



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

## ANALÝZA SLOŽENÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ

ANALYSIS OF MUNICIPAL SOLID WASTE COMPOSITION

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michal Novák

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radovan Šomplák, Ph.D.

BRNO 2019

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav procesního inženýrství  
Student: **Bc. Michal Novák**  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Procesní inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Radovan Šomplák, Ph.D.**  
Akademický rok: 2018/19

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:

## Analýza složení komunálních odpadů

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Demografický vývoj společně se zvyšující se životní úrovní má za následek nárůst spotřeby primárních surovin. V celosvětovém měřítku je trendem preferovat využívání sekundárních zdrojů prostřednictvím recyklace odpadu. Evropská komise pro životní prostředí vydala za tímto účelem balíček k oběhovému hospodářství, který má za cíl maximalizovat materiálové využití odpadu a zároveň minimalizovat jeho skládkování (odstranění bez jakéhokoli využití). Pro stanovení racionálních cílů na úrovni mikro-regionů a následný monitoring plnění, je nezbytné disponovat jednotnou metodikou odhadu složení zbytkového komunálního odpadu (KO). V diplomové práci se student seznámí s existujícími přístupy pro rozbor složení zbytkového KO pomocí domácí a zahraniční rešerše odborné literatury. Budou navrženy metody vhodné pro podmínky ČR včetně popisu silných a slabých stránek zvolených přístupů. Diplomová práce bude sloužit jako úvodní podklad pro následné analýzy složení zbytkového KO v rámci projektu Strategického partnerství pro environmentální technologie a produkci energie (OP VVV DMS SPETEP - Strategic Partnership for Environmental Technologies and Energy Production SPETEP - 29218) řešeného na Ústavu procesního inženýrství, Fakulty strojního inženýrství, Vysokého učení technického.

### Cíle diplomové práce:

- Rešerše odborných publikací z oblasti rozborů složení zbytkových KO.
- Identifikace silných a slabých stránek jednotlivých metod.
- Popis neurčitostí vyskytujících se při analýze složení zbytkového KO.
- Sumarizace dat o produkci a složení odpadu z Plánů odpadového hospodářství měst v ČR.
- Návrh metodiky pro rozbor zbytkového KO vhodné v podmínkách ČR.

### Seznam doporučené literatury:

Ministerstvo Životního Prostředí ČR. Plán odpadového hospodářství České republiky na období 2015–2024 (verze ke 2. 5. 2014). Praha, 2014. Dostupné z:

[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news\\_140506\\_Plan\\_odpady/\\$FILE/Plan\\_odpadoveho\\_hospodarstvi-060514.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_140506_Plan_odpady/$FILE/Plan_odpadoveho_hospodarstvi-060514.pdf).

DAHLÉN, Lisa , Anders LAGERKVIST. Methods for household waste composition studies, Waste Management, 28 (7), 2008, s. 1100-1112, doi.org/10.1016/j.wasman.2007.08.014.

BAAWAIN, Mahad , Abdullah Al-MAMUN, Hamid OMIDVARBONA, Wala Al-AMRI. Ultimate composition analysis of municipal solid waste in Muscat, Journal of Cleaner Production, 148, 2017, 355-362, doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.013.

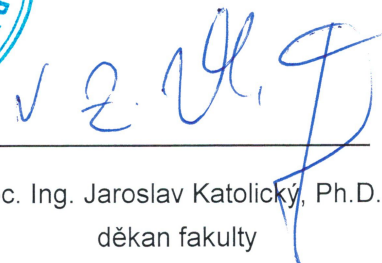
BENEŠOVÁ, Libuše, B.ohumil ČERNÍK, Markéta DOLEŽALOVÁ, Věra HAVRÁNKOVÁ, Zdenka KOTOULOVÁ, Karolína MAREŠOVÁ, Jan SLAVÍK. . Komunální a podobné odpady. 1. vyd. Praha: ENZO, 2011, 93 s. ISBN 978-80-901732-1-7. Dostupné z: [www.kr-ustecky.cz/assets/File.ashx?id\\_org=450018&id\\_dokumenty=1666019](http://www.kr-ustecky.cz/assets/File.ashx?id_org=450018&id_dokumenty=1666019).

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 18. 10. 2018



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



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

## **Abstrakt**

Předmětem práce je obsáhlá rešerše světových studií a metodik zabývajících se analýzou složení směsného komunálního odpadu. Studie jsou nejprve obecně popsány a poté rozděleny do několika skupin v závislosti na principu jejich pracovních postupů včetně výčtu výhod a nevýhod. Následně jsou studie děleny dle geografických oblastí. Výsledky rozborů jednotlivých studií jsou prezentovány a vzájemně porovnány. Na základě získaných poznatků je navržena vhodná metodika k provádění rozborů směsného komunálního odpadu v České republice.

## **Klíčová slova**

Směsný komunální odpad, SKO, analýza složení odpadu, rešerše

## **Abstract**

This diploma thesis provides extensive research of municipal solid waste studies and methodologies from all over the world. Firstly, the studies are described in general and then divided into several groups depending on the principle of their working practices, including their advantages and disadvantages. Secondly, the studies are divided by geographic areas. The results of the individual studies are presented and compared. Based on the findings in the thesis, appropriate methodology for municipal solid waste analysis in the Czech Republic is proposed.

## **Key words**

Municipal solid waste, MSW, waste composition analysis, review

## **Bibliografická citace**

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

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Analýza složení komunálních odpadů* vypracoval samostatně a s použitím materiálů uvedených v seznamu použité literatury.

V Brně dne 20. 1. 2019

.....  
Michal Novák

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval především vedoucímu práce Ing. Radovanu Šomplákovi, Ph.D. za odbornou pomoc při tvorbě práce. Rád bych také poděkoval prof. Dr. Ing. Marcusi Reppichovi za podporu při studiu v Německu. Dále pak všem cvičícím, přednášejícím a všem ostatním kolegům jak z Ústavu procesního inženýrství při FSI v Brně, tak z Fakulty Umwelt und Verfahrenstechnik při FH v Augsburgu za získané znalosti při studiu. V neposlední řadě své rodině za podporu během celého studia.

# OBSAH

|   |    |
|---|----|
| 1. ÚVOD A MOTIVACE.....   | 10 |
| 2. TEORIE – ODPADY .....  | 12 |
| 2.1 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ .....                               | 12 |
| 2.1.1 Pojem odpad .....   | 12 |
| 2.1.2 Komunální odpad .....                                       | 12 |
| 2.1.3 Směsný komunální odpad .....                                | 13 |
| 2.2 LEGISLATIVA .....   | 14 |
| 2.3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ SLOŽENÍ SKO .....                         | 15 |
| 3. REŠERŠNÍ ČÁST – METODY .....                                   | 18 |
| 3.1 ZKOUMANÉ STUDIE A METODIKY .....                              | 18 |
| 3.2 POSLOUPNOST ČINNOSTÍ PŘI ANALÝZE SLOŽENÍ SKO .....            | 20 |
| 3.2.1 Metody stanovení charakteristických parametrů analýzy ..... | 20 |
| 3.2.2 Sběr vzorku.....  | 21 |
| 3.2.3 Metoda stanovení reprezentativního vzorku .....             | 25 |
| 3.2.4 Třídění odpadu .....  | 27 |
| 3.2.5 Analýza složení SKO .....                                   | 37 |
| 3.3 SHRUTÍ HLAVNÍCH VÝSLEDKŮ Z REŠERŠE .....                      | 38 |
| 3.3.1 Výčet typových metod.....                                   | 38 |
| 3.3.2 Evropa .....  | 42 |
| 3.3.3 Amerika.....  | 47 |
| 3.3.4 Asie.....   | 49 |
| 3.3.5 Afrika.....   | 51 |
| 3.4 ZKUŠENOSTI Z ČR .....   | 53 |
| 3.4.1 MŽP metodika.....   | 53 |
| 3.4.2 Zjednodušená metodika.....                                  | 54 |
| 3.4.3 Metodika společnosti EKO-KOM.....                           | 54 |
| 3.4.4 Regionální iniciativy .....                                 | 54 |
| 3.4.5 Analýza dat z POH.....                                      | 54 |
| 4. IDENTIFIKACE A NÁVRH VHODNÉ METODY PRO ČR.....                 | 57 |
| 4.1 NÁVRH VHODNÉ METODY .....                                     | 57 |
| 5. ZÁVĚR .....  | 60 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....                                     | 61 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....                                    | 70 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ .....  | 71 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| SEZNAM TABULEK..... | 71 |
| SEZNAM PŘÍLOH.....  | 71 |

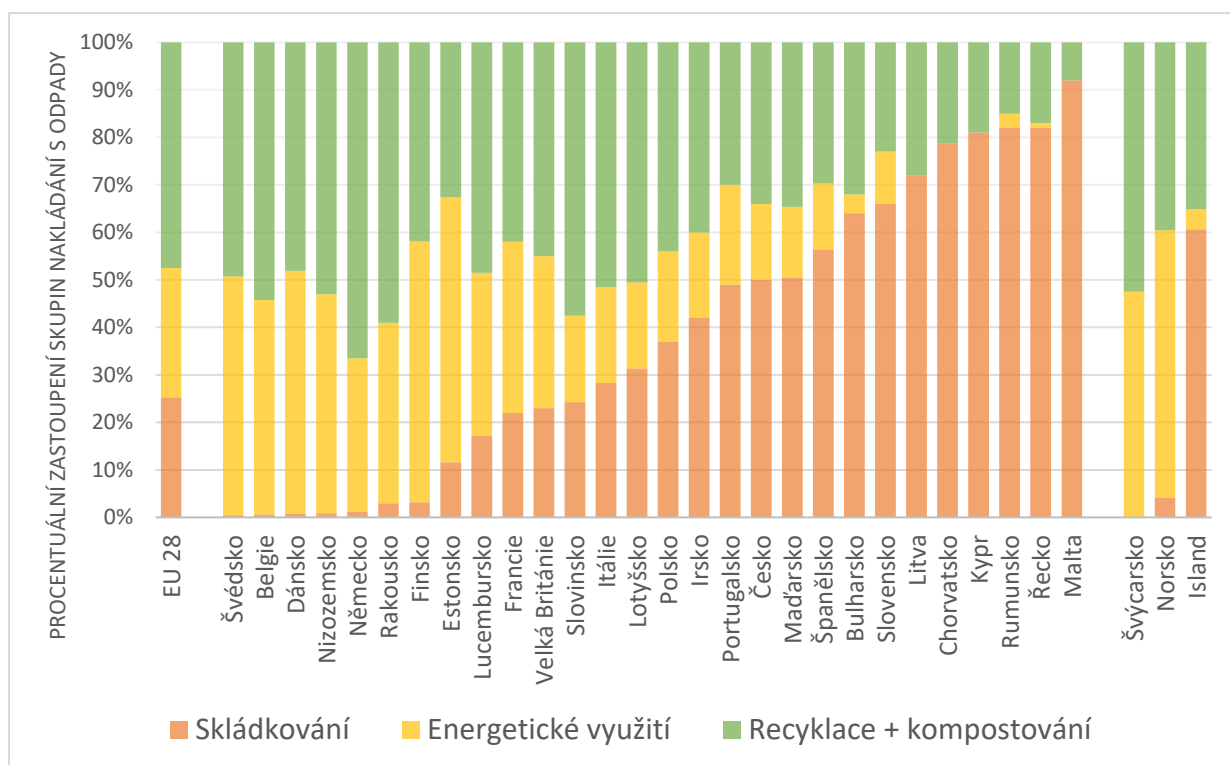
# 1. ÚVOD A MOTIVACE

Svět se pravděpodobně v této době (12/2018) nachází v závěrečné fázi hospodářského cyklu [1] a právě v těchto časech relativní jistoty a prosperity přichází ideální doba k nalézání dlouhodobých konceptuálních změn, které povedou k efektivnějšímu, ekologičtějšímu a ekonomičtějšímu způsobu nakládání s odpady. V současné době panují ideální podmínky z hlediska možností financování jednotlivých projektů právě z důvodu ekonomických přebytků, ať už na úrovni EU nebo jednotlivých států.

Ruku v ruce s prosperitou roste i životní úroveň občanů. Jedním z typických důsledků zvyšující se úrovně života je větší množství vyprodukovaných odpadů [2], který je potřeba nějakým způsobem zpracovávat. Je na místě si připomenout, co to odpad vůbec je. Odpad je jakákoli movitá věc či soubor věcí, kterých se člověk zbavuje, ať už v důsledku povinnosti, úmyslu nebo náhody. Při veškerých lidských činnostech vzniká určité množství odpadu. Výroba, průmysl, zemědělství, či v současné době konzumní způsob života, to všechno jsou zdroje odpadu. V závislosti na typu odpadu je prioritou jej materiálově či energeticky využívat, pakliže to není možné, lze jej případně ukládat na skládky [2], [3].

Jednou z nejvýznamnějších složek odpadu je komunální odpad (KO). Jedná se o veškerý vyprodukovaný odpad od domácností a částečně taktéž od komerčních subjektů, který vzniká při tzv. nevýrobní činnosti. Jeho zbytková, nevytříděná složka se nazývá směsný komunální odpad (SKO). Členské země Evropské unie můžeme pomyslně rozdělit do 3 skupin podle aktuálního stavu odpadového hospodářství (OH) [4]. Do první skupiny spadají země s dobře rozvinutým OH, většina KO se materiálově využívá a skládkování se v těchto zemích téměř nevyskytuje. Druhou skupinou zemí jsou ty, kde právě probíhá změna směrem k udržitelnějšímu OH. Potřebná legislativa je již buďto připravena, nebo v platnosti, nicméně zde ještě nebylo zakázáno skládkování surových, alternativně využitelných či zpracovatelných odpadů. Pro navýšení materiálového využití KO existují v těchto zemích daňová či jiná zvýhodnění. Třetí skupinou jsou země, které na transformaci OH teprve čekají. Země ve třetí skupině mají nedostatečné finanční i technologické kapacity pro efektivnější využívání odpadů a skládkování zde má majoritní podíl [5].

Česká republika se v současné době nachází v období transformace OH (2. skupina). Pro usnadnění úspěšného zvládnutí této transformace členskými státy vydala Evropská komise pro životní prostředí balíček k oběhovému hospodářství. Balíček má za cíl minimalizovat skládkování odpadů a maximalizovat jeho materiálové využití, jak můžeme vidět u některých zemí na obr. 1. Pro reálné nastavení limitů materiálového využití odpadů a zavedení dostatečné finanční a posléze technické podpory je vhodné mít představu o potenciálu KO, který lze materiálově využít. Aby bylo možné docílit reálného nastavení limitů pro materiálové využití odpadů, je třeba disponovat kvalitními odhady o množství a složení KO, potažmo jeho zbytkové složky SKO. Popis přístupu pro analýzu SKO tvoří hlavní motivaci pro vznik této diplomové práce.



Obrázek 1 Nákládání s odpady v evropských zemích [6]

Cílem předložené práce je rozsáhlá rešerše v oblasti existujících metod pro analýzu složení SKO. Na základě rešerše bude diskutována vhodná metoda pro aplikaci v rámci podmínek ČR zohledňující místní specifika.

Výsledky diplomové práce budou dále použity jako podklad pro následné analýzy složení zbytkového KO v rámci projektů Strategického partnerství pro environmentální technologie a produkci energie (OP VVV DMS SPETEP - Strategic Partnership for Environmental Technologies and Energy Production - 29218) a TIRSM - Prognózování produkce odpadů a stanovení složení komunálního odpadu, poskytovatel: Technologická agentura České republiky, program Beta 2, TIRSMZP719, 2018–2020, které jsou řešeny na Ústavu procesního inženýrství, Fakulty strojního inženýrství, Vysokého učení technického v Brně.

## 2. TEORIE – ODPADY

Kapitola popisuje základní teoretické a legislativní poznatky potřebné pro účely této práce. Definuje základní pojmy jako jsou odpad a jeho složky, tedy termíny vyskytující se v předložené práci. Dále pak sumarizuje významnou legislativu související s danou problematikou. V kapitole 2.3 je pak proveden rozbor faktorů ovlivňujících složení SKO.

### 2.1 Definice základních pojmů

Pro účely této práce je vhodné definovat několik základních termínů, které se týkají hlavních cílů práce, a bude s nimi dále pracováno. Většina termínů je ukotvena v legislativě ČR, případně EU. Při definování odborných názvů je nejčastěji odkazováno na příslušné zákony, vyhlášky či jiné předpisy. Taktéž jsou uvedeny nejrelevantnější zákony, vyhlášky a nařízení týkající se předložené práce.

#### 2.1.1 Pojem odpad

Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit [7].

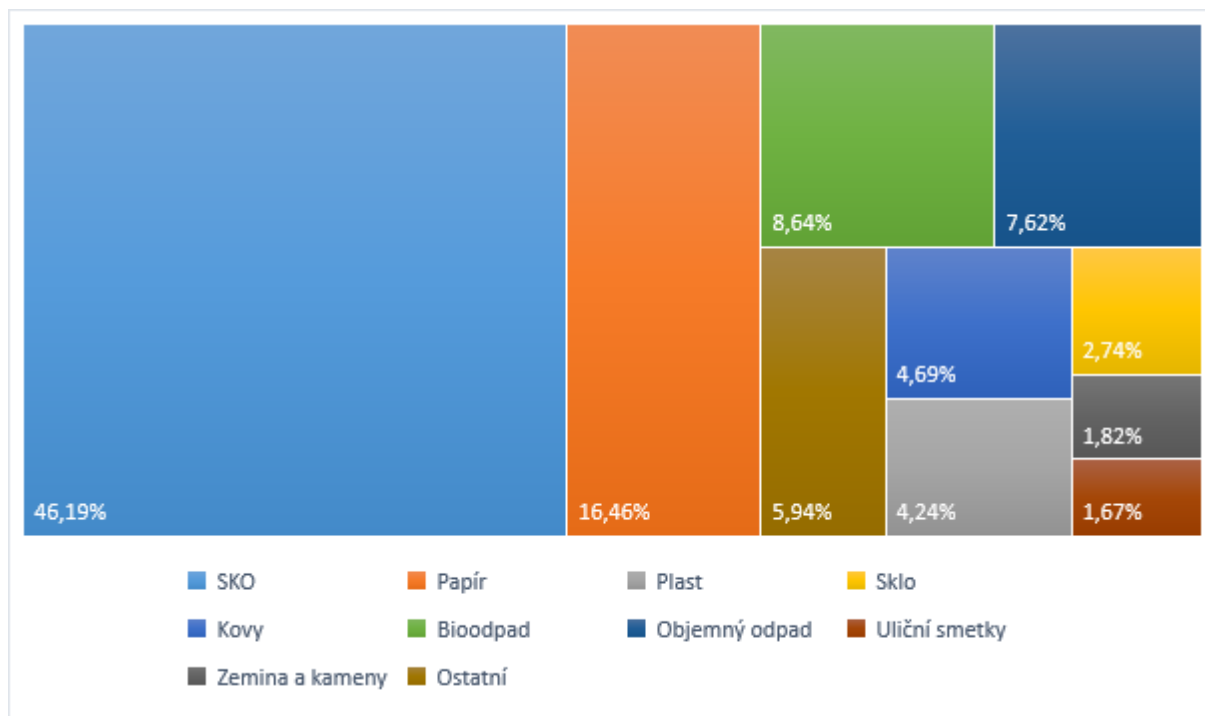
#### 2.1.2 Komunální odpad

KO rozumíme veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, a který je uveden jako KO v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání. Do kategorie KO řadíme i odpad podobný KO, což je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání a který je uveden jako KO v Katalogu odpadů viz. tabulka 1 [7]. Procentuální složení KO v ČR za rok 2015 můžeme vidět na obr. 2.

Tabulka 1 Složky KO

| Název skupiny odpadu                                | Číslo dle katalogu odpadů |
|---|---------------------------|
| SKO   | 20 03 01                  |
| Papír   | 20 01 39 + 15 01 02       |
| Plast   | 20 01 39 + 15 01 02       |
| Sklo  | 20 01 02 + 15 01 07       |
| Kovy  | 20 01 40                  |
| Bioodpad  | 20 02 01                  |
| Objemný odpad                                       | 20 03 07                  |
| Textilní materiály                                  | 20 01 11                  |
| Oděvy   | 20 01 10                  |
| Odpad z tržišť                                      | 20 03 02                  |
| Uliční smetky                                       | 20 03 03                  |
| Zemina a kameny                                     | 20 02 02                  |
| Jedlý olej a tuk                                    | 20 01 25                  |
| Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven | 20 01 08                  |
| Dřevěné obaly                                       | 15 01 03                  |
| Kompozitní obaly                                    | 15 01 05                  |

| Název skupiny odpadu | Číslo dle katalogu odpadů |
|----------------------|---------------------------|
| Kovové obaly         | 15 01 04                  |
| Směsné obaly         | 15 01 06                  |



Obrázek 2 Procentuální zastoupení složek KO v roce 2015[8]

### 2.1.3 Směsný komunální odpad

V České republice tvoří SKO kolem 50 % z celkového objemu KO, jak můžeme vidět na obr. 2. Jedná se o zbytkovou směs KO, která se velmi obtížně třídí, a tudíž i následně využívá. Tento druh odpadu je umísťován do běžných kontejnerů černé nebo šedé barvy. Složení SKO je možné zjišťovat rozličnými metodami, jejichž rešerše je podrobněji rozebrána v kapitole 3 této práce.

Primárním cílem v návaznosti na balíček oběhového hospodářství je vytřídit maximální množství SKO pro materiálové využití, nicméně některé jeho frakce nejsou pro tento účel použitelné. Ačkoliv je dnes stále většina SKO na území ČR skládkována [3], jedná se o vhodné palivo pro energetické využití. Z tohoto důvodu je důležité disponovat co nejpřesnějšími odhady o výhřevnosti SKO. Výhřevnost se dá určit buďto podílem zastoupení jednotlivých složek KO v SKO nebo fyzikálně-chemickými analýzami vzorků v laboratořích, viz. dále v kapitole 3.2.5.

### Energetické využití SKO

Zpracování odpadů pro energetické účely musí splňovat daná kritéria, v opačném případě se jedná o pouhé odstraňování odpadů. Termický proces, který je používán, by měl dosahovat minimální hodnoty R1, která označuje ve své podstatě energetickou účinnost daného procesu. Označení R1 vychází ze směrnice o odpadech 2008/98/EC a označuje právě využití odpadů způsobem obdobným jako paliva. V současné době pro nově instalované spalovny existují kromě energetického kritéria R1 i další kritéria, které však nejsou právně závazná.

## 2.2 *Legislativa*

OH je v právním řádu České republiky regulováno řadou zákonných a podzákonných předpisů, které stanovují zákonné mantinely pro toto odvětví. V první řadě je nutno uvést předpisy Evropské unie, jež souvisí s touto diplomovou prací, a přímo ovlivňují platnou legislativu v České republice.

### Balíček EU k oběhovému hospodářství

Nové předpisy, které nabyly účinnosti počátkem července 2018, se zaměřují především na předcházení vzniků odpadů, omezení skládkování odpadů a jejich recyklaci. Mimo to se zavádí cíle dotýkající se problematiky předcházení plýtvání potravinami.

Součástí balíčku jsou následující, v Úředním věstníku EU publikované, změny směrnice a nařízení EU:

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/848 ze dne 30. května 2018 [9].

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/849 ze dne 30. května 2018 [10].

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/850 ze dne 30. května 2018 [11].

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/851 ze dne 30. května 2018 [12].

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/852 ze dne 30. května 2018 [13].

Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/853 ze dne 30. května 2018 [14].

Výše zmíněné směrnice jsou členské státy povinny implementovat do svých právních řádů do 5. června 2020.

Dalšími právními prameny jsou ve vztahu k tématu této práce následující normy. S přihlédnutím k jejich množství jsou zde uvedeny zejména ty nejrelevantnější.

### Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech

Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje především pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi. Dále reguluje práva a povinnosti osob v OH a působnost orgánů veřejné správy v tomto odvětví [15].

### Nařízení vlády č. 352/2014 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky

Nařízení vlády stanoví zásady a cíle pro vytvoření Plánu odpadového hospodářství pro období 2015-2024 [16].

### Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů

Vyhláška zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a stanoví Katalog odpadů, postup pro zřizování odpadu podle Katalogu odpadů a náležitosti návrhu obecního úřadu obce s rozšířenou působností na zařazení odpadu podle Katalogu odpadů [7].

### Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

Tato vyhláška stanoví náležitosti žádosti o souhlas k provozování zařízení k využívání, odstraňování, sběru nebo výkupu odpadů. Dále stanoví další požadavky pro nakládání s odpady [17].

## 2.3 Faktory ovlivňující složení SKO

### Typ zástavby

Jedním z hlavních faktorů ovlivňující složení SKO je vliv typu zástavby v dané lokalitě, autoři studií [18] a [19] uvažují 3 základní typy zástavby:

- Sídlištní zástavba
  - Sídlištní zástavba sestává z bytových domů s převážně dálkovým zásobováním teplem, což eliminuje možnost lokálního spalování kalorických frakcí KO.
- Venkovská zástavba
  - Jedná se o zástavbu tvořenou rodinnými domy, kdy v podmínkách ČR převažuje podíl lokálního vytápění tuhými palivy [18], a s tím související nevhodné využívání odpadu v domovních topeništích. Často je zde využíváno kompostování, ať už ryze dobrovolné nebo za dopomoci některých dotačních programů jako [20] (např. prostřednictvím dotovaných kompostérů), případně i zkrmování některých bio odpadů.
- Smíšená zástavby
  - Z hlediska typu obydlí se jedná o starší zástavbu bytových domů. Co se vytápění týče, potom jde o smíšené ústřední, etážové či lokální vytápění plynem či elektřinou.

V poslední době u nás, zejména v souvislosti s výstavbou satelitních měst dochází k nárůstu množství domů v tzv. vilové zástavby.

- Vilová zástavba je tvořena rodinnými domy a vilami, nejčastěji s lokálním vytápěním plynem či elektřinou. Vytápění tuhými palivy je zanedbatelné. Časté je využívání kompostování, obdobně jako u venkovské zástavby s tím rozdílem, že zde ve velké většině případů nedochází ke zkrmování.

V rámci studií prováděných po celém světě (viz. kap 3.1) jsou často voleny mírně odlišné kategorie zástavby, nejčastěji pak na západě rozlišují jedno a více-rodinné domy, případně oblasti dělí na městské, příměstské a venkovské, nicméně téměř všechna tato dělení jsou obdobou bodového výčtu výše. V rozvojových zemích jsou často pouze dvě kategorie, a to venkov a město, přičemž odlišnosti ve složení odpadu jsou mezi nimi markantní (viz. studie v kap. 3.1). Venkovská zástavba ve vyspělých zemích má z pohledu OH daleko nižší míru odlišnosti od městské zástavby než v rozvíjejících se zemích. V těchto zemích jako jsou zejména Indie, Čína a venkovské oblasti Afriky, ale i další, existuje obrovská propast mezi venkovem a aglomeracemi. Studie odhadují, že je po světě 1,9 miliarda lidí, kteří nejsou žádným způsobem obsluhováni, co se sběru odpadu týče. Pokrytí venkovských oblastí nedosahuje v přibližně 150 zemích světa ani 50 % [21].

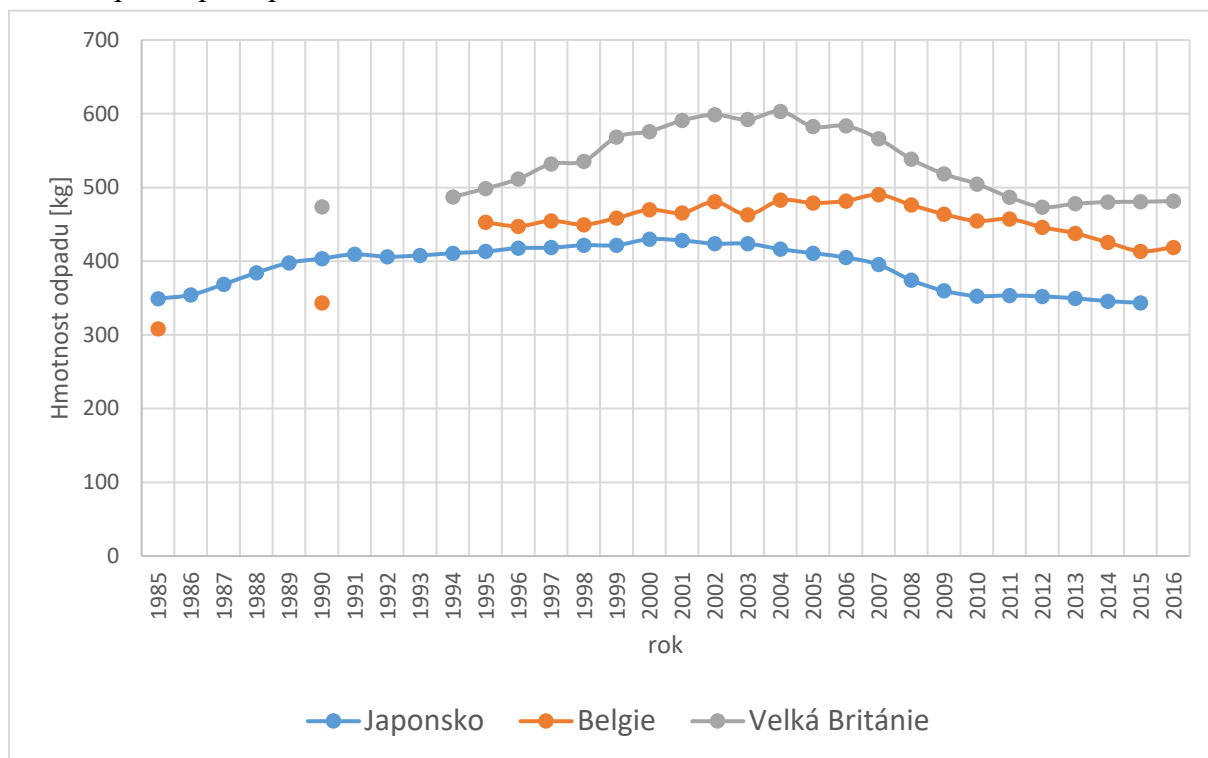
### Socio-ekonomické faktory a spotřeba domácností

V současné době (2018), kdy se ekonomice daří, obecně roste spotřeba domácností a ve většině případů s ní související množství vyprodukovaného odpadu [22].

