

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**Fakulta životního prostředí**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Bakalářská práce**

Využití recyklovaných plastů v zahradnictví a jejich kvalitativní vlastnosti

**2023**

**Vanesa Jirmanová**

---

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vanesa Jirmanová

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Využití recyklovaných plastů v zahradnictví a jejich kvalitativní vlastnosti**

Název anglicky

**Utilization of recycled plastics in horticulture and their quality properties**

---

### Cíle práce

Cílem práce je průzkum legislativních rámců na úrovni České republiky a Evropské unie v oblasti plastové politiky spolu s popisem nejnovějšího vývoje standardizací u recyklovaných plastů. V práci budou zohledněny možnosti recyklace, vymezení využití recyklovaných plastů v nových výrobcích a výhledy do budoucna. První část bude věnována popisu oběhového a odpadového hospodářství, na což naváže problematika spojená s plasty s popisem legislativních cílů, aditivních přísad a recyklace. Praktická část bude zaměřena na průzkum trhu, kde bude studován podíl množství využitého recyklátu u výrobků jako jsou květináče, truhlíky a zelené stěny, nabízených na českém trhu.

### Metodika

Práce je primárně zpracována na základě rešerše z odborných pramenů, zabývající se plastovou problematikou a využití recyklovaných plastů. Praktická část analyzuje podíly recyklovaných plastů u výrobků pomocí marketingové rešerše.

**Doporučený rozsah práce**

40 stran

**Klíčová slova**

Plasty, legislativní předpisy, recyklace, květináče, aditiva

---

**Doporučené zdroje informací**

Baur E., Osswald T. A., Rudolph N., 2019: Plastics Handbook: The Resource for Plastic Engineers. Hanser Publishers, Munich.

Faraca G., Astrup T., 2019: Plastic waste from recycling centres: Characterisation and evaluation of plastic recyclability. Waste Management 2019/95. P. 389-396.

Kuraš M., 2008: Odpadové hospodářství. Ekomonitor, Chrudim.

Rudolph N., Kiesel R., Aumanate Ch., 2017: Understanding Plastics Recycling: Economic, Ecological, and Technical Aspects of Plastic Waste Handling. Hanser Publishers, Munich.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra aplikované ekologie

---

Elektronicky schváleno dne 28. 3. 2023

**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 28. 3. 2023

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2023

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Využití recyklovaných plastů v zahradnictví a jejich kvalitativní vlastnosti“ vypracovala samostatně a citovala všechny informační zdroje, které jsem použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, 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.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle 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.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 30.3.2023

.....

Vanesa Jirmanová

### **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat Ing. Tereze Hnátkové PhD. za odborné rady a trpělivost při vedení této práce. Dále mé poděkování patří firmám, které mi poskytly důležité informace a v neposlední řadě chci poděkovat rodině a přátelům za podporu během studia i psaní bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce „Využití recyklovaných plastů v zahradnictví a jejich kvalitativní vlastnosti“ je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části se autorka nejdříve věnuje oblasti oběhového a odpadového hospodářství. Další probíranou tematikou jsou plasty, kdy byly zkoumány především z hlediska legislativní úpravy na národní i evropské úrovni, popisu vlastností, aditiv a jejich recyklace. V neposlední řadě je uvedeno uplatnění recyklovaných plastů v různých segmentech trhu. Praktická část je koncipována jako průzkum trhu se zaměřením na zahradnické pomůcky, kde bylo zkoumáno zastoupení recyklovaných podílů u květináčů, truhlíků a zelených stěn.

## **Abstract**

This bachelor thesis "The use of recycled plastics in horticulture and their qualitative properties" is divided into a theoretical and a practical part. In the theoretical part, the author first discusses the field of circular and waste management. The next topic discussed is plastics, where they were examined mainly in terms of legislation at the national and European level, description of their properties, additives and their recycling. Finally, the application of recycled plastics in various market segments is presented. The practical part is conceived as a market survey focusing on gardening aids, where the share of recycled pots, planters and green walls was investigated.

## **Klíčová slova**

Plasty, legislativní předpisy, recyklace, květináče, aditiva

## **Key words**

Plastics, legislation, recycling, flowerpots, additives

## Obsah

<b>2. Cíle práce .....</b>	<b>10</b>
<b>3. Oběhové hospodářství.....</b>	<b>11</b>
3.1 Koncept oběhového hospodářství v Evropské unii.....	12
3.2 Koncept oběhového hospodářství v ČR .....	13
<b>4. Odpadové hospodářství .....</b>	<b>14</b>
<b>5. Plasty .....</b>	<b>17</b>
5.1 Legislativní úprava plastů v ČR a EU .....	17
5.2 Typy plastů.....	21
5.3 Aditiva.....	26
5.3.1 Barviva.....	27
5.3.2 Plniva a výztuže.....	28
5.3.4 Funkční přísady .....	28
<b>6. Recyklace plastů .....</b>	<b>29</b>
6.1 Mechanická recyklace.....	30
6.2 Chemická recyklace .....	31
<b>7. Využití recyklovaných plastů .....</b>	<b>32</b>
7.1 Recyklovatelnost .....	33
7.2 Recyklované plasty v zahradnictví a zemědělství.....	34
7.3 Využití recyklovaného PET.....	35
7.4 Využití recyklovaného HDPE & PP.....	35
<b>8. Metodika .....</b>	<b>37</b>
<b>9. Výrobky z recyklovaného materiálu na trhu.....</b>	<b>38</b>
9.1 Květináče a truhlíky v OBI.....	38
9.3 Zelené stěny .....	41
9.4 Výsledné zhodnocení.....	41
<b>10. Diskuze .....</b>	<b>43</b>
<b>11. Závěr a přínos práce .....</b>	<b>47</b>
<b>12. Přehled literatury a použitých zdrojů .....</b>	<b>48</b>
<b>13. Seznam použitých tabulek, grafů a obrázků .....</b>	<b>56</b>

## **Seznam použitých zkratk a symbolů**

A-PET	Amorfní polyethyltereftalát
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
C-PET	Krystalický polyethyltereftalát
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
HDP	Hrubý domácí produkt
HDPE	Vysokohustotní polyethylen
LDPE	Nízkohustotní polyethylen
LLDPE	Lineární nízkohustotní polyethylen
MDPE	Středně hustotní polyethylen
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
PA	Polyamid
PE	Polyethylen
PET	Polyethyltereftalát
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid
rHDPE	Recyklovaný vysokotlaký polyethylen
rPET	Recyklovaný polyethyltereftalát
rPP	Recyklovaný polypropylen



## 1. Úvod

Množství odpadu po světě neustále roste. Je tak cílem politik a vlád mnoha zemí zamezit dopadu negativních vlivů na životní prostředí spolu s omezením účinku na lidské zdraví. Dřívější systémy a koncepce, neposkytovaly kvalitní rámce pro nakládání s odpady a rozvoje moderní společnosti, proto musely být nahrazeny novými, jež řeší otázky 21. století. Ekonomický systém, jenž se věnuje této tematice a nastavuje vize a cíle pro dnešní společnost je cirkulární ekonomika. Ta s sebou přináší evoluční pohledy přes veškerá odvětví, jež mají upravit lidskou činnost tak, aby do budoucna byla zachována kvalita života a zároveň poskytovala možnost udržitelného rozvoje.

Jednou z hlavních priorit je nakládání s plasty, jejichž produkce má stále zvětšující se tendence díky jejich ekonomicky výhodným charakteristikám spolu s kvalitními mechanickými a fyzikálními vlastnostmi. Globálně je produkováno takové množství plastového odpadu, jež nemá možnosti následného odstranění, proto je často umístován na skládky, kde stále tvoří velkou část znečištění životního prostředí. Po světě jsou proto nastavovány strategie a míry zmenšování objemu plastového odpadu, kdy jsou vytvářeny nutné regulace, jako povinné míry recyklace, využití podílu recyklovaných plastů v nových výrobcích, nebo podpora recyklace. Nutností zůstává nejen integrace vládních orgánů, ale i zapojení široké veřejnosti, která je nedílnou součástí celého systému.

## **2. Cíle práce**

Cílem práce je průzkum legislativních rámců na úrovni České republiky a Evropské unie v oblasti plastové politiky spolu s popisem nejnovějšího vývoje standardizací u recyklovaných plastů. V práci budou zohledněny možnosti recyklace, vymezení využití recyklovaných plastů v nových výrobcích a výhledy do budoucna. První část bude věnována popisu oběhového a odpadového hospodářství, na což naváže problematika spojená s plasty, s popisem legislativních úprav, aditivních přísad a recyklace. Praktická část bude zaměřena na průzkum trhu, kde bude studován podíl množství využitého recyklátu u výrobků jako jsou květináče, truhlíky a zelené stěny, nabízených na českém trhu.

### 3. Oběhové hospodářství

Pojem oběhové hospodářství neboli cirkulární ekonomika vznikl jako reakce na lineární ekonomiku, která převažovala ve světě již od dob průmyslové revoluce. Postupně začal růst tlak na zdroje a společnost si uvědomila, že dosavadní koncept vzít-využít-vyhodit, je dlouhodobě neudržitelný. Proto v roce 1989 přišli autoři Pearse a Turner s koncepčním rámcem, který měl sloužit jako podklad pro postupný přechod od lineární ekonomiky k cirkulární. Jako inspirace jim sloužily studie amerického ekonoma K. E. Bouldinga, který se dlouho zabýval myšlenkou ekonomiky jako oběhového systému (Govindan & Hasanagic, 2018).

V dnešní době nabývá cirkulární ekonomika na celosvětově stále větším významu. Vlády po celém světě si začínají uvědomovat problematiku a dochází ke snaze přizpůsobit se výzvám moderní doby. Důraz je dán na potřebu vytvořit uzavřené smyčky materiálových toků, snížit spotřebu primárních zdrojů a omezit dopady na životní prostředí. Přestože neexistuje pouze jedna definice, která by postihla celou tematiku, veškeré studie se zabývají otázkou životnosti produktu, využíváním obnovitelné energie, snahou eliminovat následný odpad a maximalizovat užitky z výrobků a materiálů (Rizos et al. 2017). Naopak se odvrací od využívání toxických chemikálií, které jsou často důvodem, který brání v opětovném využití (Ellen MacArthur foundation ©2013).

Přechod k oběhovému hospodářství by měl zemím zajistit větší konkurenceschopnost, poskytovat stabilitu systému vůči kolísání cen a vytvářet nové pracovní příležitosti (Evropská komise ©2015). Podle odhadu Evropské komise by jen ve výrobním sektoru měla změna přinést do Evropské unie zisky v podobě 600 miliard eur ročně. (Korhonen et al., 2018) Dále by měla vytvořit až 700 000 pracovních míst a potenciálně navýšit HDP pro EU o 0,5 % do roku 2030 (Evropská komise 2020).

Principy, kterými by se mělo oběhové hospodářství řídit je hned několik. Nadace Ellen MacArthur poukazuje na hlavní tři. V první řadě by zde měla být snaha, aby odpad nevznikal vůbec. Výrobky by měly být navrženy tak, aby byly lehce demontovány a znovu využity, nebo byly vhodné k recyklaci. Hlavní myšlenkou je zde rozdělení materiálů na dvě hlavní skupiny – materiály biologicky rozložitelné, jež jsou přírodě vlastní, netoxické a mohou být bezpečně navráceny do přírodních cyklů, nebo materiály technické – jako jsou motory a hardwary, jež jsou tvořeny kovy a plasty, které neumožňují navrácení do přírody a měly by být navrženy k opětovnému využití.

Třetí ideou, je využití obnovitelné energie, která by poháněla celý tento cyklus, čímž by se odvrátilo od závislosti na neobnovitelných zdrojích (Ellen MacArthur foundation ©2013).

### **3.1 Koncept oběhového hospodářství v Evropské unii**

#### **Akční plány EU**

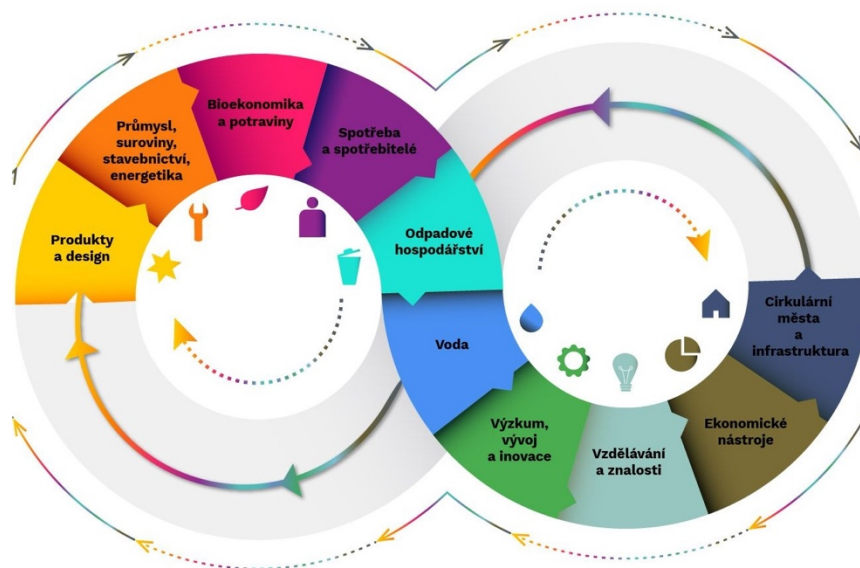
Problematicke je v posledních letech věnována velká pozornost i v Evropské unii. V roce 2015 představila Evropská komise dokument „Uzavření cyklu – akční plán EU pro oběhové hospodářství“, v němž se zabývala cíli v oblasti odpadu, které měly být splněny do roku 2020. Hlavní pozornost byla kladena na výrobní vzorce, spotřebu a odpady. Výroba se měla zaměřovat na design výrobku tak, aby jeho součástky byly lehce rozmontovatelné a následně znovu využitelné, nebo byly vhodné k recyklaci. Zvláště se pak upozorňovalo na výrobky spojené s energetickou činností. U spotřeby bylo poukázáno na nutnost prosazovat výrobky s vyšší trvanlivostí a využívat ekonomických nástrojů k podpoře těchto produktů. Ústřední roli pak mělo nakládání s odpady, které by podporovalo co nejvyšší míru recyklace, omezení skládkování a podpoření systému nakládání s odpady. Komise dále poukazovala na potřebu posílit trh druhotných surovin a vytvořit prostředí, v němž by oběhové hospodářství mohlo vzkvétat pomocí inovací skrz všechna odvětví (Evropská komise 2015).

V návaznosti na předchozí dokument byl v roce 2020 představen „Nový akční plán pro oběhové hospodářství: Čistší a konkurenceschopnější Evropa“. Ten se zaměřuje především na výrobky s elektrickou činností, obaly, plasty a odpadem vznikajícím ve stavebním a textilním průmyslu a klade důraz na účinnější odpadovou politiku. Mimo jiné řeší problematiku nedostatečné legislativy a opatření, které by zajišťovaly dlouhodobou udržitelnost a klimatickou neutrálnost. Této tematice se chce Komise nadále věnovat a připravuje návrh legislativní úpravy, která by zaručovala, že výrobky uvedené na trh budou splňovat podmínky oběhového hospodářství. Chce navázat na přísnější pravidla zavedené spolu se směrnicí o ekodesignu (Evropská komise 2020). Tato směrnice z roku 2005 určovala pravidla pro výrobky spojené s energetickými spotřebiči, které jsou významným činitelem znečištění životního prostředí. Apelovala na zvýšení elektrické účinnosti výrobků a na lepší provedení výrobku. Výsledek měl zajistit, aby u zařízení v bdělém nebo vypnutém stavu, byla spotřeba energie snížena na minimum (Směrnice 2005/32/ES). Nahrazena byla o 4 roky později směrnicí „o

stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie“, která rozšiřovala stávající kritéria a požadavky na výrobu i spotřebu (Směrnice 2009/192/ES).

