



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

ODHAD SLOŽENÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ Z POHLEDU OBALŮ

ESTIMATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE COMPOSITION FROM THE PERSPECTIVE OF PACKAGING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adéla Doležalová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. František Janošák

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav procesního inženýrství
Studentka:	Bc. Adéla Doležalová
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Procesní inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. František Janošťák
Akademický rok:	2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Odhad složení komunálních odpadů z pohledu obalů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Materiálově složení odpadu je jednou z klíčových informací pro budoucí vývoj a predikce v rámci odpadového hospodářství. Typickým přístupem pro jeho odhad je realizace rozborů odpadů se zaměřením na sledování variability materiálů. Provádění rozborů odpadů není jednoduchá záležitost a je s tím spojeno mnoho problému. Klíčovým problémem je především nejednotná metodika, časová náročnost prováděných rozborů, ale také kvalita hodnoceného vzorku, která je ovlivněna chemickými a fyzikálními procesy před samotným zahájením rozboru. Úkolem této diplomové práce je přistoupit ke stanovení materiálového složení z opačné strany a dokázat analyzovat složení na základě ekonomického hlediska. V tomto ohledu bude provedena detailní analýza finančního vydání za jednotlivé produkty s pomocí tzv. spotřebního koše. Pozornost bude kladena zejména na obaly, které se stávají odpadem okamžitě po nákupu.

Cíle diplomové práce:

Provedení rešerše legislativy se zaměřením na odpadovou problematiku

Statistické zpracování spotřebního koše

Odhad zastoupení materiálově využitelných složek v komunálních odpadech se zaměřením na obaly

Seznam doporučené literatury:

BENEŠOVÁ, Libuše, Bohumil ČERNÍK, Markéta DOLEŽALOVÁ, Věra HAVRÁNKOVÁ, Zdenka KOTOULOVÁ, Karolina MAREŠOVÁ a Jan SLAVÍK. Komunální a podobné odpady. 2011. Praha: ENZO. ISBN 978-80-901732-1-7.

NOVÁK, Michal. Analýza složení komunálních odpadů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2019. 71 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radovan Šomplák, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Předložená diplomová práce se zabývá odhadem zastoupení materiálově využitelných složek v komunálních odpadech se zaměřením na obaly. Odhad je proveden na základě analýzy finančního vydání za jednotlivé produkty s pomocí tzv. spotřebního koše. Součástí práce je také rešerše životního cyklu obalu a s ní spojená legislativa.

Klíčová slova

Komunální odpad, analýza složení odpadů, odpad z obalů, obaly

ABSTRACT

This master's thesis focuses on prediction of presence of reusable material components in municipal waste with special focus on packaging materials. This prediction is based on analysis of financial costs of individual products according to the so-called market basket. Research of packaging's life cycle and involving legislature is also a part of this thesis.

Key words

Municipal waste, waste composition analysis, packaging waste, packaging

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DOLEŽALOVÁ, Adéla. *Odhad složení komunálních odpadů z pohledu obalů*. Brno, 2020. 63 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního inženýrství. Vedoucí práce Ing. František Janošťák.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Odhad složení komunálních odpadů z pohledu obalů vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Adéla Doležalová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych tímto poděkovala Ing. Františku Janošťákovi za podnětné rady, cenné připomínky, vstřícný přístup a čas, který mi v průběhu psaní práce věnoval.

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 Úvod do problematiky obalů a obalového odpadu.....	12
1.1 Legislativní pojmy	12
1.2 Dělení obalů	13
2 Životní cyklus obalu	14
2.1 Volba materiálu.....	15
2.1.1 Plast	15
2.1.2 Papír	17
2.1.3 Kov	17
2.1.4 Sklo.....	18
2.1.5 Dřevo.....	18
2.1.6 Textil	18
2.1.7 Kompozity.....	19
2.2 Uvedení obalu na trhu	20
2.3 Značení obalů.....	20
2.3.1 Materiálová identifikace.....	20
2.3.2 Symbol – Anti-littering	23
2.3.3 Symbol – ZELENÝ BOD a značka EKO-KOM.....	23
2.3.4 Symbol – „e“	23
2.3.5 Výstražné symboly CLP.....	23
2.4 Zánik obalu	25
2.4.1 Recyklace	25
2.4.2 Spalování a energetické využití odpadu.....	26
2.4.3 Skládkování.....	27
3 Analýza složení odpadu.....	28
3.1 Spotřební koš	28
3.1.1 Úprava spotřební koš pro potřeby práce	29
3.2 Obal a jeho součásti	29
3.2.1 Hlavní součásti obalu	29
3.2.2 Vedlejší součásti obalu.....	36
3.3 Volba kombinací materiálu a součásti obalů	40
3.4 Terénní průzkum.....	41
3.5 Odhad hmotnosti jednotlivých obalů	42
3.6 Analýza obalových odpadů.....	43
4 Analýza složení odpadu na základě dat z účtenek.....	44
4.1 Popis účtenky	44
4.2 Použitelnost metodiky v praxi	46
4.2.1 Celkové hodnocení metody	47

4.3	Inovace metodiky pomocí skupinových obalů	47
4.3.1	Skupinové obaly	47
4.3.2	Použitelnost metodiky v praxi	48
4.3.3	Výsledky experimentu	49
4.3.4	Celkové hodnocení metody	51
	ZÁVĚR	53
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM TABULEK.....	62
	SEZNAM PŘÍLOH.....	63

ÚVOD

Odpady provázejí lidstvo již odnepaměti. S hospodářským vývojem, industrializací a hlavně s nárůstem lidské populace je spojeno vzrůstající množství vyprodukovaného odpadu. K tomu se váže přímo otázka jak tento odpad bezpečně, ekologicky a zároveň ekonomicky využít či odstranit. Každý stát si problematiku odpadového hospodářství řeší jinak. Zatímco v méně vyspělých zemích se stále upřednostňuje skládkování, ve vyspělých zemích se od skládkování ustupuje.

Českému odpadovému hospodářství slouží jako předloha hierarchie nakládání s odpady (viz Obr. 1) definovaná ve směrnici 2008/98/EC, která upřednostňuje prevenci vzniku odpadu, a naopak odstranění odpadu bez využití (tj. skládkování) přesouvá na poslední místo.



Obr. 1: Hierarchie nakládání s odpady

Vzhledem k tomu, že bude v České republice v roce 2030 [1] skládkování zakázáno, bude potřeba s odpadem naložit jinak. Z tohoto důvodu bude potřeba odpad buď opětovně využít, recyklovat, kompostovat nebo energeticky využít. Míra daného využití (recyklace, kompostování, ...) závisí na dostupných zařízeních (recyklační linky, kompostárny, ...), které se příslušným využitím zabývají. Výstavba těchto zařízení se odvíjí od materiálového složení odpadu, proto je zcela klíčové mít tuto informaci k dispozici.

Klasickým přístupem pro jeho odhad je provádění rozborů odpadů. Bohužel s rozborů je spojena velká řada problémů, mezi které se řadí například nejednotná metodika, časová náročnost rozborů nebo kvalita hodnoceného vzorku, která je ovlivněna chemickými a fyzikálními procesy před samotným zahájením rozboru.

V případě rozsáhlejších analýz je potřeba provádět i několik desítek rozborů v průběhu celého roku kvůli proměnlivému složení odpadu, ale nejen roční období má vliv na složení odpadu. Mezi další významné faktory je možné zařadit typ zástavby (sídlištní, venkovská a vilová), sezónnost, vzdělání obyvatel (úroveň vzdělání má přímý vliv na množství vytříděného odpadu) nebo přítomnost specifických lokalit (např. zahrádkářská lokalita nebo turistická zóna) [2].

Nejen z těchto důvodů je snaha se rozborům vyhnout a využít jiný způsob nebo alespoň snížit počet rozborů na minimum. Jako jeden z možných způsobů se jeví analýza prováděná na základě ekonomických dat spotřeb domácností (finanční vydání, počet a cena zakoupených produktů). Společně s údajem o typu obalu jednotlivých produktů by šlo určit celkové zastoupení obalových odpadů v komunálních odpadech a zároveň jejich materiálové složení.

Tato diplomová práce navrhuje způsob získávání ekonomických dat domácností, vytváří seznam nejčastěji využívaných obalů, který obsahuje jejich vlastnosti (hmotnost, materiálové složení) a navrhuje metodiku, díky které lze učinit odhad zastoupení materiálově využitelných složek v komunálních odpadech se zaměřením na obaly.

1 Úvod do problematiky obalů a obalového odpadu

Obal a vzniklý obalový odpad je denní součástí vyspělé civilizace. Z tohoto důvodu je potřeba této problematice věnovat určitou pozornost. V České republice (dále jako „ČR“) se této problematice věnuje především zákon č. 77/2001 Sb. o obalech a o změně některých zákonů (dále jako zákon o balech), částečně pak i zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů (dále jako zákon o odpadech).

Zákon o obalech se zabývá obaly, které jsou v ČR uváděny na trh nebo do oběhu. Účelem tohoto zákona je chránit životní prostředí předcházením vzniku odpadů z obalů v souladu s právem Evropské unie. Dále tento zákon stanovuje práva a povinnosti právnických a fyzických osob a působnost správních úřadů při nákladní s obaly [3].

Zákon o odpadech významně ovlivňuje fungování odpadového hospodářství v ČR. Stanovuje v souladu s právem Evropské unie pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje. Taktéž stanovuje práva a povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství [4].

1.1 Legislativní pojmy

Pro další pochopení práce je potřeba definovat některé pojmy, které jsou vytaženy z výše zmíněných zákonů.

Obal – výrobek zhotovený z materiálu jakékoli povahy a určený k pojmání, ochraně, manipulaci, dodávce, popřípadě prezentaci výrobku nebo výrobků určených spotřebiteli nebo jinému konečnému uživateli [3].

Výrobek – jakákoli věc, která byla vyrobena, vytěžena nebo jinak získána bez ohledu na stupeň jejího zpracování a je určena k uvedení na trh nebo do oběhu [3].

Nakládáním s obaly – výroba obalů, uvádění obalů nebo balených výrobků na trh nebo do oběhu, použití obalů, úprava obalů a opakované použití obalů [3].

Odpad – každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit [4].

Komunální odpad – veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání [4].

Odpadové hospodářství – činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností [4].

Nakládání s odpady – obchodování s odpady, shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů [4].

Sběr odpadů – soustřeďování odpadů právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání od jiných osob včetně jejich předběžného třídění a předběžného skladování za účelem jejich přepravy do zařízení na zpracování odpadu [4].

Tříděný sběr – sběr, kdy je tok odpadů oddělen podle druhu, kategorie a charakteru odpadu s cílem usnadnit specifické zpracování [4].

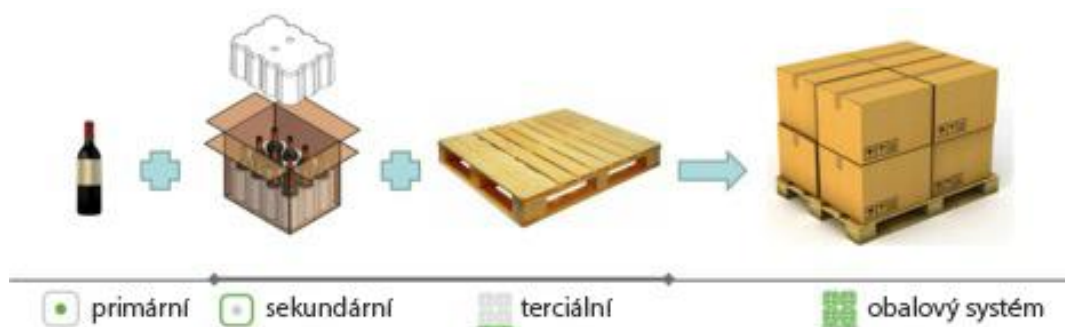
Recyklace odpadů – jakýkoliv způsob využití odpadů, kterým je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky pro původní nebo jiné účely jejich použití, včetně přepracování organických materiálů; recyklací odpadů není energetické využití a zpracování na výrobky, materiály nebo látky, které mají být použity jako palivo nebo zásypový materiál [4].

Odstranění odpadů – činnost, která není využitím odpadů, a to i v případě, že tato činnost má jako druhotný důsledek znovuzískání látek nebo energie [4].

1.2 Dělení obalů

Obaly lze dělit podle různých kritérií (vzhled, materiál, životnost, ...). Z pohledu legislativy je pevně ukotveno především dělení dle funkce:

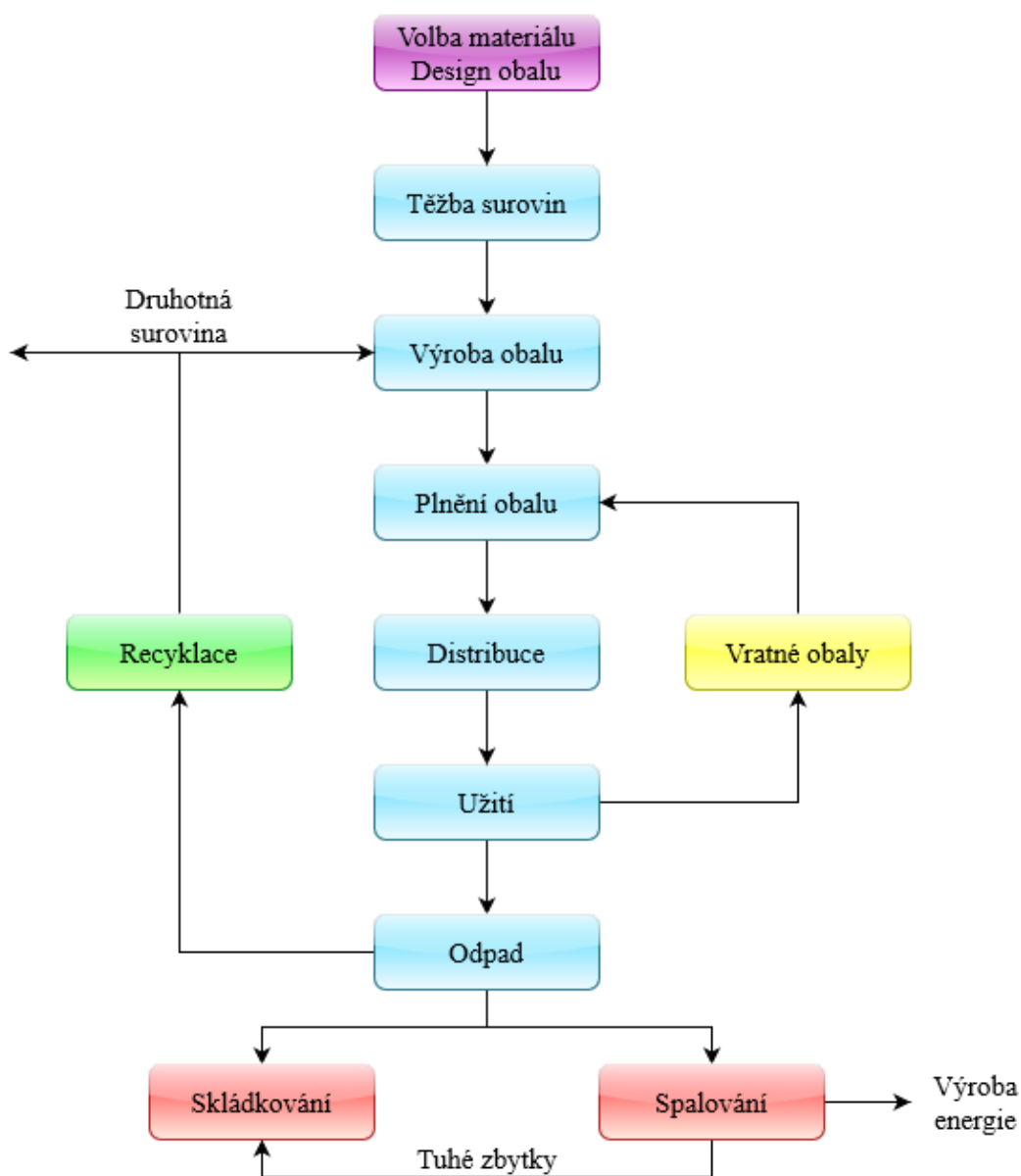
- **Prodejní obal (primární)** – Tvoří prodejní jednotku v místě nákupu a je určen spotřebiteli nebo jinému konečnému uživateli. Při odstranění dochází k degradaci výrobku [3]. Tyto obaly tvoří přibližně 30% celkové hmotnosti vyprodukovaného domácího odpadu [5].
- **Skupinový obal (sekundární)** – Tvoří skupinu určitého počtu prodejních jednotek v místě nákupu, může být určen spotřebiteli nebo jinému konečnému uživateli, či se dá použít jako pomůcka pro umístění do regálů v místě prodeje. Skupinový obal může být odstraněn, aniž by došlo ke změně vlastností nebo zničení výrobku [3].
- **Přepravní obal (terciální)** – Je určený k ulehčení manipulace s určitým množstvím prodejních jednotek nebo skupinových obalů. Dále má za úkol chránit prodejní jednotku před fyzickým poškozením během přepravy [3].



Obr. 2: Úrovně obalů [6]

2 Životní cyklus obalu

Každý obal prochází během života několika fázemi. Samotný cyklus začíná v okamžiku potřeby obalu. Je proto vytvořen návrh obalu (volba materiálu, design) tak, aby splňoval specifické požadavky výrobku. Jakmile je návrh kompletní lze se přesunout k samotné výrobě. Obal je vyráběn z primárních nebo druhotných surovin nebo případně jejich kombinací. Jakmile je obal vyroben je předán k plnění a následné distribuci ke konečnému spotřebiteli. Ve chvíli, kdy obal přestane plnit své funkce, stává se z něj odpad, který je předán dle dané situace k recyklaci, ke spálení nebo na skládku. Pro lepší přehlednost je životní cyklus obalu zobrazen na Obr. 3.



