

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Bakalářská práce

**Popis a zhodnocení současného stavu nakládání s plastovým
odpadem**

Jan Stránský

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Stránský

Procesní inženýrství
Technologická zařízení staveb

Název práce

Popis a zhodnocení současného stavu nakládání s plastovým odpadem

Název anglicky

The description and evaluation of the current state of plastic waste management

Cíle práce

Seznámit se s problematikou zpracování a využití vybraných druhů odpadních plastů a zhodnotit používané metody.

Metodika

Metodika práce

Na základě literárního rozboru oblasti odpadového hospodářství, která se zabývá zpracováním a využitím vybraných druhů odpadních plastů, provést popis používaných technologických linek a zařízení a zhodnocení jednotlivých používaných metod.

Osnova práce

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Charakteristika vybraných druhů odpadních plastů
5. Metody a zařízení používané při zpracování a využití vybraných druhů odpadních plastů
6. Závěr a diskuse
7. Seznam literatury
8. Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran

Klíčová slova

Odpadové hospodářství, odpad, plast, recyklace

Doporučené zdroje informací

DUCHÁČEK, V.: Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití. 2. přepracované vydání. Praha, Vydavatelství VŠCHT, 2006, 278 s., ISBN 80-7080-617-6

JANOVEC, J. – CEJP, J. – STEIDL, J.: Perspektivní materiály. 3. přepracované vydání. Praha, České vysoké učení technické, 2008, 143 s., ISBN 978-80-01-04167-3

KURAŠ, M.: Odpady a jejich zpracování. Vydání 1., Ekomonitor, Chrudim 2014, 343 s. ISBN 978-80-86832-80-7

KUTA, A.: Technologie a zařízení pro zpracovávání kaučuků a plastů. 1. vydání. Praha, Vysoká škola chemicko-technologická, 1999, 203 s., ISBN 80-7080-367-3

MÜLLER, M.: Zpracovny nekovového odpadu. Česká zemědělská univerzita, Praha 2008, 154 s., ISBN 978-80-213-1840-3

Odpadové fórum – odborný časopis pro vše, co souvisí s odpady. České ekologické manažerské centrum, Praha 1999- . ISSN 1212-7779

Odpady – odborný časopis pro odpadové hospodářství. Technopress, Praha: 1991- . ISSN 1210-4922

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastnosti odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2022

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 19. 10. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Popis a zhodnocení současného stavu nakládání s plastovým odpadem" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 27.3.2024



Poděkování

Tímto bych rád poděkoval doc. Ing. Petrovi Vaculíkovi, Ph.D., pod jehož vedením tato bakalářská práce vznikla, za cenné připomínky a odborné rady v průběhu zpracovávání celé bakalářské práce.

Popis a zhodnocení současného stavu nakládání s plastovým odpadem

Abstrakt

Cílem této práce je popis a zhodnocení současného stavu nakládání s plastovým odpadem. Práce obsahuje popis jednotlivých strojů a technologií využívaných především při jeho třídění v třídících centrech.

V první části této práce je představen plast jako takový, počínaje jeho historickým vývojem, přes rozdělení, nejpoužívanější druhy, až po specifikaci plastového odpadu. Taktéž je v první části obsažena charakteristika odpadu a vybrané složky komunálního odpadu, tak aby čtenář nabyl základní informace i v širším kontextu odpadového hospodářství.

Poté následuje hlavní část práce, která již popisuje samotné nakládání s odpadním plastem od sběru, přes svoz, jeho třídění na třídících linkách, jejichž představení a bližší rozbor je hlavním tématem této práce. V závěru této části jsou poté popsány způsoby a možnosti dalšího využití již roztržiených komodit.

Klíčová slova:

Plast, odpadní plast, odpad, recyklace, odpadové hospodářství, sběr plastu, třídění.

The description and evaluation of the current state of plastic waste management

Abstract

The aim of this work is to describe and evaluate the current state of plastic waste management. This work contains a description of the individual machines and technologies used mainly during its sorting in sorting centres.

In the first part of this work, plastic as such is presented, starting with its historical development, through the division, the most used types, up to the specification of plastic waste. First part also contains the characteristics of waste and selected components of municipal waste, so that the reader acquires basic information in the broader context of waste management.

This is followed by the main part of the work, which already describes the actual handling of waste plastic from collection, through transport, its sorting on sorting lines, the introduction and closer analysis of which is the main topic of this work. At the end of this section, the methods and possibilities of further use of already sorted commodities are described.

Keywords:

Plastic, waste plastic, waste, recycling, waste management, collection of plastic, separation.

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce	2
3 Metodika práce.....	3
4 Charakteristika vybraných druhů odpadních plastů	4
4.1 Historie plastů	4
4.2 Rozdělení plastů	4
4.2.1 Vlastnosti a účel plastů	5
4.2.2 Teplotní chování plastů.....	6
4.2.3 Další rozdělení plastů.....	7
4.3 Nejpoužívanější druhy plastů	8
4.3.1 Polyethylen (PE)	8
4.3.2 Polypropylen (PP).....	8
4.3.3 Polystyren (PS)	9
4.3.4 Polyethylentereftalát (PET)	9
4.3.5 Měkčený polyvinylchlorid (PVC)	9
4.4 Charakteristika odpadu.....	9
4.4.1 Právní předpisy týkající se odpadového hospodářství.....	10
4.4.2 Základní pojmy	10
4.5 Vybrané složky komunálního odpadu.....	13
4.6 Plastový odpad	14
5 Metody a zařízení používané při zpracování a využití vybraných druhů odpadních plastů	15
5.1 Sběr plastů	15
5.2 Svoz plastů	16
5.3 Třídění plastů	17

5.3.1	Třídící linka.....	17
5.3.2	Vstupní materiál.....	18
5.3.3	Otvírač pytlů	19
5.3.4	Třídící kabina.....	20
5.3.5	Výsypný box.....	21
5.3.6	Separátor železa	23
5.3.7	Balistický separátor.....	23
5.3.8	2, 4, 6cestný třídič.....	24
5.3.9	Perforátor	25
5.3.10	Separátor neželezných kovů	27
5.3.11	Balíkovací lis	27
5.3.12	Kontejnerový lis.....	28
5.3.13	Kancelářský kontejner	29
5.3.14	Elektrický kontejner.....	29
5.3.15	Dopravní pás	29
5.3.16	Další části.....	30
5.3.17	Výstupní materiál.....	31
5.4	Způsob dalšího využití vytríděných frakcí.....	32
5.4.1	Drcení, praní, sušení	32
5.4.2	Tepelné využití a likvidace	33
6	Závěr a diskuse.....	34
7	Seznam literatury	35
8	Přílohy	39

Seznam obrázků

Obr. 1: Alexander Parkes.....	4
Obr. 2: Rozdělení polymerů.....	7
Obr. 3: Chemický vzorec PE.....	8
Obr. 4: Chemický vzorec PP.....	8
Obr. 5: Chemický vzorec PS.....	9
Obr. 6: Chemický vzorec PET.....	9
Obr. 7: Chemický vzorec PVC.....	9
Obr. 8: Využití obalového odpadu za r. 2022.....	13
Obr. 9: Cyklus plastového výrobku.....	14
Obr. 10: Různé typy nádob na plastový odpad.....	15
Obr. 11: Svážecí vůz s lineárním lisováním.....	16
Obr. 12: Svážecí vůz s kontejnerem a hydraulickou rukou.....	16
Obr. 13: Třídící linka.....	17
Obr. 14: Materiál na vstupu.....	18
Obr. 15: Složení vstupního materiálu v %.....	18
Obr. 16: Otvírač pytlů.....	20
Obr. 17: Výsypné boxy.....	22
Obr. 18: Separátor železa.....	23
Obr. 19: Odvod frakcí z balistického separátoru.....	24
Obr. 20: Odvod frakcí ze separátoru neželezných kovů.....	27
Obr. 21: Příklad výstupního materiálu (balíky PET).....	31

Seznam tabulek

Tab. 1: Rozdělení výstupního materiálu.....	31
---	----

1 Úvod

V dnešní době se problematika odpadů stává stále naléhavějším a důležitějším tématem, které k řešení vyžaduje zvýšenou pozornost a konkrétní řešení. Nejinak je tomu i u odpadního plastu, který se za posledních několik desítek let stal naprosto běžnou součástí každodenního života. Jelikož nesprávné nakládání s odpadním plastem může zapříčinit rozsáhlé problémy globálního dopadu jako je ohrožení fauny a flóry či lidského zdraví, je naprosto nezbytné zpracovávat tuto odpadní komoditu co možná nejekologičtěji. K tomu lze přispět mnoha způsoby, i když význam správného zpracování a následného využití této komodity bývá často podceňován. Jednou z metod, jak lze odpadní plast zpracovat, je třídění a následná recyklace. Využitím těchto a dalších metod lze zajistit u většiny odpadních plastů jeho opětovné využití takovým způsobem, aby se prodloužila životnost až na několik cyklů místo jediného.

V posledních několika letech je kladen důraz na co nejefektivnější vytržení odpadního plastu na třídících linkách tak, aby se co nejvíce snížil podíl výstupního materiálu, který nelze opětovně využít. I díky tomuto požadavku se používané stroje a technologie stále zdokonalují a je vyvíjeno úsilí na plné zautomatizování celého procesu, který pracuje bez přímého zásahu obsluhy.

V rozsahu této bakalářské práce je pro čtenáře popsán a zhodnocen současný stav nakládání s odpadním plastem. V první části je čtenář seznámen s obecnou problematikou týkající se vzniku plastu, jeho rozdělení a nejpoužívanějších druhů. V návaznosti je též představena charakteristika odpadu, složky komunálního odpadu a odpadní plast jako takový. K podrobnému rozboru dochází u metod a zařízení používaných při zpracování a využití odpadního plastu, tak aby čtenář nabyl podrobných a aktuálních znalostí spojených zejména nejen s procesem třídění, ale i s dalšími procesy týkajícími se zpracování odpadního plastu.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je seznámit čtenáře s problematikou zpracování a využití vybraných druhů odpadních plastů. Součástí práce je i přehled používaných metod především při třídění odpadních plastů. Celkově tato práce pro čtenáře popisuje a zhodnocuje současný stav nakládání s plastovým odpadem od jeho vzniku až po likvidaci.

3 Metodika práce

V této bakalářské práci dochází na základě literárního rozboru k popisu zkoumané problematiky. Aby tato práce odpovídala zadaným požadavkům, získané informace z literárního rozboru jsou pouze z odborného zaměření v oblasti zpracování a využití vybraných druhů odpadních plastů. K úplnosti práce je provedeno představení, popis a zhodnocení vybrané třídící linky, jejích technologických zařízení, metod a postupů. Hlavní body jsou koncipovány v těchto kapitolách:

1. Úvod: představení dané problematiky a zaměření této práce.
2. Cíl práce: seznámení čtenáře s hlavními cíli práce.
3. Metodika práce: Nastínění způsobu řešení práce.
4. Charakteristika vybraných druhů odpadních plastů: Širší představení odpadních plastů.
5. Metody a zařízení používané při zpracování a využití vybraných druhů odpadních plastů: Podrobné seznámení čtenáře s celkovou cestou odpadního plastu se zaměřením na třídění.
6. Závěr a diskuze: Celkové shrnutí práce, oponování vybraného tématu.
7. Seznam literatury: Informace o využití literárních i jiných zdrojů.
8. Přílohy: Seznam příloh doplňujících tuto práci.

