]

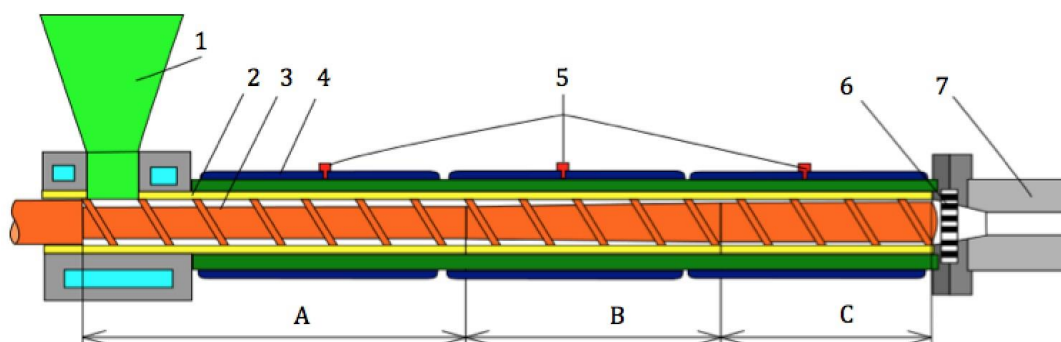


Vytlačování

Vytlačování je technologická operace, při které dochází k vytlačování hmoty v plastickém stavu přes vytlačovací hlavu. Na přední části stroje v plnicí části je násypka (1) na vstupní granulát, který je pomocí šneku (3) dopravován přes ohřivací pásmo (4) až k vytlačovací hlavě (7). Šnek se pohybuje ve válci (2), ve kterém dochází k promíchání a homogenizaci materiálu s následným převodem do plastického stavu. Dochází k jeho zhutnění, a pod tlakem je vytlačován přes lamač (6), který slouží k další homogenizaci, do vytlačovací hlavy [KSP.TUL, 2008].

V současnosti se jedná o jednu z nejvyužívanějších metod, která se používá pro výrobu fólií, trubek, kabelů aj.

Obr. 12 Vytlačování plastů [KSP.TUL, 2008]



5.1.4. Termické zpracování plastů

K termickému zpracování plastů by se mělo přistupovat v případě, není-li možné plast zpracovat materiálově. Jedná se o metodu nakládání s odpady, při které vzniká energie, která by musela být zajištěna jiným zdrojem [MÜLLER, 2008].

Do termického zpracování je zahrnuto spalování, zplyňování a pyrolýza.

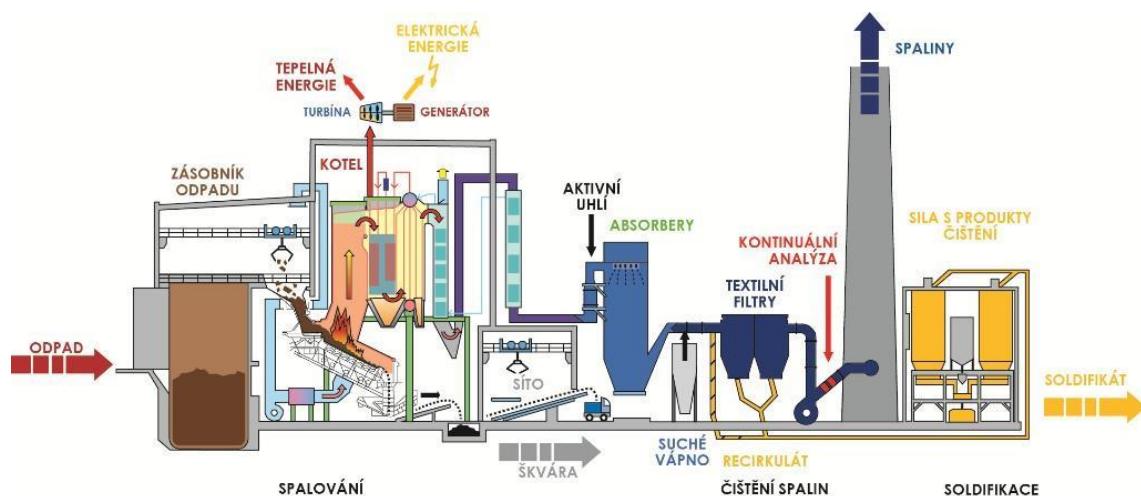
Spalování

Spalování lze definovat, jako kontrolovaný proces oxidace pevných, plynných nebo kapalných odpadů, které lze spálit za vzniku oxidu uhličitého (CO_2), vody (H_2O) a popelu. U plastů se jedná o velice důležitou energetickou surovinu, kvůli své vysoké výhřevnosti. Spalování se uskutečňuje v pecích fluidních nebo na posuvném roštu. Při spalování plastů v pecích s posuvným roštem dochází k pohybu roštnic, které posunují palivo a zároveň ho mísí. U fluidních pecí je nutné vstupní materiál rozdrtit na stejnorodou zrnitost, do kterého se následně vhání plyn. Dochází ke zvěření zrn, která se následně intenzivně spalují v celém objemu ohniště [KEPÁK, 2010]

Pro spalování je nutné zajistit dostatečné množství spalovacího vzduchu, přívod tepla pro rychlé zahřátí odpadu na zápalnou teplotu, dostatečný výkon tepla – teplota hoření a zajištění zdržení spalin ve spalovací komoře dostatečnou dobu [MÜLLER, 2008].

Mezi přednosti spalování lze zařadit snížení objemu odpadu až o 90 %, snížení váhy o 70 %, využití energie, hygienická nezávadnost ukládaného odpadu, minimalizace nákladů na dopravu a zabezpečení ochrany ovzduší [KEPÁK, 2010].

Obr. 13 Schéma spalovny odpadu – Sako Brno [SAKO, 2013]



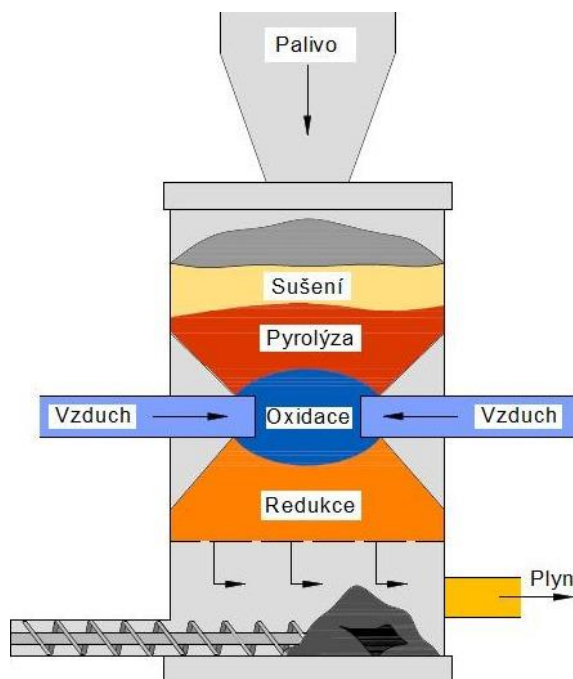
Tab. 5 Spalná tepla vybraných plastů, pryže a jiných materiálů [KEPÁK, 2010]