Obr. 3: Životní cyklus obalu [7]

2.1 Volba materiálu

Při volbě obalového materiálu je potřeba dbát na to, aby obal byl co nejvíce konkurenceschopný s ohledem na vlastnosti výrobku a jeho interakce s obalem, marketingových úvah (včetně distribučních potřeb a potřeb spotřebitelů), životního prostředí a náklady. Vyvážení tolika faktorů je nejen obtížné, ale také vyžaduje odlišnou analýzu pro každý výrobek zvlášť.

Tato kapitola představuje nejběžněji používané materiály určené pro obaly a jejich vlastnosti.

2.1.1 Plast

Plast je nejčastější a nejrozsáhlejší materiál používaný pro prodejní obaly. Široké uplatnění plastů jako obalový materiál je dán nízkými náklady, snadnou zpracovatelností, tvarovatelností, chemickou odolností a nízkou hmotností [8].

Plasty se dělí na dvě základní skupiny:

- termoplasty,
- termosety (duroplasty).

Hlavní fyzikální rozdíl mezi termoplasty a termosety je chování v přítomnosti tepla. Rozdíl mezi těmito plasty spočívá v tom, že termoplasty lze opakovaně tavit, zatímco termosety zůstávají po vytvrzení v pevném stavu. V důsledku těchto fyzikálních vlastností mají termoplasty nízké teploty tání, zatímco termosety odolávají vysokým teplotám [8].

Běžně se lze s termosety setkat ve formě lepidel a povlaků. Taktéž se termosety používají jako těsnění. Jsou charakteristické odolností vůči vysokým teplotám, rozměrovou stabilitu a nelze je recyklovat nebo opakovaně tvarovat. Jako příklady termosetů lze uvést epoxidy, polyestery a aminoplasty [8] [9].

Termoplasty, mezi které patří polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS) a další, tvoří většinu zpracovávaných plastů. Jedna z největších předností termoplastů je možnost recyklace. Jedná se o vhodný materiál pro výrobu obalů [8] [9].

PET

Polyethylentereftalát zkráceně PET je obalový materiál obvykle používaný ve formě PET lahví pro rozličné kapaliny, obzvláště nealkoholické nápoje. Jeho výhodou je nízká cena, dobrá recyklovatelnost a vhodnost pro styk s potravinami. Nevýhoda PET je pak špatná odolnost vůči některým chemikáliím, především roztoky silných zásad či kyselině dusičné [10] [11].

LDPE

LDPE (případně PE-LD) je polyethylen s nízkou hustotou (hustota LDPE je okolo 920 kg/m³). Jedná se o houževnatý materiál, který má dobrou rozměrovou stabilitu. Mezi další vlastnosti LDPE se řadí průsvitnost, odolnost proti povětrnostním vlivům, dobrá chemická odolnost, nízká absorpce vody a snadná zpracovatelnost. Folie vyrobené z LDPE naruší od HDPE jsou na dotek měkké. Slouží primárně v obalové sféře k výrobě folií a tašek [12] [13].

HDPE

HDPE (případně PE-HD) zkratka používaná pro polyethylen s vysokou hustotou, která se pohybuje v rozmezí od 950 do 970 kg/m³. HDPE je na rozdíl LDPE pevnější, tvrdší a odolává vyšším teplotám. Teplotní odolnost HDPE je až do 100 °C. Dále je chemicky odolný, voděodolný, vhodný pro styk s potravinami a recyklovatelný. Hojně se tento materiál využívá pro výrobu sáčků, které se nazývají mikroten [14] [15].

PS

PS je zkratka, která se používá pro polystyren. Standartní polystyren je tvrdý a křehký materiál s relativně nízkou teplotou tání. Pěnový polystyren je neprůhledný, tuhý a lehký materiál, který může funguje jako ochrana proti nárazu. Mezi typické aplikace PS jsou víčka, kelímky, jednorázové boxy pro hotová jídla a další. U nepotravinářských výrobků se využívá jako ochrana při transportaci křehkých výrobků [16].

PVC

Polyvinylchlorid zkráceně PVC je těžký, tuhý, tažný, amorfni a transparentní materiál. Má vynikající odolnost proti chemikáliím, tukům a olejům. Ačkoli se PVC primárně používá v lékařských a jiných nepotravinářských aplikacích, objevuje se i v potravinářské sféře ve formě láhví a obalových fólií. Vzhledem k tomu, že je snadno tvarovatelný za tepla, jsou pláty z PVC široce používány pro blistry (Obr. 4) [16].

Složení používaných PVC se značně liší (přidavná barviva, plniva, změkčovadla apod.). To výrazně komplikuje recyklaci, jelikož je velmi obtížné vymyslet vhodnou metodu přepracování, která by byla použitelná pro všechny typy PVC. Enviromentální problém představuje i jeho spalování kvůli obsahu chlóru [16] [17].



Obr. 4: Blistr z PVC a ALU [18]

PP

PP je zkratka používaná pro polypropylen, který se používá často jako náhrada PVC. Jedná se o plast používaný kvůli své nízké hmotnosti, pevnosti, recyklovatelnosti, zpracovatelnosti a odolnosti vůči chemikáliím a vlhkosti. Polypropylen se taktéž používá v případě potřeby tepelné odolnosti. Běžně se PP používá pro výrobu lahví, kelímků, sáčků a víček [14] [19].

2.1.2 Papír

Obalový papír se používá převážně pro balení suchých potravin či jiných suchých výrobků nebo jako sekundární obal. Povlakováním nebo voskováním papíru je rozšířeno použití i na obaly pro mokré a mastné potraviny. Papírové obaly se nejčastěji vyskytují ve formě plochého obalu (pojem definován v kap. 3.2.1), krabice, sáčku nebo kelímku [20].

Papír se v dnešní době vyrábí převážně z dřevěné buničiny. Dále se pro výrobu papírových obalů taktéž využívá recyklovaného papírového materiálu. Ač je papír vhodný materiál pro recyklaci je patřičné upozornit na to, že nesmí být poškozen jiným druhem odpadu např. mastnotou [21].

V případě papírových obalů se lze setkat ještě s pojmy karton a lepenka. Karton je papírový materiál, který je tužší než papír. Jeho plošná hmotnost se pohybuje v rozmezí od 150 do 250 g/m². Lepenka je pak materiál vznikající slepením několika vrstev papíru. Plošná hmotnost je vyšší než 250 g/m² [21].

2.1.3 Kov

Obaly z kovu jsou převážně vyráběny z ocele nebo hliníku. Jedná se o obalový materiál, který má velmi dobré mechanické, bariérové a antiseptické vlastnosti. Kovové obaly se používají jak ve spotřebitelské sféře, tak i v té průmyslové. Jako příklad průmyslových obalů lze uvést bubny, sudy a přepravní konev [22].



Obr. 5: Nerezová přepravní konev [23]

Ocel

Ocel se používá nejčastěji pro plechovky a uzávěry. Jelikož je ocelový obal v bezprostředním kontaktu s výrobkem, je potřeba, aby ocel odolávala korozi. K tomu se využívají organické povlaky. Ocelové plechovky jsou buď vyráběny z pocínované oceli, anebo z elektrolyticky chromem potažené oceli (zkratka ECCS). Oba typy je možné recyklovat [19].

Pocínovaná ocel je dobrá bariéra pro plyny, vodní páry, světlo a pachy. Má dobrou tažnost a tvárnost a je vhodná pro sterilní výrobky, protože může být podrobena tepelnému zpracování a hermetickému utěsnění. Je lehká se značnou mechanickou pevností. Běžná aplikace pocínované oceli je plechovka pro průmyslově zpracované potraviny [19].

Ocel neobsahující cín má také dobrou pevnost a tvarovatelnost a je o něco levnější než pocínovaná ocel. Chrom nebo oxid chromu v ECCS z něj činí dobrý materiál pro přilnavost povlaku, jako jsou laky a barvy. Aplikace oceli bez cínu zahrnují plechovky na potraviny jako jsou mořské plody a ryby [19].

Hliník

Hliník se obecně používá pro nápojové plechovky, folie a kávové kapsle. Má dobrou odolnost proti kolísání teploty a působí jako vynikající plynová bariéra, která prodlužuje trvanlivost potravin. Taktéž pomáhá udržovat čerstvost a aroma potravin a je dobrý pro ochranu před zářením, kyslíkem, vlhkostí, oleji a mikroorganismy. Je snadno tvarovatelný, lehký a lze jej recyklovat teoreticky do nekonečna. Legovací prvky, jako je hořčík a mangan, se někdy přidávají do hliníku, aby se zvýšila jeho pevnost [19].

2.1.4 Sklo

Obalové sklo je materiál, ze kterého se obvykle vyrábí skleněné láhve pro alkoholické i nealkoholické nápoje, zavařovací sklenice a lahvičky pro léčiva nebo kosmetiku. Hlavní suroviny pro výrobu obalového skla je oxid křemičitý (70 – 73,5 %), oxid sodný (13 – 15 %) a oxid vápenatý (6 – 11 %). Další příměsi jsou oxid hořečnatý, oxid hlinitý a v případě barevného skla další barvicí oxidy. Sklo se ze směsi vyrábí tavením při teplotách 1450 až 1550 °C [21].

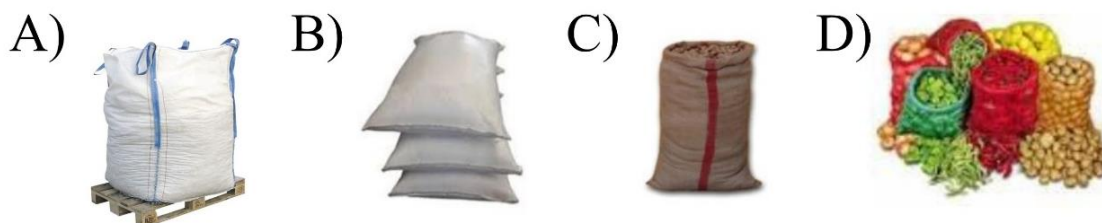
Hlavní výhody obalového skla jsou chemická odolnost, průhlednost, omyvatelnost a možnost sterilizace. Je to také jeden z nejvhodnějších materiálů pro recyklaci. Mezi hlavní nevýhody se řadí ekonomicky a technologicky náročná separace z komunálního odpadu, proto se v ČR a dalších vyspělých zemích využívá separovaného sběru bílého a barevného skla nebo zpětného odběru zálohovaných lahví. Další nevýhoda je také energetická náročnost procesu tavení [20] [21].

2.1.5 Dřevo

Dřevěné obaly se používají převážně jako přepravní obaly z důvodu vysoké nosnosti, stability a dobrých izolačních vlastností. Obvykle se s nimi lze setkat ve formě beden, palet nebo přepravek [24].

2.1.6 Textil

Obalové textilie se používají k přepravě, skladování a ochraně zboží. Jsou používány převážně v průmyslu a zemědělství. Dříve se používaly textilie přírodního původu, jako juta, bavlna nebo přírodní vlákna, dnes jsou však nahrazovány moderními syntetickými vlákny. Většinou se textilní obaly objevují ve formě velkoobjemových vaků, skladovacích pytlů, síťových obalů nebo sacích absorbérů pod jídlo [25].



Obr. 6: Textilní obaly [26]

A) velkoobjemový vak, B) pytle z polyolefinu, C) jutový pytel a D) síťové pytle

2.1.7 Kompozity

Kompozit lze definovat, jako materiál skládající se minimálně ze dvou různých komponentů, resp. materiálů, které mají značně odlišné vlastnosti a nelze je od sebe ručně oddělit. Vlastnosti kompozitních obalů nelze jednotně charakterizovat, protože každý kompozit má odlišné složení. Většina kompozitních obalů je také obtížně recyklovatelná z důvodu různých zpracovatelských teplot jednotlivých komponent [27].

Dle zákona o obalech jsou za kompozitní obaly považovány pouze ty, u nichž žádný z komponentů kompozitu neváží více jak 70 % celkové váhy obalu. Na druhou stranu u bývalé normy ČSN 77 0052-2 byla tato hranice vyšší a to 95 %. Pro zpracovatele (např. papírny) jsou tyto hranice nepodstatné a vždy musí mít technologii uzpůsobenou danému kompozitu nehledě na to, jestli je materiál obalu dle zákona považován za kompozit nebo ne [27].

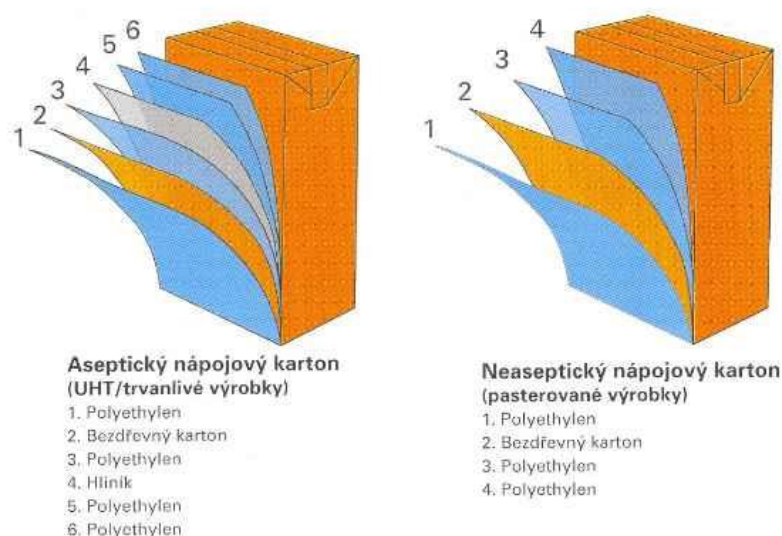
Co za kompozit nelze považovat jsou obaly, které se po vizuální stránce sice mohou jevit jako kompozit složený z hliníkové folie, ale v konečném důsledku se jedná pouze nástřík nebo lak. Jako příklad lze uvést sáček od bramborových lupínků [27].

Nápojový karton

Nápojový karton se řadí mezi nejznámější představitele kompozitních obalů. Jedná se o kompozit papíru, polyetylenu a v některých případech i hliníku. Papír dodává obalu pevnost, polyetylen chrání obsah před vlhkostí a mikroorganismy a hliník chrání obsah obalu před světlem. Nápojové kartony dělíme na:

- aseptické,
- neaseptické [28].

Aseptický nápojový karton je určen pro trvanlivé výrobky a neaseptický pak pro výrobky pasterizované. Liší se složením kompozitu, aseptický typ má 6 vrstev (1 papír, 4 polyetylen, 1 hliník) a neaseptický má pouze 4 vrstvy (1 papír, 3 polyetylen). Rozdíl je zobrazen na Obr. 7. Největší výhodou je téměř dokonalá ochrana obsahu nápojového kartonu. Je také možné nápojový karton recyklovat, ale pouze na speciálních linkách. Ve větší míře se nazpět získávají pouze papírová vlákna [28].



Obr. 7: Nápojový karton, aseptický a neaseptický [29]

2.2 Uvedení obalu na trh

Aby obal mohl být uveden na trh, musí se řídit platnou legislativou. V České republice se tomu věnuje zákon o obalech 477/2001 Sb. ustanovení §3 a §4. Ustanovení §3 se věnuje prevenci vzniku odpadu z obalu a ustanovení §4 se zabývá podmínkami uvádění obalů na trh. Požadavky lze považovat za splněné, je-li obal vyroben v souladu s harmonickými českými technickými normami [3] [30]. Seznam technických norem pro vyhodnocení, zda obal splňuje požadavky pro uvedení obalu na trh je uveden v Tab. 1.

Tab. 1: Technické normy pro vyhodnocení, zda obal splňuje požadavky pro uvedení obalu na trh [30]

Norma	Název
ČSN EN 13427	Obaly – Požadavky na používání evropských norem pro obaly a odpady z obalů
ČSN CR 13695-1	Obaly – požadavky na měření a ověřování čtyř těžkých kovů a jiných nebezpečných látek přítomných v obalech a jejich uvolňování do okolního prostředí Část 1: Požadavky na měření a ověřování čtyř těžkých kovů přítomných v obalech
ČSN CR 13695-2	Obaly-Požadavky na měření a ověřování čtyř těžkých kovů a jiných nebezpečných látek přítomných v obalech a jejich uvolňování do okolního prostředí Část 1: požadavky na měření a ověřování jiných nebezpečných látek přítomných v obalech
ČSN EN 13428	Obaly – Specifické požadavky na výrobu a složení – Prevence snižováním zdrojů
ČSN EN 13429	Obaly – Opakované použití
ČSN EN 13430	Obaly – Požadavky na obaly využitelné k recyklaci materiálu
ČSN EN 13431	Obaly – požadavky na obaly využitelné jako zdroj energie, včetně specifikace nejnižší výhřevnosti
ČSN EN 13432	Obaly – Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci – Zkušební schéma a kritéria hodnocení pro konečné přijetí obalu

2.3 Značení obalů

Převážná část obalů je označena různými druhy symbolů, které mají za úkol spotřebitele informovat o vlastnostech výrobku nebo obalu, či způsobu, jak s nimi zacházet. Některé symboly jsou ze zákona povinné a některé jsou dobrovolné. Ty nejvýznamnější symboly jsou uvedeny v této podkapitole [31].