### 3.2 Koncept oběhového hospodářství v ČR

Po vzoru Evropské unie přišla i Česká republika se strategickým rámcem pro cirkulární ekonomiku, jež poskytuje podklad k přeměně politických i právních vzorců. Avizuje cíle a plány, které by měly zaručit postupný přechod k udržitelným metodám výroby, spotřeby a návrhu výrobku, díky nimž bude zabezpečena stabilita trhu před nedostatkem materiálu a výkyvy cen. Nastavuje deset klíčových oblastí, ve kterých se musí vytvořit opatření podporující přechod k oběhovému hospodářství (MŽP ©2021a).



Obr. 1: Prioritní oblasti oběhového hospodářství v ČR (MŽP ©2021b).

V souvislosti se strategickým rámcem byl zaveden implementační dokument Akční plán-Cirkulární Česko 2040, který zajišťuje plnění jeho strategických cílů (MŽP ©2022a). Pozornost je upřena na lepší design výrobku, jelikož jeho správný návrh dokáže zamezit až 90 % dopadu na životní prostředí. Nezáleží pouze na velikosti, ale i na okolnostech jako jsou materiál výrobku, obalu, do kterého je zabalen a zda, či jakým způsobem bude znovu využit v momentě ukončení jeho životního cyklu.

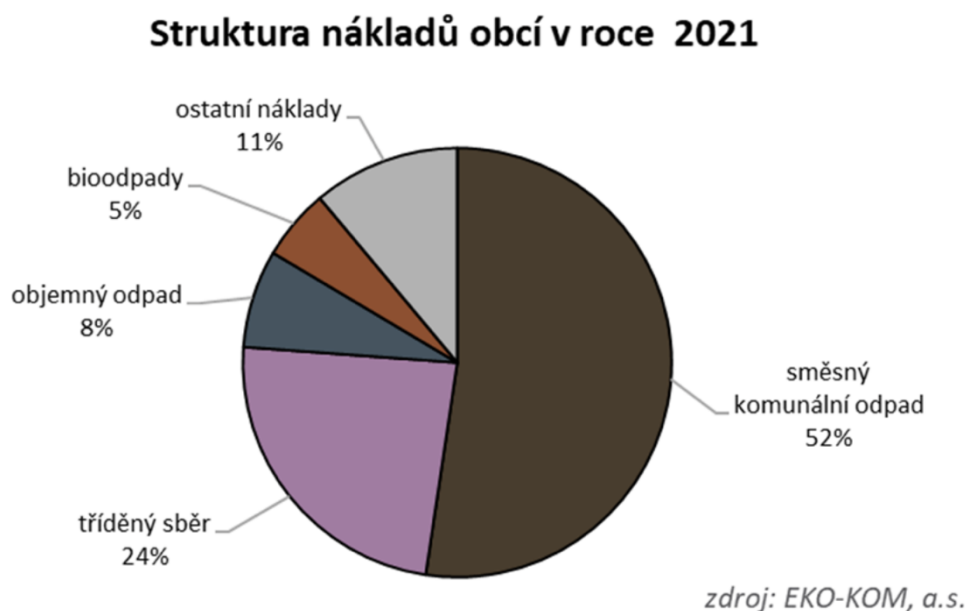
V neposlední řadě je poukazováno na potřebu řídit se hierarchií nakládání s odpady, kdy je nutné udržet hodnotu výrobku v cyklu co nejdéle (INCIEN ©2019).

#### 4. Odpadové hospodářství

Velkou problematikou v ČR i ve světě nadále zůstávají odpady. Odpad je neodmyslitelnou součástí dnešního světa, vzniká při každé lidské činnosti a velké procento z něj je odpad nebezpečný. Důležité proto je účinný systém zacházení s odpady, který by zajistil nejen ochranu zdraví, životního prostředí, ale byl i ekonomicky výhodný (Kuraš 2008).

Podle OSN se za rok 2022 sebralo průměrně 84 % tuhého komunálního odpadu, z čehož pouhých 55 % bylo upraveno v kontrolovaných zařízeních. V rámci Evropy se pak procento zpracování pohybuje okolo 85 %. (OSN ©2022) V ČR se polovina sebraného komunálního odpadu za rok 2021 dále energeticky využila zatímco 48 % skončilo na skládkách (MŽP ©2022c).

V roce 2021 tvořilo více jak polovinu nákladů za odpadové hospodářství obcí sběr a svoz směsného komunálního odpadu, které představovaly 52 %, následovaly náklady na tříděný sběr, ostatní náklady, objemný odpad a bioodpady, jak je znázorněno v grafu č. 1 (EKOKOM 2022).



Graf 1: Náklady na odpadové hospodářství v roce 2021 (EKOKOM 2022).

Je tedy jednou z hlavních priorit evropských i národních strategických plánů posílit odpadovou politiku. Centrální dokument, jenž upravuje cíle pro nakládání s odpady na území ČR je plán odpadového hospodářství. V souladu s evropskou směrnicí 2008/98/ES o odpadech, je v plánu začleněn i Program předcházení vzniku odpadů, jež má podpořit snižování produkce odpadů a spolu s tím snižovat i množství jejich nebezpečných vlastností skrze veškerá odvětví. Zásady, které jsou nutné k docílení cirkularity jsou nejen omezení vzniku odpadu, ale i lepší dostupnost informací, nebo podpora subjektů, jež využívají odpad jako primární surovinu. Důležité je dodržovat tzv. hierarchii nakládání s odpady (MŽP ©2022b).

### **Hierarchie nakládání s odpady**

Je princip zpracování odpadů, jehož definice je ukotvena v zákoně č. 541/2020 Sb., o odpadech. Uvádí pořadí prioritních způsobů nakládání s odpadem, které jsou blíže specifikovány v následujících odstavcích:

### **Předcházení vzniku odpadu a opětovné využití**

Jedná se o dvě zásadní strategie, kterými se snižuje množství odpadu. *Předcházením vzniku odpadu* v místě, kde vzniká, eliminujeme potřebu zařízení, která jej zpracovávají a likvidují. Odpadům můžeme předcházet pomocí různých strategií, výrobky bychom měli balit do co nejmenšího objemu obalu, podporovat produkty, které lze vícekrát využít, nabádat zákazníky k využití vlastních, opakovaně použitelných balících prostředků, podporovat zřízení vlastních kompostérů na zahradě a místo vyhazování výrobků zvážit jejich darování. Klíčový aspekt však je co nejširší zapojení veřejnosti do popsaných strategií (Lu et al 2023).

*Opětovné použití* je nejlepším způsobem, jak zabránit vzniku odpadu a s tím spojeným nákladům. V posledních letech byl spotřebitel spíše nabádán ke koupi nových výrobků než k opravě těch starých, kde byla oprava buď příliš drahá, nebo nebyla umožněna kvůli designu výrobku (INCIEN ©2017). Opětovné využití hraje důležitou roli i v oblasti plastových obalů, kde nahrazuje přibližně 20 % hmotnosti jednorázových plastových obalů a představuje podnikatelské příležitosti na trhu v podobě cca 10 miliard USD na celém světě. V dnešní době dochází k popularizaci i tzv. prodejen „bez obalu“. Ačkoliv má tato strategie poměrně značný potenciál, velikost stávajícího trhu je však stále malá, a u provedení ve větším měřítku stále není posouzen potenciál snižování množství odpadu (Lin et al 2023).

## **Recyklace**

Je systém sběru materiálu, který je znovu využit a přeměněn na druhotnou surovinu sloužící k výrobě. Ideální, udržitelná recyklace tuhých materiálů by měla být taková, kde energie a zdroje využitě na samotnou recyklaci nepřevyšují náklady pro distribuci ke koncovým spotřebitelům (Singh et Sharma 2015).

Velké množství odpadu je ukládáno na skládky, a to i přes fakt, že výrazná část objemného odpadu je recyklovatelná. Například každou tunou recyklovaného skla, včetně písku a uhličitanu sodného, lze ušetřit jednu tunu čistě přírodních zdrojů. Dále jedna tuna recyklovaného plastu ušetří 16,3 barelu ropy, každou tunou papíru je ušetřeno kolem 17 stromů a 50 % vody (Ferdous et al 2021)

## **Energetické využití**

V momentě, co odpad nelze znovu využít či recyklovat, nabízí se zpracování, při kterém využijeme alespoň jeho energetickou hodnotu. Nejčastější takovou metodou je spalování tuhého komunálního odpadu v zařízeních na energetické využití. Zde je odpad přeměněn na tepelnou energii, jež je využívána k přeměně na páru či elektřinu, čímž docílíme k snížení objemu odpadu až o 90 %. Energetické využití je vhodné i pro plasty, jelikož mají značné energetické hodnoty, které převyšují ostatní materiály, právě díky jejich původu z ropy, nebo zemního plynu (Subramanian 2000).

## **Skládkování**

Skládkování je jednoduché a zároveň ekonomicky přijatelné, dodnes se stále jedná o nejběžnější způsob nakládání s odpady pro rozvinuté i rozvojové země, a to i přes závažné ekologické i zdravotní hrozby. Zvýšená teplota na skládce produkuje nadměrné množství kapalin, plynů a tepla, což může mít za následek poškození infrastruktury skládky a únik nebezpečných látek do půdy, ovzduší nebo vody. Dále zde vznikají toxické sloučeniny a nebezpečné výluhy (Mohanty et al 2023).

Skládkované odpady jsou izolovány pomocí bariérových systémů jako jsou geotextilie a nepropustné syntetické membrány. Povrch je většinou přikryt zeminou, která dosahuje až 2 metrů. V momentě naplnění maximální kapacity skládky, je uzavřena za účelem rekultivace pomocí technických a ekologických přístupů (Chu 2008).



## 5. Plasty

Začátek plastů lze datovat již do roku 1830, kdy probíhaly první experimenty s chemickými a přírodními látkami, jako jsou guma a síra. Postupně se snižovalo množství přírodních složek na úkor chemických sloučenin. Přelom nastal ve 20. století s vynálezem bakelitu, který můžeme považovat již za první „pravý“ plast a jehož vynález umožnil vývoj plastu tak, jak ho známe dnes (Siegler 2010). Vynález plastu zajistil inovace přes mnohá odvětví díky své lehké váze a nižším ekonomickým nákladům na výrobu. Plastové komponenty nalezneme nejen jako obaly na produkty, ale i v elektrozařízeních, automobilových součástkách, nebo jako různé příměsi do stavebních materiálů (Rudolph et al 2017).

Plasty lze dělit na základě mnoha specifíků. Základní dělení je však na termoplasty a reaktoplasty. Oba tyto druhy podléhají tepelné úpravě, u termoplastů dochází působením tepla k roztavení materiálu a následným chlazením k tuhnutí, kdy tyto změny jsou vratné, zatímco u reaktoplastů dochází působením tepla k chemické reakci, která způsobí vytvrzení, jež je nevratné (samosebou.cz 2021).

Z hlediska složení se jedná o polymerní látky, jež vlivem tepla či tlaku podléhají tvarování. Základ plastu je tvořen plastickými polymery, k nimž jsou přidávány aditiva jako jsou tepelné či světelné stabilizátory, barviva, změkčovadla nebo maziva, jež mají zlepšit výsledné vlastnosti výrobku (Krebs et al 2020).

### 5.1 Legislativní úprava plastů v ČR a EU

V návaznosti na cirkulární ekonomiku byla v roce 2018 vytvořena Evropská strategie pro plasty. Od 60. let minulého století setrvale roste celosvětová poptávka po plastech. Každým rokem se vyprodukuje 25,8 milionu tun plastu jen v Evropě, z čehož pouhých 30 % je dále recyklováno. Zároveň výrobou nebo následným spálením plastu je celosvětově vytvořeno 400 milionů tun CO<sub>2</sub>, recyklace tudíž představuje i značné snížení emisí tohoto plynu. Tato strategie poukazuje především na nutnost vytvoření množství kvalitních recyklačních linek a metod, zároveň s lepší systematičností navrhování designu. Kromě toho je nutno podpořit výrobky z recyklovaných plastů po nichž je v dnešní době stále malá poptávka na trhu. Své upotřebení zatím nalézají recyklované plasty pouze v některých, vymezených oblastech, a sice kvůli pochybám výrobců, kteří se obávají nestability v subdodavatelském řetězci s komoditou recyklovaných plastů, nebo pak jejich nedostatečnou kvalitou. Z tohoto důvodu se Komise zavázala k vypracování standardizace pro recyklované plasty, jež by měla

zamezit pochybám výrobců a umožnit stabilitu v rámci kolísání trhu, i co se týče bezpečnosti po zdravotní stránce. Problematikou je nedostatečná informovanost o celém životním cyklu výrobku a jeho případná kontaminace nežádoucími látkami. V návaznosti na kontaminaci a následnou dekontaminaci byl vytvořen projekt Horizont 2020, jež měl finančně podporovat výzkumné a inovační projekty, které by poskytovaly možná řešení. Strategie také představila cíle v oblasti plastů, jež jsou uvedeny níže:

**Cíle:**

- ➔ Do r. 2025 – by mělo být recyklováno 55 % všech obalů
- ➔ Do r. 2030 – by měly být všechny obaly recyklovatelné nebo znovu využitelné
- ➔ Do r. 2030 – Čtyřnásobný nárůst recyklačních kapacit  
(Evropská komise 2018)

**Green deal**

Cíle v oblasti plastového odpadu upravuje také tzv. Green deal, jehož primárním cílem je tzv. klimatická neutralita do roku 2050. V oblasti plastů upozorňuje na narůstající trendy využívání plastových obalů a nastavuje pravidla, jež mají výrazně omezit jejich nadbytečné užívání. Pro zákazníky by toto opatření mělo zaručit možnosti recyklovatelných obalů, zamezení nadměrného využívání obalu na výrobek a v neposlední řadě poskytnout vypovídající označení. Hlavními kategoriemi jsou omezení množství odpadu, zvýšení kvality recyklace a snížení poptávky po primárních zdrojích.

**Cíle:**

- ➔ Do r. 2040 snížit množství obalového odpadu na občana o 15 % v porovnání s rokem 2018
- ➔ Do r. 2030 by měly být všechny obaly recyklovatelné nebo znovu využitelné  
(Evropská komise 2022)

**Plán odpadového hospodářství 2015-2024 s výhledem do roku 2035**

Již zmíněný Plán odpadového hospodářství ČR je ústředním dokumentem, který upravuje nakládání s odpadem a jeho následné využití. Mimo analytické části, kde shrnuje stav odpadového hospodářství na národní úrovni, vytyčuje cíle pro recyklaci plastových obalů.

