

Recyklace plastů v zemích EU

Daniela Hostašová

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Daniela Hostašová
Osobní číslo: T19378
Studijní program: B0711A130009 Materiály a technologie
Specializace: Ochrana životního prostředí
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Recyklace plastů v zemích EU

Zásady pro vypracování

1. Vyhledejte vhodné zdroje informací.
2. Informace utřídte.
3. Vše zformulujte do formy BP, ze které bude patrné, jak se liší přístup jednotlivých států k recyklaci plastů.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Al-Salem SM, Lettieri P, Baeyens J. Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): a review. Waste Manag. 2009 Oct;29(10):2625-43.
2. Plastics recycling: challenges and opportunities. Hopewell J, Dvorak R, Kosior E. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2009 Jul 27;364(1526):2115-26.
3. Matthews, C Moran, F; Jaiswal, AK A review on European Union's strategy for plastics in a circular economy and its impact on food safety JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION Volume: 283 Article Number: 125263.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.**
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce: **31. prosince 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

V této rešeršní práci se zaměřujeme na nakládání s plastovým odpadem v zemích Evropské unie. Popisujeme vlastnosti plastových materiálů a jednotlivé způsoby nakládání s plastovými opady, kterými jsou zejména skládkování, energetické využití a recyklace. Shrnujeme situaci v České republice a českou legislativu. Uvádíme legislativu a cíle Evropské unie. Popisujeme statistiky nakládání s plastovým odpadem ve vybraných zemích a snažíme se je porovnávat a analyzovat příčiny rozdílných výsledků jednotlivých států.

Klíčová slova: nakládání s plasty, recyklace plastů, třídění plastů, využití plastů.

ABSTRACT

In this literature survey we focus on the management of plastic waste in the European Union. We describe the properties of plastic materials and various methods of waste management, which are mainly landfilling, energy recovery and recycling. The work also summarizes the situation in the Czech Republic and Czech legislation. European Union, its targets and legislation are presented. We describe the statistics of plastic waste management in selected countries and we try to compare them and analyze the causes of different results in individual countries.

Keywords: plastics management, plastics recycling, plastics sorting, plastics utilization.

Děkuji svému vedoucímu práce za jeho čas, připomínky a komentáře k probíranému tématu. Taktéž bych chtěla poděkovat své rodině a partnerovi za veškerou podporu během studia, bez které by bylo studium znatelně obtížnější. Poděkování patří také mému zaměstnavateli za umožnění studia při zaměstnání.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

OBSAH	7
ÚVOD	8
1 VLASTNOSTI PLASTŮ	9
1.2 VÝROBA	10
1.2.1 Chemická příprava	11
1.2.2 Průmyslová výroba	12
1.3 BIOPOLYMERY	13
2 NAKLÁDÁNÍ S PLASTOVÝMI ODPADY	15
2.1 SKLÁDKOVÁNÍ	16
2.2 KOMPOSTOVÁNÍ	17
2.3 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ	18
2.4 RECYKLACE	19
2.4.1 Mechanická recyklace	19
2.4.2 Chemická recyklace	20
3 RECYKLACE V ČESKÉ REPUBLICĚ	23
3.1 VYUŽITÍ VYTŘÍZENÝCH ODPADŮ V ČR	23
3.2 ZÁKON O ODPADECH	26
3.3 ČESKÝ TRH S PLASTOVÝM ODPADEM	26
4 SITUACE VE SVĚTĚ	28
4.1 NÁSTROJE A LEGISLATIVA VE SVĚTĚ	29
4.1.1 Afrika	29
4.1.2 Latinská Amerika	30
4.1.3 Nepál	30
4.1.4 Kanada	30
4.1.5 Austrálie	30
5 STRATEGIE EVROPSKÉHO SPOLEČENSTVÍ	32
5.1 LEGISLATIVNÍ ÚPRAVA A CÍLE EU	32
5.1.1 Balíček oběhového hospodářství	32
5.1.2 Rozšířená odpovědnost výrobců	34
5.1.3 Obalové materiály pro potraviny	35
5.2 STATISTIKY A DATA	37
5.2.1 Podíly recyklovaných odpadů	37
5.2.2 Skládkování	44
5.2.3 Energetické využití	45
6 SITUACE V JEDNOTLIVÝCH ZEMÍCH EU	48
6.1 FINSKO	48
6.2 ŠPANĚLSKO	49
6.3 NĚMECKO	49
6.4 NIZOZEMSKO	51
6.5 RAKOUSKO	52
6.6 SLOVENSKO	53
7 ZÁVĚR	55
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56
9 SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	64
10 SEZNAM OBRÁZKŮ	65
11 SEZNAM TABULEK	66
12 SEZNAM GRAFŮ	67

ÚVOD

Plastové materiály patří k jedněm z klíčových technologických vynálezů civilizace. Díky variabilitě vlastností a relativně levné výrobě se staly nepostradatelným materiálem snad ve všech oblastech lidské činnosti. Jejich produkce celosvětově neustále roste. Nejvíce využívané jsou jako obalové materiály, své nezastupitelné místo mají také ve stavebnictví či zdravotnictví.

Bohužel s rozšiřující se produkcí plastů souvisí strmé navyšování množství plastových odpadů. Studie ukazují, že i široká veřejnost si uvědomuje palčivost problému. Nahrávat tomu můžou dostupné fotografie plovoucích ostrovů z odpadů a postižených mořských živočichů.

Při řešení této problematiky bychom na prvním místě měli zvažovat, kdy je použití plastů skutečně vhodné. Následně hledáme, jak s těmito odpady nakládat. Jaké postupy zavést, aby se zamezilo unikání do volné přírody a do moří? Jak co nejvíce vytrít a efektivně znovu zpracovat?

Snahy EU vedou ke zvýšení podílu recyklace plastů a přiblížení se tzv. cirkulární ekonomice. Důvodem není pouze problém s odpady, ale také nadbytečné vyčerpávání primárních přírodních zdrojů. V porovnání s jinými materiály, jako je například papír, nacházíme u plastového odpadu stále velký prostor k navýšení recyklace.

V této bakalářské práci se pokusíme zmapovat a porovnat přístupy k nakládání s plastovými obaly některých států Evropské unie. Nejprve popíšeme obecné vlastnosti plastů, jejich výroby a způsoby likvidace odpadů. Pokusíme se přiblížit samotný proces materiálové a chemické recyklace. Poté se zaměříme na nakládání s plastovými odpady v České republice. Stručně nahlédneme na přístupy jinde ve světě, následně přejdeme k zemím Evropské unie, pozornost věnujeme zemím s nejvyšší mírou materiálového využití plastových odpadů. Naším cílem bude najít rozdíly mezi jednotlivými regiony s ohledem na recyklaci plastů.

1 VLASTNOSTI PLASTŮ

V této kapitole shrneme nejdůležitější vlastnosti plastů, uvedeme rozdělení zejména podle teplotního chování, stručně popíšeme chemii a technologii výroby. Zaměříme se však i na likvidaci těchto materiálů. Nastíníme problematiku skládkování a pokusíme se popsat možné způsoby recyklace plastových odpadů.

Pokud mluvíme o plastech, máme na mysli syntetické polymery. Jedná se o materiály tvořené velkými molekulami složenými z mnohonásobně se opakujících základních jednotek, tzv. monomerů. Délka řetězců (molekulová hmotnost) a různé funkční skupiny určují vlastnosti polymerů.

Makromolekulární látky se objevují i v přírodě, například jako celulóza či kaučuk. Výzkumem a postupnou úpravou těchto přírodních látek byly vyvinuty polymery syntetické. Prvním polymerem vyráběným průmyslově byla v roce 1910 fenolformaldehydová pryskyřice známá jako Bakelit. V současné době se problematikou polymerů zabývá celý vědní obor makromolekulární chemie, což naznačuje šířku celé problematiky. [1]

Vlastnosti plastů se liší, jak jsme zmínili, s ohledem na konkrétní druh plastu, obecně však můžeme říct, že se jedná o materiály elektricky izolující, s poměrně malou hmotností, jsou odolné korozi, tlumí rázy a chvění. Nevýhodou může být relativně malá časová stálost materiálu, v neposlední řadě bychom měli zmínit i ekologický dopad výroby a odpadů.

1.1 Druhy plastů

Klasifikovat plasty můžeme podle různých hledisek. Obecně podle původu můžeme plasty rozdělit na syntetické (např. PET) a přírodní (např. celulóza). Z chemického hlediska členíme plasty podle polarit na polární (např. PA) a nepolární (např. PS). Podle nadmolekulární struktury, tj. podle stupně uspořádanosti, můžeme plasty rozdělit na amorfni, kde makromolekuly zaujímají v celém objemu nahodilou pozici (např. PMMA), a krystalické, kde můžeme najít určitý stupeň uspořádanosti (např. PTFE). [1]

Při průmyslovém zpracování plastů nachází uplatnění zejména rozdělení podle teplotního chování, a to na termoplasty, reaktoplasty a kaučuky, pryže a elastomery.

Termoplasty po zahřátí přechází do stavu plastických, vysoce viskózních kapalin a po ochlazení pod teplotu tání se stávají tuhými bez chemických změn, to znamená bez degradace materiálu (např. PVC). Reaktoplasty při zahřívání nejdříve měknou a jsou tvárné. Po dalším zahřívání však dochází k tzv. zesíťování, vytvrzování, jde o nevratnou chemickou reakci a takto vzniklé plasty nelze opětovně roztavit (např. epoxidové pryskyřice). Kaučuky,

pryže a elastomery při zahřívání měknou, po dalším zahřívání však dochází také k prostorovému zesíťování, tzv. vulkanizaci. [2]

V Tabulka č. 1 uvádíme různé druhy plastů podle chemického složení, jejich zkratky a názvy.

TERMOPLASTY			
<i>Polyolefiny</i>		<i>Akryláty</i>	
PE	polyetylén	PMMA	polymethylmetakrylát
HDPE	lineární polyetylén	MBS	methylmetakrylát – butadien – styrén
LDPE	rozvětvený polyetylén	<i>Polyamidy</i>	
UHMWPE	ultravysokomolekulární polyetylén	PA	polyamid
PP	polypropylén	<i>Polyétery</i>	
<i>Chlorované plasty</i>		POM	polyoxymetylén
PVC	polyvinylchlorid	PFO	polyfenylénoxid
<i>Styrénové plasty</i>		<i>Polyestery</i>	
PS	polystyrén	PET	polyetyléntereftalát
PS-GP	standardní polystyrén	PBT	polybutyléntereftalát
PS-HI	houževnatý polystyrén	PC	polykarbonát
PS-E	pěnový polystyrén	<i>Vinylové plasty</i>	
SB	styrén – butadien	PVAC	polyvinylacetát
ABS	akrylonitril – butadien – styrén	<i>Ketony, sulfidy, sulfony a imidy</i>	
SAN	styrén – akrylonitril	PEEK	polyéterétherketon
ASA	akrylonitril – styrén – akrylát	PPS	polyfenylénsulfid
<i>Fluoroplasty</i>		PSU	polysulfon
PTFE	polytetrafluóretylén	PES	polyéthersulfon
ETFE	etylén – tetrafluóretylén	PI	polyimid
REAKTOPLASTY			
<i>Fenoplasty</i>		<i>Epoxidy</i>	
PF	fenolformaldehydová pryskyřice	EP	epoxidová pryskyřice
<i>Aminoplasty</i>		<i>Polyesterové pryskyřice</i>	
UF	močovinoformaldehydová pryskyřice	PESL	polyesterové skelné lamináty
MF	melaminové pryskyřice		

Tabulka č. 1: Základní systematické rozdělení plastů dle chemického složení [3]

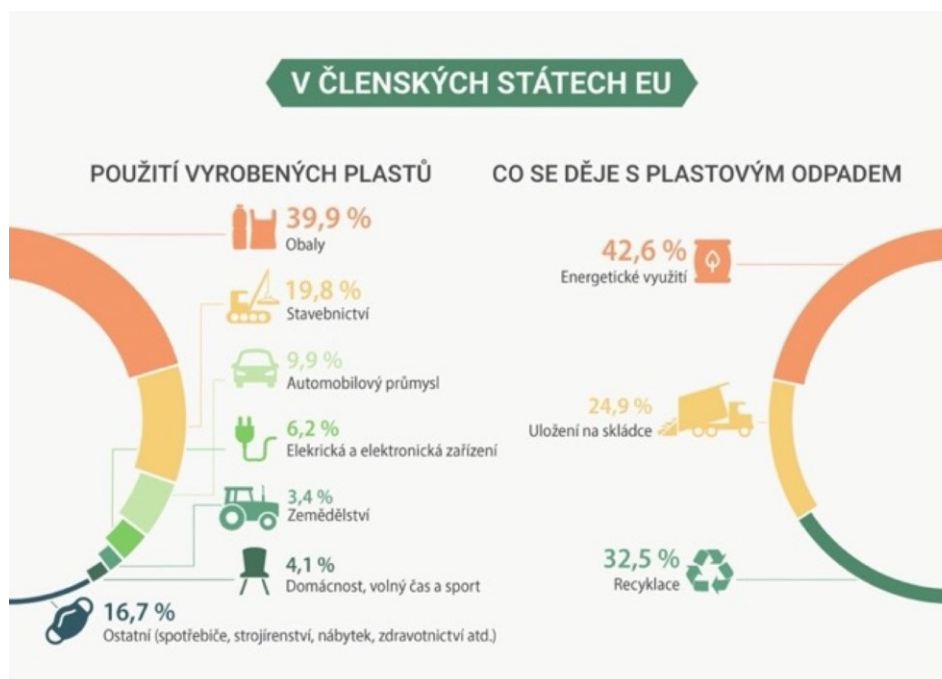
1.2 Výroba

Výroba plastů se celosvětově výrazně rozšiřuje. Tuto skutečnost dokládá přehledná infografika Zpravodajství evropského parlamentu, která srovnává produkci plastů v roce 2018 s rokem 1950, viz Obrázek č. 1.



Obrázek č. 1: Množství vyrobeného plastu v roce 2018 v porovnání s rokem 1950 [4]

Dle této infografiky zpracované v roce 2018 zauímají v členských státech EU největší podíl vyprodukovaných plastů obalové materiály (39,9 %), dále jsou plasty ve stavebnictví (19,8 %) a plasty využití v automobilovém průmyslu (9,9 %), viz Obrázek č. 2. [4]



Obrázek č. 2: Infografika Použití plastů v EU [4]

1.2.1 Chemická příprava

Zaměříme se nyní na samotný proces výroby. Chemická reakce, která probíhá při výrobě plastů, se nazývá polyreakce. Využívá se více způsobů uspořádání reakce, základními jsou polymerace, polykondenzace a polyadice. Dle použitých monomerů, aditiv a průběhu reakce vznikají různé druhy plastů (viz níže).

Polymerací rozumíme řetězovou chemickou reakci velkého počtu molekul monomeru, která dává vzniknout dlouhým makromolekulám polymeru. V reagující směsi vedle sebe existují jak nezreagované molekuly monomeru, tak makromolekuly polymeru. Růstové místo v řetězci může mít různý charakter a dle toho můžeme polymerační reakce rozdělit na radikálové a iontové, případně kopolymerace. Polymerací připravujeme například polyethylen a polypropylen.

Polykondenzační reakce jsou takové, při kterých reagují monomery s různými nebo stejnými funkčními skupinami. Chemická reakce probíhá na těchto funkčních skupinách, dochází k postupnému prodlužování řetězce a také vzniku vedlejšího produktu, například vody či amoniaku. Vznikají takto například polyamidy a polyestery.

Polyadiční reakce jsou možné u monomerů, jejichž molekuly obsahují násobné vazby. Monomer pak reaguje se sloučeninou s nejméně dvěma funkčními skupinami, což umožní

opakování této reakce a vzniká polymer. Příkladem takto připravovaných polymerů jsou například polyuretany. [1]

Významným problémem při průmyslové výrobě polymerů je odvod tepla. Průmysl využívá více způsobů uspořádání reakcí s různou účinností odvodu tepla. Jedná se o blokovou polymeraci, roztokovou polymeraci, suspenzní polymeraci a emulzní polymeraci. Bloková polymerace neumožňuje snadný odvod tepla. Vznikající polymer ztuhne na blok a zaujímá tvar nádoby. Toto uspořádání nachází uplatnění při výrobě desek (např. z PMMA), kdy jeden z rozměrů je malý a umožňuje určitou míru chlazení. Roztoková polymerace využívá přídavku rozpouštědla, které odvádí teplo z reakční nádoby. Používá se například při výrobě lepidel a nátěrových hmot. Při emulzní a suspenzní polymeraci je zaručen dobrý odvod tepla. Nevýhodou těchto uspořádání je přítomnost příměsí, zejména aditiv v případě emulzní polymerace. Vyrábí se takto např. PVC. [5]

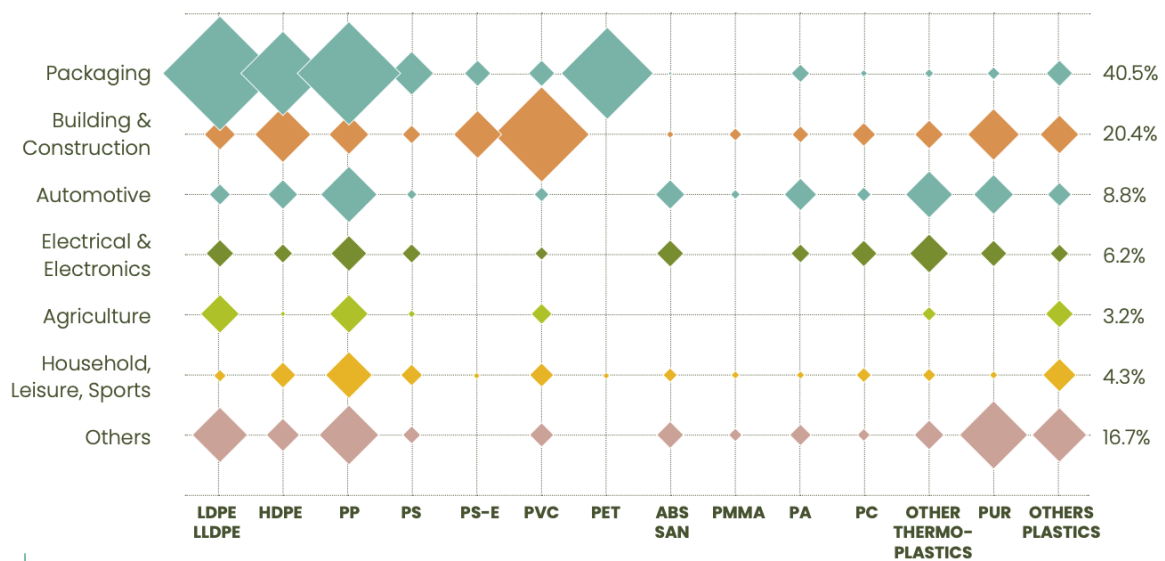
1.2.2 Průmyslová výroba

Způsob průmyslové výroby, tj. technologie výroby plastů, závisí na druhu plastu, ale také na potřebných vlastnostech daného výrobku, jeho velikosti a tvaru, požadavcích na pružnost a pevnost a dalších. Vycházíme z již už vzniklého materiálu ve formě tablet či granulí, ale mohou to být i kapaliny a kaše. Současně i samotná příprava granulí má svá specifika a různé možnosti technologického uspořádání.

Používané technologie pro konečné výrobky můžeme rozdělit do skupin na tvářecí, tvarovací a doplňkové. Při tváření se za působení teploty a tlaku mění výrazně tvar výchozího materiálu. Jedná se především o vstřikování, vytlačování, lisování či odlévání a laminování. Vniká tak konečný produkt nebo polotovár.

Tvarování zahrnuje procesy, kde se vychází z připraveného polotovaru. Zahrnujeme sem tvarování, ohýbání trubek, spojování a spékání plastů. Doplňkové technologie se uplatňují na začátku celého procesu k úpravám materiálu před zpracováním, nebo na konci k dokončení finálních výrobků. [2]

Různé vlastnosti a způsoby výroby určují, k jakému účelu bude daný druh plastu sloužit. Vkládáme jednoduchou tabulku, které plastové materiály se využívají v jakých odvětvích. Všimneme si například, že obalové materiály skutečně předbíhají veškerá ostatní využití a např. PET slouží výhradně pro obalové materiály. Výrazný zástupce je také PVC používaný ve stavebnictví nebo PP v automobilovém průmyslu.



Tabulka č. 2: Přehled využití plastových materiálů [6]

1.3 Biopolymery

Určité místo na trhu s plasty si vytvořily i biopolymery. Tyto jsou často předmětem debat, do jaké míry jde skutečně o environmentálně příznivé materiály. Za bioplasty, biopolymery, považujeme materiály, které jsou vyrobené z přírodních obnovitelných surovin nebo jsou biologicky rozložitelné. Biologická rozložitelnost znamená rozklad polymerů za účasti mikroorganismů na přirozeně se vyskytující sloučeniny, zejména na oxid uhličitý a vodu.

