

**Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta**

**Ústav pro životní prostředí**

Studijní program: Environmentální vědy



**Mgr. Markéta Dvořáková**

**CHARAKTERISTIKA KOMUNÁLNÍHO ODPADU**

**CHARACTERISTICS OF MUNICIPAL SOLID WASTE**

Disertační práce

Školitel: Ing. Libuše Benešová, CSc.

Praha, 2015

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 25. 6. 2015

Markéta Dvořáková

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala především Ing. Libuši Benešové, CSc. za vedení disertační práce, dále Ing. Bohumilu Černíkovi, Ph.D. a RNDr. Martinu Pivokonskému, Ph.D. za poskytnutí cenných rad a připomínek využitých v práci a také všem, kteří se podíleli na rozborech odpadů.

Svým blízkým děkuji za trpělivost a podporu při psaní práce.

## Obsah

ABSTRAKT .....	7
ABSTRACT .....	8
1. Úvod .....	9
1.1 Výzkumné otázky a stanovení cílů práce .....	9
2 Literární rešerše .....	11
2.1 Vymezení pojmů .....	11
2.2 Historie zjišťování vlastností KO a nakládání s nimi .....	13
2.3 Vlastnosti komunálních odpadů .....	17
2.3.1 Množství KO .....	20
2.3.2 Skladba KO a SKO .....	22
2.3.3 Fyzikálně-chemické vlastnosti SKO .....	26
2.3.4 Nakládání s komunálním odpadem .....	30
3 Metodika .....	32
3.1 Základy použité metodiky .....	32
3.2 Popis metodiky .....	33
4 Výsledky .....	40
4.1 Množství SKO a KO .....	40
4.2 Sladba SKO a KO a granulometrie .....	43
4.3 Fyzikálně chemická analýza .....	51
4.3.1 Vlhkost a výhřevnost SKO .....	51
4.3.2 Obsah těžkých kovů a organických sloučenin .....	54
5 Statistické srovnání dat ze sídlištní, smíšené a venkovské zástavby .....	60
5.1 Skladba SKO .....	60
5.2 Fyzikálně-chemické ukazatele .....	66

6 Diskuze .....	73
6.1 Množství a skladba KO a SKO .....	73
6.2 Fyzikálně - chemické ukazatele SKO.....	82
6.3 Posouzení vhodnosti SKO pro spalování .....	86
6.4 Posouzení vhodnosti využití SKO pro biologické zpracování.....	88
6.5 Potenciál materiálového využití KO a SKO.....	92
7 Závěr.....	97
8. Použitá literatura.....	100
Seznam tabulek.....	107
Seznam grafů .....	109
Seznam obrázků.....	111

**Seznam zkratk použitých v práci**

AOS EKO-KOM	autorizovaná obalová společnost EKO-KOM, a.s.
BREF	referenční dokumenty nejlepších dostupných technik (Best Available Technique Reference Documents)
BRO	biologicky rozložitelný odpad
CENIA	CENIA, česká informační agentura životního prostředí
CZ-NACE	česká verze standardní klasifikace ekonomických činností Evropské unie
ČSÚ	Český statistický úřad
DO	domovní odpad
IPPC	Integrovaná prevence a omezování znečišťování (Integrated Pollution Prevention and Control)
KO	komunální odpad
KZT	Klub zeleného telefonu
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
SKO	směsný komunální odpad
VS	využitelné složky komunálního odpadu (papír, plasty, sklo, kovy)
VÚMH	Výzkumný ústav místního hospodářství
ŽO	živnostenský odpad

## **ABSTRAKT**

Základním předpokladem pro vytváření optimální infrastruktury odpadového hospodářství v obcích jsou aktuální informace o měrném množství a zejména složení komunálních odpadů (KO). Pro výběr vhodného způsobu nakládání ze směsným komunálním odpadem (SKO) je dále nutná znalost základních fyzikálně-chemických parametrů tohoto druhu odpadu. Vzhledem k povinnostem ČR vyplývajícím z legislativních opatření Evropské Unie jsou výše uvedené znalosti potřebné také na úrovni ČR při plánování národní strategie odpadového hospodářství Ministerstvem životního prostředí.

Tato disertační práce se zabývá studiem vlastností KO (především SKO) ve třech základních typech obytné zástavby (sídlíštní, smíšená, venkovská) lišících se způsobem vytápění a možnostmi nakládat s odpady. Vlastní experimentální práce probíhaly v letech 2008 a 2009. Při analýzách bylo postupováno dle metodiky založené na síťové analýze SKO do předem určených zrnitostních frakcí a ručním dotříd'ování do látkových skupin. Fyzikálně-chemické vlastnosti byly zjišťovány laboratorními analýzami dle platných norem.

Složení SKO ze zástavby sídlíštní a smíšené je podobné. Naopak SKO ze zástavby venkovské obsahuje především vyšší podíl jemné frakce (částice menší než 8 mm), která je tvořena hlavně popelem pocházejícím ze spalování fosilních paliv v domácích topeništích. Nejvíce je v SKO ze sídlíštní a smíšené zástavby zastoupen bioodpad (21 - 25 %), dále pak papír (16 - 19 %), plasty (14 - 15 %) a spalitelný odpad (14 %). Ve venkovské zástavbě tvoří nejvyšší podíl SKO jemná frakce (34 %) a bioodpad (13 %). Výhřevnost a vlhkost SKO ze sídlíštní a smíšené zástavby (10,5 MJ/kg resp. 30 %) je vyšší než u SKO ze zástavby venkovské (6,5 MJ/kg resp. 24 %). Chemické ukazatele se také liší, především obsah prvků Tl, As, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn a S je vyšší v SKO z venkovské zástavby.

Vzhledem k nízké výhřevnosti a vysokému obsahu výše uvedených kovů v SKO z venkovské zástavby je vhodný k energetickému využití spalováním pouze SKO ze zástavby sídlíštní a smíšené (cca 77 % SKO produkovaného v ČR). Pro biologické zpracování podsítných frakcí není vhodný SKO ze žádného typu zástavby, jelikož nesplňuje legislativní požadavky stanovené pro výstupy ze zařízení pro biologické zpracování. Přibližný potenciál materiálového využití recyklovatelných KO v ČR je asi 41 % celkové produkce KO, se započtení bioodpadu pak asi 57 %.

## **ABSTRACT**

Objective knowledge about quantity, composition and physicochemical characteristics of municipal solid waste (MSW) in the Czech Republic will form the basis for decision-making when considering processing facilities or regional waste management systems. As the country continues to streamline its legislation to the European Union's solid waste mandates, the results of these studies were employed by the Czech Ministry of Environment to optimise the national waste management strategy.

This doctoral thesis focuses on the composition of MSW, primarily the mixed MSW from three types of households in the Czech Republic (urban, mixed and rural) differentiated by their heating methods and possibility of waste disposal. The respective experimental work and data-collection took place in years 2008 and 2009. Methodology used in the analyses is based on the sieve analysis of mixed MSW within predetermined grain size fraction and on the final manual sorting of the waste by material categories. The physicochemical characteristics were measured according to the standard analysis methods.

The composition of mixed MSW in urban and mixed households are similar. Some of the biggest differences were found in the quantities of certain subsample categories, especially fine fraction (matter smaller than 8 mm), between urban and mixed households with central heating and rural households that primarily employ solid fuels. The use of these solid fuels increases the fraction of the finer categories because of the higher presence of ash. The major part of the MSW in central and mixed households consists of biowaste (21 - 25 %), paper (16 - 19 %), plastics (14 - 15 %) and combustible waste (14 %) and in rural households by fine fraction (34 %) and biowaste (13 %). Heating values and moisture of the mixed MSW from central and mixed households (cca 10.5 MJ/kg resp. 30 %) are higher than in rural households (cca 6.5 MJ/kg resp. 24 %). The chemical parameters also varied significantly, especially in the quantities of Tl, As, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and S, which were higher in rural households.

Only mixed MSW in urban and mixed households (approx. 77 % of mixed MSW produced in the CR) is suitable for energy recovery by incineration because the mixed MSW in rural households has too low heating value and high concentration of the chemical parameters mentioned above. For biological treatment of fine fractions is not suitable the mixed MSW from any type of households since it does not meet the legislative requirements for the outputs of the devices for biological treatment. Potential of material recovery of MSW in the CR is about 41 % of the produced MSW, with biowaste it is about 57%.

## **1. Úvod**

Základním předpokladem pro vytváření optimální infrastruktury odpadového hospodářství v obcích jsou aktuální informace o měrném množství a zejména složení komunálních odpadů v základních typech obytné zástavby. Zjištění potřebných údajů o skladbě komunálních odpadů je pracné a vyžaduje dlouhodobé sledování. Proto také systematická sledování těchto charakteristik se provádí jen v některých regionech ČR a v delších časových cyklech. Poslední systematická sledování skladby financovaná z veřejných zdrojů byla prováděna v rámci výzkumného projektu MŽP VaV 720/2/00 v letech 2001 – 2002 a i když standardy vytvořené z výsledků prováděných analýz jsou stále v praxi užívány, jejich aktuálnost je již problematická. Cílem výzkumného projektu MŽP SP2f1-132-08, v jehož rámci byla zpracována tato disertační práce, byla tedy aktualizace informací o základních vlastnostech komunálního odpadu v podmínkách ČR a shromáždění a poskytnutí odborné veřejnosti, investorům, analytikům i projektantům informace, které jsou potřebné při vytváření integrovaných systémů nakládání s komunálními odpady. Informace budou m.j. také využity pro aktualizaci některých nástrojů uplatňovaných v této oblasti odpadového hospodářství např. v soustavě indikátorů Plánu odpadového hospodářství ČR.

### ***1.1 Výzkumné otázky a stanovení cílů práce***

#### *Výzkumné otázky*

Jaká je skladba komunálního odpadu (dále KO) ve třech základních typech zástavby, a to v zástavbě sídlištní, smíšené a venkovské, lišící se mezi sebou především způsobem vytápění a možnostech jak nakládat s domovním odpadem?

Jaké jsou další fyzikální a chemické vlastnosti (výhřevnost, spalitelné látky, vlhkost, obsah těžkých kovů, u frakcí pod 40 mm dále pak obsah PCB, obsah fluoridů, chloridů, síry, dusíku) směsných komunálních odpadů (dále SKO) ve výše uvedených třech typech zástavby?

Jaké je měrné množství KO ve výše uvedených třech typech zástavby?

Jak vysoký je potenciál materiálového a energetického využití SKO v ČR?