4 Charakteristika vybraných druhů odpadních plastů

4.1 Historie plastů

Prvním plastem vůbec byl parkesin neboli umělá slonovina, chemicky nitrát celulózy, který vynalezl Angličan Alexander Parkes v roce 1855. Prvním plně syntetickým plastem byl bakelit – reaktoplast vznikající polykondenzací fenolu a formaldehydu (1909). Například polyetylen byl poprvé připraven Hansem von Peckmannem v roce 1891. Po první světové válce se začaly vyrábět první vinylové plasty (PVC, polystyren), v 30. letech minulého století byla objevena syntéza prvního polyamidu (nylonu). V téže době také začíná prudký rozmach výzkumu i výroby většiny dalších plastů používaných z většiny dodnes. Do každodenního života vstoupily plasty (a výrobky z nich) masivně až po II. světové válce coby levná náhrada klasických materiálů jako dřevo, sklo, ocel a jiné kovy atp.



Obr. 1: Alexander Parkes [3]

Počátky moderní výroby polymerů sahají do 30. let 20. století, díky usilovné práci amerického chemika a vědce Wallace Carotherse ve firmě DuPont. Vynalezl neopren a nylon. Ke komerčnímu úspěchu nylonu přispěl během druhé světové války nedostatek hedvábí, z něhož se dřív vyráběly dámské punčochy. Syntetické polymery ale nahradily výpadky i v jiných oblastech. Poté, co Japonsko dobylo jihovýchodní Asii, se zastavily dodávky přírodního kaučuku k výrobě pneumatik. Nahradil ho plast. Díky kombinaci potřeby, vědeckého pokroku a šťastné náhody se rozvinula řada polymerů, kterým dnes říkáme plasty. Díky snaze snížit hmotnost výrobků a poskytnout levnou alternativu k přírodním materiálům typu celulóza a bavlna si polymery získaly širokou oblibu a využití [1] [2].

4.2 Rozdělení plastů

Plasty lze rozdělit podle mnoha kritérií, a to například podle jejich vlastností a účelů, teplotního chování, nadmolekulární struktury, polaritě či původu. Níže jsou uvedeny nejpoužívanější rozdělení.

4.2.1 Vlastnosti a účel plastů

Dle tohoto kritéria se plasty dělí na tři skupiny, a to na komoditní plasty, inženýrské plasty a high-tech polymery. Níže v této podkapitole jsou stručně popsány všechny tři skupiny, u každé jsou pak uvedeny jednotlivé plasty společně se stručnou charakteristikou [4].

Komoditní plasty mají široké využití, avšak nejvíce se používají hlavně pro výrobu. Jedná se o nejlevnější varianty plastů. Do této skupiny se řadí:

Polyethylen (PE) - poměrně měkký plast, při nárazu nepraská. Se zvyšující se hustotou stoupá i jeho pevnost, tuhost, tvrdost. Nevýhodou je jeho snadné zapálení, lehce se poškrábe.

Polypropylen (PP) - podobný jako polyethylen, vyniká především vyšší odolností a tvrdostí. Při teplotách pod 0°C křehne. Ne zcela průhledný, jako například polykarbonát. Odolný vůči kyselinám, louhům, alkoholům.

Polystyrén (PS) - vyznačuje se tvrdostí, tuhostí, dobrou tvarovou stálostí. Není odolný vůči chlorovaným uhlovodíkům.

Kopolyester (PET-G) - má světelnou propustnost 92 % při dokonalé optické kvalitě a vysokém povrchovém lesku. Má mimořádné tepelné tvářecí vlastnosti i při nízkých teplotách.

Měkčený Polyvinylchlorid (PVC) - dobré izolační vlastnosti, snižuje tepelné ztráty.

Inženýrské plasty se používají hlavně pro konstrukční potřeby, jejich předností je velká tepelná odolnost. Mohou nahradit sklo nebo i kov (za účelem snížení hmotnosti), konkrétní využití pak najdou v automobilovém či elektrotechnickém průmyslu, nebo při výrobě spotřebního zboží. Do této skupiny řadíme:

Polykarbonát (PC)-vysoce průhledný, trvanlivý, pevný. Má vysokou odolnost vůči nárazu, nikoli proti poškrábání.

Polymethylmethakrylát (PMMA)-průhledný syntetický polymer s vlastnostmi termoplastu.

Polyamid (PA)-dobré kluzné vlastnosti, chemická odolnost. Tvrdý a odolný. Vlivem UV záření může zežloutnout.

Polyethyltereftalát (PET)-dobře recyklovatelný. Není odolný vůči chemikáliím.

Polyoxymethlen (POM) -vysoká pevnost, dobré mechanické vlastnosti.

Polyvinylchlorid (PVC-U) -jeden z prvních vysoce používaných plastů. Dobrá pevnost, tuhost, snadné svařování, lepení. Odolný vůči chemikáliím.

High-tech polymery se jako speciální polymery používají při špičkových technických aplikacích. Do této skupiny řadíme:

Polyftalamid (PPA)-velmi dobré mechanické vlastnosti. Lépe odolává cyklické a teplotní zátěži, má lepší chemickou odolnost.

Polysulfony (PSU)-vyznačují se tepelnou a chemickou stabilitou s výbornými mechanickými vlastnostmi. Mají schopnost samozhašení.

Polyfenylensulfid (PPSU)-výborná tekutost taveniny, díky které je snadno zpracovatelný. Je těžce zápalný.

Polyetheretherketon (PEEK)-výborná tvarová stálost i při vysokých teplotách. Po doplnění o ocelové, nebo skelné vlákno může nahradit ocel, nebo hliník. Má schopnost samozhašení.

Polytetrafluoretylen (PTFE)-vysoká odolnost vůči stárnutí a vysokým teplotám.

4.2.2 Teplotní chování plastů

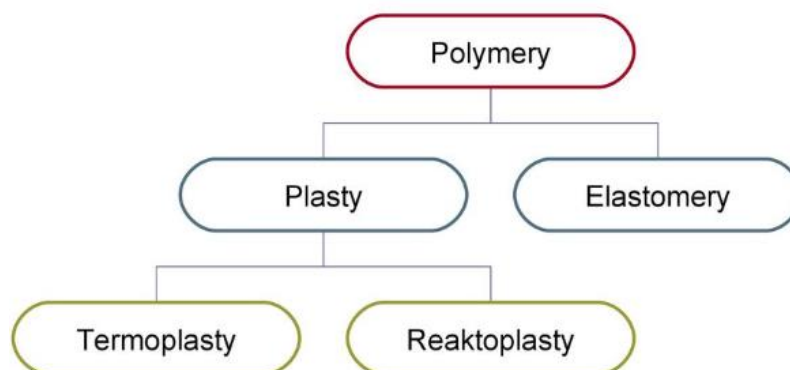
Dle tohoto kritéria se plasty dělí na tři skupiny, konkrétně na termoplasty, reaktoplasty a kaučuky, pryže a elastomery. Níže v této podkapitole jsou stručně popsány všechny tři skupiny, u každé jsou pak zmíněny jednotlivé příklady plastů [5].

Termoplasty: jedná se o polymerní materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu, do stavu vysoce viskózních newtonovských kapalin, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání T_m (semikrystalické plasty), resp. teplotu viskózního toku T_f (amorfní plasty). Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení. Jedná se pouze o fyzikální proces. K termoplastům

patří většina zpracovávaných hmot, jako je polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), atd.

Reaktoplasty: jedná se o polymerní materiály, dříve nazývané termosety, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, k tzv. vytvrzování. Výrobek je možno považovat za jednu velkou makromolekulu. Ochlazování reaktoplastů probíhá mimo nástroj, neboť zajištění rychlého ohřevu formy pro vytvrzení a následné rychlé ochlazení materiálu by bylo obtížné. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztavit ani rozpustit, dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty (degradaci). Patří sem fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty apod.

Kaučuky, pryže a elastomery: jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá zde pouze fyzikální děj.



Obr. 2: Rozdělení polymerů [6]

4.2.3 Další rozdělení plastů

Plasty lze nadále rozdělit dle dalších kritérií, a to například podle:

Nadmolekulární struktury (stupně uspořádanosti) na: amorfní plasty a krystalické (semikrystalické) plasty

Polarity na: polární a nepolární plasty

Původu na: přírodní a syntetické

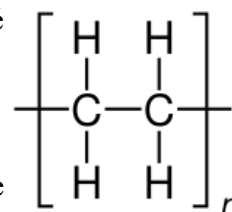
I po tomto stručném dělení bychom mohli plasty nadále rozdělit podle dalších kategorií, příkladně podle druhu přísad či podle chemické struktury. Ke stručnému nastínění této problematiky však postačí informace obsažené v této kapitole [5].

4.3 Nejpoužívanější druhy plastů

V této kapitole jsou stručně představeny nejvíce používané typy plastu v dnešní době. Jedná se zejména o těchto pět typů plastu: Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyren (PS), Polyethylentereftalát (PET), Měkčený Polyvinylchlorid (PVC)

4.3.1 Polyethylen (PE)

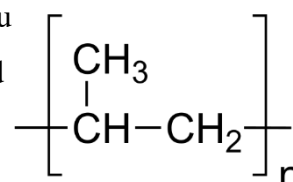
Jedná se o nejpoužívanější plast na světě. Existuje několik druhů, které se od sebe liší vlastnostmi, procesem výroby ale i finálními oblastmi použití. K základním druhům patří nízkohustotní (PE-LD) a vysokohustotní (PE-HD) polyethylen. Vyrábí se metodou polymerace ethenu buď pomocí vstřikování, nebo vytlačování. K výhodám tohoto materiálu lze přiřadit dobrou svařitelnost, snadné obrábění, výbornou zpracovatelnost, dlouhou životnost nebo také nízkou výrobní cenu. K nevýhodám se řadí malá odolnost vůči oděru a snadná hořlavost. Využití nalezne ve stavebním a potravinářském průmyslu, ale i ve zdravotnictví [11] [12].