Studie [23] zkoumá sociální a ekonomické vlivy na výslednou produkci SKO v Indické oblasti Dhanbad státu Jharkhand. Zajímavostí této studie je změna množství produkce SKO v závislosti na finančních příjmech domácností. Zatímco nejchudší vrstva produkuje nejméně odpadu, nižší střední třída produkuje odpadu nejvíce. Dále pak s rostoucími příjmy množství produkovaného odpadu klesá, přičemž u nejbohatší skupiny je téměř na úrovni nejchudších.

Indická studie nepřímou naznačuje i vývoj množství produkce KO potažmo SKO v Evropě, neboť do určitého stupně vývoje hospodářství dané země existuje prokazatelná

tendence pravidelného zvyšování množství produkovaného odpadu, a to až do bodu zlomu. V tomto bodě pak dochází ke zvratu a díky vývoji OH dané oblasti, nejčastěji státu, dochází k postupnému snižování množství produkovaného odpadu, jak můžeme vidět na obr. 3. Lze předpokládat, že zmíněná tendence bude nabývat na svém významu ještě více v případě SKO, a to z důvodu vyššího třídění a přechodu z ryze konzumní společnosti, neohlížející se na své okolí na cirkulární ekonomiku. Dobrým příkladem jsou v rámci EU Belgie a Velká Británie, světově pak např. Japonsko [22].



Obrázek 3 Množství KO na osobu v kg/rok [22]

### Vzdělání obyvatel

Úroveň vzdělání obyvatel má přímý efekt na množství vytríděného odpadu, a to především z důvodu vyšší uvědomělosti těchto skupin obyvatel. Tento faktor má následně vliv i na složení SKO, kde ubývá tříditelných složek odpadu. [24]

### Výroba a obchod

Dalším faktorem ovlivňujícím složení SKO je komerční sféra. Obecně můžeme předpokládat, že v lokalitách, ve kterých se nacházejí komerční subjekty, se zvyšuje množství vyprodukovaného odpadu.

### Vliv přítomnosti specifických staveb

Specifické stavby mohou mít vliv na množství a složení SKO. Typickým příkladem jsou nákupní střediska, kde panuje zvýšená koncentrace lidí, a dochází tedy k vyšší produkci odpadu. Dalšími stavbami, které mohou mít vliv na množství produkovaného odpadu, mohou být školy, kde se ovšem předpokládá důraz na třídění odpadu a neočekává se přílišné ovlivnění SKO.

### **Vliv přítomnosti specifických lokalit**

Typickou specifickou lokalitou je zahrádkářská kolonie, kde jsou často nedostatečné kapacity pro rostlinný odpad, který lidé následně umísťují do kontejnerů na SKO. Dalším příkladem jsou parky, náměstí a další místa s vysokou koncentrací lidí, která může zvyšovat množství odpadu na daném místě, ačkoliv by tomu hustota osídlení v přilehlých oblastech neodpovídala.

### **Vliv atraktivnosti oblasti**

Jedním z dalších zajímavých faktorů, které ovlivňují množství a složení odpadu, je atraktivnost dané oblasti. Jako příklad můžeme uvést turistické destinace, kde se v závislosti na jejich typu v určitém období koncentruje větší množství lidí, ať už se jedná o přímořské resorty, především v létě [25], či horské oblasti, kde lze očekávat 2 hlavní sezóny, a to jak letní, tak zimní, případně atraktivní turistická města, kde je tento vliv s různými výkyvy celoroční.

Do této oblasti můžeme taktéž zařadit města s velkým počtem vysokých škol či univerzit, jejichž význam vzrůstá především u měst, ve kterých je počet studentů vůči trvalému obyvatelstvu významný, což lze považovat za atraktivnost pro studium. Tato města také vykazují zvýšený výskyt osob v určitém období, jež se však zpravidla liší od období typického pro turistické destinace.

### **Vliv sezónnosti**

Sezónní vlivy na složení SKO se značně liší v závislosti na jednotlivých oblastech, a to jak lokálně, tak celosvětově. V ČR se v zimních období především na venkově spalují tuhá paliva a následně SKO obsahuje větší množství popelovin než v jiných obdobích. Dalším příkladem z našeho území je bio odpad, kterého je v letním období produkováno více. Může za to kromě kuchyňského odpadu i produkce zahradního odpadu z rodinných domů, který stále z části končí v SKO.

Ve světové literatuře pak nalzáme jiné typy odlišností, které nesouvisejí ani tak s klasickým pojetím ročních období u nás, jako spíše s obdobím dešťů. V období dešťů dochází díky zvýšené ekonomické aktivitě obyvatel jak ke zvýšení celkového množství odpadů, tak ke změně jeho složení [26], [27].

### 3. REŠERŠNÍ ČÁST – METODY

Tato kapitola se dělí na několik částí. Nejprve jsou v úvodní části sumarizovány veškeré studie a metody analyzující složení SKO, jejichž rešerše je v této práci obsažena. Ve druhé části je důkladně rozebrán postup, který jednotlivé studie a metodiky aplikují. Zároveň jsou metodiky a studie členěny na základě vybraných kritérií. Následuje souhrn vybraných metodik, které jsou celosvětově nejvíce využívány v rámci jednotlivých studií. V další kapitole jsou studie, které byly analyzovány v této práci, rozděleny dle geografických oblastí a posléze popsány jejich hlavní charakteristiky. Čtvrtá kapitola je pak zaměřena na zkušenosti s analýzou skladby SKO v ČR.

#### 3.1 Zkoumané studie a metodiky

Tato část textu shrnuje všechny studie a metodiky zkoumané v rámci této práce. Jejich výčet je možné nalézt v tabulce 2. Pro porovnání jednotlivých studií, metod a jejich následného vyhodnocení v rámci hledání optimální metody pro podmínky v ČR je potřeba vzít v potaz rozličné faktory, které musejí být objektivně hodnotitelné. Především se jedná o postupy a technické detaily jednotlivých metod, nákladovost, časovou náročnost, způsob sběru a třídění vzorků, přesnost dané metody a její technickou náročnost, tj. opakovatelnost s akceptovatelnou přesností pro lidi s malými nebo žádnými zkušenostmi s rozbory. V neposlední řadě o faktory ovlivňující složení vzorků, jejichž výčet je uveden v kapitole 2.3. K tomuto účelu jsou studie a metodiky rozděleny v následujících kapitolách dle definovaných parametrů do několika skupin tak, aby se v nich čtenář co nejlépe zorientoval

V současné době není stanoven žádný Evropský standard pro analýzu složení SKO. Existují pouze nezávazná doporučení některých organizací např. Evropské komise. V rámci Evropy i celého světa je používáno mnoha odlišných metod. Dokonce i v jedné konkrétní zemi, např. ve Švédsku je současně využíváno několik odlišných metod ke stanovení složení SKO [28]. Sjednocená metodika na evropské a následně i národní úrovni by napomohla k lepšímu porovnání jednotlivých systémů sběrů a celkově i diskuzi o systému OH a směru, kterým by se jednotlivé státy měly ubírat.

Tabulka 2 Souhrn studií

| <i>Studie</i>              | <i>Země</i>    | <i>Rok</i> | <i>Zdroj</i> |
|----------------------------|----------------|------------|--------------|
| Abfallwirtschaft Kitzingen | Německo        | 2013       | [29]         |
| Adm. de l'environnement    | Lucembursko    | 2014       | [30]         |
| AFFIDAVIT                  | Itálie         | 2017       | [31]         |
| Baba et al.                | Libye          | 2018       | [32]         |
| Bayard et al.              | Francie        | 2017       | [33]         |
| Bolanle & Bayonle          | Nigérie        | 2018       | [34]         |
| Burnley et al.             | Velká Británie | 2007       | [35]         |
| CalEPA                     | USA            | 1999       | [36]         |
| Cornelissen et al.         | Nizozemsko     | 1993       | [37]         |
| den Boer et al.            | Polsko         | 2003       | [38]         |
| Dennison et al.            | Irsko          | 1996       | [39]         |
| Edjabou et al.             | Dánsko         | 2014       | [40]         |
| Gay et al.                 | USA            | 1993       | [41]         |

| <i>Studie</i>           | <i>Země</i>                      | <i>Rok</i> | <i>Zdroj</i> |
|-------------------------|----------------------------------|------------|--------------|
| Gidakos et al.          | Řecko                            | 2004       | [25]         |
| Gomez et al.            | Mexiko                           | 2009       | [42]         |
| Kadir & Sani            | Malajsie                         | 2015       | [43]         |
| Kern et al.             | Německo                          | 2010       | [44]         |
| Khan et al.             | Indie                            | 2016       | [23]         |
| KreisAbfallWirtschaft   | Německo                          | 2017       | [45]         |
| Lange et al.            | Německo                          | 2015       | [46]         |
| Liikanen et al.         | Finsko                           | 2016       | [47]         |
| Maystre et al.          | Švýcarsko                        | 1989       | [48]         |
| Mbande                  | JAR                              | 2003       | [49]         |
| Miezah et al.           | Ghana                            | 2014       | [50]         |
| Mokhtar et al.          | Malajsie                         | 2013       | [51]         |
| Moreno et al.           | Mexiko                           | 2012       | [52]         |
| Obersteiner & Schneider | Rakousko                         | 2005       | [53]         |
| Ogwueleka et al.        | Nigérie                          | 2013       | [54]         |
| Ogwueleka et al.        | Nigérie                          | 2003       | [55]         |
| Petersen et al.         | Švédsko                          | 2002       | [56]         |
| Poll et al.             | Velká Británie                   | 2003       | [57]         |
| Pop et al.              | Rumunsko                         | 2015       | [58]         |
| Reddy et al.            | USA                              | 2009       | [59]         |
| Reeve et al.            | Velká Británie                   | 2005       | [60]         |
| Sabrowski et al.        | Německo                          | 2015       | [61]         |
| SAEFL                   | Švýcarsko                        | 2004       | [62]         |
| Sastry                  | Indie                            | 2009       | [63]         |
| Shekdar et al.          | Japonsko, Hong Kong, Jižní Korea | 2009       | [64]         |
| Sispenkothen et al.     | Německo                          | 2015       | [65]         |
| Sujauddin et al.        | Bangladéž                        | 2006       | [66]         |
| Taibon et al.           | Rakousko                         | 2004       | [67]         |
| TetraTech               | Kanada                           | 2017       | [68]         |
| Vogel et al.            | Rakousko                         | 2009       | [69]         |
| Werf et al.             | Kanada                           | 2018       | [70]         |
| Wijerathna et al.       | Srí Lanka                        | 2012       | [71]         |
| Xiao-yan Qu et al.      | Čína                             | 2009       | [72]         |
| Yoda et al.             | Ghana                            | 2014       | [73]         |

## 3.2 Posloupnost činností při analýze složení SKO

V rámci předložené práce je v této kapitole nastíněn obecný postup využívaný při analýze složení SKO. Obecná posloupnost činností má za cíl uvést čtenáře do kontextu vykonávání studií a metodik, které jsou využívány pro analýzu složení SKO. Současně pak rozčleňuje studie dle využívaných přístupů v jednotlivých krocích pracovního postupu. Většinová posloupnost činností při analýze složení SKO:

- Stanovení parametrů studie – rozsah výběru, sledované frakce, energetický potenciál atd.
- Způsob sběru odpadu.
- Stanovení reprezentativního vzorku odpadu.
- Třídění odpadových frakcí.
- Analýza složení odpadu.

### 3.2.1 Metody stanovení charakteristických parametrů analýzy

Studie provedené po světě často dbají dodržování doporučených metodik pro danou zemi. Tato doporučení nejčastěji vycházejí z faktorů ovlivňujících složení odpadu zmíněných v kapitole 2.3. S ohledem na tyto faktory je nutné mít dostatečně reprezentativní vzorek a následně vykonat adekvátní množství rozborů pro stanovení složení SKO s danou mírou požadované přesnosti, která se liší v závislosti na doporučení jednotlivých metodik, nejčastěji však mezi 90 a 95 %. Pro dosažení požadované míry přesnosti studií se používají různé metody stratifikace, což je rozvrstvení dle stanovených parametrů do předem definovaných skupin. Existuje mnoho statistických metod, které se uplatňují. Níže jsou uvedeny nejčastěji používané.

#### Potřebné množství vzorků

Co se týče počtu požadovaných vzorků, neexistuje v rámci studií vykonaných po celém světě veskrze žádný konsenzus. Některé studie se snaží potřebný počet stanovit přesně, např. metoda Nordtest uvádí jako doporučené množství vzorků pro každou podoblast studie získat v rozmezí 100 až 200 vzorků [74]. Metoda SWA-Tool potom uvádí vzorec pro výpočet požadovaného množství odběrů takto [75]:

$$n = \left( \frac{s \cdot t}{e' \cdot x} \right)^2 \quad (1)$$

kde

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| n  | množství potřebných vzorků       |
| s  | bodový odhad směrodatné odchylky |
| t  | kvantil studentova rozdělení     |
| e' | hladina významnosti, např. 0,01  |
| x  | bodový odhad střední hodnoty     |

## Statistické metody vzorkování

Pro získání vhodných vzorků z hlediska jejich reprezentativnosti pro danou oblast je potřeba využít stratifikační metody. Metody lze rozdělit na dva základní přístupy.

- **Náhodné vzorkování bez stratifikace**

Při využití tohoto postupu, se standardně odebírá vzorek náhodným způsobem, bez zohledňování dalších faktorů. Zřejmou nevýhodou je nemožnost analyzovat data pro konkrétní typy zástavby, přičemž ale zůstává zachována reprezentativnost vzorku pro celek. Výhodou je naopak časová a finanční úspora k provedení takového studie.

- **Stratifikované vzorkování**

Jedná se o proces, kdy je cílová oblast rozdělena na několik menších skupin. Tyto skupiny reprezentují jednotlivé typy zástavby, případně jiné důležité faktory v dané oblasti, např. socio-ekonomické. Následně jsou získávány vzorky z jednotlivých skupin proporcionálně v poměru k jejich celkovému zastoupení v dané oblasti. Na rozdíl od náhodného vzorkování je zvýšená pravděpodobnost získání skutečně reprezentativního vzorku pro analyzovanou oblast. Obecně se doporučuje využívat ne více než 5 parametrů pro stratifikaci [76], jinak by docházelo k jejich překrývání a nemožnosti splnit všechna požadovaná kritéria současně na dostatečném množství vzorků. Často se v praxi právě proto využívají pouze 1 nebo 2 stratifikační kritéria.

### 3.2.2 Sběr vzorku

Pro provedení studie určující složení SKO je potřeba získat reprezentativní vzorek odpadu. Ve světě existují různé metody sběru vzorku pro rozbory složení. V této kapitole jsou popsány a porovnány různé varianty sběru vzorků včetně jejich kladných a záporných stránek. S výjimkou dotazníkového šetření je členění odebrání vzorku v závislosti na pozici v odpadovém řetězci. Členění pak vypadá následovně:

- Dotazník nebo statistické šetření.
- Sběr vzorku na 1. úrovni – přímo u zdroje v domácnosti, např. odpadkový koš.
- Sběr vzorku na 2. úrovni – ze sběrových nádob, např. popelnice či kontejnery.
- Sběr vzorku na 3. úrovni – ze svozových vozů.
- Sběr vzorku na 4. úrovni – na skládce.

#### **Dotazník nebo statistické šetření**

Velmi specifickou variantou získávání dat pro studii je pouhý dotazník či statistické šetření z různých zdrojů. Těmito zdroji mohou být buďto výroční reporty jednotlivých společností svázející odpad nebo i jiné statistické údaje ať už přímo či nepřímo určující či predikující složení odpadu. Metoda je komplikovaná především z pohledu zaručení její přesnosti, resp. odhadu její přesnosti. I přesto je stále v některých případech využívána, a to ze dvou důvodů.

Prvním z nich je získání odhadu složení odpadu za relativně nízkých nákladů. Překážkou mohou být časové a finanční výdaje na pořízení přesných statistických dat. V případě dat z průmyslové sféry může být jejich dostupnost zpoplatněná nebo mohou být data právně chráněna a jejich použití může být v takovém případě problematické. Tato varianta, ať už formou predikce množství odpadů z různých statistických dat (např. prodeje zboží) či dotazníku, nezajišťuje přesné, v případě dotazníkového šetření pak ani objektivní údaje, neboť lidé mají vždy tendenci uvádět mírně nepravdivé údaje, hovořící v jejich prospěch [77]. Další

nevýhodou je obecně nízká výtěžnost odpovědí, kdy někteří lidé neodpoví. Což má za následek snížení reprezentativnosti daného šetření. Následně výsledky takové studie jsou proto negativně ovlivněny zmíněnými faktory.

Druhým důvodem pro provádění výzkumu za pomoci dotazníkového šetření je získání údajů pro srovnání výsledků s jinými metodami analýzy složení SKO anebo pro získání statistických dat, které jinak nejsou dostupné z veřejných zdrojů. Zejména v rozvojových zemích nejsou dostatečné statistické údaje týkající se OH a dotazník tedy může posloužit jako vhodný zdroj potřebných dat. Vybrané publikace využívající dotazník pro odhad složení SKO jsou uvedeny v tabulce 3.

*Tabulka 3 Studie a metodiky využívající dotazník/statistické šetření*

| <i>Studie</i>     | <i>Země</i> | <i>Rok</i> | <i>Zdroj</i> | <i>Metoda</i>       |
|-------------------|-------------|------------|--------------|---------------------|
| Bolanle & Bayonle | Nigérie     | 2018       | [34]         | Dotazník            |
| CalEPA            | USA         | 1999       | [36]         | Dotazník            |
| Dennison et al.   | Irsko       | 1996       | [39]         | Dotazník            |
| Gay et al.        | USA         | 1993       | [41]         | Statistické šetření |
| Gomez et al.      | Mexiko      | 2009       | [42]         | Dotazník            |
| Kadir & Sani      | Malajsie    | 2015       | [43]         | Dotazník            |
| Sujaudin et al.   | Bangladéž   | 2006       | [66]         | Dotazník            |
| Yoda et al.       | Ghana       | 2014       | [73]         | Dotazník            |

### **Sběr u primárního zdroje**

Jako sběr u primárního zdroje chápeme získávání vzorku přímo v domácnosti či případně v administrativní budově, a to nejčastěji z odpadkových košů. Z hlediska pozice v odpadovém řetězci se jedná o sběr vzorku na 1. úrovni. Ačkoliv se může jevit tato varianta sběru vzorku jako vhodný postup, může zapříčinit subjektivní ovlivnění výsledků. Postup sice splňuje všechny nezbytné požadavky, co se reprezentativnosti a možnosti stratifikace týče, nicméně obsah koše může být ovlivněn.

Při získávání vzorku z odpadových nádob (košů) v interiéru budov dochází zpravidla k oznámení tohoto záměru s časovým předstihem všem účastníkům (producentům) z důvodu umožnění vstupu do objektu. Tato skutečnost může mít za následek změny chování producentů odpadu, které posléze mohou ovlivnit výsledky [76]. Lze předpokládat zvýšenou tendenci účastníků studie tříditi odpady po dobu provádění analýz, a to ovlivňuje výsledné složení SKO. Vybrané studie využívající tento postup jsou uvedeny v tabulce 4.

*Tabulka 4 Studie a metodiky využívající sběr u primárního zdroje*

| <i>Studie</i>      | <i>Země</i> | <i>Rok</i> | <i>Zdroj</i> |
|--------------------|-------------|------------|--------------|
| CalEPA             | USA         | 1999       | [36]         |
| Cornellisen et al. | Nizozemsko  | 1993       | [37]         |
| Dennison et al.    | Irsko       | 1996       | [39]         |
| Gomez et al.       | Mexiko      | 2009       | [42]         |
| Khan et al.        | Indie       | 2016       | [23]         |
| Maystre et al.     | Švýcarsko   | 1989       | [48]         |
| Mbande             | JAR         | 2003       | [49]         |

| <i>Studie</i>      | <i>Země</i> | <i>Rok</i> | <i>Zdroj</i> |
|--------------------|-------------|------------|--------------|
| Miezah et al.      | Ghana       | 2014       | [50]         |
| Mokhtar er al.     | Malajsie    | 2013       | [51]         |
| Ogwueleka et al.   | Nigérie     | 2013       | [54]         |
| Ogwueleka et al.   | Nigérie     | 2003       | [55]         |
| Wijerathna et al.  | Srí Lanka   | 2012       | [71]         |
| Xiao-yan Qu et al. | Čína        | 2009       | [72]         |

### **Sběr u zdroje – ze sběrových nádob**

Sběrné nádoby jsou další možností získání vzorku pro rozbor složení SKO. Týmy vykonávající danou analýzu se nejčastěji vydávají do terénu a těsně před obvyklým sběrem odpadu svozovými vozy provedou tento sběr samy, jak je možné spatřit na obr. 4.

Z tohoto postupu plyne několik obecných výhod a nevýhod. Hlavní devízou je získání odpadu ve svém původním stavu, odpad není nikterak stlačen, což se běžně děje při využití svozových vozů. Nedochází tedy tolik ke změně vlhkosti mezi jednotlivými frakcemi odpadu viz. následující kapitola. Výhodou je možnost stratifikace potenciálních producentů, což se hodí zejména u analýz většího rozsahu, případně u analýz s rozdílnými faktory ovlivňujícími složení SKO.



*Obrázek 4 Sběr vzorků – nádoby na SKO [44]*

Nevýhodou je pak skutečnost, že ačkoliv je samotná sběrná nádoba vytříděna poměrně rychle, její složení je velmi variabilní. Pro dosažení dostatečné míry spolehlivosti prováděného rozboru složení SKO je tedy potřeba získat velké množství vzorků a následně se může stát celá analýza časově a finančně náročnou. Vybrané studie využívající tento postup jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5 Studie a metodiky využívající sběr ze sběrových nádob

| Studie                     | Země           | Rok  | Zdroj |
|----------------------------|----------------|------|-------|
| Burnley et al.             | Velká Británie | 2007 | [35]  |
| Abfallwirtschaft Kitzingen | Německo        | 2013 | [29]  |
| Adm. de l'environnement    | Lucembursko    | 2014 | [30]  |
| den Boer et al.            | Polsko         | 2003 | [38]  |
| Edjabou et al.             | Dánsko         | 2014 | [40]  |
| Kern et al.                | Německo        | 2010 | [44]  |
| Obersteiner & Schneider    | Rakousko       | 2005 | [53]  |
| Pop et al.                 | Rumunsko       | 2015 | [58]  |
| Reeve et al.               | Velká Británie | 2005 | [60]  |
| Sispenkothen et al.        | Německo        | 2015 | [65]  |
| Taibon et al.              | Rakousko       | 2004 | [67]  |
| Vogel et al.               | Rakousko       | 2009 | [69]  |
| Werf et al.                | Kanada         | 2018 | [70]  |

### Sběr ze svozových vozů

Často využívanou variantou sběru vzorků pro analýzy zkoumající složení SKO je sběr ze svozových vozů. Vzorek je v tomto případě odebírán přímo ze svozového vozidla mířícího na skládku, překladiště, spalovnu či do jiného zařízení. Při tomto postupu není vzorek získáván od primárního producenta odpadu a stratifikaci již není snadné provádět detailně, nicméně je stále možná.

Existuje zde však znatelná časová i finanční úspora, avšak je potřeba myslet na znehodnocení díky kompresi ve svozovém voze a s tím související změnu vlhkosti jednotlivých frakcí, jak si lze představit dle obr. 5. Nejčastěji se tak děje, když bio odpady s vyšším obsahem vlhkosti tuto vlhkost předávají suchým frakcím (typicky papír) a následně tak zvyšují obtížnost oddělení jednotlivých frakcí a zejména mění hmotnost původně suché frakce při její analýze, což negativně ovlivňuje výsledky celého šetření.



Obrázek 5 Vzorek SKO ze svozového vozu [61]

Taktéž hmotnost získaného hlavního vzorku je poměrně značná a je potřeba aplikovat metody pro snížení množství vzorku pro následné třídění a analýzu. Výběr reprezentativního vzorku je popsán v kapitole 3.2.3. Vybrané studie využívající tento postup jsou uvedeny v tabulce 6.

*Tabulka 6 Studie a metodiky využívající sběr ze svozových vozů*

| <i>Studie</i>    | <i>Země</i> | <i>Rok</i> | <i>Zdroj</i> |
|------------------|-------------|------------|--------------|
| Bayard et al.    | Francie     | 2017       | [33]         |
| AFFIDAVIT        | Itálie      | 2017       | [31]         |
| Gidakos et al.   | Řecko       | 2004       | [25]         |
| Liikanen et al.  | Finsko      | 2016       | [47]         |
| Petersen et al.  | Švédsko     | 2002       | [56]         |
| Pop et al.       | Rumunsko    | 2015       | [58]         |
| Sabrowski et al. | Německo     | 2015       | [61]         |
| SAEFL            | Švýcarsko   | 2004       | [62]         |
| TetraTech        | Kanada      | 2017       | [68]         |

### **Sběr na skládce**

Poslední variantou sběru vzorků pro studie zkoumající složení SKO je sběr vzorků až na samotné skládce odpadů. Tento postup již téměř znemožňuje využívat stratifikační metody pro danou analýzu. Výhodou je celková nenáročnost takové metody. Nevýhody však značně převažují, a to zejména díky zmíněné nemožnosti jakékoliv relevantní stratifikace. Studie využívající tento postup jsou uvedeny v tabulce 7.

*Tabulka 7 Studie a metodiky využívající sběr na skládce*

| <i>Studie</i> | <i>Země</i> | <i>Rok</i> | <i>Zdroj</i> |
|---------------|-------------|------------|--------------|
| Moreno et al. | USA         | 2017       | [52]         |
| Reddy et al.  | Mexiko      | 2009       | [59]         |

### **Analýza dle rozborů strusky**

Pro úplnost výčtu možných přístupů je zde vhodné uvést i tuto metodu. Ta spočívá v analyzování složení SKO za pomoci vzorku získaného ze strusky v zařízení na energetické využívání odpadů [84].

### **3.2.3 Metoda stanovení reprezentativního vzorku**

Pro získání co nejvíce reprezentativního vzorku se v praxi využívají odlišné přístupy. A to jak při odběru hlavního vzorku, které byly zmíněny v předchozí kapitole, tak zejména při následné snaze získat menší reprezentativní vzorek tzv. podvzorek (sub-sample), který je následně tříděn a analyzován, což platí zejména pro odběry ze svozových vozů. V této kapitole jsou sumarizovány možné postupy dělení vzorku na menší část, při statistickém zachování jeho původního složení.

Dělení vzorku na podvzorky je možné dosáhnout buďto ručně nebo strojově. Strojové metody jsou obecně preferovány, neboť zajišťují reprezentativnější podvzorky. Bohužel je lze obtížněji použít v případech, kdy jsou částice ve vzorku vlhké, mokré nebo drží pohromadě, což se u odpadů, zvláště pak těch po kompresi ve svozových vozech, velmi často stává. Děliče následně nefungují správně a mohou se ucpávat [16].

## **Kvartace**

Jedná se o proces, při němž se hlavní vzorek rozdělí na 4 stejné díly, pomyslné trojúhelníky. 2 protilehlé díly se následně odstraní a zbývající 2 smíchají. Tento postup je opakován, dokud není dosaženo požadované hmotnosti podvzorku. Při využívání kvartace je potřeba dodržovat dostatečnou velikost celkového vzorku, aby nedošlo ke zmenšení pod únosnou míru. Ve studiích vykonaných po celém světě namátkou [27], [39], [40] je metoda kvartace často využívána především pro svou relativní snadnost.

## **Přehazování lopatou**

Vzorek se navrší do kónické hromady, ideálně na ochranné podložce. Postup je takový, že se obsah každé další lopaty či rýče nasypává seshora na hromadu. Jakmile je celý vzorek na hromadě, provede se jeho další promíchání přeházením a vytvořením nové hromady vedle původní. Tento postup se několikrát opakuje (metodika Ministerstva životního prostředí (MŽP) doporučuje 3x [16]). Při tvoření nové hromady se materiál nasypává na její vrchol vždy tak, aby vzorek padal po stěnách dolů a jednotlivé částice se co nejvíce rovnoměrně promíchávaly.

V další fázi se vytvoří z kuželovité hromady dlouhý pás o šířce lopaty a délce dle prostorových možností. Vzorky z původní kónické hromady je vhodné odebírat náhodně z různých míst. Uvedený postup se opakuje, dokud není původní hromada celá rozebrána, přičemž se vzorek klade vedle původního pásu vzorku, a to v opačném směru.

Ke zmenšení vzorku se následně začne odebírat vzorek z podlouhlého pásu. Jedna lopata se vzorkem se využije pro znovuvytvoření kuželovité hromady a druhá k odstranění vzorku bokem. Postupuje se po šířce lopaty z jedné strany na druhou podélně. Proces je dokončen, když dosáhneme redukce výsledného vzorku o polovinu, případně lze opakovat pro další 50% zmenšení.

## **Strojové dělení**

Pro využití strojového děliče je nutné, aby byl vzorek předem vysušen a mohl tak procházet zařízením plynule. Dle druhu děliče je výsledné množství nejčastěji poloviční, výjimečně čtvrtinové. Šířka štěrbin v děliči by měla být alespoň 2,5 x větší, než je velikost největší částice ve vzorku. Strojové dělení se nejčastěji využívá pro vzorky o hmotnosti menší než 100 kg [16], nejvíce pak až v laboratořích k získání potřebného malého vzorku pro chemickou či fyzikální analýzu. Výhodou tohoto typu dělení je zajištění nejreprezentativnějšího vzorku, nevýhodou pak náklady na samotné zařízení a obtížné zpracování většího množství vzorků.

### 3.2.4 Třídění odpadu

Po stanovení reprezentativního vzorku přichází na řadu samotné třídění. Tento proces můžeme rozdělit na ruční a strojové, přičemž pro účely rozborů zkoumající složení odpadu na základě rešerše výrazně převažuje manuální způsob viz tab. 9. Druhým parametrem, jak lze dělit třídění, je množství a úroveň detailnosti frakcí či skupin, do kterých je odpad tříděn.