2.3.1 Materiálová identifikace

Ze zákona o obalech plyne, že obal uváděný na trh nemusí být označen materiálovou identifikací, ale jestliže výrobce uvádějící obal nebo balený výrobek chce označit, musí se řídit platnou Evropskou legislativou. Dříve toto značení bylo povinné a řídilo se technickou normou ČSN 77 0052-2. Tato norma byla bez náhrady zrušena k 30. 9. 2014 [27].

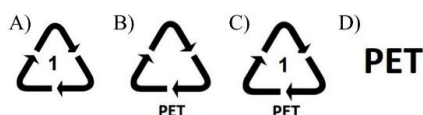
Přestože zákon již nenařizuje materiálovou identifikaci, jak již bylo zmíněno dříve, mnohé společnosti i nadále a na svých výrobcích uvádějí, z čeho byl obal vyroben. Tyto informace pak mohou spotřebiteli pomoci při třídění odpadu [27].

Ačkoliv norma ČSN 77 0052-2 (dále jen norma) již není platná, může být dobrou předlohou, jak i dnes správně označit obal materiálovou identifikací. Samotná norma nepracovala s pojmem obal, ale místo toho používala pojem součást obalu, jelikož ne vždy je obal složen pouze z jedné součásti, resp. materiálu. Norma taktéž udávala, které součásti obalů nemusely být označeny (jednalo se o součásti obalu o objemu 50 ml a 5 g a dále pak o součásti jako jsou etikety, uzávěry, visačky, dávkovače atd.) [27].

Norma taktéž obsahovala návod, jak by mělo označení materiálové identifikace vypadat. Výrobce se mohl rozhodnout pro jednu ze čtyř variant:

- identifikační číselný kód a Möbiova smyčka (Obr. 8 – A),
- identifikační písmenný kód a Möbiova smyčka (Obr. 8 – B),
- identifikační písmenný a číselný kód a Möbiova smyčka (Obr. 8 – C),
- prolis pouze písmenného kódu materiálu bez Möbiovy smyčky ve dně či stěně součásti obalu (Obr. 8 – D) [27].

Möbiova smyčka je obrazec skládající se ze tří šipek uspořádaných do rovnostranného trojúhelníku. Tento symbol dle normy ISO 14021 lze veřejně použít na výrobcích nebo obalech, které je možno recyklovat [27].



Obr. 8: Materiálová identifikace – variace značení [27]

Identifikační číselné a písmenné kódy materiálů byly uvedeny v normě v příloze B až H. Norma tento systém kódů přebrala z Rozhodnutí Komise 97/129/ES. Seznam identifikačních kódů je uvedeno v Tab. 2 až Tab. 8 [27].

Dále se norma zabývala umístěním materiálové identifikace. Značení muselo být umístěno na dané součásti obalu potiskem, vytlačěním, vyražením nebo jiným vodným způsobem nebo tento symbol byl udán na etiketě, která byla k dané součásti připevněna [27].

Tab. 2: Identifikační kódy – Plasty [32]

Materiál	Písmenný kód	Číselný kód
Polyethylentereftalát	PET	1
Vysokohustotní (lineární) polyetylén	HDPE	2
Polyvinylchlorid	PVC	3
Nízkohustotní (rozvětvený) polyetylén	LDPE	4
Polypropylén	PP	5
Polystyren	PS	6
Ostatní		7

Tab. 3: Identifikační kódy – Papíry a lepenky [32]

Materiál	Písmenný kód	Číselný kód
Vlnitá lepenka	PAP	20
Hladká lepenka	PAP	21
Papír	PAP	22

Tab. 4: Identifikační kódy – Kovy [32]

Materiál	Písmenný kód	Číselný kód
Ocel	FE	40
Hliník	ALU	41

Tab. 5: Identifikační kódy – Dřevo [32]

Materiál	Písmenný kód	Číselný kód
Dřevo	FOR	50
Korek	FOR	51

Tab. 6: Identifikační kódy – Textil [32]

Materiál	Písmenný kód	Číselný kód
Bavlna	TEX	60
Juta	TEX	61

Tab. 7: Identifikační kódy – Sklo [32]

Materiál	Písmenný kód	Číselný kód
Bílé sklo	GL	70
Zelené sklo	GL	71
Hnědé sklo	GL	72

Tab. 8: Identifikační kódy – Kompozitní materiály [32]

Materiál	Písmenný kód	Číselný kód
Papír a lepenka/různé kovy	C/*	80
Papír a lepenka/plast	C/*	81
Papír a lepenka/hliník	C/*	82
Papír a lepenka/ocelový pocínovaný plech	C/*	83
Papír a lepenka/plast/hliník	C/*	84
Papír a lepenka/plast/hliník/ocelový pocínovaný plech	C/*	85
Plast/hliník	C/*	90
Plast/ocelový pocínovaný plech	C/*	91
Plast/různé kovy	C/*	92
Sklo/plast	C/*	95
Sklo/hliník	C/*	96
Sklo/ocelový pocínovaný plech	C/*	97
Sklo/různé kovy	C/*	98

* Zkratka u kombinovaných obalů: C plus zkratka odpovídající převládajícímu materiálu.

2.3.2 Symbol – Anti-littering

Symbol Anti-littering nebo taky „basketbalista“ (postava cosi odhazující do koše) obdobně jako materiálová identifikace, již není povinná, a tedy nehrozí za její neuzítí na obalu žádná sankce. Dnes funguje jako poučný symbol s významem: neznečišťuj životní prostředí [27].



Obr. 9: Symbol Anti-littering [33]

2.3.3 Symbol – ZELENÝ BOD a značka EKO-KOM

Značku ZELENÝ BOD nebo značku EKO-KOM mohou spotřebitelé najít na obalech, za které společnosti uhradili finanční příspěvek organizaci zajišťující zpětný odběr a využití obalového odpadu. Na území České republiky je touto organizací společnost EKO-KOM a.s. (dále jen EKO-KOM). Licence poskytnuta společností EKO-KOM opravňuje k používání značky ZELENÝ BOD nebo značky EKO-KOM pouze na území České republiky [31].



Obr. 10: Symbol zelený bod na levé straně a značka EKO-KOM na pravé straně [31]

2.3.4 Symbol – „e“

Symbol „e“ je mezinárodní nepovinný údaj, který má informovat spotřebitele, že deklarované množství výrobku uvedeného na obale je stejné eventuálně větší. V případě použití, musí být symbol umístěn ve stejné úrovni jako údaj o množství (objemu nebo hmotnosti) [34].












Obr. 11: Symbol „e“ [35]

2.3.5 Výstražné symboly CLP

Výstražné symboly CLP se vyskytují u výrobků obsahujících chemické látky. Mají za úkol informovat spotřebitele nebo jiného konečného uživatele o rizicích s tímto výrobkem spojených. Této problematice se věnuje nařízení Evropské unie č. 1272/2008 (nařízení CLP nebo CLP), které vstoupilo v platnost dne 20. ledna 2009. Nařízení CLP používá symboly vycházející z globálně harmonizovaného systému klasifikace a označování chemických látek Organizace spojených národů (GHS OSN). Seznam výstražných symbolů je uveden Tab. 9 [36].

Tab. 9: Seznam výstražných symbolů [37]

Název	Výstražný symbol	Co znamená	Kde se používá
Výbušnina		Nestabilní výbušnina. Nebezpečí masivního výbuchu.	Zábavní pyrotechnika, střelivo.
Hořlavý		Vysoce hořlavý nebo extrémně hořlavý plyn, aerosol, kapalina a páry.	Lampový olej, benzín, odlakovač na nehty, dezinfekční prostředek na mytí rukou, lepidlo
Oxidující		Může způsobit požár (nebo jej zesílit) nebo výbuch.	Bělidlo, kyslík
Plyn pod tlakem		Při zahřívání může vybuchnout, způsobit poleptání nebo poranění.	Obaly nebo láhve s plynem
Korozivní		Může způsobit korozi kovů, těžké poleptání kůže a poškození očí.	Čističe odpadů, kyseliny, zásady, čpavek, čistič grilu
Akutní toxicita		Při požití, vdechnutí nebo styku s kůží může způsobit poškození zdraví nebo smrt.	Insekticidy, nikotinové, náplně do elektronických cigaret.
Vysoká nebezpečnost pro zdraví		Může poškodit reprodukční schopnost nebo plod v těle matky, vyvolat rakovinu, příznaky alergie nebo astmatu nebo poškodit orgány.	Terpentýn, benzín, lampový olej
Nebezpečnost pro zdraví/ nebezpečný pro ozonovou vrstvu		Může vyvolat alergickou kožní reakci nebo vážné podráždění očí, při požití nebo vdechnutí poškozuje zdraví, poškozuje životní prostředí	Prací prostředky, čistič toalet, nemrznoucí kapalina, čisticí prostředek na okna, silikon, vteřinové lepidlo, fermež
Nebezpečný pro životní prostředí		Toxický pro vodní organismy	Herbicidy, terpentýn, benzín, fermež

2.4 Zánik obalu

V okamžiku, kdy obal přestane plnit svojí funkci, se z obalu stává odpad. Mnohé obalové odpady jsou však stále využitelné a mohou dále sloužit jako vstupní surovina pro výrobu nových výrobků, například dalších obalů. Aby byl proces recyklace co nejúčinnější, je potřeba docílit vysoké čistoty vstupních surovin, které se dosahuje tříděním. Efektivní třídění začíná přímo u původce odpadu, tedy na místě, kde odpad vznikl. Právě proto se v České republice využívá oddělený sběr složek komunálního odpadu. Účinnost této metody třídění je silně závislá na přístupu nebo znalosti, resp. neznalosti jednotlivých občanů [21].



Obr. 12: Nádoby na oddělený sběr odpadu [38]

V České republice je zajišťována sběrná síť pro recyklaci obalů firmou EKO-KOM, která spolupracuje s 6 146 obcemi ČR (data platná k roku 2019), a tedy umožňuje 99 % celé populace v ČR třídít. Této možnosti využívá 73% obyvatel [39].

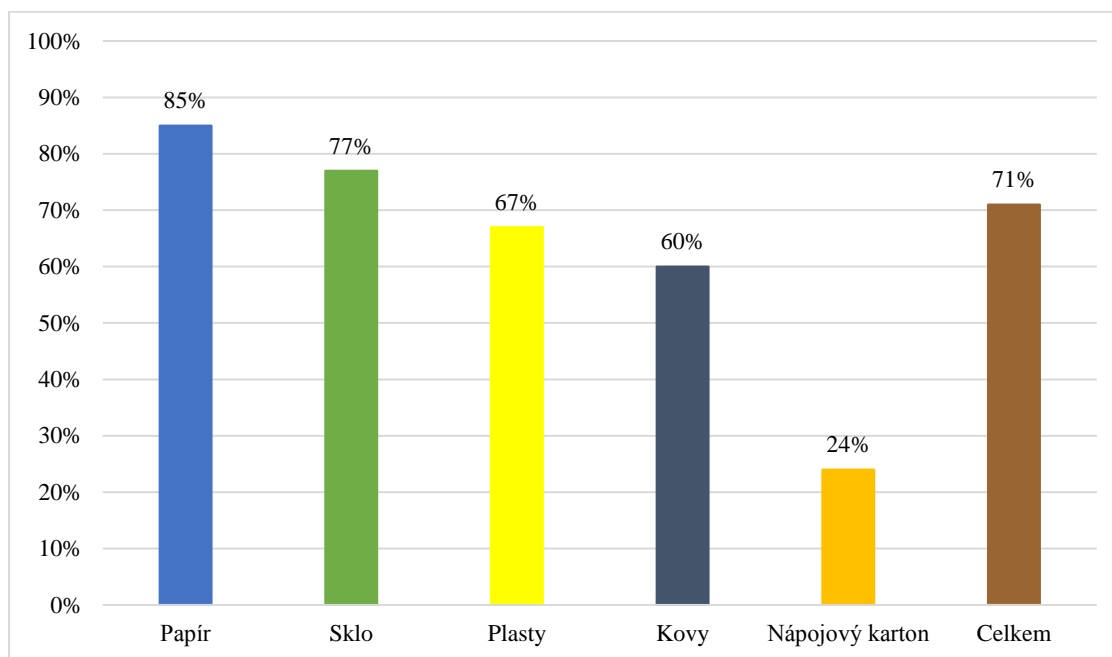
Aby bylo možné separovaný obalový odpad recyklovat, musí se nejprve oddělit od nečistot a dále roztrždit na jednotlivé druhy (čirý PET, barevný PET, HDPE apod.). Tyto úkony jsou prováděny na třídících linkách. Vytříděné suroviny jsou následně předány k recyklaci.

Zbýlý obalový odpad, (z třídících linek nebo ze směsného komunálního odpadu), je zpravidla společně s ostatním odpadem energeticky využít nebo odstraněn [21].

2.4.1 Recyklace

Recyklace odpadu je jakýkoliv proces, u kterého dochází k zpracování odpadu za účelem tvorby nových výrobků, materiálů nebo látek pro původní nebo jiné účely. Za recyklaci odpadu nelze považovat energetické využití odpadu nebo zpracování na výrobky, materiály nebo látky, které mají být použity jako palivo nebo zásypový materiál. Aby byla recyklace ekonomicky schůdná, musí mít recyklované výrobky, materiály nebo látky uplatnění na trhu [21].

Téměř všechny obalové materiály lze recyklovat. V České republice se nejvíce recyklují obaly z papíru, následuje sklo, plasty, kovy a nápojový karton. Míra dosažené recyklace a využití odpadů z obalů za rok 2018 je uvedena na Obr. 13, data byla převzata z EKO-KOMu [39].



Obr. 13: Dosažená míra recyklace a využití odpadů z obalů za rok 2018 [39]

2.4.2 Spalování a energetické využití odpadu

Jeden ze způsobů, jak likvidovat odpad, je spalování. Ke spalování dochází ve spalovnách, kde dochází pouze k likvidaci odpadu, nebo v zařízeních pro energetické využití odpadu (dále jako „ZEVO“), kde dochází k termickému využití odpadu k výrobě tepla a elektrické energie. V současné době jsou v ČR v provozu čtyři taková zařízení: v Praze, v Brně, v Liberci a v Chotíkově u Plzně [40].

Obaly v odpadech lze dělit dle spalitelnosti na inertní (kovové a skleněné obaly) a na spalitelné (plastové, papírové a podobné obaly). Spalitelné obaly zpravidla mají větší výhřevnost než komunální odpad, a proto jsou podstatnou součástí odpadu určeného pro energetické využití. Na druhou stranu inertní obaly jako jsou kovy odchází z kotle jako složka škváry (produkt po spálení odpadu). Kovy (železo a hliník) jsou ze škváry separovány a následně jako druhotná surovina předány k dalšímu využití, resp. recyklaci.

Výhřevnost

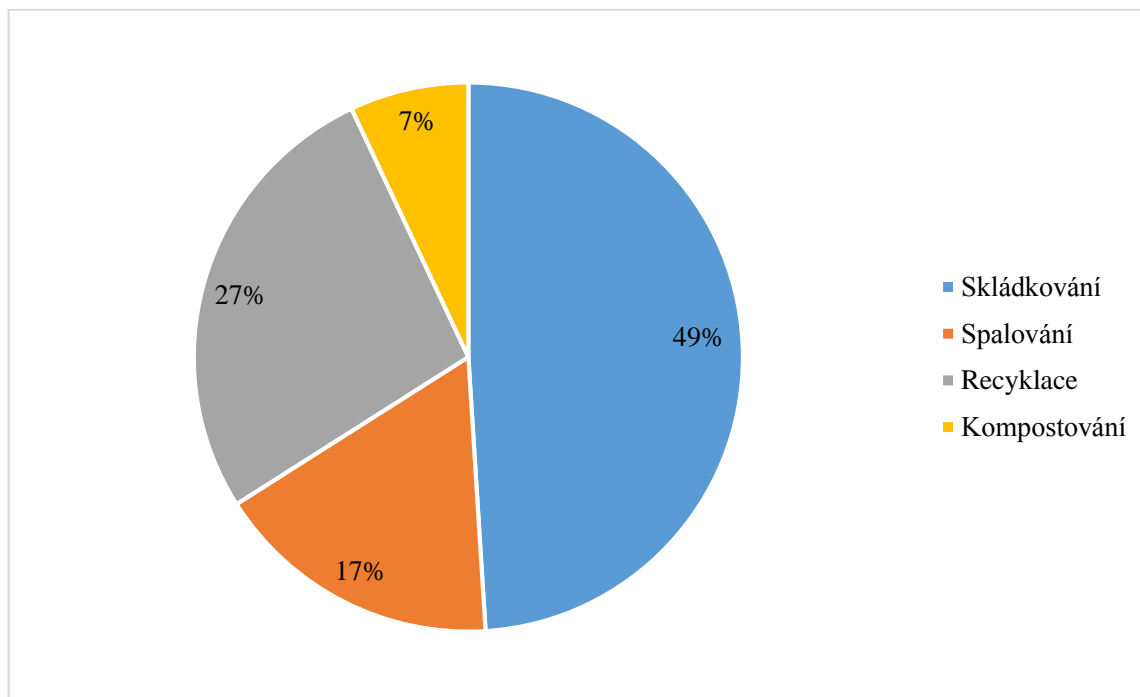
Výhřevnost je chemicko-fyzikální veličina, která udává kolik energie lze získat spálením jednotkového množství (obvykle 1 kg) paliva za vzniku spalin, obsahujících vodu ve formě páry. Tím se definice výhřevnosti liší od definice spalného tepla, které navíc zahrnuje kondenzační teplo vody obsažené ve spalinách [41]. Výhřevnost vybraných frakcí je uvedena v Tab. 10.