Látka	Spalné teplo, kJ kg ⁻¹
Polyethylén	46 300 - 49 000
Polypropylén	44 200 - 46 800
Polystyrén	40 300 - 45 600
Kopolymer akrylonitril/butadien/styrén	38 700 - 45 600
Polykarbonát	29 600 - 32 400
Akrylátové koberce a podlahoviny	24 000 - 27 900
Polymethymethakrylát	28 000
Lehčený polyuretan	20 900 - 32 600
Polvinylchlorid	20 900
Polyamid	20 200 - 25 600
Pryže	32 000 - 43 000
Černé uhlí (ČR)	23 600
Hnědé uhlí energetické (ČR)	13 100
Dřevo (různé druhy)	11 600 - 20 900

Zplyňování

Při zplyňování dochází k přeměně tuhého materiálu, který je v něm obsažen, na energii, tzv. plynné palivo. Zplyňování lze definovat, jako řízený tepelný rozklad látek, v reakčním prostoru s teplotou vyšší než 800 °C a obsahem kyslíku, vedoucí k přeměně uhlíkatých materiálů na plynné hořlavé látky. Proces zplyňování probíhá ve fluidních reaktorech, rotačních válcových pecích, šachtových pecích a trubkových reaktorech. V průběhu zplyňování dochází k oxidačním procesům, kde vzniká topný plyn, který obsahuje velké množství oxidu uhelnatého (CO) a pyrolyzní procesy, u kterých vzniklý topný plyn má velký obsah methanu (CH₄) a jiných uhlovodíků [MÜLLER, 2008], [KEPÁK, 2010].

Obr. 16 Schéma procesu zplyňování [VYTÁPĚNÍ.TZB, 2017]



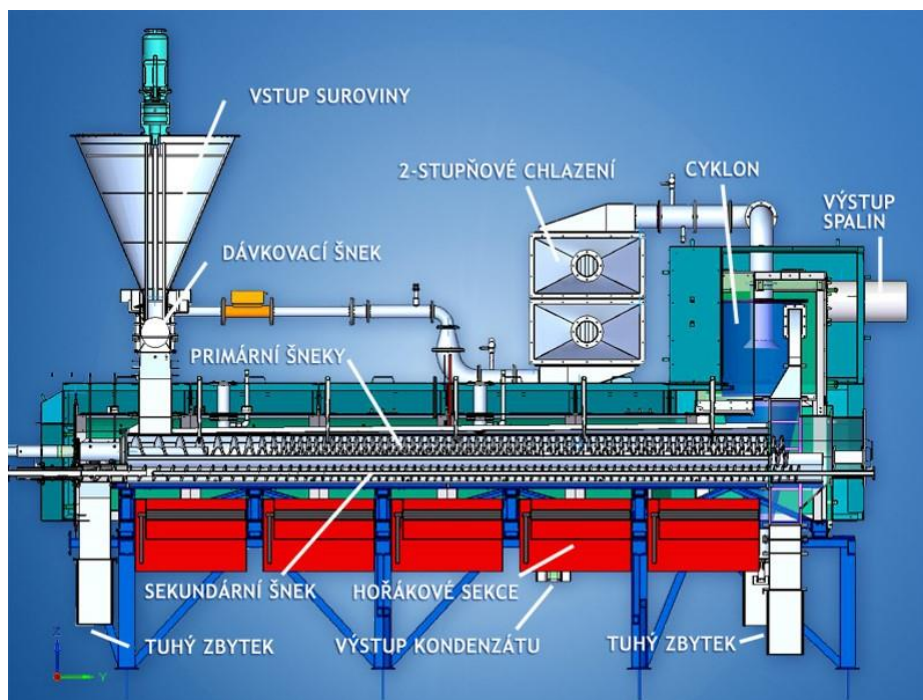
Pyrolýza

Pyrolýza lze definovat, jako proces tepelného rozkladu odpadních látek, probíhající bez přístupu vzduchu ve vytápěné pyrolýzní komoře při teplotách 500 – 1000 °C. Podstatou pyrolýzy je rozštěpit makromolekulární látky, které jsou za vyšších teplot méně stabilní na látky nízkomolekulární [VÁŇA, HANČ, HABART, 2009].

Celý proces pyrolýzy záleží na vlastnostech vstupního materiálu, obsahu vlhkosti a pyrolýzní teplotě. Prvním krokem je sušení materiálu při teplotách do 200 °C, kdy dochází k uvolnění vody, která se přeměňuje na vodní páru. Jelikož se jedná o endotermický proces, je nutné přivádět dostatečné množství tepla. Po sušení následuje suchá destilace, probíhající při teplotách 200 °C až 500 °C, u které dochází k přeměně vysokomolekulárních látek na kapalné a plynné látky a uhlík. Při teplotách nad 500 °C dochází k transformaci a dalšímu štěpení produktů vzniklých při předchozí suché destilaci [MÜLLER, 2008].

Vzniklé produkty a s nimi i jejich tepelná účinnost závisí na správnosti celého procesu a povaze vstupujícího materiálu. Při nedodržení dostatečné teploty dochází k vyšší produkci dehtu a koksových frakcí. Vzniklými produkty pyrolýzy je vodík, metan, benzin, plynový olej, které se využívají v navazující chemické výrobě [MÜLLER, 2008].

Obr. 17 Schéma procesu pyrolýzy [STROBO, 2010]



5.2. Zpracování papírového odpadu

Součástí technologie papírenské výroby je zpracování papíru jako druhotné suroviny. Pokud se zpracovává sběrový papír, je nutné přidávat čerstvá vlákna, jelikož dochází ke zhoršení jeho vlastností po vícenásobné recyklaci. K výrobě papíru lze použít sběrový papír, který nedosáhl šestinásobného návratu do výrobního procesu. Po jeho šesté recyklaci dojde ke zkrácení vláken, kvůli kterým papír ztrácí své vlastnosti a dochází k velké zátěži vodního hospodářství papíren [MÜLLER, 2008].

5.2.1. Možnosti využití papíru

Při využití odpadního papíru je kladen důraz na jeho materiálové využití, proto na prvním místě jeho zpracování je opětovná recyklace na papír. K dalším variantám se přistupuje v případě, že není možné splnit první podmínku, tedy materiálové využití [HNĚTKOVSKÝ, 1983].

- Opětovná recyklace na papír – při tomto zpracování dochází k znovuvyužití celulósových vláken, určených pro výrobu papíru.
- Kompostování – aby vznikl konečný produkt oxid uhličitý, voda a biomasa je nutné, aby byl papír schopen se rozložit.

- Energetické využití – dochází ke spalování papíru, kdy je využit jeho energetický potenciál [MÜLLER, 2008].