Stanovení cílů práce

1. Stanovit skladbu SKO ve třech typech zástavby metodou sítové analýzy - v každém typu zástavby vždy jednou za měsíc po dobu jednoho roku provést rozbory SKO ze svozové oblasti s cca 2000 obyvateli. Pomocí skladby SKO a množství vytříděných využitelných složek KO stanovit skladbu KO.
2. V rámci prováděných analýz stanovit u sedmi vytříděných skupin analyzovaného odpadu (papír, biologický odpad, textil, spalitelný odpad, frakce 20-40 mm, frakce 8-20 mm a frakce pod 8 mm) vybrané fyzikální a chemické vlastnosti (vlhkost, výhřevnost, Cl, F, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, PCB, S, Fe, Mn, Tl, N).
3. Stanovit měrné množství produkovaných SKO ve třech typech zástavby výpočtem dle počtu obyvatel ve sledovaných svozových oblastech a množství svezeneho SKO (tj. velikost hlavního vzorku k síťovým analýzám). Pomocí měrného množství SKO a měrného množství vytříděných využitelných složek KO stanovit měrné množství KO.
4. Pomocí dat z bodů 1-3 a dat ČSÚ o množství obyvatel v uvedených typech zástavby odhadnout potenciál materiálového a energetického využití KO v ČR.

## 2 Literární rešerše

### 2.1 Vymezení pojmů

a) **Komunální odpad (KO)**- V souladu se zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, je pojem komunální odpad § 4 b) vymezen takto: Komunální odpad je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.

Z hlediska evidence odpadů je pojem komunální odpad chápán v rozšířené podobě jako odpad skupiny 20 Katalogu odpadů (vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb.) takto:

20 00 00 „Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů), včetně složek odděleného sběru“.

b) **Domovní odpad – komunální odpad z domácností (DO)**- Za domovní odpad se považuje odpad z domácností a další odpad z nevýrobních činností fyzických osob na území obce. Domovní odpad je součástí komunálního odpadu a je to ta část, která vzniká na území obce a má původ v činnosti fyzických osob jako nepodnikatelských subjektů. Pojem domovní odpad není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

c) **Živnostenský odpad (ŽO)** – odpad podobný komunálnímu pocházející od živnostníků a institucí na území obce, kteří jsou zapojeny do systému sběru a shromažďování odpadu provozovaném obcí. Pojem živnostenský odpad není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

d) **Objemný odpad (OO)** - Objemný komunální odpad je domovním odpadem (respektive odpadem z domácností), který vzhledem ke svým rozměrům nebo hmotnosti nelze odkládat do běžných sběrných nádob (80-1100 dm<sup>3</sup>). Např. nábytek, koberce, sanitární keramika, objemné lepenkové, skleněné, plastové a kovové obaly apod. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

e) **Biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO)**- Biologicky rozložitelný komunální odpad tvoří odpady, které jsou schopny anaerobního nebo aerobního rozkladu (např. potraviny, odpad ze zeleně, papír). Ve vztahu ke komunálnímu odpadu se jedná především o odpady z údržby sadů, parků a lesoparků, sídlištní a uliční zeleně, ale i travnatých hřišť a odpady ze hřbitovů ve vlastnictví případně ve správě měst a ze zahrad ve vlastnictví fyzických osob (občanů). Patří sem také vytríděné

biologicky rozložitelné odpady z kuchyní a stravoven a z domácností, ale i odpady papíru, dřeva a přírodních textilií a z nich zhotovených oděvů. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

- f) Původce odpadů** - Původcem odpadů je právnická osoba nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, při jejíž činnosti vznikají odpady, nebo právnická osoba nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, které provádějí úpravu odpadů nebo jiné činnosti, jejichž výsledkem je změna povahy nebo složení těchto odpadů a dále obec od okamžiku, kdy nepodnikající fyzická osoba odpad odloží na místě k tomu určeném; obec se současně stane vlastníkem tohoto odpadu. Zákon o odpadech § 4 odst. 1 písm. x).
- g) Využitelné složky KO** - Využitelné složky komunálního odpadu jsou druhy odpadů získané odděleným sběrem a které lze po úpravě nebo přímo využít většinou jako druhotnou surovinu. Využitelnou složkou komunálního odpadu jsou zejména: odděleně sebraný papír, sklo, plasty, železné a neželezné kovy a jejich slitiny, textil, biologický odpad. Odděleně sebrané využitelné složky jsou v Katalogu odpadů vedeny v podskupinách 20 01, 20 02 a 15 01.
- h) Nebezpečné složky KO** - Nebezpečné složky komunálního odpadu jsou druhy odpadů získané odděleným sběrem a označené v Katalogu odpadů jako nebezpečný odpad. Nebezpečný odpad (§ 4 a) zákona o odpadech) je odpad, uvedený v Seznamu nebezpečných odpadů (vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb.) a odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 k zákonu o odpadech. Nebezpečné složky komunálního odpadu jsou v Katalogu odpadů vedeny ve skupině 20 01 (označené \*) bez rozlišení zda se jedná o komunální respektive domovní odpad nebo jemu podobný (živnostenský) odpad.
- i) Směsný komunální odpad** - Směsný komunální odpad je zbytkovým komunálním odpadem, který zůstane po realizaci třídění využitelných složek, nebezpečných složek a bioodpadů. Někdy také je nazýván „zbytkovým“ odpadem. Směsný odpad je v Katalogu odpadů veden pod druhovým označením 20 03 01 jako „směsný komunální odpad“ bez rozlišení zda se jedná o komunální respektive domovní odpad nebo jemu podobný (živnostenský) odpad.

Pro účely této práce (myšleno vlastní výzkumné činnosti a interpretace výsledků) je komunální odpad (KO) chápán jako domovní odpad a odpad od drobných živnostníků a

institucí, tj. běžný svoz a odděleně sbírané složky, které dohromady tvořily v letech 2008 až 2012 cca 85% celkového množství KO (*Internet 1*). Zbytek je pak tvořen objemným odpadem a odpadem z komunálních služeb.

## **2.2 Historie zjišťování vlastností KO a nakládání s nimi**

Odpadové hospodářství je staré jako lidstvo samo. Každá společnost, ať už v pravěku či novověku, se musela vypořádat se svými každodenními odpady a způsoby jejich odstraňování, popř. využívání závisely na způsobu života, vyspělosti společnosti, a také na jejich složení. Zjišťování skladby odpadu za cílem optimalizace nakládání s odpady je sice velmi mladá myšlenka, avšak snaha o zlepšení způsobu nakládání s odpadem, především z hygienických důvodů, je běžnou součástí lidských dějin. O složení odpadu z dřívějších období se dozvídáme spíše z archeologických výzkumů, první zmínka o cíleném zjišťování skladby se objevuje až v 19. století.

V pravěku tvořily odpad především zbytky z lovu, sběračství a přípravy jídla a díky nízké početnosti lidské populace nevznikaly žádné problémy se znečištěním vody či půdy. Když se odpady nahromadily, lidé se jednoduše přestěhovali na jiné místo a odpady se přirozeným procesem rozložily. Po obydlení jeskyní byly odpady odhazovány do jam u vchodu a po zaplnění se jejich obyvatelé odstěhovali na jiné místo. Okolo roku 9000 př. n. l. přišel počátek budování trvalých osad a tím také začaly problémy s odpady díky zvyšování jejich množství a hromadění (Pichtel, 2005).

V průběhu 9. – 8. tis. př. n. l. musela být z důvodu rostoucího počtu lidí, a tím i množství odpadů, v Mezopotámii a Egyptě stanovena pravidla ukládání odpadu, a to do takových míst, aby obydlí byla z dosahu divokých zvířat, hmyzu a zápachu vyskytujících se u skládek (Bilitewski, 1997). Naproti tomu ve starověké Tróji se některé odpady, především zbytky jídla, odhazovaly na zem nebo na ulici. Když se zápach stal nesnesitelným, podlaha byla překryta vrstvou čisté půdy či jílu. V ulicích organický materiál sežrala prasata, psi, ptáci a krysy (Krech, 2004). V egyptském městě Heracleopolis (2100 př. n. l.) byly odpady sbírány pouze ze čtvrtí bohatých, ale stejně skončily v Nilu (Krech, 2004; Melosi, 1981). U Mínojské civilizace (3. – 1. tis. př. n. l.) se objevuje náznak řízeného skládkování - vrstva odpadů ve velkých jámách se vždy překryla vrstvou půdy (Wilson, 1977) - a také efektivní kompostování v jámách (Kelly, 1973).

V průběhu 5. století př. n. l. řecké obce zakládaly první komunální skládky v západním světě, které nesměly být blíže než 1,5 km od hranic měst. Odpady v té době byly tvořeny především zbytky jídla, střepy a také těly nechtěných dětí (s malformacemi či nemanželských), (Kelly 1973). Ve starověkém Římě byl jako první zřízen organizovaný sběr odpadu (Vesilind, 2002), který byl nakládán do vozů tažených koňmi, odvezen za město a skládkován v otevřených jámách nebo vyhazován do Tibery. Přesto bylo časté, především v chudších čtvrtích, vyhazování odpadků do ulic (Conolly, 1998). Problémy s odpady byly jedním z původců morových epidemií v 1. století př. n. l. až 1. století n. l. (Pitchel, 1995). Populace v Římě vzrostla na 1,25 mil a situace s odpady se stala neudržitelná. Někteří historici tvrdí, že zvyšující se intenzita zápachu z odpadů donutila vrstvu aristokratů se přestěhovat do hor podél mořského pobřeží a tato decentralizace moci mohla urychlit úpadek říše (Alexander, 1993). Navíc rostoucí valy za branami města tvořené odpady oslabily jeho schopnost obrany (Vesilind, 2002).

S pádem říše římské a začátkem středověku vymizelo i organizované nakládání s odpady, vše včetně lidských fekálií bylo vyhazováno přímo z oken do ulic (Kelly, 1973). Jelikož během zimy nebyli farmáři schopni uživit všechna svá zvířata, velkou část jich na podzim porazili a konzervovali uzením či nasolením. Přesto se spousta masa zkazilo a následně tvořilo významnou část odpadu středověkých evropských měst (Alexander, 1993). V roce 1354 bylo v Londýně vydáno nařízení o týdenním odstraňování nahromaděných odpadů z ulic a odvozu za město (Wilson, 1977). Dalším častým způsobem odstraňování bylo vyhazování do řek. V případě Temže bylo následkem urychlení morové epidemie, která vypukla v roce 1347. V roce 1388 anglický parlament zakázal vyhazování odpadů do řek, což bylo ale ilegálně provozováno až do 19. století (Wilson, 1977).