Klasifikace těchto materiálů může vypadat následovně. První skupinu tvoří polymery, které jsou přírodního původu úplně nebo částečně a které nejsou biologicky rozložitelné. Do této skupiny můžeme zařadit například bio-PE a bio-PP. Další skupina zahrnuje polymery vyrobené z biomasy a zároveň biodegradabilní. Mezi tyto patří PLA a PHA. Poslední skupinou jsou polymery z fosilních surovin, avšak biologicky rozložitelné, například PBAT. Pojem biopolymery tedy může zahrnovat i materiály, které sice mají přírodní původ, avšak jejich biologická rozložitelnost není možná. [7]

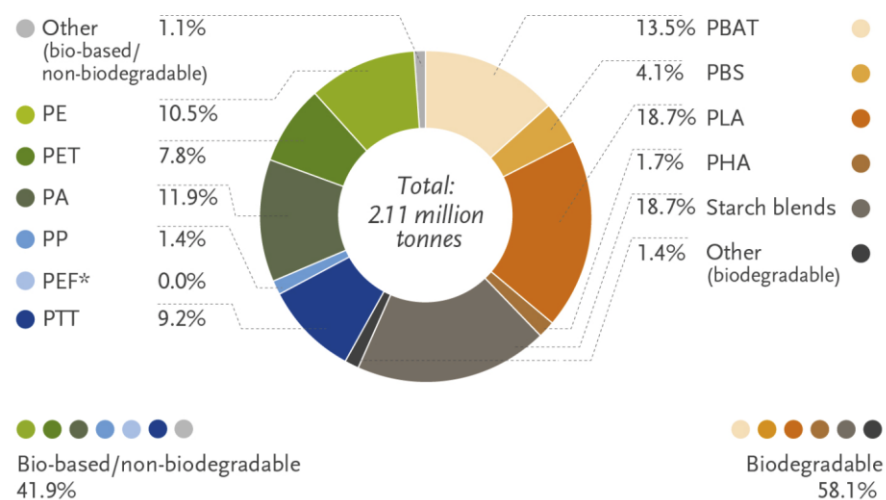
Biopolymery se tedy často vyrábí z obnovitelných zdrojů. Nejvýznamnější surovinou pro výrobu bioplastů je rostlinná biomasa, například celulóza ze dřeva, škrob z kukuřice či oleje z řepky. Nejčastějším polymerem přírodního původu je (PLA) vyráběná

z polysacharidů kukuřice nebo cukrové třtiny. PLA nachází uplatnění zejména jako jednorázový obalový materiál, a to včetně potravinářských obalů.

Výroba biopolymerů je nutně spjatá se zemědělskou produkcí potřebných plodin. Jedná se tedy o využití potravinářského zdroje pro nepotravinové účely. Tato skutečnost může znamenat další zintenzivnění zemědělské výroby, zvýšení využívání pesticidů a těžké zemědělské techniky. Jako výhoda biopolymerů se zmiňuje jejich menší uhlíková stopa. Při jejich rozkladu totiž uniká jen tolik uhlíku, kolik bylo vázáno v použité biomase.

Obrázek č. 3 uvádí světové kapacity pro výrobu biopolymerů v roce 2020 a vzájemný poměr jednotlivých druhů těchto materiálů. Celková kapacita na výrobu biopolymerů byla 2,11 milionů tun. Vidíme velkou variabilitu používaných biopolymerů. Můžeme si taktéž povšimnout, že poměrně velká část plastů označovaná jako biopolymery není biodegradabilní (v levé části grafu), například PA, PTT nebo PE. [8]

Global production capacities of bioplastics 2020 (by material type)



*PEF is currently in development and predicted to be available in commercial scale in 2023.

Source: European Bioplastics, nova-Institute (2020)

More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Obrázek č. 3: Světové kapacity pro výrobu biopolymerů v roce 2020 [8]

Nastínili jsme problematiku plastů jako materiálů. Zmínili jsme jejich obecné vlastnosti a způsoby výroby z primárních surovin. Uvedli jsme také jak velké množství různých druhů plastů se v praxi využívá a ve kterých odvětvích mají své místo. Následující kapitola bude zaměřená na plastové výrobky po skončení jejich životnosti a možnosti využití plastových odpadů.

2 NAKLÁDÁNÍ S PLASTOVÝMI ODPADY

Zaměříme se v této kapitole na postupy využívající se při nakládání s plastovými odpady. Začneme problematikou skládkování, přestože je to poslední možnost v řešení odpadů. Budeme pokračovat energetickým využitím a v závěru se zaměříme na způsoby recyklace. V této práci věnujeme pouze omezený prostor kompostování plastů, zejména z toho důvodu, že biodegradabilní plasty hrají na trhu stále minoritní roli.

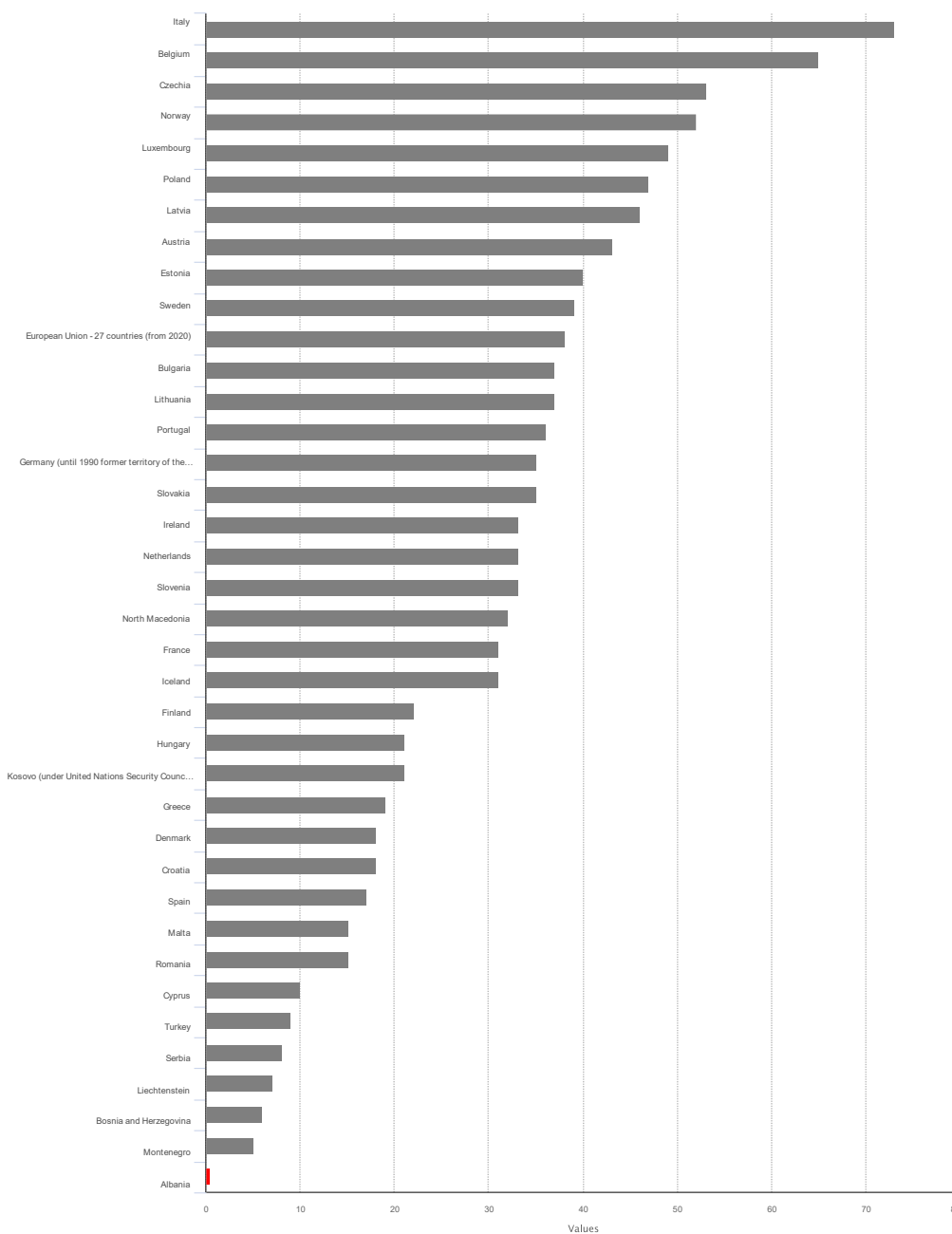
Pokud chceme popsat možné osudy plastů po jejich využití, je důležité si uvědomit, že množství těchto odpadů výrazně stoupl v průběhu posledních let a desetiletí. Množství generovaného plastového odpadu v jednotlivých zemích Evropské unie v roce 2018 znázorňuje Graf č. 1 níže, evropský průměr se pohybuje kolem 38 kilogramů plastových odpadů na obyvatele za rok. Kapacity a technologie pro zpracování těchto odpadů by tedy měly také náležitě narůstat. [9;4]

Uveďme si, jak může být nakládáno s plastovým výrobkem po jeho využití. Současná literatura uvádí čtyři úrovně recyklace (využití). Primární recyklací rozumíme vznik recyklovaných materiálů se stejnou nebo vyšší kvalitou. Sekundární, často označovaná jako down-cyckling, dává vzniknout materiálům o menší kvalitě a omezeném využití. Terciální recyklace zahrnuje zejména chemickou recyklaci, při níž dochází k rozkladu polymeru na původní monomery a opětovné polymeraci za vzniku nového polymeru. O kvarterní recyklaci mluvíme v případě energetického využití plastových materiálů. [7]

Poslední možností, jak naložit se vzniklým odpadem zůstává samozřejmě odvoz na skládku. V případě biopolymerů můžeme zahrnout i průmyslové kompostování. Pokud neuvedeme jinak, budeme se zabývat výhradně odpady spotřebitelskými, nikoliv těmi vzniklými v průmyslu. V případě spotřebitelských odpadů se jedná zejména o obalové materiály.

První fází musí být nutně získání, tj. vytrídění plastových odpadů. Komunální plastové odpady se odkládají do žlutých kontejnerů a společnosti zajišťující svoz stanoví, jaké druhy plastů patří do těchto nádob. V souvislosti se snahou zpětně odebrat co největší množství plastových odpadů vznikají i jiné nástroje, například svoz pytlů s odpady přímo z domácností nebo vratné PET lahve. Svoz těchto odpadů směřuje nejprve k dotřídění, kde je odpad roztríděn podle druhů a barev. [10]

Generation of waste by waste category, hazardousness and NACE Rev. 2 activity
 Geopolitical entity (reporting) / Time Time frequency:Annual Unit of measure:Kilograms per capita Hazard class:Hazardous and non-hazardous -
 Total Statistical classification of economic activities in the European Community (NACE Rev. 2):All NACE activities plus households Waste categories:Plastic
 wastes. Values for 2018. Bars in red represent not available data..



Graf č. 1: Množství generovaného plastového odpadu v kilogramech na osobu v roce 2018 [9]

2.1 Skládkování

Plasty, po kterých není poptávka pro recyklaci, jsou běžně spalovány či odváženy na skládky. Skládkování plastového odpadu je bohužel doposud běžnou praxí. Jedná se

o zavedené a doposud vcelku levné řešení. Nepotřebný plastový odpad se za poplatek odveze na skládku a jeho likvidace tímto končí.

Zdražování skládkování v České republice však bude v následujících letech citelné v návaznosti na nové směrnice Evropské unie z tzv. balíčku oběhového hospodářství (viz níže v kapitole 4). Tyto ukládají zákaz skládkování využitelných odpadů do roku 2030. Zároveň si berou za cíl 55% podíl recyklace komunálního odpadu v roce 2025. [11]

Navyšování cen skládkování má za cíl motivovat k materiálovému využití plastů. Z

Obrázek č. 5 níže však můžeme vyčíst, že v České republice docházelo v posledních letech spíše k nárůstu množství spalovaného odpadu a ke snižování recyklovaného plastového odpadu. [12]

V některých zemích Evropské unie není přímé skládkování komunálního odpadu povoleno. Například Německo veškerý zbytkový komunální odpad spaluje, viz níže v samostatné podkapitole pojednávající o Německém přístupu k recyklaci.

Na tomto místě bychom mohli zmínit taktéž možný potenciál skládkovaného materiálu v budoucnu. Není nereálné, že bychom mohli nalézt způsob efektivního využití takto uloženého materiálu, zejména plastů a kovů. Už v minulosti probíhaly projekty „těžení skládek“ jak za účelem získání surovin, tak zmenšení původních skládek a redukce kontaminace okolního prostředí. Z velké části byly však prozatím málo ekonomicky výhodné. [13;14]

2.2 Kompostování

Kompostování a biologický rozklad může být jednou z možností v případě rozložitelných biopolymerů. V souvislosti s masovým unikáním plastových odpadů do volné přírody se tato možnost může zdát klíčová. Na tomto místě je však třeba zmínit, že různé biopolymery mohou být rozložitelné pouze za určitých podmínek. Takovými podmínkami může být průmyslové kompostování při vyšších teplotách a za přítomnosti určitých mikroorganismů, může to však být také běžná půda s omezeným půdním edafonem či prostředí volného moře s určitou salinitou vody. V závislosti na schopnostech rozkladu za určitých podmínek je třeba využívat různé způsoby nakládání s odpady biopolymerů. [15]

Kompostování zahrnuje proces rozkladu materiálu za přítomnosti mikroorganismů na oxid uhličitý, vodu, minerální látky, taktéž se tvoří nová biomasa. Při kompostování nevznikají žádné vedlejší toxické produkty. Ačkoliv se zdá být kompostovatelnost biopolymerů výhodná, příliš se jí nevyužívá. V praxi třídění odpadů nefunguje výběr

kompostovatelných plastů a jejich cílené kompostování. Většina takových plastů navíc není kompostovatelná v laických domácích podmínkách, ale rozklad probíhá za vyšších teplot, kterých se dosahuje při průmyslovém kompostování. Kyselina polymléčná (PLA) je jedním z takových biopolymerů. [16]

Výskyt kompostovatelných plastů v tříděném odpadu může zkomplikovat materiálovou recyklaci konvenčních plastů. Plasty ve formě biopolymerů totiž nejsou snadno rozlišitelné od běžných a mohou negativně ovlivňovat výsledné vlastnosti recyklovaných plastů. [15]

Na tomto místě bychom měli také zmínit, že použití výrazu „kompostovatelný“ nebo „rozložitelný“ může být pro širokou veřejnost značně matoucí. Lidé mohou považovat takto označované materiály za plně rozložitelné v přírodních podmínkách, což může vést k rozšíření fenoménu tzv. litteringu, tj. odhazování odpadků do volné přírody. [16]

Uveďme ještě jednu specifickou skupinu polymerů, která může být lehce zaměněna s rozložitelnými plasty. K omezení negativního vlivu plastů ve volné přírodě byly vyvinuty plasty takzvaně oxo-degradabilní. Jedná se o klasické syntetické polymerní materiály s přidavkem aditiv, zejména kovů, která fungují jako katalyzátory a urychlují přirozené degradační procesy materiálu. Takové polymery se rozpadají ve volné přírodě dříve než obvyčejné plasty bez přidavku oxidačních katalyzátorů, avšak konkrétní postupy a produkty tohoto rozkladu nejsou dostatečně zmapovány. Oxo-degradabilní plasty taktéž znesnadňují procesy recyklace konvenčních plastů, protože jako příměsi snižují kvalitu výsledných recyklátů. Z důvodu nedokonalého rozkladu byly tyto oxo-degradabilní plasty rovněž zakázány evropskou směrnicí (EU) 2019/904 o omezení dopadu některých plastových výrobků na životní prostředí (viz níže v kapitole 5.1.1). [16]

2.3 Energetické využití

Další možností je energetické využití. Spalování odpadů tvoří samostatnou komplikovanou problematiku, proto pro naše účely shrneme jen stručně základní skutečnosti. V našem případě může dojít přímo ke spalování plastového odpadu v zařízeních pro energetické využití odpadu (ZEVO), nebo je plastový odpad po vytržení přeměněn na certifikované TAP (tuhá alternativní paliva) o daných vlastnostech. Dalším energetickým zdrojem mohou být také produkty chemické recyklace, kterou popíšeme níže. [17]

Tuhá alternativní paliva jsou vyrobená z jiného než nebezpečného odpadu a jsou určena pro energetické využití. Na rozdíl od spalování samotného směsného komunálního odpadu

mají TAP řadu výhod, zmiňme alespoň možnosti dlouhodobého skladování, snadnou manipulaci a dopravu, také vyšší výhřevnost. [18]

Pro spalování tuhých alternativních paliv existuje více možností uspořádání, jedná se především o spalování na roštu, spalování ve fluidním kotli nebo zplyňování. Mimo tyto systémy se TAP spoluspalují v kotlích na uhlí nebo v cementárenských pecích. Výhodou využití v cementárnách jsou vysoké teploty, za kterých se účinně rozkládají organické složky, a zásadité prostředí, které pomáhá snížit kyselé plynné emise. [18]

Využití plastů pro výrobu TAP se jeví jako výhodné především pro ty druhy plastů, které zůstávají po dotřídění, poptávka po nich není tak vysoká, a především jsou ve většině případů těžce recyklovatelné. Nelze však tuto strategii snadno uplatnit pro všechny takové plasty, omezujícím faktorem v těchto technologiích může být například vysoká koncentrace chlóru (PVC). [18]

Spalování může být vcelku efektivní způsob získávání energie, avšak neslučuje se s dalším cílem EU, a to redukovat množství vypouštěného CO₂. Zároveň pokládáme za důležité pečlivě plnit požadavky na přípustné koncentrace ostatních vypouštěných znečišťujících látek vznikajících při spalování alternativních paliv.

2.4 Recyklace

Jako poslední možnost nakládání s plastovým odpadem zbývá recyklace. Jedná se o efektivní způsob znovuvyužití zdrojů. Bohužel i recyklační procesy se potýkají s řadou problémů, od znečištění (např. od jídla či lepidel z etiket) až po různorodost použitých materiálů, které nemají přesně definované složení. Dalšími faktory znesnadňujícími recyklaci jsou využití různých barviv a aditiv nebo vícevrstevné materiály. Tyto vlastnosti zajišťují atraktivitu pro zákazníka a mohou zlepšovat některé vlastnosti, avšak často znemožňují recyklaci. Technologie v současné době umožňují recyklovat plasty buďto mechanickou (fyzikální) cestou, nebo chemickou cestou.

2.4.1 Mechanická recyklace

Častější a déle využívanou je metoda mechanické recyklace, používaná především pro PET a PE. Tento postup zahrnuje mletí, praní a sušení, tepelné zpracování na granulát a následné další procesy výroby nových výrobků.

Recyklace PET je technologicky nejjednodušší a nejpoužívanější proces. Jednou z možností recyklace PET lahví je tzv. B2B (bottle-to-bottle), kdy z nápojových lahví vzniká

materiál pro výrobu nových lahví. V tomto procesu musí být vysoké nároky na čistotu vstupní suroviny. Přednostně se B2B využívá při recyklaci čirých bezbarvých lahví.

Největší množství PET (okolo 70%) je však využito pro výrobu technických textilií a vláknitých výplní např. pro čalounění v automobilech. PE folie se zpracovávají na granulát, ze kterého jsou vyráběny opět obalové folie, nikoliv však použitelné v potravinářství. Často využívaným postupem je extruze, kdy dochází pomocí tlaku a teploty k roztavení plastového granulátu a následnému vytlačení do konečného tvaru. [19;20]

Všechny tyto postupy mechanické recyklace se potýkají s problémem snižování délky řetězců původních polymerů, na které jsou výrazně závislé výsledné vlastnosti materiálu. Z toho důvodu je například v systému B2B zahrnut krok, kdy dochází ke zvyšování střední molární hmotnosti materiálu, tedy délky řetězců.

Směsi opadů po vytržení PET a PE nejsou vhodné pro klasickou mechanickou recyklaci. Pokud takové směsi pouze tavíme, nevznikají kvalitní materiály, protože nemísitelnost většiny polymerů způsobuje špatnou soudržnost výsledných materiálů.