5.2.2. Sběr odpadního papíru

Ke sběru odpadního papíru slouží sběrná místa, jako je sběrný dvůr či modré kontejnery. V závislosti na místě vzniku a ročním období dochází ke kolísání množství a kvality sběrového papíru. Aby došlo ke zvýšení účinnosti sběru je velice důležité, aby papír dotříděný a slisovaný u provozovatelů třídících linek byl skladován v suchých a zastřešených prostorech [MÜLLER, 2008].

Jak bylo uvedeno v kapitole 4.3.3. Rozdělení papíru, dělíme papír do pěti kvalitativních skupin. Základním rozdělením je však skutečnost, zda je papír vhodný, či nevhodný k recyklaci. Papír, který je pro následné zpracování vhodný, je ten, který je méně zušlechťen a klížen. Je to např. kancelářský, novinový a časopisový papír [MÜLLER, 2008].

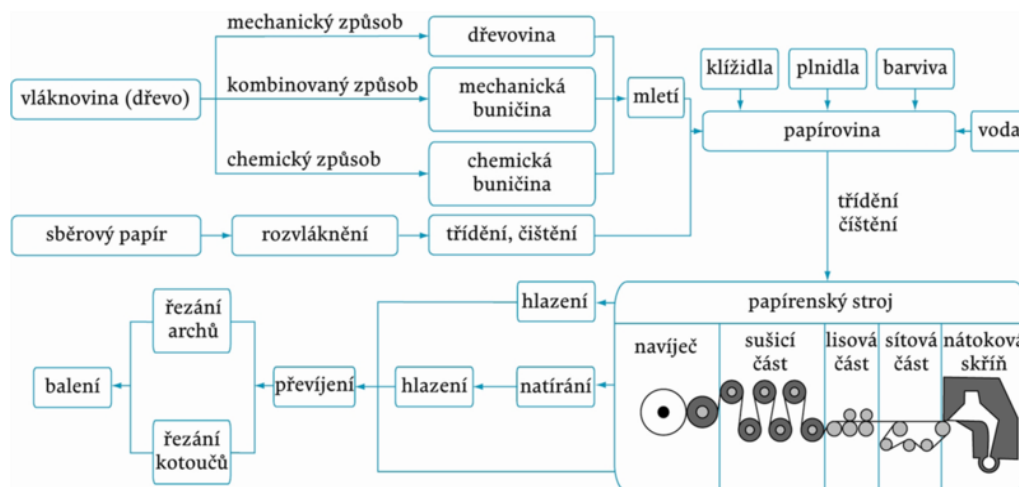
Papír, který není vhodný nebo zcela nepoužitelný je takový, který je složen z více složek. Jsou to výrobky, které jsou doplněny o plastové či hliníkové fólie. Dále sem patří impregnovaný papír, papír silně rozmělněný při předchozím zpracování, natírané papíry, papíry znečištěné nebo hygienicky závadný papír. Tyto papíry je vhodné spalovat, případně některé z nich kompostovat [MÜLLER, 2008].

5.2.3. Postupy zpracování papíru

Pro zpracování papírového odpadu se využívá technologických linek, které se liší podle použité technologie, nebo jednotlivých strojních zařízení, které je součástí linky jako celku. Linky mají společné rysy, liší se pouze v typech použitých strojů, jejich řazením nebo počtem. Linky jsou sestavovány tak, aby po stránce strojní a technologické odpovídali předepsané kvalitě koncového produktu, který mají za cíl zpracovat [DOLEŽAL, 2004].

Výrobní proces papíru lze definovat, jako přeměna vodolátky na buničinu, která se v následující fázi nanáší na síto. Dále dochází k průchodu skrz sušící válce, kalandry a hladící válce. V těchto fázích dochází ke zbavení papíru nežádoucí vody. Po uvedených procesech, se hotový papír namotává na role a je expedován k dalším operacím – řezání na určitý formát atd [MÜLLER, 2008].

Obr. 18 Schéma zpracování papírového odpadu [ELUC, 2014]



Při zpracování papíru v papírnách je nutné dodat jeho dostatečné množství. Proto se posílají balíky o velkých rozměrech a velké objemové hmotnosti. U již zmíněných technologických linek s jejich strojním zařízením určeným pro znovuzískání buněčných vláken a jejich následným využitím se liší pouze v uspořádání. Do linky je také možno zařadit speciální stroje, které slouží k separaci, čištění, zahušťování nebo bělení papíru [DOLEŽAL, 2004]

Při rozvláknění papíru v papírnách dochází k jeho přeměně na papírovou vlákninu a různé příměsi, tzv. kašovitou hmotu. Do příměsí patří plniva, klíždla a další prostředky. Při průchodu papíru papírenským strojem, dochází k jeho sušení, lisování, kalibraci na požadovanou tloušťku a hlazení. Výsledným produktem na strojích s dlouhým nebo podélným sítem je papír a karton. Lepenka je vyráběna na papírenských strojích s kulatými síty nebo na strojích s kombinací kruhových a podélných sít [MÜLLER, 2008].

Pro zpracování papíru se využívají čtyři základní způsoby, a to suchá cesta, mokrá cesta, termodisperzní metoda a zesvětlovači způsoby.

Suchá cesta

Suchou cestu využíváme v případě, že zpracováváme čistý nebo tříděný papír. Nelze zpracovat papír horší jakosti. Nejčastějším vstupním materiálem je papír, který byl vyřazen ve výrobě. Při tomto zpracování dochází k hnětení papíru v hnětačích nebo trhačích, přičemž dochází k zahřívání a hydratování vláken vlivem vzniklého tlaku. Aby došlo k poklesu sušiny vlákniny na požadovaných 20 %, je nutné přidávat malé množství vody [DOLEŽAL, 2004].

Mokr cesta

První ast mokr cesty je rozvlknovn, kde se prevd papír na vodoltku, kter smruje na další zprcovn – rozvlknova horizontln a vertikln. Pri zneitn papíru neistotami, jako jsou nit, dráty, sponky, aj.), dochází k jejich smotn a následnému vyjmut. Z takto preditn látky je nutné odstranit shluky vláken, k čemuž sloui dovlknovae. Poslední ast linky je ploch vibran tridi, na kterm dochází k odseparování vznášejících se neistot [HNĚTKOVSKÝ, 1983].

Termodisperzn metoda

Prvním krokem u termodisperzn metody je rozvlknn papíru s nslednm hrubm oitnm a zbavenm psku. Aby bylo možné látku zahustit na prbln 30 % sušiny, je nutn j predem zahustit. Toto zahutn se provádí naroubovch extraktorech. Zahutn látky je ohrvna párou v tlakových jednotkách, aby došlo k dovlknn a rozptlen tavitelných prms. Dej nastává pri ohrt zahutn látky na 120–150 °C. Poslední fází zprcovn je jako u predchozch metod dotridn, kde dochází k oddlen neadoucch materiálů od vláken. Těmito materiály me být plast, pry nebo nit. Po této metodě vzniká vláknina, kter se vyznačuje svými výbornými pevnostními vlastnostmi [MÜLLER, 2008].