Cíle:

- ➔ Do r. 2025 zvýšit celkovou recyklaci obalů na 70%
- ➔ Do r. 2025 zvýšit celkové využití odpadů z obalů na 75%
- ➔ Do r. 2030 zvýšit celkovou recyklaci obalů na 75%
- ➔ Do r. 2030 zvýšit celkové využití odpadů z obalů na 80%

(MŽP ©2022b)

### **Zákon 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech – úplné znění) a Zákon 545/2020 Sb., kterým se mění zákon o obalech**

Účelem těchto zákonů je především ochrana životního prostředí pomocí předcházení vzniku odpadu. V rámci toho, je každá osoba či podnikatelský subjekt, uvádějící obalový produkt na trh povinen zajistit, aby plastový obal byl co nejlehčí a měl co nejmenší objem. Zároveň uvádí povinnost, kdy plastové odnosné tašky mohou být poskytnuty zákazníkovi pouze po uhrazení minimálních nákladů spojených s její výrobou. Podle § 4 pak každý, kdo uvádí obal do oběhu, musí zajistit kontrolu limitů koncentrace nebezpečných látek, včetně koncentrací olova, kadmia, rtuti, chromu s oxidačním číslem VI.

Legislativa ukládá povinnost výrobcům obalů zajistit zpětný odběr tohoto odpadu a poskytnout občanům množství dostupných sběrných míst, přičemž pokrytí obcí po České republice by mělo tvořit alespoň 90 % všech obcí a osoby uvádějící na trh plastový obal jsou povinny označit materiál ze kterého byl vyroben.

U jednorázových plastů nejčastěji využívaných jako nápojové láhve byly definovány následující cíle:

- ➔ Od roku 2025 - každý plastový obal vyrobený z polyethylentereftalátu obsahuje alespoň 25 % recyklovaného plastu
- ➔ Od roku 2030 - každý jednorázový plastový obal, obsahuje podíl alespoň 30 % recyklovaného plastu

### **Zákon 243/2022 Sb., o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí**

Tento zákon byl přijat Českou republikou na základě evropské směrnice 2019/904/EHS „o omezení dopadu některých plastových výrobků na životní prostředí.“ Upravuje nakládání s plastovými výrobky, jež neumožňují více použití, a které nelze opětovně využít k původnímu účelu. Ve svých přílohách pak určuje

produkty, které podléhají nutnému označení, se kterými je pak nakládáno jako s odpadem podle hierarchie odpadového hospodářství. Dále vymezuje deset plastových výrobků, jež nesmějí být uváděny na trh. Mezi nimi jsou především jednorázové plastové potřeby spojené s konzumací, jako jsou talíře, příbory, nebo nápojové a pokrmové nádoby, nebo vatové tyčinky. Zároveň nově zákon ukládá výrobcům povinnost hradit náklady na odstranění a přemístění odpadu z míst, která nejsou určena k jeho odkládání. Jedná se o tabákové výrobky, hygienické pomůcky a balónky.

### **Zákon 244/2022 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím zákona o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí**

V této legislativní úpravě byly doplněny odstavce, upravující zákon 243/2022 Sb. Osoba, která na trh uvádí jednorázové plastové obaly a nádoby na nápoje je nově povinna zajistit pevné přichycení víčka k láhvi.

### **Nařízení č. 282/2008 a 2022/1616 o materiálech a předmětech z recyklovaných plastů určených pro styk s potravinami**

Nezbytné zvýšení podílů obsahu recyklovaných plastů v nových výrobcích i obalech stanovila Evropská unie jako prioritu v Akčním plánu pro oběhové hospodářství. Avšak pro využití recyklovaných materiálů zvláště v aplikaci pro styk s potravinami je nutné, aby podléhaly přísnější kontrole a byly dekontaminovány od látek, jež by mohly potenciálně ohrozit lidské zdraví. Konkrétní požadavky na recyklační technologie byly stanoveny již v Nařízení Komise (ES) č. 282/2008, avšak nezahrnovaly např. zpracování chemickou depolymerizací, použití bariérových vrstev či odřezků. Aktualizace proběhla Nařízením Komise (EU) 2022/1616, které blíže stanovuje úpravu materiálu z recyklovaných plastů a upravuje standardy kvality pro výrobky, které přicházejí do styku s potravinami. Tento dokument již zahrnuje chemickou recyklaci. Upozorňuje na nutnost vytvoření pravidel pro testování nových technologií, aby se zamezilo potenciální kontaminaci, ale byl i umožněn prostor pro inovace. Recyklované plasty mohou být uvedeny na trh v případě, že u nich byla využita vhodná technologie, nebo nová technologie v souladu s tímto nařízením. U výrobků vyprodukovaných vhodnou recyklační technologií, musí být provedena dekontaminace a zpracování probíhat v souladu s pokyny recyklujícího či dodávajícího zpracovatele.

## **Normy ČSN upravující recyklované plasty**

Normy, které stanovují standardy kvality pro recyklované plasty na území ČR musí obsahovat povinné a nepovinné charakteristiky, které pak závisí na požadavcích zákazníka. Charakteristiky jsou hodnoceny pomocí zkušebních metod, které jsou popsány u jednotlivých norem. Dodavatel musí poskytnout informace o materiálovém složení recyklátu, které dříve s odběratelem prodiskutoval. V rámci obsahu kontaminace přibyly v roce 2021 ještě norma ČSN P CEN/TS 17627, která stanovuje obsah pevných kontaminantů a ČSN P CEN/TS 16010, která upravuje postup odběru vzorků pro zkoušení plastových odpadů a recyklátů. Normy poskytující základní přehled a standardy kvality jsou následující:

*ČSN EN 15342* Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polystyrenových (PS) recyklátů

*ČSN EN 15343* Plasty – Recyklované plasty – Sledovatelnost a posuzování shody při recyklaci plastů a stanovení obsahu recyklovaného materiálu

*ČSN EN 15344* Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polyethylenových (PE) recyklátů

*ČSN EN 15345* Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polypropylenových (PP) recyklátů

*ČSN EN 15346* Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polyvinylchloridových (PVC) recyklátů

*ČSN EN 15347* Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace plastových odpadů

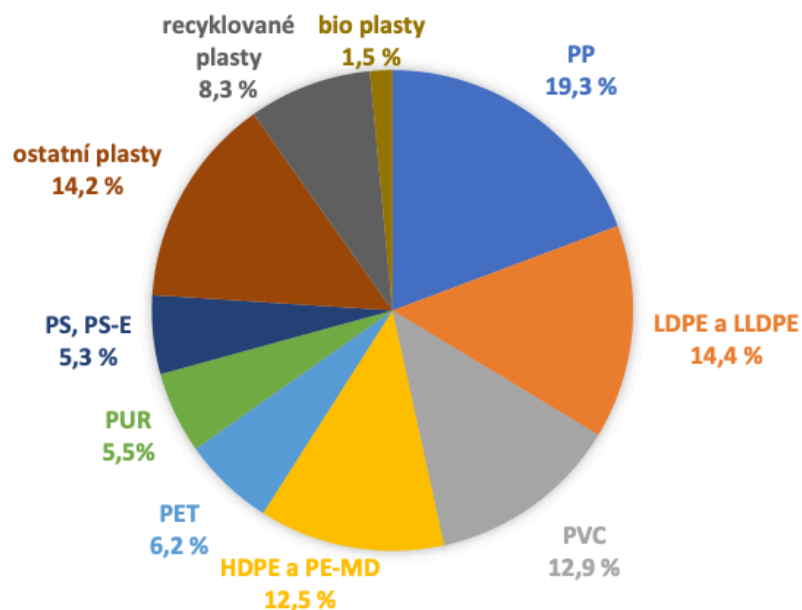
*ČSN EN 15348* Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polyethylentereftalátových (PET) recyklátů

## **5.2 Typy plastů**

Plasty představují velmi rozsáhlou skupinu polymerů s rozličnými chemickými i technickými vlastnostmi. Nejrozšířenějšími celosvětově využívanými polymery jsou však PET, HDPE, LDPE, PVC, PP a PS (Ragaert et al 2017).

V roce 2021 dosáhla celková světová plastová produkce 390,7 miliónů tun, z čehož 90,2 % představovaly plasty z fosilních paliv, recyklované plasty 8,3 % a bio plasty 1,5 %. Nejvíce vyráběným typem plastu byl PP, LDPE, LLDPE a PVC. Zároveň

nejvíce byly uplatňovány v obalovém průmyslu a stavebně konstrukčních aplikacích (Plastics Europe 2022).



Graf 2: Světová produkce plastů za rok 2021 (Plastics Europe 2022).

### **Polyethylentereftalát (PET)**

Polyethylentereftalát byl poprvé syntetizován v roce 1946 a na trh byl uveden o sedm let později v roce 1953 jako textilní vlákno. Díky svým dobrým bariérovým, tepelným a mechanickým vlastnostem se stal velmi důležitým plastem, jež je využíván jako obal především na sycené nealkoholické nápoje, potraviny, ale i jako fólie (Silva Spinacé & De Paoli 2001). Vyznačuje se číroostí, pevností ale zároveň i lehkostí. Oblíbený je také jako obal na tekutá mýdla, ústní vody, pokrmy, čističe oken a fólie z PET se využívá k výrobě video a foto fólií. Jeho speciální typy lze využít k výrobě nádob na ohřev pokrmů do mikrovlnné trouby. Celosvětově je uznávaný jako bezpečný pro styk s potravinami, odolává mikroorganismům a biologicky nedegraduje a zároveň s tím je plně recyklovatelný (PETRA 2015).

Jeho struktura a vlastnosti jsou ovlivněny časem a teplotou při výrobě. Při vyšší rychlosti ochlazování vzniká amorfní polyethylentereftalát, jež je označován jako A-PET. Nejčastěji je pak využíváno metod pomalého ochlazování, přičemž vzniká krystalický polyethylentereftalát, který je značen jako C-PET. Tyto dva typy se od sebe odlišují na základě jejich rozdílu v plasticitě, pevnosti a viskozitě, kdy A-PET v těchto vlastnostech vyniká, což je důvodem jeho hojnějšího využití v průmyslu. Naopak C-PET je křehký materiál s nižšími hodnotami houževnatosti, které je nutno

zvyšovat, aniž by byly poškozeny jeho vysoko pevnostní vlastnosti. Houževnatost je pak umocňována vytvářením polymerních směsí za pomoci dalších amorfních elastomerů (Meri Merijs et al 2008).

Teplota tání [°C]	255-265
Teplota skelného přechodu [°C]	67-140
Pevnost v tahu [MPa]	58,6-72,4
Vnitřní viskozita [dl/g]	Vlákno: 0,4-2,0 Láhev: 0,7-0,85

Tabulka 1: Vlastnosti PET (Singh et al 2021).

### **Polyethylen (PE)**

Polyethylen je jedním z inertních polymerů, který spadá do skupiny polyolefinů. Díky své odolnosti vůči mikroorganismům je nejčastěji využíván k výrobě stavebních komponentů, které jsou využívány v exteriérech, ale i jako plastové obaly, nebo je využíván k výrobě potrubí pro přenos plynu. V závislosti na jeho hustotě a rozvětvení pak rozdělujeme polyethylen na vícero skupin. Základní jsou vysoko hustotní (HDPE high-density polyethylen), nízko hustotní (LDPE low-density polyethylen), lineární nízko hustotní (LLDPE linear low-density polyethylene) a středně hustotní (MDPE medium-density polyethylene). Polyethylen je vysoce odolný vůči záporným hodnotám teploty, kdy odolává do -120°C. Na druhé straně při vyšším teplotním zatížení, svůj tvar dokáže udržet do 90–100°C. Své využití nalézá v mnoha oblastech – v obalech, technických výrobcích, ale i v domácnostech (Subramanian 2013).

*HDPE* má vyšší poměrnou hustotu než zbylé typy. Liší se absencí větvení, tudíž má vysokou pevnost v tahu a zároveň je lehký. Je neprůhledný nebo průsvitný a snadno neabsorbuje tekutiny, což ho činí ideálním bariérovým materiálem, kdy v obalovém průmyslu je uplatňována třetina celosvětové produkce. Nalezneme jej v nádobách na mléko, šampony, bělidla či ve zdravotnických výrobcích, kde je používán díky své odolnosti vůči chemikáliím, dále i v obalech určených pro styk s potravinami (Taylor-Smith et Thomson 2020).

*LDPE* je nejčastěji uplatňován k výrobě fólií, kdy se může jednat o smrštitelné, nebo naopak fólie s minimálním smrštěním. Často je pak aplikovaný jako obal v potravinářském průmyslu, nebo ve formě igelitových tašek (samosebou.cz 2020).

	<b>HDPE</b>	<b>LDPE</b>
Hustota [g/ cm <sup>3</sup> ]	0,960-0,980	0,910-0,930
Krystalinita [%]	95	45–60
Bod tání [°C]	138,5	110
Pevnost v tahu [MN/m <sup>2</sup> ]	21,4-38	6,9-15,9

Tabulka 2: Vlastnosti HDPE a LDPE (Olabisi 1997).

### **Polypropylen (PP)**

Polypropylen byl poprvé představen v roce 1954 a krátce na to se stal jedním z nejvíce využívaných termoplastů. Vyznačuje se odolností vůči vysokým teplotám, nízkou hustotou, bezbarvostí, pružností pro lisování, odolností vůči zásadám, alkoholům a koncentrovaným kyselinám. Výroba PP vzniká procesem adiční polymerace, jež je založena na spojování monomerů, jejíž výsledkem jsou dlouhé řetězce polymeru (Maddah 2016). Na základě chemických vlastností ho lze rozdělit na 3 základní skupiny. *Homopolymerní PP*, ten obsahuje pouze monomery propylenu v semikrystalické pevné formě. *Náhodný kopolymer*, obsahuje ethylen jako kopolymer v řetězcích PP a *nárazový kopolymer PP*, jež je formou homopolymeru a obsahuje směsnou fázi náhodného kopolymeru.

Jeho výborné vlastnosti umožňují aplikovatelnost v tuhých obalech, úložných systémech, hračkách, lékařských přístrojích, ve sportovním vybavení, nebo automobilovém průmyslu, kdy je ideální z hlediska jeho lehké váhy, kdy je snahou výrobců automobilů snížit hmotnost vozidel. Vlákná z PP se používají k výrobě tkaných kobereců, jsou odolná vůči vlhkosti, což umožňuje jejich využití k výrobě obalů na krmiva, hnojiva, nebo pytlů na písek, kde brání plísním. (Alsabri et al 2022)

Hustota [kg m <sup>-3</sup> ]	900–910
Pevnost v tahu [MPa]	22-32
Tažnost [%]	120-700
Houževnatost [kJ m <sup>-2</sup> ]	10-15

Tabulka 3: Vlastnosti PP (Ducháček 2006).