Průmyslová revoluce v letech 1750 až 1850 způsobila přesun lidí z venkova do měst, zvýšení produkce a s tím spojený obrovský nárůst množství odpadů. Ty obsahovaly především rozbité sklo, rezavé kovy, zbytky jídla a lidské exkrementy. Byly nebezpečné pro lidské zdraví a způsobovaly výskyt krys, much a dalšího hmyzu (Williams, 1998). V této době měla společnost již vyšší povědomí o souvislosti veřejného zdraví a životního prostředí a v mnoha zemích vznikla legislativa týkající se nakládání s odpadem (Williams, 1998). V polovině 19. století byla objevena spojitost mezi některými druhy bakterií a virů a jimi způsobenými nemocemi. Tato poznání podnítila rozvoj moderního skládkování (Bilitewski, 1997). Londýn se stal přísnějším ve vynucování dodržování doporučených postupů nakládání s odpady. V roce 1888 se objevují první podrobnější data o skládkbě

odpadu: asi 80 % tvořil jemný prach, popel a škvára; 13 % zelenina, ostatní biologický odpad a kosti; zbytek kovy, staré hadry, sklo a ostatní drobný odpad (Wilson, 1977). Z domovního odpadu byly vybrány využitelné složky a zbytek byl spalován v domácích ohništích či skládkován (Williams, 1998).

V USA bylo zakázáno odkládat odpad v ulicích v roce 1795 a v roce 1856 byl zaveden systém sběru odpadu, který se do roku 1930 rozšířil do všech velkých měst (McBean, 1995).

V 19. a 20. století dochází k rozvoji technologií v odpadovém hospodářství. Koncem 19. století se začíná uplatňovat především v Anglii a Německu spalování a energetické využití domovních odpadů - první spalovna byla vybudována v roce 1874 ve Velké Británii. Nejrozšířenějším způsobem odstranění domovních odpadů je však na počátku 20. století stále skládkování (Williams, 1998). V 1. polovině 20. století se začaly budovat skládky se zařízeními na omezení výluhů a emisí skládkových plynů (McBean, 1995).

První zařízení na materiálovou recyklaci bylo vybudováno v New Yorku v roce 1898 (Bilitewski, 1997). Evropa a Japonsko následovaly USA v 1. polovině 20. století (Alexander, 1993).

S rozvojem technologií v odpadovém hospodářství a evropskými legislativními opatřeními požadujícími zvýšení materiálové využití odpadu a snížení množství ukládaného bioodpadu na skládky souvisí i potřeba znalosti skladby a dalších vlastností odpadu. V současné době existuje mnoho studií zjišťujících skladbu i množství KO. Srovnání mezi zeměmi je však problematické, především díky rozdílným metodám klasifikace odpadu (Williams, 1998).

Od druhé poloviny 20. století se zjišťují fyzikální a chemické charakteristiky, především tam, kde se SKO spaluje. Mezi tyto charakteristiky patří výhřevnost, vlhkost, obsah popelovin, obsah spalitelných látek a obsah některých prvků (uhlík, vodík, kyslík, dusík a síra). Tyto analýzy jsou důležité pro návrh projektu spalovny, její provoz a odhad emisí polutantů (Williams, 1998).

V současné době také roste světová kapacita spalování odpadů. Ve světě nyní pracuje 2500 zařízení na termické zpracování odpadů v 31 zemích, z čehož je téměř 1800 v Japonsku. Tento trend odstartovala evropská směrnice o skládkování snažící se zásadně omezit množství skládkovaného odpadu (Procházka, 2008).

Dalšími používanými technologií 21. století v oblasti KO je mechanicko-biologické zpracování, rozšířené především v Německu, aerobní a anaerobní zpracování biologicky rozložitelných odpadů a dynamicky se rozvíjející recyklační technologie u využitelných složek odpadů.

V průběhu historie je vidět, že s rozvojem lidské společnosti se bohužel zvyšuje i náročnost hospodaření s odpady, které neustále mění své vlastnosti. Efektivní materiálové a energetické využití závisí z velké části na znalosti těchto vlastností a na co nejpřesnějších metodách jejich zjišťování. V současné době však neexistuje jednotná mezinárodně užívaná metodika (European Commission, 2004), dokonce i definice pojmu komunální odpad se často rozcházejí.

Dále jsou srovnány metody pocházející z Německa, Švédska, Velké Británie, Nizozemí, USA, Francie, Rakouska, Švýcarska a mezinárodních organizací jako EU nebo IEA (International Energy Agency), (Dahlen, 2008). Rozdíly v používaných metodikách lze sledovat ve všech fázích zjišťování skladby odpadu. Velikost základního vzorku je udávána jako množství svezeného odpadu, počet nebo procento domácností, ze kterých odpad pochází, nebo také objem sběrných nádob, ze kterých odpad pochází. Rozebíraný vzorek je odebírán buď pomocí běžných svozových aut, nebo se odebírá přímo ze sběrných nádob občanů. Lokality, ze kterých se vzorek odebírá, se jsou vybírány různým způsobem: dle svozových tras svozových automobilů, dle způsobu sběru odpadu v dané lokalitě, dle geografických, sociálních či ekonomických nebo i klimatických faktorů, a nejčastěji dle typu zástavby (rodinné domy/sídlištní, venkovská/městská) a dle kombinace uvedených faktorů. Vzorek je tříděn celý nebo je odebrán pomocný vzorek metodou kvartace a třídí se ručně, automaticky nebo obojím způsobem. Množství hlavních skupin, do kterých se odpad třídí, se pohybuje od 8 do 33, a množství podskupin (pokud se provádí sekundární třídění) se uvádí až 100.

Nejpropracovanější metoda, ale také jedna z nejnákladnějších, pochází ze společného projektu Evropské Komise, kterého se účastnilo 7 států EU, a zkušenosti byly čerpány z mnoha dalších států (European Commission, 2004). Byl vytvořen dokument Solid Waste Analysis (SWA)-tool, který díky svému rozsahu nebyl přijat jako standart a uplatněn v praxi (analyzovány jednotlivé sběrné nádoby z domácností – vhodnější pro zjišťování chování obyvatel při nakládání s odpady než pro zjišťování skladby odpadu). Program sledování skladby odpadu v Nizozemí, který začal v 70. letech 20. století, byl také velice ambiciózní (Cornelissen and Otte, 1995). Sleduje se 11 typů domácností, odpad je tříděn

do 15 hlavních a 100 vedlejších skupin a kromě ručního třídění jsou využívány i dopravní pásy, magnetická separace, bubnová síta, vibrační desky a třídění proudem vzduchu. Například Burnley a kol. (2007) se zase snaží popsat celkový tok komunálního odpadu se zahrnutím nejen domovního odpadu, ale i živnostenského, odpadu z veřejných služeb, z údržby veřejných prostranství, objemného a nebezpečného odpadu.

Metoda pocházející z US EPA (US Environmental Protect Agency), (Franklin and Associates, 1999) je založena na zjišťování statistických dat o produkci odpadu na základě ekonomických dat o prodeji produktů, při jejichž používání vzniká odpad. Výhodou je odstranění ekonomicky nákladných rozborů odpadů Gay et al. (1993). Naopak podle Maystre and Viret (1995) je tato metoda méně přesná a použitelná jen na národní úrovni z důvodů různé životnosti výrobků.

V některých metodikách (Cornelissen and Otte, 1995; Scott, 1995), je popsáno použití prosévání odpadu při jeho třídění, obvykle pomocí sít o velikosti ok 10x10 mm, u metodiky SWA-tool (European Commission, 2004) je použito navíc síto o velikosti ok 40x40 mm a v práci Morvana (2004) zase třídící bubny o průměru ok 100mm, 20mm a 8 mm.

Zjištěná data o skladbě odpadu jsou v převážné většině prací vyjádřena pouze pomocí průměrného hmotnostního procentuálního zastoupení jednotlivých složek odpadu. V některých studiích se kromě průměrného procentuálního zastoupení jednotlivých složek odpadu objevuje u popisu dat rozptyl, medián, 90 % interval spolehlivosti (Burnley, 2007; Boer a kol., 2010), korelační analýza (určení korelačního koeficientu mezi procentuálním zastoupením jednotlivých složek a např. velikostí domácnosti, sociálním třídou, typem vytápění apod.), (Dennison a kol., 1996) a směrodatná odchylka (Gidarakos, 2006; Gay a kol., 1993).

### ***2.3 Vlastnosti komunálních odpadů***

Znalost charakteristik KO, jak již bylo zmíněno výše, má význam při vytváření efektivních systémů nakládání s odpady, je důležitá pro rozhodování obcí o způsobech separace především využitelných složek odpadů a způsobech nakládání s SKO. Údaje také poskytují obcím informace o skutečné a možné výtěžnosti těchto využitelných složek.

Charakteristiky množství

**Celkové množství** – souhrnné množství odpadu vzniklé v dané územní oblasti za určitý časový interval, udávané obvykle v t za rok

**Měrné množství** – množství odpadu vzniklé za určité časové období a připadající na zvolenou jednotku (nejčastěji obyvatele), udává se obvykle v kg/obyv., rok (roční měrné množství) nebo kg/obyv., týden (týdenní měrné množství).

Charakteristiky skladby

**Zrnitostní frakce** – ukazatele zrnitosti odpadu zjišťované síťovou analýzou na předem určené zrnitostní frakce, nejčastěji frakce nad 40 mm, 8-40 mm a pod 8 mm (množství nejjemnější frakce ukazuje např. na množství spalovaných odpadů v domácnostech)

**Látkové skupiny** – zjišťovány roztríděním do látkových skupin odpadů (zjišťovány u SKO např. pro určení výskytu využitelných složek; u odděleně sebraných využitelných složek zjišťována skladba např. pro zjištění podílu obalových odpadů nebo podílu příměsí)

Ostatní fyzikální a chemické charakteristiky

**Objemová hmotnost** – hmotnost objemové jednotky odpadu (hustota odpadu), zjišťována v odpadových nádobách (pro určení počtu potřebných instalovaných nádob) nebo častěji po vysypání ze svozového automobilu (objemová hmotnost sypná, důležitá např. pro stanovení stupně hutnění na skládkách KO nebo pro plánování optimálního množství nádob sbíraných v rámci jednoho svozu - minimalizace nákladů na svoz), udává se obvykle v kg/m<sup>3</sup>

**Ostatní** (vlhkost, výhřevnost, poměr C:N, obsah těžkých kovů a další) určovány především pro možnosti dalšího zpracování odpadů (především pro kompostování a energetické využití)

Cílem velmi podrobných rozborů uvedených v předkládané práci bylo posoudit možnosti dalšího zpracování SKO. Každý fyzikální a chemický ukazatel vypovídá o možnosti kontaminace prostředí nebo výsledného produktu, nebo naopak o zlepšení vlastností daného produktu.

Pokud je třeba posoudit jednotlivé způsoby zpracování SKO, které připadají běžně v úvahu, pak je možné uvažovat o spalování a kompostování.