Rozdělení třídění:

- Dle využívané síly
  - Manuální
    - Ruční
    - Sítové
  - Strojové
    - Sítové a roštové
    - Hydraulické
    - Pneumatické
    - Magnetické
    - Elektrostatické
    - Optické
- Dle úrovně třídění (definice byla stanovena autorem na základě informací ze studií v tab. 9) Výčet tříděných frakcí a jejich příklady jsou k dispozici v tabulce 8. V tabulce 9 pak můžeme vidět do kolika skupin a podskupin frakcí daná studie rozděluje vzorky odpadu.
  - 1. úroveň
    - Třídění probíhá do předem stanovených základních skupin odpadů, obvykle mluvíme o 8 až 15 předdefinovaných skupinách.
  - 2. úroveň
    - Detailnější třídění, které je buďto prováděno hned od začátku, případně probíhá detailnější třídění skupin ze základní 1. úrovně.
    - Obvykle zde hovoříme o třídění do 20 až 50 skupin, ve světové literatuře se můžeme setkat i se 3. úrovní třídění, tato se ovšem prolíná s 2. úrovní a budeme ji tedy považovat za tutéž.

Tabulka 8 Nejčastější tříděné frakce SKO

| 1. Úroveň             | 2. úroveň   | Příklady   |
|-----------------------|---|--|
| Papír a karton        | Papírové obaly<br>Tiskoviny<br>Jiný papír   | Karton, lepenka<br>Noviny, Časopisy, Knihy<br>Ubrousky, Kapesníky  |
| Plasty                | Plastové obaly<br><br>Obalové fólie<br>Neobalová fólie<br>Jiné plasty   | PET lahve čiré, PET lahve barevné,<br>Obaly od jídla, jogurtů,<br>Etikety<br>Plastové pytlíky<br>Hračky, plastové karty, náradí, zubní<br>pasty, CD, DVD, knoflíky     |
| Sklo                  | Obalové sklo (vratné) – čiré<br><br>Obalové sklo (vratné) – hnědé<br><br>Obalové sklo (vratné) – ostatní<br>Neobalové/nevratné sklo | Alkohol, mléko, dětská výživa, voda,<br>limonády<br>Pivo, minerální vody, míchané<br>alkoholické nápoje<br>Víno, minerální vody<br>Jiné neobalové sklo, zrcadla, okna, |
| Kovy                  | Železné obaly<br>Neželezné obaly<br>Železné ostatní kovy<br>Neželezné ostatní kovy  | Konzervy, žrádlo pro zvířata<br>Hliníkové konzervy od jídla a nápojů<br>Části strojů, aut, klíče, náradí<br>Topení a jeho části, části jízdních kol                    |
| Bio odpady            | Kuchyňské odpady<br><br>Zahradní odpady<br>Ostatní bio odpady   | Pečivo, maso, ovoce, zelenina,<br>zbytky jídla<br>Květiny, trávy, plevel, listy<br>Kosti, mrtvá zvířata  |
| Textil                | Oblečení<br>Jiný textil   | Trička, kalhoty, bundy, mikiny<br>Polštáře, deky, ručníky, lana, provazy   |
| Inertní odpad         | Hlína a kamení<br>Ostatní inertní odpady  | Cihly, písek, hlína<br>Keramika, vázy, nádobí  |
| Nebezpečný odpad      | Nemocniční odpad<br>Chemikálie  | Léky, injekční jehly<br>Silné kyseliny a zásady, azbesty,<br>motorové oleje, chladiva  |
| Elektronická zařízení | Baterie<br>Kompletní zařízení   | Autobaterie, tužkové<br>Ledničky, myčky, pračky, mikrovlnky  |
| Spalitelný odpad      | Dřevo<br>Kůže<br>Guma   | Nábytek, kusy stromů<br>Oblečení, obuv<br>Pneumatiky, obuv,  |
| Hygienický odpad      |   | Pleny, vložky<br>Toaletní papír (jižní státy)  |
| Jemný podíl           |   | Popel, písek, podsítná frakce, dle<br>studie <10 mm (někdy 8 nebo 20<br>mm)  |

Tabulka 9 Počet tříděných frakcí, úroveň a využívaný princip třídění

| Studie                     | Země           | Rok  | Zdroj | Počet tříděných frakcí | Úroveň třídění | Využívaná síla  |
|----------------------------|----------------|------|-------|------------------------|----------------|-----------------|
| Abfallwirtschaft Kitzingen | Německo        | 2013 | [29]  | 15                     | 1.             | Manuální        |
| Adm. de l'environnement    | Lucembursko    | 2014 | [30]  | 29                     | 2.             | Semi-mechanická |
| AFFIDAVIT                  | Itálie         | 2017 | [31]  | 28                     | 2.             | Semi-mechanická |
| Baba et al.                | Libye          | 2018 | [32]  | 10                     | 1.             | Manuální        |
| Bayard et al.              | Francie        | 2017 | [33]  | 13                     | 1.             | Manuální        |
| Bolanle & Bayonle          | Nigérie        | 2018 | [34]  |                        |                | Manuální        |
| Burnley et al.             | Velká Británie | 2007 | [35]  | 37                     | 2.             | Manuální        |
| CaEPA                      | USA            | 1999 | [36]  | 9                      | 1.             | Manuální        |
| Cornelissen et al.         | Nizozemsko     | 1993 | [37]  | 14                     | 1.             | Strojní         |
| den Boer et al.            | Polsko         | 2003 | [38]  | 12                     | 1.             | x               |
| Dennison et al.            | Irsko          | 1996 | [39]  | 36                     | 2.             | x               |
| Edjabou et al.             | Dánsko         | 2014 | [40]  | 59                     | 2.             | x               |
| Gay et al.                 | USA            | 1993 | [41]  | Není relevantní        |                |                 |
| Gidakos et al.             | Řecko          | 2004 | [25]  | 9                      | 1.             | Manuální        |
| Gomez et al.               | Mexiko         | 2009 | [42]  | 15                     | 1.             | x               |
| Kadir & Sani               | Malajsie       | 2015 | [43]  | 15                     | 1.             | x               |
| Kern et al.                | Německo        | 2010 | [44]  | 21                     | 2.             | Semi-mechanická |
| Khan et al.                | Indie          | 2016 | [23]  | 16                     | 1.             | x               |
| KreisAbfallWirtschaft      | Německo        | 2017 | [45]  | 8                      | 1.             | Manuální        |
| Lange et al.               | Německo        | 2015 | [46]  | 8                      | 1.             | Manuální        |
| Liikanen et al.            | Finsko         | 2016 | [47]  | 11                     | 1.             | Manuální        |
| Maystre et al.             | Švýcarsko      | 1989 | [48]  | 52                     | 2.             | Manuální        |
| Mbande                     | JAR            | 2003 | [49]  | 8                      | 1.             | Manuální        |
| Miezah et al.              | Ghana          | 2014 | [50]  | 9                      | 1.             | Manuální        |
| Mokhtar et al.             | Malajsie       | 2013 | [51]  | 6                      | 1.             | x               |
| Moreno et al.              | Mexiko         | 2012 | [52]  | 15                     | 1.             | Manuální        |
| Obersteiner & Schneider    | Rakousko       | 2005 | [53]  | 37                     | 2.             | Manuální        |
| Ogwueleka et al.           | Nigérie        | 2013 | [54]  | 7                      | 1.             | x               |
| Ogwueleka et al.           | Nigérie        | 2003 | [55]  | x                      | x              | x               |
| Petersen et al.            | Švédsko        | 2002 | [56]  | 12                     | 1.             | Strojní         |
| Poll et al.                | Velká Británie | 2003 | [57]  | 13                     | 1.             | x               |

| Studie              | Země                             | Rok  | Zdroj | Počet tříděných frakcí | Úroveň třídění | Využívaná síla  |
|---------------------|----------------------------------|------|-------|------------------------|----------------|-----------------|
| Pop et al.          | Rumunsko                         | 2015 | [58]  | 10                     | 1.             | x               |
| Reddy et al.        | USA                              | 2009 | [59]  | 18                     | 2.             | x               |
| Reeve et al.        | Velká Británie                   | 2005 | [60]  | 9                      | 1.             | x               |
| Sabrowski et al.    | Německo                          | 2015 | [61]  | 33                     | 2.             | Manuální        |
| SAEFL               | Švýcarsko                        | 2004 | [62]  | 18                     | 2.             | Manuální        |
| Sastry              | Indie                            | 2009 | [63]  | 9+16                   | 1.             | Manuální        |
| Shekdar et al.      | Japonsko, Hong Kong, Jižní Korea | 2009 | [64]  | x                      | x              | x               |
| Sispenkothen et al. | Německo                          | 2015 | [65]  | 26                     | 2.             | Semi-mechanická |
| Sujauddin et al.    | Bangladéž                        | 2006 | [66]  | 9                      | 1.             | Manuální        |
| Taibon et al.       | Rakousko                         | 2004 | [67]  | 20                     | 2.             | Manuální        |
| TetraTech           | Kanada                           | 2017 | [68]  | 13                     | 1.             | Manuální        |
| Vogel et al.        | Rakousko                         | 2009 | [69]  | 19                     | 2.             | Manuální        |
| Werf et al.         | Kanada                           | 2018 | [70]  | 120                    | 2.             | x               |
| Wijerathna et al.   | Srí Lanka                        | 2012 | [71]  | 13                     | 1.             | Manuální        |
| Xiao-yan Qu et al.  | Čína                             | 2009 | [72]  | 10                     | 1.             | x               |
| Yoda et al.         | Ghana                            | 2014 | [73]  | x                      | x              | x               |

### Manuální třídění

Převažujícím principem využívaným především z ekonomických důvodů, je v rámci rozborů složení SKO jednoznačně manuální třídění. Jde o nejjednodušší a nejlevnější metodu třídění odpadů v menším množství. Konkrétní uspořádání pracoviště vždy závisí na specifických faktorech a cílech dané analýzy, základní principy však zůstávají zachovány. V prvním kroku se nejčastěji odstraňují nebezpečné části odpadu, a to z důvodu ochrany zdraví pracovníků. Dále pak probíhá za pomoci sít prosévání materiálu, přesné parametry sít jsou závislé na požadavcích používané metody v rámci vykonávaného rozboru složení, nejčastěji se však jedná o mřížky o velikostech 8, 20 a 40 mm. Podsítná frakce se potom většinou již nijak netřídí. Existuje ovšem i kompletně ruční separace SKO, kdy se třídí veškerý odpad, a tedy i podsítná frakce. Nadsítná frakce je následně manuálně rozdělována do určených primárních kategorií, nejčastěji se jedná o 8-15 předurčených kategorií na 1. úrovni třídění. V některých detailnějších studiích následuje třídění na 2. úrovni, nicméně často se takto třídí pouze reprezentativní část z 1. úrovně, pouze ve výjimečných případech vzorek celý, jako na obr. 6.



*Obrázek 6 Manuální třídění [62]*

Ačkoliv je manuální třídění obecně velmi precizní s vysokou kvalitou vytříděného materiálu, vystavuje pracovníky riziku, zapříčiněnému potenciálně nebezpečným odpadem. Z důvodu přítomnosti lidského faktoru dochází k chybovosti v závislosti na zkušenostech, zaškolení a motivaci jednotlivých pracovníků. Z hlediska kapacity, můžeme mluvit o vytřídění cca 16 kg/h při průměrné zručnosti pracovníka [76].

Zde je vhodné zmínit dva poznatky. Prvním je skutečnost, že manuální třídění, resp. dotřídňování se v určité míře využívá vždy, a to i u strojových metod. Druhým poznatkem je pak opak tohoto třídění, a to konkrétně využívání mechanických sít při jinak ručním třídění. Striktní dělení na ruční a strojové třídění je tedy téměř nemožné a vždy je nutné brát v potaz velikost zastoupení jednotlivých variant.

### **Strojové třídění**

Méně využívaným typem třídění odpadu v rámci rozborů složení SKO je v současnosti strojové třídění. I přes nižší zastoupení strojového třídění pro odhad složení SKO se jedná o oblast s velkým potenciálem, a to zejména s ohledem na zvyšující se cenu lidské práce, klesající náklady na nové technologie a bezpečnostní rizika pro pracovníky.

Pro účely třídění odpadů se můžeme setkat s několika typy třídíčů, především z pohledu principu, na kterém fungují. Prvním z nich jsou třídíče, které z hlediska procesu rozdělují látky o různé velikosti zrna na požadované frakce. Cílem této operace je roztřídění materiálů ze zrnitostně různorodé směsi na frakce velikostně normalizovaných zrn. Třídíče odpadu se standardně dělí dle způsobu práce na pevné nebo pohyblivé a podle tvaru na ploché a bubnové. Pohyblivá síta se dále dělí na další podskupiny. V odpadovém průmyslu je možné se nejčastěji setkat s vibračními (obr. 7) a bubnovými typy třídíčů (obr. 8), více informací lze nalézt na stránkách výrobců např. VVV Most spol. s.r.o. [78], DSP Přerov [79] či na stránkách nizozemského výrobce Heilig B.V. [80]. Další skupinou třídíčů jsou takové, které fungují na principu odlišných vlastností tříděného materiálu. Těmito odlišnými vlastnostmi mohou být např. hmotnost pro některé typy hydraulických a pneumatických třídíčů, nebo barva pro optické třídíče, více k těmto lze najít níže.



Obrázek 7 Třídění za pomoci vibračního síta [61] Obrázek 8 Třídění za pomoci bubnového síta [31]

Třídění můžeme rozdělit do několik základních skupin [81]:

### **Třídění na pohyblivém roštu nebo sítu**

U roštů se jedná převážně o velmi hrubé (80 až 200 mm) a hrubé (25 až 80 mm) třídění materiálu. V případě sít je velikost ok střední, jemné a velmi jemné, popř. prosévání.

- Rošty
  - Kotoučový třídič je tvořený soustavou rovnoběžných kotoučů, které jsou umístěny na společné hřídeli.
  - Válcový třídič tvoří válce s definovanou mezerou mezi sebou.
  - Pásový rošt je „nekonečný“ pás ocelových tyčí s různými mezerami.
- Síta
  - Vibrační třídič je používán pro nelepivé materiály, tvoří ho skříňové třídiče, které kmitají samostatně vzájemně proti sobě.
  - Bubnové třídiče jsou tvořeny ocelovým bubnem s horizontální osou rotace a síty na stěnách s jednotnou nebo rozdílnou velikostí ok.

### **Třídění na nepohyblivém roštu nebo sítu**

Jsou vyrobeny z profilovaných ocelových tyčí, které jsou připevněny na příčné konstrukci s podlouhlými obdélníkovými mezerami. Sklon dosahuje až 45°. Pohyb je zajištěn samospádem.

### **Hydraulické třídění**

Je založeno na vodním bezsítovém třídění, při kterém dochází k oddělování jednotlivých částic. Obvykle je využívána rozdílná pádová rychlost jednotlivých zrn o velikosti do 1 mm [82].

### **Pneumatické třídění**

Je založeno na vzdušném bezsítovém třídění. K oddělování částí se využívá proud vzduchu. Princip je obdobný jako u hydraulického třídění. Využívá se obvykle pro zrna do 0,5 mm. [82].

## Magnetické třídění

K odstranění magnetický kovů slouží především separátory, které ze směsi odpadů odstraňují materiál na základě magnetické síly. Je důležité zvolit vhodný druh používaného magnetu v závislosti na výšce vrstvy materiálu a technologické potřebě třídění. V praxi existuje několik odlišných provedení magnetických tříděčů, které jsou níže popsány [81], [83]:

- Magnetické desky

Nad pásový dopravník je umístěn magnetický separátor ve tvaru desky. Účinkem magnetického pole jsou z dopravovaného odpadu odstraňovány magnetické kovy. Nevýhodou je nutnost pravidelného odstraňování zachycených kovových předmětů.

- Magnetické separátory

Nad pásový dopravník je umístěn magnetický pásový dopravník s integrovaným separátorem. Zpravidla je umístěn s vodorovným pootočením o 90°. Přichycené předměty jsou automaticky odnášeny za pomoci pásu pryč z primárního odpadového toku.

- Magnetické válce

Slouží převážně k zachycování kovů ze sypkých směsí. Válec je většinou umístěn na konci primárního pásového dopravníku jako tzv. vynášecí válec. Působením magnetické síly jsou kovové částice unášeny na spodní stranu pásu a následně díky přerušení působení magnetického pole automaticky vytrženy.

## Nemagnetické kovy

Tento způsob třídění využívá fyzikálních principů vzniku magnetického pole, kdy střídavý proud procházející cívkou generuje magnetické pole. Indukovaný proud tvoří uzavřené smyčky kolmé k magnetickému toku, tzv. vířivé proudy. Magnetické pole vířivých proudů má opačnou orientaci vůči původnímu magnetickému poli a způsobuje tak odpuzování kovových předmětů, tudíž umožňuje třídění rozličných nemagnetických kovů. Existují také další faktory ovlivňující vířivé proudy, které jsou pro každý materiál různé a patří mezi ně elektrická vodivost a magnetická permeabilita materiálů [82].

## Elektrostatické třídění

Třídění odpadů je založené na principu elektrostatické separace. Jedná se o technologický postup využívající elektrické síly působící na nabitě nebo polarizované částice. Nezbytnou podmínkou pro funkčnost separátoru je přítomnost nabitých částic. Tyto částice mohou být nabity vícero způsoby. Konkrétně kontaktem s nabitým povrchem, prostřednictvím ionizující elektrody nebo triboelektrickým efektem. Po nabití částice dochází k jejich separaci k elektrodám a rozdělení toků jednotlivých druhů odpadů. Nejvíce se elektrostatické separátory hodí pro třídění barevných plastů. Dle [85] je čistota vytržovaných plastů, konkrétně polypropylenu a polyetyleny více než 99 % [81], [86].

## Optické třídění

Jednou z nejnovějších a také nejslibnějších technologií v oblasti třídění odpadů je nepochybně optické třídění. Poprvé se objevilo v roce 1994 v Německu, Francii a USA. Nejprve byl tento způsob limitován možnostmi technologie v dané době. Prvotní využívání

bylo spojeno s rozpoznáváním hlavních obalových typů, které můžeme najít ve žlutých popelnicích (separované plasty). Následovalo rozpoznávání barev a v dnešní době využívá většina moderních zařízení tuto technologii pro třídění obalových materiálů. V roce 2001 bylo ve Francii dosaženo úrovně kontaminace nechtěnými odpady v hodnotě 50 ppm a v roce 2011 pak dokonce pouhých 10ppm. Nicméně s pokrokem v oblasti materiálových věd a tvorbou nových materiálů vznikají nové výzvy ve využívání optických technologií [87].

Důležitou podmínkou pro správnou funkci optického třídíče je rovnoměrné rozvrstvení a dávkování materiálu na dopravním pásu. Tohoto je nejčastěji docíleno za pomoci vibračního podavače. Optické třídíče fungují nejčastěji na principu analýzy složení emitovaného spektra světla, případně barvy, odstínu, průhlednosti nebo tvaru tříděného materiálu. Což následně umožňuje strojové vytrídění za využití dříve zmíněných principů, v tomto případě za přispění výpočetní síly. Počítače určí přesnou polohu materiálu, který je vhodný k dalšímu zpracování a proud vzduchu jej separuje, zbytek pokračuje dále jako materiál nevhodný pro separaci. Účinnost třídění u optických systémů většinou dosahuje hodnot od 95 % výše. Obecně lze říci, že optické senzory jsou rychlejší a efektivnější než manuální síla, nahrazují tedy především lidské pracovníky, a je pouze otázkou času a financí, kdy se výrazněji rozšíří. V současné době je jejich zastoupení na třídících linkách pouze okolo 3 % [87].

Materiál, který prochází optickou sekcí je osvětlován zdrojem světla s různou vlnovou délkou, nejčastěji UV/VIS, UV, NIR, X-Ray. Níže jsou detailněji popsány vybrané technologie.

- Spektroskopie

V zásadě existují dva hlavní principy spektrometrů pro využití v oblasti třídění odpadů. Prvním typem je využití spektrálního zobrazování, do kterého spadají dále rozebírané technologie viditelného spektra (visible). Jedná se o jednodušší a často i levnější variantu pro optické třídění, jelikož v konstrukci samotného přístroje, konkrétněji v části optické hlavičky, není třeba pohyblivých částí. Ovšem pokud je technologie levná a dostupná, často přináší s sebou i určitá úskalí. Existuje několik nevýhod tohoto systému [87]:

- Reakční doba pro získání snímku je mezi 1 a 2 ms, což v praxi znamená (v závislosti na rychlosti dopravníku) posun záznamu částice o 2 až 6 mm. Z tohoto důvodu je snímek rozmazaný. Tato nevýhoda je patrná především u částic malých rozměrů do asi 5 mm.
- Většina spektrálních informací se nachází ve vyšším vlnovém rozsahu (nad 1650 nm). Při snaze o jeho využití se stávají snímače finančně nákladné, navíc je potřeba je chladit za pomoci termo-elektrických systémů, což ještě více zvedá náklady.
- Je nutný komplexní vyhodnocovací systém pro velké množství dat, z nichž je většina nepotřebná. Přibližně 90 % vlnových délek v daném spektru neposkytuje použitelné informace pro daný třídící úkol.

Druhou možností konstrukčního řešení spektroskopů je skenovací systém Near InfraRed (NIR), který je blíže popsán níže. Záření v blízkosti infračerveného – NIR je obecně definováno jako záření o vlnové délce 750 až 2500 nm, ale pro potřeby třídění odpadů je toto spektrum užší, a sice v rozmezí 1000 až 2000 nm. Chemické vazby mezi molekulami plastu, zvláště pak C-H a O-H, jsou hlavní možností, jak rozlišit mezi jednotlivými polymery. Jejich vibrační vlnové délky se totiž značně odlišují, konkrétně pak 1660 nm pro PET, 1715 nm pro PVC a 1730 nm pro HDPE [87], [88]. Na první pohled je třídění za pomoci NIR jednoduchá záležitost, nicméně existuje několik problémů, které při bližším zkoumání vyvstávají na povrch. Zejména při zaměření se na úkony, kde rozdíly vlnových délek nejsou dostatečné nebo jsou případně obtížně zjistitelné.

- Třídění dle barev

S rozvojem trhu digitálních přístrojů, se staly barevné snímače levnou a spolehlivou variantou. Poskytují velmi vysoké prostorové rozlišení a využívají 3 kanálové barvy (RGB) podobné rozlišovací schopnosti lidského oka.

Tradiční přístup za využití kolorimetrie nachází limity při využívání pro třídění odpadů. Na rozdíl od přírodních produktů, jsou barvy vyrobené lidmi často těžce identifikovatelné, jednodušším způsobem je identifikace původce dané barvy než analýza barvy samotné. Tento přístup přenáší do popředí tzv. viditelná spektroskopie (visible spectroscopy). Podobně jako u technologie NIR, se hledají produkty různého chemického složení, které se nacházejí ve viditelném spektru barev [87].

V posledních 10 letech se tento přístup stává stále důležitějším, především díky vzrůstající tendenci chránit životní prostředí a díky možnosti redukovat množství barviv. Dobrým příkladem je modrá plastová lahev na vodu, která v roce 2012 obsahuje o 25 % nižší množství barviv v porovnání s rokem 2000. Viditelná spektroskopie umožňuje velmi jasné odlišení mezi čirou a světle modrou PET lahví, i když by RGB technologie nic nepoznala [87].

- Skenovací systém

Jedná se o vysokorychlostní skener, používající kvalitní skenovací zrcadla, která shlukují světlo v řádu mikrosekund. Výhodou tohoto přístupu je jistota ostrého obrazu bez rozmazání v řádu mikrosekund. Světlo je za pomoci svazku optických vláken vedeno do spektrometru umístěnému v teplotně kontrolované elektrické skříni. Spektrometr následně optimalizuje získané vlnové délky na několik vhodných pro NIR spektrum. Typické je zpracování 16 informací pro každé spektrum a ty jsou porovnány se spektrální datovou základnou o velikosti 256. Tento proces je rychlejší a jednodušší, než v případě předchozí technologie [87].

- Vločkové třídění za pomoci NIR a VIS

Třídění vločkových materiálů se využívá především v potravinářském průmyslu pro třídění kousků ovoce, rýže, čaje a mnoha dalších. V tomto případě se nejčastěji uplatňuje metoda color vision, kde je tato technologie dostatečná pro její využití. Ovšem pro potřeby OH, a zvláště pak třídění PET lahví, je základní technologie špatně použitelná, neboť umí rozeznat odlišné barvy, avšak neumí odlišit různé druhy materiálů jako PVC a PET mezi sebou. Je tedy zapotřebí využívat pokročilejší varianty technologie NIR ideálně v kombinaci s barevnou detekcí. V této oblasti nadále probíhá intenzivní vývoj. Cílem je co nejlépe detekovat drobné částice o velikosti 1 až 2 mm [87], [88].

- Termo zobrazování

Pro třídění materiálu podobného typu a složení, jako v případě papíru a kartonu, není spektroskopie efektivní metodou. Termo zobrazování se ukazuje být efektivní metodou při třídění těchto materiálů. Principem fungování je aktivní termografie, kdy je materiál ozářen tzv. Middle Infra-Red (MIR) radiací. V tomto případě jsou předměty v materiálu brány jako černé objekty, u nichž barva nehraje roli a veškerá radiace je absorbována. Po několika desítkách milisekund se energie rozšíří rovnoměrně do první vrstvy materiálu, ale nikoliv do sousedících vrstev, a tímto způsobem je možné detekovat různé materiály. Karton, jako materiál s předpokládanou větší tloušťkou, má menší teplotní nárůst než tenké materiály jako papír [87].

- Rentgenové třídění

Principem třídění za využití rentgenu je tzv. Dual Energy X-Ray Transmission (DE-XRT), který je obdobou rentgenových systémů na letištích. Rentgenový systém má zdroj svého zářiče nad tokem materiálu a snímač pod dopravníkem. Za pomoci matematického aparátu je následně možné eliminovat vliv tloušťky materiálu. Výsledné hodnoty zobrazují ve své podstatě průměrné množství atomových čísel materiálu, resp. konkrétních předmětů mezi zdrojem záření a detektorem. Hlavními kategoriemi, které se tímto způsobem třídí, jsou těžké (Cu, Fe) a lehké (Al, Mg) kovy, dále pak inerty (sklo, kamení) z organických materiálů, některé plasty obsahující brom atd. Ačkoliv je princip rentgenu v zásadě jednoduchý, využití a nasazení této technologie v praxi je velmi obtížné a taktéž nákladné jak z hlediska vlastní analýzy, tak z hlediska Bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP) a potřebných certifikací. Tyto faktory, včetně využívání krycího štítu pro pracovníky znamenají, že např. zařízení o tloušťce 1200 mm využívající tuto technologii váží 6 až 7 tun. Další nevýhodou je skutečnost, že fotony z rentgenového záření se nevyskytují ve velkém množství a tato technologie je tedy nevhodné pro třídění malých předmětů za velkých rychlostí (nad 3 m/s). Variantou rentgenového záření je taktéž využití fluorescence, kdy jsou atomy re-emitovány se specifickou energií. Objekty tak získají vlastní „podpis“. Následně je možné odlišit měď od železa či dalších kovů nebo hledat nečistoty ve skle [87], [89].

- Laserové technologie

V současné době se nejčastěji využívají dvě technologie na bázi laseru. První z nich je technologie LIBS – Laser Induced Breakdown Spectroscopy. Díky pulsu velkého množství energie z laseru na povrchu předmětu je vytvořena plazma, která je schopna za pomoci UV spektra rozpoznat atomovou strukturu předmětu. Jedná se o komplikovanou technologii vyžadující zacílení na předmět před spuštěním laserového paprsku. Tato technologie byla prozatím prokázána jako efektivní při třídění kovů, nikoliv však v případě plastů [87], [90].

Další variantou využití laseru je technologie LRS – Laser Raman Spectroscopy, která je alternativou NIR spektroskopie pro organické materiály. Poskytuje detailnější informace pro následné vyhodnocení, problémem je však kolize s fluorescencí a vysoké požadavky na energii. Potenciál této technologie se skrývá především v jejím využití pro velkokapacitní zařízení, opět především pro třídění plastů. Většina laserů tohoto typu je v různých fázích vývoje [87], [90].

- Další vyvíjené technologie [87]

- Gamma paprsky – princip je obdobný jako u rentgenu, avšak využívají se především pro skenování celých kontejnerů v přístavech.
- UV – jsou široce rozšířeny především v biologii a v některých případech se využívají pro třídění skla, principy a problémy jsou obdobné jako u viditelné spektroskopie.
- Far Infra-Red – využívá se frekvence na úrovni terahertzů. V současné době je metoda ve fázi výzkumu v laboratořích, reálné aplikace prozatím nejsou.
- Mikrovlny – využívají se pro ohřev produktů s následnou aplikací metody založené na termo-zobrazení.

### 3.2.5 Analýza složení SKO

Analýzu složení SKO můžeme rozdělit do dvou kategorií a to následovně:

- Fyzická analýza
- Laboratorní analýza
  - Chemické vlastnosti
  - Fyzikální vlastnosti

#### **Fyzická analýza**

Po úspěšném vytrídění reprezentativního vzorku probíhá vážení jednotlivých frakcí. Hodnoty jsou následně zapisovány do připravených protokolů či počítačových programů. Následným porovnáním celkové hmotnosti tříděného vzorku na začátku s hmotností jednotlivých vytríděných frakcí se získá jejich procentuální zastoupení.