Tab. 10: Výhřevnost vybraných frakcí odpadu [42] [43]

Palivo		Výhřevnost [MJ/kg]
Komunální odpad		7–15
Papír (kartón a lepenka)		12,938
Plasty	PET	23,543
	Fólie (LDPE)	37,574
	Jiné obaly (cca HDPE)	40,367
	Jiné plasty (cca PS)	29,755

2.4.3 Skládkování

Jako nejméně výhodný způsob likvidace odpadu dle hierarchie způsobů nakládání s odpady je skládkování. Přesto je skládkování v ČR stále hojně využíváno (viz Obr. 14), a to hlavně z ekonomických důvodů. V roce 2024 měl být tento způsob likvidace legislativně zakázán, s ohledem na nedostatečné kapacity byl tento termín přesunut na rok 2030 [44].



Obr. 14: Nakládání s komunálními odpady v roce 2018 [45]

3 Analýza složení odpadu

Znalost materiálového složení komunálních odpadů je klíčová informace pro budoucí vývoj v odpadovém hospodářství, zvláště pokud je cílem maximalizovat opětovné využití odpadů jako druhotný materiál. Typickým přístupem pro jeho odhad je realizace rozborů odpadů. Jelikož provádění rozborů odpadů patří mezi komplikovaná záležitosti, je snaha vytvořit novou metodu, která by rozborů zjednodušila, nebo dokonce částečně nahradila. Jedním ze způsobů by mohla být metoda, která ke stanovení složení využívá ekonomické hledisko.

Princip spočívá v několika krocích:

- zjištění kolik procent z celkového finančního vydání utratí osoba za jeden typ výrobku (za daný časový úsek),
- zjištění ceny výrobku,
- odhad počtu výrobků, které si osoba koupila,
- odhad hmotnosti obalu výrobku a jeho materiálového složení,
- výpočet celkové hmotnosti obalů, které vznikly zakoupením výrobků.

Pokud by se podařilo naplnit všechny tyto kroky, bylo by možné odhadnout produkci obalů jednotlivých osob podle jejich celkového finančního vydání. Prvním krokem je odhad procent z celkového finančního vydání. Jako podklad slouží tzv. spotřební koš.

3.1 Spotřební koš

Spotřební koš je datový soubor statků (výrobky a služby), který každý položce v seznamu přiřazuje měrnou jednotku a finanční váhu. Měrná jednotka udává, co je považováno za jednu položku ve spotřebním koši. Její typ a velikost se odvíjí od daného statku. Jako příklad lze uvést váha u potravin (rýže loupaná dlouhozrná: 1 kg), objem u nápojů (jakostní víno bílé: 0,75 l) a počet úkonů u služeb (panský kadeřník: 1 úkon). Finanční váha (resp. význam), která je jednotlivým položkám ve spotřebním koši přisouzena, odpovídá procentuálnímu zastoupení z celkové ceny spotřebního koše.

Spotřební koš pro tuto práci byl převzat z Českého statistického úřadu (ČSU), který ho každoročně aktualizuje (spotřební koš použitý v této práci je k roku 2018). Ten se využívá společně s cenami jednotlivých statků k měření inflace v České republice. Odtud se pak určuje výše mzdy, důchodů, nájemného apod. [46].

Statky jsou ve spotřebním koši rozřazeny do 12 oddílů (viz Tab. 11) dle klasifikace ECOICOP (evropská klasifikace individuální spotřeby podle účelu). Oddíly jsou dále děleny na skupiny, třídy a podskupiny (např: oddíl: E01 – Potraviny a nealkoholické nápoje, skupina: E01.1 – Potraviny, třída: E01.11 – Pekárenské výrobky; obiloviny, podskupina: E01.111 – Rýže, položka: E01.111.01 – Rýže loupaná dlouhozrná) [47].

Tab. 11: Klasifikace dle ECOICOP

Oddíl	Ozn.	Počet statků v oddílu	Váha 2016 (%)
Potraviny a nealkoholické nápoje	01	159	177,6
Alkoholické nápoje, tabák	02	23	92,2
Odívání a obuv	03	65	41,5
Bydlení, voda, energie, paliva	04	41	257,2
Bytové vybavení, zařízení domácnosti, opravy	05	79	58,1

Oddíl	Ozn.	Počet statků v oddílu	Váha 2016 (%)
Zdraví	06	18	24,5
Doprava	07	87	101,7
Pošty a telekomunikace	08	8	28,9
Rekreace a kultura	09	108	86,3
Vzdělávání	10	12	5,7
Stravování a ubytování	11	42	59,1
Ostatní zboží a služby	12	50	67,2
Celkem		692	1000

Celkově spotřební koš obsahuje 692 statků, kterým byla přiřazena finanční váha na základě statistických údajů z rodinných účtu v roce 2016. Jako reprezentativní vzorek bylo vybráno 1 551 domácností tak, aby jeho složení odpovídalo struktuře domácností v ČR [48].

3.1.1 Úprava spotřební koš pro potřeby práce

Jak bylo zmíněno dříve spotřební koš obsahuje 692 statků. Tento seznam byl na základě expertní analýzy redukován pouze na položky, u kterých lze předpokládat přítomnost obalu. Tato redukce snížila počet statků na 436 položek s finanční váhou 43,8 %.

S ohledem na téma práce, které se zaměřuje na složení komunálního odpadu z pohledů obalů, bylo vhodné se zaměřit pouze na statky, které se kupují pravidelně a často (potravin, drogerie apod.). Ze seznamu tedy byly vyřazeny i statky, které se běžně nevyskytují u pravidelných nákupů. Jedná se tak hlavně o velké statky jako jsou elektrické spotřebiče. Finální seznam obsahuje 241 položek s celkovou finanční váhou, která činí zhruba 31,5 %.

Na základě konzultace s Českým statistickým úřadem byla získána celková finanční hodnota spotřebního koše i cena za jednotlivé statky. Podle finančního vydání libovolné osoby lze tedy určit počet statků, které si za část financí zakoupila.

3.2 Obal a jeho součásti

Důležitým předpokladem pro úspěšnou analýzu složení odpadu je znalost obalů, které významnou část odpadu tvoří. Důležitá je nejen hmotnost, ale i materiálové složení. Veškeré tyto informace se odvíjí od toho, že obal musí jako celek plnit mnoho funkcí (pojmutí, ochranu, manipulaci, prezentaci výrobku apod.), a proto se skládá z jedné nebo více součástí obalu. Jako příklad lze uvést láhev s minerální vodou. Aby obal plnil všechny náležité funkce, musí být v některých případech složen z více součástí. V případě láhve se obal skládá z těla láhve, uzávěru a etikety.

V rámci této práce jsou součásti obalu děleny podle množství funkcí na:

- hlavní součásti obalu,
- vedlejší součásti obalu.

3.2.1 Hlavní součásti obalu

Za hlavní součásti obalu jsou v této práci považovány ty součásti, které dokážou plnit všechny nebo většinu funkcí daného obalu. Z celé hmotnosti obalu tvoří tyto součásti zpravidla největší podíl. Je možné se setkat s obaly tvořené pouze hlavní součástí, ale taktéž je běžné se setkat s obaly, které jsou tvořeny více jak jednou hlavní součástí.

Plechovka

Jedná se o obal převážně učený pro nápoje a potraviny s dlouhou trvanlivostí. Jak je z názvu patrné, plechovky jsou vyráběny z plechu a jsou charakteristické svým válcovým tvarem. Pro nápoje jsou vyráběny z hliníku, jsou vyšší a užší, avšak u dlouhodobě trvanlivých potravin je plechovka vyráběna zpravidla z ocele a je širší a nižší.



Obr. 15: Hlavní součásti obalu – plechovka [49]

A), C) plechovka z ALU a B) plechovka z FE

Sáček

Sáček je obal, který se používá obvykle pro sypké nebo pevné látky. Převážná část sáčků je vyráběna z plastu. Vedle plastů je používán ještě papír, kompozit nebo textil. V rámci této práce jsou sáčky děleny podle přístupu k výrobku na:

- otevřené,
- uzavřené.

Do otevřených sáčků se řadí takové, které jsou otevřeny permanentně nebo je lze opakovaně otvírat, resp. zavírat. Nejvýznamnějším představitelem této skupiny jsou mikrotenové sáčky. Dalším představitelem jsou papírové sáčky od mouky, opakovaně uzavíratelné sáčky pro koření, kompozitní obaly pro pečivo a mnoho dalších.



Obr. 16: Hlavní součásti obalu – sáček otevřený [49]

Uzavřené sáčky jsou takové, u kterých při otevření dochází k znehodnocení obalu. Jako příklad je možné uvést sáček od tyčinky nebo bramborových lupínků. Pro výrobu tohoto obalu se obvykle používá LDPE nebo PP.



Obr. 17: Hlavní součásti obalu – sáček uzavřený [49]

Ploché obal

Ploché obal je obal vhodný pro výrobky, které sami drží tvar. Jedná se o list papíru, kompozitu či jiného materiálu, do kterého je výrobek zabalen. Obal tedy slouží hlavně jako ochrana od okolního prostředí. Na rozdíl od sáčku lze při otevření produktu dosáhnout kompletního rozložení obalu.

Běžně se lze setkat s plochými obaly, které nejsou nikterak slepeny nebo jiným způsobem spojeny a fungují jako obal sami o sobě. Tento způsob balení plochým obalem se používá v případech, kdy plochý obal na výrobku pevně drží a nemá tendenci se rozložit.

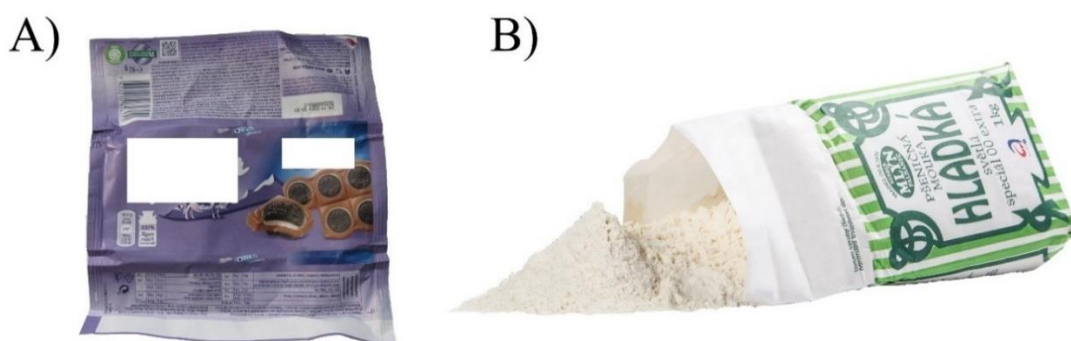
Příkladem plochých obalů je balení másla nebo ručně balené masné výrobky, jako jsou šunky a salámy.



Obr. 18: Hlavní součásti obalu – plochý obal [49]

A) plochý obal z C/PAP, B) plochý obal z PP a C) plochý obal z C/PAP

V některých případech je plochý obal slepen nebo přelepen štítkem. V případě, kdy celý spoj lze snadno rozdělit, je možné mluvit o plochem obalu. V případě, že spoj lze jen částečně rozdělit, tak se jedná o sáček. Jako příklad rozdílu lze uvést mouku a čokoládu. Sáček mouky se dá snadno otevřít pouze nahoře, zbytek spojů jde jen velmi obtížně rozdělit a při pokusu o rozdělení by došlo pravděpodobně k roztrhnutí obalu. V případě čokolády, která je zabalena do plochého obalu, je celý spoj snadno rozdělitelný.



Obr. 19: Příklad plochého obalu A) a sáčku B) [50]

Krabice

Krabice je obal vyráběn převážně z lepenky a kartonu, ale může být vyroben i z kompozitu nebo plastu. Je to pevný obal, který drží za běžných podmínek svůj tvar (obvykle kvádrový), a zpravidla bývá v kombinaci s dalším typem obalu. Nejběžnější kombinace, se kterou se lze setkat, je krabice se sáčkem s výrobkem uvnitř. Dále může být v kombinaci s plechovkou (např. některé rybí konzervy), plochým obalem (např. hermelín), kelímkem (např. kosmetické krémy), výliskem (např. bonboniéra) a výplní (např. kuchyňské spotřebiče).



Obr. 20: Hlavní součásti obalu – krabice [49]

A) krabice z kompozitu (tetrapak) a B), C) krabice z PAP

Kelímek

Kelímek je obal určený převážně pro výrobky v kapalném stavu. Lze se s ním setkat u některých mléčných a drogistických výrobků (např. krémy). Kelímky se vyznačují převážně obdobnou velikostí hrdla a těla. Součásti obalu bývá obvykle uzávěr. Průměr a výška jsou většinou velmi podobné. Vyrábí se z plastu nebo papíru.



Obr. 21: Hlavní součásti obalu – kelímek [49] [51]

A), B) a C) kelímek z plastu, D) kelímek z papíru

Láhev (tělo láhve)

Láhev je součástí obalu určená pro výrobky v tekutém stavu, která se vyznačuje zpravidla úzkým hrdlem a širším tělem. Na rozdíl od kelímků je dominantním rozměr výška láhve. Součástí obalu bývá uzávěr a etiketa. Láhve se vyrábí z plastu (PET, HDPE, PP) nebo ze skla.

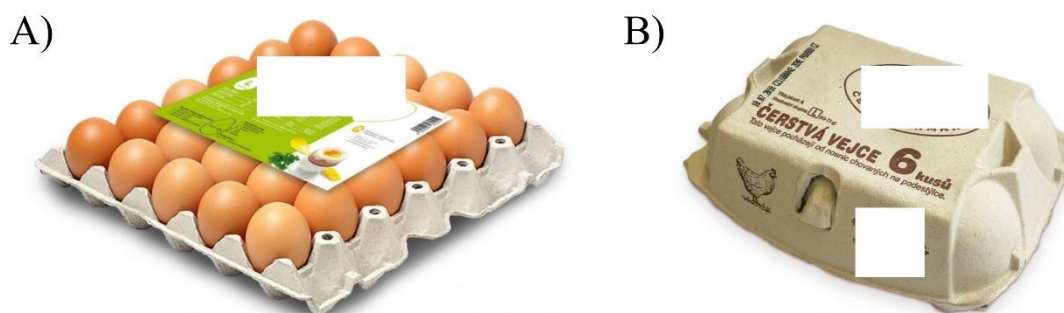


Obr. 22: Hlavní součásti obalu – láhev [49]

A) láhev ze skla, B) láhev z HDPE C), láhev z PP a D) láhev z PET

Plato

Je to obal, který je určený pouze pro vejce. Vyrábí se z recyklovaného papíru a může být dvojího typu. První typ je pouze čisté plato, které se používá obvykle pro 30 vajec a bývá především v kombinaci s folií, která vajíčka a plato udržuje pohromadě. Druhý typ je plato s uzávěrem, které se používá pro menší množství vajec, obvykle 6, 8, 10 nebo 18 vajec. Přestože je obal určen pouze pro jeden typ výrobku, vzhledem četnosti výskytu tohoto obalu je zde samostatně popsán.



Obr. 23: Hlavní součásti obalu – plato [49]

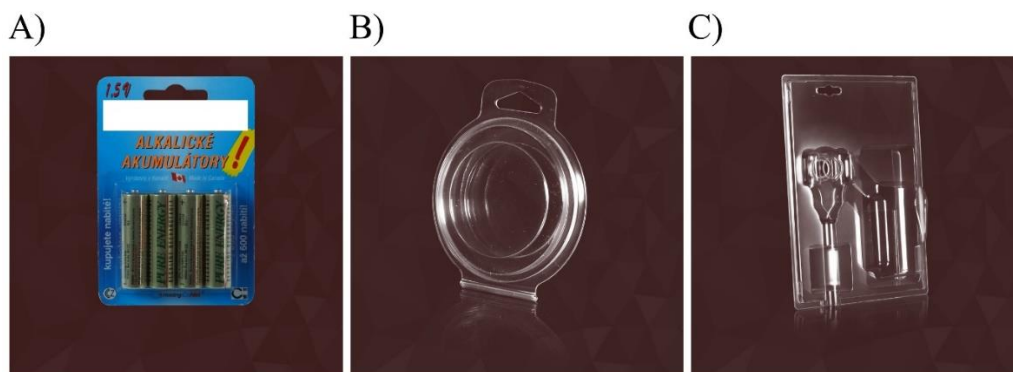
Výlisek

Výlisek je plastový obal, který má obvykle velmi komplikovaný tvar. Může jako obal fungovat bez dalších součástí, avšak je běžné tento obal najít v kombinaci s napevno připojenou folií, jenž lze snadno od výlisku odstranit. Běžně se tato kombinace používá u masných výrobcích a sýrů. Dále se výlisek používá v kombinaci se sáčkem nebo krabicí.



Obr. 24: Hlavní součásti obalu – výlisek [49]

Do této skupiny obalů taktéž spadají tzv. blistry. Jedná se o vakuově zpracované plastové obaly, které kopírují tvar výrobku. Existuje hned několik druhů: natavovací blistr, zasouvací blistr, zaklapávací blistr a svařovaný dvoudílný blistr. Blistry se používají například pro balení drobné elektroniky, nářadí, kosmetiky nebo léky.



Obr. 25: Hlavní součásti obalu – blistr [52]

A) natavovací blistr, B) zaklapávací blistr a C) svařovaný dvoudílný blistr.

Sklenice

Jedná se o skleněnou nádobu určenou pro kompoty, zavařeniny, jogurty nebo maso. Má obvykle válcový tvar se zúženým hrdlem. Součástí obalu je víčko a zpravidla i etiketa.