Obr. 3: Chemický vzorec PE [7]

4.3.2 Polypropylen (PP)

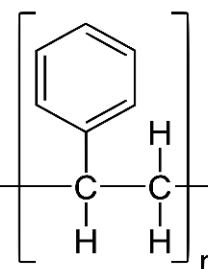
Jde o materiál, který se vyrábí za použití polymerací propenu s využitím katalyzátorů. Mezi jeho kladné vlastnosti patří například vysoká pevnost i při nízké hmotnosti, nízká hořlavost, dobrá svařitelnost, snadné obrábění a také je zdravotně nezávadný. Nevýhodou může být obtížné lepení či křehnutí při nižších teplotách. Používá se hlavně v chemickém a vodohospodářském průmyslu [13] [14].



Obr. 4: Chemický vzorec PP [7]

4.3.3 Polystyren (PS)

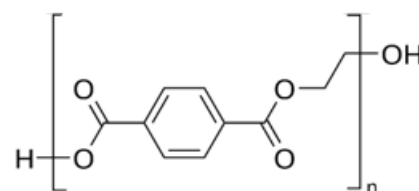
Tento materiál lze rozlišit na několik typů, a to na standardní (PS), houževnatý (HIPS), expandovatelný (EPS) a vytlačovaný pěnový (XPS) polystyren. Jednotlivé typy se vzájemně liší vlastnostmi, procesem výroby i finálními oblastmi použití. Výhody lze obecně shrnout do těchto bodů: nízké pořizovací náklady, nízká hmotnost, snadná tvarovatelnost, ale také dobré izolační vlastnosti. U nevýhod stojí za zmínění snadná hořlavost, nebo environmentální dopad (jednorázové výrobky). V závislosti na konkrétním typu se polystyren používá ve stavebním, obalovém nebo zdravotnickém průmyslu [15].



Obr. 5: Chemický vzorec PS [8]

4.3.4 Polyethyltereftalát (PET)

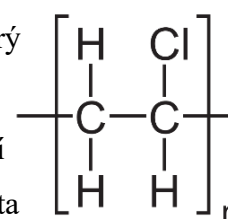
U tohoto materiálu probíhá výroba dvěma způsoby, a to buď z kyseliny tereftalové nebo dvoufázovým dimethyltereftalátovým procesem, který je častější. Jeho vlastnosti lze popsat jako pevný, ale pružný materiál s dobrými izolačními vlastnostmi, není však vhodný pro kontakt se zásaditými látkami. Nejčastěji se využívá v obalovém, textilním či farmaceutickém průmyslu [16] [17].



Obr. 6: Chemický vzorec PET [9]

4.3.5 Měkčený polyvinylchlorid (PVC)

Jde o, za pomoci měkčících látek, upravený polyvinylchlorid, který je ve svém základu tvrdý a křehký. Výsledkem je měkký, pružnější a tvárnější materiál z kterého se vyrábí produkty pro lékařství a stavební či potravinářský průmysl. K jeho vlastnostem patří dobrá flexibilita a formovatelnost, odolnost proti chemikáliím a nízká cena. Zároveň ale nelze opomenout zdravotní obavy kvůli procesu měkčení [18].



Obr. 7: Chemický vzorec PVC [10]

4.4 Charakteristika odpadu

Tato kapitola pojednává o právních předpisech a pojmech týkajících se odpadového hospodářství. Níže jsou vypsány a vysvětleny důležité pojmy týkající se především zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech.

4.4.1 Právní předpisy týkající se odpadového hospodářství

Přehled aktuálně platných právních předpisů v oblasti odpadového hospodářství.

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, v platném znění [19].

(§ 1) Účel a předmět úpravy

Tento zákon ustanovuje: 1) zajištění vysoké úrovně ochrany životního prostředí a zdraví lidí a trvale udržitelné využívání přírodních zdrojů předcházením vzniku odpadů a nakládáním s nimi v souladu s hierarchií odpadového hospodářství

- 2) a) pravidla pro předcházení vzniku odpadů
- b) práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství
- c) působnost orgánů veřejné správy

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů, v platném znění [20].

Vyhláška č. 47/2023 Sb., Ministerstva životního prostředí o provedení některých ustanovení zákona o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí v platném znění [21].

4.4.2 Základní pojmy

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech definuje základní pojmy odpadového hospodářství takto:

(§4) Pojem odpad

Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.

(§11) Vymezení některých dalších pojmů

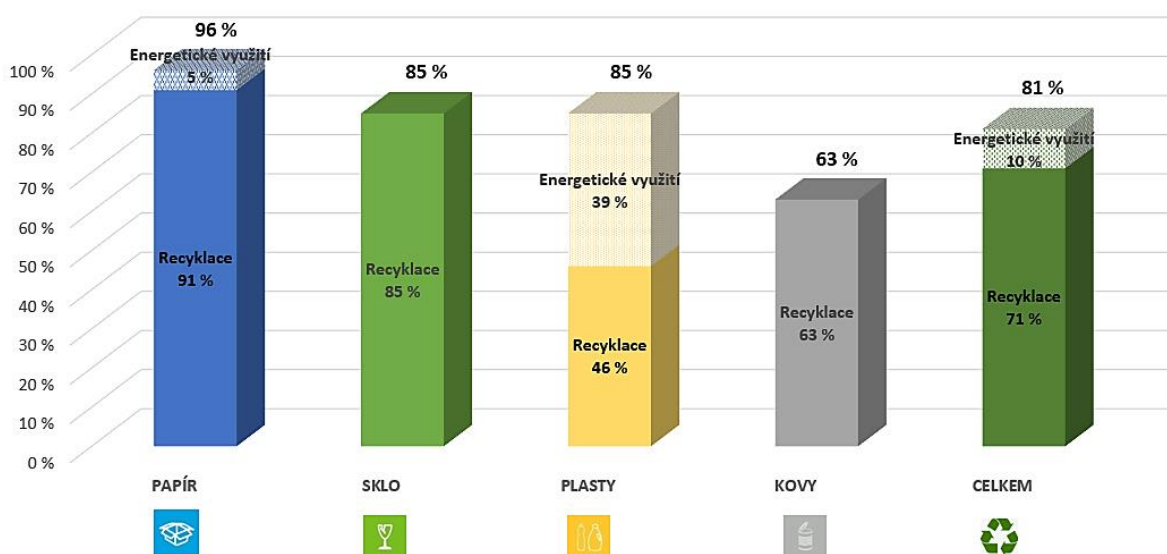
Pro účely tohoto zákona se dále rozumí:

- **komunálním odpadem** „směsný a tříděný odpad z domácností, zejména papír a lepenka, sklo, kovy, plasty, biologický odpad, dřevo, textil, obaly, odpadní elektrická a elektronická zařízení, odpadní baterie a akumulátory, a objemný odpad, zejména matrace a nábytek, a dále směsný odpad a tříděný odpad z jiných zdrojů, pokud je co do povahy a složení podobný odpadu z domácností.“
- **předcházením vzniku odpadu** „opatření přijatá předtím, než se movitá věc stane odpadem, která omezují nepříznivé dopady vzniklého odpadu na životní prostředí a zdraví lidí, omezují obsah nebezpečných látek v materiálech a výrobcích nebo omezují množství odpadu, a to i prostřednictvím opětovného použití výrobků nebo jejich částí k původnímu účelu nebo prodloužením životnosti výrobků.“
- **opětovným použitím** „postupy, kterými jsou výrobky nebo jejich části, které nejsou odpadem, znovu použity ke stejnému účelu, ke kterému byly původně určeny.“
- **nakládáním s odpadem** „soustředování odpadu, shromažďování odpadu, skladování odpadu, sběr odpadu, úprava odpadu, využití odpadu, odstranění odpadu, obchodování s odpadem nebo přeprava odpadu.“
- **soustředováním odpadu** „umístění odpadu v prostoru, včetně prvotního třídění pro účely odděleného soustředování a dočasného uložení odpadu v daném místě.“
- **odděleným soustředováním odpadu** „soustředování odpadů, kdy jsou jednotlivé odpady roztrženy podle druhu, kategorie a materiálů odpadu s cílem usnadnit jejich následující zpracování.“
- **sběrem odpadu** „soustředování odpadů právnickou osobou nebo podnikající fyzickou osobou od jiných osob pro účely předání do zařízení ke zpracování odpadu, pokud uložení odpadu v zařízení ke sběru odpadů nepřesáhne dobu 9 měsíců.“
- **zpracováním odpadu** „využití odpadu nebo odstranění odpadu zahrnující i úpravu před jeho využitím nebo odstraněním.“
- **úpravou odpadu** „každá činnost, která vede ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů, včetně jejich třídění, za účelem snížení jejich objemu, snížení jejich nebezpečných vlastností nebo umožnění nebo usnadnění jejich dopravy, využití nebo odstranění, přičemž odpad po úpravě zůstane vždy odpadem.“
- **využitím odpadu** „činnost, jejímž výsledkem je, že odpad slouží užitečnému účelu tím, že nahradí materiály používané ke konkrétnímu účelu nebo že je k tomuto konkrétnímu účelu připraven tak, že naplní podmínky stanovené v § 9 nebo 10 a přestane být odpadem; způsoby využití odpadu jsou uvedeny v příloze č. 5 k tomuto zákonu.“

- **energetickým využitím odpadu** „použití odpadu způsobem obdobným jako palivo za účelem využití jeho energetického obsahu nebo jiným způsobem k výrobě energie.“
- **materiálovým využitím odpadu** „jakýkoliv způsob využití odpadů zahrnující přípravu k opětovnému použití, recyklaci a zasypávání, s výjimkou energetického využití a přepracování na materiály, které mají být použity jako palivo nebo jiné prostředky k výrobě energie.“
- **recyklací odpadu** „způsob využití odpadu, jímž je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky, ať pro původní nebo pro jiné účely; recyklace odpadu zahrnuje přepracování organických materiálů, ale nezahrnuje energetické využití a přepracování na materiály, které mají být použity jako palivo nebo jako zásypový materiál.“
- **přípravou k opětovnému použití** „způsob využití odpadů zahrnující kontrolu, čištění nebo opravu, která zaručí, že je výrobky nebo jejich části možné bez dalšího zpracování opětovně používat.“
- **skladováním odpadu** „uložení odpadů v zařízení k tomu určeném po dobu nejdéle 1 roku před jejich odstraněním nebo po dobu nejdéle 3 let před jejich využitím.“
- **odstraněním odpadu** „činnost, která není využitím odpadů, a to i v případě, že tato činnost má jako druhotný důsledek znovuzískání látek nebo energie; způsoby odstranění odpadu jsou uvedeny v příloze č. 6 k tomuto zákonu.“
- **obchodováním s odpady** „nákup a prodej odpadů na vlastní odpovědnost právníkou osobou nebo podnikající fyzickou osobou, včetně situace, kdy tyto osoby nemají odpad fyzicky v držení.“
- **zařízením** „technická jednotka, pozemek, stavba nebo část stavby.“
- **mobilním zařízením** „zařízení určené pro nakládání s odpady schopné samostatného pohybu a funkce, které přemístěním tuto svou funkci neztratí.“
- **zprostředkováním** „nakládání s odpady zajišťování využití nebo odstranění odpadu jménem jiných osob, včetně případů, kdy nemá právníká nebo podnikající fyzická osoba zprostředkovávající nakládání s odpady (dále jen „zprostředkovatel“) tyto odpady fyzicky v držení.“
- **vzorkováním** „soubor činností vedoucích k odběru vzorků a dokumentace těchto činností.“
- **zasypáváním** „jakýkoli způsob využití, při němž je vhodný ostatní odpad použit pro účely rekultivace vytěžených oblastí nebo pro technické účely při terénních úpravách.“

4.5 Vybrané složky komunálního odpadu

Podle statistik společnosti EKO-KOM uvedli její klienti v uplynulém roce 2022 do oběhu a na trh celkem 3 416 856 tun obalového materiálu. EKO-KOM je autorizovaná obalová společnost založená jako nezisková akciová společnost roku 1997 průmyslovými podniky, které vyrábějí balené zboží. Vytváří a efektivně provozuje celorepublikový systém, který zahrnuje třídění, recyklaci a využití obalového odpadu na evropské úrovni. Pro celý komplex činností, který tato společnost zajišťuje, se ujal název „Systém EKO-KOM“ [22].