Z fyzikálních parametrů je pro spalování pochopitelně velmi důležitá hodnota spalného tepla, dále obsah vody (vlhkost). Z chemických parametrů je velmi důležitý obsah těžkých kovů a specifických organických látek. Rovněž hodnota celkového organického uhlíku (TOC) je zajímavá, protože informuje o množství všech organických látek. Při spalování SKO, obsahujícího chlorované uhlovodíky (PVC) a soli (NaCl), zejména při nedokonalém spalování při teplotách 1200 °C, vznikají vedle běžných součástí spalin (SO<sub>x</sub>, CO, HCl, HF) i organické chlorované a fluorované sloučeniny typu PCDD (polychlordibenzodioxiny) a PCDF (polychlordibenzofurany). Pokud je v SKO vyšší obsah popele a smetků vznikají emise, obsahující toxické kovy. K nejzávadnějším patří Hg, Cd, Pb a Tl, které jsou obsaženy především v popílku v exhalacích. Kromě exhalací jsou podstatné i depozice emisí, které mohou hlavně díky obsahu těžkých kovů znečišťovat okolní půdu.

Kompostování klade poměrně vysoké požadavky na vstupní surovinu. Kromě obsahu těžkých kovů, které mohou působit problémy při fermentaci, protože pro mnohé mikroorganismy zvýšený obsah těžkých kovů znamená inhibici, nebo zastavení životních funkcí, jsou velmi problematické i specifické organické látky. Látka typu PCB se v oxických podmínkách nerozkládají, ale rozpouštějí se v tucích. První problémy mohou tedy nastat již při samotném procesu kompostování.

Další, druhotné problémy se mohou objevit při využití kompostu. Kvalita kompostů je v současné době posuzována podle normy ČSN 46 5735 – Průmyslové komposty. Norma obsahuje limitní koncentrace těžkých kovů a dalších látek, které by negativně ovlivňovaly půdy.

Podrobný fyzikálně-chemický rozbor je velmi vzácnou součástí rozborů SKO. Jak dokazuje praxe, je to chyba, protože právě úplný fyzikálně-chemický rozbor může upozornit na následné problémy při zpracování odpadů. Hodnoty chemických parametrů se sice mění v SKO v poměrně širokém rozmezí, ale v jednotlivých typech zástavby (tak jak je určuje metodika rozborů), je možno vytypovat vysoké koncentrace vybraných ukazatelů (těžkých kovů, organických látek apod.).

### 2.3.1 Množství KO

Základními zdroji informací o množství KO v ČR jsou:

Informační systém odpadového hospodářství (ISOH), provozovaný agenturou CENIA, česká informační agentura životního prostředí, spadající pod MŽP

Informační systém Českého statistického úřadu (ČSÚ)

Stanovení celkového množství KO probíhá na základě zjišťování hmotnosti odpadu (vážení naplněných svozových automobilů), následně zanesení do evidence a statistické vykazování zjištěných hodnot odpadu.

Tabulka 1: Vývoj množství KO podle evidence ISOH

Ukazatel	Měrná jednotka	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Množství KO *</b>	<b>tis. t</b>	3812	5324	5362	5388	5193
<b>Množství SKO*</b>	<b>tis. t</b>	2506	3284	3143	3068	2933
<b>Počet obyvatel **</b>	<b>tis.</b>	10430	10491	10517	10497	10509
<b>Měrné množství KO</b>	<b>kg/obyv.,rok</b>	365	507	510	513	494
<b>Měrné množství SKO</b>	<b>kg/obyv.,rok</b>	240	313	299	292	279

Zdroj: \*Internet 2 \*\*Internet 3

Tabulka 2: Vývoj množství KO podle evidence ČSÚ

Ukazatel	Měrná jednotka	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Množství KO *</b>	<b>tis. t</b>	3176	3310	3334	3358	3233
<b>Množství SKO*</b>	<b>tis. t</b>	2283	2374	2390	2447	2196
<b>Počet obyvatel **</b>	<b>tis.</b>	10430	10491	10517	10497	10509
<b>Měrné množství KO</b>	<b>kg/obyv.,rok</b>	305	316	317	320	308
<b>Měrné množství SKO</b>	<b>kg/obyv.,rok</b>	219	226	227	233	209

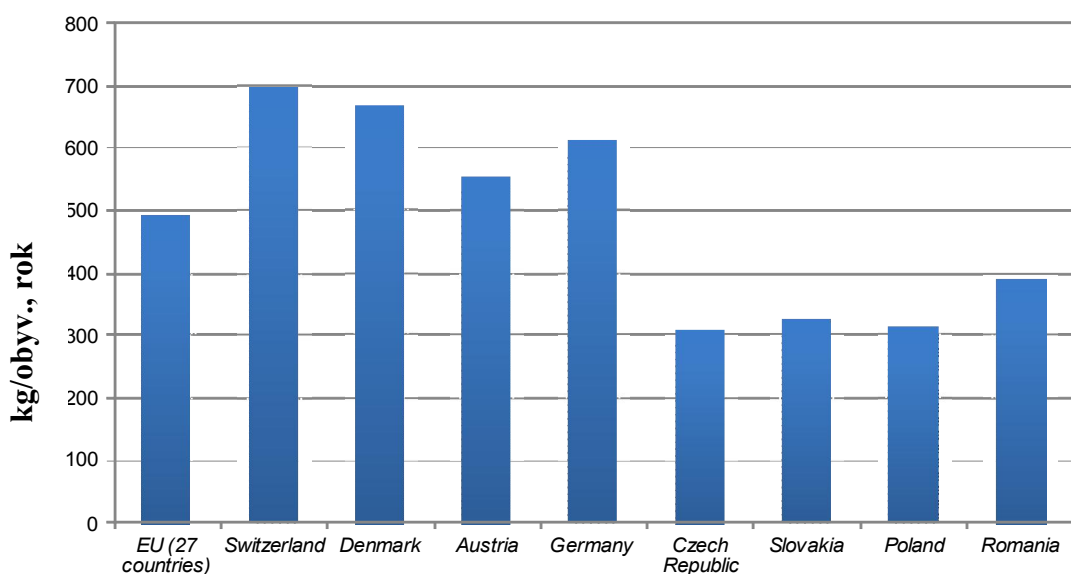
Zdroj: \*Internet 1 \*\*Internet 3

V letech 2008 – 2012 se měrné množství KO podle ISOH (tabulka 1) pohybovalo okolo 500 kg/obyv., rok, výjimkou je rok 2008 (365 kg/obyv., rok), kdy se ještě nedopočítávala úplná produkce odpadů od původců, kterým zákon o odpadech neukládá ohlašovací

povinnost. Měrné množství SKO se od roku 2009 snížilo z 313 na 279 kg/obyv., rok, v roce 2012 tedy tvořilo 56% celkového množství KO. Podle ČSÚ (tabulka 2) bylo měrné množství KO v uvedeném období nižší a pohybovalo se okolo 315 kg/obyv., rok. Měrné množství SKO se v letech 2009 až 2012 i podle dat ČSÚ snížilo, a to z 226 na 209 kg/obyv. rok, v roce 2012 tedy tvořilo 68% celkového množství KO.

Data týkající se odpadů z ISOH a ČSÚ jsou získávána z odlišných systémů, díky čemuž musí být rozdílná. Každý systém používá jiné metody sběru (centralizovaný x decentralizovaný), jiný okruh respondentů (vyrovnané x nevyrovnané meziroční soubory respondentů), jiné kontrolní mechanismy, rozdílné metodiky výpočtu celkového množství odpadů. V případě množství KO získaného šetřením ČSÚ navíc může být rozdíl způsoben nezapočítáním KO vznikajícího u velkých firem, které nevyužívají systém sběru odpadu obcí, a tento KO je započten do příslušné CZ-NACE dle převažující činnosti podniku. Tento přístup je v souladu s Rozhodnutím Komise č. 753/2011/EU. Při porovnání měrného množství KO s okolními státy pak podle dat ČSÚ pak patříme k zemím s nejnižší produkcí KO, viz graf 1., zatímco podle dat z ISOH se řadíme do průměru EU. Proces sběru a vyhodnocování dat o odpadech v ČR je v poslední době velmi diskutované téma a ČR za dvojí rozdílná data o odpadech hrozí postih ze strany EU. Tento problém se ale nevyskytuje pouze u ČR, řeší ho řada evropských států. (Strnadová, 2014; Manhart a Maršák, 2015).

Graf 1: Produkce KO ve vybraných zemích v roce 2012



Zdroj: Eurostat

Source: Eurostat

Zdroj: Internet 4

Podle ČSÚ (Internet 5) byla produkce KO v roce 2012 v zemích EU (28 zemí) průměrně 487 kg/obyv., rok (z okolních států ČR: Německo 611 kg/obyv., rok, Rakousko 552 kg/obyv., rok, Slovensko 324 kg/obyv., rok, Polsko 314 kg/obyv., rok). Nejvyšší měrnou produkci mělo v roce 2012 Dánsko (668 kg/obyv., rok) a Kypr (663 kg/obyv., rok), nejnižší pak Estonsko (279 kg/obyv., rok) a Litva (301 kg/obyv., rok). Naproti tomu Kanada produkovala již v roce 1992 průměrně asi 800 kg/obyv., rok (Sawel a kol, 1996).

Měrné množství KO v daném typu zástavby je ovlivněno i přítomností odpadu podobného domovnímu, tj. odpadu živnostenského (od menších živnostníků a institucí zapojených do svozu KO obcemi). Podíl domovního odpadu (DO) a živnostenského odpadu (ŽO) v ČR je uveden v tabulce 3. K podobným výsledkům došli i Scharf a Vogel (1994) v Kodani - podíl DO byl 39 % a ŽO 61 %. Srovnatelné výsledky jsou uvedeny i ve studii z UK (Burnley, 2001), kde byl zjištěn nárůst množství KO z 32 t na 57 t za rok, pokud je mimo DO započítán i ŽO (podíl DO a ŽO je potom 56 % : 44 %).