Obr. 26: Hlavní součásti obalu – sklenice [49]

Tuba

Jedná se o součást obalu, která se vyrábí z plastu nebo kovu. Součástí obalu bývá uzávěr. Tuba je určena pro tekuté výrobky jako je kondenzované mléko, pasta nebo kosmetika.



Obr. 27: Hlavní součásti obalu – tuba [49]

3.2.2 Vedlejší součásti obalu

Za vedlejší součásti obalu jsou v této práci považované ty součásti, které plní minimum funkcí daného obalu, zpravidla jednu či dvě. Zpravidla tyto součásti mají zanedbatelnou hmotnost vůči celkové hmotnosti obalu. V této podkapitole jsou uvedeny nejběžnější vedlejší součásti obalu.

Výplň

Výplň je součást obalu, která má za úkol chránit výrobek před poškozením. Nejpoužívanější materiál, ze kterého se výplň vyrábí, je polystyren. Jako příklad lze uvést použití při přepravě velkých spotřebičů nebo křehkých výrobků.



Obr. 28: Krabice s výplní a spotřebičem [53]

Uzávěr

Uzávěr je součást obalu, který slouží k zamezení přístupu vzduchu a zároveň slouží jako ochrana před vylitím nebo vysypáním výrobku. Jedná se o součást, kterou spotřebitel může snadno oddělit od hlavní součásti obalu nebo otevřít a tím získat možnost přístupu k výrobku. V rámci této práce jsou uzávěry rozděleny podle opakovatelnosti použití na:

- jednorázové,
- opakovatelně použitelné,
- kombinace jednorázového a opakovatelně použitelného.

Jednorázové uzávěry se používají v případě, kdy je výrobek určený k okamžité spotřebě nebo v případě, kdy nedochází po otevření k rychlé degradaci výrobku. Tyto uzávěry jsou charakteristické tím, že po odstranění uzávěru od hlavní součásti obalu je není možno vrátit na zpět. Běžně se tento typ uzávěru používá na kelímcích od jogurtů či pomazánek nebo lahvích od piva, avšak mohou se vyskytnout i na plechovkách.

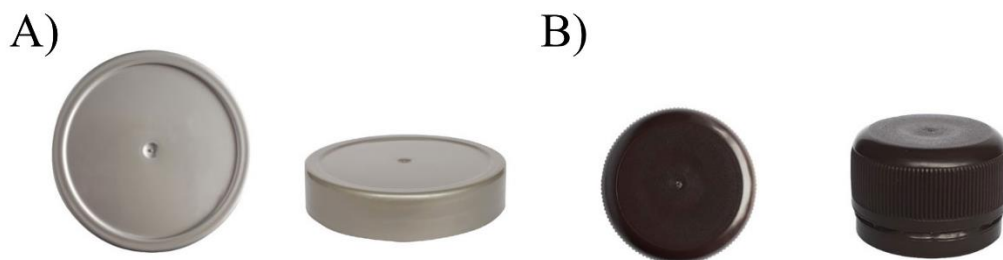


Obr. 29: Jednorázový uzávěr [49]

Opakovatelně použitelné uzávěry se používají v případě, kdy se očekává po otevření delší doba spotřeby výrobku. Obvykle je tento typ uzávěru spojen se zbylými součástmi obalu pomocí šroubového spoje. Nejznámější představitelé této skupiny uzávěrů jsou:

- šroubové uzávěry,
- flip top uzávěry,
- push pull uzávěry,
- dvousložkové uzávěry.

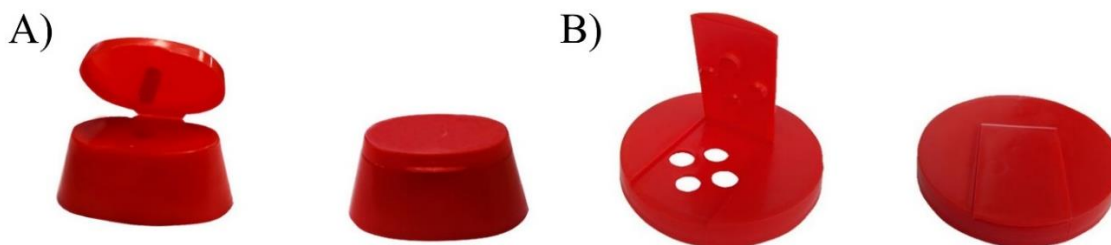
Šroubový uzávěr je nejpoužívanější typ uzávěru na světě. Je jednoduchý a snadno rozebíratelný. Lze se setkat s uzávěry ve dvou základních provedení, šroubový uzávěr bez dalších částí (Obr. 30 – A) nebo šroubový uzávěr s kroužkem (Obr. 30 – B). Tento typ uzávěrů se používá například u PET lahví s nealkoholickými nápoji nebo u kosmetických krémů.



Obr. 30: Šroubový uzávěr [54]

A) Šroubový bez kroužku a B) šroubový uzávěr s kroužkem

Flip top uzávěr je spojen se zbytkem obalu převážně pomocí šroubového spoje, ale pro spotřebitele je podstatná vrchní otevírací část, kterou může snadno odklopit pro otevření nebo zaklopit pro uzavření. Vyrábí se převážně PP. Tento typ uzávěru se používá u mycích přípravků, jako jsou mýdla a šampony.



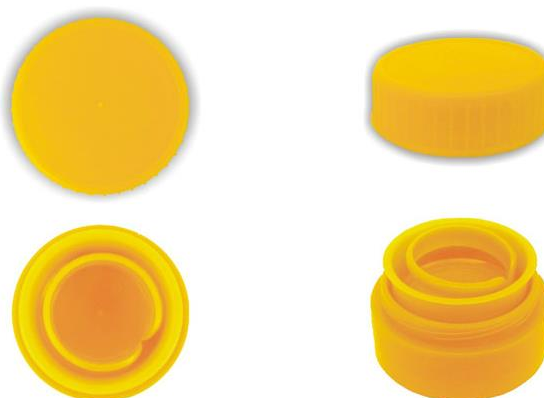
Obr. 31: Flip top uzávěr [54]

Push pull uzávěr je používán například u mycích prostředků na nádobí. Jak je z názvu patrné, pro otevření nádoby je potřeba pohyblivou část vytáhnout a tím vznikne prostor pro tok kapaliny. Naopak pro uzavření je potřeba pohyblivou část zatlačit zpět do původního stavu.



Obr. 32: Push pull uzávěr [54]

Dvousložkový uzávěr je složen ze dvou částí. Spodní část je naražena na lahvi, ve které je odstranitelná část před prvním otevřením. Vrchní část pak funguje obdobně jako šroubový uzávěr. Běžně se tento uzávěr používá u lahví s olejem nebo octem.



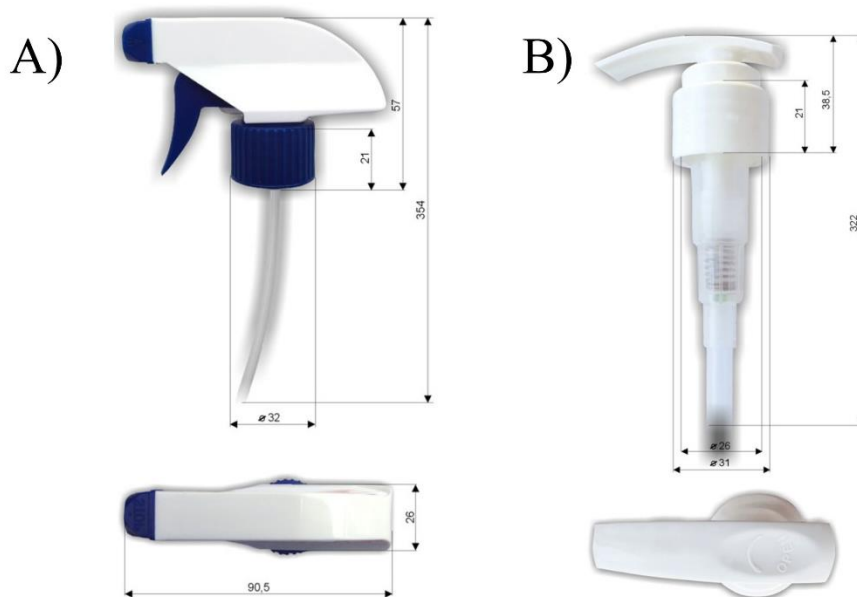
Obr. 33: Dvousložkový uzávěr [54]

Samozřejmě existují i další typy opakovatelně použitelných uzávěrů, ale v zásadě lze mluvit o různých modifikacích a vylepšeních uzávěrů zmíněných výše. Pro představu je možné uvést uzávěr s pojistným kroužkem.

Je také možné se setkat s obalem, který má oba typy uzávěrů zmíněné výše. Uzávěry nejsou nijak spojeny a jednorázový uzávěr se nachází pod opakovatelně použitelným. Pro otevření musí spotřebitel nejprve odejmout opakovatelně použitelný uzávěr a následně odstranit jednorázový, obal pak funguje v průběhu spotřeby výrobku pouze s opakovatelně použitelným uzávěrem. Většinou jsou tyto uzávěry z dvou zcela rozličných materiálů.

Pumpičky a rozprašovače

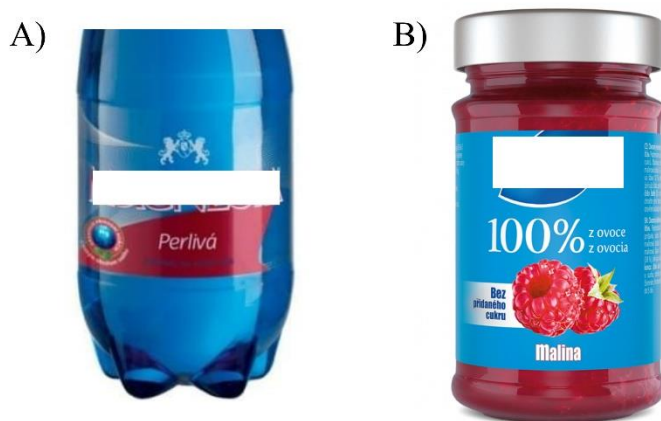
Pumpičky a rozprašovače jsou součástí obalu, které mají obdobnou funkci jako uzávěry. Navíc pomocí jednoduchých mechanismů umožňují funkčnost výrobku. Nejčastěji se s nimi lze setkat u drogistických výrobků jako jsou mýdla, čisticí prostředky nebo parfémy.



Obr. 34: Rozprašovač (A) a pumpička (B) [54]

Etiketa

Etiketa je součástí obalu, která má za úkol informovat spotřebitele o výrobku a obalu. Etiketa bývá zpravidla přilepena na hlavní součásti obalu. Zpravidla se vyrábí z plastu nebo papíru. Jestliže etiketu nelze oddělit od zbylých součástí obalu pouhými rukama, spojenou součástí s etiketou lze považovat za kompozit.



Obr. 35: Etiketa [49]

A) plastová etiketa a B) papírová etiketa

3.3 Volba kombinací materiálu a součástí obalů

Pro tuto práci bylo potřeba vytvořit seznam prodejních obalů s rozlišením materiálu a tvaru. To značně komplikuje fakt, že každý výrobek je jedinečný, a proto i každý obal musí být jedinečný. To zapříčiňuje, že na trhu existují spousty obalů různých tvarů a materiálů.

Vhodným řešením tohoto problému bylo místo seznamu obalů vytvořit seznam součástí obalů, který umožňuje stejnou variabilitu na menší počet položek. Ačkoli toto řešení značně snížilo počet položek, bylo i tak potřeba tento seznam značně zredukovat, aby vyhovoval potřebám této práce.

Materiály

Hlavní předlohou pro materiály použité v seznamu byla materiálová identifikace, které se věnuje podkapitola 2.3.1. Odtud byly vybrány nejběžněji používané materiály pro prodejní obaly s ohledem na položky ve spotřebním koši. V konečném důsledku některé materiály byly značně zjednodušeny (např. u papíru se nerozlišuje, zda se jedná o lepenku nebo papír) nebo úplně vynechány (textil, dřevo a některé kompozity).

Hlavní součásti obalu

Hlavním součástí obalu se věnuje podkapitola 3.2.1. Pro seznam byly z této podkapitoly vybrány ty součásti, které z hlediska četnosti výskytu nelze zanedbat. Ve výsledném seznamu byly použity: plechovka, plochý obal, sáček, krabice, láhev, resp. tělo láhve, kelímek, výlisek a plato.

Součásti, které nebyly použity, byly spojeny s obdobnými položkami v seznamu. Jako příklad lze uvést sklenice. Nejblíže má s ohledem na tvar k láhvi nebo kelímku, jelikož je

sklenice ze skla, redukuje se tento výběr pouze na láhev přesněji skleněnou láhev. Obdobná úvaha byla použita i u dalších součástí, které nejsou přítomny v seznamu.

Výsledný seznam má jednačtyřicet položek a je uveden v Tab. 12.

Tab. 12: Seznam položek: hlavní součásti obalů v kombinaci s materiály

Č.	Materiál	Součást obalu	Č.	Materiál	Součást obalu	Č.	Materiál	Součást obalu
1	ALU	Plechovka	2	ALU	Ploché o.	3	ALU/PAP	Ploché o.
4	C/HDPE	Sáček	5	C/LDPE	Sáček	6	C/PAP	Sáček
7	C/PAP	Krabice	8	C/PAP	Kelímek	9	C/PAP	Ploché o.
10	C/PP	Sáček	11	FE	Láhev	12	FE	Plechovka
13	GL	Láhev	14	HDPE	Láhev	15	HDPE	Sáček
16	LDPE	Sáček	17	7	Sáček	18	7	Výlisek
19	PAP	Sáček	20	PAP	Kelímek	21	PAP	Krabice
22	PAP	Ploché o.	23	PAP	Plato	24	PE	Sáček
25	PET	Láhev	26	PET	Kelímek	27	PET	Sáček
28	PET	Krabice	29	PET	Výlisek	30	PP	Láhev
31	PP	Sáček	32	PP	Krabice	33	PP	Kelímek
34	PP	Výlisek	35	PP	Ploché o.	36	PS	Kelímek
37	PS	Kelímek	38	PS	Sáček	39	PVC	Sáček
40	PVE	Sáček	41	N. karton	Krabice			

Vedlejší součásti obalu

V případě vedlejších součástí je výběr do seznamu značně složitější. Komplikuje to hlavně fakt, že existuje široká škála vedlejších součástí obalu. Dalším problémem je i často vyskytující se nemožnost ručně oddělit součást od zbylého obalu, přestože je evidentní, že se jedná o jinou součást. Jako příklad lze uvést papírovou etiketu, která je často přilepená ke zbylému obalu, a proto se jen velmi obtížně odděluje od zbylého obalu.

Pro výsledný seznam tedy byly vybrány jen ty součásti, které z hlediska četnosti nebo váhy vůči celému obalu nelze zanedbat a zároveň musí být tyto součásti snadno oddělitelné od zbylého obalu. Výsledný seznam obsahuje pouze výplň a uzávěr a je uveden v Tab. 13.

Tab. 13: Seznam položek: vedlejších součástí obalů v kombinaci s materiály

Č.	Materiál	Součást obalu	Č.	Materiál	Součást obalu	Č.	Materiál	Součást obalu
42	PAP	Výplň	43	PS	Výplň	44	ALU	Uzávěr
45	FE	Uzávěr	46	LDPE	Uzávěr	47	HDPE	Uzávěr
48	PP	Uzávěr	49	Korek	Uzávěr			

3.4 Terénní průzkum

V rámci této práce bylo potřeba provést několik terénních průzkumů v obchodních střediscích. Nejprve se prováděl průzkum obalů a jejich součástí, které se nejběžněji používají pro balení výrobků. Tyto informace byly použity jako hlavní podklad pro tvorbu seznamu součástí obalu, který vychází z kapitoly 3.2.

V další fázi bylo potřeba provést zevrubnější průzkum, který se týkal jednotlivých položek ve spotřebním koši a jejich typech obalu. U části položek byly obaly složeny ze stejných součástí, přestože výrobky pocházeli od různých výrobců (např. balené vody v PET

lahvích). Rozdíl byl tedy pouze vizuálního charakteru a z hlediska materiálového složení byl pouze minimální. U druhé části položek to bylo o něco složitější. Tyto výrobky se balily do několika různých obalů, a proto bylo potřeba zjistit procentuální zastoupení jednotlivých obalů pro daný výrobek. Tato hodnota byla zvolena na základě vizuálního odhadu (zastoupení výrobků s daným obalem v regálech vybraných obchodních středisek). Jedná se prozatím pouze u hrubý odhad, u kterého se v rámci budoucího výzkumu předpokládá zpřesňování.

Pro názornost je možné si uvést příklad na položce č. 7 – Polotučné mléko trvanlivé. Tento výrobek se nejčastěji balí do jednoho ze tří obalů (viz Obr. 36), a to do nápojového kartonu s uzávěrem (odhadované procentuální zastoupení: 40 %), nápojového kartonu bez uzávěru (odhadované procentuální zastoupení: 40 %) nebo do PET láhve (odhadované procentuální zastoupení: 20 %). Průměrný obal od mléka se tedy podle této metodiky skládá částečně z PET lahve a dvou typů nápojových kartonů.



Obr. 36: Polotučné mléko trvanlivé – Typy obalů [49]

3.5 Odhad hmotnosti jednotlivých obalů

Jedním z hlavních cílů této práce bylo získat informace o hmotnosti jednotlivých součástí obalu. Na základě terénního průzkumu byly zakoupeny produkty, které z velké části reprezentují položky v upraveném spotřebním koši.