#### **Laboratorní analýza**

V rámci jednotlivých metodik se liší doporučené množství vzorku pro laboratorní analýzu, nicméně vždy se má dodržet princip reprezentativnosti pro danou látkovou skupinu. V následující tabulce 10 jsou uvedeny studie provádějící laboratorní analýzy, včetně výčtu fyzikálních a chemických vlastností, které zkoumají:

*Tabulka 10 Studie provádějící laboratorní analýzu*

| <i>Studie</i>           | <i>Země</i> | <i>Rok</i> | <i>Zdroj</i> | <i>Metoda</i>   |
|-------------------------|-------------|------------|--------------|---|
| Bayard et al.           | Francie     | 2017       | [33]         | Biologická rozložitelnost   |
| Cornellisen et al.      | Nizozemsko  | 1993       | [37]         | Výhřevnost  |
| den Boer et al.         | Polsko      | 2003       | [38]         | Fyzikální vlastnosti + Detailní analýza zrnitostních frakcí                 |
| Gidarakos et al.        | Řecko       | 2004       | [25]         | Fyzikální a chemické vlastnosti   |
| Maystre et al.          | Švýcarsko   | 1989       | [48]         | Detailní chemická analýza všech frakcí a pod-frakcí s důrazem na těžké kovy |
| Miezah et al.           | Ghana       | 2014       | [50]         | Odkazuje na jiné studie v Ghaně, zkoumající chemické složení odpadů         |
| Moreno et al.           | Mexiko      | 2012       | [52]         | Chemické vlastnosti a složení získané dle hodnot ze spalování               |
| Obersteiner & Schneider | Rakousko    | 2005       | [53]         | Výhřevnost, ztráty při spalování  |
| Petersen et al.         | Švédsko     | 2002       | [56]         | Chemické vlastnosti frakcí  |

| <i>Studie</i>      | <i>Země</i> | <i>Rok</i> | <i>Zdroj</i> | <i>Metoda</i>  |
|--------------------|-------------|------------|--------------|--|
| SAEFL              | Švýcarsko   | 2004       | [62]         | Reverzní analýza pro určení výhřevnosti a složek odpadů ze spalování |
| Sastry             | Indie       | 2009       | [63]         | Výhřevnost   |
| Taibon et al.      | Rakousko    | 2004       | [67]         | Výhřevnost, ztráty při spalování                                     |
| Vogel et al.       | Rakousko    | 2009       | [69]         | Výhřevnost, ztráty při spalování                                     |
| Xiao-yan Qu et al. | Čína        | 2009       | [62]         | Fyzikální vlastnosti   |

### 3.3 Shrnutí hlavních výsledků z rešerše

Následující kapitola popisuje nejčastěji využívané metody, které využívají různou kombinaci postupů a přístupů uvedených v kap. 3.2. Uvedené metody jsou doporučeny pro jednotlivé oblasti zaměřené především na státy v Evropě či jiné státy s vyspělým OH. Nejvíce využívané metody jsou zde popsány včetně výčtu studií, které tyto metody aplikují. V rámci celého světa existuje nespočet různých doporučených či přímo certifikovaných metod, a to často na nižších než národních úrovních. To je důvod, proč jsou zde vybrány pouze nejvíce využívané nebo z pohledu autora této práce ty nejzajímavější z hlediska pracovního postupu.

#### 3.3.1 Výčet typových metod

V této kapitole jsou uvedeny metodiky pro analýzu SKO, ze kterých nejčastěji vycházejí jednotlivé studie a se kterými se práce v rámci provádění rešerše nejčastěji setkala.

#### **MODECOM**

Metodika MODECOM – Method of Characterization of the household waste – byla vyvinuta francouzským úřadem pro energetiku a životní prostředí (ADEME) v roce 1998. Hlavní charakteristiky metody [91]:

- Doporučeno analyzovat vzorek o hmotnosti 500 kg získaný pomocí kvartace.
- Odpad je rozdělen do 3 velikostních skupin: velká > 100 mm; střední 100-20 mm; drobná < 20 mm.
- 1. úroveň třídění dle kap. 3.2.4 obsahuje 13 kategorií.
- Využívá se vzorkování ze svozových vozů
  - Doporučuje se minimální množství 5 vozů, přičemž z každého z nich alespoň 2 tuny odpadu.
  - Následně 10 náhodně vybraných vzorků z každého svozového vozu.
- Využívá se manuální třídění.
- Metoda neuvažuje chyby v měření

#### **Solid Waste Analysis Tool**

Solid Waste Analysis Tool (SWA-Tool) [76] je metodika vyvinutá jako součást projektu Evropské komise. Cílem metodiky je standardizovat postupy využívané při rozbořech složení SKO. Nicméně dle [28] se nemá tato metodika stát evropským standardem. Hlavní

dokument je především obsáhlou rešerší známých poznatků. Tyto poznatky reflektuje do 24 obecných doporučení pokrývajících všechny potřebné parametry studie. Především pak požadovanou přesnost studie, stratifikaci, sběr, třídění a analýzu vzorků, v neposlední řadě pak statistické zpracování výsledků.

- Doporučeno analyzovat celý vzorek, není prováděno získávání podvzorku.
- Vzorky je doporučeno získávat na 2. úrovni ze sběrných nádob.
- Nevyžaduje stratifikaci, pouze doporučuje její využití dle potřeb studie.
- Třídění odpadu probíhá semi-mechanicky do 13 hlavních kategorií (1. úroveň viz. 3.2.4) a 35 podkategorií (2. úroveň).

### **Nordtest**

Metoda Nordtest byla vyvinuta ve Finsku v roce 1995. Procedura sbírání vzorků je závislá na konkrétním účelu zamýšlené studie a může se tedy individuálně lišit, ať už v místě sběru vzorku nebo způsobu stratifikace. Vždy jsou nicméně platné některé zásady a doporučení, které je potřeba dodržovat, a to zejména s ohledem na zajištění reprezentativního vzorku [74].

- Doporučuje se získávat 100 až 200 vzorků pro každou reprezentativní oblast, čemuž by měla odpovídat celková hmotnost 1 až 2,5 tuny.
- Stratifikace využívá především socio-ekonomické faktory, např. věk a počet členů domácnosti
- Metoda upozorňuje na problém s přeplněnými sběrovými nádobami.
- Pro získávání podvzorku je doporučeno používat kvartaci.
- Pokud je sběr prováděn pod bodem mrazu je doporučeno vzorky rozmrazovat.
- Počet frakcí, do kterých je vzorek tříděn se stanovuje individuálně na základě potřeb konkrétní studie.
- Metoda upozorňuje na nutnost identifikace a odstranění nebezpečných předmětů před samotným tříděním.
- Očekávaná přesnost metody a její objektivní porovnání je možné pouze za předpokladu přesného definování parametrů pro prováděné studie.

### **Argus Method**

Argus Method je metoda vyvinutá v Německu, kde jsou také její principy využívány, především co se týče rozdělení zástavby a tříděných frakcí [75], [92].

- Využívá pro Německo upravenou stratifikaci zástavby:
  - Jedno a 2-rodinné domy zvláště pro město/venkov.
  - Více-rodinné domy, kde rozděluje kolik domácností využívá sběrné nádoby.
  - Sídlištní zástavba opět s rozdělením využití sběrných nádob 1 či více domácnostmi.
- Doporučená hmotnost vzorku pro jednu oblast by neměla přesáhnout 1 tunu.
- Třídění je prováděno mechanickými sítý do 3 velikostních frakcí:
  - Drobná frakce < 10 mm.
  - Střední frakce 10 < 40 mm.

- Hrubá frakce > 40 mm.
- Hrubá (resp. nadsítná) frakce je ručně tříděna do 13 kategorií 1. úrovně (viz. 3.2.4) kompletně a střední frakce je tříděna částečně.

## **ASTM**

V USA probíhá vývoj metod pro studie složení odpadů od 60 let 20. stol. Metoda ASTM byla naposledy aktualizována v roce 2016 pod číslem normy ASTM D5231-92.

Hlavní charakteristiky metody:

- Množství vzorků je stanoveno na základě požadované přesnosti studie.
- Sběr vzorků by měl být prováděn náhodně, a to v rozmezí 5–7 dnů.
- Doporučená hmotnost hlavního vzorku je přibližně 4 násobek podvzorku, který bude tříděn a analyzován.
- Vzorky získávány ze svozových vozů.
- Metoda využívá manuální třídění do 13 kategorií 1.úrovně (viz 3.2.4).
- Více detailních informací, včetně výčtu tříděných kategorií je dostupných pouze za poplatek zde [93].

## **Netherlands AOO-IPA, Cornelissen and Otte**

Nizozemská metoda Národního Institutu pro veřejné zdraví a ochranu životního prostředí (National Institute of Public Health and Environmental Protection, RIVM) testuje pravidelně složení SKO již od roku 1971. Jedná se tak zároveň o jednu z nejvyspělejších zemí, co se OH týče.

- Metoda využívá kombinovaného manuálního a strojového třídění, přičemž převažuje strojová část.
- Využívá vibrační síta rozdělující odpad do 3 zrnitostních kategorií, následně také např. magnetickou separaci.
- Odpady rozděljuje do 11 hlavních kategorií (1.úroveň) a následně na více než 100 dalších kategorií 2. úrovně [28], [37].

## **Switzerland Maystre and Viret**

Švýcarská metoda Institutu inženýrství životního prostředí se zabývá detailní analýzou vzorků odpadu, a to především z chemického hlediska, kdy zkoumá složení jednotlivých frakcí. Hlavním cílem této metody je zjišťování obsahu těžkých kovů v SKO [28].

## **Burnley et al.**

Metoda vyvinutá pod záštitou Agentury pro životní prostředí Anglie a Walesu (Environment Agency of England and Wales). Metoda se zabývá především stratifikačními parametry, které ovlivňují množství a složení odpadů [35].

- Sběr vzorků probíhá na úrovni sběrných míst.
- Vzorek se analyzuje celý, není prováděno získávání podvzorku.
- Třídění odpadu probíhá manuálně do 13 hlavních kategorií a 37 podkategorií.

## **SAEFL**

Metoda vyvinutá ve Švýcarsku v roce 2004 v návaznosti na studii „A survey of the composition of household waste 2001/02“, jejímž cílem je analyzovat složení domovních odpadů ve Švýcarsku. Metoda aplikuje některé specifické stratifikační faktory využívané v jejím rámci, a to konkrétně socio-ekonomické faktory, geografickou lokalitu, turismus, sezónnost, poplatkový systém odpadů a vliv separovaného sběru bioodpadů [62].

- Rozsáhlá analýza SKO v oblasti Bernu, zkoumáno 16 tun odpadu z 33 obcí.
- Provedeny 2 analýzy na podzim a na jaře.
- Využíván sběr vzorků na úrovni svozových vozů a následně manuální třídění do 18 frakcí.

## **Reinhart and McCauley-Bell**

Floridská centrální univerzita vyvinula tuto metodu na zjišťování složení SKO v roce 1999. Metoda vychází z výsledků a zkušeností 36 provedených studií na Floridě v kombinaci s využitím některých parametrů metody ASTM. Metoda si klade za cíl být ekonomicky výhodnou a prakticky uplatnitelnou metodou pro zkoumání složení SKO [28], [94].

- Doporučený způsob sběru vzorků je ze svozových vozů.
- Manuální třídění do minimálně 33 kategorií.
- Metoda zdůrazňuje možný vliv vlhkosti vzorků způsobený kompresí ve svozových vozech na výsledky.

## **Mbande**

Studie s názvem „Appropriate approach in measuring waste generation, composition and density in developing areas“ pod záštitou Jihoafrického institutu pro stavební inženýrství (South African Institution of Civil Engineering) diskutuje vhodné možnosti rozborů odpadů v rozvojových oblastech a analyzuje složení SKO v Jihoafrické republice [49].

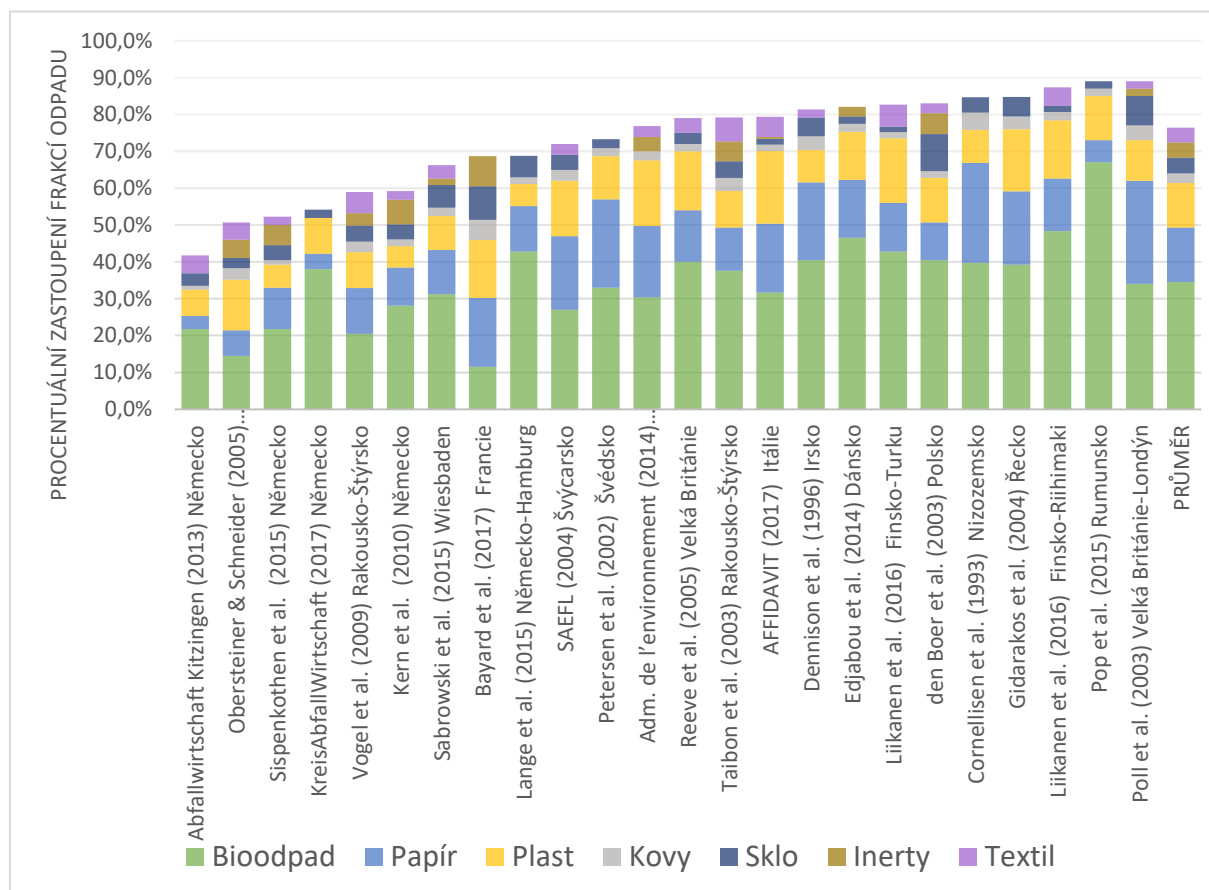
- Jedná se o metodiku s pilotní studií z roku 2003.
- Využívá sběr vzorků přímo u producentů a následně manuální třídění do 8 frakcí.
- Vzhledem k nedostatečné infrastruktuře navrhuje alternativní metody, včetně dotazníkových šetření.
- Studie poukazuje na nízkou míru svozu odpadů v rozvojových zemích, a to i v městských oblastech, kde se pohybuje pouze mezi 13 a 70 %.

## **Gay et al.**

Jedná se o alternativní metodu, která je založena na konverzi dat z prodeje pro metropolitní region a následný odhad vygenerovaného odpadu v kilogramech. Metoda byla kalibrována při použití studie v King County ve Washingtonu a přizpůsobena dvěma sousedním okrskům. Výsledky jsou údajně dostatečně slibné na to, aby byla metoda použita v národním měřítku. Finance nutné k aplikování této metody jsou jen zlomkem toho, co se utratí za klasické třídící metody [41].

### 3.3.2 Evropa

Kapitola shrnuje studie, u kterých byla provedena rešerše a nacházejí se na geografickém území Evropy. Na obrázku 9 můžeme vidět složení SKO jak pro jednotlivé studie, tak celkový evropský průměr. Detailní výsledky pro jednotlivé frakce jsou k dispozici v příloze 1 této práce. Doplněk do 100 % jak v této, tak v následujících kapitolách (viz. obr. 9 až obr. 13) jsou frakce, které byly uvedeny v nízkém procentu zkoumaných studií, a proto nebyly porovnávány, případně nebyly uvedeny vůbec. Nejčastěji se jedná o podsítnou frakci, a to menší než 20 a 40 mm, občas i jiné velikosti (8, 10 mm). Dále pak v závislosti na zemi a metodice dřevo, nebezpečný odpad, elektronika, obaly od některých druhů nápojů, spalitelné odpady, hygienický odpad a další frakce s nízkým zastoupením.



Obrázek 9 Složení SKO – Evropa

#### Německo

Ve Spolkové republice Německo se v rámci vykonávaných studií využívá Německá certifikovaná metodika, která se mírně liší v rámci jednotlivých spolkových zemí, přičemž koncept vychází z metodiky Argus, jenž je zmíněna výše v kapitole 3.3.1.

- Lange et al. (2015)
  - Název: „Hamburger Recycling-Offensive“.
  - Studie z Hamburku z roku 2015.
  - Používá třídění do 8 hlavních frakcí.
  - Porovnává analýzy domovního odpadu z předchozích let.

- Sabrowski et al. (2015)
  - Název: „Abfallwirtschaftskonzept Landeshauptstadt Wiesbaden“.
  - Studie složení SKO z roku 2015 v rámci zprávy o konceptu odpadového hospodářství pro město Wiesbaden.
  - Sesbíráno 4297 kg odpadu pro následnou analýzu.
  - Využívá svozových vozů a manuální třídění do 33 frakcí.
- Abfallwirtschaft Kitzingen (2013)
  - Název: „Hausmüllanalyse 2012 / 2013 im Landkreis Kitzingen“.
  - Studie složení domovního SKO z roku 2013 pro okres Kitzingen.
  - Využíván sběr na úrovni kontejnerů a manuální třídění do 15 frakcí.
- KreisAbfallWirtschaft (2017)
  - Název: „Hausmüllanalyse 2017 – Hameln-Pyrmont“
  - Studie složení domovního SKO z roku 2017.
  - Venkovská oblast Hameln-Pyrmont.
  - Třídění do 8 frakcí (totožné se studií v Hamburku díky stejné spolkové zemi, a tedy předepsané metodice).
- Sispenkothen et al. (2015)
  - 2 studie SKO pro okres Stormarn a vévodství Lauenburg v letech 2010 a 2015.
  - Vykonány vždy 2 x 2 sběry v rámci roku, a to na jaře a na podzim.
  - Využíván sběr na úrovni kontejnerů a strojové třídění do 21 (2010) resp. 26 (2015) frakcí.

## **Rakousko**

- Obersteiner & Schneider (2005)
  - Název: „NÖ Restmüllanalysen 2005/06“
  - Studie složení SKO pro Dolní Rakousko.
  - Vykonány 2 sběry v rámci kalendářního roku, a to v létě a v zimě.
  - Využíván sběr na úrovni kontejnerů a manuální třídění do 37 frakcí.
  - Lze získat detailní výsledky pro letní a zimní období i pro jednotlivá města.
  - Zjišťuje výhřevnost ze spalování.
- Vogel et al. (2009) + Taibon et al. (2004)
  - Název: „Siebgestützte Restmüllanalysen im Land Steiermark“
  - Studie SKO prováděné v letech 2003 a 2009 pro Štýrsko.
  - Využívají 12 (2003) resp. 13 (2009) primárních a 20 sekundárních tříděných frakcí.
  - S důrazem na síťovou analýzu, rozděluje podsítnou frakci na <20 mm a <40 mm.

## **Velká Británie**

- Reeve et al (2005)
  - Název: „South Gloucestershire Council Household Refuse Composition Study“.
  - Studie SKO prováděná v roce 2005 v provincii South Gloucestershire.
  - Využívá sběr na úrovni kontejnerů.
  - Využívá manuální třídění.
- Poll et al. (2003)
  - Název: „Greater London Authority Waste Composition Scoping Study“.
  - Studie SKO prováděná v letech 1999 až 2003.
  - Detailní analýza jednotlivých městských částí Londýna.

## **Polsko**

- den Boer et al. (2003)
  - Název: „A review of municipal solid waste composition and quantities in Poland“
  - Studie porovnává složení SKO v některých městech Polska z různých zdrojů, konkrétně se jedná o Krakov, Poznaň a Vratislav.

## **Francie**

- Bayard et al. (2017)
  - Název: „Characterization of selected municipal solid waste components to estimate their biodegradability“
  - Využívá metodiku MODECOM.
  - Vzorek získáván ze svozových vozů a následně strojově tříděn do 13 frakcí.
  - Prováděna analýza biologické rozložitelnosti odpadů.

## **Řecko**

- Gidarakos et al. (2004)
  - Název: „Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete“
  - Studie z řeckého ostrova Kréta z roku 2004 využívá z velké části metodiku ASTM.
  - Vzorkování prováděno ze svozových vozů, provedeno 28 sběrů vzorků a to 7 v každém ročním období.
  - Hmotnost vzorků v rozmezí 91-136 kg tříděny manuálně do 9 frakcí.
  - Sezónní rozdíly ve složení odpadu, nejvíce vlivem turismu.

## **Švédsko**

- Petersen et al. (2002)
  - Název: „Quality control of waste to incineration - Waste composition analysis in Lidköping, Sweden“
  - Studie zkoumá složení SKO ve švédském městě Lidköping.
  - Využívá sběru z náhodně vybraných svozových vozů a následně metodou kvartace získává požadovaný vzorek.

- Pro třídění se používá především strojová metoda a vzorky se dělí do 12 frakcí.
- Provedena chemická analýza.

### **Finsko**

- Liikanen et al. (2016)
  - Název: „Updating and testing of a Finnish method for mixed municipal solid waste composition studies“
  - Studie z roku 2016 zkoumá složení SKO ve finských městech Turku a Riihimäki.
  - Časová náročnost třídění vzorků je označena za extrémní.
  - Vzorky získávány v zimě, odkazuje se na metodu Nordtest a některá specifika ohledně rozmrazování vzorků v silných mrazech.
  - Využívá sběr vzorků na úrovni svozových vozů a následně manuální třídění do 11 frakcí.

### **Itálie**

- AFFIDAVIT (2017)
  - Název: „Landesweite Restmüllanalyse Südtirol 2016/2017“
  - Studie z roku 2017 analyzuje složení SKO v italské provincii Bolzano.
  - Využívá sběr na úrovni svozových vozů a manuální třídění do 28 kategorií.

### **Lucembursko**

- Adm. de l'environnement (2014)
  - Název: „Sperrmüllanalyse 2015 im Großherzogtum Luxemburg“
  - Studie z roku 2015 zkoumá složení SKO v Lucemburském velkovévodství.
  - Jedná se o rozsáhlou studii, která využívá sběr vzorků na úrovni kontejnerů, přičemž analyzuje celkem 38 tun odpadu.
  - Pro třídění jsou používána vibrační síta a následně manuální roztřídění do 29 frakcí.

### **Irsko**

- Dennison et al. (1996)
  - Název: „A socio-economic based survey of household waste characteristics in the city of Dublin, Ireland“
  - Studie z roku 1996 zkoumá složení domovního SKO v irském městě Dublin, a to jak obecně, tak v závislosti na socio-ekonomických faktorech.
  - Využívá jak dotazník pro získání potřebných informací, tak následně sběr vzorků na úrovni domácností.
  - Třídění probíhá manuálně do 36 frakcí.

### **Rumunsko**

- Pop et al. (2015)
  - Název: „Survey on household waste composition generated in Cluj-Napoca, Romania during summer season“
  - Studie z roku 2015 zkoumá složení SKO v rumunském městě Cluj-Napoca.

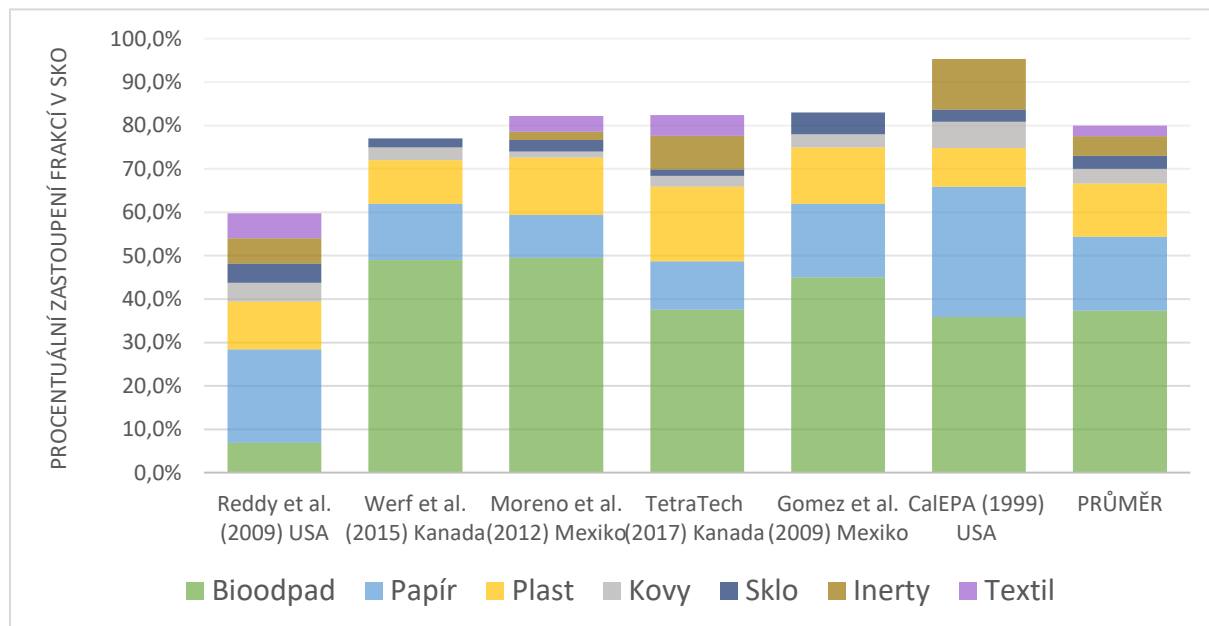
- Využívá kombinované získávání vzorků jak ze svozových vozů tak z kontejnerů.
- Třídění je manuální do 10 frakcí.

### **Dánsko**

- Edjabou et al. (2014)
  - Název: „Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation“.
  - Studie z roku 2014 zkoumá složení SKO v dánských městech Aabenraa, Haderslev a Sønderborg.
  - Odkazuje se na metodiku Nordtest, sezónní rozdíly nejsou brány v potaz.
  - Využívá sběr vzorků na úrovni kontejnerů.
  - Třídění probíhá manuálně, a to až do 56 kategorií na 3 úrovních.

### 3.3.3 Amerika

Kapitola shrnuje studie, u kterých byla provedena rešerše a nacházejí se na geografickém území Ameriky. Na obrázku 10 můžeme vidět složení SKO jak pro jednotlivé studie, tak celkový americký průměr. Detailní výsledky pro jednotlivé frakce jsou k dispozici v příloze 1 této práce.



Obrázek 10 Složení SKO – Amerika

#### USA

- CalEPA (1999)
  - Název: „Statewide Waste Characterization Study“
  - Studie z roku 1999 zkoumá složení SKO ve státě Kalifornie v USA v letním a zimním období.
  - Využívá dotazníkové šetření a následně sběr vzorků přímo u producentů.
  - Třídění je prováděno manuálně do 9 frakcí.
  - Rozděluje producenty odpadů do komerční a nekomerční sféry.
- Reddy et al. (2009)
  - Název: „Geotechnical properties of fresh municipal solid waste at Orchard Hills Landfill, USA.“
  - Studie z roku 2009 zkoumá složení SKO na skládce odpadu Orchard Hills.
  - Jako zdroj vzorků využívá tedy přímo skládku a třídění je prováděno do 18 frakcí.

#### Kanada

- Werf et al. (2018)
  - Název: „The quantity of food waste in the garbage stream of southern Ontario, Canada households“
  - Studie z roku 2015 zkoumá složení SKO v kanadské provincii Ontario.
  - Využívá získávání vzorků na úrovni sběrových nádob a následně manuální třídění do 7 frakcí.

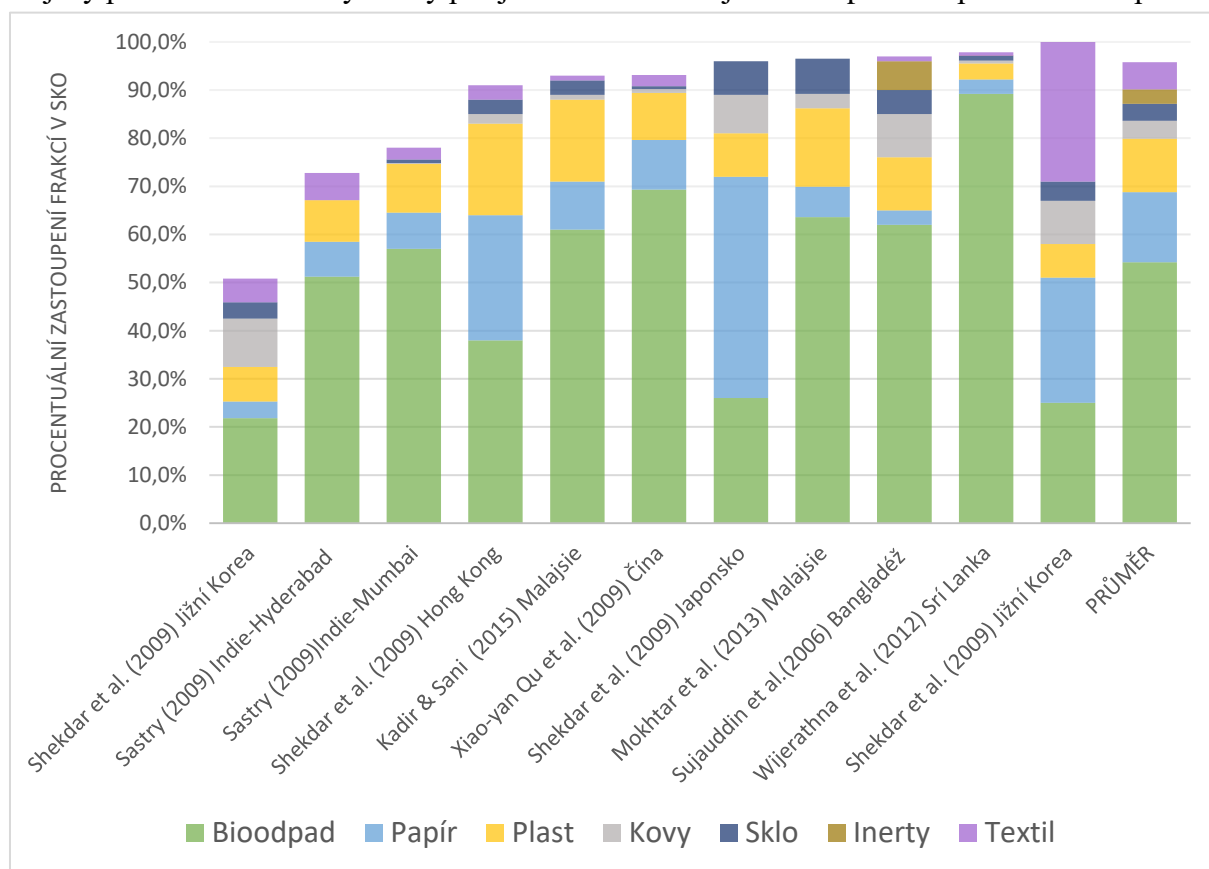
- Studie vykonána v každém ročním období pro pokrytí sezónních výkyvů.
- TetraTech (2017)
  - Název: „2017 Waste composition study“
  - Studie z roku 2017 zkoumá složení SKO v kanadském okrsku Cowichan valley.
  - Využívá sběru ze svozových vozů a následně manuální třídění do 13 frakcí.