## **Polyvinylchlorid (PVC)**

Polyvinylchlorid je spolu s polypropylenem a polyethylenem nejvíce vyráběným syntetickým plastem. Jeho oblíbenost je způsobena lehkou zpracovatelností, kdy ho lze zpracovat téměř všemi dostupnými metodami (vstřikování, vyfukování, vytlačování...), chemickou odolností a jeho kladnou reakcí s různými změkčovadly. Podle metody výroby má různé chemické a fyzikální vlastnosti, z nichž vyniká vysoká houževnatost, pevnost v tahu a odolnost vůči ohni (Ducháček 2006). Existuje mnoho aplikací tuhého i měkčeného PVC, ve velkém je využíván k výrobě trubek, okenních profilů, podlahových krytin, střešních fólií atd. Po skončení jeho životního cyklu se s jeho likvidací pojí velké množství nežádoucích vlivů. Jelikož jeho složení obsahuje chlor, při spalování vznikají toxické dioxiny a furany a zároveň se uvolňuje plyn z kyseliny chlorovodíkové. Naopak jednou z jeho výhod je jednoduchá možnost opětovného využití, jelikož mnoho zdrojů produkuje PVC odpad stejného původu a podobného složení (Chanda 2021).

	Neměkčený	Měkčený
Hustota [g/cc]	1,38-1,4	1,20-1,30
Bod tání [°C]	170-180	170-180
Pevnost v tahu [MPa]	45-55	10-20
Teplost skelného přechodu [°C]	80	-40 až 20

Tabulka 4: Vlastnosti neměkčeného a měkčeného PVC (Sastri 2022).

## **Polystyren (PS)**

První polymerace polystyrenu proběhla již v roce 1839, ale na trh byl uveden až o století později (Ducháček 2006). Polystyren má skvělé mechanické a zpracovatelské vlastnosti. Lze využít jeho průhlednou formu, nebo ho lze lehce obarvit, zároveň s tím se vyznačuje nízkou cenou na trhu (Chappell et al 2022). Jedná se o tvrdý a pevný plast, kdy je často používán k výrobě produktů, které vyžadují průhlednost jako jsou obaly na potraviny, či laboratorní potřeby. Je z něj vyráběn také pěnový materiál, expandovaný a extrudovaný polystyren, který slouží jako izolační a tlumící prostředek, kdy se jedná o inertní izolaci, která je odolná vůči poškození vodou a je trvanlivá. Polystyren je univerzálním plastem, který nalézá uplatnění v mnoha výrobcích, včetně elektronických spotřebičů, kde poskytuje kryt televizorů, počítačů a dalších IT kompozitů. Dále nalézá uplatnění ve výrobě hraček, zahradních nádob, nebo

automobilových dílech, kde se z něj vyrábí přístrojové desky, obložení, výplně dveří, či pěnový PS je využíván v dětských ochranných sedačkách (ChemicalSafetyFacts 2022).

	standardní	houževnatý
Hustota [ $\text{kg m}^{-3}$ ]	1050	1050
Pevnost v tahu [MPa]	38-40	30-35
Minimální teplota trvalého použití [ $^{\circ}\text{C}$ ]	-10	-30
Maximální teplota trvalého použití [ $^{\circ}\text{C}$ ]	50	65

Tabulka 5: Vlastnosti standardního a houževnatého PS (Ducháček 2006).

### 5.3 Aditiva

Nejčastější druhy plastů jsou většinou biologicky nerozložitelné, avšak mohou degradovat vlivem různých fyzikálních a chemických vlivů. Sluneční záření, teplo, oxidace, nebo iontové záření, to vše může způsobit postupné křehnutí plastu a následnou fragmentaci na menší části. Těmto negativním vlivům se snažíme vyhnout přidáním různých aditiv, které kromě zamezení negativních dopadů mají vylepšit vlastnosti daného plastu a prodloužit jeho životnost. Do polymerních směsí jsou přidávány během procesu tvarování a můžeme je rozdělit do čtyř základních skupin na barviva, plniva, výztuže a funkční přísady (Hahladakis et al 2018).

Může se jednat o skupiny látek jako jsou minerály, kovy, plyny, pigmenty aj., které ovlivňují výsledné charakteristiky polymerů. Evidujeme velké množství těchto látek, avšak nejvíce komerční využití mají saze, uhličitan vápenatý v sražené i přírodní formě, hydroxid hlinitý, mastek a kaolin (Alassali et al 2021).

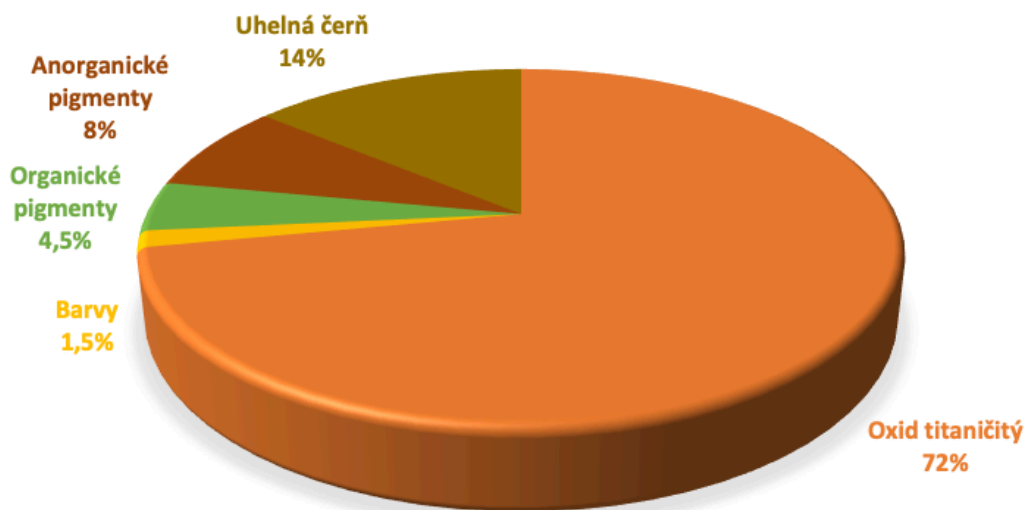
Problém aditiv nastává v momentě recyklace. Některá aditiva mají přímý vliv na recyklovatelnost plastů, např. některé přísady mohou obsahovat kovy, jež dokážou vytvářet pro-oxidanty a foto-oxidační katalyzátory, které umocňují degradaci plastů během výrobních procesů. Jiné látky jako jsou toxické kovy, těžké organické sloučeniny, ftaláty aj., se mohou uvolňovat během vysoko teplotních procesů tvarování plastů (Hahladakis et al 2018).

### 5.3.1 Barviva

Pro účely zbarvení plastu do požadované barvy se využívá pigmentů a barviv. Častěji se můžeme setkat v plastikářském průmyslu s využitím pigmentů, a to i přes to, že barviva poskytují čistší, jasnější a ostřejší barvu než pigmenty. Je tomu tak především díky jejich obecně stabilnější povaze, kdy lépe snášejí vystavení světlu, jsou tepelně stabilní a nepouštějí barvu.

Problematikou spojenou s využíváním některých barviv, bylo zjištění jejich negativního vlivu na životní prostředí. Některé byly nebezpečné po skončení jejich životního cyklu, některé při požárech či spalovacích procesech (Kutz 2011). Mezi nejčastější rizika využití některých barviv byla jejich toxicita, migrace látek a následná kontaminace prostředí. Nejčastěji bylo využíváno barviv z těžkých kovů jako je olovo a kadmium a diarylidových pigmentů. Využití olova a kadmia bylo zpočátku velmi populární, byly tepelně i světelně stabilní, jejich barevná škála byla od žluté po zelenou až červenou, byly lehce zpracovatelné a poměrně levné. Avšak společně s uvědoměním o existenci těžkých kovů a jejich pomalou kumulací v lidském organismu, došlo k jejich významné regulaci v mnoha zemích. Diarylidové pigmenty nabízely podobné kvalitní charakteristiky jako využití kadmia s olovem, akorát došlo ke zjištění kumulace karcinogenních prvků vznikajících při jejich dekompozici, čímž se jejich využití omezilo na minimum (Christensen 2003).

V dnešní době se nejvíce setkáme s využitím organických a anorganických pigmentů, oxidem titaničitým, který tvoří velké procento využití na dnešním trhu a nemalé zastoupení má i uhelná čern neboli saze (Baur et al 2019).



Graf 3: Podíly různých barviv v současných aplikacích (Baur et al 2019).

### 5.3.2 Plniva a výztuže

Plniva do plastů lze rozdělit do dvou skupin, na neaktivní a aktivní. Neaktivní spíše snižují náklady, zatímco aktivní, jinak přezdívaná funkční plniva, přinášejí změny struktury, díky kterým se dosahuje požadovaného stavu. Velká část plniv je tvořena především z přirozených minerálů, které jsou převážně krystalického charakteru. Krystalická mřížka a chemické složení pak ovlivňují výsledné makroskopické vlastnosti plastu. Minerály můžeme rozdělit na uhličitany, křemičitany a sulfáty, přičemž množství z nich je pro komerční účely synteticky vyráběno.

Nejčastěji je u plniv a výztuží využíváno uhličitanu vápenatého (66 %), mastku (6 %), kaolinu (6 %), wollastonitu (3 %) a zbylých 19 % tvoří ostatní látky. Plniva mohou ovlivňovat téměř každou vlastnost plastu od barvy, povrchu, hustoty až po mechanické a termální vlastnosti (Hohenberger 2009).

### 5.3.4 Funkční přísady

*Antioxidanty.* Ozařování a mechanické zatížení dává za vznik radikálům, reagujících s kyslíkem a vytvářejících peroxidové radikály, jež se v náročných chemických procesech přeměňují na nestabilní plasty, v jejichž důsledku plast degraduje. Vymezuje primární a sekundární antioxidanty, primární neutralizují volné radikály, zatímco sekundární stabilizují oxidační reakci. Přidáním antioxidantů, se tedy snažíme omezit negativní dopady na životnost plastů. Další důležitou funkční přísadou jsou *UV stabilizátory*. Působení UV fialového záření způsobuje molekulární změny

v polymerním řetězci. Společně s vodou, vzduchem, nebo jinými environmentálními jevy umocňuje degradační procesy, které mohou způsobovat žloutnutí, ztrátu transparentnosti, lesku, nebo změnu barvy. Tyto přísady pohlcují ultrafialové světelné spektrum a rozptylují ho v podobě tepla. Zástupci z této skupiny jsou např. substituované benzofenony, estery kyseliny salicylové, triaziny, uhelná čerň, malonáty, aj. *Tepelné stabilizátory*. Degradaci plastů může způsobovat také tepelná zátěž. Dříve byly hojně využívány směsi kadmia, olova a barya, které byly postupem času nahrazeny stabilizátory bez olovnatých příměsí. Dnes se nejčastěji uplatňují směsi vápníku a zinku s organickými ko-stabilizátory a přísady s obsahem barya a zinku. *Zpomalovače hoření*. Když je plast vystaven hoření, během procesů pyrolýzy vytváří volné radikály, které reagují s kyslíkem a dochází tak k degradaci. Přidáním zpomalovačů hoření zabráníme, těmto negativním efektům pomocí různých mechanismů jako je zředování substrátu nehořlavými látkami, uvolňováním nehořlavých plynů, či například chlazením substrátu. Nejčastěji se setkáváme s využitím chemikálií jsou halogeny (chlor a brom), látky na fosforečné a dusíkaté bázi, kovové hydroxidy a soli s obsahem hliníku, hořčíku a zinku (Baur et al 2019).

## 6. Recyklace plastů

V současné době v návaznosti na cirkulární ekonomiku jsou po světě zaváděny regulační principy a nástroje, jež mají podporovat vyšší míru recyklace. Jsou stanovovány cíle povinné míry recyklace jako např. v EU, kde se má zvýšit procento recyklovaných obalů ze stávajících 41 % na 65 % do roku 2025, nebo zavádění recyklačních značek. Ty by měly umožnit větší přehlednost pro koncového spotřebitele a zajistit snadnější orientaci v celém dodavatelském řetězci (Shamsuyeva et Endres 2021). Snahy o zvýšení recyklace plastového odpadu značně rostou, avšak míra recyklace je ovlivněna mnoha parametry. Každý typ plastu není tak lehce recyklovatelný jako jiný, a zároveň se v potaz musí brát možnosti sběru, třídění, předúpravy nebo následné chemické reaktivity (Thiounn et Smith 2020).

Proces recyklace vyžaduje, aby materiál byl zbaven nežádoucích příměsí a obsahoval pouze jeden druh plastu, v opačném případě je zhoršena kvalita recyklátu a ten může negativně ovlivnit výsledný produkt. Recyklace plastu je náročnější než recyklace skla, nebo kovu, kvůli velkému množství druhů a těžšímu třídění (Rudolph et al 2017). Potenciál recyklace mohou omezovat také mechanické a fyzické vlastnosti plastů. Např. u rPP a rHDPE může být snížena pevnost v tahu, nebo u rPP rázová

houževnatost. Tyto změny mohou být způsobeny tepelně-mechanickou degradací během přepracování, degradací během životního cyklu anebo kontaminací plastového odpadu (Eriksen et al 2019).

V návaznosti na fázi životního cyklu, ve kterém plastový odpad vzniká, ho rozdělujeme na tzv. post consumer a post industrial. Post industriální typ plastového odpadu je tvořen již v počáteční fázi výroby, během zpracovatelských technik jako je vstřikování, či vytlačování, nebo se jedná o odpadní výrobek, odřezky. Jeho značnou výhodou je čisté složení, bez kontaminace jiným polymerem, tedy je znám jeho původ. Tento typ sekundárního materiálu značně ulehčuje recyklaci. Naopak v momentě, co výrobek projde celou svou životní fází a je vyhozen, stává se z něj Post-consumer odpad. V návaznosti na odpadové hospodářství daného státu pak probíhá jeho sběr. Často se post-consumer odpad skládá ze směsných plastů, kdy není vždy známo složení a zároveň může být znečištěn různými látkami (Ragaert et al 2017).

## **6.1 Mechanická recyklace**

K mechanické recyklaci můžeme přistupovat dvěma principy: jako recyklaci v uzavřené a otevřené smyčce. V případě recyklace v uzavřené smyčce se vlastnosti plastu nemění a jeho recyklát lze následně využít k výrobě stejného produktu, zatímco v případě otevřené smyčky dochází ke změně struktury plastu a nelze ho použít k původním účelům (Shamsuyeva et Endres 2021).