2.4.2 Chemická recyklace

Metoda chemické recyklace se upotřebí především pro ostatní druhy plastů, které nelze snadno recyklovat mechanicky. Jedná se zejména o procesy tzv. chemolýzy, kdy dochází k rozkladu polykondenzátů účinkem nízkomolekulárních látek. Tato reakce tedy obrací směr polykondenzace zpět až ke vstupním monomerům. Lze takto získat jak monomerní, tak oligomerní produkty vhodné pro výrobu nového polymerního materiálu. Použití této metody je možné např. u PA (polyamidy), PUR (polyuretany) či PBT (polybutylentereftaláty). [19]

Pomocí chemické recyklace můžeme získat i některá paliva, např. naftu. Zde se může rozcházet terminologie legislativy EU a odborné literatury o technologiích. Technologické procesy chemické recyklace mohou totiž zahrnovat nejen zmíněnou chemolýzu, ale také pyrolýzu, krakování a jiné postupy, které dávají vzniknout palivům. Kritici chemické recyklace poukazují zejména na tyto procesy, které hrají proti oběhovému hospodářství. Evropská unie tyto technologie již řadí mezi energetické využití. [21]

Mechanická recyklace se prozatím jeví jako ekonomicky i environmentálně výhodnější. Světová aliance pro alternativy ke spalovnám (GAIA) ve svých zprávách uvádí především nevýhody chemické recyklace. Zmiňuje, že při chemické recyklaci nevznikají výhradně monomery daného polymeru, ale také poměrně velké množství dalších sloučenin. Například při chemolýze PP vznikají benzen, xylen, toluen, a polylaromatické uhlovodíky. Zároveň při rozkladu unikají již zmíněná aditiva, přidávaná do plastů pro zlepšení vlastností. Mezi

takovými se mohou vyskytovat retardéry hoření (halogenované uhlovodíky), antioxidanty (organofosfáty), změkčovadla (ftaláty). Tyto látky mají často toxické účinky a nakládání s nimi přináší řadu rizik. [22]

GAIA vypracovala také studii mapující situaci s chemickou recyklací ve Spojených státech. Závěry této práce nejsou pro chemickou recyklaci příznivé. Naprostá většina zařízení zpracovává plasty chemickou recyklací pouze pro výrobu paliv, tzv. plastic-to-fuel technologie. Tyto postupy nepřinášejí žádaný vývoj trhu k cirkulární ekonomice. Naopak takovýto způsob využití plastů nahrává výrobcům plastů z primárních zdrojů a nevede k vytvoření tlaku na materiálovou recyklaci. Navíc s sebou nutně nese další produkci oxidu uhličitého. Uvedená studie zároveň zmiňuje vliv na zdraví obyvatelstva, především pracovníků v recyklačních podnicích. Metoda chemické recyklace je však předmětem dalších výzkumů a vývoje nových technologií. [23]

Tabulka č. 3 zobrazuje různé druhy plastů a jejich míru odběru a recyklace. Nejvíce recyklovaným plastem je podle těchto údajů LDPE používaný na výrobu fólií, tašek a dalších plastových obalů. Dalšími snadno recyklovatelnými plasty jsou HDPE (např. obaly na čisticí prostředky), PP (potravinářské obaly) a PET (např. nápojové lahve). Ostatní druhy plastů (PVC, PS a smíšené) označuje za těžce recyklovatelné. Můžeme si také všimnout, že smíšených plastů se daří vytrždit velké množství, avšak míra jejich recyklace zůstává velmi malá. [24]

Plastic type	Main product categories	Recyclability	Level of collection and recycling
Polyethylene Terephthalate (PET)	Packaging material (e.g. beverage bottles) Textile applications	Easy to recycle	Packaging: high Textile applications: low
High density polyethylene (HDPE)	Packaging materials (e.g. milk, detergent and oil containers) Construction materials (e.g. pipes)	Easy to recycle	Packaging: moderate Other products: low
Polyvinyl chloride (PVC)	Packaging material (vegetable oil bottles, food wrap) Construction materials (flooring material, window frames)	Difficult to recycle	Packaging: low Other products: low
Low density polyethylene (LDPE)	Packaging material (e.g. plastic bags and film)	Easy to recycle (most recycled type of plastic)	Packaging: high
Polypropylene (PP)	Packaging material (e.g. food and other containers, PP-cups, straws, bottle caps) Automotive industry plastic parts	Easy to recycle	Packaging: moderate Other products: low
Polystyrene (PS/EPS)	Packaging material (e.g. food containers, trays, cups and protection packaging) Construction material (e.g. insulation material)	Difficult to recycle	Packaging: low Other products: low
Miscellaneous plastics	Different products (sunglasses, computer casing, nylon, compact discs, baby bottles, etc)	Difficult to recycle	Collection: high Recyclability: Very low

Tabulka č. 3: Hlavní druhy plastů a jejich míra recyklace [24]

Popsali jsme technologické možnosti nakládání s plastovými odpady. Zmínili jsme problematiku skládkování, uvedli jsme možnosti využití tuhých alternativních paliv a vysvětlili jsme existující recyklační postupy. Objasnili jsme pojmy mechanická a chemická recyklace a zmínili jejich výhody a nevýhody. V následujících kapitolách se již zaměříme na přístupy jednotlivých regionů k nakládání s těmito odpady. Bude nás zejména zajímat, jaké množství odpadů jsou jednotlivé státy schopny recyklovat a jaký podíl naopak končí na skládkách. Nevyhneme se však ani shrnutí legislativy, která upravuje možnosti nakládání s odpady a pomocí které se Evropská unie snaží přibližovat k cirkulární ekonomice. Zaměříme se na systém odpovědnosti zpětného odběru obalových materiálů (ERP), který hraje zásadní roli v mapování produkce odpadů, jejich odběru a využití.

3 RECYKLACE V ČESKÉ REPUBLICE

Tato kapitola se zaměří na Českou republiku a statistiky jejích způsobů nakládání s plastovými odpady. V případě České republiky využíváme jako zdroj informací především zprávy společnosti EKO-KOM, jakožto autorizované obalové společnosti pro zajišťování plnění povinností zpětného odběru a využití obalových materiálů. Popíšeme některé grafy, které společnost EKO-KOM poskytuje ve svých výročních zprávách a ze kterých plynou možnosti dalšího vývoje směrem k oběhovému hospodářství.

V závěru této kapitoly se pokusíme uvést některé z českých společností, které se zabývají recyklací plastů, zmíníme také možné důvody nedostatků takových firem na českém trhu.

3.1 Využití vytříděných odpadů v ČR

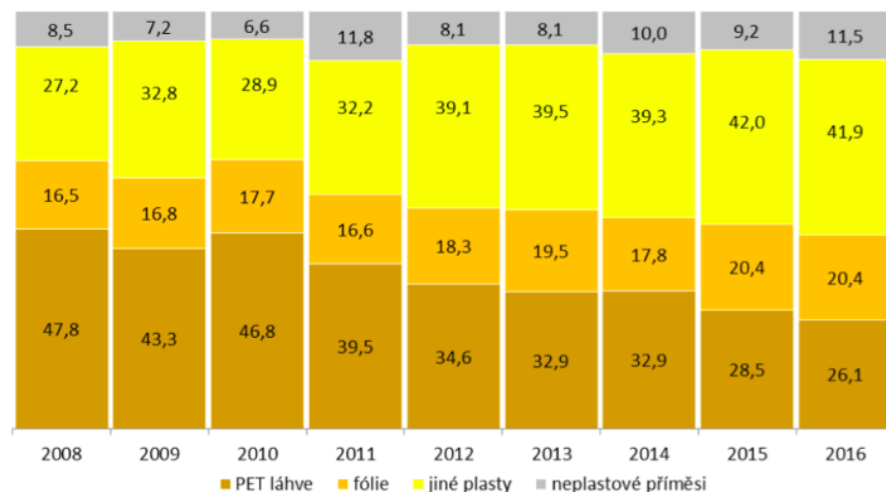
V širokém povědomí české veřejnosti zůstává informace, že je Česká republika státem s vysokou mírou recyklace. Pokusme se ověřit toto tvrzení pomocí shromážděných dat.

Pokud se soustředíme na odpady z obalů, pro Českou republiku za rok 2020 uvádí EKO-KOM 70% podíl vytříděných plastových obalů. Avšak pouze 40 % z množství spotřebitelských plastových obalů předaného k dotřídění bylo dále zpracováno. Pro srovnání zmiňme, že nad 96 % obalových odpadů z kovu, skla, papíru a nápojových kartonů bylo dotříděno a předáno k recyklaci. Celková účinnost dotřídění plastů byla pouze 28 % v roce 2020. [26]

Společnost EKO-KOM ve vyhodnocení roku 2020 také popisuje problematiku celého procesu. Nízkou míru dotřídění a využití plastových odpadů způsobuje především velká rozmanitost v druzích použitých plastů.

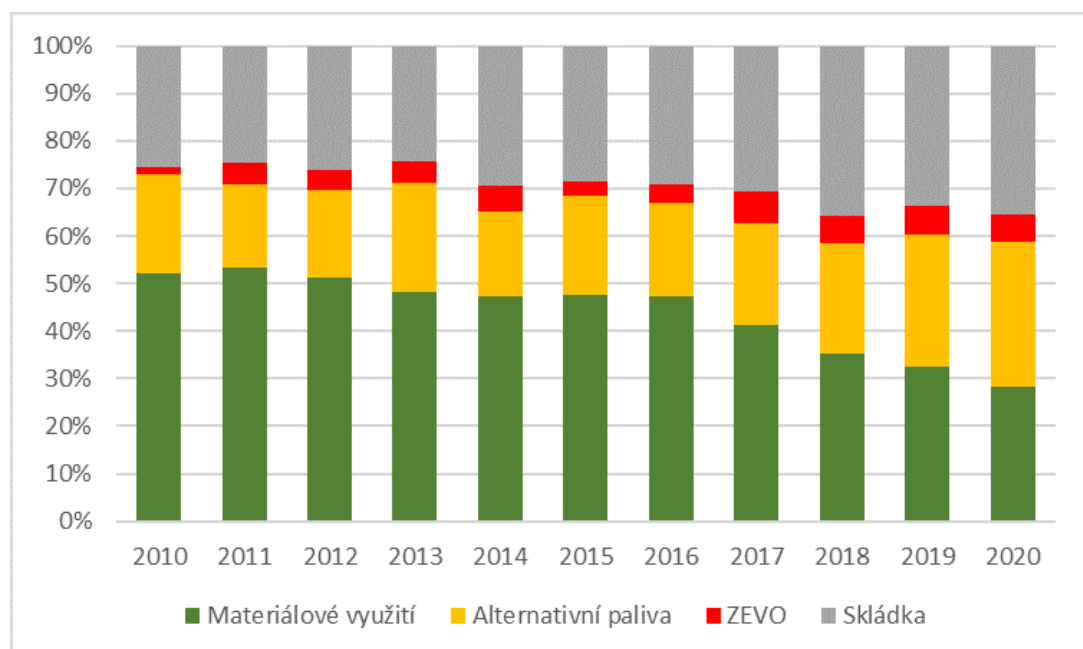
Obrázek č. 4 znázorňuje vývoj složení tříděného plastu od roku 2008 do roku 2016. Je zde patrný pozvolný pokles množství PET a navyšování množství jiných druhů plastů. Oproti roku 2008, kdy podíl PET v odpadových nádobách činil 47,8 %, klesnul tento do roku 2016 až na 26,1 %. U fólií došlo k mírnému nárůstu z 16,5 % na 20,4 %. Podíl ostatních druhů plastů narostl v roce 2016 až na 41,9 %. Zmiňme také fakt, že neplastové příměsi v odpadových nádobách zaujímají stále přibližně stejnou část, tj. okolo 10 %. [17]

V České republice, stejně jako jinde v Evropě, se recyklují nejvíce PET lahve. Tyto jsou rozdrceny na PET vločky nebo regranulát, který se použije pro výrobu nových PET lahví či PET vláken. Nejčastěji se u nás vyrábí PET vlákna do aut a PET pásy. Po jiných druzích plastů není poptávka, proto se příliš často nerecyklují. [17]



Obrázek č. 4: Vývoj skladby tříděného plastu v procentech 2008-2016 [17]

Obrázek č. 5 ukazuje klesající tendenci v materiálovém využití plastových odpadů v České republice. Nejvyšší míry materiálového využití plastových odpadů dosáhla Česká republika v roce 2011. Od tohoto roku dochází ke snižování. Poslední data z roku 2020 uvádí jen necelých 30 %. Navzdory stanoveným cílům dochází ke zvyšování míry skládkování, která dosáhla v roce 2020 přes 35 %. Zároveň se výrazně navýšilo procento využití plastových odpadů jakožto suroviny pro výrobu tuhých alternativních paliv. [12]

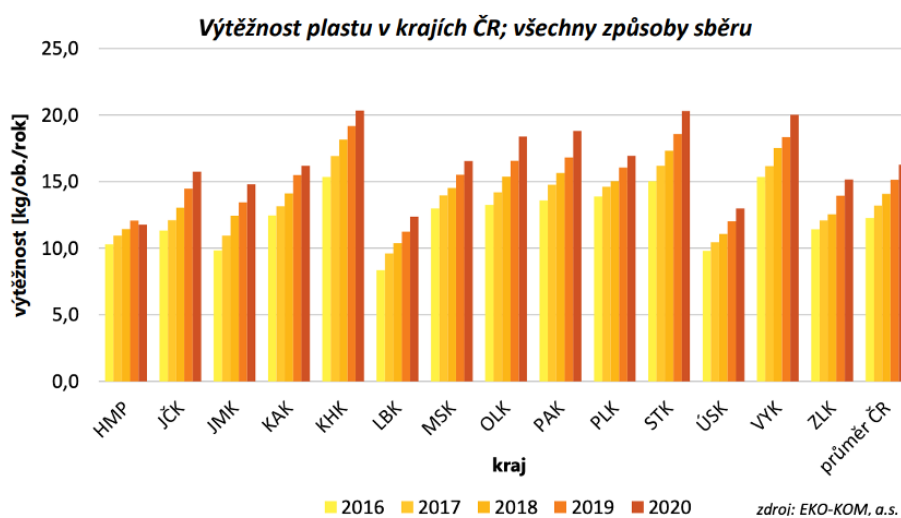


Obrázek č. 5: Účinnost procesu dotřídění plastových komunálních odpadů [12]

EKO-KOM uvádí jako příčiny popsaného trendu následující faktory. Původní propad byl způsoben poklesem poptávky po vytrízených plastech způsobený omezením dovozu odpadů do Číny. Současné navíc zůstává stále výrazně výhodnější vyrábět plasty z

primárních zdrojů. Po druhotné plastové surovině není dostatečná poptávka. Tento ekonomický problém mají vyřešit dotace pro zpracovatele některých druhů plastů, které nemají na trhu odbyt (viz níže). [12]

Nemálo významnou roli hraje i výroba certifikovaných tuhých alternativních paliv (tzv. TAP), od které se v poslední době EU odvrací k materiálovému využití plastových odpadů, a to zejména v souvislosti se snižováním emisí CO₂. V roce 2020 ovlivnila proces recyklace také pandemie COVIDU-19 a související útlum průmyslu. [12]



Obrázek č. 6: Výtěžnost plastu v krajích ČR v letech 2016-2020 [10]

Pozitivně vnímáme fakt, že množství vytrízeného plastového odpadu v České republice postupně stoupá. Dokládá to Obrázek č. 6 se znázorněním všech krajů ČR. Pro rok 2016 uvádí EKO-KOM výtěžnost plastu v průměru přibližně 25 kilogramů na osobu za rok. Toto číslo do roku 2020 stoupl téměř o dalších 10 kilogramů. Tento trend je způsoben především rozšířením povědomí o nutnosti třídění, snižováním docházkové vzdálenosti ke třídícím nádobám, ale také např. zvyšováním poplatků za odvoz odpadů. Přestože růst množství plastového vytrízeného odpadu můžeme považovat za pozitivní posun, tento odpad zatím není příliš efektivně využíván. [12]

Česká republika v současné době nevyužívá systém zálohovaných plastových obalů, který je využíván pro PET lahve například v Německu či Dánsku. V 90. letech minulého století byly PET lahve zálohovány i v České republice, ale nakonec byl tento systém zrušen. Po roce 2000 probíhaly snahy o znovuzavedení zálohovacího systému, avšak nikdy nebyly zrealizovány. V současné době probíhají testovací projekty k opětovnému zavedení zálohování PET lahví, aktivní je v tomto ohledu například společnost Mattoni. Takový

system má ale řadu odpůrců, kteří se opírají především o data EKO-KOMU uvádějící, že až 82 % PET lahví se vrátí od odběratelů zpět pomocí žlutých třídících nádob. Podle těchto kritiků, v čele s Českou asociací odpadového hospodářství, tedy není nutné zavádět další nákladná opatření. Důvody pro zavedení zálohovacího systému jsou především další motivace pro odběratele ke třídění a čistota takto odebraného odpadu, která je důležitá při dalším zpracování, a to zejména pro již popsanou technologii bottle-to-bottle. [27]

3.2 Zákon o odpadech

Jak jsme již zmínili v kapitole 2.1, v následujících letech bude v České republice docházet ke značnému zdražování skládkování v důsledku implementace směrnic Evropské unie z tzv. balíčku oběhového hospodářství do české legislativy. V roce 2020 byl přijat nový zákon o odpadech (Zákon č. 541/2020 Sb.), který je účinný od 1. ledna roku 2021. [28;29]

Tento nový zákon o odpadech přináší několik výrazných změn. Jednou z nich je zvýšení poplatku za ukládání odpadu na skládku u všech kategorií odpadů. Poplatek bude od roku 2021 pravidelně navyšován až do roku 2030. Od roku 2030 bude platit zákaz skládkování využitelného odpadu. Využitelným odpadem se rozumí odpady o stanovené výhřevnosti, odpady překračující limitní hodnotu parametru biologické stability a recyklovatelné odpady. [28]

Další podstatné změny v novém zákoně se týkají obcí a jejich povinností. Obce musí určit místa pro oddělené soustředování recyklovatelných složek komunálního odpadu a taktéž musí zajistit, aby vytrízené množství odpadu bylo co nejvyšší. Pro roky 2025 – 2029 je stanoven limit na 60 % vytrízeného odpadu z celkového množství komunálního odpadu, pro roky 2030 -2034 je to 65 % a od roku 2035 alespoň 70 %. V současné době to pro obce znamená zaměřit se především na samostatný sběr biologického odpadu. [28]

S novým zákonem se mění rovněž pravidla pro poplatky za komunální odpad. Nově jsou tyto ukotveny v zákoně o místních poplatcích (Zákon č. 565/1990 Sb.). Zákon stanovuje dvě možnosti místních poplatků, ze kterých si obec musí jeden vybrat. Jedná se o poplatek za obecní systém odpadového hospodářství nebo poplatek za odkládání komunálního odpadu z nemovité věci. [30]

3.3 Český trh s plastovým odpadem

Již jsme se zmínili, že po odložení odpadu do třídících nádob je tento převezen k dotřídění a následně zpracováván, případně odvážen na skládku. Existuje tedy celý řetězec společností, které se zapojují do procesu likvidace. V první řadě jsou to přepravci a svozové

firmy zajišťující pravidelný odvoz vyprodukovaného odpadu. Následují úpravci, kteří se starají o dotřídování a slisování jednotlivých druhů a barev podle požadavků zpracovatelů. Zpracovatelé jsou konečným článkem, který z vytrízených materiálů vyrábí regranuláty a drtě a následně nové výrobky.

Společnosti v České republice, které se zabývají recyklací, se především soustředí na technologický odpad a průmyslový odpad, tj. odpad vznikající při výrobě (Remiva, s.r.o., Remaq, s.r.o. a mnoho dalších). Tento má často definované složení a poměrně velkou čistotu a jeho zpracování není tak náročné jako v případě domovního plastového odpadu.

Firmy zpracovávající domovní odpad často začínají už u samotné úpravy a dotřídování, takto mají snadnou a spolehlivou kontrolu nad kvalitou vstupní suroviny. Pro příklad uvedeme společnosti Puruplast, a.s. nebo Transform a.s. Lázně Bohdaneč. Jiné společnosti odebírají až zpracovaný regranulát, který použijí při výrobě hotových produktů (např. Stabilplastik spol. s.r.o.). V této oblasti se výrobci setkávají s problematikou dostupnosti, kdy potřebného regranulátu není na českém trhu dostatečná nabídka a jsou proto nuceni dovážet ho ze zahraničí, především z Německa. [31]

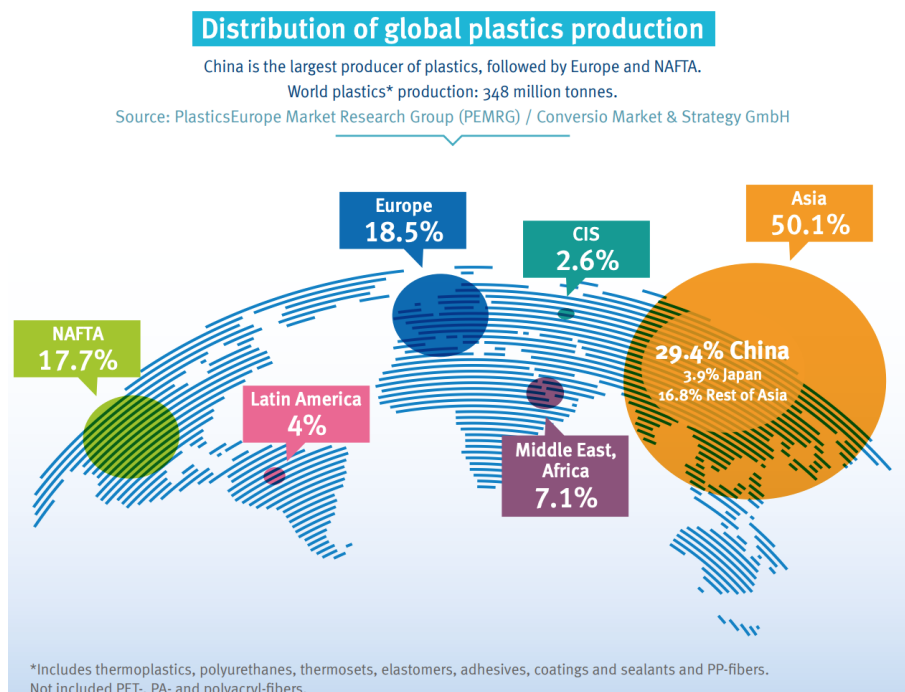
Již jsme zmínili, že je často finančně výhodnější vyrábět nové plastové výrobky z primárních surovin než z druhotné suroviny z odpadů. Tento fakt brání v dosažení stanovených cílů EU v recyklaci odpadů (viz níže). Z tohoto důvodu autorizovaná obalová společnost EKO-KOM zavedla od roku 2021 finanční podporu pro úpravu a zpracování některých druhů plastů, které nemají na trhu prodejní hodnotu, to jsou zejména směsné plasty a barevné fólie. [32]

V této kapitole jsme se pokusili popsat prostředí plastových odpadů v České republice. Zjišťujeme, že obsah odpadových nádob na plasty zdaleka nejsou jen PET lahve. Na několika grafech jsme ukázali, že ačkoliv mohou být Češi dávání za příklad ve třídění odpadů, samotná recyklace a materiálové zpracování má ještě velký prostor pro růst. Zmínili jsme rovněž novou legislativní úpravu o odpadech. V závěru připomínáme finanční a jiné obtíže, se kterými se potýkají společnosti pohybující se v tomto oboru. Následující kapitoly budou srovnávat situace v ČR a v ostatních státech nejen Evropské unie.