Zesvtlovc způsoby

Zesvtlovc způsob zprcovn je určen pouze pro vytridn materiál, u kterého se z potitnho papíru odstraňují barvy. Tmto způsobem je mon vrtt vláknům jejich pvodn bělost. K uvolnn tiskových barev je nutn primchat alkalick chemikálie. Po jejich pridn se tiskov barva uvolní na nosicch a nsledn je pranm a flotací odstraněna z vlákniny [MÜLLER, 2008].

5.2.4. Postupy pouzvan pri výrobě papíru

Výrobní linka papíru by měla obsahovat tyto procesy: skladování papíru, rozvlknovn papíru, mechanick odstranění neistot, procesy slouic k zesvtlen a itn provozn vody. Dalším procesem, kter se vsak vyuzv v prpad, že u finálního produktu je vyžadována v kvalita, jsou zesvtlovac způsoby [MÜLLER, 2008].

Skladování sběrového papíru

Do papíren je svážen papír volně v kontejnerech, vhodnějším způsobem je však slisovaný balík zajištěný kovovými dráty. Takto svezovaný papír se před vlastním zpracováním skladuje v přílehlých prostorách papíren [HNĚTKOVSKÝ, 1983].

Rozvolňování sběrového papíru

Jedná se o mechanický proces, při kterém dochází ke zbavení kovových drátů, kterými je balík svázán. Po tomto uvolnění se musí balík nakypřit tak, aby se při dalším zpracování dostala voda a nasycená pára k celému obsahu balíku [KORDA, 1991].

Rozvlákňování sběrového papíru

Rozvlákňování je mechanický proces, který se dá považovat za další stupeň rozvolňování papíru. Dochází k rozdělení sběrového papíru na jednotlivá vlákna a na jejich svazky. Tento proces se uskutečňuje ve vířivém rozvlákňovači, kde se uplatňuje hydrodynamické působení vody na papír. Při hlavním procesu rozvlákňování dochází k současnému bobtnání sběrového papíru a uvolňování vazeb mezi vlákny [KORDA, 1991].

Dovlákňování sběrového papíru

Dovlákňování je proces, při kterém dochází ke konečnému dovlákňování na jednotlivá vlákna. Celý proces probíhá ve vodní suspenzi dovlákňovacích zařízení (kuželová, tlakově-hydraulická, pařící, disková, aj.). Při oddělení jednotlivých vláken se uvolňují nečistoty, které při předchozích postupech nebyly odstraněny [HNĚTKOVSKÝ, 1983].

Separace nečistot

Při separaci se od jednotlivých vláken odděluje nevláknitá nečistota, která by v navazujících fázích způsobila výrobu nekvalitního papíru. Celý proces je založen na rozdílné hustotě, velikosti vláken a nečistot. Pro tuto operaci se využívá sedimentace, vodní vír, odstředování, prosévání, flotace, aj. Výsledným produktem je papírová suspenze, která může obsahovat drobné nečistoty, převážně polymerní látky, které mohou způsobit zalepení otvorů papírenského síta, přilepení na sušící válec aj. Je to způsobeno jejich nízkým bodem teploty tání. Takovéto nečistoty označujeme jako stickies, které negativně ovlivní kvalitu produktu – sklovité skvrny [KORDA, 1991].

Zahušťování, zesvětlování, bělení vodolátky

Zahušťování je postup, který je nutný pro další operace, jako je dovlákňování, mletí, zesvětlování, atd. Spočívá v navýšení hustoty rozvolněných vláken, na které navazují výše zmíněné navazující operace [KORDA, 1991].

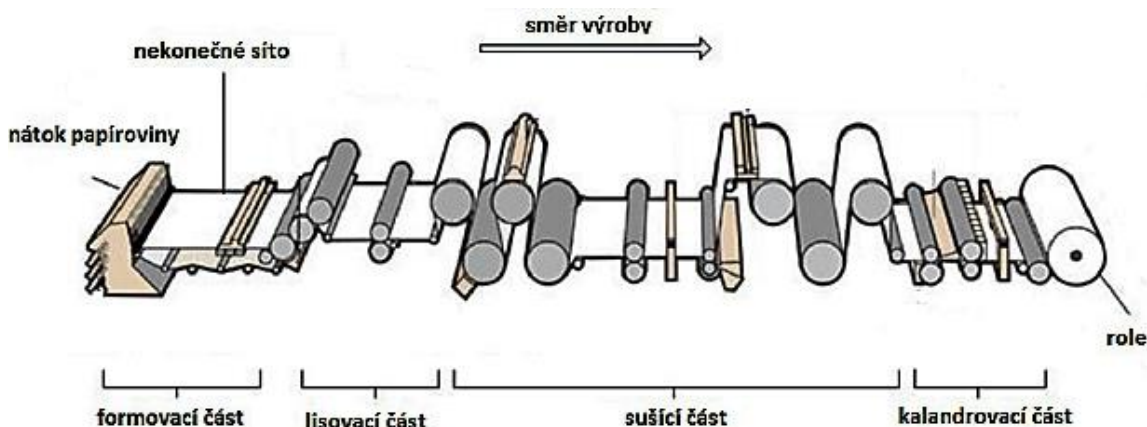
Zesvětlování je mechanicko-chemický proces, označovaný jako deinking, při kterém dochází za použití chemikálií, mechanické energie a tepla k odstranění mikročástic tiskové barvy z povrchu vláken. Další fází je deinking vypírací, při kterém se proudem vody vyplavují tiskové barvy, klíždla, pigmenty atd. Deinking flotační je založen na flotaci, kde dochází k odstranění tiskařské černě. Poslední možností je kombinace flotace s vypíráním, tzv. deinking kombinovaný [HNĚTKOVSKÝ, 1983].

Bělení je proces, při kterém dochází k vybělení vlákniny na požadovanou bělost. V závislosti na zbarvení vlákniny a na složení vodolátky se volí systém s kyslíkatými sloučeninami chlóru nebo s peroxidy. Kvůli vysokým nákladům se však bělení u sběrového papíru neprovádí [HNĚTKOVSKÝ, 1983].

Vlastní výroba papíru

Po provedení všech předchozích operací se papír doplní o pojiva, klíždla a další prostředky. Před zpracováním v papírenském stroji prochází vláknina přes síta. V papírenském stroji probíhá předsoušení, lisování, kalibrace, hlazení a dosoušení, po kterém vzniká finální produkt – papír [MÜLLER, 2008], [PRÁŠILOVÁ, KAMENÍČEK, 2007].