Norma ČSN EN 15343 pak určuje pravidla pro mechanickou recyklaci, aby informace o složkách výsledného výrobku byly snáze dohledatelné a v případě obsahu nežádoucí látky stáhnuty z trhu. Doklad o sledovatelnosti výrobku poskytuje administrativní podklad pro výrobce, na jehož základě může výrobek poskytovat koncovým zákazníkům. Často však nelze mít přehled o celém životním cyklu výrobku mimo průmysl a není tak známo, zda nebo jakými látkami byl kontaminován. V takovémto případě musí recyklační subjekt zvolit jednu ze dvou možností. Buď poskytne kontrolu, která extrahuje kontaminovaný výrobek ještě před vstupem do recyklační linky, nebo odstraní znečištění přesně stanoveným postupem, čímž úplně vymizí nežádoucí účinky na výslednou kvalitu recyklátu. V případě změny chemického složení je pak recyklační subjekt povinen recyklovat daný výrobek buď na nový materiál s horšími vlastnostmi, nebo výslednou kvalitu pozvednout přidáním aditivních složek. Samotný recyklační proces by pak měl být navržen tak, aby

znečištění bylo odstraněno, než znehodnotí výsledný recyklát. Pokud toto nelze, je subjekt povinen investovat do kvalitnějšího materiálu, nebo zajistit zamezení vstupu takového materiálu, jež by ovlivnil výslednou kvalitu. Ta je pak určována na základě kvality vstupního materiálu, procesu recyklace a výsledného materiálu. Recyklace by pak měla probíhat na základě tří předpokladů:

- Recyklace samotná by měla být ekologicky výhodnější než náhradní možnosti regenerace
- Měl by být zajištěn prostor, který bude umožňovat její průběh
- Sběrný a třídící systém musí být navržen tak, aby výsledný plastový odpad navazoval na odběr recyklační technologie

V současnosti je mechanická recyklace hlavním způsobem recyklace plastového odpadu. Závisí na procesech třídění, mělnění, promývání a přetavení, kdy je pomocí různých metod jako je např. vstřikování, přeměněna do druhotných plastových výrobků. Aby byla recyklace účinná, je potřeba roztrždit jednotlivé polymery podle typu. To většinou probíhá v zařízeních pro materiálové využití. K identifikaci typu plastu je využíváno velké množství procesů, avšak v Evropě je nejvíce používána spektroskopie v blízké infračervené oblasti, která se, ačkoliv přes své hojné využití vyznačuje pouze relativně nízkou účinností (58-89 %), a to především kvůli výskytu černě zbarvených plastů, jež pohlcují světlo senzoru, čímž je znemožněna jeho identifikace. Účinnost recyklace je dále podmíněna i předchozím využitím, typem nečistot nebo parametry zařízení pro zpětný odběr (Faraca et Astrup 2019). Když je plast možné identifikovat, je po vytržidění buď přímo roztaven a vytvarován do nového výrobku, nebo je po rozdrčení přepracován na vločky, které se dále zpracují na regranulát (Siddique et al 2008).

## 6.2 Chemická recyklace

ČSN 64 0003 určuje definici pro chemickou recyklaci jako „chemický nebo tepelný rozklad druhově tříděného plastového odpadu na jednoduché sloučeniny, obvykle monomery, z nichž se chemickými procesy připraví nový materiál.“

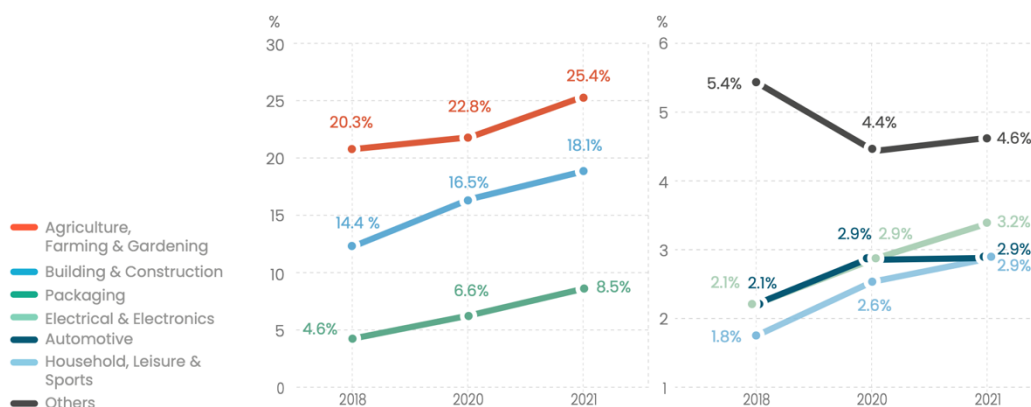
Tento termín je využíván ve spojitosti s pokročilými technologickými procesy, které přeměňují polymerové struktury na menší molekuly, jež jsou využívány k vytvoření nových plastů. Depolymerizační technologie je tedy vysoce rentabilní a zároveň udržitelná, kdy poskytuje vysokou produktivitu s minimem odpadu. Mezi chemickou

recyklaci řadíme např. procesy pyrolýzy, zplynování, hydrogenace kapalným plynem nebo rozbíjení viskozity, kdy tyto procesy jsou vhodné pro celou řadu typu plastů a poslední dobou dochází k jejich vysoké popularizaci (Al-Salem et al 2009).

Jak uvádí Shekhar et al (2023) kladným výsledkům chemické recyklace se nám dostává u PET a PS, kdy monomerní výtěžnost se pohybuje nad hranicí 90 %, zatímco naopak vysoce náročná až chemicky nemožná je u PE, PP. Recyklaci nadále komplikují složité směsi barviv, stabilizátorů, změkčovadel a dalších aditivních přísad. Důvodem malého podílu chemické recyklace jsou nedostatky vhodných odpadních toků, jakožto i nevhodné logistického řetězce. K zvýšení podílu recyklace chemickou cestou je potřeba standardizace, legislativy a soudržnosti na globální úrovni.

## 7. Využití recyklovaných plastů

K přechodu k oběhovému a neutrálnímu hospodářství je nutné podporovat využití recyklovaných plastů v mnoha odvětvích. V roce 2020 byl zaznamenán obsah recyklovaného podílu v nových výrobcích kolem 8,5 %, což znamenalo nárůst o 1,3 % v porovnání s rokem 2018, jež reprezentuje trend nárůstu ve využití. Nejčastějšími sektory, ve kterých se vyskytují podíly recyklovaných plastů jsou zemědělství a stavebnictví, jež jsou následovány obalovým a elektronickým průmyslem (Plastics Europe 2020). Co se týče zahrnutí podílu post-consumer recyklovaného obsahu v roce 2021, zaznamenáváme nárůst obsahu podílu, který dosahuje 9,9 %. V rámci zahradnických a zemědělských potřeb činil obsah podílu recyklovaných plastů v roce 2020 22,8 %, kdy v roce 2021 zaznamenáváme nárůst na 25,4 % (Plastics Europe, 2022).



Graf 4: Procentuální nárůst podílu recyklovaných plastů v odvětvích v EU (Plastics Europe 2022).



Často jsou recyklované plasty využívány jako přísady do různých stavebních kompozitů. Úspěšně ho lze aplikovat např. jako plastové kamenivo, přidávané do směsi betonu. Směs plastů poskytuje i výhodu v podobě zvýšení odolnosti betonu proti trhlinám a dochází ke zvýšení nepropustnosti.

Kladně ho lze využít i k opravám poškozených cementobetonových povrchů (v mostech, podlahách, přehradách i chodnících), v dopravních komponentech (železniční svážnice, středové zábrany, mostní panely), v inženýrských sítích (kanalizační potrubí, podzemní klenby, sloupy elektrického vedení), nebo v materiálech pro námořní stavby, kde jsou ekonomicky i pro životní prostředí výhodnější (Siddique et al 2008).

## 7.1 Recyklovatelnost

Definice recyklovatelnosti u výrobků je zásadním krokem k sjednocení globálního trhu s plastem. Podle definice organizací The Association of Plastic Recyclers a Plastics Recycler Europe z roku 2018 je plast recyklovatelný, pokud splňuje čtyři následující kritéria.

1. Musí být vyroben z plastu, který má tržní hodnotu, je sbírán pro recyklaci nebo je podporován legislativním programem
2. Lze ho zpracovat dostupnými recyklačními technologiemi
3. Výrobek musí jít roztřídit a oddělit do recyklačních toků
4. Recyklovaný plast je využíván k výrobě nových produktů

Avšak splnění těchto čtyř bodů ještě automaticky neznamená zařazení mezi recyklovatelné plasty. Recyklovatelnost závisí na konkrétním designu jednotlivého výrobku či obalu, jelikož právě ta ovlivňuje kvalitu materiálu vstupujícího do recyklačních procesů (RecyClass 2023).

Na většině plastových obalů nalezneme specifický kód, který představuje právě jeden z těchto šesti typu plastu, ze kterého byl obal vyroben. Toto identifikační značení bylo vytvořeno v 80. letech ve 20. století, pro lehčí přehlednost a zahrnuje 7 kategorií. Čísla 1-6 označují vždy jeden typ plastu, zatímco pod číslo 7 spadá více druhů (Sustainable packaging 2017).

V tabulce níže jsou zobrazeny nejčastěji recyklovatelné plasty a některé primární či sekundární výrobky z nich.

Název	Využití primárního plastu	Výrobky s podílem recyklovaných plastů
<b>PET</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lahve na nápoje</li> <li>- nádoby vhodné do mikrovlnky</li> <li>- textilie, koberce, technické výlisky</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vlákna na koberce, flísové bundy, textilie</li> <li>- nádoby na nápoje a obaly na pokrmy</li> <li>- fólie, pásy</li> </ul>
<b>HDPE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nádoby na mléko, lahvičky na kosmetiku, prací a čisticí prostředky</li> <li>- nákupní tašky</li> <li>- potrubí, krytí kabelů a vodičů</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lahve na čisticí prostředky</li> <li>- plastové součástky do exteriéru (stoly, ploty)</li> <li>- květináče, potrubí, odpadkové koše, dlaždice</li> </ul>
<b>PVC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tuhé obaly</li> <li>- trubky, rámy oken, ploty</li> <li>- izolace kabelů a vodičů</li> <li>- lékařské potřeby: sáčky na krev, trubičky</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- odpadkové koše, zahradní hadice, terasy, oplocení, dopravní kužely, podlahové krytiny</li> </ul>
<b>LDPE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pytlíky do mrazáku, pytle na domovní odpad, fólie, víka nádob</li> <li>- stlačitelné lahve na med, hořčici</li> <li>- hračky</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- odpadkové koše, nábytek, kompostéry, podlahové dlaždice, obklady, přepravní obaly</li> </ul>
<b>PP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- obal na jogurty, margarín, lahůdkářské potraviny, obaly na jídla s sebou</li> <li>- uzávěry lahví</li> <li>- lahvičky na léky</li> <li>- nádoby na sirupy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- automobilový průmysl, obaly na baterie, stojany na kola, kabely, smetáky a košťata</li> <li>- zahradní pomůcky</li> </ul>
<b>PS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kuchyňské potřeby-nádoby, příbory, talířky, nádoby na potraviny</li> <li>- pěnové obaly na křehké zboží</li> <li>- obaly na disky, zemědělské zásobníky</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- termo izolace</li> <li>- obal na vejíčka</li> <li>- plastové výlisky</li> <li>- obaly na CD</li> </ul>

Tabulka 6: Využití primárních a sekundárních plastů (Locock et al 2017).

## 7.2 Recyklované plasty v zahradnictví a zemědělství

Plasty jsou hojně využívány i v zemědělském a zahradnickém průmyslu. Zde jsou aplikovány v kapkových závlahách, plastových mulčích, obalech nebo květináčích. Zavedení těchto plastových systémů, plastikultur, do zemědělství, způsobilo revoluci v komerční produkci několika zemědělských plodin. Plastové fólie se staly oblíbeným materiálem k výrobě mulčů, kdy díky menším rozměrům a menší pravděpodobnosti propíchnutí je nejhojněji využíváno LDPE a LLDPE (Bhattacharya et al 2018) Kromě LDPE je využíváno HDPE, PP a PS o vysoké pevnosti. HDPE se používá ve školkařství, především pro pěstování stromů a keřů. PP je odolný a zároveň lehký, proto je uplatňován k výrobě truhlíků a květináčů a z PS jsou často lisovány různé misky. Znovuvyužití plastových komponentů je omezeno znečištěním organického

původu, který je spojen s potenciálním výskytem patogenů (Meng et al 2016). I to je důvod snížené kvality výsledných recyklátů vzniklých mechanickou recyklací, jak dále uvádí Cameron (2009), např. u PP je primární surovina čistě bílá, kontaminací je druhotná surovina vždy horší barevné kvality, standardně bývá šedá, což omezuje atraktivnost pro zákazníky.

### **7.3 Využití recyklovaného PET**

Globální trh s recyklací polyethyltereftalátu dosáhl v roce 2021 8,9 mld. USD a očekává se, že toto číslo do roku 2026 vzroste na 11,7 mld., s ročním tempem růstu 5,7 %. V rámci sběru, recyklace v místě vzniku, exportu PET odpadu a implementace legislativ, pozorujeme pozitivní nárůst. Tyto změny se postupně projevují v poptávce rPET v aplikacích jako jsou nápojové láhve, textilní vlákna a pásčích. Pokles trendu byl zaznamenán v letech 2020-2021, kdy byly omezeny recyklační kapacity z důvodu onemocnění COVID-19 v mnoha zemích.

Polyethyltereftalát je vysoce recyklovatelný plast, jeho recyklovaná verze je využívána v mnoha aplikacích díky podobným vlastnostem jako primární materiál. Jeho recyklát nalézá uplatnění v kobercích, oblečení, čalounění, svetrech, jako vláknitá výplň v polštářích a automobilových součástkách.

Do budoucna se některé firmy na nápoje jako je Coca-Cola, Danone nebo Pepsi-co zavázaly k využití 50 % recyklovaného podílu v jejich lahvích do roku 2030. Z tohoto důvodu se očekává zvýšená poptávka po rPET, která by podléhala standardizaci pro styk s potravinami. V důsledku toho jsou předpokládány investice do technologií sběru a recyklačních kapacit.

V dnešní době jsou ceny za primární PET levnější než ty za jeho recyklovanou formu. Z ekonomického hlediska je stále výhodnější syntetizace primárního plastu než přepracování kvůli komplikacím ze strany sběru a recyklace (Markets and Markets 2023a).

### **7.4 Využití recyklovaného HDPE & PP**

Oba tyto plasty jsou pevné a odolávají korozi a rozpouštědlům. I přes některé rozdíly ve vlastnostech, je jejich uplatnění na trhu podobné. Mají širokou škálu využití pro tuhé výrobky, kdy je nalézáme nejen jako obaly. HDPE se hojně využívá v automobilovém a stavebním průmyslu, zatímco PP má širokou aplikovatelnost na

trhu s domácími spotřebiči. V obalovém průmyslu se s HDPE setkáváme v lahvích, v obalech na džusy a na mléko. Jedná se o plast, jež má nejvyšší poměr pevnosti ku hmotnosti, proto je často využíván k výrobě obalů velkých rozměrů, jako jsou kanystry. Barevný HDPE je využíván na lahve na výrobky do domácnosti a na chemikálie. Naopak PP má nižší hustotu, je odolnější a lehčí než např. PET. V obalovém průmyslu je využit k výrobě kelímků na jogurt, vaniček od margarínů a sáčků. Recykláty těchto dvou plastů pak nalézají uplatnění znovu v obalech, konstrukčních prvcích anebo v automobilovém průmyslu v případě PP (Eunomia 2020). Zde je často využíván polypropylen vyztužený skleněnými vlákny např. v nádržích chladičů, karoseriích a uzávěrech, kdy poskytuje náhradu ocelových komponentů. Z tohoto hlediska zkoumali Rajendran et al (2012) kompozity z primárního a recyklovaného rPP v porovnání s použitím ocelových panelů, kdy došli k závěru, že použití plastového komponentu představuje snížení palivové náročnosti. Při porovnání recyklovaného a primárního materiálu, zjistili, že finální úspora paliva je podobná.

Nárůst globálního trhu recyklace polypropylenu se očekává, že do roku 2030 vzroste na 13,5 mld. USD, což představuje roční nárůst 5,8 % z roku 2022-2030. Tento trend je způsoben právě poptávkou po rPP do obalových a automobilových aplikací (Markets and Markets 2023b).