4 SITUACE VE SVĚTĚ

Tato kapitola se zaměří na problematiku plastových obalů v globálním měřítku. Zmíníme data o produkci a recyklaci plastů, zaměříme se na situace a legislativní úpravy ve vybraných regionech. Pomocí shromážděných informací se pak budeme moci podívat na Evropu ve světovém kontextu.

Začněme nejprve uvedením některých dat, které pomohou dokreslit šíři probírané problematiky. Suroviny pro výrobu plastů jsou z 99 % založené na fosilních zdrojích. Produkce plastů využívá přibližně 8 – 9 % světové spotřeby ropy, přičemž polovina z tohoto množství je využívána jako zdroj energie při výrobě plastů a polovina jako samotná surovina. [34] V roce 2018 vyprodukoval průmysl Evropské unie 18 % veškerých vyrobených plastů na světě, viz Obrázek č. 7. [24] Největším producentem plastových výrobků v rámci EU je Německo s podílem na celkovém evropském trhu 37 %, následuje Francie se 17% a Itálie s 11%. Jak už bylo zmíněno, největší množství plastových odpadů spotřebují obalové materiály, tj. asi 40 % evropské spotřeby plastů. Výroba biodegradabilních plastů zaujímala v roce 2017 jen 1 % z celkové produkce plastových materiálů. [24;35;34]



Obrázek č. 7 Světová produkce plastů [36]

Plastové odpady jsou stále velmi málo využívanou surovinou, v porovnání s papírem či sklem zůstává procento jeho recyklace podstatně nižší. V Evropské unii je pouze asi 30 %

plastových odpadů vytrženo, část z toho je odvážena ke zpracování mimo EU. Velkým impulzem k diskusi nad touto problematikou a k dalšímu jednání bylo zastavení importu plastových odpadů do Číny v roce 2018. Čína hrála roli největšího světového zpracovatele a importéra odpadů na světě, nyní se s tímto opadem musí vypořádat Evropa jinak.

Na tomto místě ještě uveďme, že probíhající pandemie onemocnění COVID-19 měla značný vliv jak na produkci, tak na míru recyklace. Pochopitelné nároky na hygienickou kvalitu a bezpečnost vedly ke zvýšení používání jednorázových plastů. Zároveň byly pozastaveny či odloženy některé projekty nebo legislativní úpravy regulující jednorázové plasty. V neposlední řadě pak útlum průmyslu vedl k nižším mírám recyklace. Z uvedeného je zřejmé, že probíraná problematika nemá jednoduché řešení a faktory, které ovlivňují současný stav mohou být velmi různé. [37]

4.1 Nástroje a legislativa ve světě

Hlavními nástroji států a organizací na celém světě v boji s plastovým odpadem jsou různé zákazy, nařízení a poplatky dotýkající se především výrobců plastových výrobků.

4.1.1 Afrika

Podívejme se nejprve na některé africké státy, kterých se situace s plastovým odpadem v mořích a na pobřežích velmi citelně dotýká. Tyto země jdou často cestou striktních zákazů plastových tašek a jednorázových plastových výrobků. Nežrádka v těchto zemích platí zákaz importu takovýchto odpadů. Například Keňa zakázala jednorázové plastové tašky, ve Rwandě platí zákaz výroby a dovozu jednorázových plastových tašek a dalších výrobků. Za porušení těchto zákonů hrozí v některých státech západní Afriky vysoké pokuty, někdy až vězení. [38]

Sociální a ekonomická situace v těchto zemích však ani zdaleka neumožňuje dodržování tak přísných zákonů. Místní lidé například používají místo toalet plastové tašky, které po naplnění jednoduše odhodí do krajiny. Tento fenomén je označován jako „flying toilet“ a setkáváme se s ním především v hustě obydlených slumech. Samotné státy s málo vyvinutou infrastrukturou v podstatě nedisponují odpadovým hospodářstvím, nemají ani mechanismy a dostatek prostředků na vymáhání zákonů. [38;39]

4.1.2 Latinská Amerika

Státy latinské Ameriky, zahrnující Mexiko, Kolumbii, Ekvádor, Peru a Chile, vykazují méně než 5 % materiálového využití veškerých odpadů. V těchto zemích zůstávají problémem také otevřené skládky a samotný sběr a třídění odpadů. Země tohoto regionu ve své legislativě používají poplatky za jednorázové plastové tašky a další jednorázové výrobky, současně využívají princip rozšířené odpovědnosti výrobce (ERP, viz níže). Ekvádor například využívá systém zálohovaných PET lahví. [40]

4.1.3 Nepál

Problém plastových tašek intenzivně řeší další země světa. Nepál se touto problematikou zabývá ve své legislativě už od roku 2015. V tomto regionu jsou nejtěživějším problémem tenké sáčky využívané na trzích, které však po jednom použití končí ve volné přírodě, zejména v řekách. Legislativa proto zakazuje výrobu plastových tašek s tloušťkou menší než 40 mikronů, dodržování a kontrola tohoto zákona jsou však minimální. [41]

4.1.4 Kanada

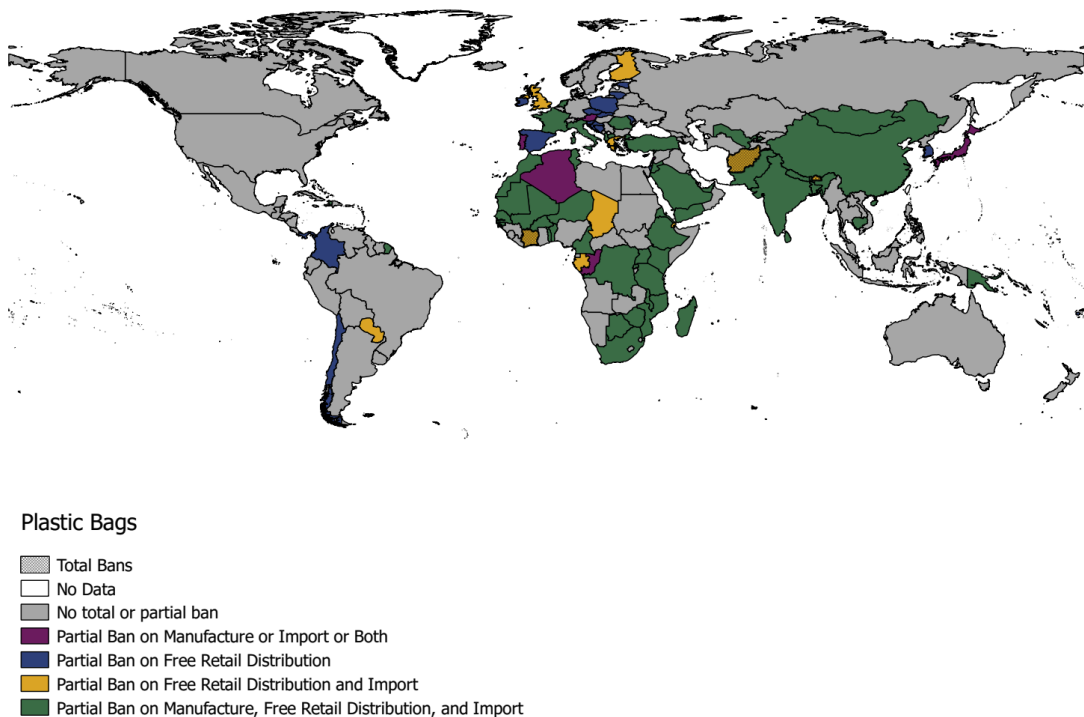
Změřme se nyní na vyspělejší státy. Kanada uvádí se, že jedna třetina jejich komunálního odpadu jsou potravinové obaly. Z tohoto objemu je pouze 20 % recyklováno. Ačkoliv Kanada využívá ERP (viz níže v kapitole 5.1.2), není tento systém po celém státě sjednocen. V různých provinciích se uplatňují různé hierarchie a postupy v odpadovém hospodářství, což vede k defragmentaci sektoru a nedostatku recyklačních kapacit. Kanada byla také jedna ze zemí, která znatelně pocítila zákaz importu odpadů do Číny. Jako jedna ze zemí G7 se zavázala aktivně řešit problematiku plastových odpadů. [42]

4.1.5 Austrálie

Některé regiony v Austrálii začaly legislativně řešit problematiku jednorázových plastových obalů už v roce 2010. Ve většině státech Austrálie je v současnosti zakázáno poskytovat konečným spotřebitelům jednorázové plastové tašky o tloušťce menší než 35 mikronů s výjimkou biologicky rozložitelných. Analýza účinnosti tohoto opatření však ukazuje, že snížení spotřeby jednorázových tašek není v takové míře, jak se očekávalo. Spotřebitelé snadno přešli k využívání jiných plastových tašek, nedošlo tedy k výrazné změně jejich návyků a snížení množství plastových odpadů. [43]

Evropské státy prozatím příliš nevyužívají přísné legislativní prostředky, spíše se zaměřují na zajištění dostatečné sítě pro odběr odpadů. S velkou pravděpodobností ale bude i zákazů v EU přibývat, viz například zákaz výroby jednorázového nádobí, o kterém se zmíníme níže. Tyto nástroje pro změnu spotřebitelského chování však mají svá úskalí, je třeba navrhnout způsob vymáhání těchto právních úprav a taktéž nabídnout alternativy vhodné jak pro výrobce, tak spotřebitele. [38;7]

Obrázek č. 8 ukazuje mapu světa s vyznačenými zeměmi podle jejich legislativních prostředků upravující výrobu a použití plastových tašek.



Obrázek č. 8: Legislativa pro plastové tašky v zemích světa [37]

5 STRATEGIE EVROPSKÉHO SPOLEČENSTVÍ

Tato kapitola představuje nejvýznamnější část probírané problematiky. Budeme se snažit popsat grafy znázorňující situace v jednotlivých státech Evropské unie, pokusíme se srovnávat a hledat spojitosti. Uvedeme si i úskalí a nepřesnosti uvedených statistik. Na prvním místě však musíme zmínit legislativní rámec EU, ze kterého vyplývá směřování států a jejich postupy v této oblasti. Naším úkolem bude také vysvětlit systém rozšíření odpovědnosti výrobců používaný v Evropské unii i jinde ve světě. Zastavíme se také u Zelené dohody, která vyvolává dlouhé diskuze nejen v rámci Evropské unie.

5.1 Legislativní úprava a cíle EU

Zaměříme se nyní na legislativní úpravy v rámci Evropské unie. Popíšeme si balíček oběhového hospodářství a rozvedeme princip fungování rozšířené odpovědnosti výrobců. Snahy Evropské unie vedou ke zvýšení podílu recyklace plastů a přiblížení se tzv. cirkulární ekonomice. Toto směřování je součástí strategie Evropa 2020, která zahrnuje iniciativu pro účinné využívání zdrojů a udržitelný růst. Vypracovaný plán v této souvislosti nastiňuje změny, ať už technologické či strukturální, které je třeba uvést do praxe do roku 2050. Pro ujasnění popíšeme, co zmíněná cirkulární ekonomika znamená.

Současná společnost využívá tzv. lineární ekonomiky skládající se z řetězce těžba – výroba – využití – odpad. Cirkulární ekonomika, jinak také oběhové hospodářství, představuje nový přístup k využívání zdrojů. Materiály udržuje co nejdéle v oběhu, výrobky opravuje a po dosloužení z nich získá suroviny, které znovu využije k výrobě nových produktů. [25]

5.1.1 Balíček oběhového hospodářství

Balíček opatření EU týkajících se oběhového hospodářství z roku 2018 zahrnuje čtyři směrnice přijaté v květnu 2018 a to:

- Směrnice č. 2018/849, kterou se mění směrnice 2000/53/ES o vozidlech s ukončenou životností, 2006/66/ES o bateriích a akumulátorech a odpadních bateriích a akumulátorech a 2012/19/EU o odpadních elektrických a elektronických zařízeních;
- Směrnice č. 2018/850, kterou se mění směrnice 1999/31/ES o skládkách odpadů;
- Směrnice č. 2018/851, kterou se mění směrnice 2008/98/ES o odpadech;

- Směrnice č. 2018/852, kterou se mění směrnice 94/62/ES o obalech a obalových odpadech

Tyto směrnice obsahují následující klíčové prvky (citováno z dokumentu Evropského parlamentu o účinném využívání zdrojů a oběhovém hospodářství [33]):

- „společný cíl EU recyklovat 65 % komunálního odpadu do roku 2035 (55 % do roku 2025 a 60 % do roku 2030),
- společný cíl EU recyklovat 70 % obalových odpadů do roku 2030,
- závazný cíl snížení skládkování na max. 10 % komunálního odpadu do roku 2035,
- zákaz skládkování tříděného odpadu, což vyžaduje oddělený sběr biologického odpadu do roku 2023 a u textilu a nebezpečného odpadu z domácností do roku 2025,
- podpora ekonomických nástrojů odrazujících od ukládání na skládky,
- zjednodušené a zlepšené definice a harmonizované metody výpočtu míry recyklace v celé EU,
- konkrétní opatření na podporu opětovného použití a stimulace průmyslové symbiózy – vedlejší produkt jednoho odvětví se použije jako surovina jiného odvětví,
- povinné rozšířené systémy odpovědnosti výrobce, aby výrobci uváděli na trh ekologičtější výrobky a podporovali systémy využití a recyklace (např. u obalů, baterií, elektrických a elektronických zařízení).“

Na začátku roku 2018 Evropská Komise zveřejnila sdělení, které určuje strategii pro plasty v oběhovém hospodářství. V tomto dokumentu navrhuje, aby byly veškeré plastové obaly na trhu recyklovatelné nebo opakovaně použitelné do roku 2030. V návaznosti na toto byla přijata Směrnice (EU) 2019/904 o omezení dopadu některých plastových výrobků na životní prostředí, která vymezuje výrobky, které budou zakázány v EU, tj. plastové příbory a talíře, slámky, nádoby na potraviny a nápoje vyrobené z expandovaného polystyrenu a vatové tyčinky. Zároveň stanovuje závazný cíl pro podíl recyklovaného plastu v PET lahvích alespoň 25 %. [33]

Na zavedení této směrnice do vlastních zákonů měly členské státy čas do července 2021. I když tato legislativní úprava podněcovala rozsáhlé diskuse, podle mnohých stále zůstává velký prostor pro další omezování výroby některých plastových produktů. Předmětem těchto

můžou být například vícevrstvé potravinářské obaly, které jsou velmi těžce recyklovatelné. [38]

V rámci Zelené dohody pro Evropu (tzv. Green deal) byl v březnu v roce 2020 zveřejněn nový akční plán pro oběhové hospodářství. Tento se zaměřuje na celý životní cyklus výrobků, na jejich design a udržitelnost spotřeby materiálů. V souvislosti s touto Zelenou dohodou probíhají další debaty nejen o vypouštění skleníkových plynů, ale i o budoucích omezeních, cílech a plánech v rámci cirkulární ekonomiky, udržitelného rozvoje a snižování celkového dopadu lidské činnosti na životní prostředí. [33]

5.1.2 Rozšířená odpovědnost výrobců

Koncept rozšířené odpovědnosti výrobců byl poprvé uveden v devadesátých letech minulého století ve Švédsku Thomasem Lindhqvistem. Záměrem bylo vytvořit tlak na výrobce zahrnout do svých nákladů finance spojené s likvidací produkovaných výrobků. [24]

V současné době Směrnice EU č. 94/62/ES o obalech a obalových odpadech stanovuje povinnost firem, které uvádí na trh balené zboží, zajistit zpětný odběr a využití odpadů z obalů, jedná se o takzvanou rozšířenou odpovědnost výrobců (ERP – Extended Producer Responsibility).

Princip rozšířené odpovědnosti výrobců je považován za jeden z nejúčinnějších nástrojů pro odpadové hospodářství. Výrobce takto přebírá zodpovědnost za svůj výrobek v rámci celého jeho životního cyklu, který nekončí prodejem výrobku. ERP cílí na to, aby výrobci již při návrhu nových produktů mysleli na vlastnosti použitých materiálů a jejich osudy po skončení životnosti výrobku. Evropská komise považuje ERP za základní prostředek při směřování k cirkulární ekonomice. Poukazuje na úspěšnost tohoto opatření pro obalové materiály a elektrická zařízení. [24]

Princip ERP však s sebou nese i určité slabiny. Jednotlivé členské státy EU mohou využít různé legislativní nástroje pro realizaci tohoto opatření. V rámci EU není jednota v postupech a poplatcích, různí se také způsoby shromažďování dat. Zároveň se poukazuje na možnosti dalšího vývoje, který ERP umožňuje. Není vyloučeno, že tato povinnost bude dále rozšířena pro další výrobky, jako jsou nábytek, zemědělské plasty, farmaceutické obaly a podobně. Diskuse probíhají také v souvislosti se zálohovacím systémem, kdy konečný spotřebitel po odevzdání obalu k recyklaci dostává zpět zaplacenou zálohu na obal. Tento systém zpětného odběru se jeví jako vysoce efektivní nejen z hlediska množství odebraného

odpadu, ale také z důvodu druhové jednoty odebraných materiálů a možnosti recyklace způsobem bottle-to-bottle, který jsme popsali výše. Takovýto postup představuje jednu z cest, kterou bychom se mohli přiblížit k cirkulárnímu hospodaření. [24]

V návaznosti na ERP vzniknul tzv. systém Zeleného bodu. Existují neziskové společnosti, které pro firmy zajišťují zpětný odběr obalových odpadů za úplatu a následně tyto finance využívají na samotný sběr a náležité zpracování odpadů. Pro lepší efektivitu a zlepšení kvality služeb se tyto systémy Zeleného bodu sdružují do mezinárodních organizací. Jedná se například o organizace EXPRA či PRO-EUROPE. EXPRA byla založena v roce 2013 a sdružuje nejen evropské země. Jejím cílem je poskytovat potřebné znalosti a předávat zkušenosti z oboru sběru a třídění odpadů. Organizace PRO-EUROPE zahrnuje výhradně evropské státy a vyvíjí a kontroluje pravidla pro udílení ochranné známky „Zelený bod“. [44]

Pro Českou republiku zajišťuje povinnosti zpětného odběru jediná autorizovaná obalová společnost a to EKO-KOM, a.s., o které jsme se již zmiňovali. Tato byla založena v roce 1997 a v roce 2000 jí byla udělena licence k užívání známky Zelený bod. Její historický vývoj šel ruku v ruce s vývojem české legislativy. V roce 2002 nabyl účinnosti zákon č. 477/2001 o obalech, který již stanovoval určité povinnosti při nakládání s odpady z obalových materiálů. V tomto roce se EKO-KOM stal autorizovanou obalovou společností. V roce 2012 byly stanoveny nové požadavky na hustotu sběrné sítě a také vyšší cíle pro využití odpadů. V neposlední řadě se také zvýšily nároky na společnost EKO-KOM v souvislosti se zajištěním environmentální výchovy školní mládeže. Společnost EKO-KOM financuje taktéž odměny pro úpravce druhotných surovin (např. dotřídňovací linky), u kterých dochází v posledních letech ke zvyšování v návaznosti na recyklační cíle Evropské unie. [45]

5.1.3 Obalové materiály pro potraviny

Jako oddělenou problematiku můžeme vnímat recyklované obalové materiály používané pro potraviny. Z důvodu zájmu o zdraví obyvatel věnujeme těmto postupům samostatnou podkapitolu. Nejprve musíme zmínit, že díky využití plastových obalů v potravinářství se daří snižovat množství potravinového odpadu, zároveň nám umožňuje udržovat vysokou hygienickou kvalitu potravinářských výrobků a prodlužovat expirační dobu. Menší množství potravinových odpadů může zároveň znamenat menší potřebu

produkce. Malá hmotnost a objem plastových obalů s sebou nese také nízké náklady na přepravu, manipulace s takovými výrobky je velmi snadná.