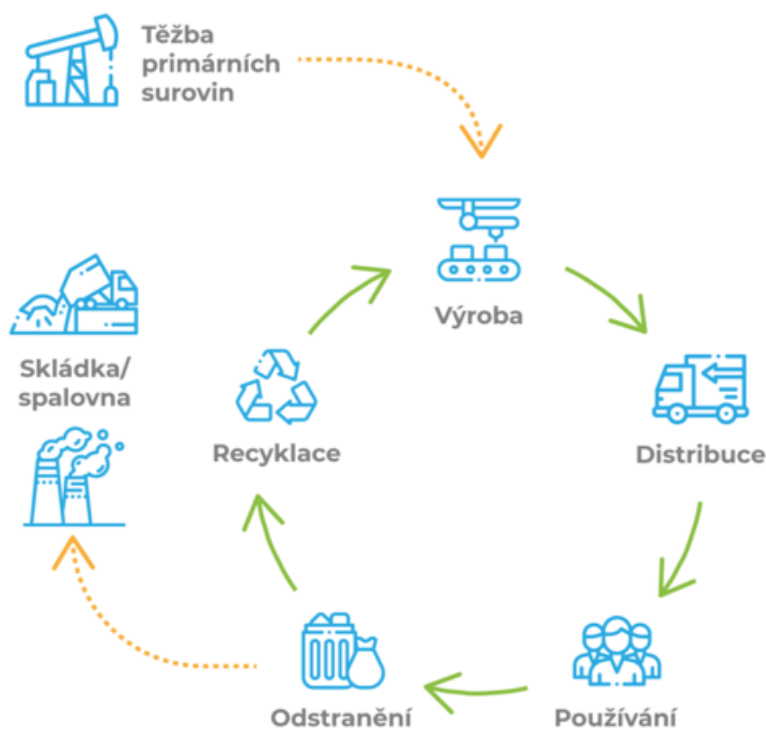
Obr. 8: Využití obalového odpadu za r. 2022 [22]

Z grafu lze vyčíst, že nejvyššího procentuálního využití (en. využití + recyklace) dosáhl za rok 2022 papír-celkem 96 % (5 + 91 %). Naopak plast-celkem 85 % (39 + 46 %) se nachází až na třetí pozici, před ním je ještě sklo s celkovým využitím 85 % (0 + 85 %). Celkově se pak podařilo společnosti EKO-KOM za své klienty využít 81 % (10 + 71 %) veškerého obalového odpadu.

Procentuálně se jednotlivé materiálové zastoupení meziročně mění jen velmi málo. Každým rokem se však zvyšuje celkové množství využitého odpadu z obalů, za rok 2022 to bylo přes 1 065 311 tun odpadu z obalů. Každý měsíc se tak systému EKO-KOM povede využít nebo recyklovat přes 88 000 tun domovního a průmyslového odpadu [22].

4.6 Plastový odpad

V roce 2022 se v České republice za pomoci energetického využití a recyklace využilo až 85 % plastového obalového odpadu. Více jak polovina z toho (46 %) je tvořena samotnou recyklací, při které je získaný plastový odpad vytrízen na jednotlivé skupiny a poté opětovně využit při výrobě nových výrobků. Zbylých 39 % je součástí tzv. tuhých alternativních paliv, které dále ke svému provozu využívají teplárny či cementárny [23] [24].



Obr. 9: Cyklus plastového výrobku [25]

5 Metody a zařízení používané při zpracování a využití vybraných druhů odpadních plastů

Tato kapitola se zaměřuje již na samotné nakládání s odpadním plastem. Postupně se zabývá sběrem, svozem a tříděním, na které navazuje podrobný popis hlavních strojů a postupů třídící linky. V závěru jsou zde nastíněny možnosti, jak dále zpracovávat výstupní frakce z třídícího centra.

5.1 Sběr plastů

System, který je využíván ke sběru odpadního plastu, lze rozdělit podle několika kritérií, a to:

- dle **technického vybavení** na: nádobový, pytlový a beznádobový sběr.
- dle **dostupnosti sběrného místa** na: donáškový nebo odvozový sběr.
- a dle **organizace sběru** na: stacionární nebo mobilní sběr.

U každého z výše zmíněných rozdělení lze najít výhody i nevýhody. V Praze je sběr plastového odpadu zajištěn nejčastěji pomocí varianty donáškového nádobového systému. Na území hlavního města je v dnešní době dostupných více jak 9000 odběrových míst, nejčastěji jde o kontejnery nebo podzemní sběrné nádoby. U těchto i jiných druhů sběrných nádob platí, že jsou označeny žlutou barvou, která se pojí s tříděním plastu (například papír se třídí do modrých a sklo do zelených nebo bílých nádob). Celkem se za rok 2022 vytrídilo 180 000 tun plastového odpadu, tedy přibližně $17,2 \text{ kg} \cdot \text{os}^{-1}$. Díky tomu bylo dosaženo úspory cca 162 000 t CO₂, který by jinak vznikl příkladně při zpracování nových vstupních surovin [24] [29].



V=240 l



V=1100 l



V=3000 l

Obr. 10: Různé typy nádob na plastový odpad [26]

5.2 Svoz plastů

Ke svozu tříděného odpadu včetně odpadního plastu se v dnešní době využívají především speciální svážecí vozy, svoz ale může být zajištěn i klasickými nákladními vozy s kontejnery a hydraulickou rukou, která jsou opatřena informační cedulí určující, jaký druh odpadu sváží. V České republice se u nejvíce používaných speciálních svozových vozů využívají dva základní systémy lisování, a to rotační a lineární. U lineárního lisování je na zádi svážecího vozu lis, který vysbíraný odpadní plast stlačuje směrem k čelu zásobníku. Naopak u rotačního lisování se uvnitř nástavby nachází buben, který se otáčí. Ten se plní vysbíraným odpadním plastem a vestavěná spirála uvnitř bubnu přitlačuje odpad směrem k čelu bubnu [28].



Obr. 11: Svážecí vůz s lineárním lisováním [27]



Obr. 12: Svážecí vůz s kontejnerem a hydraulickou rukou [26]

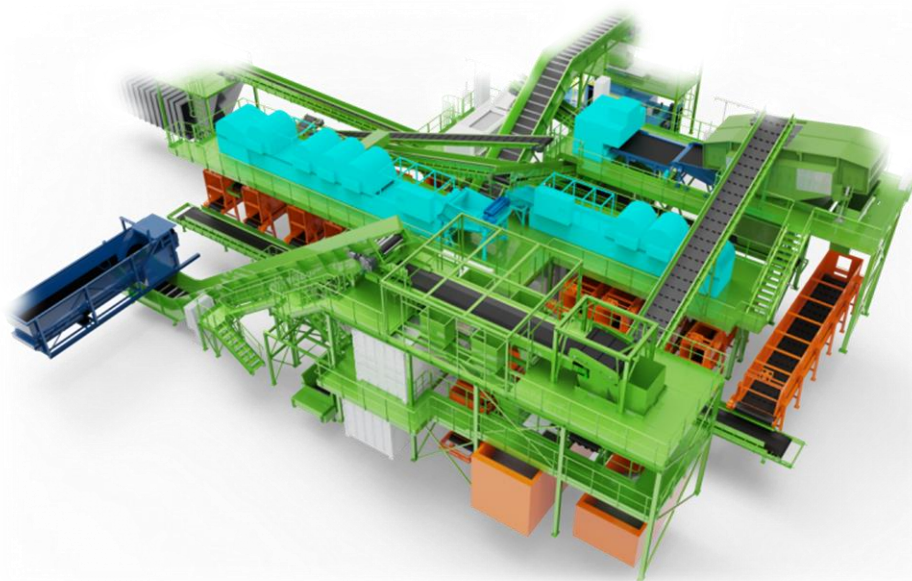
Těmito způsoby je vysbíraný odpadní plast svážen do třídícího centra, na hromadu, na začátek třídící linky. V třídícím centru se poté přivezený materiál dále třídí podle specifických požadavků, například podle druhu, barvy atp.

5.3 Třídění plastů

5.3.1 Třídící linka

Samotné třídění vysbíraného odpadního plastu zajišťuje v třídícím centru třídící linka. Toto specializované pracoviště lze najít na více jak 110 místech (k r.2020) v rámci České republiky, a to např. v Brně (provoz zajištěn firmou SAKO Brno a.s.), Benátkách nad Jizerou (provoz zajištěn firmou AVE CZ odpadové hospodářství s.r.o.) nebo Chrášťanech u Prahy (provoz zajištěn firmou Pražské služby a.s.).

Tyto linky lze rozdělit na semi-automatizované a plně automatizované. Semi - automatizované jsou takové linky, kde jsou jednotlivé automatizované procesy propojeny s ruční prací obsluhy. U plně automatizovaných linek jsou všechny procesy automatizovány, a obsluha do nich zasahuje pouze nepřímo, např. v rámci pravidelné údržby nebo oprav [34].



Obr. 13: Třídící linka [31]

Třídící linka je zkonstruována z několika na sebe navazujících zařízení a pracovišť, jejichž konstrukce a uspořádání vždy závisí na celkovém záměru využití linky, např. na počtu vytřízených frakcí k dalšímu využití či množství zpracovaného odpadu za daný časový úsek. Vstupním materiálem je vysbíraný odpadní plast, který lze za použití moderních strojů třídící linky možno zpracovávat tak, aby výstupním materiálem bylo až patnáct jednotlivých frakcí již roztřízeného materiálu. Jednotlivé frakce se třídí postupně v průběhu jednotlivých procesů třídící linky, po vytřídění se poté buďto nechají dále zpracovat, anebo jsou shromažďovány k další likvidaci nebo tepelnému využití [30].