## 8. Metodika

Prvně autorka této práce prostudovala dostupné legislativní dokumenty v souvislosti s cirkulární ekonomikou, odpadovým hospodářstvím a plastovou politikou. Následně vytvořila rešeršní část, která je zaměřena na popis legislativních pramenů v oblasti nakládání s plasty a vymezila standardy kvality týkající se nejběžněji recyklovaných plastů. Zdroje autorka získala převážně z odborných článků, literárních publikací, evropských i národních legislativ a norem.

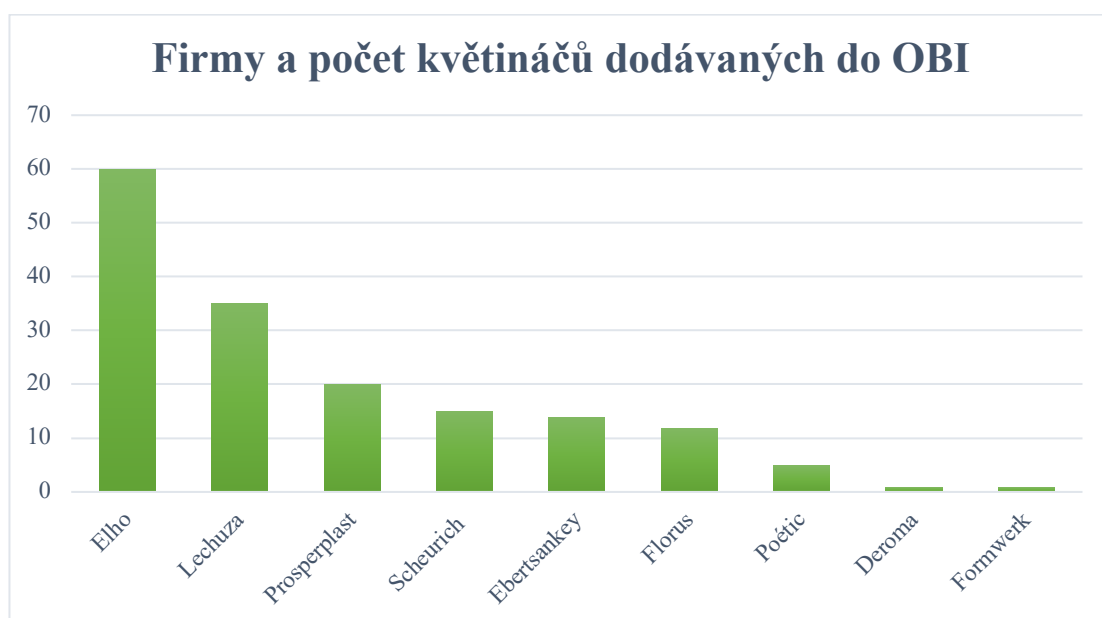
Praktická část je pak zaměřena na průzkum trhu, kde byla prováděna marketingová rešerše týkající se recyklovaných plastů. Zde byl zkoumán procentuální obsah recyklátu, popřípadě typ plastu v nově vyráběných květináčích, truhlících a zelených stěnách. Firem, nabízejících květináče a truhlíky na českém trhu je velké množství, proto byl prvně vybrán velkoobchod OBI, jež přeprodává a nabízí značnou část těchto výrobků. Na základě jejich webových stránek byly získány potřebné informace o podílech recyklátu u vybraných zahradnických potřeb. V druhé fázi byly zjištěny informace od samotných dodavatelů na základě telefonické domluvy, emailové korespondence, či informací získaných na webových stránkách a byly zanalyzovány jejich současné podíly recyklovaných plastů spolu s výhledy do budoucna.

V rámci zelených stěn bylo vybráno šest nejúspěšnějších firem na českém trhu, které poskytují služby spojené s nabídkou a instalací zelených stěn. Data byla získána po telefonické domluvě, popřípadě z emailové korespondence. Následně byly vytvořeny grafy zobrazující výsledky.

## 9. Výrobky z recyklovaného materiálu na trhu

### 9.1 Květináče a truhlíky v OBI

Dodavatelských subjektů, jež poskytují květináče do obchodního řetězce OBI, je hned několik. Z množství dostupných 163 květináčů, jich nejvíce dodávají firmy Elho, Lechuza a Prosperplast. Nejvíce jich je v OBI nabízeno od značky Elho, která poskytuje pouze výrobky z recyklovaného a zároveň recyklovatelného polypropylenu. Slabší výsledky má firma Lechuza, která ze své nabídky třiceti pěti květináčů nabízí pouze deset recyklovaných a u dvaceti pěti stále přetrvává výroba z primární suroviny. Firma Prosperplast, jež je třetí firmou s nejvíce výrobky, nabízí dvacet květináčů z čehož čtyři jsou v recyklované verzi. Ostatní firmy, zobrazeny v grafu níže už nabízejí pouze výrobky s obsahem recyklovaného materiálu.



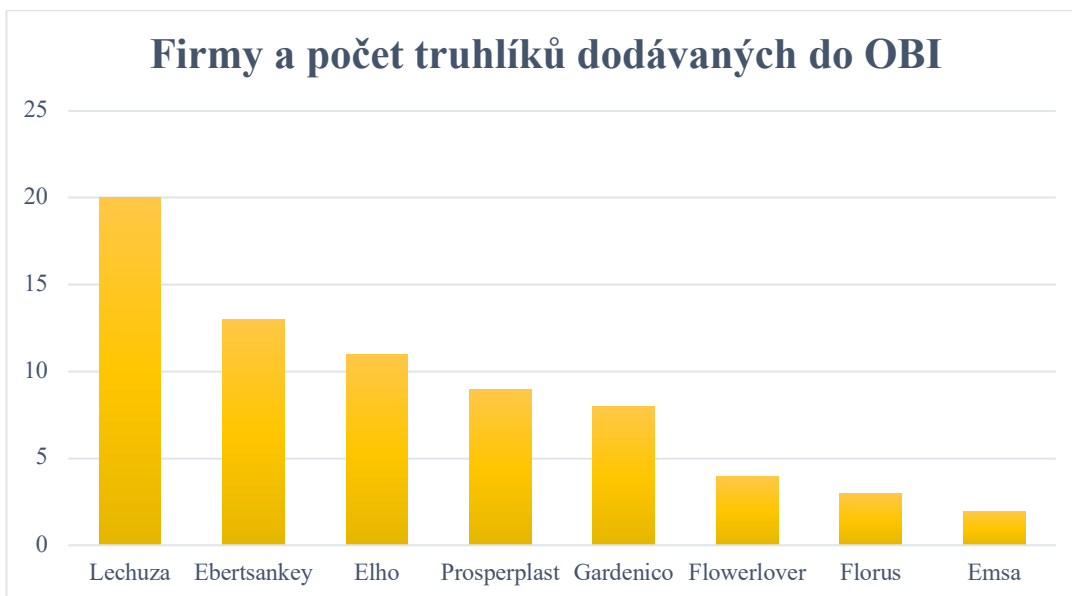
Graf 5: Firmy dodávající květináče do obchodního řetězce OBI (vlastní zdroj)

U květináčů z recyklovaných plastů, si můžeme povšimnout, že nejvíce výrobků je vyrobeno ze 100 % recyklátu, což představuje více jak polovinu nabízených květináčů. Další velkou část na trhu jsou výrobky s obsahem recyklovaného podílu 10 % a třetí nejvýznamnější hodnotou jsou výrobky s obsahem 85 % recyklovaného plastu. Můžeme tedy říct, že i když stále velká část využívá pouze 10 % podíl recyklátu, podíly se zvyšují.



Graf 6: Obsah podílu recyklátu u květináčů v obchodním řetězci OBI (vlastní zdroj)

U truhlíků jsou nabízeny výrobky firem Lechuza, Ebertsankey, Elho, Prosperplast, Gardenico, Flowerlover, Florus a Emsa. U firem Elho, Ebertsankey a Florus jsou nabízeny pouze truhlíky s obsahem recyklátu, zatímco ostatní nabízejí buď pouze plastové nebo zde převládají výrobky z primární suroviny.



Graf 7: Počty truhlíků od jednotlivých firem, nabízených v obchodním řetězci OBI (vlastní zdroj)

U truhlíků je trend využití recyklovaného plastu menší v porovnání s květináči, převažují zde výrobky z primárních plastů, které představují zastoupení 57 % v OBI. Produkty ze sekundárních materiálu jsou zastoupeny ze 43 %.

V obchodním řetězci OBI je tak stále nabízeno čtyřicet jedna výrobků z primárního plastu, což představuje 29 % zastoupení na trhu. Pozitivní nárůst trendu zaznamenáváme u výrobků z recyklovaných plastů, které prezentují již velkou část v podobě 71 %.

Typ výrobku	Plast	Procentuální zastoupení
<b>Květináče</b>	Recyklovaný	71 %
	Primární	29 %
<b>Truhlíky</b>	Recyklovaný	43 %
	Primární	57 %

Tabulka 7: Poměry využití recyklovaného a primárního plastu u květináčů a truhlíků v OBI (vlastní zdroj)

V rámci bližšího průzkumu byly kontaktovány přímo firmy, nebo byly informace získány z jejich nejnovějších katalogů. Zde se informace liší od těch získaných v OBI, ale nejsou záznamy o podílech recyklátu v jednotlivých produktech.

Pod firmu Plastico spadají značky Gardenico a Flowerlover. Jejich květináče jsou nejčastěji lisovány z primárního homopolymerního polypropylenu s přídavkem kopolymeru, popřípadě interiérové výrobky jsou z ABS. Podíly recyklátů se zatím uplatňují u truhlíků, kdy jsou lisovány buď ze 100 % regranulátu, nebo se jedná o recyklát s přídavkem 10-20 % primárního PP. Ovšem v současné době zavádí i řadu květináčů, která by měla být z 80–90 % z recyklovaného plastu. Další firmou, dominující na českém trhu je holandská značka Elho, která momentálně nabízí sortiment s podílem 80 % recyklátu, ale jejich nejnovější řady už podíl zvýšily a jsou tak kompletně z recyklovaného PP. Mimo jiné využívají k jejich výrobě vlastní větrnou energii a veškeré jejich výrobky jsou 100 % recyklovatelné. U značky Lechuzy jsou výrobky pouze z primárních plastů, avšak s garancí 100 % recyklovatelnosti. Firma Eberstankey nabízí pouze truhlíky a květináče s podílem recyklátu a vyrábí z PP. Firma Scheurich je německou značkou, která dodává výrobky do OBI, HORNBACHU a dalších velkoobchodů. V jejich nabídce se momentálně nabízejí produkty, které obsahují 70 % recyklovaných materiálů, do roku 2025 % mají



v plánu zvýšit toto procento na 80 %. Další firmou je Florus, který už nyní vyrábí květináče ze 100 % recyklovaného PP. Poslední značkou je francouzská Poétic, ta má ve svém sortimentu 80 % výrobku z recyklovaných plastů, velká část pak obsahuje 100 % podíl. Nejčastěji se zde vyskytují výrobky z PP, PA a částečně se zde uplatňují i produkty z ABS.

### 9.3 Zelené stěny

U zelených stěn průzkum probíhal na základě kontroly webových stránek, ve větším případě pak po telefonické či emailové domluvě. Kontaktováno bylo 6 firem, na základě čehož byl vytvořen graf. Firmy Graseko, Likos a Jungle interiors nabízejí zelené stěny pouze ze 100 % recyklátu. U firem Likos se jedná o polypropylen, v případě Jungle interiors se jedná o mix recyklovaných PE A PP. Dále byla kontaktována firma Jan Kopřiva – interiérové rostliny, která pracuje se dvěma systémy – Nextgen living walls a Mobilane, kdy první pracuje pouze s primární surovinou a druhý využívá mix kovu, látky a extrudovaného polystyrenu. Více materiálu využívá také firma Florum, která má systém ze dřeva, kovu a primárního plastu. Dále se na trhu uplatňuje firma ZGW, která nabízí zelené stěny s podílem 95 % recyklátu.



Graf 8: Materiál výroby konstrukcí a kazet u zelených stěn (vlastní zdroj)

### 9.4 Výsledné zhodnocení

Firmy, které dodávají nebo vyrábějí květináče a truhlíky na českém trhu hojně využívají podíly recyklovaných plastů. Jsou vidět tendence a snahy o zvyšování dosavadních hodnot, spolu s ekologičtějším přístupem. V drtivé většině případů je

využíváno recyklovaného PP, ale najdou se i výrobky z ABS či PA. Co se týče cenového rozhraní, nebyly zjištěny žádné rozdíly v cenách za recyklovanou a primární verzi, proto zde nejsou uvedeny.

U zelených stěn není výsledek využití jednoho typu materiálu tak razantní, přes to, že jsou využívány recyklované plasty, často je zde využíváno více konstrukcí z více materiálů.

## 10. Diskuze

Plasty jsou neodmyslitelnou součástí dnešního světa. Avšak s rostoucí populací roste i množství použitých plastů a jejich spotřeba není úměrná následnému zpracování. S tím jsou spojeny různé ekologické zátěže, které mají negativní vlivy jak na životní prostředí, tak na lidské zdraví. Je tedy naprosto nezbytné zavádění regulací, strategií a technologií, jež by tomu zamezily. Plasty mají široké uplatnění, od obalů až po stavební komponenty a jejich druhotné využití je tak komplikováno značným množstvím proměnných. Témata, která jsou často diskutována v oblasti využití recyklovaných plastů jsou možnosti mechanické i chemické recyklace, kontaminace během životního cyklu, jejich využití v nových výrobcích a cenová náročnost.

Většina úskalí spojená s plastovým odpadem vzniká již v první fázi návrhu výrobku, kde by se mělo zamezit nadměrnému využívání materiálu k tvorbě obalu, výroba by měla být pouze z jednoho typu plastu (Ramos et al 2023), stejně tak by mělo být omezeno využívání aditivních přísad a měla by se zlepšit dostupnost informací. Hahladakis et Iacovidou (2019) potvrzují, že právě nedostatek informací o využitých aditivech a chemických látkách, které mohou být i potenciálně nebezpečné, v plastových frakcích způsobují limitaci uplatnění recyklovaných plastů.

Spolu s tím by měla být zavedena přísnější standardizace plastových recyklátů, která je v dnešní době stále závislá na dohodě mezi výrobcem a zákazníkem. Mezery jsou i v české legislativě, kdy by byla potřeba zavést přísnější pravidla. Momentálně je v zákoně č. 545/2020 Sb., kterým se mění zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech), ve znění pozdějších předpisů podle §3 uvedeno, že v rámci prevence, by každý dodavatel plastových obalů měl snížit množství a hmotnost obalu na minimum, pokud to neohrozí výrobek nebo jeho přijatelnost pro koncového spotřebitele. Avšak v praxi je tohoto málokdy dosaženo, právě argumentací výrobců, že by regulace obalu mohla ovlivnit jeho konečnou podobu.

Využití recyklovaných plastů v nových výrobcích je zásadní k dodržení cílů, které byly nastaveny jak národními, tak nadnárodními legislativami. Nicméně tato myšlenka však v praxi naráží na mnohé překážky. Hlavní problematikou ve využití sekundární suroviny je neznalost jejího původu a procesy, kterým byla vystavena, jakožto tedy i kontaminaci cizorodými látkami během jejího životního cyklu, než se stala odpadem.