Tabulka 3: Ukazatele podílu domovního (DO) a domovnímu odpadu podobného odpadu (ŽO) na jejich celkové produkci v ČR

Ukazatel	Městská zástavba	Venkovská zástavba
Podíl DO (v % hmot.)	40 – 50	70 – 80
Podíl ŽO (v % hmot.)	50 – 60	20 – 30

Zdroj: výsledky VaV/720/2/00

### 2.3.2 Skladba KO a SKO

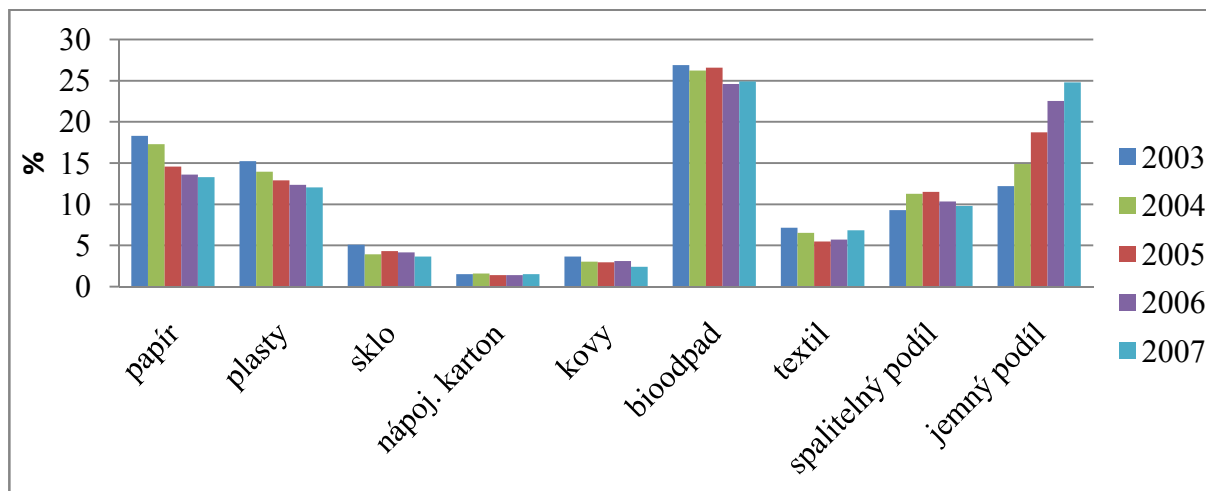
Skladba KO v ČR byla naposledy sledována v průběhu systematických analýz v rámci řešení projektu VaV/720/2/00. Průměrné podíly jednotlivých složek KO a SKO jsou uvedeny v tabulce 4. Rozdíl ve skladbě SKO i KO je vidět především v podílu látkových skupin papír, plasty, bioodpad a frakce pod 8 mm. Dále je skladba KO sledována AOS EKO-KOM, a.s., která provádí rozbory kvartálně (na rozdíl od projektu VaV/720/2/00, kde byly rozbory prováděny měsíčně) ve vybraných městech ČR. Výsledky této společnosti ukázaly na určité změny ve skladbě SKO, což byl také určitý impulz k aktualizaci charakteristik KO. Změny zastoupení jednotlivých látkových skupin v SKO v letech 2003 až 2007 v sídlištní a venkovské zástavbě jsou znázorněny v grafech 2 a 3.

Tabulka 4: Ukazatele skladby KO a SKO (% hmotnostní)

Látková skupina	Podíl látkových skupin v odpadu (% hmot.), průměrné hodnoty					
	KO (tzn. odpad včetně zohlednění odděleně sebraných využitelných složek)			SKO (bez odděleně sebraných využitelných složek)		
	Sídlíštní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba	Sídlíštní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
<b>Papír, lepenka</b>	22,7	25,6	7,6	17,2	26,1	5,5
<b>Plasty</b>	13,8	18,0	9,0	13,5	16,7	7,3
<b>Sklo</b>	8,7	7,6	8,9	8,1	6,2	4,3
<b>Kovy</b>	3,4	3,1	4,5	3,4	3,0	4,2
<b>Bioodpad</b>	18,2	17,3	6,3	18,7	17,6	6,9
<b>Textil</b>	5,6	5,1	2,2	5,5	5,3	2,4
<b>Minerální odpad</b>	1,9	2,3	4,0	1,7	1,9	3,0
<b>Nebezpečný odpad</b>	0,5	0,4	0,5	0,8	0,4	0,4
<b>Spalitelný odpad</b>	12,4	7,0	6,2	12,7	7,2	6,8
<b>Zbytek 20-40 mm</b>	3,1	5,4	5,0	8,5	7,2	9,5
<b>Zbytek 8-20mm</b>	6,6	3,8	8,9	6,7	3,9	9,7
<b>Frakce pod 8 mm</b>	3,1	4,4	36,9	3,2	4,5	40,0
<b>Celkem</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Zdroj: výsledky VaV/720/2/00

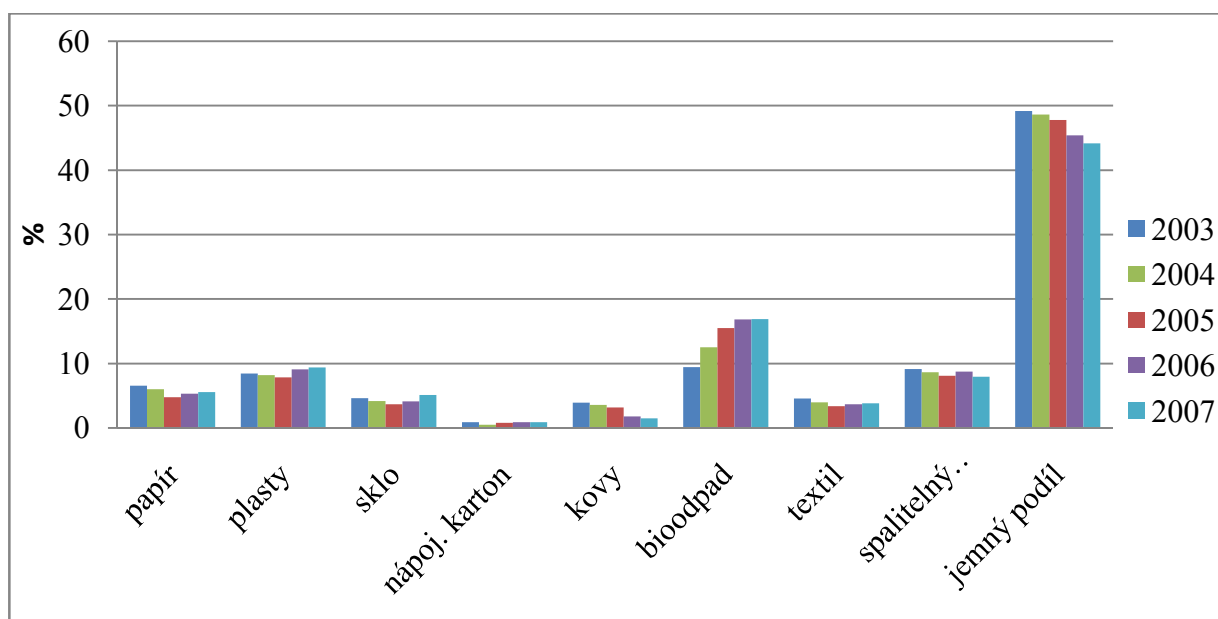
Graf 2: Procentické zastoupení vybraných látkových skupin v SKO v sídlištní zástavbě v letech 2003 - 2007



Zdroj: Doležalová (2008), dle dat AOS EKO-KOM, a.s.

V grafu 2 je vidět v posledních pěti letech pokles procentického zastoupení papíru (z 18,3 % na 13,3 %), plastů (z 15,2 % na 12,1 %), skla (z 5,1 % na 3,7 %) a bioodpadu (z 26,9 % na 24,9 %) v SKO v sídlištní zástavbě. U papíru, plastů a skla je to způsobeno vyšší účinností třídění těchto složek. Pokles u bioodpadu může být způsoben jiným způsobem stravování, například používání polotovarů apod. Jemný podíl relativně stoupl (z 12,2 % na 24,8 %) díky poklesu výše uvedených látkových skupin.

Graf 3: Procentické zastoupení vybraných látkových skupin v SKO ve venkovské zástavbě v letech 2003 - 2007



Zdroj: Doležalová (2008), dle dat AOS EKO-KOM, a.s.

Podíl papíru, plastů, nápojového kartonu, textilu a spalitelného podílu v SKO v posledních pěti letech kolísá okolo stejné hodnoty, která je u všech uvedených skupin nižší než v zástavbě sídlištní, kde není možnost spalování těchto odpadů. Vyšší je oproti tomu ve venkovské zástavbě jemný podíl, hlavně díky frakci pod 8 mm, která je tvořena převážně popelem. Pokles jemného podílu může být způsoben menší mírou spalování odpadů nebo relativně klesá také díky zvyšujícímu se množství bioodpadů, (graf 3).

Následující srovnání skladby KO v různých zemích je spíše orientační, jelikož data o skladbě odpadu mají rozdílnou strukturu a byla sbírána v různých letech. Podíly hlavních složek KO ve velkých městech v Japonsku v roce 1989 tvořily papír (25,2 %), kuchyňský odpad (46,6 %), plasty (12,5 %), sklo (7,1 %) a kovy (3,7 %), (Sakai, 1996). V Německu bylo v roce 1985 průměrné zastoupení hlavních složek KO následující: papír (18,7 %), bioodpad (27 %), plasty (6,1 %), sklo (11,5 %) a kovy (3,9 %) (Vehlow, 1996).

Tabulka 5: Typické složení KO v některých zemích (v %)

Odpad	USA <sup>1</sup>	Dánsko <sup>2</sup>	Velká Británie		Polsko <sup>5</sup>	Čína <sup>6</sup>	Irsko Dublin <sup>7</sup>
			průměr <sup>3</sup>	Londýn <sup>4</sup>			
Potraviny	9	35	25	26,7	24	36	34,2
Papír, lepenka	40	35	29	35,5	11	2	18,7
Plasty	7	6	7	5,2	2	1,5	16,1
Sklo	8	8	10	10,8	6	1	5,4
Kovy	9,5	4	8	6	2	1	2,9
Oblečení, textil	2	8	3	3,4	10	1,5	2,6
Popel, prach	3	4	14	5	45	57	17,2
Neklasifikovaný (ze zeleně, dvora, lesa)	21,5		4	7,1			2,9

<sup>1</sup>) Tchobanoglous et al., 1993    <sup>2</sup>) Mortensen, 1992    <sup>3</sup>) WHO, 1991    <sup>4</sup>) WHO, 1991

<sup>5</sup>) Mortensen, 1992    <sup>6</sup>) Mortensen, 1992    <sup>7</sup>) Denison and Dodd, 1992

Zdroj: Novotný, 2002

Skladba KO v uvedených zemích v předchozím odstavci a v tabulce 5 pochází z přelomu 80. a 90. let, podíl plastů je proto většinou menší než v současných datech z ČR a podíl skla naopak vyšší. Jenom u Japonska a Irsku tomu tak není. Další větší rozdíl je u podílu bioodpadů (resp. potravin), který je většinou vyšší než v ČR, kromě USA – zde je zase nejvyšší podíl papíru a kovů. Může to být způsobeno vyšším podílem obalového materiálu v papíru a kovech na úkor odpadu z potravin, díky rozlišnému způsobu života (častější používání polotovarů apod.). Další větší rozdíl je u Polska a Číny, kde jsou výrazně nižší

podíly papíru a plastů a výrazně vyšší podíly popela a prachu, což by mohlo ukazovat na větší výskyt spalování těchto dvou komodit.

Ve studii Metina a kol. (2003) je průměrné složení KO v Turecku rozděleno na tři složky: organický odpad, recyklovatelný odpad a ostatní. S rostoucí velikostí obcí klesá podíl organické složky (z 60 % na 45 %), roste podíl recyklovatelné složky (z 15 % na 35 %), složka ostatní se téměř nemění.