5.3.2 Vstupní materiál

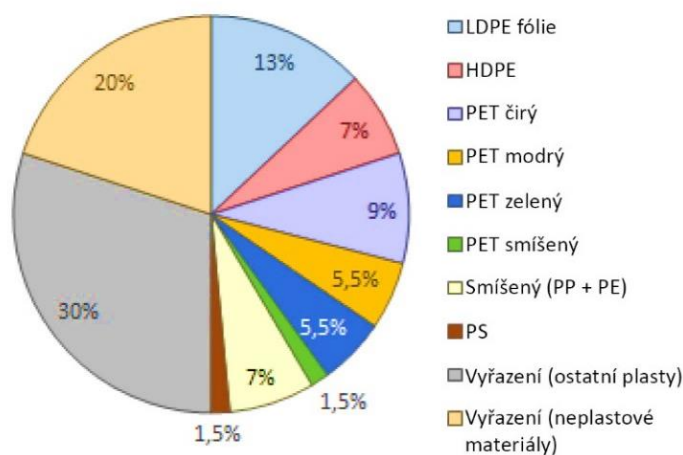
Před samotným návrhem a projektováním každé třídící linky by měl proběhnout rozbor vysbíraného sběrového materiálu (v tomto případě odpadního plastu) ve všech svozových oblastech, ze kterých bude následně vysbíraný odpadní plast svážen. Tímto rozbohem lze následně zjistit různé hodnoty vstupního materiálu (odpadního plastu), které dále hrají významnou roli při návrhu a specifikaci požadavků na kapacitu třídící linky. Mezi tyto požadavky se řadí například celkový přijatý vstupní materiál v $t \cdot \text{rok}^{-1}$, provozní doba v $\text{hod} \cdot \text{týden}^{-1}$, ale také návrh a konstrukce jednotlivých strojů (např. jeden či více totožných strojů v rámci jednoho provozu).



Obr. 14: Materiál na vstupu [32]

V Praze je odpadní plast, který je svážen do třídících center, složen převážně z těchto deseti typů materiálu:

- **LDPE** (polyethylen s nízkou hustotou)
- **HDPE** (polyethylen s vysokou hustotou)
- **PP** (polypropylen)
- **PS** (polystyren)
- **PET** (polyethylentereftalát)
 - bezbarvý
 - modrý
 - zelený
 - smíšený
- **Vyřazené ostatní plasty**
- **Vyřazené jiné (neplastové) mat.** [33]



Obr. 15: Složení vstupního materiálu v % [35]

Třídící linka na odpadní plast určená pro Prahu takto dokáže zpracovat až $5 \text{ t} \cdot \text{hod}^{-1}$ materiálu ($15000 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$) při dvousměnném provozu na 7,5 hod za den u každé směny. Denní kapacita tím pádem může být až 75 t. Díky tomu je schopna pokrýt celkovou roční produkci odpadních plastů v Praze [30] [33].

5.3.3 Otvírač pytlů

Toto zařízení je řazeno na začátku třídící linky (viz. příloha 1). Je určeno nejen k otevření plastových pytlů s odpadem, tak aby byly skoro úplně vyprázdněny, ale také napomáhá vyprazdňování uzavřených plastových nádob se zbytkovou kapalinou (např. nevyprázdněné PET láhve nebo menší kanystry).

Princip fungování

Opadní plast, který je plněn do plnicí násypky za pomoci kolového nakladače, je dále dopravován do plnicího hrdla stroje pomocí podlahového dopravníku. Odtud následně materiál postupuje do hlavní části stroje, otevíracího kanálu. Zde se nachází otevírací mechanismus složený z trhacích prstů, které jsou připevněny na rotujících válcích. Zde je veškerý objemný materiál otevřen a roztrhán na menší části. Pohon otevíracího mechanismu je zajištěn hydraulicky. Materiál, který má již dostatečně malý objem nyní dále propadáva vyprazdňovacími mezerami po bocích otevíracího kanálu na pásový dopravník, který ho přepravuje k dalšímu zpracování.

Konstrukce

Plnicí násypka: Jedná se o rámovou konstrukci z ocelových profilů. Stěny násypky jsou zkonstruovány z ocelového plechu, ve vybraných místech jsou navíc doplněny vyztužením. Zároveň může být konstrukce doplněna o prodlužovací plechy jednotlivých stran násypky, za účelem zamezení vypadávání materiálu při větším objemu materiálu při plnění.

Podlahový dopravník: Pohyblivá podlaha je vyrobena z tlačných desek, které vyrobeny ze syntetického materiálu. Navíc jsou chráněny proti opotřebení namontovanými plechy. Celkový pohyb, který zajišťuje dopravu materiálu, je zastáván hydraulicky.

Pohonná jednotka: Je hydraulická, skládá se z hydraulického válce, hydraulického spojovacího vedení, hydraulického agregátu, regulačních, řídicích a pojistných ventilů, olejového filtru a olejové nádrže.

Řídicí systém: Je elektronický, jeho součástí je hlavní spínač, spínací skřínky, kontrolky, spínač nouzového zastavení.



Obr. 16: Otvírač pytlů [36]

5.3.4 Třídící kabina

Zde dochází k ručnímu předtřídění odpadního plastu. Počet zde tříděných frakcí závisí na požadavcích provozovatele a na možnostech dalšího zpracování ve zbylých úsecích třídící linky. V tomto konkrétním případě se zde třídí dvě frakce, a to LDPE folie a velká nečistota. Zbylý materiál putuje do dalších částí třídící linky.

Princip fungování

Opadní plast určený k předtřídění je do třídící kabiny dopravován z otvírače pytlů dopravním pásem (viz. příloha 1). Kabinou dále prochází na dopravním páse, ze kterého obsluha ručně průběžně separuje určené frakční druhy, které hází přepadovým otvorem v podlaze do velkých výsypných boxů určených pro přechodné uskladnění. Zbylý nevytříděný materiál je dopravním pásem dopravován ven z kabiny k dalšímu zpracování do dalších částí linky.

Konstrukce

Nosný rám: celooceľová svařovaná konstrukce z několika prvků z tvarové oceli uložená na přepážkách skladovacích boxů.

Dopravní pás: zajišťuje dopravu materiálu do kabiny, v kabině a ven z kabiny.

Přepadový otvor: zajišťuje gravitační odvod vytříděných frakcí do jednotlivých výsypných boxů.

Klimatizace: včetně automatické regulace teploty, stará se o výměnu vzduchu, řeší komfortní teplotu pracoviště.

Další části: běžné a nouzové osvětlení, odolná protiskluzová podlaha, izolované stěny, okna, vstupní dveře.

5.3.5 Výsypný box

K přechodnému uskladnění frakcí, které jsou vytříděny různými postupy v různých částech procesu slouží automatické výsypné boxy nebo výsypné kontejnery (v případě frakce velkých nečistot vytříděných v třídící kabině a frakce magnetických kovů vytříděných na separátoru železa) (viz. příloha 1).

Princip fungování

Jakmile je jedním z konkrétních postupů v průběhu procesu vytříděna některá z požadovaných frakcí, je vylučována do výsypného boxu. V daném boxu se poté zpravidla, pokud není dáno jinak, hromadí pouze jedna konkrétní frakce, až do jeho naplnění. Automatická čidla, která jsou součástí každého boxu, se starají o včasnou signalizaci naplnění. Jakmile je některý z boxů naplněn, jsou otevřeny výsypné dveře boxu a celá frakce je podlahovým dopravníkem vyprázdněna na navazující dopravní pás, který frakci dopraví do balíkovacího lisu, kde je tento materiál dále lisován do balíků. Poté jsou výsypné dveře boxu zavřeny, box je nadále používán ke sběru až do jeho opětovného naplnění.

O spuštění dopravního pásu se opět stará elektronický řídicí systém třídící linky tak, aby tento pás vždy dopravoval pouze danou frakci a nedocházelo při dopravě do balíkovacího lisu ke smíchání více již vytríděných frakcí.

Konstrukce

V tomto případě jsou všechny výsypné boxy navrženy ve stejné konfiguraci. Odlišují se jen konstrukčními rozměry, z čehož vyplývá i rozdílný kapacitní objem a šířka podlahových dopravníků pro vysypávání materiálu.

Konstrukce výsypného boxu sestává z **ocelové konstrukce**, jejíž hlavní částí je klec, ve které se skladuje materiál. Na vyprazdňovací straně boxu je instalována **pohyblivá obdélníková ocelová mříž** zavěšená na lanovém zvedacím mechanismu sloužící k pravidelnému otevírání boxu za účelem vysypávání nahromaděného materiálu. Dále je zde **podlahový dopravní pás s příčnicí** nacházející se na dně, který při vysypávání zajišťuje přesun materiálu na dopravní pás. V horní části se poté nachází mechanické škrabky pro rozptýlení materiálu v průběhu plnění boxu. Veškeré procesy jsou řízeny elektronickým řídicím systémem třídící linky za pomoci čidel a spínačů.



Obr. 17: Výsypné boxy [37]

5.3.6 Separátor železa

Tento stroj obstarává separaci frakce magnetických kovů (FE) od zbytku tříděného materiálu, který putuje do dalších částí třídící linky. Tím chrání další navazující stroje linky od případného poškození hrubými kovovými nečistotami.

Princip fungování

Separátor železa funguje na principu stálé magnetické separace, kdy jsou k pohyblivému pásu neustále magneticky přitahovány všechny FE části. Je nainstalován tak, že je z jedné části nad koncem dopravního pásu, který vede z třídící kabiny. Jeho zbylá část je vysunuta přes dopravní pás, který vede do balistického separátoru (viz. příloha 1). Vychylovací válec, který zajišťuje oddělení vytříděné FE frakce, je umístěn nad výsypným kontejnerem určeným pro sběr frakce FE. Propad do výsypného kontejneru je prostřednictvím padacího žlabu. Veškeré konstrukční komponenty v pracovní magnetické oblasti jsou zkonstruovány z nemagnetických materiálů.



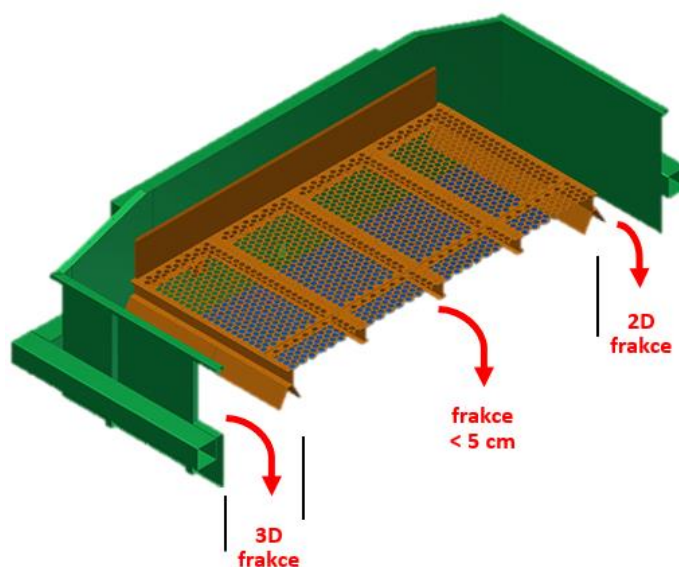
Obr. 18: Separátor železa [38]

5.3.7 Balistický separátor

Účelem balistického separátoru je oddělit materiál menších rozměrů (menší jak 5 cm) a plochý dvojrozměrný (2D) materiál od objemného trojrozměrného (3D) materiálu. Tato balistická separační technika je složena pouze z jednoho perforovaného koryta, což napomáhá snížit ucpání materiálem a tím pádem i údržbové náklady.