Obr. 20 Papírenský stroj [PRÁŠILOVÁ, KAMENÍČEK, 2007]



6. Třídící linka pro Havlíčkův Brod

6.1. Společnost HBH odpady s.r.o.

HBH odpady s.r.o. Havlíčkův Brod je firma, která se zabývá odpadovým hospodářstvím a nakládáním s odpady. Firma byla založena v únoru 2007, jako nástupce firmy Jiří Holešák –HBH Sběr surovin, která byla na odpadovém trhu od roku 1991. HBH odpady s.r.o. je členem Svazu průmyslu druhotných surovin a prostřednictvím REMAT TRADE, jejímž spoluzakladatelem byla právě firma HBH odpady s.r.o., je členem Asociace českého papírenského průmyslu a Sdružení veřejně prospěšných služeb.

HBH odpady s.r.o.

- spravuje zařízení pro třídění odpadu, jeho sběr a výkup
- zabývá se sběrem, výkupem a tříděním druhotných surovin
- zajišťuje sběr a třídění odpadů pro firmy, obce a města
- zajišťuje svoz separačních kontejnerů
- spolupracuje s velkým počtem firem zabývajících se odpady v kraji Vysočina
- zajišťuje obchodní servis v odbytu skleněných střeptů, sběrového papíru a plastů
- zajišťuje provoz dotřídňovací linky – plasty, papír

Firma v pravidelných časových intervalech hodnotí, jaký je dopad její činnosti na životní prostředí. Hlavním cílem je omezit negativní dopady na životní prostředí, ale také zlepšit dopady pozitivní ze svých aktivit. Mezi tyto aspekty firma zařazuje snížení spotřeby přírodních zdrojů, odstraňování odpadů, snížení nebezpečnosti pro člověka, aj.

HBH odpady s.r.o. je nedílnou součástí odpadového hospodářství v okrese Havlíčkův Brod. Pro tuto lokalitu zajišťuje svoz a následné dotřídění separovaných odpadů [HBH odpady, 2016].

Obr. 21 Provozovna HBH odpady s.r.o. [Zdroj: Vlastní foto]



6.2. Dotříd'ovací linka HBH odpady s.r.o.

Dotříd'ovací linka je v provozu od roku 1991, a však nejednalo o klasickou dotříd'ovací linku, jelikož byla tvořena pouze dopravníkem, který byl zakončen lisem. V roce 2015 byla zakoupena od společnosti Bluetech s.r.o. Pacov technologie, která umožňuje separování jednotlivých druhů odpadu, které jsou následně využity pro další zpracování.

Linka je tvořena pásovým dopravníkem s deseti shozy do pěti oddělených boxů. U každého shozy je jeden nebo dva pracovníci, kteří odpad třídí ručně. Každý pracovník má určen druh materiálu, který z pásu odebírá a shazuje do boxu pro něj určený.

Materiál, který nelze vytrídít a poslat na jeho další materiálové využití, nebo nelze energeticky využít je odvážen na skládky odpadů v Ronově nad Sázavou a Světlé nad Sázavou. Množství skládkovaného materiálu bylo v roce 2016 přesně 174 908 kg.

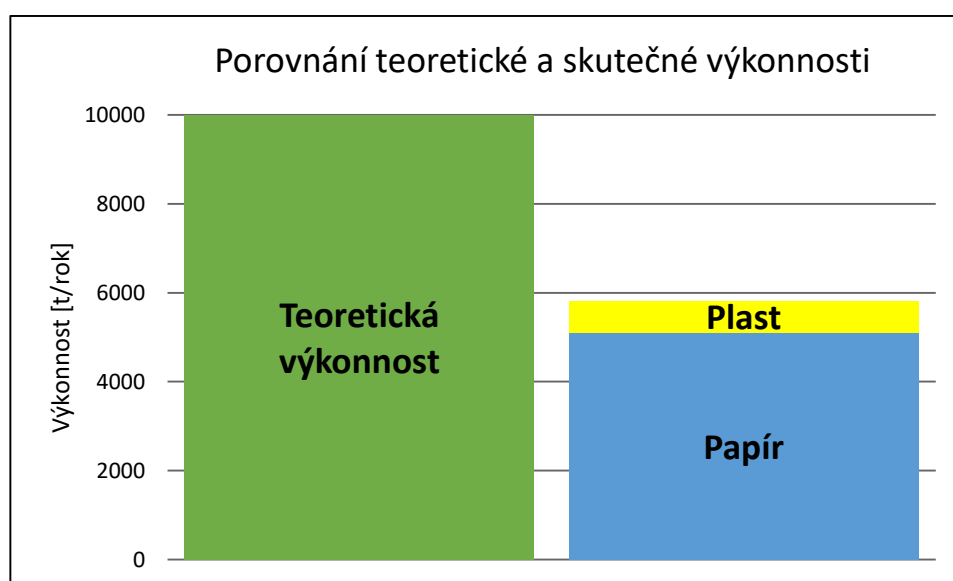
Obr. 22 Dotřídovací linka HBH odpady s.r.o. [Zdroj: Vlastní foto]



6.2.1. Výkonnost třídící linky

Firma HBH odpady s.r.o. disponuje hydraulickým balícím lisem Presona LP 50 VH2 jehož roční teoretická výkonnost je 10 tisíc tun. Při porovnání teoretické se skutečnou výkonností lisu je z grafu patrné, že není plně využito potenciálu daného lisu. Vhodným řešením, pro jeho maximální využití, by bylo zvětšit svozovou oblast.

Obr. 23 Porovnání teoretické a skutečné výkonnosti třídící linky



Obr. 24 Hydraulický lis Presona LP 50 VH2 [Zdroj: Vlastní foto]



6.2.2. Tříděné suroviny

Dotřídňovací linka je určena výhradně pro plast a papír, které následně směřují ke zpracovatelům, nebo do rukou převozních firem.

Plasty

Samotnému třídění plastů předchází příjezd sběrového vozu, který odpad usměrní do místa příjmu – začátek dopravního pásu. Odpad směřuje dále po pásu do míst, kde dochází k jeho ruční separaci. Zde je odpad tříděn na plastové fólie, PET lahve podle barev. Dotřídňovací linka je tvořena pěti separačními kóji, do kterých se vhazuje stanovený druh plastu. U dopravního pásu je deset lidí, kteří mají přidělen jiný druh plastu. Plastový materiál, který se nevytřídil – nebo jej nelze dále materiálově využít, pokračuje po dopravníkovém pásu do nádob, které následně míří na energetické využití do firmy EcoWasteEnergy, s.r.o. V roce 2016 se této firmě odvezlo téměř 400 tun nerecyklovatelného plastu.

Jakmile vyseparovaný odpad dosáhne požadovaného množství, je manipulátorem vytlačen na dopravníkový pás, který odvádí materiál do lisu. V prostorách lisu dojde u PET lahví k jejich poškození, za účelem odvodu přebytečného vzduchu, aby došlo k co nejušpornějšímu snížení objemu. Plasty jsou slisovány do 250 kg balíků o rozměru

1,5 x 1,1 x 0,7 metru. Po slisování jsou balíky odváženy do meziskladu, odkud jsou přepravci odváženy k jejich dalšímu zpracování.