V jedné z prvních studií skladby KO v UK je zkoumáno v 11 typů lokalit v UK, a ačkoli jsou znatelné rozdíly mezi jednotlivými typy, nejvyšší podíl ve všech lokalitách tvoří papír a bioodpad (dohromady cca 50-60%). Jen v jednom typu lokalit, jedná se převážně o zemědělskou oblast, tvoří vysoký podíl i dřevěný popel z domácích topenišť zahrnutý v kategorii jemný podíl (cca 30%), (New and Davies, 1995).

Podobné výsledky jsou uvedeny i dánské studii Ribera a kol. (2009), kde cca dvě třetiny SKO tvoří podíl bioodpadu (40 %), papíru (19 %) a plastů (9 %). Zbytek pak tvoří sklo, textil, spalitelný odpad, minerální odpad, elektroodpad a jemné frakce.

Stejně tak v Portugalsku tvoří SKO z cca 60 % biologicky rozložitelný odpad (kuchyňský odpad, zahradní odpad, papír a lepenka), (Gomes a kol., 2008).

V indické Bombaji tvoří bioodpad dokonce 60 % KO, na zbývajícím KO se pak podílí především plasty (9 %), papír (7 %), sklo (7 %), kovy (7 %) a textil (4 %), (Yedla a Parikh, 2002).

### 2.3.3 Fyzikálně-chemické vlastnosti SKO

Fyzikálně-chemické vlastnosti SKO byly v ČR systematicky naposledy sledovány v rámci řešení projektu VaV/720/2/00. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 6. Obsah prvků vyznačených v tabulce 6 tučně (As, Cr, Zn, Fe, Mn, S) je v SKO z venkovské zástavby vyšší než u zbývajících dvou typů zástaveb – původem bude pravděpodobně popel ze spalování uhlí v domácích topeništích.

Tabulka 6: Průměrné hodnoty chemických ukazatelů SKO (v původním vzorku), 1998 - 1999

Chemický ukazatel	Průměrné hodnoty chemických ukazatelů		
	Sídištní zástavba	Smišená zástavba	Venkovská zástavba
Cl mass %	0,30-0,45	0,33-0,51	0,35-0,59
F mg/kg	50-55	59-61	75-79
As mg/kg	0,9-1,1	0,9-1,6	<b>15,3-16,7</b>
Cd mg/kg	0,95-1,1	1,2-1,5	1,2-1,9
Cr mg/kg	22-35	30-32	<b>87-92</b>
Cu mg/kg	135-140	142-149	151-159
Hg mg/kg	0,2-0,24	0,2-0,22	0,22-0,29
Pb mg/kg	42-45	41-48	75-92
Zn mg/kg	200-216	225-242	<b>359-408</b>
Fe mg/kg	990-1120	991-1027	<b>1542-1697</b>
Mn mg/kg	68-75	82-89	<b>526-590</b>
S mg/kg	995-1028	920-1302	<b>2597-2904</b>
N mg/kg	7925-8002	7955-8012	6428-6970
PCB mg/kg	0,15-0,22	0,10-0,15	0,24-0,29

Fyzikálně-chemické vlastnosti jsou také zjišťovány v některých místech v ČR v souvislosti s potřebou zjistit aktuální skladbu SKO zpracovávaného v zařízeních na zpracování SKO. Konkrétně se jedná o zařízení k energetickému využití odpadů společností OZO Ostrava, s.r.o. (z let 1998, 2008 a 2009) a SAKO Brno, a.s. (z let 2005 – 2008), jejichž výsledky jsou uvedeny v tabulce 7 spolu s údaji z referenčního dokumentu o nejlepších dostupných technologiích spalování odpadů (BREF). BREF (vytvořený Evropským úřadem IPPC) je založen na stovce zdrojů informací a více než 700 konzultačních připomínek předložených velmi širokou pracovní skupinou, tudíž ho lze chápat jako určitý standard vlastností SKO. Z tabulky 7 je vidět, že SKO z Brněnska a Ostravska vykazuje minimální rozdíly a je srovnatelný i s typickým SKO dle BREF.

Tabulka 7: Fyzikálně-chemické ukazatele SKO z území Ostravska, Brněnska a dle BREF

Parametr	BREF	Ostravsko	Brněnsko
Výhřevnost (MJ/kg)	7 – 15	11,7	10,6
Voda (%)	15 – 40	33,7	33,0
Popel	20 – 35	16,5	18,8
Uhlík (% sušiny)	18 – 40	40,8	41,8
Vodík (% sušiny)	1 – 5	13,1	5,5
Dusík (% sušiny)	0,2 – 1,5	0,6	1,2
Kyslík (% sušiny)	15 – 22	15,1	15,6
Síra (% sušiny)	0,1 – 0,5	0,2	0,2
Fluor (% sušiny)	0,01 – 0,035		
Chlor (% sušiny)	0,1 – 1	0,7	0,2
Olovo (mg/kg sušiny)	100 – 2000	75,0	535
Kadmium (mg/kg sušiny)	1 – 15	5,9	6,2
Měď (mg/kg sušiny)	200 – 700	53,3	36,5
Zinek (mg/kg sušiny)	400 – 1400	136,1	903
Rtuť (mg/kg sušiny)	1 – 5	6,9	1,7
Thalium (mg/kg sušiny)	< 0,1		0,08
Mangan (mg/kg sušiny)	250	140,0	166
Vanad (mg/kg sušiny)	4 – 11		6,84
Nikl (mg/kg sušiny)	30 – 50	45,0	21
Kobalt (mg/kg sušiny)	3 – 10	7,2	9,5
Arsen (mg/kg sušiny)	2 – 5	3,6	3
Chrom (mg/kg sušiny)	40 – 200	56,0	25
Selen (mg/kg sušiny)	0,21 – 15		
PCB (mg/kg sušiny)	0,2 – 0,4		
PCDD/F (ng I-TE/kg)	50 – 250		

Zdroj: Internet 6

V tabulce 8 jsou výsledky studie Lawa a Gordona z roku 1979. V USA byly obsahy uvedených prvků znatelně nižší než v Evropě. Při přibližném srovnání vlastností SKO v Evropě z roku 1979 a v ČR z let 1998-1999 (tabulka 6), lze konstatovat nižší hodnoty obsahu uvedených prvků v SKO v ČR. Důvodem může být zlepšení vlastností materiálů vyskytujících se v KO z hlediska výskytu rizikových prvků a také důslednější třídění nebezpečných složek odpadů.

Tabulka 8: Obsah vybraných kovů v typickém SKO v USA a Evropě (v mg/kg odpadu)

Chemický ukazatel	Množství (mg/kg odpadu)	
	USA	Evropa
<b>Železo</b>	1000 – 3500	25000 – 75000
<b>Chrom</b>	20 – 100	100 – 450
<b>Nikl</b>	9 – 90	50 – 200
<b>Zinek</b>	80 – 900	450 – 2500
<b>Měď</b>	200 – 2500	900 – 3500
<b>Olovo</b>	110 – 1500	750 – 2500
<b>Kadmium</b>	2 – 22	10 – 40
<b>Rtuť</b>	0,7 – 1,9	2 – 7

Zdroj: Law a Gordon (1979)

Průměrné hodnoty vlhkosti a výhřevnosti zjištěné v rámci řešení projektu VaV/720/2/00 jsou uvedeny v tabulce 9, rozdíl je vidět opět u SKO z venkovské zástavby, a to v nižší výhřevnosti SKO. Při srovnání s vlastnostmi SKO z Brněnska, Ostravska a z BREF (tabulka 6) lze konstatovat shodné rozmezí uvedených hodnot.

Tabulka 9: Průměrné hodnoty vlhkosti a výhřevnosti SKO

Vlastnost	Průměrné hodnoty měřených vlastností		
	Sídištní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
<b>Vlhkost (% hmot.)</b>	31,5	33,3	23,2
<b>Výhřevnost (MJ/kg)</b>	14,2	12,4	6,8

Zdroj: výsledky VaV/720/2/00

V dánské studii Ribera a kol. (2009) byl zjištěn v SKO obsah vody 42 %, obsah spalitelných látek 44 % a obsah popela 14 %. Vlhkost je vyšší ve srovnání s hodnotami uvedenými výše, stejně tak i ve srovnání s dalšími studiemi (Riber and Christensen, 2006; Rotter, 2002; Burnley, 2007). Riber (2009) konstatuje, že obsah vody je vysoce variabilní a může být ovlivněn metodikou odběru vzorků. V této studii jsou zjišťovány i další chemické ukazatele a srovnány s německou studií Rottera a kol. (2005) a Kosta (2001), (tabulka 10). Tyto hodnoty spadají do rozmezí hodnot pro typický SKO uvedený v dokumentu BREF (viz výše), kromě vyššího obsahu zinku v Německu.

Tabulka 10: Obsah vybraných kovů v typickém SKO v Dánsku a Německu (v mg/kg sušiny odpadu)

Chemický ukazatel	Množství (mg/kg odpadu)	
	Dánsko *	Německo **
<b>Olovo</b>	323	163
<b>Kadmium</b>	6,83	5,64
<b>Rtuť</b>	2,56	1,75
<b>Zinek</b>	1313	2042

Zdroj: \*Riber a kol. (2009), \*\* Rotter a kol. (2005) a Kost (2001)

### 2.3.4 Nakládání s komunálním odpadem

Data týkající se nakládání s KO v ČR jsou stejně jako data o produkci dle ISOH a ČSÚ rozdílná, trendy jsou však podobné. V letech 2008 až 2012 došlo k nárůstu podílu energeticky využitých KO z 10 – 13 % na 12 – 20 %, k nárůstu podílu materiálově využitých KO z 12 -24 % na 23 – 30 % a k poklesu podílu KO odstraněných skládkováním z 75 – 90 % na 54 – 57 % (tabulka 11). Podíl KO odstraněných spalováním bez využití energie se pohyboval v uvedených letech okolo 0,04 – 0,1 %. Podíl materiálově využitých KO dle ČSÚ v roce 2012 tvořil 23,2 %, což je součet podílu recyklovaných KO (20,6 %) a kompostovaných KO (2,6 %).