To značně komplikuje využití plastů v obalovém průmyslu, kde byla většina primárních plastů uplatněna. V této tematice je zapotřebí dalších výzkumů, jak dále uvádí Cecon et al (2021) migrace mezi obalem a potravinou představuje potenciální hrozbu pro lidské zdraví. Mimo jiné kontaminace neznámými látkami může způsobovat potíže při snaze o recyklaci, stejně tak jako úniky znečištění do životního prostředí. Využití sekundární suroviny ztěžují i problémy spojené s mechanickou recyklací. Autoři Lase et al (2022) poukazují na problematiku spojenou s nedostatečným tříděním, či odstraněním kontaminantů, kdy mohou v surovině zůstat pachy po procesech mytí a separace, které je nutné odstranit a jsou často důvodem omezení využití recyklátu, kdy jsou uplatněny ve výrobcích, nepodléhajícím speciálním nárokům jako jsou venkovní lavičky, koše nebo pytle na odpadky.

Zlepšení technologií mechanické recyklace by nejen zamezilo problémům spojeným s pachem odpadu, ale i redukovalo množství odpadu celkově. Na evropské i národní úrovni byly nastaveny cíle zvýšení úrovně recyklace do roku 2030 na 55 %. Jsou sice velmi ambiciózní, ale výsledky výzkumu autorů Antonopolous et al (2021), předpovídají, že míra recyklace u post-consumer odpadů by se opravdu v roce 2030 mohla pohybovat mezi 49 %- 55 %. Zároveň jejich model ukazuje na reálné možnosti zlepšení technologické úrovně pro třídění a recyklaci. V rámci zlepšení aktuálních technologií je momentálně probírána proveditelnost zdokonaleného recyklačního procesu „quality recycling process“ zaměřena na post-consumer flexibilní plasty. Výzkum autorů Bashirgonbadi et al (2022) ukazuje, že touto metodou lze získat regranuláty pro využití ve fóliích a vstřikovacích aplikacích, které vykazují větší pružnost, tažnost i zvýšenou pevnost v tahu u PE oproti běžné recyklaci. Je ovšem zapotřebí ještě výzkum prohloubit a provést v širším měřítku se zohledněním více faktorů.

V zahradnické sféře je recyklace omezena především dvěma faktory. Hojně je zde využívána k výrobě květináčů a truhlíků černá barva, jež jak už bylo popsáno v rešeršní části, recyklace není umožněna v důsledku neaplikovatelnosti infračerveného zařízení pro separaci, čímž plast většinou bývá zpracován v zařízení pro energetické využití. Druhým faktorem je organické znečištění plastového výrobku. S inovativním řešením přišla německá školkařská firma Heino Schwarz, která zavedla systém zálohovaných květináčů, kdy zákazník při vrácení použitého výrobku získává

slevu k nákupu. Tímto by se zamezilo emisím spojeným s výrobou i následného zpracování polypropylenu. Aplikace tohoto systému by globálně ušetřila zátěž na životní prostředí a dopomohla by k cílům vytyčených Evropskou unií, avšak by bylo zapotřebí integrace systému mezi vládami, dodavatelskými subjekty i zákazníky (Blanke et Golombek 2021).

Ke zvýšení recyklační míry by mohlo dojít i pomocí zapojení chemické recyklace. Ta je v dnešní době stále ještě málo využívána. Podle Thiounn et Smith (2020) bychom se měli zaměřit na inovaci procesů, které lze využít spolu se současnými postupy. V rámci toho se snažit zlepšit účinnost a energetickou náročnost recyklačních procesů. Začínají se uplatňovat strategie chemické recyklace zvláště u PET a polyolefinů a je potřeba se soustředit na rozšíření stávajících kapacit. Podle Plastics Europe (2022) je do roku 2025 plánována podpora tohoto typu recyklace i ze stran evropských výrobců plastů, kdy investice by měly dosáhnout 2,6 miliard eur a do roku 2030 ještě zvýšit na 7,2 mld. Je odhadováno, že se tímto zvýší produkce recyklovaných plastů na 1,2 milionu tun a do roku 2030 na 3,4 milionu tun.

Regulace plastového odpadu je i zcela zásadní v oblasti zamezení emisí oxidu uhličitého, což je jednou z priorit evropských strategií, kdy byly vytyčeny plány do roku 2050, kdy se má stát Evropa uhlíkově neutrální. Ukládání na skládky, výroba, či energetické zpracování plastu je značnou agens těchto emisí (Pires da Mata Costa et al 2021). Jak uvádí Markandeya et al (2023) spálení jedné tuny PE představuje emise v podobě více než tří tun  $\text{CO}_2$ . Např. 100 % recyklací PET místo výroby 100 % primárního PET je zredukováno množství emisí o 27 %. Proto by měla být i nadále upřednostňována recyklace a využití recyklovaných plastů, před spalováním a výrobou primární suroviny.

V rámci vlastního výzkumu bylo zjištěno, že často chybí informace o podílech recyklátu u květináčů, truhlíků a zelených stěn a dodavatelé často nemají přehled o jejich výrobcích. Cenové rozdíly mezi recyklovanou a nerecyklovanou verzí květináčů v OBI neukázaly žádné razantní cenové kolísání. Avšak na příkladu v obalovém průmyslu je tomu opačně. Po konzultaci se zástupcem obalové firmy Galapack s.r.o., což je firma zabývající se prodejem obalů v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu, jsme se shodli, že nároky na kvalitu výrobků u obalů pro tento druh průmyslu jsou vnímány přísněji a podléhají mnoha procesům dekontaminace a čištění, které jsou

finančně náročné. Bakalářská práce tedy konstatuje, že v této oblasti bude nadále převládat zastoupení produktů z primární suroviny. Cena je přeci jen stále nejdůležitějším faktorem v rozhodování mezi pořízením výrobku z plastu či recyklovaného plastu. Jen malé procento zákazníků zvolí dražší, ekologičtější variantu, před levnější. V praxi si obaly z recyklátu mohou dovolit pouze větší výrobní společnosti, které dokážou snížit pořizovací cenu za recyklované plasty na přijatelnou úroveň díky množstevním slevám. Avšak menším firmám se nákup recyklovaných obalů prozatím nevyplatí. Finanční stránka byla a bude hrát velkou roli v pořizování výrobků a pokud cena za recyklovaný výrobek razantně neklesne, většího uplatnění recyklovaných výrobků na trhu se nedočkáme. Řešením by mohla být dotační podpora recyklačních zařízení, či výhody plynoucí z nákupu recyklovaných výrobků, ruku v ruce s větší globální odpovědností koncového spotřebitele.

## 11. Závěr a přínos práce

První část práce byla zaměřena na seznámení s oběhovým hospodářstvím, které udává směr budoucího vývoje společnosti spolu s vizemi a cíli pro nakládání s odpady a tím blízce související plastovou politikou. V návaznosti na tuto tematiku byly v práci dále rozepsány národní i evropské legislativy, typy plastů, recyklační standardy a využití recyklovaných plastů v nových výrobcích. Praktická část se věnovala zastoupení recyklovaných plastů u květináčů, truhlíků a zelených stěn.

Plasty v dnešní době jsou často probíraným tématem v souvislosti s životním prostředím, emisemi a potenciálním ohrožením na lidském zdraví. Velká poptávka po plastových výrobcích ročně neustále stoupá, avšak otázka s jejich nakládání po ukončení životního cyklu není úplně vyřešena. Stále velké množství plastových odpadů končí na skládkách nebo v mořích, kde způsobuje značné škody. Legislativy národních i nadnárodních orgánů podporují řešení omezení plastů pomocí regulací, podpory inovací v oblasti recyklace či povinným přidáváním podílu recyklovaných materiálu do nových výrobků. Plnění těchto cílů je ovšem v praxi aplikovatelné jen z malé části. Možnosti separace plastu jsou omezené a stejně tak uplatnění výrobků z recyklátu na trhu.

I přes fakt, že pozorujeme snahy ze strany různých firem a nadnárodních společností, jež usilují o ekologičtější přístup v obalovém průmyslu a přicházejí s inovativními nápady, kdy zapojují podíl recyklátu do nových výrobků, snižují množství hmotnosti obalů, vyrábí obaly pouze z jednoho typu plastu, či omezují aditivní přísady, stále tento přístup není většinový.

Velké uplatnění recyklovaných podílů je právě v segmentu zemědělství a zahradnictví, kde zaznamenáváme nárůst využití recyklátu, nejčastěji typu rPP ve výrobcích jako jsou květináče či truhlíky. I přes snahy je stále využití malé a je potřeba většího zapojení spolu s větší informovaností koncových zákazníků.

## 12. Přehled literatury a použitých zdrojů

### Odborné publikace

- Al-Salem S. M., Lettieri P., Baeyens J., 2009: Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Management* 2009/10. P. 2631
- Alassali A., Picuno C., Chong Z. K., Guo J., Maletz R., Kuchta K., 2021: Towards Higher Quality of Recycled Plastics: Limitations from the Material's Perspective. *Sustainability* 2021/13. (13266) DOI: 10.3390/su132313266
- Alsabri A., Tahir F., Al-Ghambdi S. G., 2022: Environmental impacts of polypropylene (PP) production and prospects of its recycling in the GCC region. *Materials Today: Proceedings* 2022/56. P. 2245-2246.
- Antonopolous I., Faraca G., Tonini D., 2021: Recycling of post-consumer plastic packaging waste in the EU: Recovery rates, material flows, and barriers. *Waste Management* 2021/126. P. 703.
- Bashirgonbadi A., Lase I. S., Delva L., Van Geem K. M., De Meester S., Ragaert K., 2022: Quality evaluation and economic assessment of an improved mechanical recycling process for post-consumer flexible plastics. *Waste Management* 2022/153. P. 48.
- Baur E., Osswald T. A., Rudolph N., 2019: *Plastics Handbook: The Resource for Plastic Engineers*. Hanser Publishers, Munich. P. 580-587.
- Bhattacharya S., Das S., Saha T., 2018: Application of plasticulture in horticulture: A review. *The Pharma Innovation Journal* 2018/7. P. 584-585.
- Blanke M. M., Golombek S. D., 2021: Innovative Strategy to Reduce Single-Use Plastics in Sustainable Horticulture by a Refund Strategy for Flowerpots. *Sustainability* 2021/13. (8532) DOI: 10.3390/su13158532
- Cecon V. S., Da Silva P. F., Curtzwiler G. W., Vorst K. L., 2021: The challenges in recycling post-consumer polyolefins for food contact applications: A review. *Resources, Conservation and Recycling* 2021/167. (105422) DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105422
- Ducháček V., 2006: *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vydavatelství VŠCHT, Praha. 63–80.
- Eriksen M. K., Christiansen J. D., Daugaard A. E., Astrup T F., 2019: Closing the loop from PET, PE and PP waste from households: Influence of material properties and product design for plastic recycling. *Waste management* 2019/96. P. 75-76.
- Faraca G., Astrup T., 2019: Plastic waste from recycling centres: Characterisation and evaluation of plastic recyclability. *Waste Management* 2019/95. P. 389-396.



- Ferdous W., Manalo A., Siddique R., Mendis P., Zhuge Y., Wong H. S., Lokuge W., Aravinthan T., Schubel P., 2021: Recycling of landfill wastes (tyres, plastics and glass) in construction – A review on global waste generation, performance, application and future opportunities. *Resources, Conservation and Recycling* 2021/173 (105745) DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105745
- Govindan K., Hasanagic M., 2018: A systematic review on drivers, barriers and practices towards circular economy: a supply chain perspective. *International Journal of Production Research* 2018/56. P. 278-311.
- Hahladakis J. N., Iacovidou E., 2019: An overview of the challenges and trade-offs in closing the loop of post-consumer plastic waste (PCPW): Focus on recycling. *Journal of Hazardous Materials*. 2019/380 (120887) DOI:10.1016/j.jhazmat.2019.120887
- Hahladakis J. N., Velis C. A., Weber R., Iacovidou E., Purnell P., 2018: An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials* 2018/344. P. 184-193.
- Hohenberger W., 2009: Fillers and Reinforcements/ Coupling Agents. In: Zweifel H., Maier R. D., Schiller M. (eds.): *Plastics Additives Handbook*. Hanser Publishers, Munich, P. 919-927.
- Chanda M., 2021: Chemical aspects of polymer recycling. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research* 2021/4. P. 143-144.
- Chappell B., Pramanik A., Basak A. K., Sarker P. K., Parkash C., Debnath S., Shankar S., 2022: Processing household plastics for recycling – A review. *Cleaner Materials* 2022/6 (100158) DOI: 10.1016/j.clema.2022.100158
- Christensen I. N., 2003: Developments in Colorants for Plastics. *Rapra Technology Limited, Shawbury*. P. 6-10.
- Chu L. M., 2008: Landfills. *Encyclopedia of Ecology*. DOI: 10.1016/B978-008045405-4.00345-1, P. 2099-2100.
- Korhonen J., Honkasalo A., Seppälä J., 2018: Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economies* 2018/143. P. 37.
- Krebs S., Kolařík L., Stunová Bryksí B., 2020: Teorie zpracování plastů a kompozitů. V Praze: České vysoké učení technické. 6-98.
- Kuraš M., 2008: Odpadové hospodářství. *Ekomonitor, Chrudim*. 12-14.
- Kutz M., 2011: *Applied plastics engineering handbook: processing and materials*, Boston. P. 423–455.

- Lase I. S., Bashirgonbadi A., van Rhijn F., Dewulf J., Ragaert K., Delva L., Roosen M., et al., 2022: Material flow analysis and recycling performance of an improved mechanical recycling process for post-consumer flexible plastics. *Waste Management* 2022/153. P. 250-251.
- Lin H.-T., Chiang C.-W, Cai J.-N., Chang H.-Y., Ku Y.-N., Schneider F., 2023: Evaluating the waste and CO2 reduction potential of packaging by reuse model in supermarkets in Taiwan. *Waste Management* 2023/160. P. 35-36.
- Lu Y., Ge Y., Zhang G., Abdulwahab A., Salameh A. A., Ali H. E., Nquyen Le, 2023: Evaluation of waste management and energy saving for sustainable green building through analytic hierarchy process and artificial neural network model. *Chemosphere* 2023/318 (137708) DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.137708
- Maddah H. A., 2016: Polypropylene as a Promising Plastic: A Review. *American Journal of Polymer Science* 2016/6. P. 1-2.
- Markandeya N., Joshi A. N., Chavan N. N., Kamble S. P., 2023: Plastic recycling: Challenges, opportunities, and future aspects. In: Verma S., Khan R., Mili M., Hashmi S. A. R., Srivastava A. K (eds.): *Advanced Materials from Recycled Waste*. Elsevier, Amsterdam. P. 348-350.
- Meng T., Klepacka A. M., Florkowski W. J., Braman K., 2016: Determinants of recycling common types of plastic product waste in environmental horticulture industry: The case of Georgia. *Waste Management* 2016/48. P 81-88.
- Merijs Meri R., Bocoka T., Zicans J., Kalnins M., Kalkis V., Bledzki A. K., 2008: Strength and deformation characteristics of poly(ethylene terephthalate)/elastomer blends. *Mechanics of Composite Materials* 2008/44. P. 361.
- Mohanty S. S., Vyas S., Koul Y., Prajapati P., Varjani S., Chang J.-S., Bilal M., Moustakas K., Show P. L., Vithanage M., 2023: Tricks and tracks in waste management with a special focus on municipal landfill leachate: Leads and obstacles. *Science of The Total Environment* 2023/860 (160377) DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.160377
- Olabisi O., 1997: Conventional Polyolefins. In: Olabisi O. (ed.): *Handbook of thermoplastics*. Marcel Dekker, Inc., New York. P. 19-21.
- Pires da Mata Costa L., Micheline Vaz de Miranda D., Couto de Oliveira A. C, et al. 2021: Capture and Reuse of Carbon Dioxide (CO2) for a Plastics Circular Economy: A Review. *Processes* 2021/9. P. 54.
- Ragaert K., Delva L., Van Geem K., 2017: Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste management* 2017/69. P. 25-26.