Obalové materiály používané v potravinářství v současné době však nemají jednotné složení. Často se jedná o vícevrstevné materiály s různými plastovými vrstvami, které zajišťují zejména bariérové vlastnosti obalů, tj. znemožnění přístupu kyslíku, vody, prachu, patogenů apod. Díky tomu, že se používají velmi tenké vrstvy, náklady na výrobu takových obalů z primárních surovin nejsou nijak vysoké. Takovéto složení však znemožňuje snadnou recyklaci a využití odpadů z obalů.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 2004/1935 o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami ukládá použití schválených materiálů pro účely potravinářství. Použití recyklovaných materiálů je upraveno v Nařízení Komise č. 282/2008 o materiálech a předmětech z recyklovaných plastů určených pro styk s potravinami. Toto nařízení uvádí, že je nezbytné používat při recyklaci, která vede k výrobě materiálů pro potravinářské účely, pouze materiály splňující požadavky uvedeného nařízení Evropského parlamentu a Rady. Je tedy nutné pečlivé dotřídění plastových odpadů před samotnou recyklací. Celý proces výroby musí být posouzen s ohledem na bezpečnost. Je zde kladen důraz na nepřítomnost kontaminujících látek, a to jak látek přímo znečišťujících, tak prostředků používaných k odstranění těchto nečistot. Toho má být dosaženo zejména uzavřenou recyklační smyčkou.

Ačkoliv EU disponuje legislativním základem pro použití recyklovaných materiálů v potravinářství, skutečná výroba takovýchto recyklovaných obalů je téměř nulová. Výroba musí být autorizovaná, aby byly dodržovány požadavky na bezpečnost. Evropský úřad pro ochranu potravin (EFSA), který schvaluje tyto postupy, prozatím dal toto oprávnění pouze materiálům rPET. To v praxi znamená použití téměř pouze pro popsanou recyklaci bottle-to-bottle. Ačkoliv jsou tedy pro potravinářství velmi často používány materiály snadno recyklovatelné, míra jejich skutečné recyklace zůstává nízká i v návaznosti na uvedené skutečnosti.

Obavy panují zejména z výskytu chemických sloučenin, které plasty absorbují po jejich použití a odevzdání do odběrných nádob. Dochází zde ke kontaktu s jinými materiály, které mohou být znečištěny velmi pestrou škálou kontaminant. Výsledný recyklovaný materiál může obsahovat tyto znečišťující přísady, u kterých existuje riziko přenosu do potravin. Jak už bylo uvedeno, nemůžeme vyloučit případnou toxicitu kontaminant.

Použití recyklovaných plastů pro potravinářské účely zůstává v praxi stále spíše teorií především z důvodu komplikované autorizace výroby a výsledných produktů. Tento problematický a zdoluhavý proces schvalování s nejistým výsledkem ve velké míře odrazuje případné investory do této oblasti a míra skepse na trhu zůstává vysoká. [7]

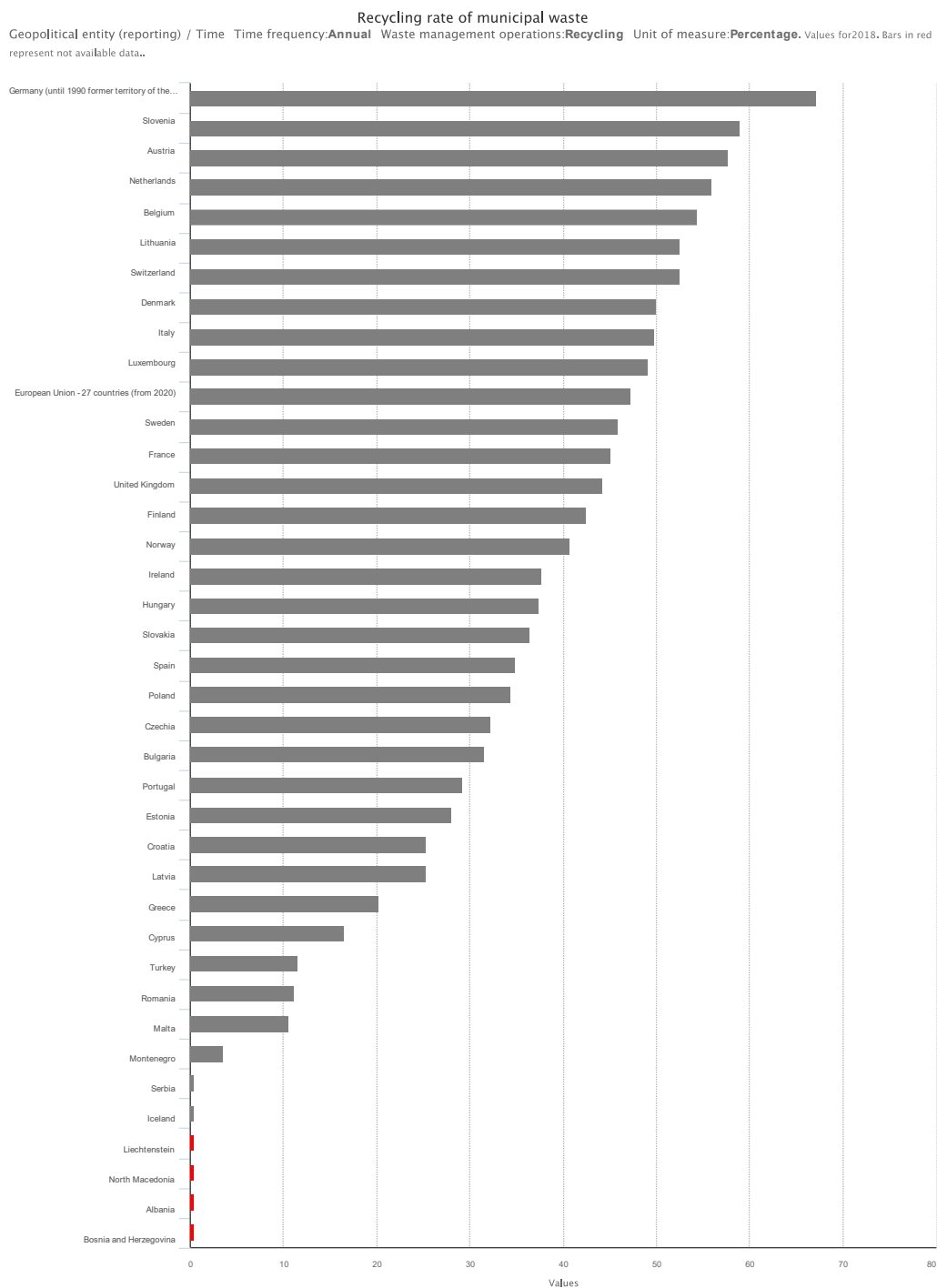
5.2 Statistiky a data

Nyní se zaměříme na čísla z jednotlivých států EU. K nalezení dat v této problematice je možné využít vědecké články, výroční zprávy členů Zeleného bodu, propagační materiály orgánů EU nebo webovou stránku Eurostatu, tj. Statistického úřadu Evropské unie (<https://ec.europa.eu/eurostat/data/>) poskytující statistiky o různých tématech v závislosti na regionu, čase apod. Eurostat využívá data shromážděná v jednotlivých letech od členských států Evropské unie. Kvalitu těchto dat tedy ovlivňuje daná legislativní úprava stanovující způsoby vykazování dat a také metodika výpočtů samotných orgánů dotčených států.

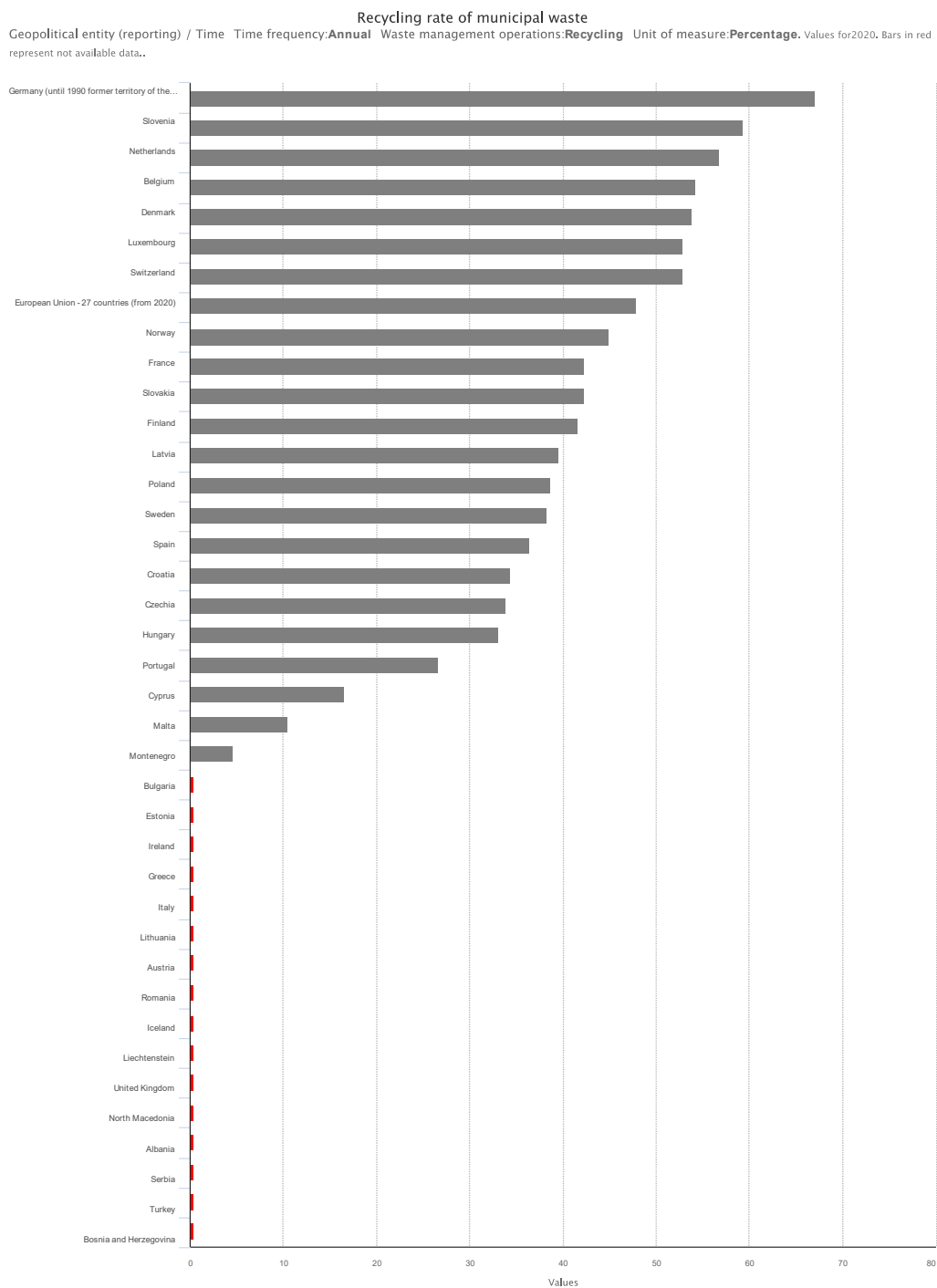
V této práci využijeme všechny uvedené zdroje, v některých případech však bude nutné uvést omezení a zavádějící výsledky vzniklé odlišným způsobem vykazování a zpracování dat. Všechny výsledky je nutné zahrnout do širšího evropského a světového kontextu a poroto porovnávání jednotlivých statistik bude možné jen v omezené míře.

5.2.1 Podíly recyklovaných odpadů

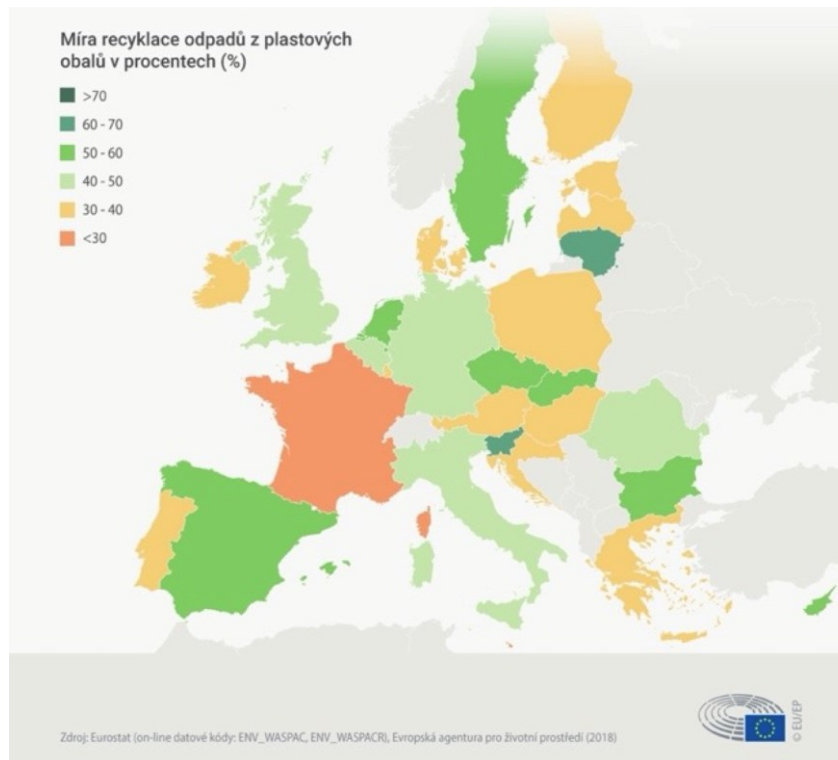
Graf č. 2 a Graf č. 3 podle dat Eurostatu uvádějí podíl recyklace celkového komunálního odpadu v zemích EU v letech 2018 a 2020. Recyklací se zde rozumí materiálová recyklace, kompostování a anaerobní vyhnívání. Z těchto grafů můžeme vyčíst evropský průměr recyklačního zpracování odpadu se zvýšil ze 47,2 % na 47,8 %, nejedná se tedy o strmý nárůst. Jedničkami v recyklaci jsou podle těchto dat Německo, Slovinsko a Nizozemí. [46]



Graf č. 2: Podíl recyklovaného komunálního odpadu v jednotlivých zemích v roce 2018 [46]



Graf č. 3: Podíl recyklovaného komunálního odpadu v jednotlivých zemích v roce 2020 [46]

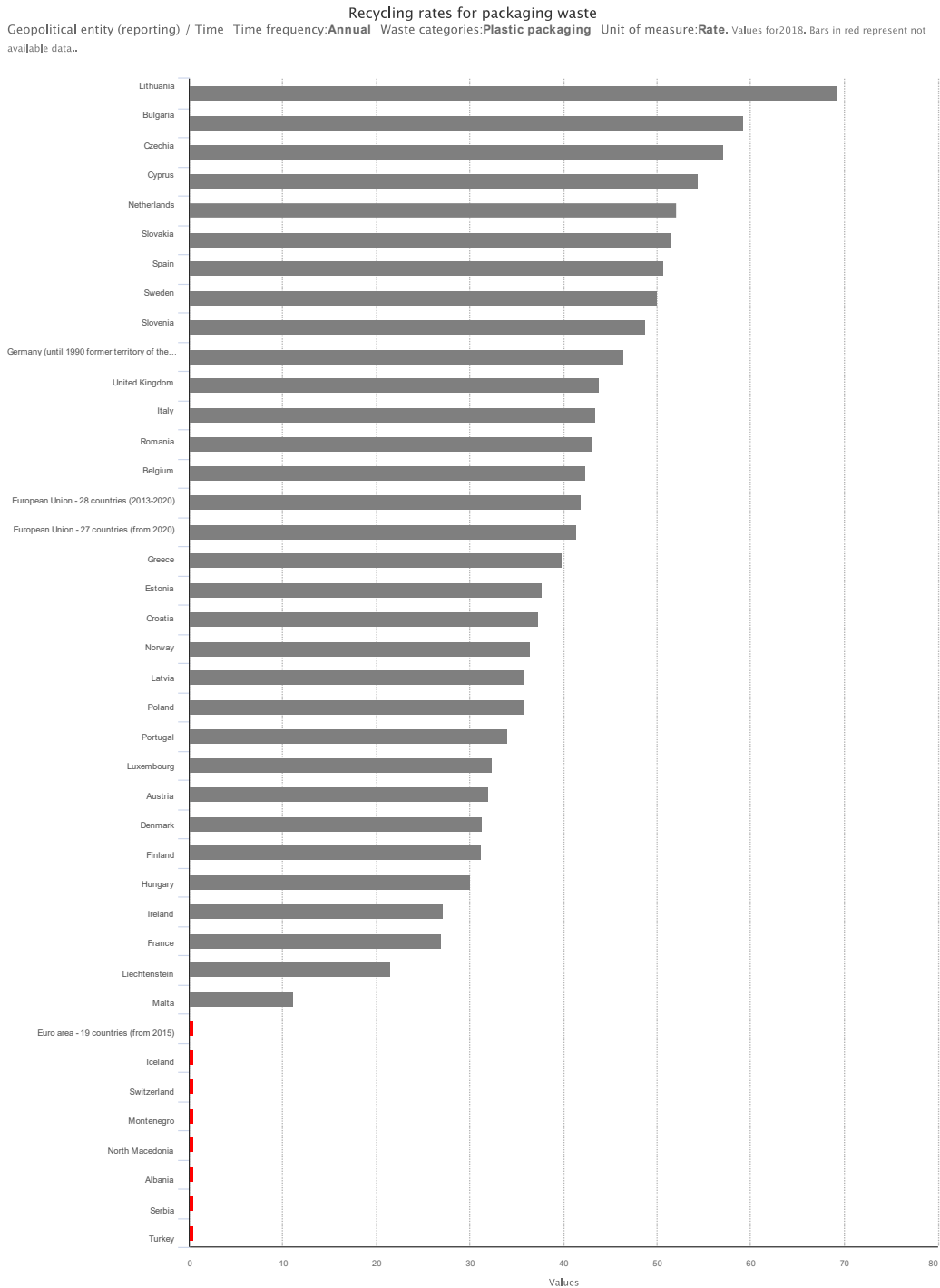


Obrázek č. 9: Míra recyklace plastových odpadů v EU [4]

V porovnání s jinými materiály, jako je např. papír, je u plastového odpadu stále velký prostor k navýšení recyklace. Na již zmíněné infografice (Obrázek č. 9) je uveden podíl 32,5 % recyklovaných plastových odpadů pro Evropskou unii. Česká republika podle těchto dat recykluje 57 % vyprodukovaných plastových odpadů. Bohužel tyto data představují pouze podíl vyřazených odpadů, nezahrnují i materiálovou recyklaci odpadu. Takovýto způsob vykazování využití odpadů umožňovalo staré znění směrnice EU č. (ES) č. 98/2008. Nová úprava prostřednictvím Směrnice č. 2018/851 definuje pravidla pro výpočet dosažení stanovených cílů. Upravující směrnice říká, že „*hmotnost recyklovaného komunálního odpadu se vypočte jako hmotnost odpadu, který poté, co byl předmětem veškerých nezbytných kontrol, třídění a dalších předběžných postupů k odstranění odpadních materiálů, na něž se nevztahuje následné přepracování, a k zajištění vysoké kvality recyklace, vstupuje do recyklace, v němž dojde k vlastnímu přepracování odpadních materiálů na výrobky, materiály nebo látky.*“ [49;4]

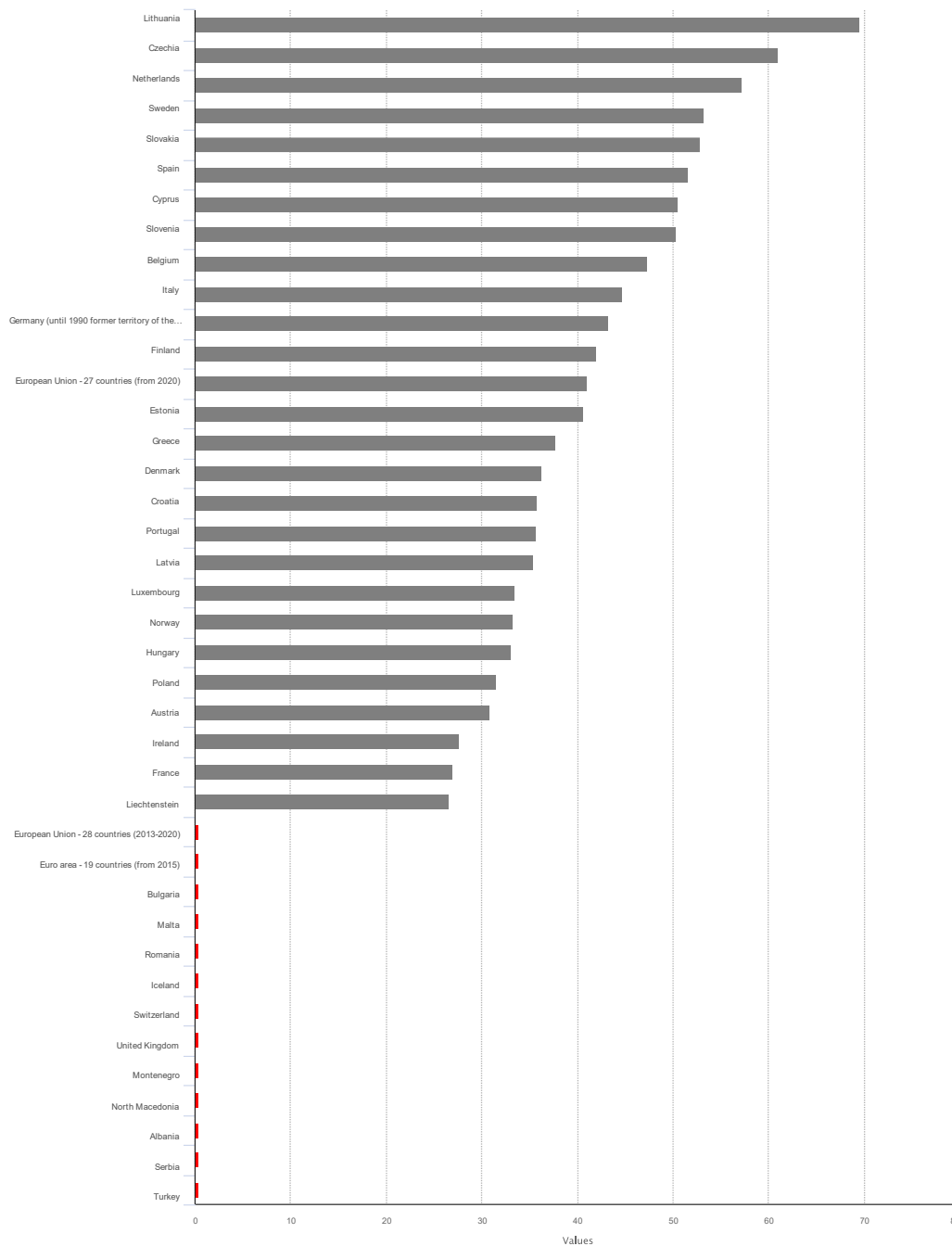
Přehledněji jsou tyto statistiky k nahlédnutí níže, viz Graf č. 4 (data z roku 2018) a Graf č. 5 (data z roku 2019), kde vidíme Českou republiku na prvních příčkách v recyklaci a evropský průměr 41 % recyklovaných plastových obalových odpadů. Pokud se do těchto grafů započte i spalování jako využití odpadu, navýší se podíly využití plastových odpadů a první příčky budou obsazovat Německo a Rakousko, viz Graf č. 6. Jak jsme již uvedli

výše, jsou tyto statistiky zatíženy nepřesnostmi a jedná se především o vytřízený, nikoliv zrecyklovaný odpad. Na data z dalších let zohledňující nové vykazování podílu recyklovaného odpadu si budeme muset počkat.