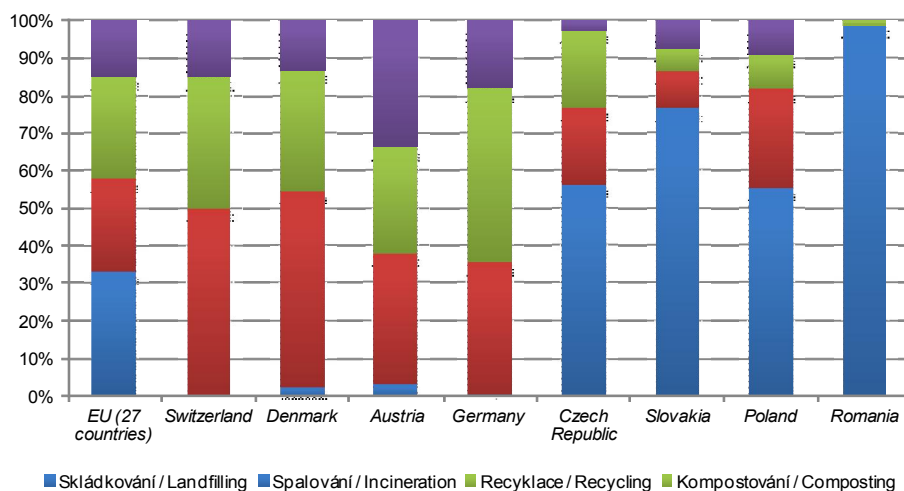
Tabulka 11: Nakládání s KO vztažené k celkové produkci KO dle ISOH a dle ČSÚ, 2008–2012, (v %)

Způsob nakládání/rok	2008		2009		2010		2011		2012	
	ISOH	ČSÚ	ISOH	ČSÚ	ISOH	ČSÚ	ISOH	ČSÚ	ISOH	ČSÚ
Energeticky využité KO, (v %)	9,6	13,3	6,0	12,8	8,9	15,5	10,8	18,1	11,8	20,2
Materiálově využité KO, (v %)	24,2	12,0	22,7	14,1	24,3	16,6	30,8	17,0	30,4	23,2
KO odstraněné skládkováním, (v %)	89,9	74,6	64,0	73,0	59,5	67,8	55,4	64,8	53,6	56,5
KO odstraněné spalováním, (v %)	0,05	0,1	0,04	0,1	0,04	0,1	0,04	0,1	0,04	0,1

Zdroj: data ISOH – internet 2, data ČSÚ – internet 1

Ve srovnání s průměrem EU (27 států) se KO v ČR znatelně více skládkují (ČR - 57 %, EU - 33 %), méně energeticky využívají (ČR - 20 %, EU - 24 %) a recyklují (ČR - 20 %, EU - 24 %) a především méně kompostují (ČR - 3 %, EU - 15 %), (graf 4). Podíly různých způsobů nakládání s KO jsou v ČR podobné jako na Slovensku nebo v Polsku, rozdílné pak jsou v Dánsku, Rakousku, Rakousku nebo Švýcarsku, kdy skládkování je zastoupeno do 5 %, naproti tomu v Rumusku se skládkuje téměř 100 % KO.

Graf 4: Nakládání s KO ve vybraných zemích v roce 2012 (Internet 7)



Zdroj: Eurostat

Source: Eurostat

### **3 Metodika**

#### ***3.1 Základy použité metodiky***

Použitá metodika respektuje základní východiska daná požadavky legislativy ČR i EU, kompatibilitu s dosavadními hodnotícími přístupy i hlediska praktické použitelnosti při rutinní aplikaci.

Jako základní podklady použité metodiky byly uvažovány metodiky, které řeší problematiku skladby tuhých komunálních odpadů v rámci ČR, neboť první metodika byla konstruována již v 70. a 80. letech m. s. výzkumným ústavem místního hospodářství (VÚMH) v Praze.

Metodika je popsána v příručce „Zacházení s tuhým komunálním odpadem“, (Suchánek, 1990) a je založena na sítové a ruční analýze odebraného reprezentativního vzorku komunálních odpadů o vymezené hmotnosti z předem definované svozové oblasti. V 1. pol. 90. let m. s. byla v podmínkách ČR užitá také metodika KZT Praha, která je založena na principu separace komunálních odpadů v domácnostech, zjišťování jejich hmotnosti a následném ručním látkovém dotřídění vybraných druhů odpadů.

Metodika VÚMH byla zdokonalena a podrobněji zdokumentována v rámci řešení výzkumného projektu VaV/720/2/00 „Intenzifikace sběru, dopravy a třídění komunálního odpadu“ (Benešová, L. a kol., 2003). Při zdokumentování bylo využito některých zásad z metodik užívaných ve Spolkové republice Německo. Konkrétně se jedná o rozsah látkové analýzy obsažený ve „Směrnici pro provádění šetření ke zjišťování množství a složení tuhých sídelních odpadů v zemi Braniborsko (TVAB/52. Lfg. III/99). V metodice bylo dále využito zkušeností ERRA (European Recovery a Recycling Association), která zaměření analýz KO směřuje k možnostem využití v nich obsažených obalových materiálů. Jedná se o usměrnění látkové analýzy a úpravu rozsahu zrnitostní analýzy.

Použitá metodika je tedy koncipována jako výsledek využívající či kombinující zkušenosti českých i zahraničních metodik a zkušeností při řešení výzkumného projektu VaV/720/2/00 „Intenzifikace sběru, dopravy a třídění komunálního odpadu“ (Benešová, L. a kol., 2003).

### 3.2 Popis metodiky

#### Vymezení zkoumaných typů zástaveb

Sídlištní – bytové domy s centralizovaným zásobováním teplem, bez možnosti jakéhokoli využití odpadu v místě jeho vzniku. Zastoupení objektů služeb a živnostenských provozoven je nevýznamné.

Smíšená - převážně starší zástavba bytových domů se smíšeným ústředním či etážovým či lokálním vytápěním plynem nebo elektřinou. Vytápění tuhými palivy je zanedbatelné. Zastoupení objektů služeb a drobných živnostenských provozoven je významné.

Venkovská - Venkovská zástavba je tvořena rodinnými domy s převažujícím podílem lokálního vytápění tuhými palivy a tedy i větší možnosti spalování odpadu v domovních topeništích, dále s větší možností zahradního kompostování biologického odpadu, ale i zkrmování potenciálních odpadů. Zastoupení objektů služeb a drobných živnostenských provozoven je nevýznamné.

#### Druhy odebraných vzorků

Za účelem zjišťování množství, skladby a dalších fyzikálních a chemických charakteristik jsou odebírány následující vzorky z každého typu zástavby:

- hlavní vzorek
- pomocné vzorky
- laboratorní vzorky

#### Hlavní vzorek

Velikost hlavního vzorku odpadu (obrázek 1) svezeneho pro provádění analýz je adekvátní výskytu SKO ve vymezeném svozovém regionu, jedná se přibližně o množství odpovídající jednomu naplnění svozového automobilu při jednom sběrovém cyklu (6.000 – 8.000 kg), tj od cca. 2000 obyvatel. Z hmotnosti hlavního vzorku a z velikosti svozové oblasti vyjádřené počtem obyvatel se stanoví charakteristiky měrné produkce odpadů.

#### Pomocný vzorek

Z hlavního vzorku je odebrán vzorek pomocný o přibližné hmotnosti 200 kg, který je analyzován za účelem zjištění charakteristik skladby SKO. Vzorek by měl splňovat

podmínku reprezentativnosti. Optimálním postupem v tomto případě je odběr vzorku metodou tzv. „kvartace“.

### Laboratorní vzorek

Z vybraných frakcí a látkových skupin se odebírají tzv. laboratorní vzorky za účelem zjišťování dalších fyzikálních a chemických charakteristik, u kterých je třeba splňovat rovněž podmínku reprezentativnosti a jejich hmotnost představuje 20 % celkově naměřené hmotnosti látkové skupiny (maximálně však 1 kg). Před samotnými laboratorními analýzami se vzorky upravují mletím na velikost částic 0,2 mm (obrázek 2). Mletí vzorků bylo zajištěno Výzkumným ústavem pro hnědé uhlí a.s. v Mostě a byl použit nožový mlýnek Fritsch Pulverisette 19 (obrázek 3). Seznam zjišťovaných ukazatelů a použitých metod stanovení fyzikálních a chemických charakteristik je uveden v tabulce 12.

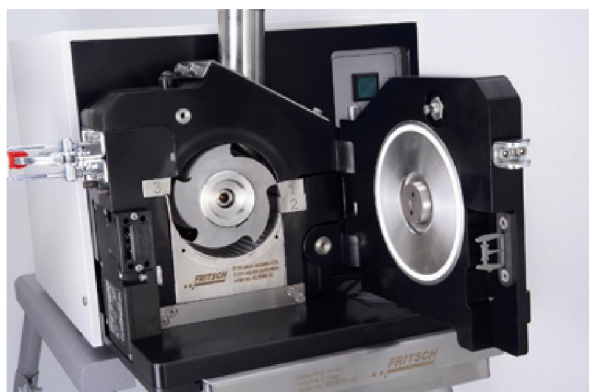
Obrázek 2: Hlavní vzorek



Obrázek 1: Vzorek po namletí



Obrázek 3: Nožový mlýnek Fritsch Pulverisette 19



Načasování a četnost rozborů

K provádění rozborů SKO je nutno využít všechna roční období, protože jen tak je možno popsat všechny charakteristiky s jistotou. Četnost sledování by tedy měla odpovídat sledu změn základních charakteristik SKO, minimálně změnám v topném a netopném období, změnám v letním – prázdninovém období a změnám ve vegetativních podmínkách. Odběr vzorků a zjišťování všech stanovených charakteristik SKO byl proto prováděn jedenkrát měsíčně po dobu 1 roku vždy ve stejný den v měsíci (např. každé 1. pondělí v měsíci apod.).

Velikost svozové oblasti

Velikost svozové oblasti vychází z požadavků na sourodost podmínek daného typu obytné zástavby. Je vyjádřena počtem obyvatel napojených na sběrné nádoby pro SKO umístěné ve zvoleném svozovém regionu. Velikost svozových oblastí z hlediska počtu obyvatel je rozdílná a podle konkrétního typu zástavby se pohybuje v rozmezí 1000 – 2500 obyvatel (při svozu 1 x týdně). Počet obyvatel ve studovaných oblastech a velikost vzorků jsou uvedeny v tabulce 13.