Obr. 25 Ruční separace plastu [Zdroj: Vlastní foto]



Na základě vlastního stanovení jsou v následující tabulce uvedeny všechny vstupní suroviny, které byly v průběhu roku 2016 svezeny na třídící linku. Tabulka obsahuje údaje o názvu materiálu, jeho množství a ceně. Tyto hodnoty jsou stanoveny na základě ročního odečtu v provozu linky.

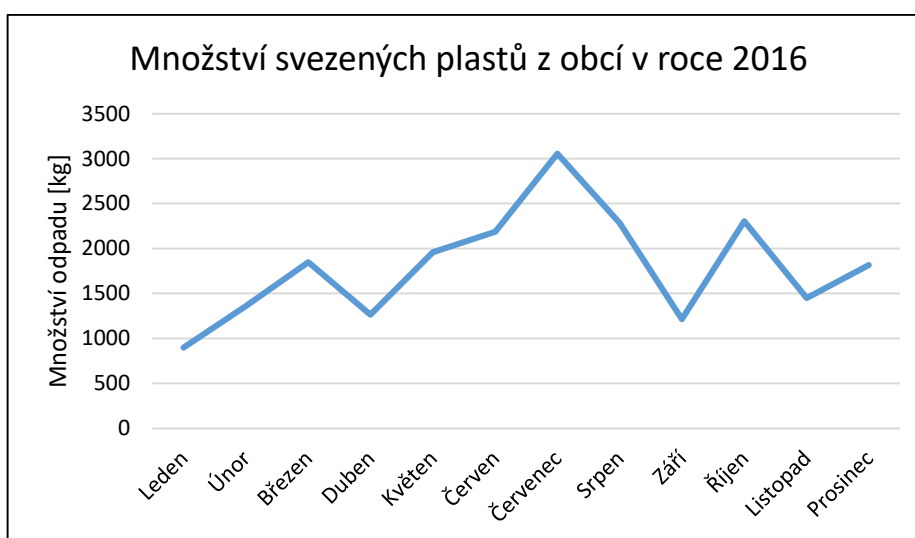
Tab. 6 Přijaté plasty za rok 2016

Název suroviny	Množství [kg]	Částka [Kč]
Plastový odpad z organické chemie	21 920	0,00
Plastové folie	109 994	488 671,00
Plastové obaly	284 555	67 181,00
Plastové obaly - pásy	23 065	0,00
Barevná folie	12 070	0,00
Plasty z kontejnerů	21 639	0,00
Plasty z autovraků	3 126	1 488,00
Plasty průmyslové	33 128	8 608,00
Plasty separované	196 074	125 183,00

Název suroviny	Množství [kg]	Částka [Kč]
Plasty průmyslové (BIG-BAG)	680	130,00
Ostatní plasty	320	0,00
Součet:	706 571	691 261,00

Následující graf vyobrazuje příjem plastů, které byly vytrženy u občanů v okrese Havlíčkův Brod v jednotlivých měsících v roce 2016. Z vlastního zpracování hodnot je patrné, že nejvíce plastového odpadu je vyprodukováno v letních měsících a to více než 3000 tun.

Obr. 26 Množství svezných plastů z měst a obcí v okrese Havlíčkův Brod v roce 2016



Plasty, které byly vytrženy a odeslány k dalšímu zpracování bylo v roce 2016 téměř 1000 tun. Největší zastoupení měly plasty separované, průmyslové a plastové folie.

Tab. 7 Vydané plasty v roce 2016

Název suroviny	Množství [kg]	Částka [Kč]
Plastové folie	195 980	1 637 185,00
Plastové obaly	279 396	174 141,00
Plastové obaly - pásy	33 897	56 002,00
Plastové obaly (BIG-BAG)	2 150	5 644,00
Barevná folie	59 684	104 615,00
Plasty z autovraků	3 140	6 652,00
PET čirá	24 800	186 684,00
PET MIX	6 130	10 186,00

Název suroviny	Množství [kg]	Částka [Kč]
PET modrá	21 500	112 481,00
PET zelená	24 360	112 037,00
Průmyslové plasty	90 578	471,00
Plasty ostatní	14 802	0,00
Separované plasty	184 987	0,00
Součet:	941 404	2 406 098,00

Mezi hlavní odběratele patří firmy Alba Wertstoffmanagement GmbH, BULAN s.r.o., ecorec Česko s.r.o., EcoWasteEnergy, s.r.o., NAREPA s.r.o., RVG Rohstoff Vermarktungs, GmbH & CO.KG a další.

V průběhu roku dochází ke kolísání prodejní ceny plastů, proto v následující tabulce jsou uvedeny ceny průměrné. Tyto hodnoty jsou vypočteny z výše uvedených hodnot, které byly zjištěny na základě vlastního stanovení. Prodejní ceny jsou pro všechny odpadové firmy přibližně stejné, závisí také na uzavřené dohodě.

Tab. 8 Průměrné prodejní ceny plastů v roce 2016

Název suroviny	Prodejní cena [Kč/kg]
Plastové folie	7,10
Plastové obaly	1,37
Plastové obaly - pásy	1,50
Plastové obaly (BIG-BAG)	3,30
Barevná folie	1,67
PET čirá	7,64
PET MIX	1,66
PET modrá	5,71
PET zelená	4,82

Papíry

Třídění papíru probíhá obdobným způsobem, jako separace plastů. Sběrové auto naveze odpad k místu jeho příjmu. Zde jeden pracovník vybírá z odpadu nežádoucí nečistoty. Papír, který není vytřízen pokračuje na konec linky do nádoby, která je při naplnění odvážena na energetické využití do firmy EcoWasteEnergy, s.r.o. stejně jako

plastové odpady. V roce 2016 bylo odvezeno 11,6 tuny zbytkového odpadu, čili oproti plastu se jedná o zanedbatelnou hodnotu.

Po naplnění kóje dostačeným množstvím materiálu, je za pomoci manipulátoru obsah vytlačen na pás, který dopraví odpad do lisu. Lis slisuje papír do 600 kg balíků o rozměru 1,5 x 1,1 x 0,7 metru. Po slisování jsou balíky skladovány a v závislosti na smlouvě odváženy odběrateli k jejich dalšímu zpracování.

Stejně jako u plastů, bylo u papírů zjištěno vlastním měřením jejich svezené množství podle druhů s příloženou částkou, která se odvíjí od aktuální výkupní ceny daného druhu papíru. Údaje o množství papíru byly měřeny v pravidelných intervalech v roce 2016.