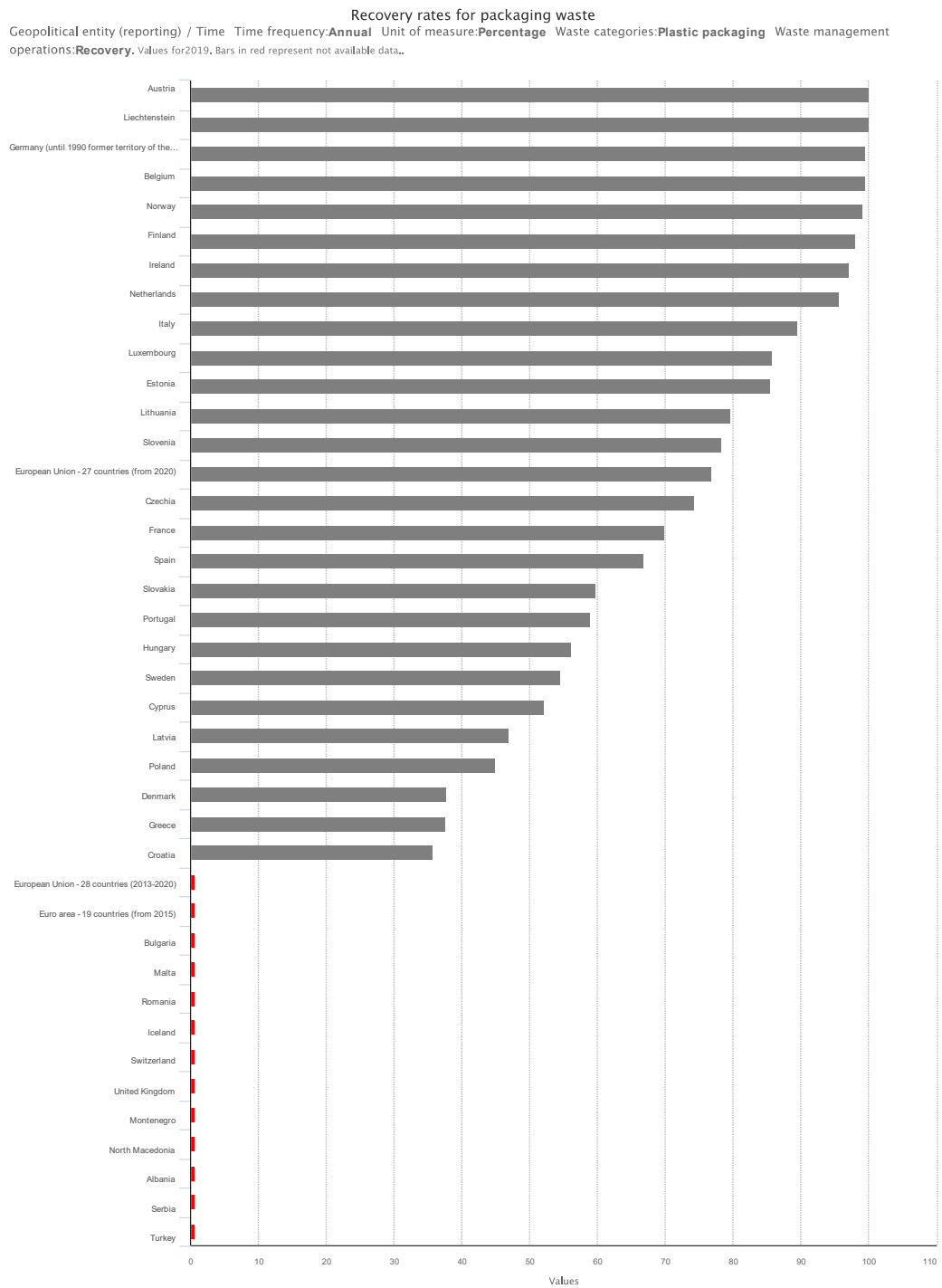


Graf č. 4: Podíl recyklovaných odpadů z plastových obalů v roce 2018 [47]

Recycling rates for packaging waste
 Geopolitical entity (reporting) / Time Time frequency:Annual Waste categories:Plastic packaging Unit of measure:Rate, Values for2019, Bars in red represent not available data..



Graf č. 5: Podíl recyklovaných odpadů z plastových obalů v roce 2019 [47]



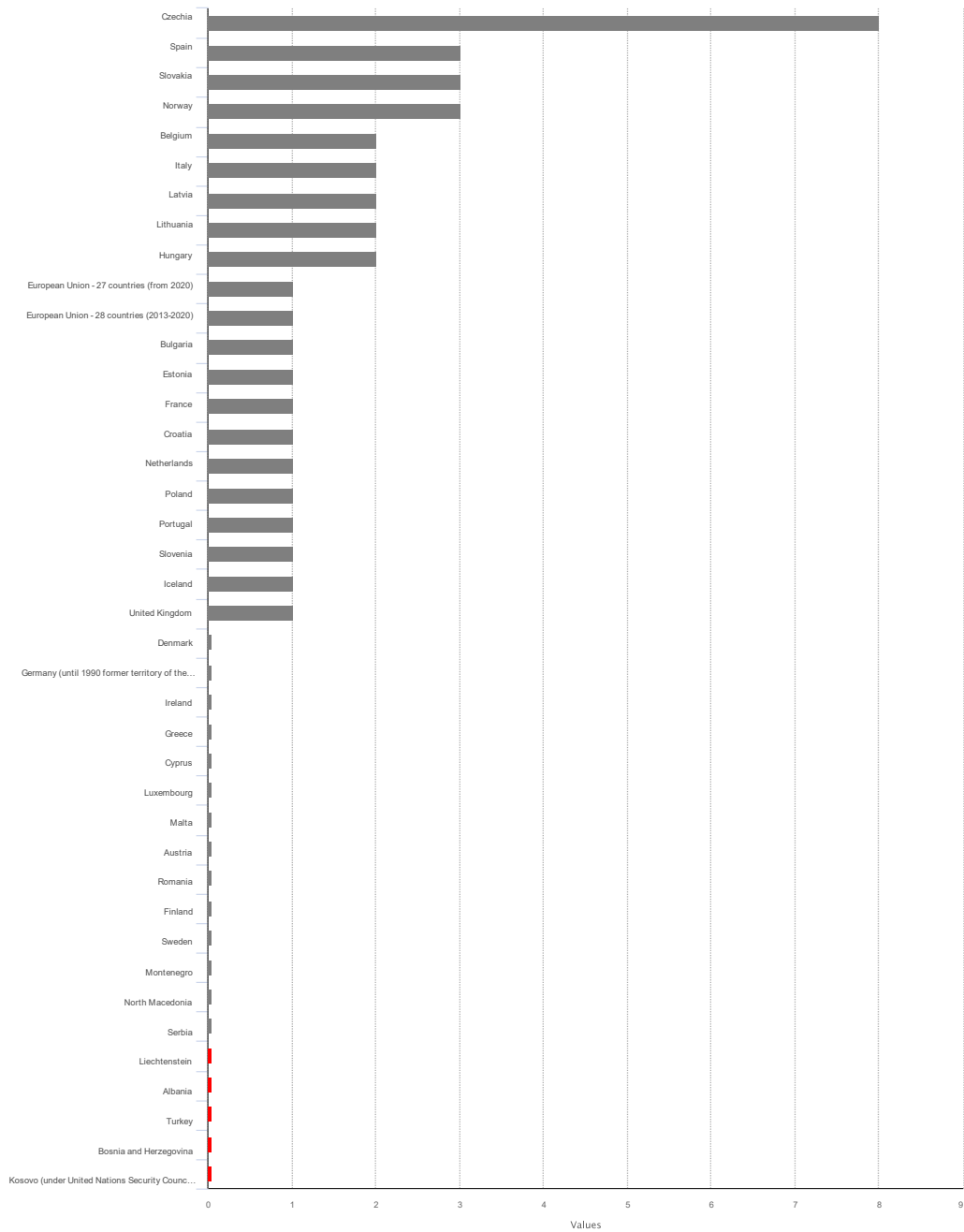
Graf č. 6: Podíl využitých odpadů z plastových obalů v roce 2019 [48]

Materiálové využití plastových odpadů je stále spíše minoritní záležitost. Například množství prodaných recyklovaných plastů představuje necelých 8 % trhu EU s plasty. [25]

5.2.2 Skládkování

Určitou představu o reálném podílu skutečně materiálově využitých odpadů můžou přinést statistiky skládkování a energetického využití, viz Graf č. 7 a Graf č. 8. Graf č. 7 zobrazuje množství skládkovaného plastového odpadu v kilogramech na obyvatele.

Treatment of waste by waste category, hazardousness and waste management operations
Geopolitical entity (reporting) / Waste management operations Time frequency:Annual Unit of measure:Kilograms per capita Hazard class: Hazardous and non-hazardous - Total Waste categories:Plastic wastes Time:2018. Values for Disposal - landfill (D1, D5, D12). Bars in red represent not available data..



Graf č. 7: Množství skládkovaného plastového odpadu v kilogramech na osobu v roce 2018 [50]

Na první příčce se s velkou převahou drží Česká republika s osmi kilogramy skládkovaného plastového odpadu na obyvatele, další v pořadí jsou Španělsko, Slovensko a Norsko se třemi kily na obyvatele, naproti tomu například Slovensko či Francie uvádí pouze jeden kilogram skládkovaného plastového odpadu za rok. [50]

Pokud Česká republika dosahuje výrazně lepších výsledků ve třídění plastových obalů než např. Francie (Graf č. 4 a Graf č. 5), ale nemá dostatečné kapacity na recyklaci, musí nevyužitý plastový odpad skládkovat, což se projeví na číslech skládkovaného plastového odpadu. Francie má jeden z nejnižších podílů recyklovaných plastových odpadů a zároveň má jeden z nejnižších objemů skládkovaného plastového odpadu. Můžeme tomu rozumět tak, že Francouzi tolik netřídí, ale co už vytrídí, to se z velké části využije. [50]

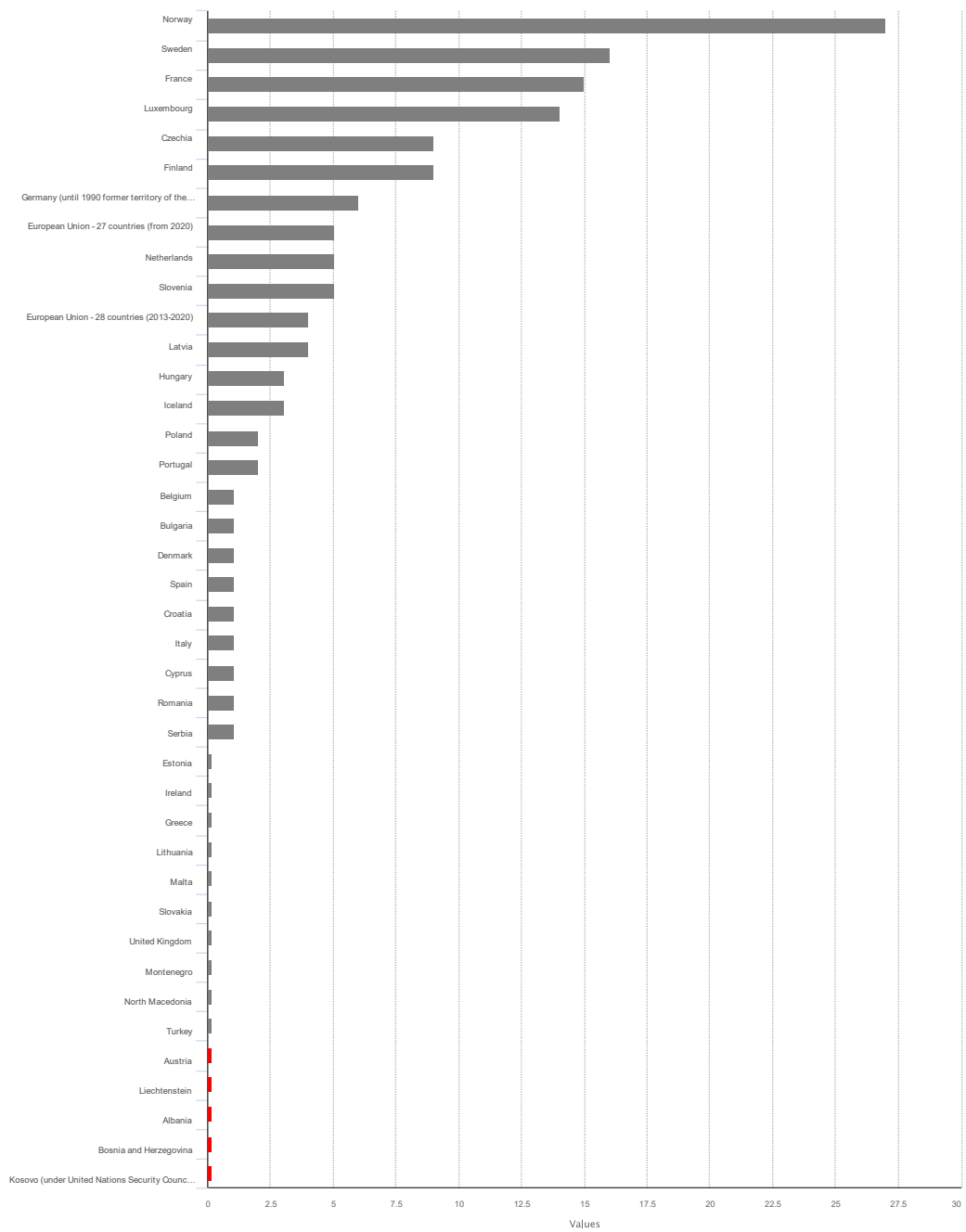
5.2.3 Energetické využití

Energetické využití hraje významnou roli v severních státech. Ukazuje to Graf č. 8. Na prvních příčkách s převahou Norsko, dále Švédsko. Česká republika je v této oblasti také nad evropským průměrem s devíti kilogramy na obyvatele.

Kapacity zařízení energetického využití pro veškeré typy odpadů ukazuje Graf č. 9. V této statistice hraje prim Německo s kapacitou přes 68 milionů tun ročně, již zmiňovaná Francie má také poměrně velké kapacity a to téměř 13 milionů tun za rok. [51;9]

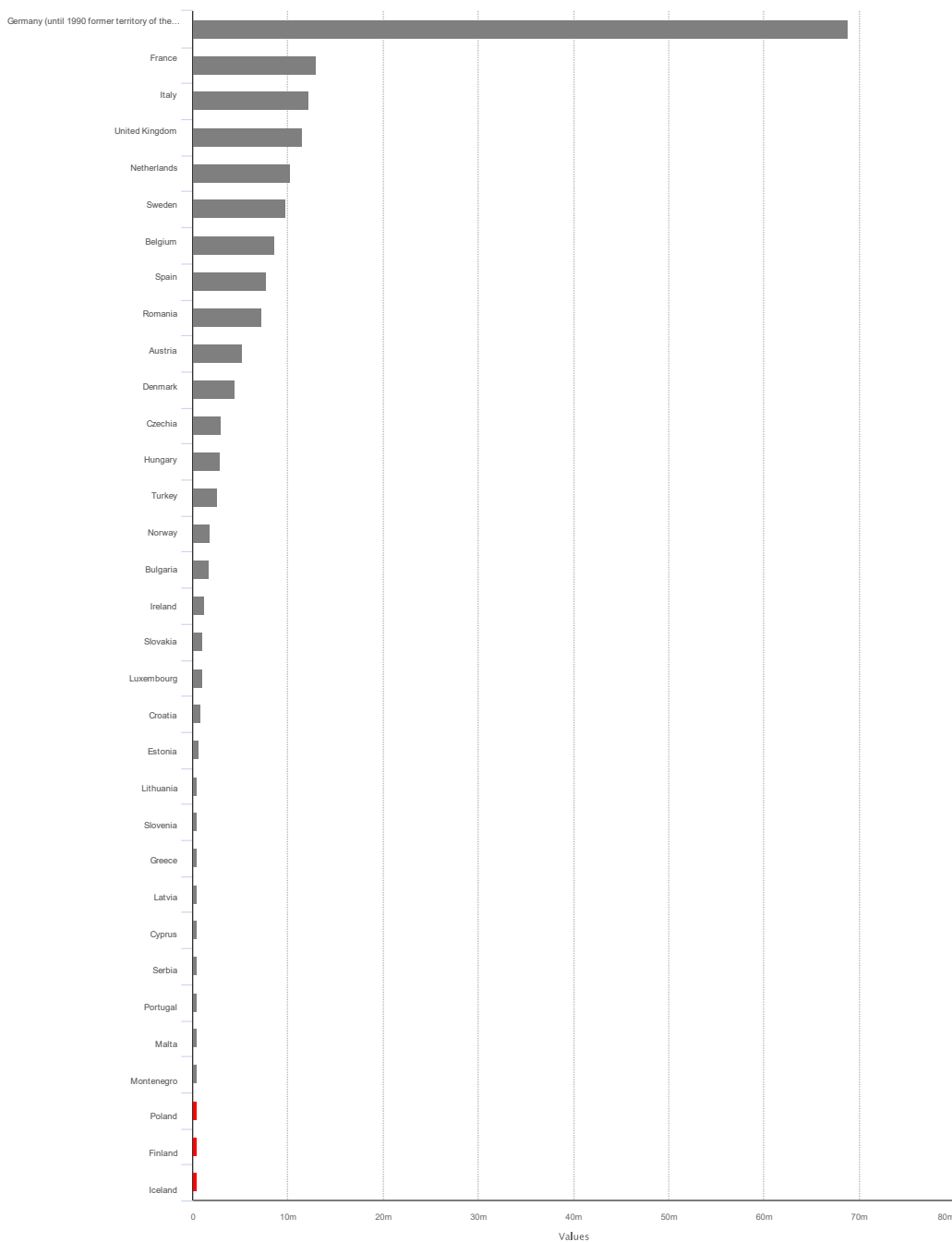
V této kapitole bylo naším cílem popsat problematiku plastových odpadů v evropském prostředí. Zaměřili jsme se na legislativní úpravy a stanovené cíle Evropské unie. Samostatnou podkapitulu jsme věnovali obalovým materiálům v potravinářství, které se mohou jevit jako značně problematické. S pomocí dat poskytovaných Eurostatem jsme začali srovnávat jednotlivé státy a jejich postupy při nakládání s plastovým odpadem. Další kapitolu věnujeme vybraným evropským státům a pokusíme se sesbírat data o postupech v těchto regionech.