Princip fungování

Hlavní částí balistického separátoru je separační síť. To při práci využívá balistický princip, při kterém dochází k oddělení různých materiálů díky jejich rozdílným trajektoriím letu. Vstupní materiál je do násypky dopravován dopravním pásem od separátoru železa (viz. příloha 1). Násypkou propadává do vnitřní části stroje na síťový žlab (nakloněná rotující rovina). Zmíněnou rotací je vytvářen impulz, který unáší frakce plochého 2D materiálu směrem k horní části separátoru. Naopak frakce objemného 3D materiálu je unášena směrem k dolní části, kde propadává k dalšímu zpracování. Poslední zde tříděná frakce, materiál menších rozměrů, propadává skrz síť přes padací žlab až do výsypného kontejneru.



Obr. 19: Odvod frakcí z balistického separátoru [39]

5.3.8 2, 4, 6cestný třídič

Všechny tři n-cestné třídiče zpracovávají materiál, který do nich vstupuje, na základě tzv. „principu pozitivního třídění“. Jde o princip, kdy se z toku odpadu třídí jednotlivé frakce recyklovatelného materiálu. Výstupem z pozitivního třídění je poté menší množství materiálu, který však disponuje vyšší kvalitou [40].

2cestný třídič

Je v lince zařazen hned za balistickým separátorem (viz. příloha 1). Má za účel roztrždit 3D materiál, který do něj vstupuje z balistického separátoru, na dva jednotlivé materiálové

proudy. Jedná se o frakci specifických recyklovatelných materiálů (3D plast), kam patří PET, PP, PS a HDPE, která se dále zpracovává na perforátoru, 4cestném a 6cestném třídíči. Druhá frakce, která je tvořena neplastovým 3D materiálem, postupuje pomocí dopravního pásu do separátoru neželezných kovů k dalšímu zpracování.

4cestný třídíč

Zpracovává materiál, který je do něj dopravován pásovým dopravníkem z 6cestného třídíče (viz. příloha 1). Zde se směsná frakce PET, která představuje vstupní materiál dále třídí na čtyři samostatné materiálové proudy. Jde o čtyři frakce PET podle barvy, konkrétně se jedná o frakci PET čirý, PET modrý, PET zelený a PET mix. Jednotlivé frakce jsou odváděny do příslušných výsypných boxů.

6cestný třídíč

Materiál k přetřídění do něj vstupuje z perforátoru a 2cestného třídíče, který je zařazen před ním (viz. příloha 1). Materiál se zde dále třídí na šest jednotlivých materiálových proudů. První čtyři materiálové proudy jsou složeny z 3D plastu, konkrétně z jednotlivých frakcí PET, PP, PS a HDPE. Pátý materiálový proud tvoří frakce vystupující z policejní smyčky, skrz kterou se detekují další předměty v již vytříděných frakcích PET, PP, PS a HDPE. Poslední materiálový proud je tvořen frakcí zbytkového 3D plastu.

Vytříděná frakce PET putuje k dalšímu zpracování do 4cestného třídíče, zbylých pět frakcí (PP, PS, HDPE, frakce z policejní smyčky a zbytkový 3D plast) je odváděno do příslušných výsypných boxů.

Stanoviště 2, 4 i 6cestného třídíče je vždy doplněna o přívodní vibrační podavač, který je zařazený vždy před třídíč. Jeho účelem je připravit materiál na vstupu tak, aby jeho vrstva byla mělká a rovnoměrně rozložená.

5.3.9 Perforátor

Jde o zařízení, které zplošťuje a děruje PET lahve a dutý materiál za účelem oddělení případných zbytkových tekutin. Tím připravuje materiál k dalšímu zpracování tak, aby ho navazující stroje na lince mohli zpracovat bez rizika vlastního poškození

(např. zbytkovou tekutinou). Jakmile se při zpracování materiálu v perforátoru uvolní zbytková tekutina, je odváděna do cisternového kontejneru.

Toto zařízení je v lince zařazeno za 2cestným třídičem. Vstupním materiálem je frakce specifických recyklovatelných materiálů (PET, PP, PS a HDPE). Na výstupu je tento materiál už po perforaci a míří do 6cestného třídiče k dalšímu zpracování (viz. příloha 1).

Princip fungování

Perforátor je speciálně zkonstruovaný pro perforaci PET lahví a dutého materiálu s maximálním objemem 5 l a průměrem 150 mm, ten jsou následně slisováván v balíkovacím lisu nebo lisovacím kontejneru. Aby bylo dosaženo nízkých nákladů na skladování a přepravu, je nutné, aby vzduch z perforovaných PET lahví unikal již jen během procesu lisování. Tím je následně zaručena vysoká hustota materiálu, který je dále zpracováván.

Vstupní materiál je do vstupního otvoru, který ústí do vnitřního ústrojí, shazován z dopravního pásu. V ústrojí jsou mezi přitlačnou klapkou a bubnem unášeny směrem dolů pomocí hnacích tyčí. Dělicí nože poté do PET lahví vytvoří zářezy a otvory tak, aby z nich vytekla zbytková tekutina. Poté se zpracovaný materiál stává výstupním a je unášen směrem dolů ven ze stroje ke zpracování na dalších stanovištích. Takto zpracovaný materiál je zároveň možno již lisovat.

Zbytková tekutina, která je v průběhu zpracování uvolňována, dopadá na vibrační podavač a poté na odkapávací koryto. Odtud je pomocí gravitace odváděna napojeným potrubím do cisternového kontejneru s objemem 1000 l.

Konstrukce

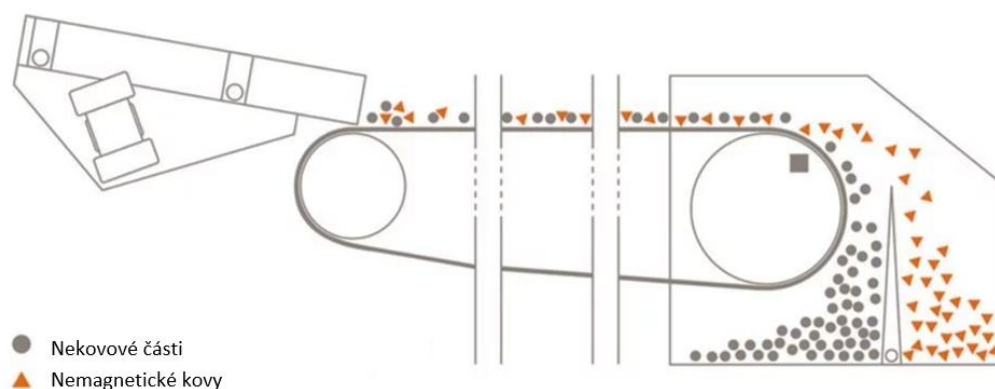
Hlavní část stroje je pevná **rámová konstrukce**. Na jedné straně této konstrukce je připevněna **přitlačná klapka**. Vzdálenost mezi klapkou a **bubnem**, který je další důležitou součástí stroje, se směrem dolů zmenšuje. Součástí bubnu jsou obvodové **hnací tyče**, na kterých se nachází **dělicí nože** trojúhelníkového profilu z odolného materiálu. Hnací tyče lze v případě potřeby vyměnit, jsou upevněny dvěma šrouby. Pohon bubnu zajišťuje elektromotor, pracovní rychlost a směr otáčení bubnu jsou předem nastavené parametry a nelze je měnit za provozu.

5.3.10 Separátor neželezných kovů

Účelem tohoto stroje je rozdělit vstupní materiál (neplastový 3D materiál), který je přiváděn k zpracování dopravním pásem z 2cestného třídíče, na dvě frakce. Frakce neželezných kovů (NE) po vyseparování odpadáva do výsypného boxu. Frakce zbytkového 3D materiálu je shazována na dopravní pás, který jí dopravuje do kontejnerového lisu k slisování (viz. příloha 1). K vyřídění těchto dvou frakcí se využívá princip vířivých proudů. Stejně jako u n-cestných třídíčů je zde instalován přírodní vibrační podavač, který je zařazen před separátorem neželezných kovů. Jeho účelem je připravit materiál na vstupu tak, aby jeho vrstva byla mělká a rovnoměrně rozložená.

Princip fungování

Při třídění je využit princip vířivých proudů. Magnetické pole, které je proměnné s časem, indukuje ve vodivých částicích vířivé proudy. Tyto proudy poté vytvářejí odpudivý efekt v podobě síly, takže elektricky vodivé částice v procházejícím odpadním materiálu (např. hliník nebo měď) mají tendenci se oddělit od nevodivých částic.



Obr. 20: Odvod frakcí ze separátoru neželezných kovů [41]

5.3.11 Balíkovací lis

Zde dochází v rámci třídící linky k finálnímu zpracování řady jedenácti postupně vyříděných frakcí, které zahrnují devět frakcí recyklovatelných materiálů (PET čirý, PET modrý, PET zelený, PET mix, PP, PS, HDPE, LDPE a neželezné kovy) a dvě frakce nerecyklovatelných materiálů (2D zbytkový materiál a 3D plast). Tyto frakce jsou k zpracování

doprovázeny z výsypných boxů soustavou dopravních pásů (viz. příloha 1). Vstupním materiálem je konkrétní frakce, kterou je třeba zpracovat. Výstupním produktem je po operaci lisování krychlový balík o doporučené délce strany cca 1 m (tento rozměr zaručuje dobré manipulační vlastnosti), celkový čas zpracování jednoho balíku takovýchto rozměrů nepřesahuje tři minuty.

Výkonnost lisu a kvalita výstupního produktu závisí na mnoha faktorech, jako je rychlost podávání, vlhkost či hustota vstupního materiálu atp. Tyto proměnné zároveň mohou být odlišné u lehkých (např. PET) a těžkých (např. neželezné kovy) materiálů, které lis zpracovává.

Konstrukce

Prívodní násypka: slouží ke krátkodobému meziskladování dodaného vstupního materiálu, má zásobní funkci při postupném lisování do balíků.

Horizontální lisovací komora: zde, ve spodní části, dochází k lisování vstupního materiálu do krychlových balíků.

Hydraulický lis: zajišťuje lisování pomocí horizontálního lisovacího pístu, který je poháněn elektromotorem.