Tab. 9 Přijaté papíry za rok 2016

Název suroviny	Množství [kg]	Částka [Kč]
1.05 Lepenka	2 572 067	3 563 040,00
1.04 Odpad z obchodních domů	169 000	317 797,00
1.02 Smíšený papír	1 028 235	1 122 674,00
4.04 Pytle nátronové	9 630	0,00
Kompozitní obal - tetrapack	4 898	0,00
1.02 Smíšený papír z kontejnerů	188 001	171 698,00
3.02 Odřezky bezdřevé	5 390	22 374,00
1.01 Skartace	53 980	31 980,00
1.11 Směs noviny, časopisy, skartace	459 472	1 025 307,00
3.01 Směs pestrých odřezků - světlé	623 390	1 810 904,00
Součet:	5 114 063	8 065 774,00

Následující graf vyobrazuje příjem papírů, které byly vytrženy u občanů v okrese Havlíčkův Brod v jednotlivých měsících v roce 2016. Z vlastního zpracování hodnot převedených do grafu vyplývá, že roční produkce papíru v domácnostech v okrese Havlíčkův Brod se pohybuje v rozmezí 12,5 až 18 tun měsíčně. Nejvíce svezeného papíru bylo zaznamenáno v květnu a ke konci roku.

Obr. 27 Množství svezných papírů z měst a obcí v okrese Havlíčkův Brod v roce 2016



V roce 2016 bylo k dalšímu zpracování odesláno přes 5 500 tun vytrízeného papíru. Největší zastoupení měla lepenka, smíšený papír a směs novin, časopisů a skartovaného papíru.

Tab. 10 Vydané papíry v roce 2016

Název suroviny	Množství [kg]	Částka [Kč]
1.05 Lepenka	3 104 888	9 415 458,00
1.04 Odpad z obchodních domů	84 319	243 408,00
1.02 Smíšený papír	924 398	2 495 217,00
4.04 Pytle nátronové	45 460	15 212,00
Kompozitní obal - tetrapack	5 123	0,00
1.06 Směs novin, časopisy	72 550	281 375,00
3.02 Odřezky bezdřevé	222 560	1 206 062,00
1.11 Směs novin, časopisy, skartace	654 853	2 492 711,00
3.01 Směs pestrých odřezků - světlé	417 500	1 915 333,00
Součet:	5 531 651	18 064 776,00

Mezi hlavní odběratele patří firmy Alba Wertstoffmanagement GmbH, CEREPa, a.s., REMAT TRADE s.r.o., Waste Paper Trade C.V., DS Smith Recycling Deutschland GmbH, EcoWasteEnergy, s.r.o., a další.

Prodejní ceny vytrízeného papíru se v průběhu roku pohybují, proto jsou v následující tabulce uvedeny jejich průměrné hodnoty. Prodejní ceny jednotlivých druhů plastů jsou vypočteny na základě vlastního měření, kterým bylo stanoveno celkové množství odpadu a

jeho finanční ohodnocení. Stejně jako u plastů, jsou prodejní ceny pro všechny odpadové firmy přibližně stejné.

Tab.11 Průměrné prodejní ceny papírů v roce 2016

Název suroviny	Prodejní cena [Kč/kg]
1.02 Smíšený papír	2,60
1.04 Odpad z obchodních domů	2,52
1.05 Lepenka	2,98
1.06 Směs noviny, časopisy	3,87
1.11 Směs noviny, časopisy, skartace	3,64
3.01 Směs pestrých odřezků - světlé	4,58
3.02 Odřezky bezdřevé	5,45
4.04 Pytle nátronové	0,36

6.3. Návrh modernizace třídící linky

Modernizace současné linky pro separaci papíru není vhodná, kvůli pořizovacím nákladům a době návratu investice. Firma Bollegraaf Recycling Solutions nabízí hvězdicové síto, které je vhodné k oddělení jednotlivých druhů papíru. Na počátku procesu separace, by docházelo k oddělení drobného papíru, lepenky od tvrdého kartonu. Při zakomponování hvězdicového separátoru, by došlo k ušetření nákladů na mzdách, ale kvůli pořizovacím a provozním nákladům je otázkou, po kolika letech by byla tato inovace pro firmu přínosem. Další otázkou je, zda by došlo ke stejně kvalitnímu vytrídění papíru, jako u ruční separace.

V případě inovace linky pro třídění plastu je možné využít technologie od firmy TOMRA Systems ASA, nabízející optickou separaci na principu spektroskopie. Zařízení obsahuje senzor, který detekuje záření v oblasti infračerveného záření. Při průchodu paprsku dochází k nasvícení každého materiálu, který se odráží záření zpět do zařízení k jeho vyhodnocení. Podle tohoto záření je možné identifikovat jakýkoli druh materiálu, který je za pomoci pneumatického zařízení odfouknutý do požadovaného prostoru. Tímto zařízením je možno vytrídít až 10 tun odpadu za hodinu. Zakomponování tohoto systému do třídící linky by muselo být propočítáno, a následně vyhodnoceno, zda bude pro firmu výhodné.

7. Diskuze a závěr

Ve své bakalářské práci se zabývám aktuální problematikou nakládání a využitím odpadních plastů a papírů. V teoretické části jsem shrnul a představil jednotlivé druhy těchto materiálů, které je nutné v závislosti na jejich dalším zpracování rozlišovat. Seznámení s jednotlivými metodami zpracování, které se v současnosti využívají, je obsaženo v další kapitole zvláště pro oba materiály.

Dle hierarchie nakládání s odpady, která je uvedena v Plánu odpadového hospodářství, je v současné době na prvním místě opětovné materiálové využití surovin. V České republice je třídění odpadního plastu a papíru na vysoké úrovni. Jejich recyklace je v dnešní době brána jako samozřejmost, a to díky rozsáhlé síti sběrných nádob. Díky informovanosti veřejnosti z médií a vstřícnosti českých měst zapojit se do programu třídění odpadu, projevují lidé zájem se do tohoto programu zapojit a ušetřit tak životní prostředí.

V některých případech však recyklace není možná, proto se přistupuje k alternativním řešením nakládání s odpady. Pokud nejsou možné ani tyto metody, přistupuje se k poslednímu kroku, a to odstranění odpadního papíru a plastu.

V praktické části své bakalářské práce jsem vlastním stanovením určil, jaké množství je svezeno na recyklační linku, a kolik materiálu směřuje k dalšímu materiálovému využití. Z celkového množství 6 095 tun je přibližně 90 % materiálově využito, 7 % je energeticky zhodnoceno a méně než 3 % skládkováno. Při porovnání tříděného materiálu a výkonnosti hydraulického lisu jsem zjistil, že není využit jeho plný potenciál. K 100 % využití by muselo dojít ke zvětšení svozové oblasti, a navýšení tak zpracovávaného materiálu z 6 000 na 10 000 tun materiálu. Chod společnosti a dotřídňovací linky jsem v poslední části popsal tak, aby bylo zřejmé, jak celý proces nakládání s odpady probíhá, od přivozu materiálu až po jeho odvoz odběrateli. Ze změřeného množství jsem stanovil průměrnou výkupní cenu, ze které je patrné, jaký je cenový rozdíl mezi jednotlivými druhy materiálů. Ze zjištěných prodejních cen má nejvyšší hodnotu čirý PET (7,64,- Kč), plastová folie (7,10,- Kč) a bezdřevé ořezy (5,45,- Kč). V práci jsem též nastínil možnou modernizaci linky, která by však připadala v úvahu pouze tehdy, kdyby došlo ke zvětšení svozové oblasti a důkladnému propočítání nákladů a době návratnosti.