Treatment of waste by waste category, hazardousness and waste management operations
 Geopolitical entity (reporting) / Waste management operations Time frequency:Annual Unit of measure:Kilograms per capita Hazard class:Hazardous and non-hazardous - Total Waste categories:Plastic wastes Time:2018. Values forRecovery - energy recovery (R1). Bars in red represent not available data..



Graf č. 8: Množství energeticky využitého plastového odpadu v kilogramech na osobu v roce 2018 [50]

Number and capacity of recovery and disposal facilities by NUTS 2 regions
 Geopolitical entity (reporting) / Waste management operations Time frequency:Annual Environment indicator:Capacity - tonnes per year Time:2018. Values for Recovery - energy recovery (R1). Bars in red represent not available data..



eurostat

Graf č. 9: Kapacita zařízení na energetické využití odpadů v roce 2018 [51]

6 SITUACE V JEDNOTLIVÝCH ZEMÍCH EU

Následující kapitola popíše osudy plastových obalů ve vybraných státech EU. Podobně jako v předchozí kapitole, jako zdroje využijeme zejména dostupné statistiky Eurostatu, ale také výroční zprávy jednotlivých obalových společností, vědecké články a další relevantní zdroje. Státy, kterými se budeme zabývat jsou Finsko, Španělsko, Nizozemsko, Německo, Rakousko a Slovensko. Přičemž Německu věnujeme největší prostor.

6.1 Finsko

Ve Finsku funguje obalová společnost Finish Packaging Recycling RINKI Ltd. podobně jako EKO-KOM v České republice. Zajišťuje registraci a zpoplatnění firem pro zpětný odběr obalových materiálů, ale také informuje veřejnost o nutnosti třídění a poskytuje statistiky a výroční zprávy o její činnosti a způsobech nakládání s obalovým materiálem. [44]

Pro nápojové obaly, tj. hliníkové plechovky, skleněné lahve a plastové PET lahve, funguje ve Finsku zálohovací systém. Tento způsob zpětného odběru má na starosti společnost Suomen Palautuspakkaus Oy (Palpa). Tento způsob zaručuje vysokou míru zpětného odběru PET lahví, které jsou pak předány k recyklaci způsobem bottle-to-bottle, kdy z PET lahví vznikají opět nové PET lahve. Barvené PET lahve jsou využívány jinak, např. k výrobě textilií. Palpa uvádí, že v roce 2020 bylo takto zpětně odebráno 92 % plastových PET lahví z celkového množství uvedeného na trh. [54]

Stejně jako Česká republika, vykazovalo Finsko data o recyklaci plastových odpadů tak, že udávalo jako zrecyklované veškeré zpětně odebrané množství odpadů. Mika Surakka, ředitel obalové společnosti Rinki, uvedl, že za rok 2020 bylo téměř 37% plastových odpadů vytríženo, avšak reálně materiálně využito bylo pouze necelých 20%. [53]

Finsko má třetí nejnižší hustotu obyvatelstva v Evropě a zejména v některých oblastech je populace ve státě rozmístěna zcela odlišně než ve střední Evropě. Tento faktor může hrát roli při docházkové vzdálenosti k třídícím nádobám a pravidelnosti odvozu odpadu. Zpracovatelské firmy mohou být taktéž vzdálené a vysoké náklady na přepravu poté znemožní další financování materiálového využití. [53]

6.2 Španělsko

Ve Španělsku existují dvě obalové společnosti obstarávající zpětný odběr. Skleněné obaly má na starosti společnost ECOVIDRIO, ostatní obaly zajišťuje společnost Ecoembalajes españa, s.a. (Ecoembes). [44]

Společnost Ecoembles se při poskytování údajů odkazuje na statistiky Eurostatu, které jsme popisovali dříve. V roce 2018 se ve Španělsku zrecyklovalo přes 50 % odpadů z plastových obalů. Ecoembles uvádí také trvalý růst recyklovaných odpadů. V roce 2020 se například zvýšilo množství vytríděného domovního plastového odpadu o 8,5 %. Ecoembles bohužel neuvádí konkrétní podíly využití sesbíraných plastových obalů. [55]

Třídění a sběr komunálních odpadů není v celém Španělsku stejný. V různých regionech se uplatňují různé systémy sběru, kdy je využíváno různých třídících nádob, do kterých patří různé druhy odpadů. [58]

Španělsko nezakazuje skládkování, nevyužitý odpad proto může mířit jak do spaloven, tak na skládky. Graf č. 7 dokládá poměrně vysokou míru skládkování plastových odpadů, hned druhou nejvyšší v Evropě, což naznačuje malou míru efektivního využití těchto odpadů.

Některé regiony ve Španělsku se snaží občany motivovat systémem Reciclos, kdy pomocí mobilní aplikace občané načítají čárové kódy z obalů, které ukládají do třídících nádob. Tímto se do účtu občanů v aplikaci načítají body. Ty mohou různě využít v daném regionu, například přispívat na místní projekty a zapojovat se tak do regionálního dění. [58]

6.3 Německo

Díky dostupnosti dat se nyní můžeme podrobněji zaměřit na Spolkovou republiku Německo. Jakožto vyspělý evropský stát s vysokou mírou využití odpadů může jít v mnohém příkladem pro ostatní státy Evropy.

Německo patří mezi přední evropské recyklátory komunálních odpadů. V Německu zastřešuje povinnost zpětného odběru obalů přední skupina Der Grüne Punkt - Duales System Deutschland GmbH. Společnost zajišťuje odběr, třídění i samotnou materiálovou recyklaci. Produktem jejich výroby je pak recyklovaný materiál s označením Systalen. Tato společnost je jednou z devíti autorizovaných obalových společností zajišťující povinnost ERP.

Centrální úřad pro registr obalů (ZSVR, tj. Stiftung Zentrale Stelle Verpackungs Register) se zřizuje pro účely registrace do evidence systému zpětného odběru obalů, tato evidence je nazývána LUCID. Německo taktéž dlouhodobě využívá zálohovací systém pro zpětný odběr plastových PET lahví.

ZSVR zveřejňuje výroční zprávy a čísla dokumentující vývoj v oblasti odpadů z obalů. Zaznamenává nárůst podílu recyklovaných odpadů. V roce 2019 bylo v Německu mechanicky recyklováno o 50,44 % více plastů než v roce 2018. ZSVR uvádí taktéž zajímavá data o množství exportovaného odpadu k recyklaci mimo Německo. Pro rok 2019 udává 16,17% podíl exportovaného vytrízeného plastového odpadu z celkového množství. [56]

Použijeme-li opět data Eurostatu, z uvedené přílohy č. II vyplývá, že bylo v Německu v roce 2020 recyklováno 67 % z celkového množství vyprodukovaného komunálního odpadu, to je nejvíc z celé Evropské unie. V roce 2018 vykazuje velmi malé množství skládkovaného plastového odpadu. V Německu byl již v roce 2005 schválen zákaz přímého skládkování netříděného komunálního odpadu. Komunální odpad v Německu se běžně odváží přímo do zařízení na energetické využití odpadu. Tuto skutečnost dokládá i Graf č. 9 znázorňující největší spalovací kapacity v rámci Evropské unie. [46;51]

Dostupné třídící nádoby a zpracovatelé tvoří hustou síť po celém Německu. Po sesbírání následuje dotřídování odpadu. Vysoká efektivita dotřídovacího systému tkví v rozdělení odpadu do skupin dle jejich složení a čistoty. Samostatné frakce obsahují sklo, papír, čisté plasty jako PET, PE, PP a PS, další frakce zahrnují smíšené plasty a ostatní odpad. Ty skupiny, určené k materiálové recyklaci, musí splňovat požadavky dané obalovou společností. [59]

Studie mapující situaci v Německu v roce 2017 přináší data o osudech plastových odpadů z obalových materiálů. V této studii autoři rozdělili plasty do 4 skupin: PET lahve, pevné plasty, ohebné plasty a ostatní. Výsledky této studie přehledně znázorňuje schéma, viz Obrázek č. 10. Ihned je zřejmá vysoká míra materiálového využití těchto odpadů, zejména u PET lahví. Všimáme si zároveň vcelku velkého množství recyklovaného granulátu pro potravinářské účely, tj. 32 % z celkového množství PET. Tyto PET pochází ze zálohovacího odběrového systému (DRS – Deposit Refund System), což umožňuje jednodušší kontrolu kvality a použití takto sesbíraných plastů pro potravinářství. [57]

Patrná je z uvedeného obrázku skutečnost, že velké množství obalových plastů není možné jednoduše zařadit a separovat jako samostatný materiál, což vede ke smíšené materiálové recyklaci a vzniku směsných recyklátů s omezeným využitím v praxi. Schéma zároveň ukazuje přímé napojení na spalování, kdy vytrízený odpad, nevyužitelný pro materiálovou recyklaci, míří přímo k energetickému využití a skládkován je pouze popel ze spaloven.

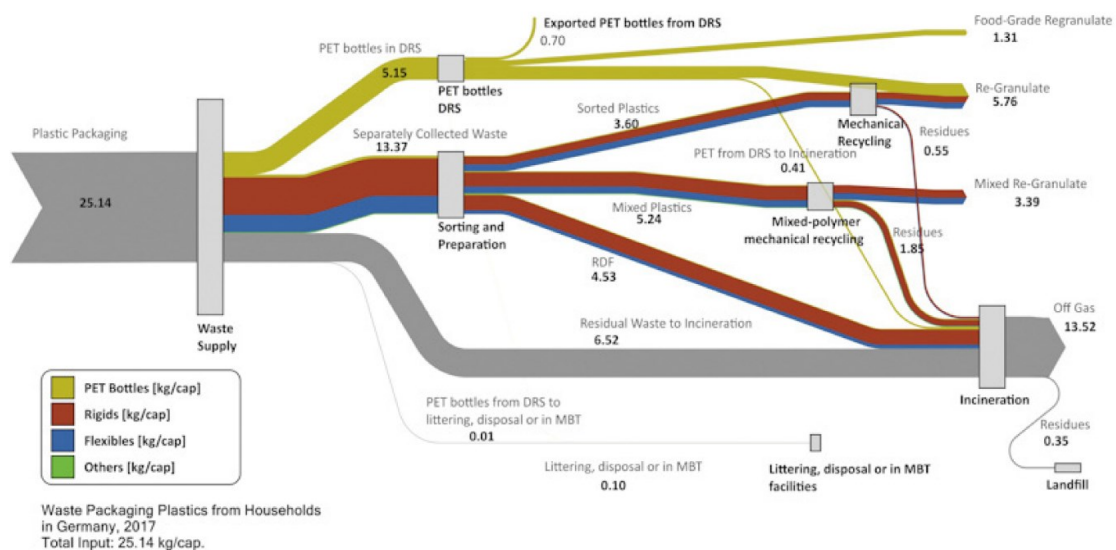


Figure 3. Waste packaging plastic flows from households in Germany in 2017 (kg/cap).

Obrázek č. 10: Využití plastových odpadů v Německu v roce 2017 v kg/os [57]

6.4 Nizozemsko

Systém ERP se uplatňuje také v Nizozemí. Povinnost zpětného odběru obalových materiálů zajišťuje autorizovaná obalová společnost Afvalfonds Verpakkingen. Tato funguje velmi podobně jako český EKO-KOM. Vybírá poplatky od firem uvádějících obaly na trh, tyto finance následně používá k likvidaci odpadů. Platí odpadovým společnostem za svoz a třídění odpadů. Zajišťuje nutné spojení mezi dotřídováním a následným zpracováním.

Nizozemsko, stejně jako Německo, využívá zálohovací systém pro plastové PET lahve. Jak už jsme uvedli, tento systém umožňuje vysokou míru využití PET recyklátu i pro účely potravinářství. Zálohovací systém současně napomáhá zvyšovat procenta zpětně odebraných odpadů. V Nizozemsku se jedná o téměř 95 % zpětně odebraných PET lahví z celkového množství uvedeného na trh. Zároveň existují snahy rozšířit portfolio takto odebíraných lahví. [57]

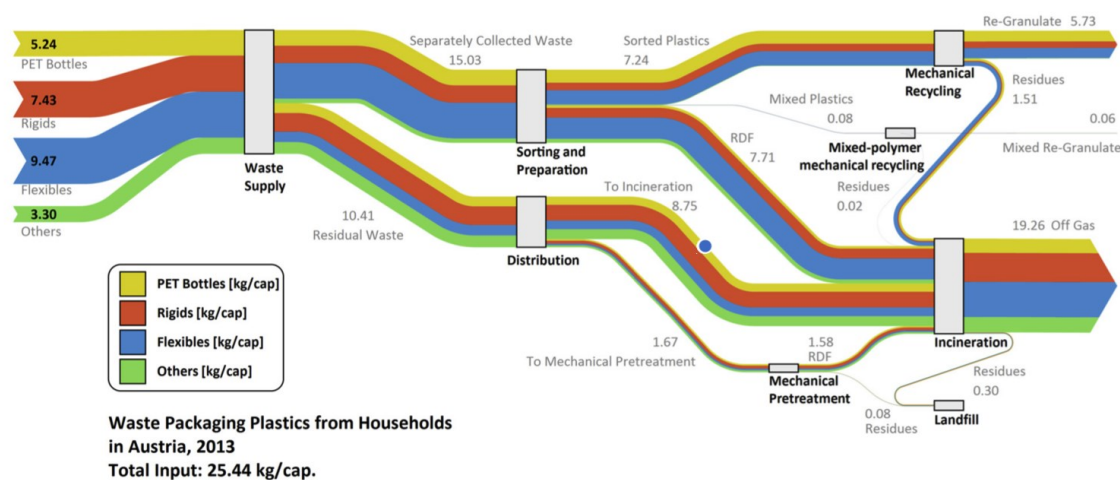
Skládkování komunálního odpadu v Nizozemí je, podobě jako v Německu, taktéž omezeno zákonem. Velká míra odpadů proto míří do spaloven k energetickému využití.

V Nizozemsku vyvstaly komplikace při dosahování recyklačních cílů v hustě obydlených velkých městech. V těchto oblastech nebylo možné umístit dostatečné množství třídících nádob, což způsobilo nižší míru zpětného odběru tříděných plastů. Ve městech byly proto umístěny nové nádoby pro širší spektrum materiálů, které je třeba následně dotřídit. [57]

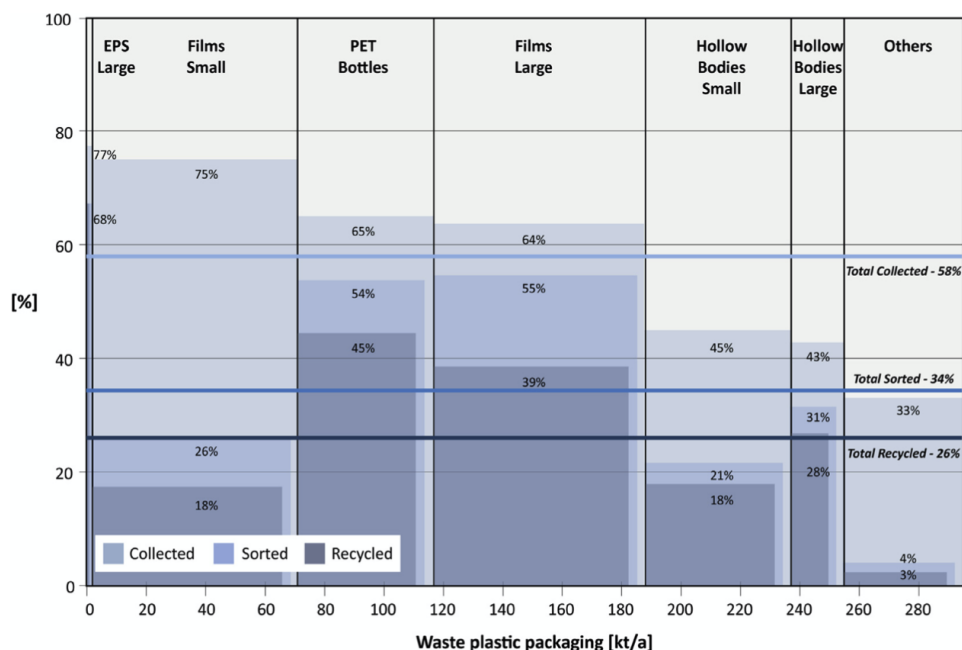
6.5 Rakousko

V Rakousku zajišťuje povinnosti zpětného odběru plastových odpadů z obalů společnost Alstoff Recyclig Austria (ARA), která je taktéž jednou ze společností Zeleného bodu. Skládkování odpadu s více než 5% organické hmoty je zakázáno zákonem. Většina směsného komunálního odpadu (80 %) je proto odvážena přímo do spaloven, menší množství se ukládá na skládku. [57]

Pro Rakousko máme dostupná data z roku 2013. Celková produkce plastových odpadů byla 25,44 kilogramů na osobu. Přibližně 60 % plastových odpadů bylo vytrženo, přičemž v nejvyšší míře byly vytrženy ohebné plasty (77%), následují PET lahve (61%). Obrázek č. 11 zobrazuje míru využití těchto odpadů. Materiálově bylo zpracováno asi 26 % těchto odpadů. Plastové odpady nezpracované materiálovou recyklací míří k energetickému využití, ať už přímo v zařízeních na energetické využití odpadu či v cementárnách. [57;60]



Obrázek č. 11: Využití plastových odpadů v Rakousku v roce 2013 v kg/os [57]



Obrázek č. 12: Srovnání sběru, dotřídění a recyklace plastových odpadů podle druhu v Rakousku v roce 2013 [60]

Obrázek č. 12 zachycuje míru vytrženi a recyklace jednotlivých kategorií plastových odpadů. Můžeme si všimnout poměrně velké míry vytrženi odpadů s označením Films Small (malé fólie), materiálově jde především o LDPE a LLDPE. Podíl skutečně recyklovaného množství je však poměrně nízký, a to především z důvodu směsného složení těchto odpadů.

V Rakousku nefunguje zálohovací systém na PET lahve, což může být jeden z důvodů poměrně malé míry jak vytrženi, tak recyklace PET plastů v porovnání např. s Německem. Z celkového množství recyklovaných PET lahví bylo 46 % využito pro regranulát na potravinářské účely, 54 % pro ostatní účely. [60]

Pro rok 2021 uvádí ARA 180 700 tun jako množství sesbíraných plastových odpadů z obalů, což odpovídá nárůstu jen 0,1% oproti předchozímu roku. Generální ředitel ARA Christoph Scharff uvedl, že aby Rakousko dosáhlo cílů EU, musí zdvojnásobit recyklaci plastů ze současných 75 000 tun na 150 000 tun do roku 2025. [61]

6.6 Slovensko

Legislativa na Slovensku aplikuje rozšířenou odpovědnost výrobců teprve od roku 2016. Funguje zde deset společností zajišťujících tuto povinnost pro výrobce (tzv. OZV, Organizácia zodpovednosti výrobcov). Nejdéle působící je společnost ENVI-PAK založená již roku 2003, která je taktéž součástí sdružení PRO-EUROPE a EXPRA. [62]

Skutečnost, že si výrobce může vybrat z deseti společností, bohužel komplikuje obcím zajištění financování sběru odpadů. Tyto často čekají na uzavření smlouvy s některou z OZV a musí tak sběr odpadů financovat zcela ze svého rozpočtu. Tyto faktory znesnadňují rozšiřování sběrné sítě třídících nádob a celkový vývoj v oblasti recyklace odpadů. [62]

Stejně jako si Česká republika stanovila cíle novým odpadovým zákonem (viz výše v kapitole 3.2), Slovensko schválilo Program odpadového hospodářství, který si klade za cíl dosáhnout 60% vyříděného odpadu a recyklovat alespoň 55 % komunálního odpadu. [63]

Graf č. 7 ukazuje velkou míru skládkovaného plastového odpadu na Slovensku, hned třetí nejvyšší v Evropě. Pro zlepšení této situace a v souladu s uvedeným Programem odpadového hospodářství se Slovensko rozhodlo zavést od začátku roku 2022 zálohování PET lahví a plechovek. Tímto chce dosáhnout až 90% zpětného odběru PET lahví a plechovek. ČTK uvádí, že doposud končily na slovenských skládkách dvě pětiny použitých PET lahví. [64]

V této kapitole jsme se pokusili shrnout postupy vybraných zemí Evropské unie. Některé státy zveřejňují velmi malé množství dat a odborná literatura se věnuje především větším státům, je proto obtížné nacházet relevantní data, která bychom byli schopni porovnávat mezi sebou. Vcelku podrobně jsme mohli popsat alespoň situaci v Německu, kterou se mohou nechat ostatní země inspirovat.

Na tomto místě můžeme zároveň srovnat situace v regionech, kde funguje zálohovací systém PET lahví a kde nikoliv. Ve státech se zálohováním (Německo) se PET daří recyklovat ve velké míře, a to i pro potravinářské účely. Naopak v zemích, kde tento systém zálohování zaveden není (Rakousko) je míra vyřídění PET a následné recyklace znatelně nižší. Taktéž vidíme velké rozdíly v samotné legislativě, kdy některé státy povolují skládkování a jiné nikoliv. Zákaz či silné omezení skládkování vytváří tlak na využití odpadů. EU a jednotlivé členské státy tuto skutečnost aplikují do své legislativy.