## **Mexiko**

- Gomez et al. (2009)
  - Název: „Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico“
  - Studie z roku 2009 zkoumá složení SKO v mexickém městě Chihuahua.
  - Využívá dotazníkové šetření a následně sběr vzorků přímo u producentů.
  - Třídění je manuální do 15 frakcí.
- Moreno et al. (2012)
  - Název: „Mexico city’s municipal solid waste characteristics and composition analysis“
  - Studie z roku 2012 zkoumá složení SKO v mexickém hlavním městě.
  - Pro sběr vzorků využívá skládky odpadů v okolí města.
  - Třídění je manuální do 15 frakcí.

### 3.3.4 Asie

Kapitola shrnuje studie, u kterých byla provedena rešerše a nacházejí se na geografickém území Asie. Na obrázku 11 můžeme vidět složení SKO jak pro jednotlivé studie, tak celkový asijský průměr. Detailní výsledky pro jednotlivé frakce jsou k dispozici v příloze 1 této práce.



Obrázek 11 Složení SKO – Asie

#### Malajsie

- Kadir & Sani (2015)
  - Název: „Domestic waste disposal practice and perceptions of private sector waste management in urban Accra“.
  - Studie z roku 2009 analyzuje složení SKO v městech Mumbai a Hyderabad.
  - Využívá obsáhlý dotazník s výtěžností odpovědí 95 %.
  - Neobsahuje data o složení SKO.

#### Indie

- Khan et al. (2016)
  - Název: „Composition of Municipal Solid Waste- Need for Thermal Treatment in the present Indian context“.
  - Studie z roku 2006 a 2009 analyzuje složení SKO v městech Mumbai a Hyderabad.
  - Úroveň sběru vzorku není definována.
  - Třídění je prováděno ručně do 16 resp. 9 kategorií.

## **Bangladéž**

- Sujauddin et al. (2006)
  - Název: „Household solid waste characteristics and management in Chittagong, Bangladesh“.
  - Studie z roku 2006 zkoumá složení SKO v Bangladéži.
  - Využívá dotazníkové šetření a následně sběr vzorků na úrovni producentů.
  - Třídění je prováděno ručně do 9 frakcí.
  - Rozděluje producenty odpadu do 5 socio-ekonomických skupin.

## **Čína**

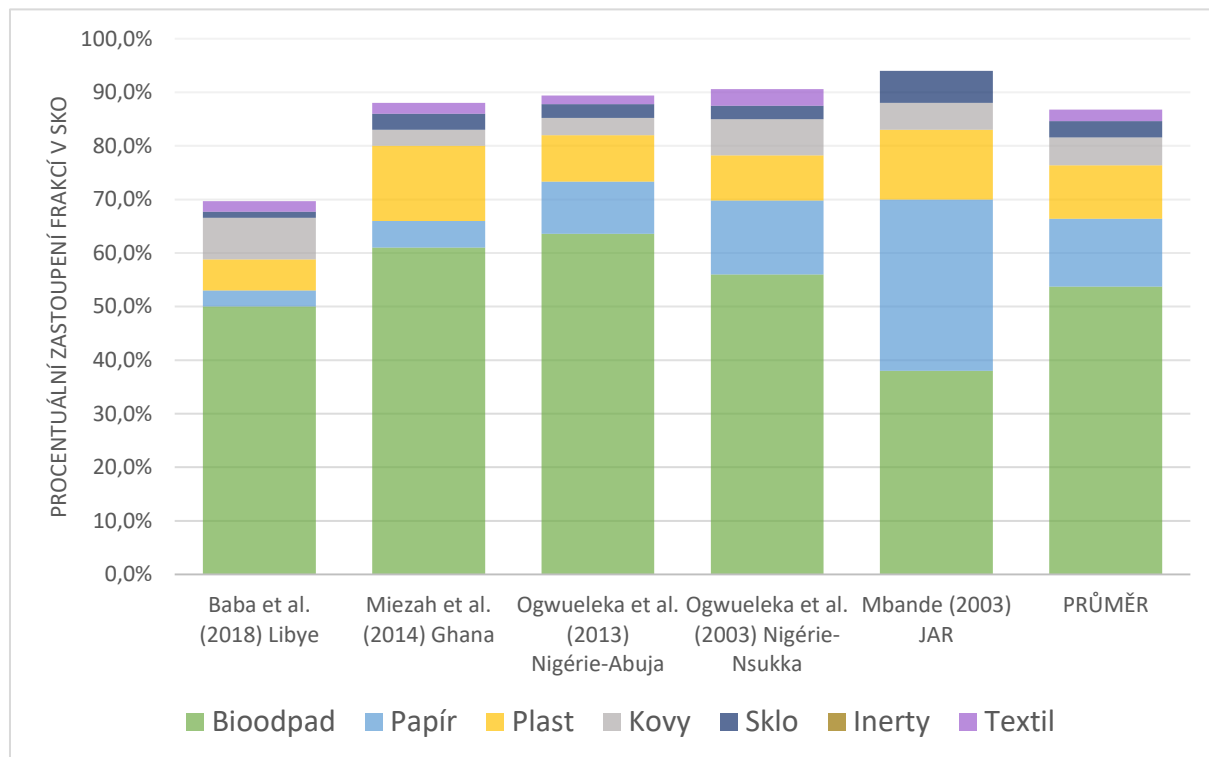
- Xiao-yan Qu et al. (2009)
  - Název: „Survey of composition and generation rate of household wastes in Beijing, China“.
  - Studie z roku 2014 zkoumá složení SKO ve městě Peking.
  - Využívá sběr vzorků na úrovni primárních producentů odpadu.
  - Třídění je prováděno do 10 frakcí, způsob třídění není definován.

## **Japonsko, Jižní Korea, Hong Kong**

- Shekdar et al. (2009)
  - Název: „Sustainable Solid Waste Management: An integrated Approach for Asian Countries“.
  - Studie z roku 2009 zkoumá složení SKO v některých asijských zemích.

### 3.3.5 Afrika

Kapitola shrnuje studie, u kterých byla provedena rešerše a nacházejí se na geografickém území Afriky. Na obrázku 12 můžeme vidět složení SKO jak pro jednotlivé studie, tak celkový africký průměr. Detailní výsledky pro jednotlivé frakce (s výjimkou inertů, které u afrických studií mají nulové zastoupení) jsou k dispozici v příloze 1 této práce.



Obrázek 12 Složení SKO – Afrika

#### Ghana

- Yoada et al. (2014)
  - Název: „Domestic waste disposal practice and perceptions of private sector waste management in urban Accra“
  - Studie z roku 2014 zkoumá likvidaci odpadu ve městě Accra.
  - Využívá obsáhlý dotazník s výtěžností odpovědí 95 %.
  - Neobsahuje data o složení SKO.
- Miezah et al. (2014)
  - Název: „Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana“
  - Rozsáhlá studie z roku 2014 zkoumá složení SKO ve všech regionech Ghany.
  - Celkem 82 tun vzorků získaných na úrovni producentů a následně manuální třídění do 9 kategorií.
  - Některé části přebírá z metodiky ASTM.

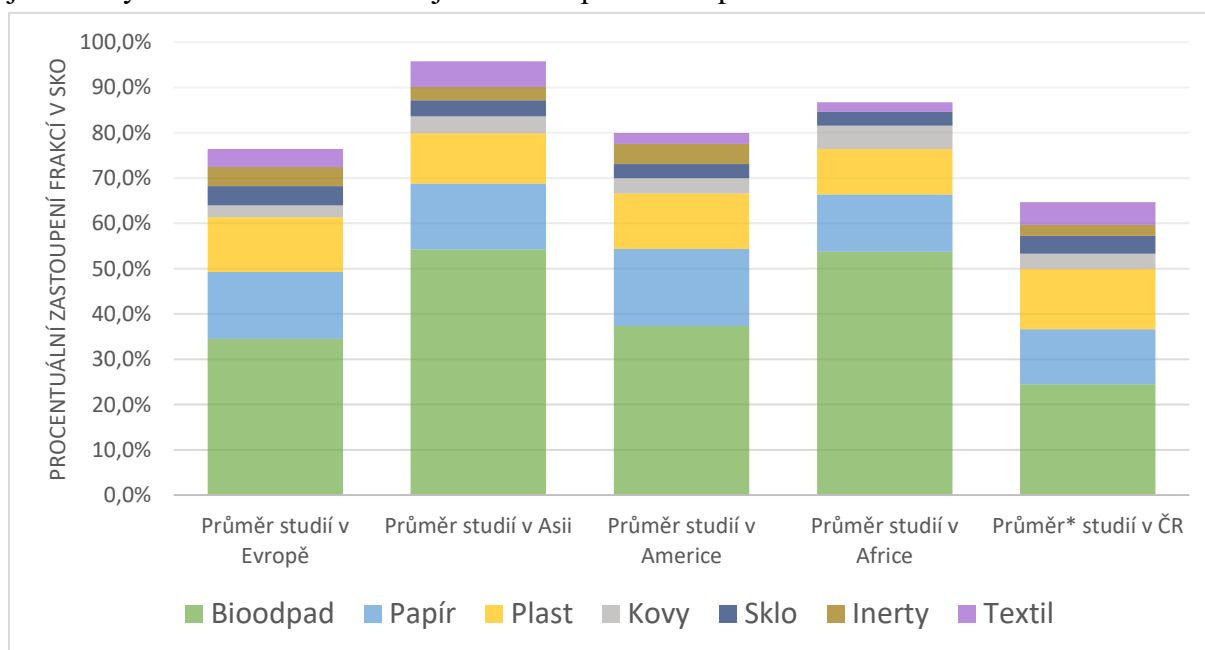
## Nigérie

- Ogwueleka et al. (2003)
  - Název: „Analysis of urban solid waste in Nsukka, Nigeria“
  - Studie z roku 2003 zkoumá složení SKO ve městě Nsukka v Nigérii.
  - Využívá sběr vzorků přímo u producentů a následně manuální třídění.
- Ogwueleka et al. (2013)
  - Název: „Survey of household waste composition and quantities in Abuja, Nigeria“
  - Studie z roku 2013 zkoumá složení SKO ve městě Abuja v Nigérii.
  - Využívá sběr vzorků přímo u producentů a následně manuální třídění do 7 frakcí.

## Libye

- Baba et al. (2018)
  - Název: „Composition Analysis of Municipal Solid Waste A Case Study in Benghazi, Libya“
  - Studie z roku 2018 analyzuje složení SKO v libyjském městě Běnghází.
  - Provedeny 2 rozborů v období sucha a v období dešťů.
  - Třídí odpad do 10 frakcí, není definováno jak.

Jednotlivé studie se zaměřují na analýzu skladby SKO v dané lokalitě a tato lokalita může, ale nemusí reprezentovat skutečné složení SKO ve státě, který je uveden a touto studií případně studiem reprezentován. Průměrné hodnoty jsou v této kapitole vypočítány jako aritmetický průměr jednotlivých studií, což ovlivňuje výsledné grafické zobrazení, upozaduje území produkující více SKO, a naopak zveličuje význam oblastí, kde je ve skutečnosti produkce SKO nižší. Na obr. 13 můžeme vidět zmíněné průměry studií zkoumaných v rámci této práce a jejich porovnání se skladbou SKO v ČR, která vycházející z Plánů odpadového hospodářství (POH) jednotlivých obcí. POH obcí ČR je více rozepsáno v kapitole 4.1.



Obrázek 13 Průměrné složení SKO dle oblastí

\*Vážený průměr

### 3.4 Zkušenosti z ČR

V této kapitole je shrnuta metodika, či návrhy metodiky rozboru SKO v rámci ČR. V České republice byl zpracován projekt SP/2f1/132/08 – *Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání za finanční podpory MŽP*, který detailně popisuje metodiku analýz složení SKO.

Ve druhé části kapitoly je provedena analýza složení SKO v jednotlivých městech ČR v závislosti na jejich velikosti a především dostupnosti dat.

#### 3.4.1 MŽP metodika

V rámci řešení projektu SP/2f1/132/08 byla v roce 2008 vypracována doporučená metodika pro vzorkování, třídění a následnou analýzu SKO. Přičemž byly mimo dalších postupů rozepsaných níže určeny 3 typy zástavby, ze kterých jsou prováděny odběry vzorků. Těmito typy jsou zástavba sídlištní, venkovská a smíšená, jejich definice jsou uvedeny v kapitole 2.3 Četnost sledování vybrané lokality je pro každý typ zástavby měsíční, a to po dobu jednoho kalendářního roku [95].

#### **Vzorkování**

Hlavní vzorek je za pomoci spolupracujících technických služeb, případně jiného poskytovatele svozu odpadu svezem na určené místo pro následné třídění a analýzu. Vzorek by měl odpovídat výskytu odpadu ve vymezeném svozovém regionu, přičemž se obvykle jedná o 1 naplněné svozové auto. Přesné množství závisí na objemu nástavby svozového vozu, na poměru komprese odpadu, na původu odpadu a na dalších obecných faktorech jako sezónnost a jiných. Hmotnost hlavního vzorku je nejčastěji v rozmezí 6 až 8 tun.

Pro následné třídění a analýzu je z hlavního vzorku metodou tzv. kvartace odebrán pomocný vzorek o hmotnosti cca 200 kg. Tento vzorek je následně tříděn a analyzován z hlediska jeho skladby.

Z vybraných frakcí již vytríděného pomocného vzorku jsou následně odebrány laboratorní vzorky. Tyto jsou využity pro detailní analýzu jejich chemického složení. Je zde třeba splňovat podmínku reprezentativnosti a hmotnost by měla představovat 20 % navážené hmotnosti dané frakce [18].

#### **Třídění SKO**

Třídění probíhá manuálně, za pomoci dvou sad přesně specifikovaných sít v rozměrech 70 x 180 cm, se čtvercovými oky o velikosti 40, 20 a 8 mm. Dále jsou k dispozici váhy, plastové případně kovové sběrné nádoby, pracovní a ochranné pomůcky, případně další potřebné náčiní. Místo pro provádění třídění a látkové analýzy by mělo vyhovovat z hlediska ochrany vůči změnám povětrnostních podmínek, mělo by být snadno přístupné manipulační technice a v blízkosti mít sociální zázemí pro pracovníky. Dopředu je stanoveno 11 látkových skupin, do kterých jsou za pomoci pracovníků ručně tříděny vzorky [18]. Frakce větší než 40 mm, tedy nejrozměrnější nadsítná frakce, je celá podrobena ručnímu třídění. Frakce v rozmezí 8 až 40 mm se analyzuje částečně dle možností a frakce menší než 8 mm se již nijak více netřídí [18].

#### **Analýza složení SKO**

Odebrané laboratorní vzorky o maximální hmotnosti 1 kg jsou zpracovávány v laboratořích, které k tomuto výkonu mají odpovídající vybavení a zkušenosti. Pro správnost

měření se v ideální případě provádějí souběžně na 2 na sobě nezávislých pracovištích. Stanovují se následující fyzikální a chemické ukazatele odebraného odpadového vzorku [18]:

- vlhkost,
- spalné teplo,
- spalitelné látky,
- množství fluoridů, chloridů, dusíku, síry a těžkých kovů,
- množství organického uhlíku,
- množství dalších specifických organických látek – např. polychlorované bifenyly nebo polycyklické aromatické uhlovodíky.

### 3.4.2 Zjednodušená metodika

Jedná se o metodiku navrženou společností Odpadová Poradenská s.r.o. [96]. Pro snížení finančních nákladů na provádění studie je snížen počet rozborů z 12 na 4, zastupující každé roční období. Zástavby jsou redukovány na 2 typy, a to sídlištní a rodinnou. Postup je takový, že se sestaví oblast, ze které bude sběr prováděn tak, aby reprezentovala typem zástavby danou lokalitu. Při nevýznamném výskytu některého typu zástavby, konkrétně do 10 %, je možné tento typ zanedbat a vzorkovat pouze dominantní typ zástavby. Rozsah vzorkované oblasti se nejčastěji nastavuje na 1 svozové vozidlo, a tedy oblast s 1 až 2 tis. obyvateli. Síto je možno umístit na 4 popelnice, které dále slouží pro třídění hlavních složek obsažených ve vzorku. Dále jsou k dispozici další nádoby na umístování dalších složek odpadu. Základní tříděné položky jsou totožné jako v případě metodiky MŽP.

### 3.4.3 Metodika společnosti EKO-KOM

Rozbory složení SKO prováděné společností EKO-KOM, a.s. na území ČR vycházejí z metodiky uvedené u Realizačního projektu analýz domovního odpadu v hlavním městě Praze, jehož autorem je společnost SLEEKO [97].

Metodika uvádí jako minimální hmotnost vzorku 200 kg pro každý druh typové zástavby. Těmito zástavbami jsou sídlištní, venkovská a vilová. Analýza je zaměřena především na sledování složení odpadu, a nikoliv na chemické či fyzikální analýzy, které jsou časově, a především finančně náročné.

Vzorky jsou tříděny na nadsítnou (>40 mm) a podsítnou (<40 mm) zrnitostní frakci, přičemž nadsítná frakce je tříděna kompletně do 9 materiálových frakcí a podsítná již dále tříděna není vůbec [97].

### 3.4.4 Regionální iniciativy

Do této skupiny řadíme například firmu ESKO-T s.r.o. z Třebíče nebo server [www.mojeodpadky.cz](http://www.mojeodpadky.cz) [8].

Případně taktéž Energetickou Agenturu Vysočiny, která spolupracuje s Boku Vídeň – Institutem odpadového hospodářství a v roce 2012 prováděla rozbor ve městě Jihlava, přičemž využívá 2 typy zástavby [8].

### 3.4.5 Analýza dat z POH

POH vznikají v ČR na 3 úrovních, pro směřování OH, hodnocení současného stavu a stanovení budoucích cílů v ČR je POH na celostátní úrovni. Jedná se o určující dokument pro vypracování POH krajů a obcí, které na něj navazují. POH je vytvářen v pravidelných intervalech, a to na desetileté období. Současný POH ČR pochází ze dne 22. 12. 2014, kdy jej

schválila vláda ČR pro období 2015–2024. Následujícími úrovněmi, jak již bylo naznačeno, jsou POH na úrovni krajů a obcí. V roce 2016 byly jednotlivými kraji za součinnosti příslušných veřejných orgánů zpracovány krajské POH [98].

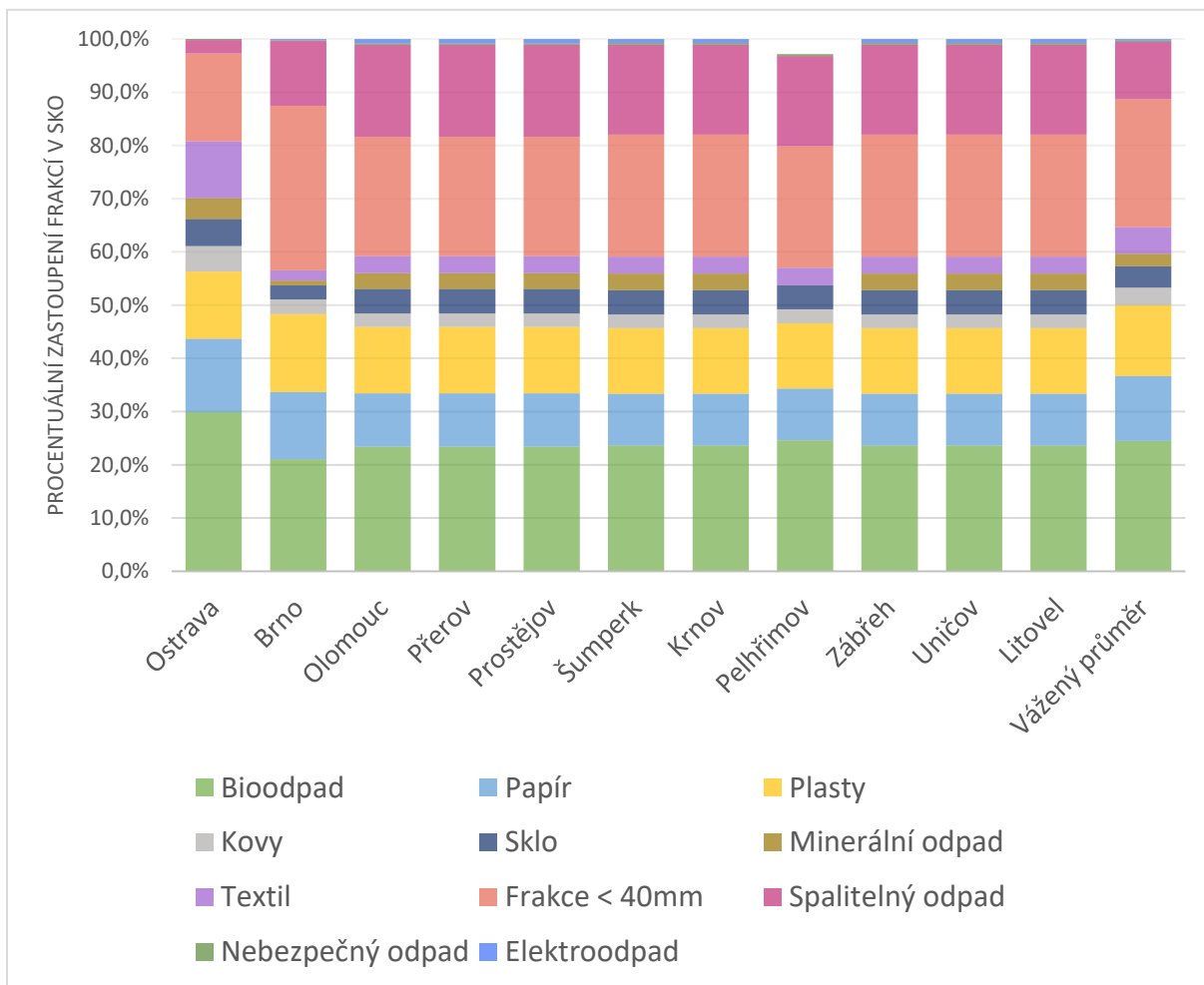
POH na všech úrovních se skládají ze 4 částí. Úvod, který popisuje platnost a působnost POH. Analytická část, která vyhodnocuje stávající stav OH v ČR. Závazná část pak uplatňuje principy OH a zdůrazňuje cíle, kterých má být dosaženo. Poslední částí je pak část směrná, která popisuje především nástroje, za jejichž pomoci má být dosaženo cílů uvedených v závazné části.

V předložené práci jsou využita data z analytické části POH jednotlivých obcí. V rámci této práce bylo analyzováno 150 POH největších měst ČR dle jejich počtu obyvatel [99]. Detailní složení SKO uvádí POH pouze u 11 měst, z nichž jsou 3 města krajská – Brno, Ostrava, Olomouc, 4 města okresní – Přerov, Prostějov, Pelhřimov, Šumperk a 4 menší města – Krnov, Litovel, Uničov, Zábřeh.

Je potřeba zmínit, že metodika analýzy skladby SKO v rámci zkoumaných POH je zvolena poměrně nevhodně, neboť vlastní rozbor byly provedeny pouze v Ostravě společností OZO Ostrava s.r.o. v roce 2015 [100] a v Brně společnostmi EKO-KOM, a.s. v roce 2014 a GREEN Solution s.r.o. v roce 2015 [101].

Zbývajících 9 POH, která uvádějí složení SKO, využívá rozbor společnosti EKO-KOM, a.s. z roku 2014. Tyto rozbor však pravděpodobně nejsou vykonány v uvedených městech, nýbrž v jiných městech ČR a následně je proveden matematický přepočítání dle typové zástavby konkrétního města, přičemž nejsou zohledněny jakékoliv další faktory. To v praxi znamená, že jsou výsledky pro města s procentuálně obdobným množstvím jednotlivých druhů zástavby téměř totožná.

Takové výsledky pak velmi pravděpodobně neodpovídají skutečnému stavu z několika důvodů, mezi něž nejspíše patří ekonomické a sociální faktory případně další, nad kterými je možné spekulovat, resp. budoucími studiemi ověřit. Prezentované výsledky jsou tedy tímto ovlivněny, jak je vidět na obr. 14. Průměrná hodnota je brána jako vážený průměr jednotlivých analyzovaných měst s přihlédnutím k množství obyvatel.



Obrázek 14 Složení SKO ve vybraných městech ČR

## 4. IDENTIFIKACE A NÁVRH VHODNÉ METODY PRO ČR

V této části práce je popsán návrh vhodné metody způsobu hodnocení složení SKO pro podmínky v ČR. Jsou zde shrnuty a vyhodnoceny poznatky získané z jednotlivých studií vykonávaných po celém světě. Těmito poznatky jsou zejména vhodný pracovní postup, jeho výhody, nevýhody a doporučení, které z provedené rešerše vychází.

### 4.1 Návrh vhodné metody

Nalézání optimální metody je vždy obtížné, nejinak je tomu i v tomto případě. Primárním cílem práce není určit závaznou metodiku pro vykonávání rozborů SKO, pouze se snaží doporučit vhodné postupy na základě provedené rešerše studií z celého světa. V rámci předložené práce je tedy uvedeno i několik nezávazných doporučení týkajících se potenciálních budoucích rozborů složení SKO.

#### **Konzistence dat**

Prvním a zřejmě nejdůležitějším faktorem je konzistence dat v čase. S tímto problémem se tato práce v různých formách setkávala nejčastěji. Skutečnost, kdy jednotlivé celky, území, země, města či instituce vykonávají studie pro analýzu skladby SKO odlišným způsobem, poměrně značně znesnadňuje interpretaci výsledků, především při snaze o jejich vzájemné porovnání. Ať už jde o různou formu sběru vzorků, odlišné metody stratifikace, anebo třídění do různého množství frakcí, vždy se ve vztahu k dlouhodobému vyhodnocování dat jedná o přitěžující faktory.

Klíčovým doporučením je tedy nastavit koncepci provádění studií zkoumajících složení SKO na úrovni ČR tak, aby bylo možné dosahovat porovnatelných výsledků na požadované úrovni od jednotlivých zadavatelů takových studií, kterými jsou nejčastěji města. Jedná se o aktuální problém ČR, viz projekt TIRMS v úvodu práce. Samozřejmě by se nabízelo sjednocení metodiky i na evropské, potažmo světové úrovni, zde však již narážíme na problém velmi odlišné úrovně OH v jednotlivých zemích a taktéž různé způsoby třídění odpadů, které by mohly ovlivňovat výsledky prováděných rozborů.

Sjednocená metodika by měla umožnit konzistenci a vzájemné porovnání výstupů z jednotlivých studií a rozborů, ať již bude zadavatelem či řešitelem kdokoliv. V následujících bodech jsou shrnuty hlavní poznatky, jež by měla taková metodika splňovat.

#### **Stratifikace**

Důležitým prvkem při zadávání a následném vykonávání studií zkoumajících složení SKO je stanovení vhodných stratifikačních parametrů. Důležitosti tohoto faktoru je přikládána velká váha, avšak většina zdrojů nepopisuje dostatečně jejich metodiku s tímto spjatou. Veskrze se jedná o rozdělení oblastí dle zástavby, či zejména v případě rozvojových zemí o členění podle příjmových skupin.

V ČR jsou v současné době studie rozděleny nejvíce právě dle typové zástavby a je otázkou, zdali je takové členění dostatečné. Bylo by vhodné zvážit rozšíření stratifikačních parametrů dle faktorů, které jsou k dispozici na základě dostupných zdrojů. Těmito parametry by mohly být např. průměrné příjmy, HDP na obyvatele či jiná zjistitelná data z existujících statistik. Způsob stratifikace vzorkování na úrovni ČR by měl být předmětem další diskuze, aby bylo dosaženo vhodného poměru finančních nákladů a podrobných výsledků takových studií.

## **Sběr vzorků**

Většina zkoumaných metodik používá sběr na úrovni svozových vozů. Nicméně je potřeba vzít v potaz skutečnost, že některé metodiky pocházejí ze staršího období, případně jsou aktualizovány. Zde se paradoxně může ukazovat nevýhoda vyspělých západních zemí, které z důvodu konzistence dat zůstávají u méně vhodných způsobů sběru vzorků, kterými svozové vozy patrně jsou (viz níže).

Ačkoliv existují studie využívající sběr vzorků ze svozových vozů, jedná se v případě novějších studií zejména o ty z rozvojových zemí, kde není až tak důležitá přesnost jako spíše finanční náklady.

Pro získávání přesných dat se zdá být vhodné využívat sběru na úrovni sběrových nádob. Zmíněnou hypotézu potvrzuje několik novějších studií, které se danou problematikou zabývají [35], [40], [76]. Tato úroveň sběru se nabízí jako ideální z několika důvodů. Poskytuje dostatečné možnosti stratifikace obyvatelstva pro vykonávané studie. Zároveň se jedná o objektivní získávání vzorků, které není ovlivněno zásahy domácností, k nimž může docházet při sběru vzorků na jejich úrovni viz kap. 3.2.2. Při tomto způsobu sběru též natolik nedochází ke znehodnocování vzorků kompresí ve svozových vozech.