Lisovací tunel: prostor, kterým je po slisování odváděn výstupní materiál. Směrem k otvoru na výstupu se zužuje.

Řídicí systém: elektronický, slouží k ovládání stroje a nastavení parametrů pro balíkování. Jeho součástí jsou také různá čidla a snímače pro indikaci různých parametrů.

5.3.12 Kontejnerový lis

Zde dochází v rámci třídící linky k finálnímu zpracování frakce zbytkového 3D materiálu. Tuto frakci sem ke slisování přivádí dopravní pás ze separátoru neželezných kovů. Samotné zařízení se skládá z kompaktoru, který je instalován napevno a slouží k lisování. Poté je zde také sběrný kontejner pro uskladnění výstupního materiálu, který je výměnný (viz. příloha 1). U kompaktoru jsou vždy instalovány dva takovéto kontejnery. Jeden slouží při provozu k uskladnění, druhý je prázdný připravený k výměně, když se první naplní.

5.3.13 Kancelářský kontejner

Je instalován pod dopravním pásem procházejícím třídící kabinou (viz. příloha 1). Poskytuje zázemí pro část provozního personálu třídící linky.

Konstrukce

Hlavními částmi konstrukce jsou **rám** ze svařovaných a šroubovaných ocelových částí. **Střecha** je větraná, v pochozím provedení. **Podlaha** je tvořena svařovanými příčníky a profilovými plechy. Je tepelně izolována, stejně jako zbylé stěny konstrukce. Dále kontejner disponuje dvěma okny s roletou, vstupními dveřmi, topnou jednotkou, ventilací a elektroinstalací.

5.3.14 Elektrický kontejner

Nachází se pod kancelářským kontejnerem (viz. příloha 1). Uvnitř se je nainstalována elektrocentrála a veškeré elektrické rozvaděče.

Konstrukce

Její hlavní části tvoří **podlahová** a **střešní konstrukce** a čtyři **rohové sloupy** z kvalitních ocelových profilů a plechů. Tyto komponenty jsou svařeny dohromady a tvoří podlahu, střechu a stěny kontejneru. Kontejner je bez oken, disponuje elektrickou instalací a vstupními dveřmi. Na konstrukci jako celek jsou kladeny požadavky na nosnost a prostup tepla.

5.3.15 Dopravní pás

Za účelem přepravy materiálu v různých fázích procesu třídění je instalováno několik dopravních pásů. Některé jsou jednou z částí daného stroje a přepravují materiál v průběhu činnosti tohoto stroje (např. výsypné boxy, separátor neželezných kovů).

Zbylé dopravní pásy zajišťují dopravu mezi jednotlivými stroji a stanovišti. Z konkrétního stroje je na pás dodáván výstupní materiál. Ten je dopravním pásem přepraven na vstup navazujícího stroje, kde se tento materiál stává vstupním a daný stroj s ním dále pracuje (viz. příloha 1).

Princip fungování

Materiál, který dopraví pás přepravuje, je k přepravě přiveden buď plnicím skluzem (násypkou), nebo pomocí podávacího zařízení. Plnicí skluz dále směřuje materiál na střed pásu, aby se zabránilo případnému přepadávání. Zároveň musí být dostatečně dlouhý, aby se materiálna pás dokázal uložit.

Jakmile je materiál na páse, je dopravován až k výsypnému skluzu na jeho opačném konci. Poté je tímto skluzem volně vysypáván do vstupní části stroje, který na tento dopravní pás navazuje.

Konstrukce

Hlavní částí dopravního pásu tvoří **řemen**, který má přepravní a nosnou funkci. Je doplněn o napínací kladky nebo kluzné desky namontované na rámu pásu (podle provedení). **Rám** pásu je ocelový, slouží k uchycení ostatních částí pásu. **Napínací stanice** nacházející se na jednou z konců pásu je určena k napínání pásu tak, aby nedošlo k průvěsu pásu. Její funkce je podpořena také **napínacími kladkami**. **Hnací stanice** s motorem se nachází na opačném konci pásu je určena k pohonu pásu. Některé dopravní pásy jsou navíc doplněny o **frekvenční měnič** pro změnu provozní rychlosti.

5.3.16 Další části

Mezi další části nezbytné pro bezproblémový chod třídící linky se dále řadí:

Stanice stlačeného vzduchu: skládá se z kompresoru, nádoby na stlačený vzduch o objemu 1000 l a kontejneru, ve kterém jsou všechny součásti instalovány. Z této stanice je stlačený vzduch o požadovaných parametrech dodáván do 2, 4 i 6cestného třídiče. Zde je využíván jako součást metody, na které je založen princip třídění v n-cestných třídičích.

Senzory, snímače, spínače: jedná se o soubor několika desítek elektronických zařízení, které jsou součástí většiny strojů a stanovišť. Mají mnoho funkcí, například slouží k monitorování naplnění (výsypný box), rozpoznávání barvy tříděného materiálu (n-cestné třídiče) či sběru dat o provozu. Také mohou mít bezpečnostní funkci (zastavení procesu na základě indikace závažného problému).

Přístupové plošiny: jsou součástí celkové nosné konstrukce linky, slouží k přístupu ke strojům namontovaným ve zvýšených polohách v rámci údržby. Konstrukčně se jedná o ocelové rošty.

Ocelová konstrukce: slouží jako nosná kostra, na které jsou namontována všechna zařízení a součásti (třídící stroje, dopravní pásy, kontejnery, přístupové plošiny atp.). Konstrukčně se jedná o masivní ocelové profily a nosníky.

5.3.17 Výstupní materiál

Jakmile vstupní materiál projde celou třídící linkou, na výstupu se bude složen z jednotlivých roztříděných frakcí, které se buď dále zpracovávají, nebo jsou shromažďovány k tepelnému využití nebo likvidaci. Konkrétně se jedná o:

DÁLE ZPRACOVATELNÉ FRAKCE	FRAKCE K TEPELNÉMU VYUŽITÍ/LIKVIDACI
PET čirý	Velká nečistota
PET modrý	2D zbytkový materiál
PET zelený	3D zbytkový plast
PET mix	3D zbytkový materiál
PP	Materiál menších rozměrů
PS	FE kovy
HDPE	
LDPE	
NE železné kovy	

Tab. 1: Rozdělení výstupního materiálu [26]



Obr. 21: Příklad výstupního materiálu (balíky PET) [26]

5.4 Způsob dalšího využití vytríděných frakcí

Po vytrídění jednotlivých frakcí dochází u části z nich k dalšímu zpracování, tak aby byly využity k recyklaci. Mezi procesy, kterými tyto dále zpracovatelné frakce musí projít, řadíme drcení, praní nebo sušení.

Naopak frakce, které dále nelze využít k recyklaci, jsou buďto likvidovány, nebo použity jako palivo při spalování a výrobě tepelné energie.

5.4.1 Drcení, praní, sušení

Tento způsob je prvním krokem dalšího zpracování frakcí recyklovatelného plastového materiálu (PET čirý, PET modrý, PET zelený, PET mix, PP, PS, HDPE a LDPE). Každá z těchto frakcí vyžaduje specifický přístup při zpracování i následném materiálovém využití. Nejcennější komoditu představuje obecně PET lahev (PET čirý, PET modrý, PET zelený a PET mix), proto je na této komoditě nastíněn princip fungování a zpracování.

Princip fungování

PET lahve se před vstupem do linky melou na nožovém mlýně na drť s velikostí zrna přibližně 12 mm. Tato drť obsahuje všechny složky, ze kterých se PET lahev skládá. Takto nadrcený materiál dále putuje do rozpouštěcích košů. Po naplnění se koš uzavře a spolu se směsí rozdrčeného materiálu je ponořen do vodní koupele s přidáním detergentem v betonové vaně při teplotě vody 60-90 °C. Ve vodní lázni zůstává nadrcený materiál ponořený až do té doby, než se oddělí LDPE etikety od PET drtě a rozpustí se zbytky náplně a lepidlo papírových etiket (tato doba závisí na míře znečištění získávaného materiálu). Poté je nadrcený materiál přepraven do frikční pračky, kde dochází k oddělení rozvlákněné papírové etikety od PET drtě. Pak materiál pokračuje do vany na flotaci a oplachování. Zde se veškeré nečistoty jako uzávěry lahví, etikety LDPE, rozvlákněný papír atp. vyplavují na hladinu kde je vodní proud unáší do odpadního systému. Zbylé hrubé mechanické části se zachytávají na sítu. Získávaný PET materiál má vyšší hustotu než voda, takže se usazuje na dně vany. Odtud je vybírán a ukládán do pytlů, které se v odstředivce zbaví vody.

Po dosušení je výsledný produkt (tzv. vločky PET) připraven na další použití, např. jako vstupní surovina do granulátoru. V něm za zvýšené teploty a tlaku vznikají jednotlivé granule plastu, z kterých se následně vyrábí nové PET lahve či textilní vlákna [42] [43].

5.4.2 Tepelné využití a likvidace

Kromě frakcí, které jsou dále využívány k recyklaci, jsou výstupním materiálem z třídící linky i frakce dále nerecyklovatelného zbytkového materiálu. Pokud je materiál některé z frakcí energeticky využitelný, jen použit k výrobě tepelné energie v zařízení na energetické využití odpadů (ZEVO). Energeticky nevyužitelné a dále nezpracovatelné frakce jsou likvidovány metodou skládkování. V obou případech musí provozovatel třídícího centra za takovou manipulaci s již nevyužitelným zbytkovým odpadem platit různé poplatky za zpracování.

ZEVO

V tomto zařízení pro energetické využití odpadů (ZEVO) dochází k termickému využití nerecyklovatelného zbytkového odpadu pro výrobu tepelné a elektrické energie. Na pomyslném žebříčku preferovaných řešení, jak s nerecyklovatelným zbytkovým odpadem nakládat, je jejich energetické využití prostřednictvím ZEVO nadřazené pouhému odstranění (spálení, skládkování). Pro ZEVO platí velmi přísná legislativa, která povoluje jen minimální hodnoty emisí do životního prostředí. V porovnání s klasickými zdroji (např. uhelné elektrárny) jsou ZEVO k lidskému zdraví a životnímu prostředí mnohem šetrnější. Energie vyrobená z odpadu navíc šetří neobnovitelné zdroje surovin (uhlí či ropa). Zbytkový odpad po spalování (škvára) lze využít jako druhotné suroviny, např. ve stavebnictví [44].

Skládkování

Frakce, které nelze využít ani jednou z dosud popsaných metod, jsou odváženy k dlouhodobému uložení na skládku. Provoz každé skládky, na kterou je vyřazený materiál z třídícího centra odvážen, je zajištěn odbornou firmou. Každá skládka zároveň podléhá velmi přísné legislativě ve všech ohledech provozu, tak aby nedošlo k ohrožení životního prostředí a lidského zdraví.