Nakoupené produkty byly rozděleny na samotné výrobky a obaly. Následně byly obaly pro účely vážení ještě rozebrány na jednotlivé součásti, které korespondují s tabulkami Tab. 12 a Tab. 13. Výsledkem bylo získání vážených průměrů hmotností součástí jednotlivých výrobků, resp. statků spotřebního koše, které se dopočítali jako:

$$M_{i,k} = \sum_{j=1}^n x_{i,j} \cdot m_{i,j,k} \quad (1)$$

kde	$m_{i,j,k}$	navážená hmotnost součástí obalu k typu j příslušející k výrobku i [g]
	$x_{i,j}$	procentuální zastoupení obalu typu j pro výrobek i [-]
	$M_{i,k}$	vážený průměr hmotnosti součástí k výrobků i [g]
	i	výrobek
	j	typ obalu jako celku
	k	součást obalu viz Tab. 12 a Tab. 13

Uvažuje se pouze existence obalů zjištěných terénním průzkumem, proto musí platit:

$$\sum_{j=1}^n x_{i,j} = 1, \forall i \quad (2)$$

3.6 Analýza obalových odpadů

Z dat ze spotřebního koše, z celkové ceny spotřebního koše a průměrných cen za jeden rok (data byla poskytnuta Českým statistickým úřadem) lze odvodit přibližné množství zakoupených statků v ČR za jednotlivé roky. Jestliže je známé množství prodaných statků, lze dopočítat i hmotnost obalů. Pro názornost je možné si odvodit z dat za rok 2018, že bylo v ČR zakoupeno necelých 450 milionů litrů polotučného trvanlivého mléka, které se z velké části balí do nápojových kartonů po jednom litru a zbytek do PET lahví po jednom litru. Za rok by se tedy mělo objevit ve vyprodukovaném odpadu stejné množství obalů. Jestliže se dostatečně přesně odhadne hmotnost obalu, v případě této práce jeho součástí, je možné odhadnout celkovou hmotnost obalového odpadu.

Výsledná data byla podrobena srovnání s daty z Informačního Systému Statistiky a Reportingu (ISSaR). Srovnání produkce obalového odpadu na obyvatele ČR shrnuje Tab. 14. Z porovnaných dat je zřejmé, že tuto metodikou nelze využít pro odhad produkce odpadů z papírových a dřevěných obalů. U papíru se jedná o chybu, která vznikla zanedbáním kartonových obalů určeného pro velké statky jako jsou například elektro spotřebiče. Taktéž byly zanedbány poštovní zásilky, které jsou také zdrojem odpadů z papírových obalů. Na druhou stranu se jeví metodika jako vhodná pro odhad hmotnosti obalového skla a ostatních obalů (převážně kompozitní obaly). U kovových a plastových obalů bude ještě do budoucna potřeba data ve spotřebním koši více zpřesnit.

Tab. 14: Porovnání dat [55]

Typ obalu	Analýza	ISSaR*	Rozdíl
	kg/rok/os	kg/rok/os	kg/rok/os
PAPÍR	6,361850	49,717183	43,355333
PLAST	18,488896	25,115305	6,626409
SKLO	20,163295	20,421502	0,258207
DŘEVO	0	18,495962	18,495962
KOVY	3,768888	7,426761	3,657872
OSTATNÍ	2,006887	3,131643	1,124756
CELKEM	50,700213	124,308357	73,608144

*Data platná pro rok 2018, přepočtena na osobu za rok (počet obyvatel k roku 2018: 10 650 000 [56])

Z výsledku lze při určité přesnosti odhadnout produkci obalového odpadu s využitím položek ve spotřebním koši a k nim přiřazených hmotností součástí obalů. Výsledky jsou relativně dobré hlavně proto, že byla uvažována průměrná osoba ČR. Z tohoto důvodu při aplikaci na skutečnou osobu metodika nebude funkční, a proto se práce přesouvá na modifikaci analýzy pomocí účtenek. Tou by se mělo dosáhnout přesnějších výsledků, protože se přímo odvíjí od výrobků, které si daná osoba zakoupila.

4 Analýza složení odpadu na základě dat z účtenek

Cílem této práce je stanovení materiálového složení odpadu na základě ekonomického hlediska. V rámci předchozího oddílu byla představena základní myšlenka této analýzy. Byla provedena detailní analýza finančního vydání za jednotlivé produkty s pomocí spotřebního koše a výsledkem byl odhad celkové produkce obalového odpadu na osobu za rok.

Tato kapitola představuje novou metodu pro analýzu obalových odpadů v komunálních odpadech, která by mohla v budoucnosti částečně nahradit rozборы odpadů a tím eliminovat problémy s rozborů spojené. Tato metoda ustupuje od ekonomického hlediska, jelikož každá osoba utrácí své finance za jiné statky, a proto z celkového finančního vydání nelze určit, které statky si osoba koupila. V této části se přechází na odhad zakoupených statků pomocí údajů z účtenek.

Metodika je založena na jednoduché myšlence. Od reprezentativního vzorku domácností by byly vybrány všechny účtenky za nákupy, které by proběhly v rámci určitého časového období. Z těchto účtenek by pak byly zpracovány informace o položkách nákupu: název položky, počet zakoupených kusů a u některých položek hmotnost nebo objem. Tyto položky by na základě těchto informací byly propojeny s položkami ve spotřebním koši s přihlédnutím k měrné jednotce. A jelikož položkám ve spotřebním koši jsou přiřazeny hmotnosti obalů k dané měrné jednotce, v konečném důsledku lze získat celkové složení vyprodukovaného odpadu z domácností se zaměřením na obaly.

4.1 Popis účtenky

Pojem účtenka legislativně zavádí zákon č. 112/2016 Sb. o evidenci tržeb. Tento zákon ukládá poplatníkovi (fyzická osoba nebo právnická osoba, která nese daňové břemeno) povinnost uvádět na účtence hned několik údajů, a to [57]:

- **Fiskální identifikační kód (FIK)** je kód, který podnikateli generuje správce daně v potvrzovací datové zprávě o přijetí evidované tržby. Pro každou datovou zprávu je kód unikátní a má 39 znaků.
- **Daňové identifikační číslo (DIČ)**, pokud není jeho kmenová část tvořena obecným identifikátorem, kterým je rodné číslo.
- **Označení provozovny**, ve které je tržba uskutečněna. Jedná se o číslo přidělené správcem daně.
- **Označení pokladního zařízení**, na kterém je tržba evidována. Označení stanovuje sám poplatník. Podmínkou je, aby každé zařízení mělo v rámci jedné provozovny unikátní značení.
- **Pořadové číslo účtenky** je unikátní číslo konkrétního poplatníka na jedné provozovně, pro jedno pokladní zařízení a jeden konkrétní čas.
- **Datum a čas přijetí tržby** nebo vystavení účtenky, pokud je vystavena dříve.
- **Celkovou částku tržby v české měně**, uvádí se včetně DPH.
- **Bezpečnostní kód poplatníka (BKP)** je otisk kódu PKP (podpisový kód poplatníka) generovaný pokladním zařízením poplatníka, který jednoznačně identifikuje příslušnou tržbu poplatníka.
- **Údaj, zda je tržba evidována v běžném nebo zjednodušeném režimu.**
- **Podpisový kód poplatníka** je generovaný v případě, kdy nemá poplatník povinnost uvádět na účtence FIK. Délka kódu je 344 znaků [57].

4.2 Použitelnost metodiky v praxi

Metodika byla ozkoušena na jedné domácnosti o dvou lidech ve věku od 20 do 30 let. Samotný experiment proběhl v jednom týdnu, během kterého byly nákupy prováděny pouze u jednoho obchodního řetězce (jednalo se o obchodní řetězec Albert). Účtenky z těchto nákupů byly předány ke zpracování.

Hned při začátku zpracování dat se vyskytl podstatný problém, a to, že velkou část položek nákupu nebylo možné přiřadit k položkám ve spotřebním koši, protože je spotřební koš neobsahoval. Jedním z dalších problémů se ukázali být i u některých položek nedostatečné informace o výrobku (váha, objem nebo počet kusů) nebo rozdílnost těchto informací s měrnou jednotkou. Jedním z méně vyskytujících problémů byla i neschopnost rozeznat podle názvu o jaký produkt se jedná. Z těchto důvodů bylo další šetření ukončeno. Ukázková účtenka z nákupu je zobrazena na Obr. 38 a výsledné zpracování účtenky v Tab. 15.

 SUPERMARKET 410 Merhautova 1065/214 613 00 Brno černá Pole		OK HO BRAMB SUL 200G 34,90 A ----- Celkem 306,80 ===== 27/07/19 21:07 Účtenka číslo 0299 Terminál: PVTC1203 (M100639001-56406410) *ÚČTENKA PRO ZÁKAZNÍKA* PRODEJ 306,80 Kč **** * 4344 / 00 (S) MASTERCARD AO 00 00 00 04 10 10 MASTERCARD SEQ ID: 018:108:029 Autoriz. kód 645142 Pin OK Účtenku uschovejte pro případ reklamace Děkujeme Vám za návštěvu
Kč		Kč
AQ KUKURICE 340/285 19,90 A MEXICANA 430G 24,90 A RAJČATA KERÍKOVÁ P 1,206 kg x 24,90 Kč/kg 30,00 A CUKETA ZELENÁ P 0,488 kg x 19,90 Kč/kg 9,70 A *CIBULE KUČH. ŽLUTÁ P 0,362 kg x 29,90 Kč/kg 10,80 A GELFIX SUPER 3:1 2 x 21,90 Kč 43,80 A AVOKADO KS 39,90 A BRAMBORY KONZ. RANÉ P 0,436 kg x 22,90 Kč/kg 10,00 A KINGSW. SW. ROSÉ 0,4L 26,50 B Věkový limit PRIMUS SV. VÝC. 0,5L 7,50 B Věkový limit LAHEV GOLD 0,5L 3,00 C AQ TORTILLA 25CM 45,90 A OR HO BRAMB SUL 200G 34,90 A ----- Celkem 306,80 =====	Platební karty Kč 306,80 ----- Kód Sazba Základ DPH Vyše DPH A 15,00% 234,62 35,18 B 21,00% 28,10 5,90 C 0,00% 3,00 0,00 LETO S ALBERTEM Tímto nákupem získáváte 1 bod. ID účtu: 04101907270377642 Provozovna: 2241 čas: 21:08:08 Pokladna: POS-37 Tržba je evidována v běžném režimu FIK: a6f60fdd-d5a3-4964-9662-1c9828077bba-06 BKP: 712F4BC1-154C0EBD-655F565E -8A6B8F3F-5234CF44	
		Datum čas Obch Pokl Obsl Trans 27.07.19 21:08 0410 37 6045 0087642

Obr. 38: Účtenka nákupu provedeného v nákupním řetězci Albert

Tab. 15: Zpracovaná data z účtenky

Položka nákupu	Ks.	Hmotnost	Položka ve spotřebním koši	Měrná jednotka
AQ KUKUŘICE 340/285	1			
MEXICANA 430G	1			
RAJČATA KEŘÍKOVÁ		1,206	RAJSKÁ JABLKA ČERVENÁ KULATÁ	1kg
CUKETA ZELENÁ		0,488		
*CIBULE KUCH. ŽLUTÁ		0,362	CIBULE SUCHÁ	1kg
GELFIX SUPER 3:1	2			
AVOKADO KS	1			
BRAMBORY KONZ. RANÉ		0,436	KONZUMNÍ BRAMBORY	1kg
KINGSW. SW ROSÉ 0,4L	1			
PRIMUS SV. VÝČ. 0,5L	1		PIVO VÝČEPNÍ, SVĚTLÉ, LAHVOVÉ	.5l
LAHEV GOLD 0,5L	1			
AQ TORTILLA 25CM	1			
OR HO BRAMB SŮL 200G	1		BRAMBOROVÉ LUPÍNKY	200g

4.2.1 Celkové hodnocení metody

Metoda se ukázala být v tomto provedení naprosto nepoužitelná. Jako hlavní problém se ukázal být nedostatečný rozsah spotřebního koše vůči samotnému trhu, a tedy i vůči nakoupeným položkám. Dalším problémem se ukázali být nedostatečné informace (váha, objem nebo počet kusů) na účtenkách. A jelikož tyto informace slouží k výpočtu poměrné váhy obalu, musí se zde použít váha obalů k měrné jednotce nebo se musí odhadnout poměrná část z měrné jednotky. Méně častým problémem se ukázala být i neschopnost rozeznat o jaký produkt se jedná.

4.3 Inovace metodiky pomocí skupinových obalů

Předchozí kapitola poukázala na velmi podstatný problém metody a to, že seznam spotřebního koše je nedostatečný vzhledem k velikosti trhu. Řešením tohoto problému může být zavedení tzv. „skupinových obalů“, který části nepřirazených položek doplňuje hmotnost obalu.

4.3.1 Skupinové obaly

Jedná se o seznam skupin výrobků s vhodně zvolenou měrnou jednotkou, kterým jsou přiřazeny hmotnosti obalů, resp. součástí obalů.

Samotný seznam vznikl na základě terénního průzkumu a dat spotřebního koše. Z těchto zdrojů byly vždy vybrány výrobky, které jsou baleny do obdobného obalu, a následně byly sloučeny pod jednu skupinu. Samozřejmě není možné všechny výrobky na trhu zařadit do nějaké skupiny kvůli specifickému obalu. Právě k tomu by měl sloužit spotřební koš, který výrobky řeší jednotlivě.

Vzniklým skupinám byly následně přiřazeny měrné jednotky na základě výrobků, které spadají do dané skupiny, a následně podle měrné jednotky byla dodána i váha obalu (vážením

nebo ze spotřebního koše). Pro názornost je uveden příklad vzniklé skupiny, který je uveden v Tab. 16. Výsledný seznam obsahuje 25 položek.

Tab. 16: Příklad vzniku skupinových obalů

	Měrná jednotka	Nápojový Kartón [g]	HDPE Víčko [g]
Spotřební koš			
POMERANČOVÁ ŠTÁVA	1 l	28	1,9
RAJČATOVÁ ŠTÁVA	1 l	28	1,9
Skupinové obaly			
NEALKOHOLICKÉ NÁPOJE, OVOCNÉ A ZELENINOVÉ ŠTÁVY	1 l	28	1,9

4.3.2 Použitelnost metodiky v praxi

Metoda je doplněna o tzv. „skupinové obaly“, které doplňují váhy položkám nákupu, kterým nebylo možné přiřadit položku ze spotřebního koše. Bohužel ostatní výše zmíněné problémy nadále přetrvávají (viz kap. 4.2). Jakmile je položkám nákupu přiřazena položka ze spotřebního koše nebo skupinových obalů, je možné dopočítat váhy obalů a tím i teoretické složení odpadu. Ukázkové zpracování účtenky zobrazené na Obr. 38 je provedeno v Tab. 17.

Právě tento výpočet komplikuje fakt, že existuje nesoulad mezi měrnou jednotkou a informacemi položky v nákupu. V případě, kdy tento nesoulad nastane, může se buď použít předpoklad, že položka v nákupu odpovídá vahou, objemem nebo počtem kusů měrné jednotce, nebo tuto hodnotu odhadnout dle vhodného úsudku zpracovatele. Dopočet skutečné váhy obalu:

$$H_{i,k} = \sum_{j=1}^n y_i \cdot M_{i,k} \quad (3)$$

kde

$H_{i,k,x}$	vážený průměr hmotnosti součástí k výrobků i položky nákupu x [g]
y_i	počet zakoupených měrných jednotek položky i [-]
$M_{i,k}$	vážený průměr hmotnosti součástí k výrobků i [g]
i	výrobek
k	součást obalu viz Tab. 12 a Tab. 13

Tab. 17: Zpracovaná data z účtenky

Položka nákupu	Ks.	Hmotnost	Položka ve spotřebním koši*	Měrná jednotka
AQ KUKUŘICE 340/285	1		KONZERVY, KOMPOTY A NÁLEVY	1kg
MEXICANA 430G	1		KONZERVY, KOMPOTY A NÁLEVY	1kg
RAJČATA KEŘÍKOVÁ		1,206	RAJSKÁ JABLKA ČERVENÁ KULATÁ	1kg
CUKETA ZELENÁ		0,488	ZELENINA	
*CIBULE KUCH. ŽLUTÁ		0,362	CIBULE SUCHÁ	1kg

Položka nákupu	Ks.	Hmotnost	Položka ve spotřebním koši*	Měrná jednotka
GELFIX SUPER 3:1	2			
AVOKADO KS	1		ZELENINA	1kg
BRAMBORY KONZ. RANÉ		0,436	KONZUMNÍ BRAMBORY	1kg
KINGSW. SW ROSÉ 0,4L	1		ALKOHOLICKÉ NÁPOJE	l
PRIMUS SV. VÝČ. 0,5L	1		PIVO VÝČEPNÍ, SVĚTLÉ, LAHVOVÉ	,5l
LAHEV GOLD 0,5L	1			
AQ TORTILLA 25CM	1		PEKÁRENSKÉ VÝROBKY, BALENÉ	1kg
OR HO BRAMB SŮL 200G	1		BRAMBOROVÉ LUPÍNKY	200g

4.3.3 Výsledky experimentu

Experiment, který proběhl v domácnosti o dvou lidech ve věku od 20 do 30 let, trval jeden týden. Během tohoto týdne směli nakupovat pouze v jednom obchodním řetězci (jednalo se řetězec Albert). Taktéž byly instruováni, aby obaly od nakoupených výrobků separovaly od zbylého odpadu. Zbylý odpad byl tvořen pouze ze zbytků potravin.