8. Seznam použité literatury

- 1) Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. 2001.
- 2) Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých dalších zákonů. 2001.
- 3) Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých dalších zákonů. 2001.
- 4) Zákon č. 2001/2012 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů. 2012.
- 5) Plán odpadového hospodářství České republiky (2013-2022), Ministerstvo Životního prostředí. 2012.
- 6) Program předcházení vzniku odpadů ČR, Ministerstvo životního prostředí, Praha 2014.
- 7) SMEJTKOVÁ, Andrea a Jaroslav DOBIÁŠ. *Obaly a obalová technika*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2004. ISBN 80-213-1315-3.
- 8) JANOVEC, Jan. *Technické materiály v primárním a preprimárním vzdělávání*. V Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, 2013. ISBN 978-80-7414-596-4.
- 9) Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů).
- 10) *Značka na kombinovaných obalech, NIS* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: http://www.n-i-s.cz/userfiles/Zach_vseobecne_pozadavky_Ekologie/Obaly_Graficke_oznacky/Oznaceni_obalu_z_papir-polypropylen_cek.jpg
- 11) *Informační systém odpadového hospodářství. MŽP ČR*. [online]. 2014 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/assets/dokumenty/51372/60887/635845/priloha002.pdf>
- 12) *Historie plastů, MUNI* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.ped.muni.cz/wtech/petrik/pracestechnickymimaterialy/plasty/historieplastu.html>
- 13) *Historie plastů. FACTORY AUTOMATION* [online]. 2016 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/historie-plastu-od-prvniho-celuloidu-po-dnesni-vstrikovani/>
- 14) *Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti. KSP.TUL* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- 15) CHOTĚBORSKÝ, Rostislav. *Nauka o materiálu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2011. ISBN 978-80-213-2236-3.
- 16) DUCHÁČEK, Vratislav a Zdeněk HRDLIČKA. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. Vyd. 4., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2009. ISBN 978-80-7080-713-2.

- 17) Využití plastového odpadu. *EKO-KOM* [online]. 2016 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.jaktridit.cz/cz/co-se-deje-s-odpadem/recyklace-a-vyuziti-plastu>
- 18) Recycling & Recovery. *PlasticsEurope* [online]. 2016 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.plasticseurope.org/what-is-plastic/recycling-recovery.aspx>
- 19) Papír. *Třídění odpadu* [online]. 2015 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.trideniodpadu.cz/papir>
- 20) Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, 2016
- 21) ZUMAN, František, VYKYDAL, Miroslav a Josef KORDA, ed. Papír: historie řemesla a výrobní techniky. [Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985.
- 22) Ruční papír. RUČNÍ PAPIRKA LOSINY [online]. 2010 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://www.rucni-papir-losiny.cz/historie-papiru.asp>
- 23) Papír. POLYGRAFICKÉ TAHÁKY [online]. 2009 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: http://www.polygraficketahaky.cz/papir_1
- 24) KAPLANOVÁ, Marie a kol. Moderní polygrafie. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2010, 391 s. ISBN 978-80-254-4230-2
- 25) PANÁK, Ján, Michal ČEPPAN, Vladimír DVONKA, Ľudovít KARPINSKÝ, Pavel KORDOŠ, Milan MIKULA a Stefan JAKUCEWICZ. Polygrafické minimum. 2. doplnené vydání. Bratislava: TypoSet, 2000, 264 s. ISBN 80-967811-3-8.
- 26) ČSN EN 643. Papír a lepenka - Evropský seznam normalizovaných druhů sběrového papíru a lepenky. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- 27) Využití papírového odpadu. EKO-KOM [online]. 2016 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://www.jaktridit.cz/cz/co-se-deje-s-odpadem/recyklace-a-vyuziti-papiru>
- 28) MÜLLER, Miroslav. *Zpracovny nekovového odpadu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, katedra materiálu a strojírenské technologie, 2008. ISBN 978-80-213-1840-3.
- 29) Flotační metoda. *Laboratoř Flotace* [online]. 2014 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://laborator-flotace.webnode.cz/o-nas/>
- 30) Optický detekční způsob. ODPADY-ONLINE [online]. 2007 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/predstaveni-automaticke-tridici-linky-s-nir-detekci/>
- 31) DODBIBA, G a T FUJITA. *Physical Separation in Science and Engineering* [online]. In: . 2004 [cit.2017-03-21] . Dostupné z:

https://www.researchgate.net/figure/50300490_fig5_FIGURE-16-Schematic-design-of-triboelectric-cyclone-separator

32) BOEUT, Sophea. *Plastic Recycling Technology* [online]. 2014, 19 [cit. 2017-03-21].

Dostupné z: <https://www.slideshare.net/sophea79/plastic-recycling-technology>

33) Technologie vstřikování plastů. *PUBLI* [online]. 2015 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z:

<https://publi.cz/books/184/02.html>

34) Vstřikování plastů. KSP.TUL [online]. 2008 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z:

http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04-

[vstrikovani%20plastu/](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04-vstrikovani%20plastu/)

35) KEPÁK, František. *Průmyslové odpady*. Vyd. 2. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2010-. ISBN 978-80-7414-228-4.

36) Technologický proces spalování. *SAKO* [online]. 2013 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z:

<http://www.sako.cz/stranka/cz/62/technologicky-proces/>

37) Schéma zplyňování. In: *VYTÁPĚNÍ.TZB-INFO* [online]. 2017 [cit. 2017-03-21].

Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/docu/clanky/0137/013729o1.jpg>

38) Pyrolýzní zpracování odpadů. *STROBO* [online]. 2010 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z:

<http://www.strobo.cz/editor.php?kategorie=1023sekce=1008>

39) VÁŇA, Jaroslav, Aleš HANČ a Jan HABART. *Pevné odpady 2009*. Vydání třetí, přepracované. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2009. ISBN 978-80-213-1992-9.

40) HNĚTKOVSKÝ, Václav a kolektiv. *Papírenská příručka*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1983.

41) DOLEŽAL, Ivan. Zpracování odpadového papíru. *SVĚT TISKU* [online]. 2004 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z:

http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=6557&buxus_svettisku=

42) Výroba papíru. In: *ELUC* [online]. 2014 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2541>

43) KORDA, Josef. *Papírenská encyklopedie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1991. Oborové encyklopedie.

44) PRÁŠILOVÁ, Jana a Jiří KAMENÍČEK. Výroba papíru. In: *UČITEL CHEMIE* [online]. 2007 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z:

http://ucitelchemie.upol.cz/materialy/vkpch/vyroba_papiru_jp.pdf

45) HBH odpady s.r.o. Havlíčkův Brod, 2016, firemní podklady