Druhým faktorem, který se sběru vzorků týká, je jejich načasování, a to jak s ohledem na sezónnost, tak na jedinečné vlivy v daném období. Sezónnost je i v našich podmínkách důležitým faktorem, na který musí být brán ohled a z tohoto důvodu by měly odběry probíhat vícekrát v průběhu jednoho kalendářního roku. Existují však i významné jedinečné vlivy, jako rekonstrukce domů, přestavby bytových jader a obdobné jevy, kdy je vhodné vykonávat opakované rozbory i v rámci jednoho ročního období.

Hledání konkrétního doporučení, jaké množství odběrů vzorků provádět, je obtížné, neboť neexistuje mnoho zdrojů, které by uváděly tyto hodnoty. Výjimkou je metoda Nordtest, která doporučuje rozmezí 100 až 200 vzorků pro každou stratifikovanou oblast a metoda SWA-Tool, která uvádí vzorec zmíněný v kapitole 3.2.1.

## **Třídění vzorků**

V poslední době se objevují nové technologie na třídění odpadu, zejména optické jsou velmi slibné. Pro analýzy skladby SKO zůstává nejvhodnějším způsobem manuální třídění vzorků do několika předdefinovaných frakcí. Tato varianta je preferována především s ohledem na náklady a kapacitu strojních zařízení, která by byla u takové analýzy nevyužita.

Při třídění vzorů se naráží na podstatný problém, kdy v rámci jednotlivých studií dochází ke třídění do odlišného počtu frakcí a tato skutečnost následně znesnadňuje, někdy přímo znemožňuje jakékoliv porovnání výsledků. V rámci provedené rešerše se počet tříděných frakcí ve studiích pohyboval v rozmezí 6 až po 59, tato čísla sama o sobě nabízejí představu o tom, jak složité je následné srovnávání výsledků takových studií. Existují studie, které pracují se zadáním, jež vyžaduje detailní třídění, to by však vždy mělo být doplněno tříděním na 1. úrovni (viz 3.2.4) pro možné porovnávání výsledků. Dalším faktorem, který znesnadňuje vyhodnocování výsledků studií, je skutečnost, kdy dochází k odlišnému způsobu klasifikace odpadů do patřičných skupin.

Jednoznačné doporučení autora se tedy týká sjednocení počtu frakcí, do kterých je odpad tříděn, a to minimálně na celostátní úrovni. Ideálním počtem se jeví 10 až 15 frakcí, konkrétní počet skupin by měl být předmětem další odborné diskuze.

### **Další parametry**

Dalšími parametry, které je vhodné zmínit, jsou detailní požadavky studií. Tyto by se měly odvíjet od individuálních požadavků jednotlivých zadavatelů a reflektovat místní specifika, při zachování metodických opěrných bodů studií, tedy konzistence sběru a třídění vzorků.

Mezi takové parametry můžeme řadit rozsáhlost studie, která převyšuje minimální požadované množství vzorků, dále pak rozsáhlou stratifikaci producentů odpadu, lokální zkoumání vlivů poplatků, vzdálenosti nebo jiných parametrů. Rovněž sem patří postupy pro uchování vzorků v případech, kdy nejsou ihned zpracovány. Dále sem řadíme laboratorní analýzy zjišťující specifické látky, či fyzikální a chemické vlastnosti, které jsou výjimečné pouze pro danou oblast, případně u studií menšího rozsahu irelevantní.

Jedním z doplňkových parametrů je taktéž metoda vyhodnocování výsledků, kdy většina studií uvádí bodové odhady složení SKO, které povětšinou vycházejí z průměrných hodnot. Důležitou informací je ale i variabilita v datech a tím daná míra přesnosti. Tuto informaci poskytuje tzv. intervalový odhad střední hodnoty, který by měl být uváděn ve výsledcích, což není vždy pravidlem.

K většině těchto doplňkových parametrů není třeba vydávat žádná konkrétní doporučení, jelikož se značně liší dle rozsáhlosti, požadavků a účelu každé individuální studie, zvláště pak s ohledem na odlišnou úroveň OH v konkrétních zemích či oblastech.

## 5. ZÁVĚR

Diplomová práce měla za primární cíl přinést detailní rešerši prováděných analýz skladby SKO v evropském i světovém měřítku a následně doporučit vhodný postup vykonávání studií pro podmínky ČR. Sekundárním cílem pak bylo provést sumarizaci dat o složení SKO z POH měst v ČR.

V první části práce byla popsána nezbytná teorie týkající se základních pojmů, jež se vyskytují v následujících kapitolách. S tímto je nedílně spjata i předmětná legislativa, jejíž výstižný výtah je taktéž k dispozici. Stěžejním prvkem této části práce je definice SKO jako zbytkového KO, jehož podíl na celkovém množství KO činí v ČR přibližně 50 %. Následně jsou zde zmíněny faktory, které nejčastěji ovlivňují složení SKO. Tyto faktory je vhodné uvažovat při volbě stratifikačních parametrů studie.

Ve druhé části práce je provedena rozsáhlá rešerše studií a metodik zabývajících se analýzami složení SKO. Nejprve je shrnut obecný postup při provádění takových studií, aby mohly být studie následně rozděleny na základě vybraných kritérií pracovního postupu do několika skupin. Jednotlivé skupiny pracovního postupu jsou podrobně popsány včetně jejich hlavních výhod a nevýhod, což by mělo umožnit objektivní vyhodnocení jejich vhodnosti pro případné zadavatele studií v budoucnu. V další kapitole je uveden výčet nejčastějších metodik, se kterými se přišlo do styku. Následující část je věnována rozdělení jednotlivých studií dle kontinentu, na kterém se nacházejí a posléze dle státního útvaru, ve kterém byla daná studie vykonána. V rámci členění dle geografické polohy jsou zároveň prezentovány výsledky rešerše prostřednictvím porovnání jednotlivých studií a jejich zjištění co se skladby SKO týče.

Ve třetí a taktéž závěrečné části práce byla provedena identifikace vhodné metody pro určování složení SKO na úrovni ČR. V souvislosti s tímto bylo vydáno několik doporučení, jak do budoucna provádět rozbor složení SKO. Hlavní doporučení se týká nastavení celostátní koncepce pro dlouhodobou konzistenci a porovnatelnost takových studií a výsledků jejich rozborů.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Financial Times. Is the global economy “late cycle”? [online]. [cit. 2018-12-18]. Dostupné z: <https://ftalphaville.ft.com/2018/12/03/1543813201000/Is-the-global-economy--late-cycle--/>
- [2] Informační systém odpadového hospodářství Ministerstva životního prostředí. (ISOH)[online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz>
- [3] Co je to odpad. Vítejte na Zemi [online]. ESF, CENIA, PARTNEŘI, 2013 [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: [www.vitejtenazemi.cz/cenia/](http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/)
- [4] Šomplák, R., Pavlas, M., Kropáč, J., Putna, O., Procházka, V. Logistic model-based tool for policy-making towards sustainable waste management (2014) Clean Technologies and Environmental Policy, 16 (7), pp. 1275-1286.
- [5] SZÁSZIOVÁ, L. Analýza interakcí v odpadovém hospodářství. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 93 s. Vedoucí dizertační práce prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.
- [6] CEWEP. Municipal waste treatment in 2016 [online]. [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: <http://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/07/Graph-3-treatments-2016.pdf>
- [7] Sbírka zákonů česká republiky: Zákon č. 185/2001 Sb., ze dne 15. května 2001 o odpadech [online]. [cit. 2018-09-15]. Dostupné z: [www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185](http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185)
- [8] Ústav procesního inženýrství, FSI, VUT V Brně. Interní zdroj.
- [9] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/848 ze dne 30. května 2018 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení Rady (ES) č. 834/2007. PB L 150, 14.6.2018, s. 1–92
- [10] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/849 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2000/53/ES o vozidlech s ukončenou životností, 2006/66/ES o bateriích a akumulátorech a odpadních bateriích a akumulátorech a 2012/19/EU o odpadních elektrických a elektronických zařízeních. PB L 150, 14.6.2018, s. 93–99
- [11] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/850 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 1999/31/ES o skládkách odpadů. PB L 150, 14.6.2018, s. 100–108
- [12] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/851 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2008/98/ES o odpadech. OJ L 150, 14.6.2018, s. 109–140
- [13] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/852 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 94/62/ES o obalech a obalových odpadech. OJ L 150, 14.6.2018, s. 141–154
- [14] Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/853 ze dne 30. května 2018, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1257/2013 a směrnice Evropského parlamentu a Rady 94/63/ES a 2009/31/ES a směrnice Rady 86/278/EHS a 87/217/EHS, pokud jde o procesní pravidla v oblasti podávání environmentálních zpráv, a zrušuje směrnice Rady 91/692/EHS. OJ L 150, 14.6.2018, s. 155–161

- [15] Sbírka zákonů česká republiky: Zákon č. 185/2001 Sb., ze dne 15. května 2001 o odpadech [online]. [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: [www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185](http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185)
- [16] Sbírka zákonů česká republiky: Nařízení vlády č. 352/2014 Sb., ze dne 31. prosince 2014 o Plánu odpadového hospodářství [online]. [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: [www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-352](http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-352)
- [17] Sbírka zákonů česká republiky: Vyhláška č. 383/2001 Sb., ze dne 9. listopadu 2001 o Nakládání s odpady [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: [www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-383](http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-383)
- [18] BENEŠOVÁ L.; ČERNÍK B. et al. Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání, 2008. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [http://www.komunalniodpad.eu/download/Prubezna\\_zprava\\_odpady\\_2008\\_web.pdf](http://www.komunalniodpad.eu/download/Prubezna_zprava_odpady_2008_web.pdf)
- [19] DVOŘÁKOVÁ, Markéta. Charakteristika komunálního odpadu. Praha, 2015. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze. Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Libuše BENEŠOVÁ. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/140045100/?lang=en>
- [20] Operační program Životní prostředí. Domácí kompostování na území města Varnsdorf. [online]. [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://dotaceeu.cz/cs/Statistiky-a-analyzy/Mapa-projektu/Projekty/05-Operacni-program-Zivotni-prostredi/05-3-Odpady-a-materialove-toky,-ekologicke-zateze/Domaci-kompostovani-na-uzemi-mesta-Varnsdorf>
- [21] MIHAI, F. et al. Rural Waste Management Issues at Global Level. [online]. [cit. 2018-09-20]. Dostupné z: [https://mpr.aub.uni-muenchen.de/81234/1/MPRA\\_paper\\_81234.pdf](https://mpr.aub.uni-muenchen.de/81234/1/MPRA_paper_81234.pdf)
- [22] OECD. Data.oecd [online databáze]. Paris.: OECD [cit. 2015-01-27]. Časové pokrytí 1985-2016. Dostupné z: <https://data.oecd.org/waste/municipal-waste.htm>
- [23] KHAN, D et al. Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate, 2016. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/292211320\\_Impact\\_of\\_socioeconomic\\_status\\_on\\_municipal\\_solid\\_waste\\_generation\\_rate](https://www.researchgate.net/publication/292211320_Impact_of_socioeconomic_status_on_municipal_solid_waste_generation_rate)
- [24] Environmental Protection Agency, 2004. MUNICIPAL WASTE CHARACTERISATION. [online]. [cit. 2018-10-15]. Dostupné z: [https://www.epa.ie/pubs/reports/waste/wastecharacterisation/EPA\\_municipal\\_waste\\_characterisation.pdf](https://www.epa.ie/pubs/reports/waste/wastecharacterisation/EPA_municipal_waste_characterisation.pdf)
- [25] GIDARAKOS et al. Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete, 2005. [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X05002011>
- [26] AFON, Abel. An analysis of solid waste generation in traditional African city: The example of Ogbomoso, Nigeria, 2007. Environment and Urbanization - ENVIRON URBAN. 19. 527-537. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z:

- [https://www.researchgate.net/publication/250061465\\_An\\_analysis\\_of\\_solid\\_waste\\_generation\\_in\\_traditional\\_African\\_city\\_The\\_example\\_of\\_Ogbomoso\\_Nigeria](https://www.researchgate.net/publication/250061465_An_analysis_of_solid_waste_generation_in_traditional_African_city_The_example_of_Ogbomoso_Nigeria)
- [27] ALI MOHAMED BABA et al. Composition Analysis of Municipal Solid Waste A Case Study in Benghazi, Libya. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 2018. [online]. [cit. 2018-11-28]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/323870987\\_Composition\\_Analysis\\_of\\_Municipal\\_Solid\\_Waste\\_A\\_Case\\_Study\\_in\\_Benghazi\\_Libya](https://www.researchgate.net/publication/323870987_Composition_Analysis_of_Municipal_Solid_Waste_A_Case_Study_in_Benghazi_Libya)
- [28] DAHLÉN, L.; LAGERKVIST, A. 2008. Methods for household waste composition studies, *Waste Management*. [online]. [cit. 2018-10-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X0700270X#bib1>
- [29] LANDRATSAMT KITZINGER, Hausmüllanalyse 2012/2013 im Landkreis Kitzingen, 2013. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [https://www.abfallwelt.de/fileadmin/Abfallwelt/Dokumente/Abfallbilanz/Hausmuellanalyse\\_2013\\_web.pdf](https://www.abfallwelt.de/fileadmin/Abfallwelt/Dokumente/Abfallbilanz/Hausmuellanalyse_2013_web.pdf)
- [30] BEYER H. J.; KRÄMER A. Sperrmüllanalyse 2015 im Großherzogtum Luxemburg, 2016. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://download.data.public.lu/resources/gestion-des-dechets-et-ressources-dechets-municipaux/20180206-103118/SMA-2015-Bericht-3.pdf>
- [31] AFFIDAVIT. Landesagentur für Umwelt Bozen. Landesweite Restmüllanalyse Südtirol 2016/2017. [online]. [cit. 2018-11-22]. Dostupné z: [https://umwelt.provinz.bz.it/downloads/06\\_relazione\\_ultima\\_con\\_PP\\_de.pdf](https://umwelt.provinz.bz.it/downloads/06_relazione_ultima_con_PP_de.pdf)
- [32] BABA, F. A. M. Composition Analysis of Municipal Solid Waste A Case Study in Benghazi, Libya. 2015. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/323870987\\_Composition\\_Analysis\\_of\\_Municipal\\_Solid\\_Waste\\_A\\_Case\\_Study\\_in\\_Benghazi\\_Libya](https://www.researchgate.net/publication/323870987_Composition_Analysis_of_Municipal_Solid_Waste_A_Case_Study_in_Benghazi_Libya)
- [33] BAYARD et al. Characterization of selected municipal solid waste components to estimate their biodegradability, 2017. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717304425>
- [34] WAHAB, Bolanle & OLA, Bayonle. Effects of Seasonal Variation on Informal Waste Collection in Ibadan, South-west Nigeria, 2018. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/324125770\\_Effects\\_of\\_Seasonal\\_Variation\\_on\\_Informal\\_Waste\\_Collection\\_in\\_Ibadan\\_South-west\\_Nigeria](https://www.researchgate.net/publication/324125770_Effects_of_Seasonal_Variation_on_Informal_Waste_Collection_in_Ibadan_South-west_Nigeria)
- [35] BURNLEY, S. J.; ELLIS, J. C.; Assessing the composition of municipal solid waste in Wales, 2007. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344906000620#tbl5>
- [36] Californian Environmental Protection Agency (CalEPA). Contractor's Report to the Board, Statewide Waste Characterization Study: Results and Final Report, 1999. [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <https://www2.calrecycle.ca.gov/WasteCharacterization/PubExtracts/34000009/ExecSummary.pdf>

- [37] CORNELLISEN, A. A. J. et al. Physical investigation of the composition of household waste in the Netherlands, 1993. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://www.rivm.nl/dsresource?objectid=0ee6d4f7-8def-49f2-ac6b-b1ae2feb4e5c&type=org&disposition=inline>
- [38] DEN BOER E. et al. A review of municipal solid waste composition and quantities in Poland, 2010. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09003729](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09003729)
- [39] DENNISON, G.J., DODD, V.A., WHELAN, B. A socio-economic based survey of household waste characteristics in the city of Dublin, Ireland — II. Waste quantities. Resources, Conservation and Recycling, 1996, vol. 17, issue 3, p. 245-257. [online] DOI: 10.1016/0921-3449(96)01155-X. [cit. 2018-09-20]. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/092134499601155X>
- [40] EDJABOU et al. Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. 2014. [online]. [cit. 2018-11-28]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14005261?via%3Dihub>
- [41] GAY et al. Cost-Effective Solid-Waste Characterization Methodology, 1993. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%2907339372%281993%29119%3A4%28631%29>
- [42] GOMEZ G. Et al. Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico, 2007. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X07004126>
- [43] A A Kadir and M S A M Sani. Solid Waste Composition Study at Taman Universiti, Parit Raja, Batu Pahat. Faculty of Civil Engineering and Environmental, University of Tun Hussein Onn Malaysia. 2015 [online]. [cit. 2018-11-22]. Dostupné z: [iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/136/1/012048](http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/136/1/012048)
- [44] KERN M. et al. Restabfallanalysen für die AWSH Abfallwirtschaft Südholstein GmbH, 2010. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [https://www.awsh.de/fileadmin/media/PDFs/AWK/Abfallanalyse\\_AWSH.pdf](https://www.awsh.de/fileadmin/media/PDFs/AWK/Abfallanalyse_AWSH.pdf)
- [45] KAW LANDKREIS HAMELN-PYRMONT Hausmüllanalyse 2017, 2017. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [https://kaw.hameln-pyrmont.de/media/custom/315\\_768\\_1.PDF?1510135183](https://kaw.hameln-pyrmont.de/media/custom/315_768_1.PDF?1510135183)
- [46] LANGE H. et al. Hamburger Recycling-Offensive, 2016. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [https://www.stadtreinigung.hamburg/export/sites/default/download/PDF/IFAT2016\\_Hamburger\\_Recycling-Offensive\\_Lange.pdf](https://www.stadtreinigung.hamburg/export/sites/default/download/PDF/IFAT2016_Hamburger_Recycling-Offensive_Lange.pdf)
- [47] M. LIIKANEN et al. Updating and testing of a Finnish method for mixed municipal solid waste composition studies, 2016. [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16301064?via%3Dihub>

- [48] MAYSTRE, L. Y. et al. A goal-oriented characterization of urban waste, 1989. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734242X95900403>
- [49] MBANDE, Ch. Appropriate approach in measuring waste generation, composition and density in developing areas, 2003. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: [https://www.saice.org.za/downloads/journal/vol45-3-2003/civileng\\_v45\\_n3\\_a.pdf](https://www.saice.org.za/downloads/journal/vol45-3-2003/civileng_v45_n3_a.pdf)
- [50] K. MIEZAH et al. Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana, 2015. [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15301185>
- [51] MOKHART N. et al. Municipal Solid Waste Composition Study of Selected Area in Gambang, Pahang, 2013. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/16/1/012041>
- [52] MORENO, D. A. Mexico city's municipal solid waste characteristics and composition analysis. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v29n1/v29n1a4.pdf>
- [53] OBERSTEINER G.; SCHNEIDER F. NÖ Restmüllanalysen 2005/06, 2006. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.wau.boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H81000/H81300/upload-files/Forschung/Lebensmittel/restmuellanalysen2005NOEBericht.pdf>
- [54] OGWUELEKA T. Ch. et al. Survey of household waste composition and quantities in Abuja, Nigeria, 2013. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344913001304>
- [55] OGWUELEKA T. Ch. et al. Analysis of urban solid waste in Nsukka, Nigeria, 2003. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/285775348\\_Analysis\\_of\\_urban\\_solid\\_waste\\_in\\_Nsukka\\_Nigeria](https://www.researchgate.net/publication/285775348_Analysis_of_urban_solid_waste_in_Nsukka_Nigeria)
- [56] PETERSEN et al. Quality control of waste to incineration – Waste composition analysis in Lidköping, Sweden, 2006. [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/7392462\\_Quality\\_control\\_of\\_waste\\_to\\_incineration\\_-\\_Waste\\_composition\\_analysis\\_in\\_Lidkoping\\_Sweden](https://www.researchgate.net/publication/7392462_Quality_control_of_waste_to_incineration_-_Waste_composition_analysis_in_Lidkoping_Sweden)
- [57] POLL J. et al Greater London Authority Waste Composition Scoping Study, 2004. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://statesassembly.gov.je/scrutinyreviewresearches/2007/s-11220-1189-1972007.pdf>
- [58] POP, N. et al. Survey on household waste composition generated in Cluj-Napoca, Romania during summer season. 2015. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/290748867\\_Survey\\_on\\_household\\_waste\\_composition\\_generated\\_in\\_Cluj-Napoca\\_Romania\\_during\\_the\\_summer\\_season/download](https://www.researchgate.net/publication/290748867_Survey_on_household_waste_composition_generated_in_Cluj-Napoca_Romania_during_the_summer_season/download)

- [59] REDDY, R. K. Geotechnical properties of fresh municipal solid waste at Orchard Hills Landfill, USA. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X08002468>
- [60] REEVE S. et al. South Gloucestershire Council Household Refuse Composition Study, 2005. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <http://www.southglos.gov.uk/documents/household%20waste%20composition%20study%20oct%202005.pdf>
- [61] SABROWSKI R. et al. Das Abfallwirtschaftskonzept für die Landeshauptstadt Wiesbaden, 2015. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [https://www.elw.de/fileadmin/Redakteur/PDF/Abfallwirtschaftskonzept\\_2015\\_Langfassung.pdf](https://www.elw.de/fileadmin/Redakteur/PDF/Abfallwirtschaftskonzept_2015_Langfassung.pdf)
- [62] A survey of the composition of household waste 2001/02. Federal Office for the Environment, 2003. [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/waste/publications-studies/publications/composition-household-waste-2001-02.html>
- [63] SASTRY D. B. S. S. R. Composition of Municipal Solid Waste- need for thermal treatment in present Indian context, 2009. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/DBSSRS\\_Article\\_-\\_WTE\\_INDIA\\_BRIEF\\_Revised.pdf](http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/DBSSRS_Article_-_WTE_INDIA_BRIEF_Revised.pdf)
- [64] SHEKDAR A. et al. Sustainable solid waste management: an integrated approach for Asian countries, 2009. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/23662062\\_Sustainable\\_Solid\\_Waste\\_Management\\_An\\_integrated\\_Approach\\_for\\_Asian\\_Countries](https://www.researchgate.net/publication/23662062_Sustainable_Solid_Waste_Management_An_integrated_Approach_for_Asian_Countries)
- [65] SIEPENKOTHEN H. J. et al. Restabfallanalysen für die AWSH Abfallwirtschaft Südholstein GmbH, 2015. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [https://www.awsh.de/fileadmin/media/PDFs/2015-09-29-Abschlussbericht-Hausmuellanalyse\\_AWSH.pdf](https://www.awsh.de/fileadmin/media/PDFs/2015-09-29-Abschlussbericht-Hausmuellanalyse_AWSH.pdf)
- [66] SUJAUDDIN M. et al. Household solid waste characteristics and management in Chittagong, Bangladesh, 2008. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X07002255>
- [67] TAIBON M. VOGEL E. et al. Siebgestützte Restmüllanalysen im Land Steiermark, 2004. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10168259\\_4336659/4dfe9a05/Endbericht%20Steiermark\\_2008.pdf](http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10168259_4336659/4dfe9a05/Endbericht%20Steiermark_2008.pdf)
- [68] TETRATECH. Waste Comsposition Study, Cowichan Valley Regional District, 2017. [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <http://www.tetrattech.com/>
- [69] VOGEL E. et al. Siebgestützte Restmüllanalysen im Land Steiermark, 2009. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10168259\\_4336659/4dfe9a05/Endbericht%20Steiermark\\_2008.pdf](http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10168259_4336659/4dfe9a05/Endbericht%20Steiermark_2008.pdf)

- [70] WERF et al. The quantity of food waste in the garbage stream of southern Ontario, Canada households. PLoS ONE 13(6). 2018. [online]. [cit. 2018-11-22]. Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371%2Fjournal.pone.0198470#pone.0198470.ref044>
- [71] WIJERATHNA D. M. C. B. et al. Solid waste generation, characteristics and management within the households in Sri Lanka urban areas, 2012. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <http://www.civil.mrt.ac.lk/conference/ICSBE2012/SBE-12-241.pdf>
- [72] QU X.; LI Z. et al. Survey of composition and generation of household wastes in Beijing, China, 2009. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09002074>
- [73] YOADA et al. Domestic waste disposal practice and perceptions of private sector waste management in urban Accra, 2014. [online]. [cit. 2018-09-20]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4226987/>
- [74] Nordtest (1995) Solid Waste, Municipal: Sampling and Characterization. Nordtest method NT, Finland. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <http://www.nordtest.info/index.php/methods/item/solid-waste-particulate-materials-sampling-nt-envir-004.html>
- [75] Municipal Waste Composition: Review of Municipal Waste Component Analyses - WR0119, Annex 5 – Review of waste auditing methodologies, 2008. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: [http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=WR0119\\_8657\\_FRA.pdf](http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=WR0119_8657_FRA.pdf)
- [76] Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool), 2004. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://www.wien.gv.at/meu/fdb/pdf/swa-tool-759-ma48.pdf>
- [77] MCLEOD, Saul. Questionnaire. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://www.simplypsychology.org/questionnaires.html>
- [78] VVV MOST spol. s.r.o. [online]. [cit. 2018-12-04]. Dostupné z: <http://vvvmost.cz/tridice-drtice-podavace-a-sita/>
- [79] DSP Přerov [online]. [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: <http://www.dspprerov.cz/nase-vyrobky/tridice.html>
- [80] N.M. HEILIGBV B.V. [online]. [cit. 2018-12-04]. Dostupné z: <https://www.heiligbv.com/products/screening-equipment/screening-drum/>
- [81] JUNGA, P. Technika pro zpracování odpadů. [přednáška] Agronomická fakulta Mendelova Univerzita v Brně. 2015 [online]. [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/files/210/17165.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/210/17165.pdf)
- [82] DROBNÝ, J. et al. Úprava odpadů z nekovových materiálů, 2008 [online]. [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: <http://files.dolezal.webnode.cz/200000239-4ea684fa0c/Jan%20Drobn%C3%BD%20-%20Zpracov%C3%A1n%C3%AD%20a%20%C3%BAprava%20nekovov%C3%A9%20odpadu.ppt>

- [83] MORGAN, D. et al. The Magnetic Separator as Sorter, 2014. [online]. [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: <https://www.recyclingproductnews.com/article/19748/the-magnetic-separator-as-sorter>
- [84] Šyc, M., Krausová, A., Kameníková, P., Šomplák, R., Pavlas, M., Zach, B., Pohořelý, M., Svoboda, K., Punčochář, M. Material analysis of Bottom ash from waste-to-energy plants (2018) Waste Management, 73, pp. 360-366. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034950501&doi=10.1016%2fj.wasman.2017.10.045&partnerID=40&md5=6dbfdf1240ca7d5fa8ebaad587e2dd90>
- [85] DAIKU, H.; INOUE, T.; TSUKAHARA, M.; MAEHATA, H.; KAKEDA, K. et al. Electrostatic separation technology for waste plastics-development of a high-purity type separator for plastics, 2001. [online]. [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/992424>
- [86] HIGASHIYAMA, Y.; ASANO, K. et al. RECENT PROGRESS IN ELECTROSTATIC SEPARATION TECHNOLOGY, 2007. [online]. [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02726359808906786>
- [87] BOURELY, A. Fields of Research in Optical Sorting of Different Types of Waste, 2012. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: [http://www.vivis.de/phocadownload/Download/2012\\_wm/2012\\_WM\\_127\\_138\\_Bourelly.pdf](http://www.vivis.de/phocadownload/Download/2012_wm/2012_WM_127_138_Bourelly.pdf)
- [88] MORRSIH, L.; MORTON, R.; MYLES, N.; WILKINSON, S. et al. Near Infrared sorting of household plastic packaging, 2010. [online]. [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: [http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/NIR%20Good%20practice%20guidance%20for%20existing%](http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/NIR%20Good%20practice%20guidance%20for%20existing%20)
- [89] TOMRA SORTING SOLUTIONS. X-TRACT [online]. [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: <https://www.recyclingproductnews.com/product/3213/x-tract>
- [90] EDWARD, J. et al. Application of Raman spectroscopy to identification and sorting of post-consumer plastics for recycling, 1996. [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US6313423>
- [91] BRGM. New MSW sampling and characterization methodologies. France. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [http://www.iwa.tuwien.ac.at/newa2008/presentations/Wavrer\\_New%20MSW%20sampling.pdf](http://www.iwa.tuwien.ac.at/newa2008/presentations/Wavrer_New%20MSW%20sampling.pdf)
- [92] Merkblatt für die Durchführung von Untersuchungen zur stofflichen Zusammensetzung des Restmülls aus Haushaltungen [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [https://www.thueringen.de/.../hma-merkblatt\\_01\\_15\\_2013.pdf](https://www.thueringen.de/.../hma-merkblatt_01_15_2013.pdf)
- [93] ASTM D5231-92 (2016), Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, [www.astm.org](http://www.astm.org)