7 ZÁVĚR

Stanovili jsme si nelehký úkol zmapovat nakládání s plastovým odpadem v zemích Evropské unie. Abychom tak mohli učinit, museli jsme se nejprve seznámit s vlastnostmi využívaných plastových materiálů, jejich způsobem výroby a možnostmi nakládání s odpady.

Zjistili jsme, že plasty tvoří pestrou skupinu materiálů, která má široké využití v různých oblastech lidské činnosti. Míra jejich produkce je však neudržitelná, a to nejen s ohledem na využívání primárních zdrojů, ale zejména v souvislosti s produkovaným odpadem. Stručně jsme popsali postupy skládkování, spalování a více jsme se zaměřili na klíčovou recyklaci. Nezapomněli jsme zmínit biopolymery, jejich možné přínosy ale i komplikace v třídícím procesu, které s nimi souvisí.

Podívali jsme se na řešení této problematiky v odlišných regionech na celém světě. Nejvíce úprav v rámci legislativy mají odpady z tašek a jednorázových výrobků, některé přísné zákony se zdají však být zbytečné, pokud není zohledněno místní sociální a ekonomické prostředí a nemůže být tedy vymáhané jejich dodržování.

Evropa si stanovuje závazné cíle, kterých se snaží dosáhnout pomocí směrnic. Pokusili jsme se popsat, jaké stanovené cíle stojí před členskými státy a jak tuto problematiku EU řeší legislativně. Systém rozšířené odpovědnosti výrobce považujeme za důmyslný nástroj pro řešení této složité situace. Zároveň se zdá jako výhodný zálohovací systém zpětného odběru plastových nádob.

Porovnali jsme situace v různých státech Evropské unie pomocí statistik Eurostatu a dalších dostupných zdrojů. Větší pozornost jsme věnovali Německu, poněvadž místní efektivita odpadového hospodářství může být v mnohém příkladem i pro Českou republiku.

Podařilo se nám shrnout problematiku plastů v Evropské unii na poměrně malém prostoru. Různé regiony mají různé přístupy k odpadovému hospodářství a recyklaci jako takové, je to dáno historickými a geografickými souvislostmi. Považujeme však za důležité postupovat co možná nejvíce jednotně v řešení globálního problému s plastovým odpadem unikajícím do volné přírody.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. PROKOPOVÁ, Irena. Makromolekulární chemie. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2007. ISBN 978-80-7080-662-3.
2. LENFELD, Petr. Technologie II Tváření kovů a zpracování plastů [online]. *Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní*. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm
3. LENFELD, Petr. Technologie II Tváření kovů a zpracování plastů [online]. Tabulka rozdělení plastů. *Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní*. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01-plasty%20uvod/00-rozdeleni%20plastu.jpg
4. Plastový odpad a jeho recyklace v EU (infografika). *Evropský parlament Zpravodajství* [online]. 2018. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20181212STO21610/plasto-vy-odpad-a-jeho-recyklace-v-eu-infografika>
5. DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-617-6.
6. Plastics - the Facts 2021: An analysis of European plastics production, demand and waste data [online]. Plastics Europe, 2021. Dostupné také z: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/Plastics-the-Facts-2021-web-final.pdf>
7. MATTHEWS, Chris, Fintan MORAN a Amit K. JAISWAL. A review on European Union's strategy for plastics in a circular economy and its impact on food safety. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2021, 283. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2020.125263
8. BIOPLASTICS MARKET DEVELOPMENT UPDATE 2021. In: *European Bioplastics: European bioplastics conference* [online]. Berlin, listopad 2021. Dostupné z: https://docs.european-bioplastics.org/publications/market_data/Report_Bioplastics_Market_Data_2021_short_version.pdf RUJNIĆ-SOKELE, Maja a Ana PILIPOVIĆ.

9. Generation of waste by waste category, hazardousness and NACE Rev. 2 activity In: *Eurostat* [online], last update: 04.01.2022 Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASGEN_custom_1869606/default/bar?lang=en
10. Výtěžnosti tříděného sběru v obecních systémech v letech 2016 – 2020. *EKO-KOM* [online]. 19. 10. 2021. Dostupné z: https://www.ekokom.cz/wp-content/uploads/2021/10/EKO-KOM_prehled_vyteznosti_2016_2020.pdf
11. PÁLINKÁS, Michal, Jakub ADÁMEK a spol. Nový zákon o odpadech: Přehled 10 vybraných změn [online]. *Epravo.cz*. 26. 2. 2021. Dostupné z: <https://www.epravo.cz/top/clanky/obcanske-pravo/novy-zakon-o-odpadech-prehled-10-vybranych-zmen-112600.html?mail>
12. Účinnost dotřídění plastových odpadů na třídících linkách k době COVIDU klesla, EKO-KOM pracuje na otočení trendu. *EKO-KOM* [online]. 26. 3. 2021. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/ucinnost-dotrideni-plastovych-odpadu-na-tridicich-linkach-k-dobe-covidu-klesla-eko-kom-pracuje-na-otoceni-trendu/>
13. WAGNER, Travis P. a Tom RAYMOND. Landfill mining: Case study of a successful metals recovery project. *Waste Management* [online]. 2015, 45, 448-457. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2015.06.034
14. WANG, Ucilia. Why aren't we mining landfills for valuable materials like metals and soil?. In: *Ensia* [online]. University of Minnesota's Institute on the Environment, 2018. Dostupné z: <https://ensia.com/features/landfill-mining/>
15. Challenges and opportunities of biodegradable plastics: A mini review. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy* [online]. 2017, 35(2), 132-140. ISSN 0734-242X. Dostupné z: doi:10.1177/0734242X16683272
16. *Biodegradable Plastics & Litter* [online]. United Nations, 2016. ISBN 9789210601610. Dostupné z: doi:10.18356/1dc5344e-en
17. VAŠKEVIČ, Štěpán. FAQ: třídění a recyklace plastů v ČR [online]. 2019 Dostupné z: <https://zajimej.se/faq-trideni-a-recyklace-plastu-v-cr/>

18. KOLÁŘOVÁ, Marcela: Tuhé alternativní palivo s biomasou. *Biom.cz* [online]. 2009-08-03. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/tuhe-alternativni-palivo-s-biomasou>. ISSN: 1801-2655.
19. KRULIŠ, Zdeněk. Recyklace plastového odpadu. *Vesmír* [online]. Praha, 9. 12. 2019. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2019/cislo-12/recyklace-plastoveho-odpadu.html>
20. BARTL, Andreas. Moving from recycling to waste prevention: A review of barriers and enablers. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy* [online]. 2014, 32(9_suppl), 3-18. ISSN 0734-242X. Dostupné z: doi:10.1177/0734242X14541986
21. MANŽUCH, Zinaida, Rūta AKELYTĖ, Marco CAMBONI a David CARLANDER. *Chemical Recycling of Polymeric Materials from Waste in the Circular Economy: Final report prepared for The European Chemicals Agency* [online]. ECHA/2020/571, 2021. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/chemicke-latky-a-smesi/reach-povinnosti-a-informace/2021/11/Zprava-Chemicka-recyklace.pdf>
22. Rollinson, A., Oladejo, J. (2020). Chemical Recycling: Status, Sustainability, and Environmental Impacts. *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. Dostupné z: doi:10.46556/ONLS4535
23. Patel, D., Moon, D., Tangri, N., Wilson, M. (2020). All Talk and No Recycling: An Investigation of the U.S. “Chemical Recycling” Industry. *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. Dostupné z: www.doi.org/10.46556/WMSM7198
24. LEAL FILHO, Walter, Ulla SAARI, Mariia FEDORUK, Arvo IITAL, Harri MOORA, Marija KLÖGA a Viktoria VORONOVA. An overview of the problems posed by plastic products and the role of extended producer responsibility in Europe. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2019, 214, 550-558. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2018.12.256
25. Aliance pro plasty v oběhovém hospodářství: Více než 100 signatářů se zavázalo používat do roku 2025 v nových výrobcích 10 mil. tun recyklovaných plastů. *Evropská komise: Zastoupení v České republice* [online]. 2019. Dostupné z: https://ec.europa.eu/czech-republic/news/190920_circular_plastics_cs

26. Výsledky zpětného odběru a využití obalových odpadů za rok 2020. *EKO-KOM* [online]. 25. 5. 2021. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/vysledky-zpetneho-odberu-a-vyuziti-obalovych-odpadu-za-rok-2020/>
27. HAVELKA, Petr. Zálohování PET lahví v ČR: shrnutí aktuálního stavu + pozice České asociace odpadového hospodářství. *Česká asociace odpadového hospodářství* [online]. Praha, leden 2019. Dostupné z: <https://dfs.caoh.cz/p/datahistorie/action/caoh---zalohovani-pet-lahvi-v-cr-f-web.pdfv>
28. Nový zákon o odpadech: Přehled 10 vybraných změn. In: *Epravo* [online]. ŘANDA HAVEL LEGAL advokátní kancelář, 26. 2. 2021. Dostupné z: <https://www.epravo.cz/top/clanky/obcanske-pravo/novy-zakon-o-odpadech-prehled-10-vybranych-zmen-112600.html>
29. ČESKO, Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech. In: *Zákony pro lidi* [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541/zneni-20220201>
30. AUER, Tomáš. Poplatky za odpady od roku 2021 – zjednodušení, nebo komplikace?. In: *Epravo* [online]. 15. 2. 2021. Dostupné z: <https://www.epravo.cz/top/clanky/poplatky-za-odpady-od-roku-2021-zjednoduseni-nebo-komplikace-112556.html>
31. ČERNÝ, Filip. Recyklace plastových obalů v Česku nefunguje. Většina se jich spálí. *Česká televize: ČT 24* [online]. 28. 3. 2021. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/3289301-recyklace-plastu-v-cesku-nefunguje-vetsina-odpadu-se-spali>
32. Systémová podpora zpracovatelů a recyklátorů obalových odpadů. *EKO-KOM* [online]. 8. 1. 2021. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/systemova-podpora-zpracovatelu-a-recyklatoru-obalovych-odpadu/>
33. AMANATIDIS, Georgios. Účinné využívání zdrojů a oběhové hospodářství. Fakta a čísla o Evropské unii - 2021 [online]. *Evropský parlament*, 10-2021. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/76/ucinne-vyuzivani-zdroju-a-obehove-hospodarstvi>

34. HOPEWELL, Jefferson, Robert DVORAK a Edward KOSIOR. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. 2009, 364(1526), 2115-2126. ISSN 0962-8436. Dostupné z: doi:10.1098/rstb.2008.0311
35. NIELSEN, Tobias D., Jacob HASSELBALCH, Karl HOLMBERG a Johannes STRIPPLE. Politics and the plastic crisis: A review throughout the plastic life cycle. *WIREs Energy and Environment* [online]. 2020, 9(1) ISSN 2041-8396. Dostupné z: doi:10.1002/wene.360
36. Plastics – the Facts 2018: An analysis of European plastics production, demand and waste data. In: *Plastics Europe* [online]. PlasticsEurope AISBL, 2018. Dostupné z: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2018-Plastics-the-facts.pdf>
37. EXCELL, Carole, Celine SALCEDO-LA VIÑA, Jesse WORKER a Elizabeth MOSES. Legal Limits on Single-Use Plastics and Microplastics: A Global Review of National Laws and Regulations [online]. *United Nations Environment Programme*, 2018. Dostupné z: <https://www.unep.org/resources/publication/legal-limits-single-use-plastics-and-microplastics-global-review-national>
38. KNOBLAUCH, Doris a Linda MEDERAKE. Government policies combatting plastic pollution. *Current Opinion in Toxicology* [online]. 2021, 28, 87-96. ISSN 24682020. Dostupné z: doi:10.1016/j.cotox.2021.10.003
39. LUSAMBILI, Adelaide. Flying Toilets 'It is our Dirty Little Secret': An Ethnographic Study of the Flying Toilets in Kibera Slums, Nairobi [online]. 2020. Dostupné z: 10.13140/RG.2.2.30772.88966.
40. ABRIL ORTIZ, Adriana, Dolores SUCOZHAÑAY, Paul VANEGAS a Andrés MARTÍNEZ-MOSCOSO. A Regional Response to a Global Problem: Single Use Plastics Regulation in the Countries of the Pacific Alliance. *Sustainability* [online]. 2020, 12(19). ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su12198093
41. GHIMIRE, Rabindra. Nepal announces banning plastic bags for the third time. There are doubts if it will translate to action. *Online Khabar* [online]. 07.06.2021. Dostupné z: <https://english.onlinekhabar.com/nepal-announces-banning-plastic-bags-for-the-third-time-there-are-doubts-if-it-will-translate-to-action.html>

42. DIGGLE, Avalon a Tony R. WALKER. Implementation of harmonized Extended Producer Responsibility strategies to incentivize recovery of single-use plastic packaging waste in Canada. *Waste Management* [online]. 2020, 110, 20-23. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2020.05.013
43. MACINTOSH, Andrew, Amelia SIMPSON, Teresa NEEMAN a Kirilly DICKSON. Plastic bag bans: Lessons from the Australian Capital Territory. *Resources, Conservation and Recycling* [online]. 2020, 154. ISSN 09213449. Dostupné z: doi:10.1016/j.resconrec.2019.104638
44. *Expra.eu: EXPRA aisbl/ivzw* [online]. Dostupné z: <https://www.expra.eu/en/members>
45. Historie. In: *EKO-KOM* [online]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/cz/ostatni/ospolecnosti/system-eko-kom/historie/>
46. Recycling rate of municipal waste. In: *Eurostat* [online]. last update 15.12.2021. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CEI_WM011__custom_1834316/default/bar?lang=en
47. Recycling rates for packaging waste. In: *Eurostat* [online], last update: 26.10.2021. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/TEN00063__custom_1834432/default/bar?lang=en
48. Recovery rates for packaging waste. In: *Eurostat* [online], last update: 26.10.2021. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/TEN00062__custom_1834458/default/bar?lang=en
49. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic: Článek 11a*. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02008L0098-20180705>

50. Treatment of waste by waste category, hazardousness and waste management operations. In: *Eurostat* [online], last update: 30.04.2021 Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASTRT_custom_1837817/default/bar?lang=en
51. Number and capacity of recovery and disposal facilities by NUTS 2 regions. In: *Eurostat* [online], last update: 08.02.2021 Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASFAC_custom_1869534/default/bar?lang=en
52. LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování: Podpora přírodovědného a technického vzdělávání v Pardubickém kraji* [online]. Publi.cz, 2016. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/02.html>
53. VÄLIMÄKI, Matti. “It’s great to see plastic really being recycled”. *Rinki* [online]. 9.12.2021. Dostupné z: <https://verkkolehti.rinkiin.fi/its-great-to-see-plastic-really-being-recycled?lang=en#00b65cfe>
54. The eternal life of a beverage containers. *Palpa* [online]. Helsinki. Dostupné z: <https://www.palpa.fi/for-consumers/the-eternal-life-of-a-beverage-containers/>
55. Valor compartido el reciclaje en 2020: Reciclaje 2020. *Ecoembles* [online]. Madrid. Dostupné z: <https://ecoembles.com/landing/informe-anual-2020/valor-compartido/el-reciclaje-en-2020/>
56. Comparison of recovered volumes in 2018–2019. *Stiftung Zentrale Stelle Verpackungs Register* [online]. Berlin, 2020. Dostupné z: https://www.verpackungsregister.org/fileadmin/Auswertungen/ZSVR_Recycling-rates-2019.pdf
57. PICUNO, Caterina, Emile VAN EYGEN, Marieke T. BROUWER, Kerstin KUCHTA a Eggo U. THODEN VAN VELZEN. Factors Shaping the Recycling Systems for Plastic Packaging Waste—A Comparison between Austria, Germany and The Netherlands. *Sustainability* [online]. 2021, 13(12). ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su13126772

58. SASTRE, Sergio, Jaume LLOPART a Ignasi PUIG VENTOSA. Mind the gap: A model for the EU recycling target applied to the Spanish regions. *Waste Management* [online]. 2018, 79, 415-427. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2018.07.046
59. Sustainability report 2017/2018. In: *Der Grüne Punkt* [online]. DSD – Duales System Holding GmbH & Co., 2019. Dostupné z: https://www.gruener-punkt.de/fileadmin/Dateien/Downloads/PDFs/190911_Sustainability_Report_2017_2018_Web.pdf
60. VAN EYGEN, Emile, David LANER a Johann FELLNER. Circular economy of plastic packaging: Current practice and perspectives in Austria. *Waste Management* [online]. 2018, 72, 55-64. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2017.11.040
61. STARKES ERGEBNIS FÜR GETRENNTE SAMMLUNG 2021. In: *ARA: Alstoff Recyclig Austria* [online]. 27.12.2021. Dostupné z: <https://www.ara.at/news/starkes-ergebnis-fuer-getrennte-sammlung-2021>
62. Složitý systém nakládání s obalovými odpady na Slovensku. In: *EKOKOM* [online]. 6. 12. 2021. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/slozity-system-nakladani-s-obalovymi-odpady-na-slovensku/>
63. BÁRTA, Martin. Slovensko schválilo nový program odpadového hospodářství, zavede i značku kvality pro kompost. In: *EnergoŽrouti* [online]. 24. 11. 2021. ISSN 2694-9962. Dostupné z: <https://energozrouti.cz/z/slovensko-schvalilo-novy-program-odpadoveho-hospodarstvi-zavede-i-znacku-kvality-pro-kompost>
64. Slovensko na začátku ledna zavede zálohování plastových lahví a plechovek. In: *ČTK* [online]. 26.12.2021. Dostupné z: <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/slovensko-na-zacatku-ledna-zavede-zalohovani-plastovych-lahvi-a-plechovek/2137622>

9 SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ARA	Alstoff Recyclig Austria
B2B	Bottle-to-bottle
DRS	Deposit Refund Systém
EFSA	Evropský úřad pro ochranu potravin
ERP	Extended Producer Responsibility
GAIA	Global Alliance for Incinerator Alternatives
HDPE	Vysokohustotní polyetylen
LDPE	Nízkohustotní polyetylen
LLDPE	Lineární polyetylen s nízkou hustotou
OZV	Organizácia zodpovednosti výrobcov
PA	Polyamid
Palpa	Suomen Palautuspakkaus Oy
PBAT	Polybutylenadipát tereftalát
PBT	Polybutylentereftalát
PE	Polyetylen
PET	Polyethylentereftalát
PHA	Polyhydroxyalkanoát
PLA	Kyselina polymléčná
PMMA	Polymethylmetakrylát
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PTFE	Polytetrafluorethylen
PTT	Polytrimethylentereftalát
PUR	Polyuretan
PVC	Polyvinylchlorid
TAP	Tuhá alternativní paliva
ZEVO	Zařízení pro energetické využití odpadu
ZSVR	Zentrale Stelle Verpackungs Register

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Množství vyrobeného plastu v roce 2018 v porovnání s rokem 1950 [4]....	10
Obrázek č. 2: Infografika Použití plastů v EU [4]	11
Obrázek č. 3: Světové kapacity pro výrobu biopolymerů v roce 2020 [8]	14
Obrázek č. 4: Vývoj skladby tříděného plastu v procentech 2008-2016 [17]	24
Obrázek č. 5: Účinnost procesu dotřídění plastových komunálních odpadů [12]	24
Obrázek č. 6: Výtěžnost plastu v krajích ČR v letech 2016-2020 [10]	25
Obrázek č. 7 Světová produkce plastů [36]	28
Obrázek č. 8: Legislativa pro plastové tašky v zemích světa [37].....	31
Obrázek č. 9: Míra recyklace plastových odpadů v EU [4].....	40
Obrázek č. 10: Využití plastových odpadů v Německu v roce 2017 v kg/os [57]	51
Obrázek č. 11: Využití plastových odpadů v Rakousku v roce 2013 v kg/os [57].....	52
Obrázek č. 12: Srovnání sběru, dotřídění a recyklace plastových odpadů podle druhu v Rakousku v roce 2013 [60]	53

11 SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Základní systematické rozdělení plastů dle chemického složení [3].....	10
Tabulka č. 2: Přehled využití plastových materiálů [6].....	13
Tabulka č. 3: Hlavní druhy plastů a jejich míra recyklace [24].....	22

12 SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Množství generovaného plastového odpadu v kilogramech na osobu v roce 2018 [9].....	16
Graf č. 2: Podíl recyklovaného komunálního odpadu v jednotlivých zemích v roce 2018 [46].....	38
Graf č. 3: Podíl recyklovaného komunálního odpadu v jednotlivých zemích v roce 2020 [46].....	39
Graf č. 4: Podíl recyklovaných odpadů z plastových obalů v roce 2018 [47].....	41
Graf č. 5: Podíl recyklovaných odpadů z plastových obalů v roce 2019 [47].....	42
Graf č. 6: Podíl využitých odpadů z plastových obalů v roce 2019 [48].....	43
Graf č. 7: Množství skládkovaného plastového odpadu v kilogramech na osobu v roce 2018 [50].....	44
Graf č. 8: Množství energeticky využitého plastového odpadu v kilogramech na osobu v roce 2018 [50].....	46
Graf č. 9: Kapacita zařízení na energetické využití odpadů v roce 2018 [51].....	47