Veškerý vzniklý obalový odpad z těchto nákupů byl rozdělen do pěti frakcí (kovy, kompozity, plasty, sklo a papír) a navážen. Navážené hmotnosti byly zpracovány a srovnány s výsledky analýzy. Srovnání je zobrazeno v Tab. 18.

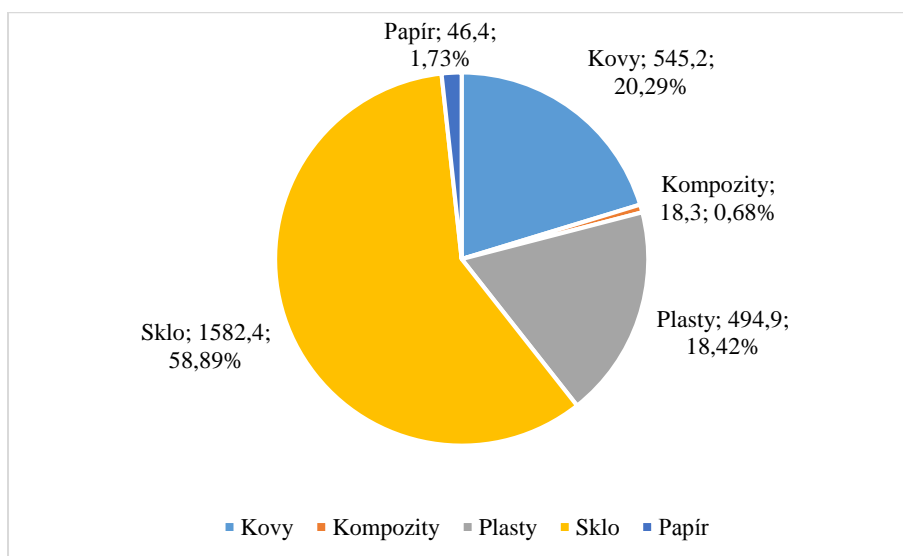
Analýza byla též podrobena srovnání s daty, které vypracovala osoba přímo účastnící se na experimentu při poskytnutí dat spotřebního koše. Jelikož osoba žijící v domácnosti znala přesné složení nákupu tedy i materiál obalu, mohla vybrat ze spotřebního koše správný obal. Například osoba v domácnosti přesně věděla, že nakoupený jogurt je zabalený do PP kelímku. Mohla tedy přímo z dat ve spotřebním koši převzít hmotnost pro jogurt balený do PP kelímku. Zamezilo se tak chybě vzniklé u analýzy, která pro odhad využívá vážený průměr hmotnosti obalu. Srovnání dat analýzy a dat zpracovaných osobou v domácnosti je uvedeno v Tab. 19.

Tab. 18: Srovnání výsledků analýzy a skutečně vzniklým obalovým odpadem

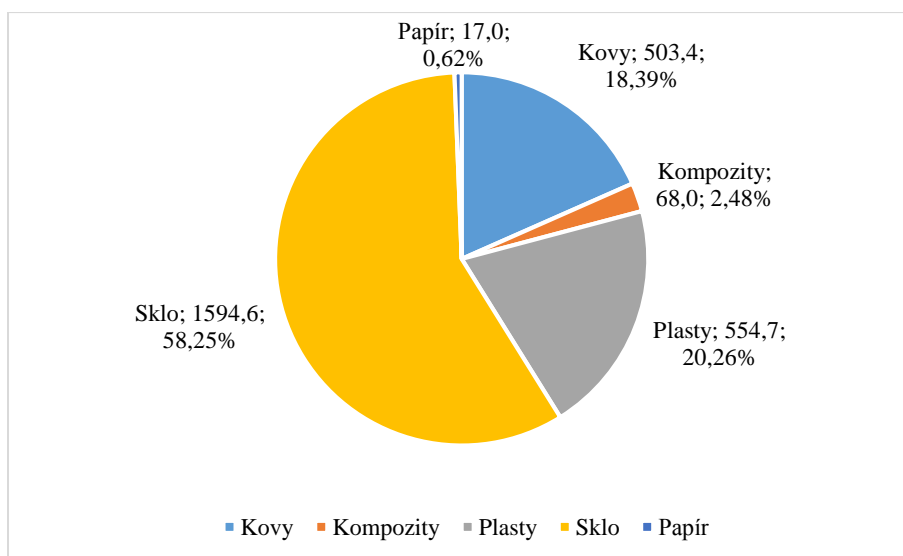
Typ obalu	Analýza	Analýza	Naváženo	Naváženo	Rozdíl	Rozdíl
	[g]	[%]	[g]	[%]	[g]	[g]
Kovy	545,2	20,29 %	442,9	14,50 %	102,3	5,79 %
Kompozity	18,3	0,68 %	117,7	3,85 %	-99,4	-3,17 %
Plasty	494,9	18,42 %	545,5	17,86 %	-50,6	0,56 %
Sklo	1 582,4	58,89 %	1 844,3	60,37 %	-261,9	-1,48 %
Papír	46,4	1,73 %	104,7	3,43 %	-58,3	-1,70 %
Celkem	2 687,2	100 %	3 055,1	100 %	-367,9	-12,04 %

Tab. 19: Srovnání výsledků analýzy a dat zpracovaných osobou v domácnosti

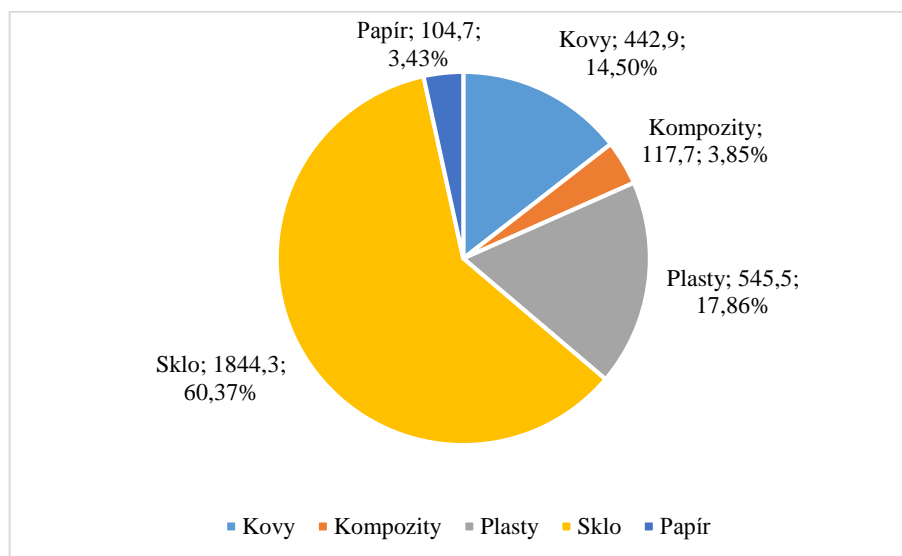
Typ obalu	Analýza	Analýza	Data zpr. domácností	Data zpr. domácností	Rozdíl	Rozdíl
	[g]	[%]	[g]	[%]	[g]	[g]
Kovy	545,2	20,29 %	503,4	18,39 %	41,8	1,90 %
Kompozity	18,3	0,68 %	68,0	2,48 %	-49,7	-1,80 %
Plasty	494,9	18,42 %	554,7	20,26 %	-59,8	-1,85 %
Sklo	1 582,4	58,89 %	1 594,6	58,25 %	-12,2	0,64 %
Papír	46,4	1,73 %	17,0	0,62 %	29,4	1,11 %
Celkem	2 687,2	100 %	2 737,7	100 %	-50,5	-1,84 %



Obr. 39: Analýzou zjištěné složení obalového odpadu



Obr. 40: Složení obalového odpadu z dat zpracovaných osobou v domácnosti



Obr. 41: Složení skutečného obalového odpadu

Z uvedených dat je zřejmé, že metodika je stále nedokonalá. Výraznější chyba mezi analýzou a skutečnou váhou odpadu se objevila u skla, kovů a kompozitních obalů. U skla lze předpokládat, že chyba vznikla u jedné z položek nákupu, a to láhve vína. Skleněné lahve od vína vyskytující se na trhu jsou tvarově různorodé, a tedy i jejich hmotnost se může lišit v řádech stovek gramů. U kovů lze předpokládat chybu vzniklou u konzerv, u kterých chyběla informace o gramáži výrobku. Pro analýzu byla tato hodnota odhadnuta, a z tohoto důvodu je i vypočítaná hmotnost obalů částečně odlišná. Chyba u kompozitních obalů byla pravděpodobně způsobena položkami, které nebylo možné spárovat s položkou ve spotřebním koši nebo skupinových obalech z důvodu nevypovídajícího názvu položky na účtence nebo nedostatečného rozsahu spotřebního koše či skupinových obalů. Z tohoto důvodu je nebylo možné zahrnout do výsledku analýzy. Stejnou chybu je alespoň z části možné předpokládat i u ostatních frakcí.

Z výsledků je zřejmé, že metodika stále má prostor pro zlepšení. Pro budoucí výzkum bude potřeba spotřební koš a skupinové obaly rozšířit o nové položky. Taktéž bude do budoucna potřeba seznamy pravidelně aktualizovat. Pro budoucí výzkum bude taktéž potřeba zvolit reprezentativní vzorek domácností a adekvátní délku sběru dat. Výsledky analýzy mohou pak sloužit jako podklad pro určení potenciálu recyklace v ČR.

4.3.4 Celkové hodnocení metody

Jelikož tato metoda je v této práci spíše rešeršního charakteru a má fungovat jako předloha pro budoucí výzkum, nelze tedy tento způsob analýzy komunálního odpadu v tuto chvíli plně hodnotit. Přesto již lze poukázat na některé problémy, které se vyskytli během experimentu a to:

- nedostatečný rozsah spotřebního koše nebo skupinových obalů,
- nedostatečné informace na účtence o položkách nákupu,
- neschopnost identifikovat z názvu položky na účtence o jaký výrobek se jedná.

Pro budoucí výzkum je potřeba se zaměřit na aktualizaci a výrazné rozšíření spotřebního koše a skupinových obalů. Případný další výzkum by měl taktéž proběhnout v delším časovém úseku, než je týden, aby se snížila chyba způsobená akumulací produktů v domácnosti. Dále se bude potřeba zaměřit na odstranění nevýhod metodiky, které jsou společně s výhodami uvedeny v Tab. 20.

Tab. 20: Výhody a nevýhody analýzy

Výhody	Nevýhody
Nízké nároky na výzkum	Převod účtenek do digitalizované formy
Jednoduchý sběr dat	Identifikace výrobku dle označení prodejce

Nízké nároky na výzkum

Na rozdíl od rozborů odpadů jsou nároky na výzkum velmi nízké ať už z hlediska pomůcek nebo zúčastněných lidí. Snižují se tak významně náklady na samostatný výzkum.

Jednoduchý sběr dat

Data lze velmi jednoduše získat od zúčastněných domácností, protože jako zdroj informací se používají účtenky, které se vydávají zdarma ke každému nákupu.

Převod účtenek do digitalizované formy

Samotné převádění dat z účtenek do digitalizované formy může být časově náročné. Tato nevýhoda by mohla být odstraněna zařízením převádějícím text do digitalizované formy. V tomto případě by se muselo investovat jak do samotného zařízení, tak i do vytvoření programu, který by digitalizovaná data zpracovával pro účely výzkumu.

Identifikace výrobku dle označení prodejce

Jelikož označení prodejce je často velmi rozdílné od názvů ve spotřebním koši, musí se párování provádět výhradně ručně, a to zabere určitý čas. Taktéž z označení od prodejce nemusí být patrné o jaký výrobek se jedná a není pak možné obal zahrnout do odhadu, může tak v odhadu vzniknout chyba. V ideálním případě by se musel vytvořit seznam zkratk, které uvádí prodejce a přiřadit k nim jednoznačně definovaný výrobek.

ZÁVĚR

Předkládaná práce se zabývá složením komunálního odpadu se zaměřením na obaly. V kapitole 1 je popsán úvod do legislativy skrze zákon č. 477/2001 Sb. o obalech a č. 185/2001 Sb. o odpadech. Důraz je kladen především na definici základních pojmů, které jsou nezbytné pro pochopení další části práce. Legislativní povinnosti ohledně uvedení obalu na trh a jeho značení je popsáno v navazující kapitole 2.

Tato kapitola představuje životní cyklus obalu. Samotný cyklus se skládá z návrhu, výroby, uvedení na trh a samozřejmě zániku. V rámci návrhu jsou zvoleny všechny podstatné parametry jako je vzhled, použitý materiál apod. Jsou voleny tak, aby vyhovovaly výrobním procesům a legislativním podmínkám definovaným pro uvedení na trh. Některé návrhy obalů už se zaměřují na to, co se s obalem stane po ukončení jeho životnosti, a tomu přizpůsobují použité materiály. Tomu odpovídají i možnosti dalšího zpracování obalu popsané v sekci 2.4.

První navržená metodika využívá pro stanovení složení ekonomické hledisko. Pro tyto účely byl statisticky zpracován spotřební koš. Byl dopočítán počet statků, které si zakoupí průměrná osoba v ČR za jeden rok, dále byly odhadnuty hmotnosti obalů příslušející k jednotlivým statkům a závěrem byla dopočítána celková hmotnost obalových odpadů, které osoba vyprodukovala.

Výsledky analýzy byly podrobeny porovnání s daty z Informačního Systému Statistiky a Reportingu, z nichž je patrné, že je analýza vhodná jen pro vybrané druhy obalů. Použitelná se ukázala být při určité přesnosti pro odhad skleněných, plastových a ostatních obalů. V případě papírových a dřevěných obalů byl rozdíl velmi výrazný, jelikož byly zanedbány obaly velkých statků jako jsou elektro spotřebiče a papírové obaly vzniklé poštovními zásilkami. Pro budoucí využití této metodiky by bylo potřeba nadále spotřební koš zpřesňovat a aktualizovat. Z těchto důvodů se metodika jeví jako nevhodná a musí být modifikována, což popisuje kapitola 4.

Poslední kapitola představila novou metodiku, která složení odpadu analyzuje na základě dat z účtenek. Modifikace metodiky oproti předchozí spočívá v tom, že celkový počet zakoupených statků není odvozen z finančního vydání, ale z údajů na účtenkách. Tato metodika byla vyzkoušena krátkodobým experimentem, který spočíval v odhadu obalových odpadů domácnosti dvou osob mezi 20 a 30 lety. Ten poukázal na hlavní problém analýzy, a to na nedostatečnou kapacitu spotřebního koše. Vzhledem k velikosti trhu nelze mít definovaný typ obalu pro všechny statky. Z toho důvodu metodiku v tomto provedení nelze v praxi používat a je nutné ji dále zlepšovat.

Metodika byla inovovaná pomocí tzv. „skupinových obalů“, který tento problém alespoň z části eliminuje. Tedy definuje obal, který je podobný pro stejnou určitou skupinu výrobků. Ten potom při přiřazování obalů ke statkům používá. Výsledky analýzy byly podrobeny srovnání se skutečnou hmotností obalového odpadu. Výraznější rozdíl se objevil u skleněných, kovových a kompozitních obalů, kde se hmotnost lišila v řádu jednotek procent. Rozdíl si lze vysvětlit například nedostatečnou kvalitou zpracovaných hmotností obalů, což lze vyřešit detailnějším vážením obalů. Dalším možným důvodem rozdílu je využíváním vážené průměrné hmotnosti všech obalů, do kterých se statky balí, což lze vyřešit změnou vah v závislosti na účastnících průzkumu. V závislosti na prvotních výsledcích experimentu se do budoucna jeví tato metodika jako jedna z možností odhadu obalových odpadů, ale pro její použití v praxi bude potřeba provést dlouhodobější a rozsáhlejší experiment a doladit některé nedostatky v podobě zpracování účtenek do digitalizované formy.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/850 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 1999/31/ES o skládkách odpadů. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0850&from=EN>
- [2] NOVÁK, M. *Analýza složení komunálních odpadů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2019. 71 s. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116597> Vedoucí diplomové práce Ing. Radovan Šomplák, Ph.D.
- [3] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 77/2001 Sb. o obalech a o změně některých zákonů: (zákon o obalech). In: *Sbírka zákonů*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2001, ročník 2001, číslo 477.
- [4] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Sbírka zákonů*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2001, ročník 2001, číslo 185.
- [5] KURAŠ, Mečislav. *Odpadové hospodářství*. Chrudim: Ekomonitor, 2008. ISBN 978-80-86832-34-0.
- [6] Obal a jeho funkce. *Balte levněji! O obalech bez obalu* [online]. Brno: TART [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://www.baltelevneji.cz/obaly/obal-a-jeho-funkce>
- [7] POROVNÁNÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ NÁPOJOVÝCH OBALŮ V ČR METODOU LCA. In: *Informační systém Masarykovy univerzity* [online]. Brno: Masarykova univerzita [cit. 2020-06-09]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/jaro2015/Bi6920/um/LCA_napojove_obaly_zaverecna_zprava.pdf
- [8] Thermoplastics vs. Thermosetting Polymers: Properties, Processing and Applications. *MATMATCH* [online]. Munich: Matmatch, c2020 [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://matmatch.com/learn/material/thermoplastics-vs-thermosetting-polymers>
- [9] The Difference Between Thermoplastic and Thermosetting Plastic. *OSBORNE* [online]. Osborne: Osborne Industries [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.osborneindustries.com/news/difference-between-thermoplastic-thermosetting-plastic/>
- [10] PET – Polyethylentereftalát. *KOPLAST* [online]. Jedovnice: KOPLAST, c2008-2016 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://www.koplast.cz/pet/>
- [11] Termoplasty – základní druhy. *Publi* [online]. Brno: Code Creator, c2011-2020 [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/18.html>
- [12] Typy polyetyleny - LDPE a HDPE. *Obalové materiály* [online]. Praha: TAVOČER [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://www.obalove-materialy.cz/o-nas/clanky/typy-polyetyleny-ldpe-a-hdpe>