6 Závěr a diskuse

Tato bakalářská práce byla zaměřena na popis a zhodnocení současného stavu nakládání s plastovým odpadem. V **úvodu** byla nastíněna obecná problematika odpadů a odpadního plastu spojená se zpracováním a tříděním, také je zde stručně nastíněno zaměření práce. **Cíl práce** přiblížil čtenáři konkrétní vytyčené cíle této práce. U **metodiky práce** byly popsány jednotlivé metodiky, které byly použity. Zároveň zde byl stručně nastíněn obsah kapitol.

Poté práce přechází ke kapitole o **charakteristice vybraných druhů odpadních plastů**. **Historie plastů** stručně představila čtenáři nejdůležitější body v průběhu vzniku a vývoje plastu až do podoby, v jaké ho známe dnes. U **rozdělení plastů** byly představeny nejdůležitější kritéria, podle kterých lze plast rozdělit do jednotlivých skupin. Tyto skupiny byly následně podrobněji představeny. Podkapitola **nejpoužívanějších druhů plastů** navázala se základními informacemi o pěti hlavních plastech využívaných k výrobě nejrůznějších produktů. Každý z těchto plastů byl základně popsán, zmíněny jsou také výhody, nevýhody a oblasti použití. Navazující **charakteristika odpadu** přiblížila čtenáři právní předpisy a základní pojmy týkající se odpadového hospodářství. **Vybrané složky komunálního odpadu** v obecném rozsahu představili materiálové složení komunálního odpadu v České republice. Podkapitola **plastový odpad** přiblížila rozložení využití této komodity.

Kapitola **metody a zařízení používané při zpracování a využití vybraných druhů odpadních plastů** čtenáře blíže seznámila s jednotlivými kroky při nakládání s odpadním plastem, zejména v podkapitole třídění. První podkapitola **sběr plastů** se zabývala popisem jednotlivými systémů sběru. Navazující podkapitola **svoz plastů** představila čtenáři metody využívané k přepravě odpadního plastu do třídícího centra. Hlavní podkapitola celé práce na téma **třídění plastů** postupně podrobně seznámila čtenáře s třídící linkou a jednotlivými stroji, které obsahuje. Každý stroj byl dopodrobna popsán, tak aby čtenář nabyt znalostí v oblasti obecného popisu, principu fungování a konstrukce stroje. Ke kompletnosti podkapitoly zde byl také představen vstupní i výstupní materiál tak, aby čtenář získal ucelené znalosti o celém průběhu třídění.

Poslední podkapitolou byl **způsob dalšího využití vytríděných frakcí**, zde bylo v obecném rozsahu nastíněno jak další zpracování v rámci recyklačního procesu, tak i likvidace zbytkového materiálu.

V průběhu řešení této práce bylo z několika literárních zdrojů zjištěno, že se každým rokem zvyšuje množství dále využitelného odpadního plastu. Toto tvrzení bylo v rámci následné diskuse s expertem z provozu potvrzeno.

7 Seznam literatury

- [1] Plast, plasty, plastické hmoty [online]. [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/plast-plasty-plasticke-hmoty/>
- [2] PŘEHLEDNĚ: Vše o plastu. Jak vzniká, kde se používá a jak končí [online]. [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/zahranicni/pravdy-a-myty-o-plastech-prehled.A180816_091220_eko-zahranicni_nio
- [3] Alexander Parkes [online]. [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <https://plasticshof.org/members/alexander-parkes/>
- [4] Rozdělení plastů podle vlastností a účelu [online]. [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <https://www.multiplast.cz/poradna/rozdeleni-a-charakteristika-plastu-26>
- [5] Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti [online]. [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [6] Podstata plastů 1: polymery [online]. [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/15817342-Podstata-plastu-1-polymery.html>
- [7] What Is the Difference Between Polyethylene and Polypropylene? [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.mdi.org/blog/post/what-is-the-difference-between-polyethylene-and-polypropylene/>
- [8] Polystyrene: the pros, the cons, the chemistry [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-explained/polystyrene-pros-cons-chemistry>
- [9] Vizag chemical: the forefront of polyethylene terephthalate glycol manufacturing in India [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.vizagchemical.com/blog/vizag-chemical-forefront-polyethylene-terephthalate-glycol-manufacturing-india>
- [10] Difference Between PVA and PVC [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.differencebetween.com/difference-between-pva-and-pvc/>
- [11] SAMOSEBOU.CZ. Encyklopedie plastů: Polyethyleny (PE, LDPE i HDPE) [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2020/02/28/encyklopedie-plastu-polyethyleny-pe-ldpe-i-hdpe/>
- [12] Polyethylen [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/polyethylen/>
- [13] SAMOSEBOU.CZ. Encyklopedie plastů: Polypropylen (PP) [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2019/10/25/encyklopedie-plastu-polypropylen-pp/>

- [14] Polypropylen [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/polypropylen/>
- [15] SAMOSEBOU.CZ. Encyklopedie plastů: Polystyreny (PS) [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2020/09/04/encyklopedie-plastu-polystyreny-ps/>
- [16] SAMOSEBOU.CZ. Encyklopedie plastů: Polyethylen-tereftalát (PET) [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2021/02/26/encyklopedie-plastu-polyethylentereftalat-pet/>
- [17] PET Plastic bottles: facts not myths [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: https://www.bpf.co.uk/Sustainability/pet_plastic_bottles_facts_not_myths.aspx
- [18] Polyvinylchloride PVC [online]. [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/PVC.aspx>
- [19] Zákon č. 541/2020 Sb.: Zákon o odpadech [online]. [cit. 2024-01-25]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541?text=541%2F2020+Sb>
- [20] Zákon č. 477/2001 Sb.: Zákon o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech) [online]. [cit. 2024-01-25]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-477#>
- [21] Vyhláška č. 47/2023 Sb.: Vyhláška o provedení některých ustanovení zákona o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí [online]. [cit. 2024-01-25]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2023-47>
- [22] EKO-KOM.CZ. Přehled dosahovaných výsledků za r. 2022 [online]. [cit. 2024-01-25]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/cz/ostatni/o-spolecnosti/system-eko-kom/vysledky-systemu/>
- [23] SAMOSEBOU.CZ. Výsledky třídění odpadu za rok 2022 – jak jsme na tom? [online]. [cit. 2024-01-25]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2023/05/31/vysledky-trideni-odpadu-za-rok-2022-jak-jsme-na-tom/>
- [24] SAMOSEBOU.CZ. Infografika o třídění plastů v ČR – jak jsme na tom? [online]. [cit. 2024-01-25]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2023/10/25/infografika-o-trideni-plastu-v-cr-jak-jsme-na-tom/>
- [25] Není pytlík jako pytlík, 3. díl: Je lepší pytlík z plastu, papíru nebo bioplastu? [online]. [cit. 2024-01-25]. Dostupné z: <https://www.ipur.cz/video-je-lepsi-pytlik-z-plastu-papiru-nebo-bioplastu/>
- [26] Archiv autora. [cit. 2024-01-25]
- [27] Hospodářské noviny/byznys [online]. [cit. 2024-01-25]. Dostupné z: <https://byznys.hn.cz/c1-65296280-prazske-sluzby-a-kretinskeho-ave-cz-nebudou-o-tendr-o-svoz-odpadu-za-12-miliard-souperit-jdou-do-nej-spolecne>

- [28] SAMOSEBOU.CZ. Jaká je cesta plastového odpadu? [online]. [cit. 2024-01-25]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2020/03/31/jaka-je-cesta-plastoveho-odpadu/>
- [29] PRAHA.EU. Systém sběru komunálního odpadu v Praze [online]. [cit. 2024-01-25]. Dostupné z: https://portalzp.praha.eu/jnp/cz/odpady/pro_obcany/system_sberu_komunalniho_odpadu_v_praze/index.html
- [30] M-U-T.AT. Valuable plastics separated cleanly [online]. [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://www.m-u-t.at/en/news.html?file=files/images/news/2022/09/Projekt%20Kusso/220930%20Projekt%20Sortieranlage%20final%20erweitert%20engl.pdf>
- [31] M-U-T.AT. News & Press: project sorting plant [online]. [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://www.m-u-t.at/en/news.html>
- [32] JAKTRIDIT.CZ. Dotřídování plastů [online]. [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://www.jaktridit.cz/cz/trideni/dotridovani/ostatni-dotridovaci-linky/dotridovani-plastu/>
- [33] PSAS.CZ. Praha má novou moderní třídící linku na plastový a kovový odpad. [online]. [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/praha-ma-novou-moderni-tridici-linku-na-plastovy-a-kovovy-odpad.-zvysi-tak-moznosti-recyklace-a-vyuziti-odpadu>
- [34] EKO-KOM.CZ. Účinnost dotřídění plastových odpadů na třídících linkách k době COVIDU klesla, EKO-KOM pracuje na otočení trendu [online]. [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/ucinnost-dotrideni-plastovych-odpadu-na-tridicich-linkach-k-dobe-covidu-klesla-eko-kom-pracuje-na-otoceni-trendu/>
- [35] Autor A. [cit. 2024-03-08]
- [36] Praha má novou moderní třídící linku na plastový a kovový odpad [online]. [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=3gtyGy9OVYk>
- [37] PRAHA.EU. Praha má novou moderní třídící linku na plastový a kovový odpad. Zvýší tak možnosti recyklace a využití odpadů [online]. [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: https://www.praha.eu/jnp/cz/o_meste/magistrat/tiskovy_servis/tiskove_zpravy/praha_ma_novou_moderni_tridici_linku_na.html
- [38] IFE-BULK.COM. Permanentní magnetický overband magnetický separátor [online]. [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://www.ife-bulk.com/maschinen/permanentmagnetischer-ueberbandmagnetscheider>
- [39] SUT.AT. Oddělovací síto [online]. [cit. 2024-03-13]. Dostupné z: https://www.sut.at/de/produkte_trennsieb

[40] MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Technika pro zpracování odpadů [online]. [cit. 2024-03-13]. Dostupné z:

https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/210/17165.pdf

[41] IFE-BULK.COM. Efektivní separace neželezných kovů [online]. [cit. 2024-03-13].

Dostupné z: <https://www.ife-bulk.com/cs/stroje/eddy-current-separator-inp-s-tyci-vytvarejici-virivy-proud>

[42] ODPADY-ONLINE.CZ. Dezintegrace materiálů při zhodnocování odpadů [online]. [cit. 2024-03-13]. Dostupné z:

<https://odpady-online.cz/dezintegrace-materialu-pri-zhodnocovani-odpadu/>

[43] REPLASTUJ.CZ. Recyklace [online]. [cit. 2024-03-13]. Dostupné z:

<https://www.replastuj.cz/recyklace>

[44] CEZ.CZ. Co je ZEVO [online]. [cit. 2024-03-13]. Dostupné z:

<https://www.cez.cz/cs/zevo/co-je-zevo>

8 Přílohy

Příloha 1: Schéma třídící linky na odpadní plast pro Prahu