- [94] REINHART, D., MCCAULEY-BELL, P. An Evaluation of Municipal Solid Waste Composition Bias Sources. 1999. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29073867>
- [95] Metodický pokyn MŽP ke vzorkování odpadů, 2008 [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: [https://www.kraj-lbc.cz/public/ozivpr/vzorkovani\\_odpadu\\_2008\\_e626f49500.pdf](https://www.kraj-lbc.cz/public/ozivpr/vzorkovani_odpadu_2008_e626f49500.pdf)
- [96] Odpadová poradenská s.r.o. Zjednodušený postup vzorkování, rozborů a analýz SKO pro posouzení účinnosti separace a vlastností odpadů. 2018. [online]. [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: [http://www.odpadovaporadenska.cz/wp-content/uploads/Seminar/Brozura%20OP\\_rozbory%20SKO%202018.pdf](http://www.odpadovaporadenska.cz/wp-content/uploads/Seminar/Brozura%20OP_rozbory%20SKO%202018.pdf)
- [97] HOLÝ, M. Studie proveditelnosti Integrovaného systému nakládání s komunálními odpady v území Plzeňského kraje. [online]. [cit. 2019-01-15]. Dostupné z: [www.plzensky-kraj.cz/cs/system/files/1004824110427113652.doc](http://www.plzensky-kraj.cz/cs/system/files/1004824110427113652.doc)
- [98] ŠVARC, V. Analýza produkce obecního odpadu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 61 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Kropáč, Ph.D.
- [99] Seznam měst v Česku podle počtu obyvatel. Wikipedia.org. [online]. [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam\\_měst\\_v\\_Česku\\_podle\\_počtu\\_obyvatel](https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_měst_v_Česku_podle_počtu_obyvatel)
- [100] Statutární město Ostrava. Plán odpadového hospodářství statutárního města Ostravy na období let 2017 – 2021. [online]. [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://testzdravaova.ostrava.cz/wp-content/uploads/2017/10/POH-2017-2021.pdf>
- [101] Statutární město Brno. Plán odpadového hospodářství statutárního města Brna 2017 – 2025. [online]. [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: [https://www.brno.cz/fileadmin/user\\_upload/sprava\\_mesta/magistrat\\_mesta\\_brna/OZP/odpadove\\_hospodarstvi/POH\\_2017-20\\_final.pdf](https://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OZP/odpadove_hospodarstvi/POH_2017-20_final.pdf)

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

|         |   |   |
|---------|---|---|
| BOZP    | - | Bezpečnost a ochrana zdraví při práci               |
| BRKO    | - | Biologicky rozložitelný komunální odpad             |
| ČR      | - | Česká republika                                     |
| EU      | - | Evropská unie                                       |
| HDPE    | - | High density polyethylene                           |
| JAR     | - | Jihoafrická republika                               |
| KO      | - | Komunální odpad                                     |
| LIBS    | - | Laser Induced Breakdown Spectroscopy                |
| MŽP     | - | Ministerstvo životního prostředí                    |
| NIR     | - | Near Infra  |
| OH      | - | Odpadové hospodářství                               |
| PET     | - | Polyethylentereftalát                               |
| POH     | - | Plán odpadového hospodářství                        |
| PVC     | - | Polyvinylchlorid                                    |
| RGB     | - | Red, green, blue                                    |
| SKO     | - | Směsný komunální odpad                              |
| SWA     | - | Solid Waste Analysis                                |
| USA     | - | Spojené státy americké                              |
| (V)ISOH | - | (Veřejný) informační systém odpadového hospodářství |

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|  |    |
|--|----|
| OBRÁZEK 1 NÁKLÁDÁNÍ S ODPADY V EVROPSKÝCH ZEMÍCH [6] .....       | 11 |
| OBRÁZEK 2 PROCENTUÁLNÍ ZASTOUPENÍ SLOŽEK KO V ROCE 2015[8] ..... | 13 |
| OBRÁZEK 3 MNOŽSTVÍ KO NA OSOBU V KG/ROK [22].....                | 16 |
| OBRÁZEK 4 SBĚR VZORKŮ – NÁDOBY NA SKO [44].....                  | 23 |
| OBRÁZEK 5 VZOREK SKO ZE SVOZOVÉHO VOZU [61].....                 | 24 |
| OBRÁZEK 6 MANUÁLNÍ TRÍDĚNÍ [62].....                             | 31 |
| OBRÁZEK 7 TRÍDĚNÍ ZA POMOCÍ VIBRAČNÍHO SÍTA [61].....            | 32 |
| OBRÁZEK 8 TRÍDĚNÍ ZA POMOCI BUBNOVÉHO SÍTA [31].....             | 32 |
| OBRÁZEK 9 SLOŽENÍ SKO – EVROPA.....                              | 42 |
| OBRÁZEK 10 SLOŽENÍ SKO – AMERIKA .....                           | 47 |
| OBRÁZEK 11 SLOŽENÍ SKO – ASIE .....                              | 49 |
| OBRÁZEK 12 SLOŽENÍ SKO – AFRIKA .....                            | 51 |
| OBRÁZEK 13 PRŮMĚRNÉ SLOŽENÍ SKO DLE OBLASTÍ .....                | 52 |
| OBRÁZEK 14 SLOŽENÍ SKO VE VYBRANÝCH MĚSTECH ČR.....              | 56 |

## SEZNAM TABULEK

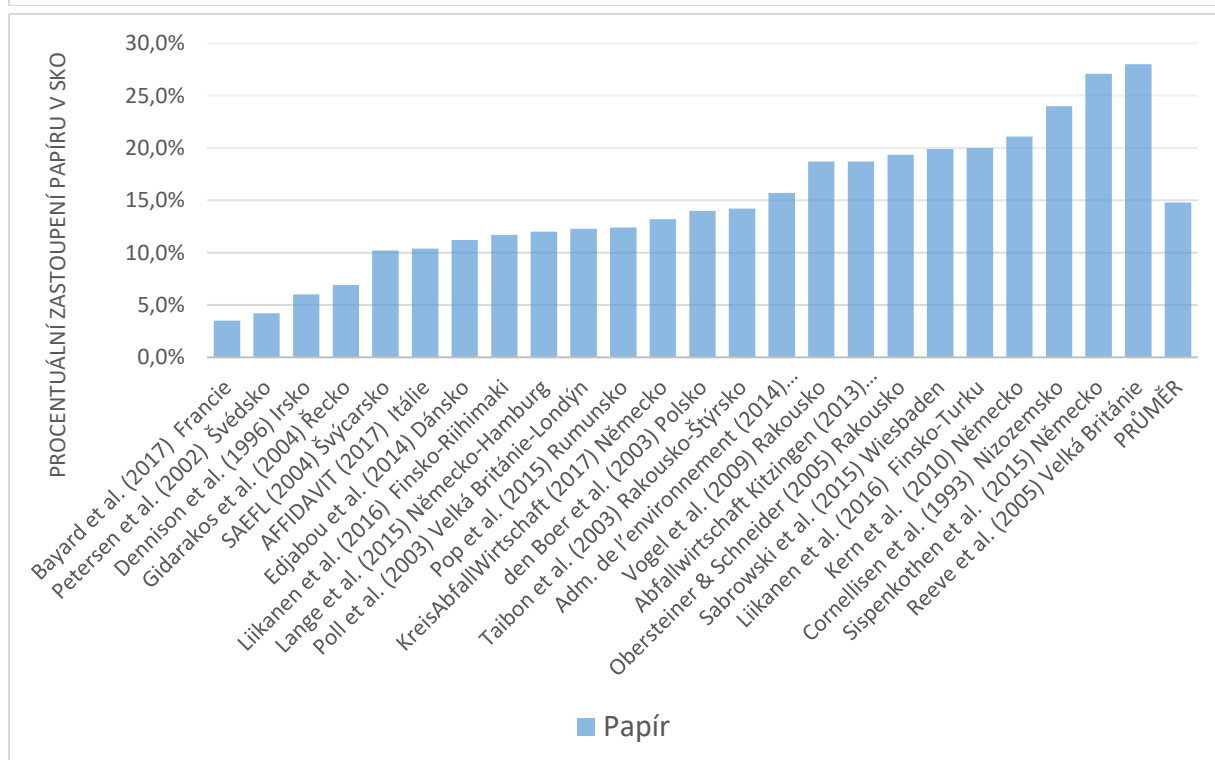
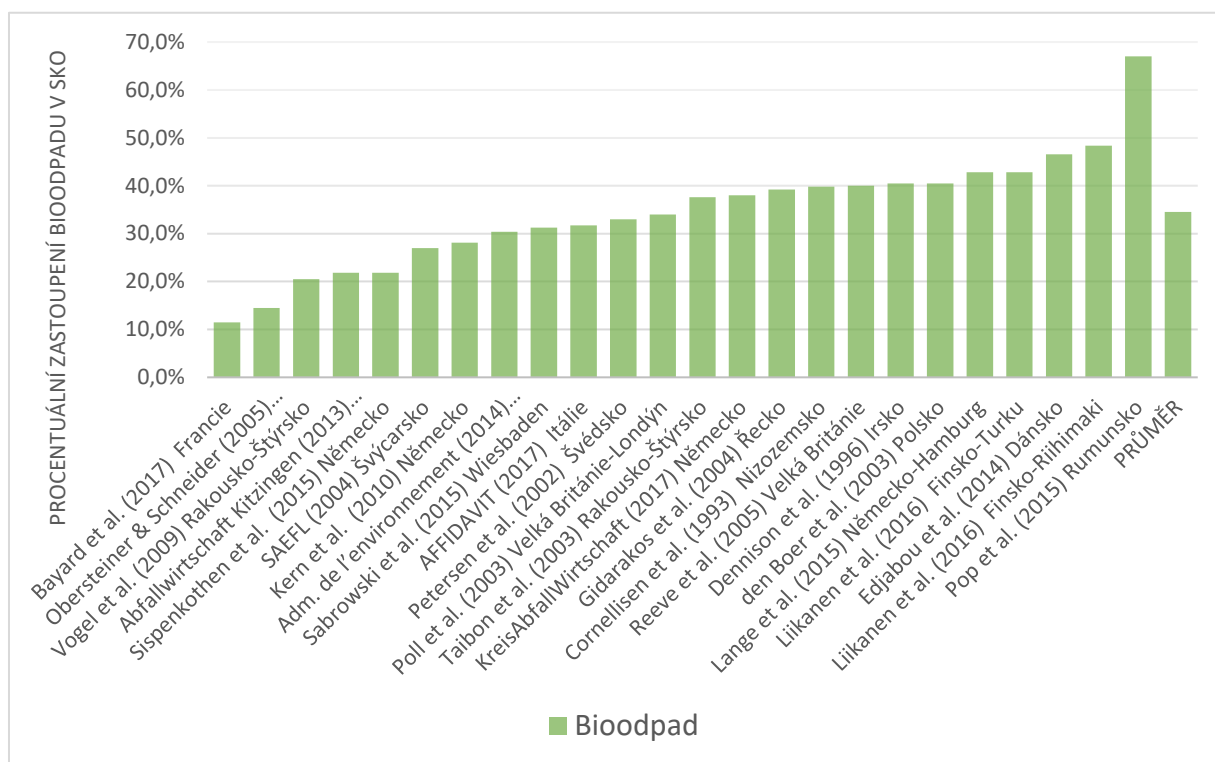
|  |    |
|--|----|
| TABULKA 1 SLOŽKY KO .....  | 12 |
| TABULKA 2 SOUHRN STUDIÍ .....  | 18 |
| TABULKA 3 STUDIE A METODIKY VYUŽÍVAJÍCÍ DOTAZNÍK/STATISTICKÉ ŠETŘENÍ ..... | 22 |
| TABULKA 4 STUDIE A METODIKY VYUŽÍVAJÍCÍ SBĚR U PRIMÁRNÍHO ZDROJE .....     | 22 |
| TABULKA 5 STUDIE A METODIKY VYUŽÍVAJÍCÍ SBĚR ZE SBĚROVÝCH NÁDOB .....      | 24 |
| TABULKA 6 STUDIE A METODIKY VYUŽÍVAJÍCÍ SBĚR ZE SVOZOVÝCH VOZŮ .....       | 25 |
| TABULKA 7 STUDIE A METODIKY VYUŽÍVAJÍCÍ SBĚR NA SKLÁDCE .....              | 25 |
| TABULKA 8 NEJČASTĚJŠÍ TRÍDĚNÉ FRAKCE SKO .....                             | 28 |
| TABULKA 9 POČET TRÍDĚNÝCH FRAKČÍ, ÚROVEŇ A VYUŽÍVANÝ PRINCIP TRÍDĚNÍ ..... | 29 |

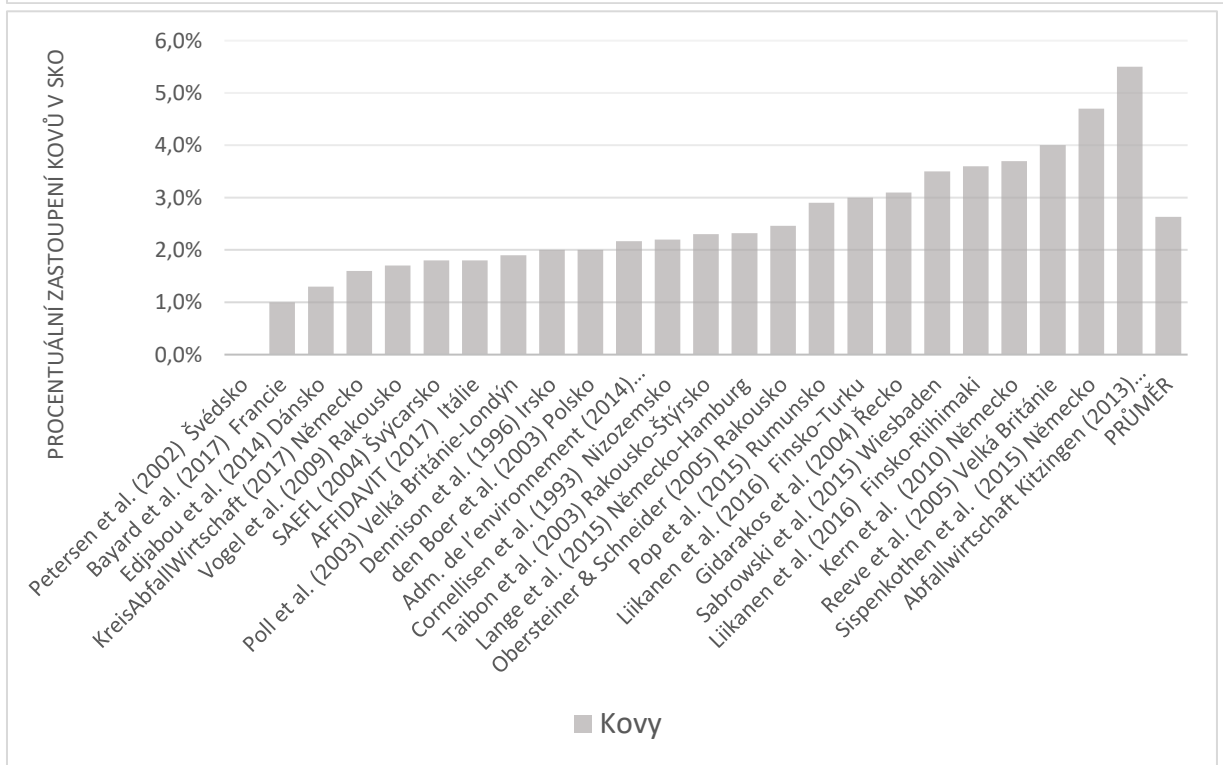
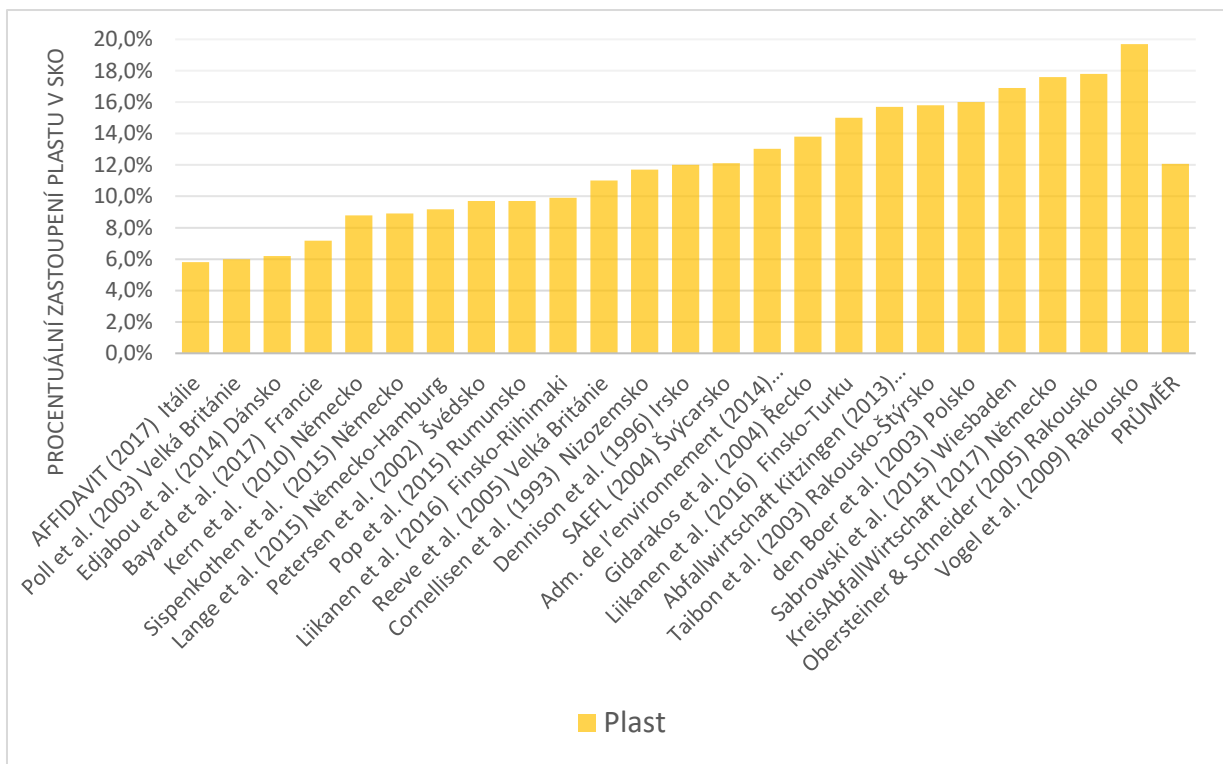
## SEZNAM PŘÍLOH

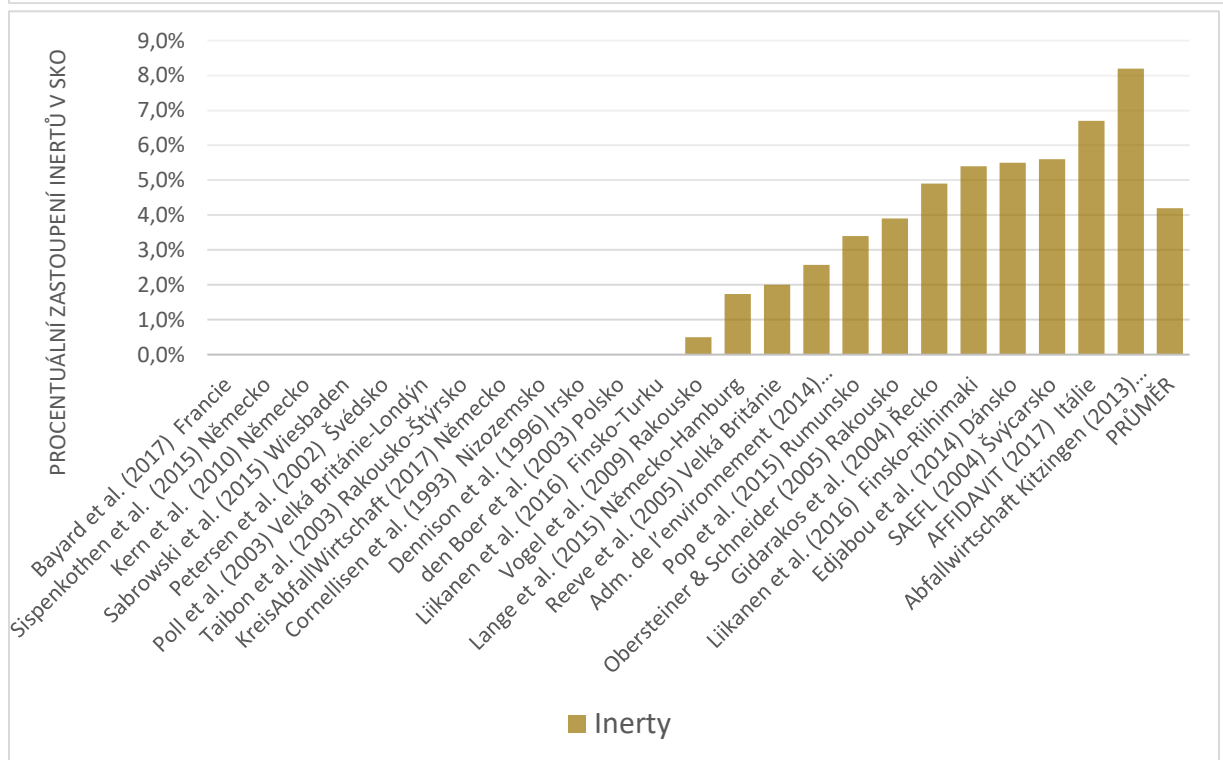
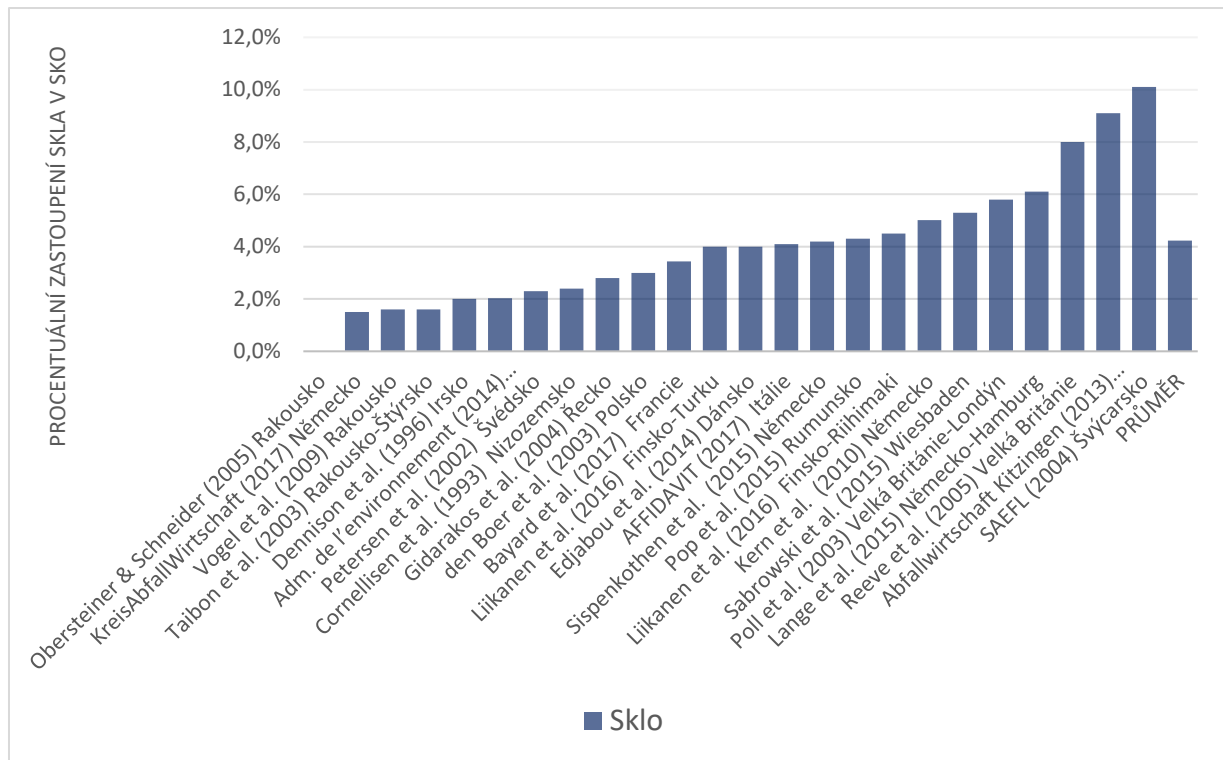
|   |                               |
|---|-------------------------------|
| Příloha 1: Detailní vyhodnocení jednotlivých frakcí | Papírová příloha              |
| Příloha 2: Data ze světových studií                 | DP_Novák_161486_Příloha_2.xls |
| Příloha 3: Data získaná z POH měst ČR               | DP_Novák_161486_Příloha_3.xls |

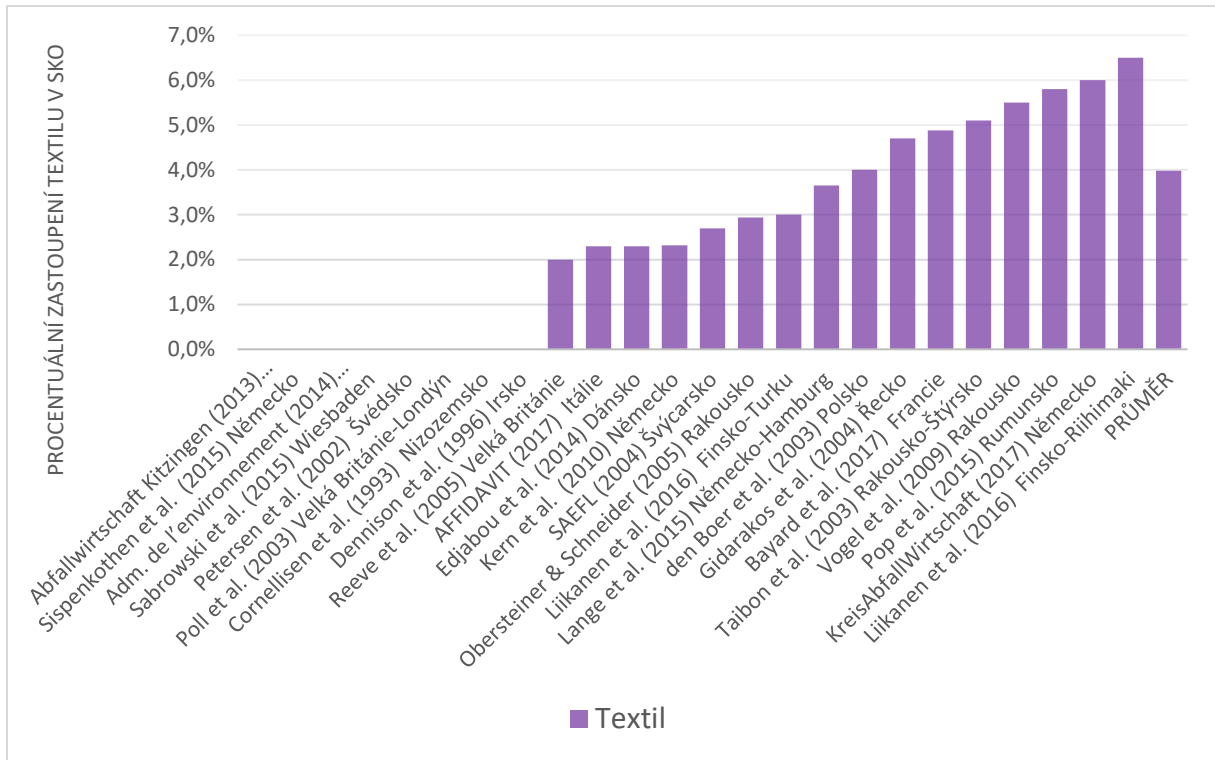
# PŘÍLOHA 1

## Výsledky pro jednotlivé frakce – Evropa

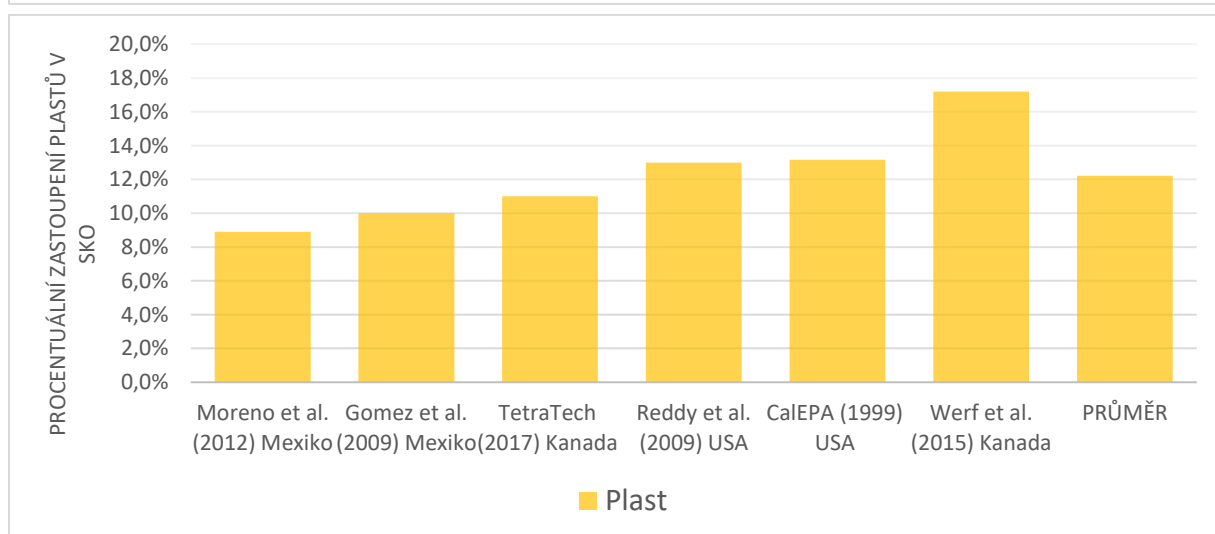
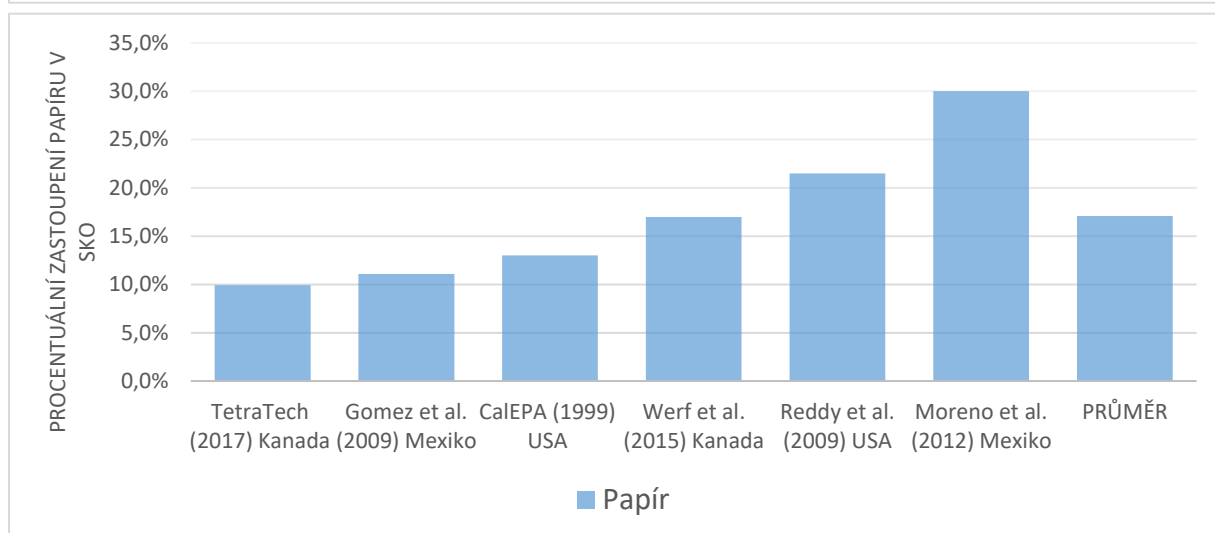
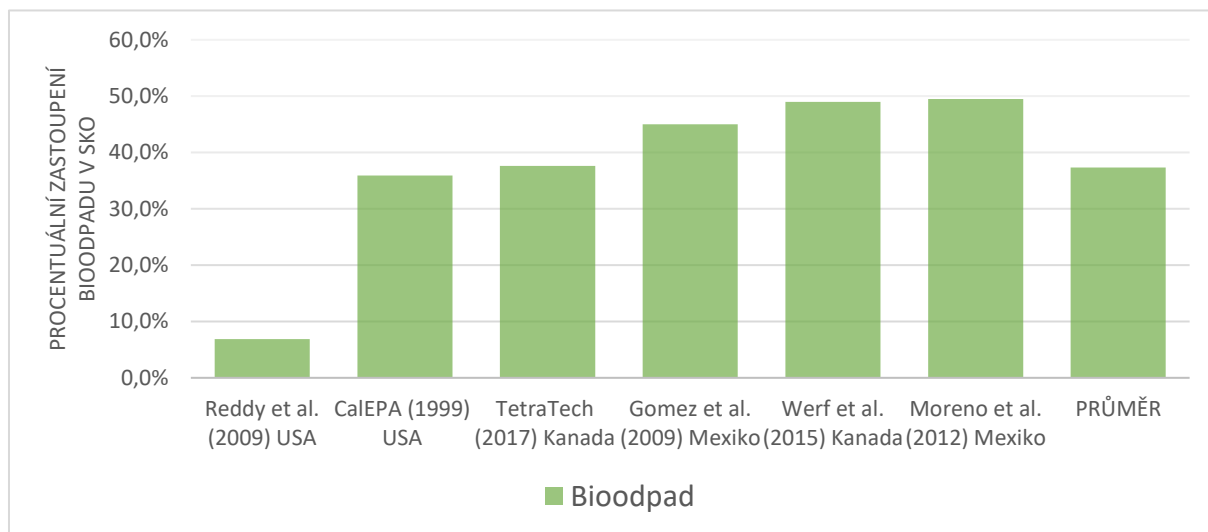