- Rajendran S., Scelsi L., Hodzic A., Soutis C., Al-Maaded M. A., 2012: Environmental impact assessment of composites containing recycled plastics. *Resources, Conservation and Recycling* 2012/60. P. 136-139.
- Ramos T., Christensen T. B., Oturai N., Syberg K., 2023: Reducing plastic in the operating theatre: Towards a more circular economy for medical products and packaging. *Journal of Cleaner Production* 2023/383 (135379) DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.135379
- Rizos V., Tuokko K., Behrens A., 2017: The Circular Economy: A review of definitions, processes and impacts. *CEPS* 2017/08. P. 1-6.
- Rudolph N., Kiesel R., Aumanate Ch., 2017: *Understanding Plastics Recycling: Economic, Ecological, and Technical Aspects of Plastic Waste Handling*. Hanser Publications, Munich. P. 9-15.
- Sastri V. R., 2022: 5 - Commodity Thermoplastics: Polyvinyl Chloride, Polyolefins, Cycloolefins and Polystyrene. In: Sastri V. R: *Plastics in medical devices (Third Edition)*. William Andrew Publishing, Chicago. P. 119.
- Shamsuyeva M., Endres H-J., 2021: Plastics in the context of the circular economy and sustainable plastics recycling: Comprehensive review on research development, standardization and market. *Composites Part C: Open Access* 2021/6 (100168) DOI: 10.1016/j.jcomc.2021.100168
- Shekhar S., Hoque M. E., Bajpai P. K., Islam H., Sharma B., 2023: Chemical upcycling of plastics as a solution to the plastic trash problem for an ideal, circular polymer economy and energy recovery. *Environment. Development and Sustainability* 2023/25. DOI: 10.1007/s10668-023-03003-8
- Siddique R., Khatib J., Kaur I., 2008: Use of recycled plastic in concrete: A review. *Waste Management* 2008/10. P. 1839-1850.
- Siegle, L.: 2010: *Recycle: The Essential Guide*. Black Dog Publishing Limited, London. P. 105.
- Silva Spinacé M. A., De Paoli M. A., 2001: Characterization of poly(ethylene terephthalate) after multiple processing cycles. *Journal of Applied Polymer Science* 2001/80. P. 20
- Singh A. K., Bedi R., Kaith B. S., 2021: Composite materials based on recycled polyethylene terephthalate and their properties – A comprehensive review. *Composites Part B: Engineering* 2021/219 (108928) DOI: 10.1016/j.compositesb.2021.108928
- Singh R. P., Sharma S., 2015: Waste to Energy Technology In: Singh R. P., Sarkar A. (eds.): *Waste Management*. Nova Publishers, Inc., New York, P. 144-145.

- Subramanian M., 2013: *Plastics Additives and Testing*. Scrivener Publishing, Salem. P. 8.
- Subramanian P. M., 2000: *Plastics recycling and waste management in the US*. *Resources, Conservation and Recycling*. 2000/28. P. 261-262.
- Thiounn T., Smith R. C., 2020: *Advances and approaches for chemical recycling of plastic waste*. *Journal of Polymer Science* 2020/58. P. 1347-1361.

### **Legislativní zdroje**

- ČSN EN 15342 *Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polystyrenových (PS) recyklátů*. Český normalizační úřad, Praha, 2008
- ČSN EN 15343 *Plasty – Recyklované plasty – Sledovatelnost a posuzování shody při recyklaci plastů a stanovení obsahu recyklovaného materiálu*. Český normalizační úřad, Praha, 2008
- ČSN EN 15344 *Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polyethylenových (PE) recyklátů*. Český normalizační úřad, Praha, 2021
- ČSN EN 15345 *Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polypropylenových (PP) recyklátů*, Český normalizační úřad, Praha, 2008
- ČSN EN 15346 *Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polyvinylchloridových (PVC) recyklátů*. Český normalizační úřad, Praha, 2015
- ČSN EN 15347 *Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace plastových odpadů*. Český normalizační úřad, Praha, 2008
- ČSN EN 15348 *Plasty – Recyklované plasty – Charakterizace polyethylentereftalátových (PET) recyklátů*. Český normalizační úřad, Praha, 2015
- ČSN EN 64 0003: *Plasty. Zhodnocení plastového odpadu. Názvosloví*. Český normalizační úřad, Praha, 1996
- NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 282/2008 ze dne 27. března 2008, o materiálech a předmětech z recyklovaných plastů určených pro styk s potravinami a o změně nařízení (ES) č. 2023/2006, In: Úřední věstník L 86, 28.3.2008, dostupné z <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:086:0009:0018:CS:PDF>>
- NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2022/1616 ze dne 15. září 2022 o materiálech a předmětech z recyklovaných plastů určených pro styk s potravinami a o zrušení nařízení (ES) č. 282/2008, In: Úřední věstník L 243, 20.9.2022, dostupné z <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32022R1616>>

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES ze dne 6. června 2005 o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů a o změně směrnic Rady 92/42/EHS a Evropského parlamentu a Rady 96/57/ES a 2000/55/ES, In: Úřední věstník L 191, 22. 7. 2005, dostupné z <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:191:0029:0058:cs:PDF>>
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES ze dne 21. října 2009 o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie (přepřacování), In: Úřední věstník L 285, 31.10.2009, dostupné z <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:CS:PDF>>
- Zákon 242/2022 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím zákona o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí
- Zákon 243/2022 Sb., o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí
- Zákon 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech – úplné znění)
- Zákon 545/2020 Sb., kterým se mění zákon č. 477/2001Sb., o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 244/2022 Sb. Zákon, kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím zákona o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí

#### **Internetové zdroje**

- Cameron A., 2009: Horticultural Plastic Recycling – The Future Is Brighter (online) [cit.23.03.15], dostupné z <<https://gpnmag.com/article/horticultural-plastic-recycling-future-brighter/>>
- EKOKOM ©2022: Ekonomika odpadového hospodářství v roce 2021 (online) [cit.2023.03.13], dostupné z <<https://www.ekokom.cz/ekonomika-odpadoveho-hospodarstvi-v-roce-2021/>>
- Ellen MacArthur foundation ©2013: Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition (online) [cit.2023.02.01], dostupné z <<https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>>
- Eunomia 2022: HDPE & PP Market in Europe state of play (online) [cit.23.03.20], dostupné z <<https://www.plasticsrecyclers.eu/wp-content/uploads/2022/10/hdpe-pp-market-in-europe.pdf>>

- Evropská komise 2022: Zelená dohoda pro Evropu: předcházení vzniku odpadu z obalů, podpora opětovného použití a recyklace obalů (online) [cit.23.02.21], dostupné z <[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/cs/ip\\_22\\_7155](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/cs/ip_22_7155)>
- Evropská komise, 2015: Sdělení komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů: Uzavření cyklu – akční plán EU pro oběhové hospodářství (online) [cit.2023.02.01], dostupné z <[https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0005.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0005.02/DOC_1&format=PDF)>
- Evropská komise, 2018: Sdělení komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů: Evropská strategie pro plasty v oběhovém hospodářství (online) [cit.23.02.19] dostupné z <[https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0014.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0014.02/DOC_1&format=PDF)>
- Evropská komise, 2020: Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů: Nový akční plán pro oběhové hospodářství – Čistší a konkurenceschopnější Evropa (online) [cit.2023.02.01], dostupné z <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098>>
- ChemicalSafetyFacts, ©2022: Polystyrene (online) [cit.23.03.22], dostupné z <<https://www.chemicalsafetyfacts.org/chemicals/polystyrene/>>
- INCIEN, ©2017: Opětovné využití a re-use centra (online) [cit.23.02.13], dostupné z <<https://incien.org/wp-content/uploads/2021/06/opetovne-vyuziti-a-re-use-centra-2.pdf>>
- INCIEN, ©2019: Innovations in Circular Economy (online) [cit.2023.03.13] dostupné z <[https://incien.org/wp-content/uploads/2021/06/Innovations-in-Cirkular-Economy\\_EN\\_publicace.pdf](https://incien.org/wp-content/uploads/2021/06/Innovations-in-Cirkular-Economy_EN_publicace.pdf)>
- Locock ES K., Deane J., Kosior E., Prabakaran H., Skidmore M., Hutt O. E., 2017: The Recycled Plastics Market: Global Analysis and Trends (online) [cit.23.03.26], dostupné z <[https://www.csiro.au/recycled\\_plastics\\_analysis](https://www.csiro.au/recycled_plastics_analysis)>
- Markets and Markets, 2023a: Recycled Market by Type (Flakes, Chips), Grade (Grade A, Grade B), Source (Bottles, fiber, Sheets, Strapping), and Region (APAC, North America, Europe, MEA, South America) – Global forecast to 2026 (online) [cit.23.03.15], dostupné z <<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/recycled-pte-market-248965407.html>>
- Markets and Markets, 2023b: Polypropylene Recycling Market by source (Bottles, Films, Bags), End-use Industry (Packaging, Automotive, Building & Construction, Textiles), Process (Mechanical, Chemical) & Region – Global Forecast to 2030 (online) [cit.23.03.24], dostupné z <<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/polypropylene-recycling-market-65069830.html>>

- MŽP, ©2021 a): Strategický rámec Cirkulární ekonomiky České republiky 2040 (online) [cit. 23.02.11], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cirkularni\\_cesko/\\$FILE/OOD-O-Cirkularni\\_Cesko\\_2040\\_web-20220201.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cirkularni_cesko/$FILE/OOD-O-Cirkularni_Cesko_2040_web-20220201.pdf)>
- MŽP, ©2021 b): Do roku 2040 roztočí ekonomiku Cirkulární Česko (online) [cit.23.02.10], dostupné z <[https://www.mzp.cz/cz/news\\_20211213\\_Vlada-schvalila-Cirkularni\\_Cesko\\_2040](https://www.mzp.cz/cz/news_20211213_Vlada-schvalila-Cirkularni_Cesko_2040)>
- MŽP, ©2022 a): Akční plán Cirkulární Česko 2040 pro období 2022-2027 (online) [cit.23.02.11], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cirkularni\\_cesko/\\$FILE/OO-Akni\\_plan\\_cc\\_2040\\_konzultace-20221205.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cirkularni_cesko/$FILE/OO-Akni_plan_cc_2040_konzultace-20221205.pdf)>
- MŽP, ©2022 b): Plán odpadového hospodářství České republiky pro období 2015 – 2024 s výhledem do roku 2035 (online) [cit.23.02.11], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh\\_cr\\_prislusne\\_dokumenty/\\$FILE/OODP-POH\\_CR\\_2015-2024\\_2035\\_vlada-20220511.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/$FILE/OODP-POH_CR_2015-2024_2035_vlada-20220511.pdf)>
- MŽP, ©2022 c): Produkce a nakládání s odpady v roce 2021 (online) [cit. 23.02.11], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady\\_podrubrika/\\$FILE/OODP-Produkce\\_a\\_nakladani\\_2021-20221031.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2021-20221031.pdf)>
- OSN, ©2022: The Sustainable Development Goals Report (online) [cit.2023.02.11], dostupné z <<https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf>>
- PETRA, 2015: An itroduction to PET (online) [cit.23.03.24], dostupné z <[http://www.petresin.org/news\\_introtPET.asp](http://www.petresin.org/news_introtPET.asp)>
- Plastics Europe, 2021: The Circular Economy for Plastics: A European Overview (online) [cit.23.03.14], dostupné z <[https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/06/PlasticsEurope-CircularityReport-2022\\_2804-Light.pdf](https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/06/PlasticsEurope-CircularityReport-2022_2804-Light.pdf)>
- Plastics Europe, 2022: Plastics – The Facts 2022 (online) [cit.23.03.14], dostupné z <[https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2023/03/PE-PLASTICS-THE-FACTS\\_FINAL\\_DIGITAL-1.pdf](https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2023/03/PE-PLASTICS-THE-FACTS_FINAL_DIGITAL-1.pdf)>
- RecyClass, 2023: Definition (online) [cit.23.02.25], dostupné z <<https://recyclclass.eu/recyclability/definition/>>
- Samosebou.cz, 2020: encyklopedie plastů: vysokotlaký (nízkohustotní) polyethylen (LDPE) (online) [cit.23.03.22], dostupné z <<https://www.samosebou.cz/2020/04/30/encyklopedie-plastu-vysokotlaky-nizkohustotni-polyethylen-ldpe/>>

- Samosebou.cz, 2021: Encyklopedie plastů: plasty a plastové obaly a jejich využití (online) [cit.23.02.15], dostupné z <<https://www.samosebou.cz/2021/07/02/plastiveda-plasty-a-plastove-obaly-a-jejich-vyuziti/>>
- Sustainable packaging, 2017: Resin Identification Codes (online) [cit.23.02.25], dostupné z <<https://sustainablepackaging.org/101-resin-identification-codes/>>
- Taylor-Smith K., Thomson L., 2020: Recycling of High-Density Polyethylene (HDPE or PEHD) (online) [cit.23.03.22], dostupné z <<https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=255>>

### **13. Seznam použitých tabulek, grafů a obrázků**

#### **Tabulky**

Tabulka 1: Vlastnosti PET

Tabulka 2: Vlastnosti HDPE a LDPE

Tabulka 3: Vlastnosti PP

Tabulka 4: Vlastnosti neměkčeného a měkčeného PVC

Tabulka 5: Vlastnosti standardního a houževnatého PS

Tabulka 6: Využití primárních a sekundárních plastů

Tabulka 7: Poměry využití recyklovaného a primárního plastu u květináčů a truhlíků v OBI

#### **Grafy**

Graf 1: Náklady na odpadové hospodářství za rok 2021

Graf 2: Světová produkce plastů za rok 2021

Graf 3: Podíly různých barviv v současných aplikacích

Graf 4: Procentuální nárůst podílu recyklovaných plastů v odvětvích v EU

Graf 5: Firmy dodávající květináče do obchodního řetězce OBI

Graf 6: Obsah podílu recyklátu u květináčů v obchodním řetězci OBI

Graf 7: Počty truhlíků od jednotlivých firem, nabízených v obchodním řetězci OBI

Graf 8: Materiál výroby konstrukcí a kazet u zelených stěn

#### **Obrázky**

Obr. 1: Prioritní oblasti oběhového hospodářství v ČR