- [13] Low Density Polyethylene (LDPE). *MATMATCH* [online]. Munich: Matmatch, c2020 [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://matmatch.com/materials/mbas004-general-polyethylene-low-density-pe-ld->
- [14] Slovník pojmů. *Obalové materiály* [online]. Praha: TAVOČER [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://www.obalove-materialy.cz/nakup/slovník-pojmu>
- [15] LDPE vs HDPE: Properties, Production and Applications. *MATMATCH* [online]. Munich: Matmatch, c2020 [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://matmatch.com/learn/material/ldpe-vs-hdpe>
- [16] MARSH, Kenneth a Betty BUGUSU. Food Packaging-Roles, Materials, and Environmental Issues. *Journal of Food Science* [online]. 2007, **72**(3), R39-R55 [cit. 2020-06-21]. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>
- [17] RUBIO, Michelle Rose. Recycling of Polyvinyl Chloride. *BioEnergy Consult: Powering a Greener Future* [online]. BioEnergy Consult, 21. 12. 2019 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.bioenergyconsult.com/tag/pvc-recycling-methods/>
- [18] BLISTER PACKAGING. *CORPOSAN* [online]. Česká Třebová: Corposan [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <http://www.corposan.cz/en/blister-packaging/>
- [19] Materials Used in Food Packaging. *MATMATCH* [online]. Munich: Matmatch, c2020 [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://matmatch.com/learn/material/materials-used-in-food-packaging>
- [20] GEUEKE, Birgit, Ksenia GROH a Jane MUNCKE. Food packaging in the circular economy: Overview of chemical safety aspects for commonly used materials. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2018, **193**, 491-505 [cit. 2020-04-22]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.05.005. ISSN 09596526. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618313325>
- [21] BEŇO, Zdeněk. *Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2011. ISBN 978-80-214-4240-5.
- [22] KIZLINK, Juraj. *Odpady: sběr, zpracování, využití, zneškodnění, legislativa*. 3., upr. a rozš. vyd., V Akademickém nakl. CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-807204-884-7.
- [23] Nerezová přepravní konev na mléko BEEKETAL BMK-6 na 4 l včetně víka. *Eshop Zemědělské potřeby M+S* [online]. České Budějovice: Zemědělské potřeby M+S, c2020 [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://www.eshop-zemedelske-potreby.cz/nerezova-prepravni-konev-na-mleko-beeketal-bmk-6-na-4-l-vcetne-vika-p39513/>

- [24] Dřevěné obaly. *Dřevěné palety, dřevěné obaly - Dřevokrov* [online]. Býchory: DŘEVOKROV [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://www.drevokrov.cz/drevene-obaly>
- [25] DIRGAR, Esra a Okşan ORAL. PACKING TEXTILES AND THEIR APPLICATION AREAS. In: *TEXTOTEX* [online]. İzmir: Tekstil Dunyasi [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <http://textotex.com/application/static/data/file/eng/Esra%20DIRGAR.pdf>
- [26] Velkoobjemový vak Big Bag 0,5 m³, bez obsahu. *HORNBACH - projektový hobbymarket* [online]. Praha: HORNBACH BAUMARKT CS [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://www.hornbach.cz/shop/Velkoobjemovy-vak-Big-Bag-0-5-m-bez-obsahu/6236055/artikl.html>
- [27] KOLÁŘ, Zbyněk. Značení obalů. In: *Systém sběru a recyklace obalových odpadů | EKO-KOM* [online]. Praha: EKO-KOM, c2011-2020 [cit. 2020-01-29]. Dostupné z: https://www.ekokom.cz/uploads/attachments/Klienti/znaceni_obalu_16-06.pdf
- [28] NÁPOJOVÉ KARTONY. *TŘÍDĚNÍODPADU.CZ* [online]. c2007-2020 [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/napojove-kartony>
- [29] Nápojové kartony. *ENVIS - Informační servis o životním prostředí* [online]. Praha: HLAVNÍ MĚSTO PRAHA, 11. 1. 2005 [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: [http://envis.praha-mesto.cz/\(ypgyfe55kg2rb12n121q343n\)/zdroj.aspx?typ=2&Id=%2021745&sh=1840807384](http://envis.praha-mesto.cz/(ypgyfe55kg2rb12n121q343n)/zdroj.aspx?typ=2&Id=%2021745&sh=1840807384)
- [30] KOLÁŘ, Zbyněk. Podmínky uvedení obalu na trh. In: *Systém sběru a recyklace obalových odpadů | EKO-KOM* [online]. Praha: EKO-KOM, c2011 - 2020 [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/uploads/attachments/Klienti/podminky-uvvedeni-obalu-na-trh.pdf>
- [31] Zelený bod a značka EKO-KOM. *Systém sběru a recyklace obalových odpadů | EKO-KOM* [online]. Praha: EKO-KOM, c2011-2020 [cit. 2020-01-29]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/cz/klienti/uzitecne-informace-pro-klienty/zeleny-bod>
- [32] ROZHODNUTÍ KOMISE ze dne 28. ledna 1997, kterým se zavádí identifikační systém pro obalové materiály podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 94/62/ES o obalech a obalových odpadech. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:31997D0129&from=CS>
- [33] Panáček odhazující obal do koše. *DTest: Nezávislé testy, víc než jen recenze* [online]. Praha: dTest [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.dtest.cz/znacky/49/panacek-odhazujici-obal-do-kose>
- [34] Symbol "e." *Bezpečnost potravin* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76640.aspx>

- [35] MILLER, Yael. What's that little 'e' symbol? *DIELINE* [online]. Dieline Media, LLC., c2007-2020 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://thedieline.com/blog/2008/9/17/whats-that-little-e-symbol.html>
- [36] Pokyny pro označování a balení v souladu s nařízením CLP (ES) č. 1272/2008. In: *EKOhelp* [online]. Praha: Wcontact [cit. 2020-01-29]. Dostupné z: https://www.ekohelp.cz/files/uploads/PIC/CLP/Prilohy/clp_labelling_cs.pdf
- [37] Výstražné symboly CLP – co znamenají? *EnviGroup* [online]. Tachov: Envi Group, 24. 8. 2016 [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://www.envigroup.cz/vystrazne-symboly-clp-co-znamenaji.html>
- [38] Komunální odpad. *Městská část Brno Bystrc* [online]. Brno: Městská část Brno Bystrc, 8. 6. 2017 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <http://www.mestskacast.cz/bystrc/uredni-deska/komunalni-odpad/>
- [39] Přehled dosahovaných výsledků. *Systém sběru a recyklace obalových odpadů | EKO-KOM* [online]. Praha: EKO-KOM, c2011-2020 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/cz/ostatni/o-spolecnosti/system-eko-kom/vysledky-systemu/vyrocní-shrnutí>
- [40] Co je ZEVO. *Skupina ČEZ* [online]. Praha: ČEZ [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/co-je-zevo.html>
- [41] Výkladový slovník. *Petroleum.cz* [online]. c2007-2020 [cit. 2020-06-20]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/slovník.aspx?pid=117>
- [42] Výhřevnost odpadu: Co to vlastně je? *Odvoz odpadu, suti a kontejnery na odpad | SIEGL Praha* [online]. Praha: SIEGL, c1990-2018 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.siegl.cz/blog/odpady/vyhrevnost-odpadu-co-to-vlastne-je>
- [43] 4.6 Analýza přechodu komunálního odpadu (skupina 20 Katalogu odpadů) na palivo z odpadu. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, c2008–2020 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/\\$FILE/OODP-4_6_MZP_FIN-20160810.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/$FILE/OODP-4_6_MZP_FIN-20160810.pdf)
- [44] Česko čeká velká odpadková revoluce, vláda dnes schválila novou odpadovou legislativu. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, c2008–2020, 09. 12. 2019 [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20191207_cesko_ceká_velká_odpadková_revoluce_vláda_dnes_schválila_novou_odpadovou_legislativu
- [45] Produkce, využití a odstranění odpadu a produkce druhotných surovin v roce 2018. In: *Český statistický úřad* [online]. Praha: Český statistický úřad [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/98121450/280029-19.pdf/a732554f-bc8f-431a-b41b-acd9b89b1f8a?version=1.0>

- [46] Inlace, míra inflace - Metodika. *Český statistický úřad* [online]. Praha: Český statistický úřad, 30. 4. 2020 [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/kdyz_se_rekne_inlace_resp_mira_inlace
- [47] Indexy spotřebitelských cen: (metodická příručka pro uživatele). In: *Český statistický úřad* [online]. Praha: Český statistický úřad [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/26822363/manual_isc_2020.pdf/a2303ac4-e4d0-4f85-b20d-4e8773289c94?version=1.1
- [48] VYDÁNÍ A SPOTŘEBA DOMÁCNOSTÍ STATISTIKY RODINNÝCH ÚČTŮ. In: *Český statistický úřad* [online]. Praha: Český statistický úřad [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/46388837/16001817.pdf/580aa93e-a92e-44a5-9255-d7dbcc346955?version=1.0>
- [49] *Košík.cz* [online]. Praha: Košík.cz, c2015–2020 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.kosik.cz/>
- [50] *PŠENIČNÁ MOUKA HLADKÁ světlá speciál 00 extra* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, c2015–2018 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://www.regionalnipotravina.cz/ocenene-regionalni-potraviny/moravskoslezsky-kraj/psenicna-mouka-hladka-svetla-special-00-extra/>
- [51] *Velkoobchod potravin a dalšího zboží | MAKRO.cz* [online]. Praha: MAKRO Cash&Carry ČR [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.makro.cz/>
- [52] Blistr jako obal výrobku. *Zakázková výroba vakuově tvarovaných obalů* [online]. Lipůvka: Dalibor Hudec [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: <https://www.blistr-blistry.cz/blistr-jako-obal-vyroбку/>
- [53] Polystyren. *TART, s.r.o.* [online]. Brno: TART [cit. 2020-06-20]. Dostupné z: <https://www.tart.cz/polystyren/>
- [54] *PLASTOVÉ OBALY on-line* [online]. Lanškroun: Bema Lanškroun [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://www.lahve.info/>
- [55] Produkce a recyklace odpadů z obalů. *ISSaR - Informační Systém Statistiky a Reportingu* [online]. CENIA [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://issar.cenia.cz/prehled-klicovych-indikatoru-podle-hlavnich-temat/09-odpady-a-materialove-toky/04-produkce-a-recyklace-odpadu-z-obalu/>
- [56] Pohyb obyvatelstva - rok 2018. *Český statistický úřad* [online]. Praha: Český statistický úřad [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/pohyb-obyvatelstva-rok-2018>
- [57] MORÁVEK, Daniel. 10 údajů, které musí být na účtence kvůli #EET. *Podnikatel.cz - největší server pro podnikatele v ČR* [online]. Internet Info, c2007–2020, 17. 2. 2017 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.podnikatel.cz/clanky/10-udaju-ktere-musi-byt-na-uctence-kvuli-eet/>

- [58] 2. Je rozdíl mezi účtenkou a dokladem o koupi? *COI - Česká obchodní inspekce* [online]. Praha: Česká obchodní inspekce, c2017, 31. 8. 2017 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.coi.cz/faq/2-je-rozdil-mezi-uctenkou-a-dokladem-o-koupi/>
- [59] Vzorová účtenka podle zákona o evidenci tržeb. In: *Etržby - elektronická evidence tržeb* [online]. Praha: Finanční správa, c2016–2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: https://www.etrzby.cz/assets/cs/prilohy/vzorova_uctenka.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Veličina	Jednotka
ALU	Hliník	–
BKP	Bezpečnostní kód poplatníka	–
CLP	Výstražné symboly	–
ČR	Česká republika	–
ČSU	Český statistický úřad	–
DIČ	Daňové identifikační číslo	–
ECCS	Elektrolyticky chromem potažená ocel	–
ECOICOP	Evropská klasifikace individuální spotřeby podle účelu	–
FE	Ocel	–
FIK	Fiskální identifikační kód	–
FOR	Dřevo nebo korek	–
GHS OSN	Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemických látek Organizace spojených národů	–
GL	Sklo	–
HDPE	Polyethylen s vysokou hustotou	–
$H_{i,k,x}$	Vážený průměr hmotnosti součástí k výrobků i položky nákupu x	g
ISSaR	Informační Systém Statistiky a Reportingu	–
LDPE	Polyethylen s nízkou hustotou	–
$m_{i,j,k}$	Navážená hmotnost součásti obalu k typu j příslušející k výrobku i	g
$M_{i,k}$	Vážený průměr hmotnosti součástí k výrobků i	g
PAP	Papír	–
PET	Polyethylentereftalát	–
PKP	Podpisový kód poplatníka	–
PP	Polypropylen	–
PS	Polystyren	–
PVC	Polyvinylchlorid	–
TEX	Juta nebo bavlna	–
$x_{i,j}$	Procentuální zastoupení obalu typu j pro výrobek i	–
y_i	Počet zakoupených měrných jednotek položky i	–
ZEVO	Zařízení pro energetické využití odpadu	–
Dolní index	Veličina	Jednotka
i	Výrobek	–
j	Typ obalu jako celku	–
k	Součást obalu	–

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Hierarchie nakládání s odpady.....	11
Obr. 2: Úrovně obalů [6].....	13
Obr. 3: Životní cyklus obalu [7].....	14
Obr. 4: Blistr z PVC a ALU [18]	16
Obr. 5: Nerezová přepravní konev [23]	17
Obr. 6: Textilní obaly [26]	18
Obr. 7: Nápojový karton, aseptický a neaseptický [29].....	19
Obr. 8: Materiálová identifikace – variace značení [27].....	21
Obr. 9: Symbol Anti-littering [33]	23
Obr. 10: Symbol zelený bod na levé straně a značka EKO-KOM na pravé straně [31].	23
Obr. 11: Symbol „e“ [35]	23
Obr. 12: Nádoby na oddělený sběr odpadu [38]	25
Obr. 13: Dosažená míra recyklace a využití odpadů z obalů za rok 2018 [39]	26
Obr. 14: Nakládání s komunálními odpady v roce 2018 [45].....	27
Obr. 15: Hlavní součásti obalu – plechovka [49].....	30
Obr. 16: Hlavní součásti obalu – sáček otevřený [49]	31
Obr. 17: Hlavní součásti obalu – sáček uzavřený [49].....	31
Obr. 18: Hlavní součásti obalu – plochý obal [49]	32
Obr. 19: Příklad plochého obalu A) a sáčku B) [50].....	32
Obr. 20: Hlavní součásti obalu – krabice [49]	33
Obr. 21: Hlavní součásti obalu – kelímek [49] [51].....	33
Obr. 22: Hlavní součásti obalu – láhev [49]	34
Obr. 23: Hlavní součásti obalu – plato [49]	34
Obr. 24: Hlavní součásti obalu – výlisek [49]	35
Obr. 25: Hlavní součásti obalu – blistr [52].....	35
Obr. 26: Hlavní součásti obalu – sklenice [49].....	35
Obr. 27: Hlavní součásti obalu – tuba [49]	36
Obr. 28: Krabice s výplní a spotřebičem [53].....	36
Obr. 29: Jednorázový uzávěr [49].....	37
Obr. 30: Šroubový uzávěr [54].....	38
Obr. 31: Flip top uzávěr [54].....	38
Obr. 32: Push pull uzávěr [54]	38
Obr. 33: Dvousložkový uzávěr [54].....	39
Obr. 34: Rozprašovač (A) a pumpička (B) [54].....	39
Obr. 35: Etiketka [49]	40
Obr. 36: Polotučné mléko trvanlivé – Typy obalů [49]	42
Obr. 37: Vzorová účtenka a její popis [59].....	45
Obr. 38: Účtenka nákupu provedeného v nákupním řetězci Albert.....	46
Obr. 39: Analýzou zjištěné složení obalového odpadu.....	50
Obr. 40: Složení obalového odpadu z dat zpracovaných osobou v domácnosti	50
Obr. 41: Složení skutečného obalového odpadu	51

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Technické normy pro vyhodnocení, zda obal splňuje požadavky pro uvedení obalu na trh [30].....	20
Tab. 2: Identifikační kódy – Plasty [32]	21
Tab. 3: Identifikační kódy – Papíry a lepenky [32]	21
Tab. 4: Identifikační kódy – Kovy [32]	22
Tab. 5: Identifikační kódy – Dřevo [32].....	22
Tab. 6: Identifikační kódy – Textil [32]	22
Tab. 7: Identifikační kódy – Sklo [32]	22
Tab. 8: Identifikační kódy – Kompozitní materiály [32].....	22
Tab. 9: Seznam výstražných symbolů [37]	24
Tab. 10: Výhřevnost vybraných frakcí odpadu [42] [43].....	26
Tab. 11: Klasifikace dle ECOICOP	28
Tab. 12: Seznam položek: hlavní součásti obalů v kombinaci s materiály	41
Tab. 13: Seznam položek: vedlejších součástí obalů v kombinaci s materiály	41
Tab. 14: Porovnání dat [55].....	43
Tab. 15: Zpracovaná data z účtenky	47
Tab. 16: Příklad vzniku skupinových obalů	48
Tab. 17: Zpracovaná data z účtenky	48
Tab. 18: Srovnání výsledků analýzy a skutečně vzniklým obalovým odpadem	49
Tab. 19: Srovnání výsledků analýzy a dat zpracovaných osobou v domácnosti.....	50
Tab. 20: Výhody a nevýhody analýzy	52

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Analyzovaná data