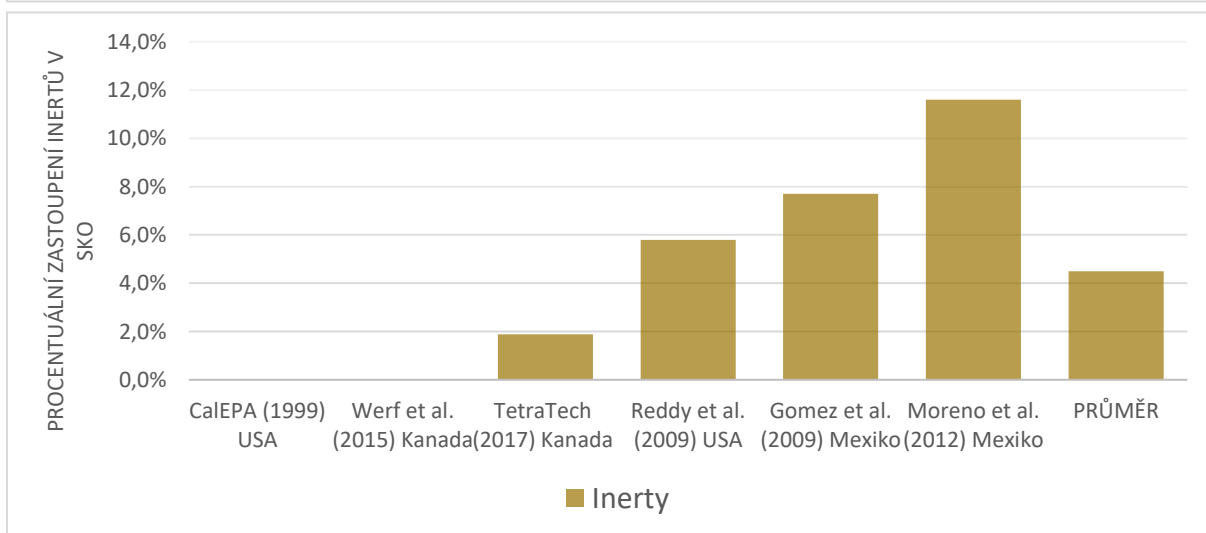
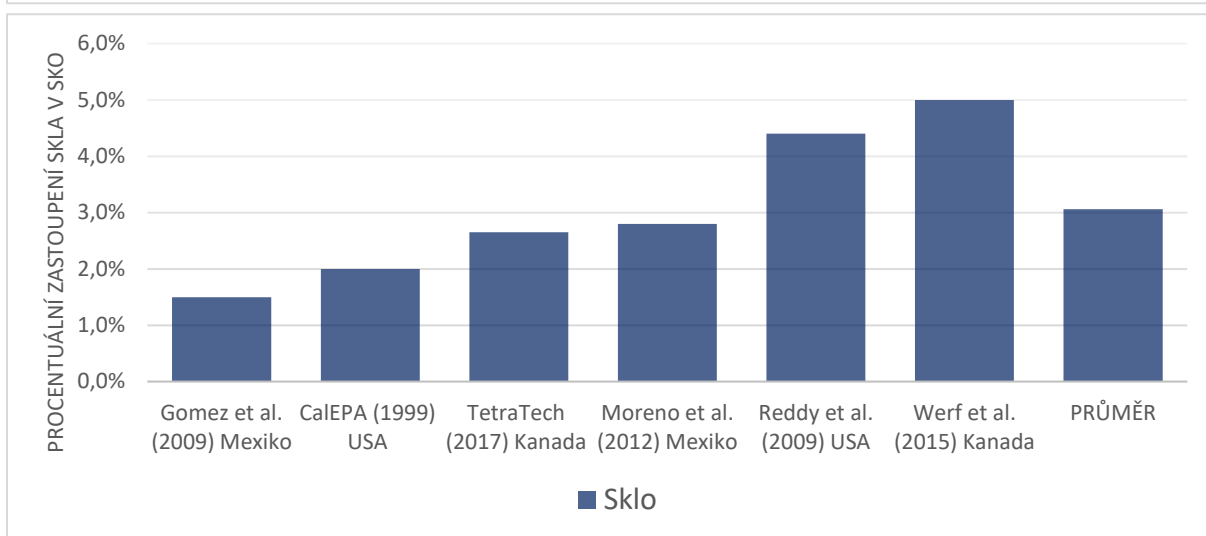
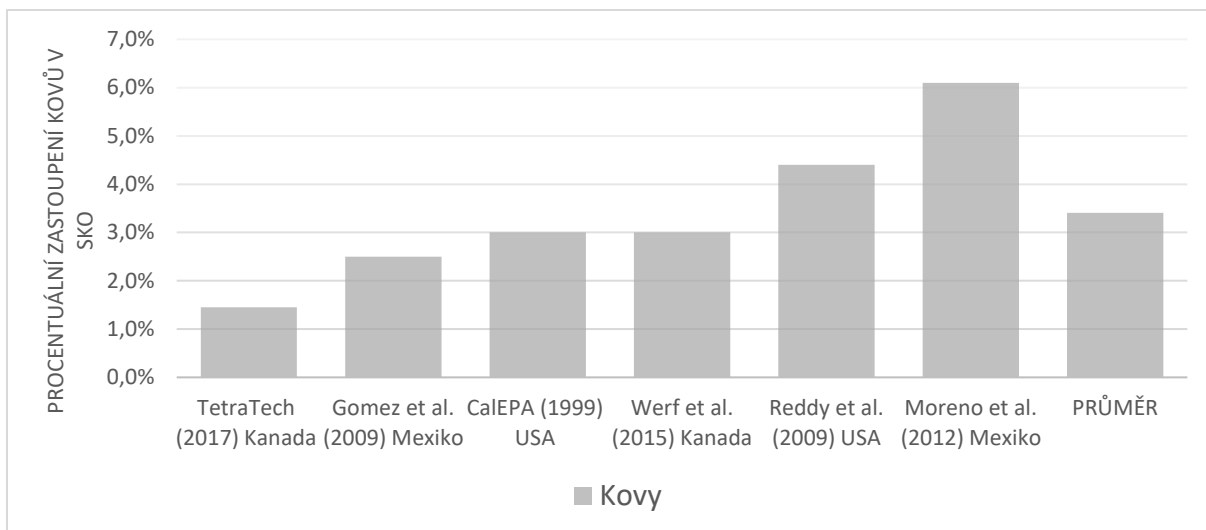


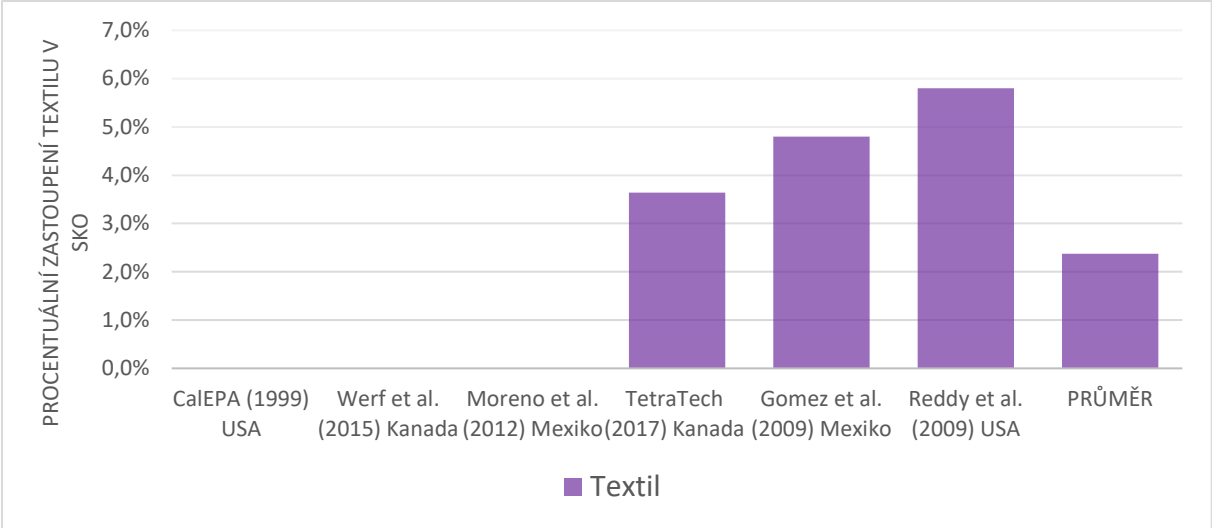




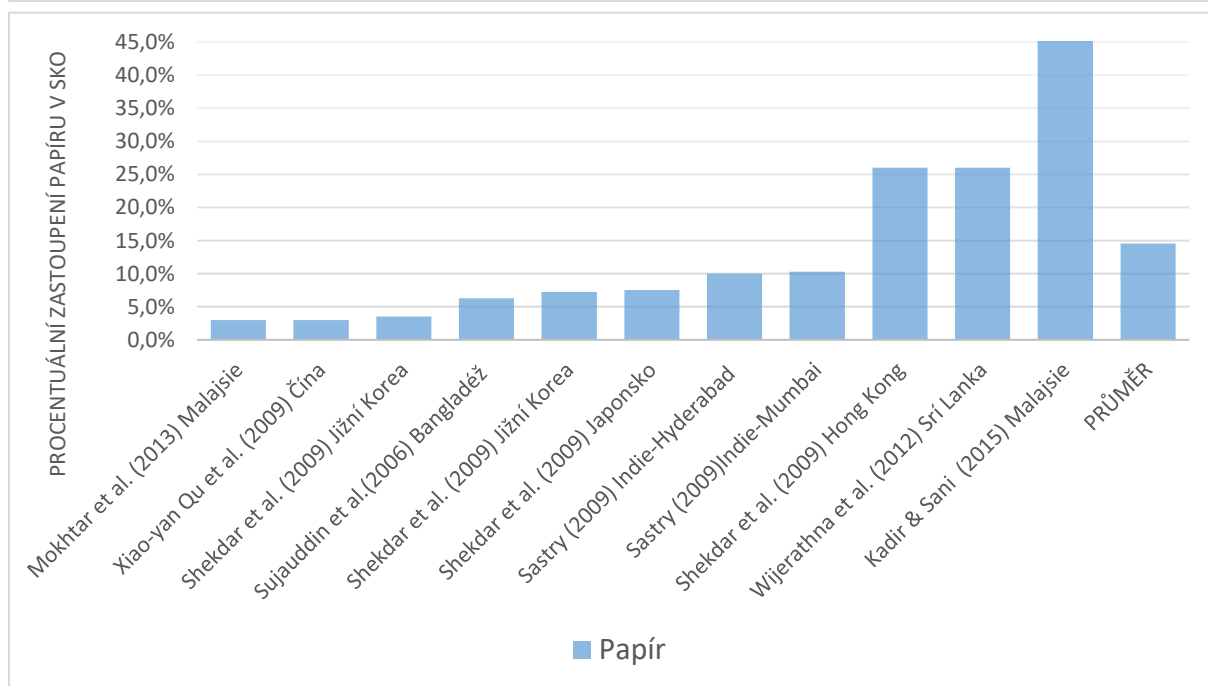
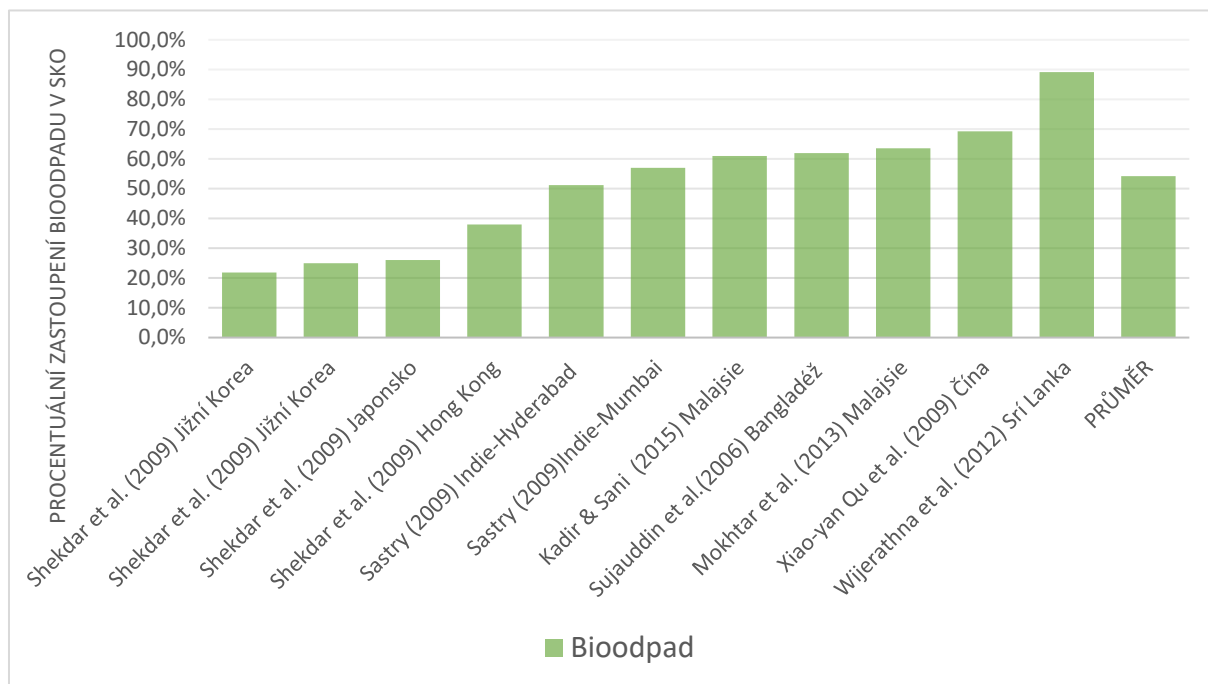
## Výsledky pro jednotlivé frakce – Amerika

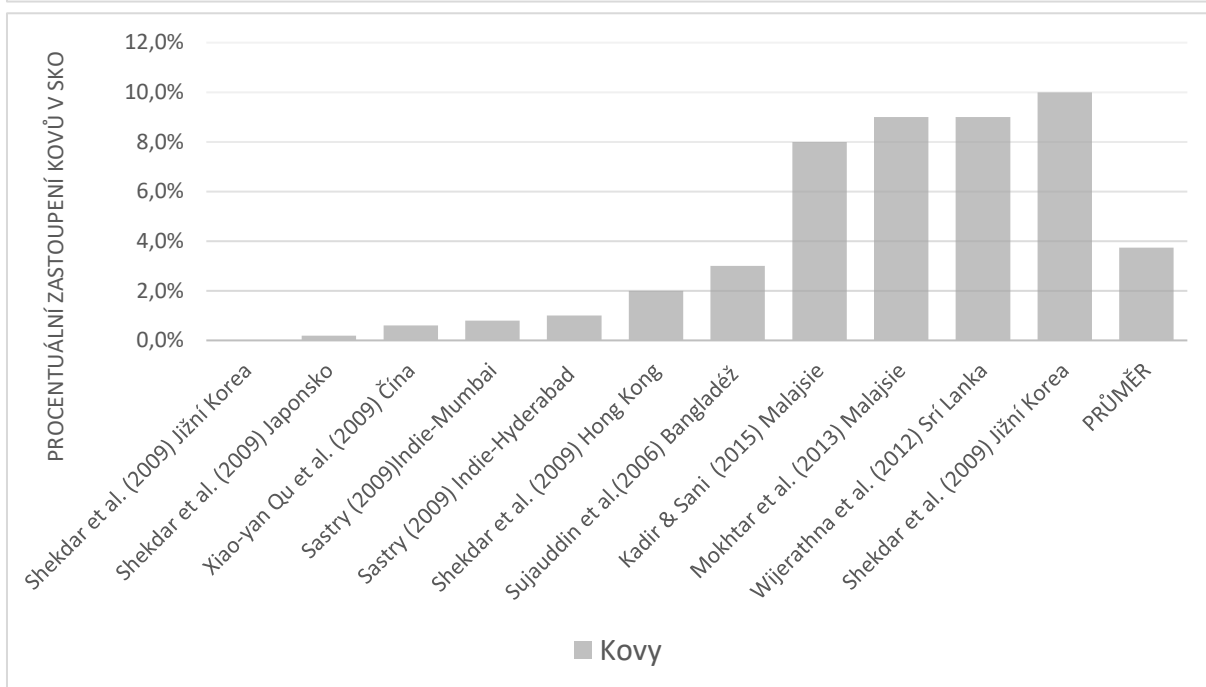
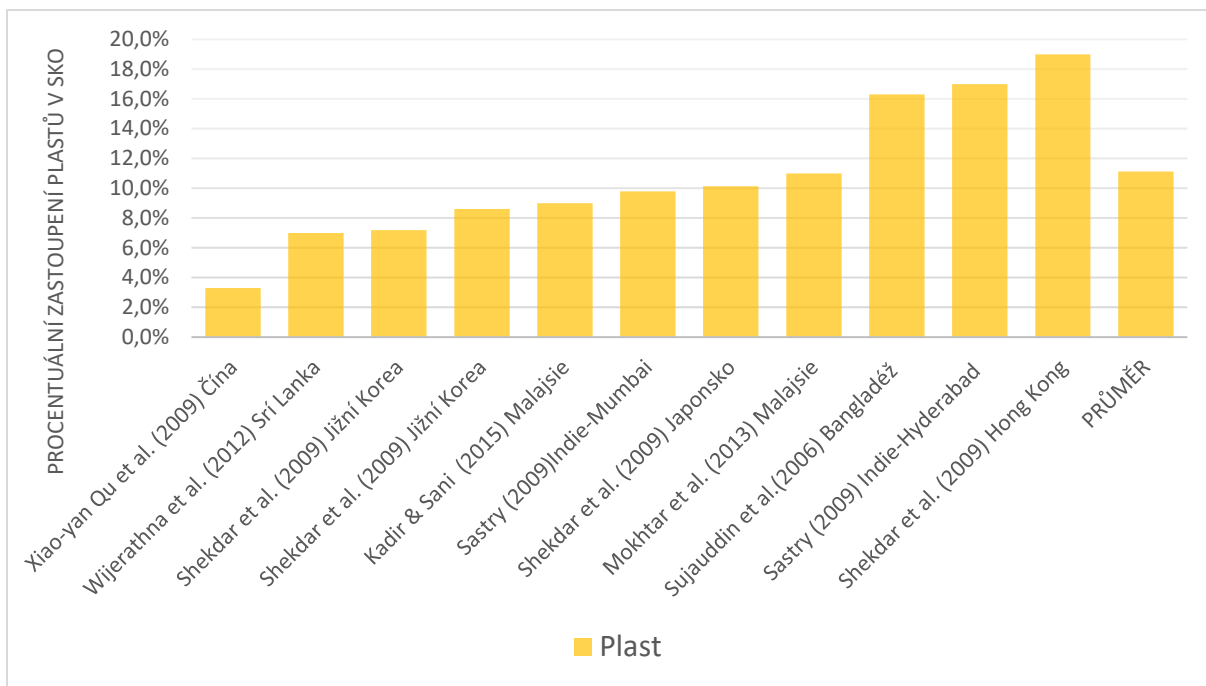


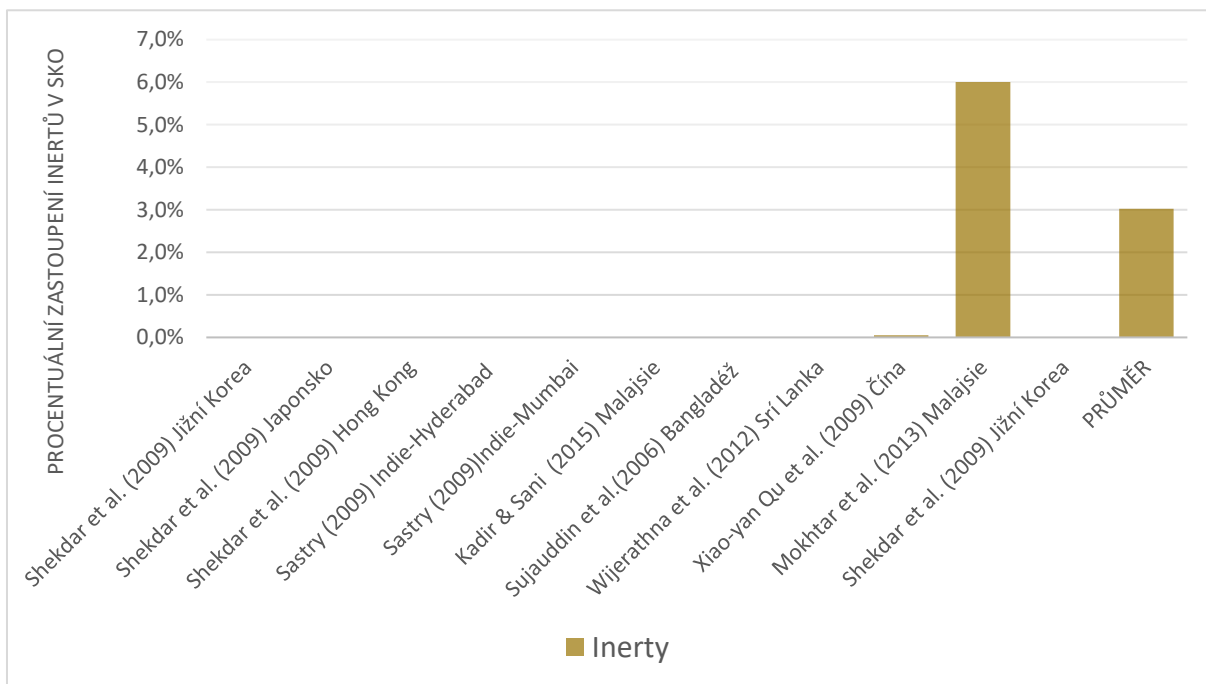
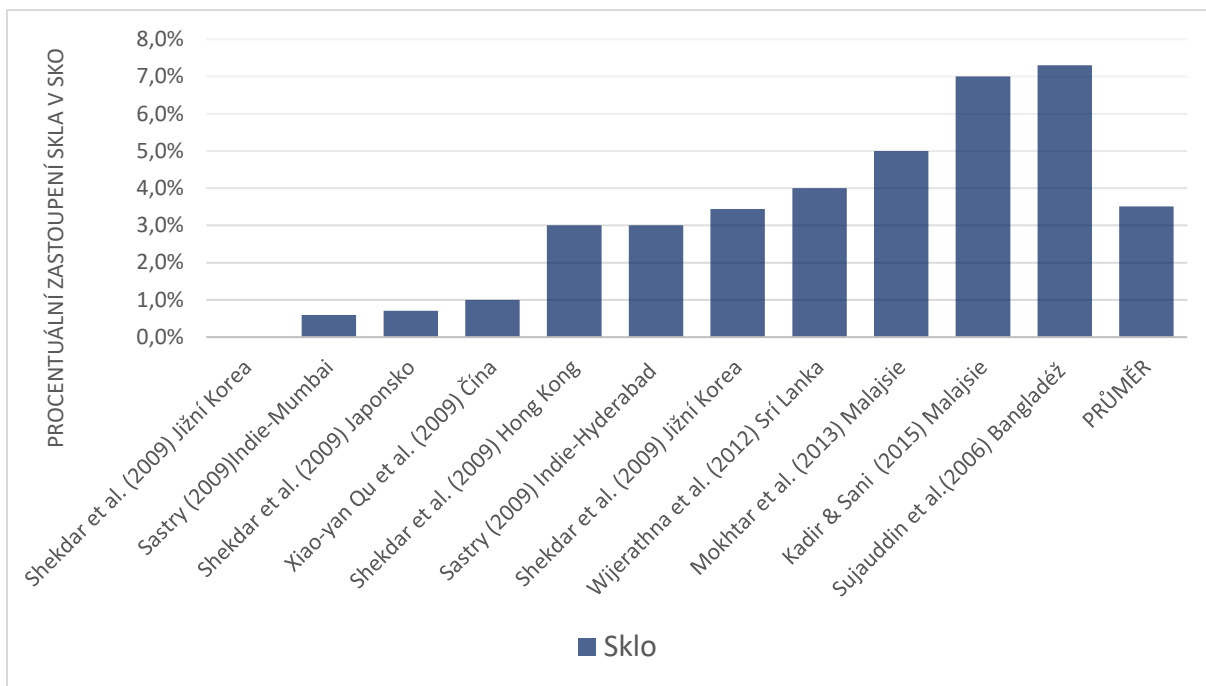


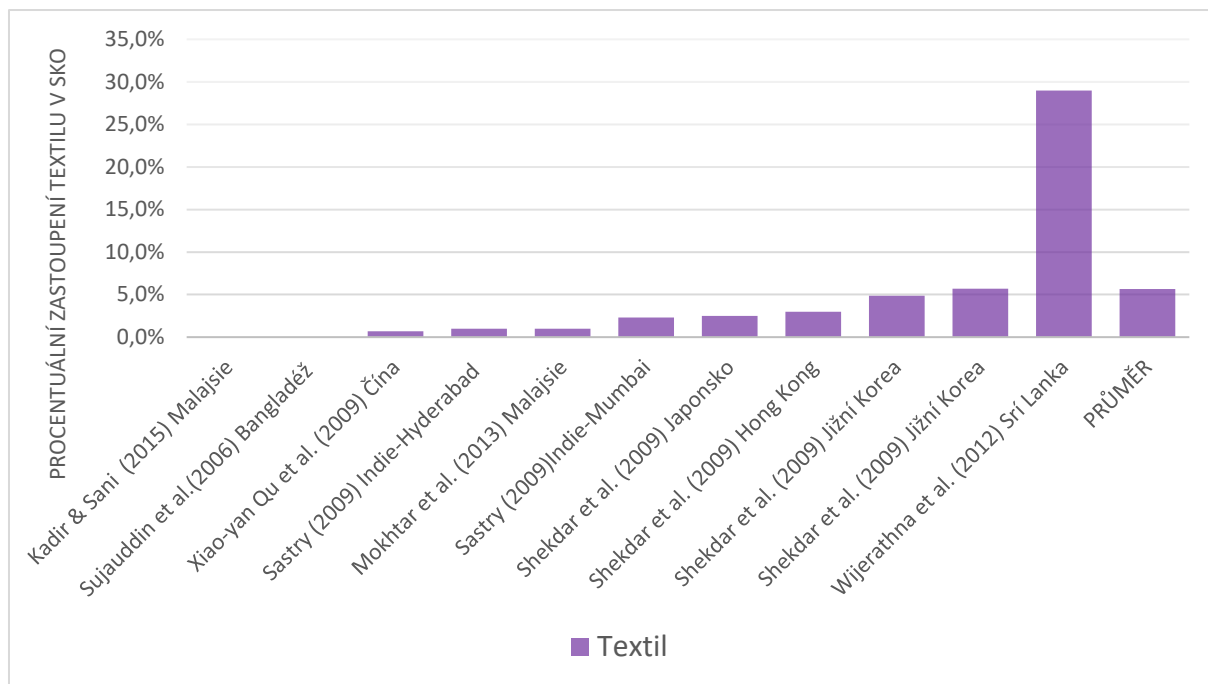


## Výsledky pro jednotlivé frakce – Asie









## Výsledky pro jednotlivé frakce – Afrika