Tabulka 12: Seznam zkoumaných fyzikálních a chemických ukazatelů a popis metod jejich stanovení

Ukazatel	Jednotka	Popis metody stanovení ukazatele (a číslo standardní analytické metody)
<b>Cl</b>	%	Vzorek nejprve převeden do roztoku alkalickým tavením ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), po vychladnutí vyloužení taveniny horkou destilovanou vodou, v roztoku stanovovány chloridy argentometrickým stanovením s chromanovým indikátorem (metoda podle Mohra), (ČSN ISO 9297)
<b>F</b>	%	Vzorek nejprve převeden do roztoku alkalickým tavením ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), po vychladnutí vyloužení taveniny horkou destilovanou vodou, v roztoku stanovovány veškeré fluoridy fotometrickou metodou s xylenolovou oranží, (ČSN EN ISO 10304-1)
<b>N celk.</b>	%	Mineralizace Kjeldahlovým postupem (mineralizace se selenem), (DIN EN 25663) (ISO 5663: 1984)
<b>S celk.</b>	%	Vzorek nejprve převeden do roztoku alkalickým tavením ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), celková síra jako sírany stanovena gravimetricky, metoda je založena na reakci síranového iontu a barnatého iontu ( $\text{Ba}^{2+}$ ) za vzniku velmi málo rozpustné sraženiny síranu barnatého, (ISO 9280)
<b>As</b>	mg/kg	ICP spektrometrie po mineralizaci rozkladem v lučavce královské (ČSN ISO 11885)
<b>Cd</b>	mg/kg	

<b>Cr</b>	mg/kg	
<b>Cu</b>	mg/kg	
<b>Ni</b>	mg/kg	
<b>Pb</b>	mg/kg	
<b>Zn</b>	mg/kg	
<b>Fe</b>	mg/kg	
<b>Mn</b>	mg/kg	
<b>*Tl</b>	mg/kg	
<b>Hg</b>	mg/kg	AAS – stanovení přímo z pevného vzorku (ČSN ISO 11885)
<b>PCB</b>	mg/kg	Plynová chromatografie po extrakci kapalina - kapalina (DIN38414 - S20, S23)
<b>Vlhkost</b>	%	Sušení v horkovzdušné sušárně při standardní teplotě 105°C, pro stanovení vlhkosti použita gravimetrická metoda, (ČSN ISO 11465 (836635))
<b>Ztráta žháním (spalitelné látky)</b>	%	Vysušený jemně umletý vzorek je žhán v laboratorní muflové peci při teplotě 550°C, do konstantní hmotnosti, spalitelné látky stanoveny gravimetricky, (ČSN EN 12879 (ČSN 465735))
<b>Spalné teplo</b>	MJ/kg	Kalorimetrická metoda v tlakové nádobě (ČSN ISO 1928)

Tabulka 13: Popis studovaných oblastí

Typ zástavby	Studovaná oblast		
	Počet obyvatel	Velikost hlavního vzorku - celkem (kg)	Velikost podvzorku - celkem (kg)
<b>Sídlištní</b>	2500	76720	2360
<b>Smíšená</b>	2077	72560	2348
<b>Venkovská</b>	1180	79030	2399

Metoda zjišťování skladby SKO

Skladba SKO se zjišťuje analýzou pomocného vzorku metodou síťové analýzy a ručního dotřídění do předem stanoveného souboru látkových skupin (tabulka 14). Pro síťovou analýzu jsou v každé ze sledovaných zástaveb jednotně užitá 3 síta o velikosti ok 40x40 mm, 20x20 mm, 8x8 mm (obrázky 4 a 5).

## Charakteristika komunálních odpadů

Nadsítná frakce  $> 40$  mm je zcela podrobena látkovému rozboru (10 látkových skupin, celkem 30 podskupin). Frakce 20-40 mm a 8-20 mm (obrázky 6 a 7) se analyzují do 5 látkových skupin a z podsítných zbytků se odebere homogenizovaný laboratorní vzorek o 20 % hmotnosti. Frakce  $< 8$  mm se látkově netřídí.

U všech zrnitostních a látkových skupin je měřena hmotnost. Objem se zjišťuje pouze u látkových skupin ve frakci  $> 40$  mm a u zrnitostních frakcí.

Obrázek 4: Síto s velikostí ok 8x8 mm



Obrázek 5: Síta - oka 40x40 a 20x20 mm



Obrázek 6: Frakce 20-40 mm



Obrázek 7: Frakce 8-20 mm



Tabulka 14: Analyzované látkové skupiny

1. stupeň třídění	2. stupeň třídění	3. stupeň třídění
Papír, lepenka, karton	Papírové obaly  Tiskoviny  Jiný papír	Karton, lepenka Kombinované obaly Jiné obaly Noviny, časopisy Knihy Jiné tiskoviny (letáky)
Plasty	Plastové obaly  Jiné plasty	Fólie obalová PET lahve čiré PET lahve barevné Jiné obaly Fólie neobalová Ostatní plasty
Sklo	Skleněné obaly nevratné  Skleněné obaly vratné Jiné sklo	Čiré sklo Hnědé sklo Zelené sklo
Kovy	Kovové obaly  Jiné kovy	Fe kovy Al kovy
Biologický odpad	Kuchyňský odpad (z domácností)	

### Charakteristika komunálních odpadů

	Zahradní odpad	
Textil	Přírodní vlákno Směs vláken	
Minerální odpad		
Nebezpečný odpad		
Spalitelný odpad	Výrobky pro osobní hygienu Ostatní (kůže, guma, korek, dřevo, vosk)	
Elektrozařízení	(popis)	
Jemný podíl	Zbytek 20-40 mm Zbytek 8-20 mm Frakce < 8 mm	

#### Stanovení fyzikálně - chemických charakteristik v původním vzorku

Při stanovení tepelných charakteristik a obsahu vybraných prvků tak heterogenního materiálů jako jsou SKO byla zvolena kombinovaná metoda. Vzorky jemných podílů odpadů odebrané při fyzických rozborech byly chemicky analyzovány, údaje o složkách papír, plasty, bioodpad, textil, spalitelný podíl byly převzaty z projektu VaV/720/16/03 Výzkum spalování odpadů (Obroučka, 2005) a z ČSN 063090 "Zařízení pro termické zneškodňování odpadů" (Příloha B, 1997). Výpočet výhřevnosti původního vzorku byl proveden v souladu s ČSN ISO 1928 "Tuhá paliva - stanovení spalného tepla kalorimetrickou metodou v tlakové nádobě a výpočet výhřevnosti" za konstantního objemu. Údaje o obsahu chemických prvků ve složkách papír, plasty, bioodpad, textil, spalitelný podíl byly převzaty z literatury (Trebichavský a kol., 1997; BREF - Zpracování odpadů, 2005; EFSA Journal, 2004 a 2009; MZe, 2009; Nekvasil a kol., 1998). Výpočty pro původní vzorky (po vysypání ze svozového automobilu) SKO byly provedeny podle hmotnostního podílu jednotlivých složek a granulometrických frakcí.

## 4 Výsledky

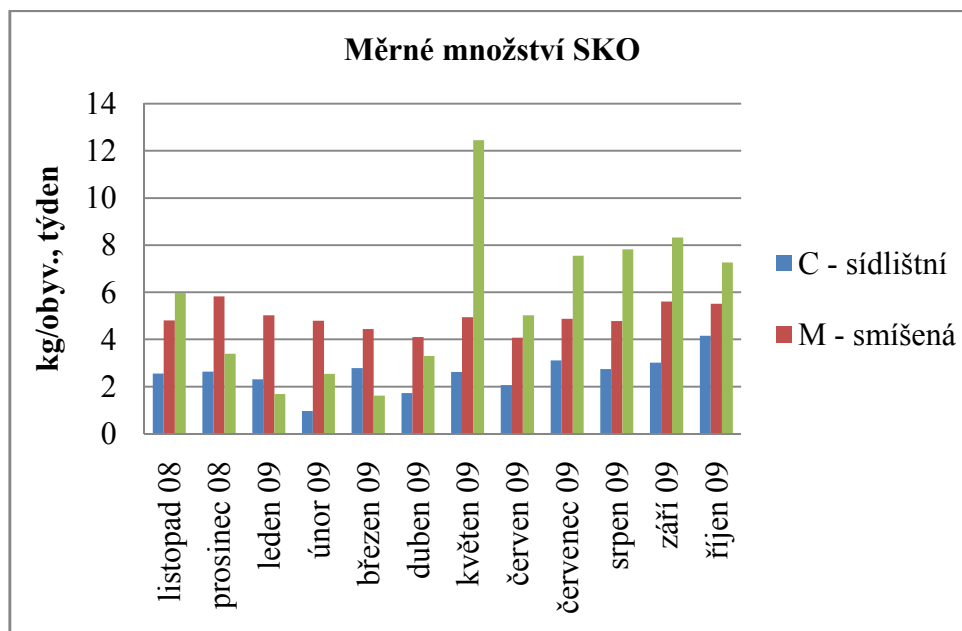
### 4.1 Množství SKO a KO

Průměrné hodnoty měrného množství SKO jsou uvedeny v tabulce 15. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u venkovské zástavby (287 kg/obyv., rok) a nejnižší pak u sídlištní zástavby (131 kg/obyv., rok). Měrné množství SKO ve smíšené zástavbě (261 kg/obyv., rok) se blíží zástavbě venkovské. Vysoká směrodatná odchylka u měrného množství ve venkovské zástavby je způsobena výkyvem této hodnoty v závislosti na sezóně (viz graf 5), kdy v období květen až listopad stoupá množství odpadu především díky vyššímu množství minerálního odpadu, bioodpadu a složek SKO, které se v zimě pravděpodobně spalují v domácích topeništích (spalitelný odpad, papír, plasty), (viz výsledky skladby SKO - graf 7).

Tabulka 15: Měrné množství SKO (zbytkového odpadu, tj. odpadu bez vyříděných využitelných složek), 2008-2009

Typ zástavby	Měrné množství SKO				
	Minimum (kg/obyv. a týden)	Maximum (kg/obyv. a týden)	Průměr (kg/obyv. a týden)	Průměr (kg/obyv. a rok)	Směrodatná odchylka (kg/obyv. a týden)
Sídlištní zástavba	1,69	3,08	2,53	131	0,75
Smíšená zástavba	4,19	5,93	5,01	261	0,52
Venkovská zástavba	2,47	8,25	5,51	287	2,34

Graf 5: Měrné množství SKO v sídlištní (C), smíšené (M) a venkovské (P) zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



Naměřené hodnoty byly porovnány s hodnotami evidovanými svozovými společnostmi operujícími v regionu přináležejícím sledované lokalitě. Bylo dosaženo přibližné shody. V roce 2008 představovalo evidované množství SKO, kde původcem je Město Hradec Králové, 179 kg/ob. týden. Množství naměřené v rámci výzkumu na vybraném sídlišti města Labská kotlina představuje 131 kg/ob. týden. I přes to, že je zde rozdíl 48 kg/ob. týden, lze považovat naměřené množství za směrodatné. Měrná množství v sídlištní zástavbě měst mají ze sledovaných typů obytných zástaveb obvykle nejnižší hodnoty výskytu SKO, v zástavbě rodinných domů, ale i ve starší zástavbě bytových domů jsou hodnoty obvykle vyšší. Tvrzení dokazují hodnoty zjištěné při realizaci výzkumných projektů v minulých obdobích (Benešová, L. a kol., 2003). Město Benešov, kde byla vybrána lokalita se smíšeným typem zástavby, evidovalo v roce 2008 množství SKO 271 kg/ob. týden (261 kg/ob. týden v rámci výzkumu) rok a obce na Ústeckoorlicku s venkovskou zástavbou evidovaly množství SKO 300 kg/ob. týden (287 kg/ob. týden v rámci výzkumu). Rozdíly 10 kg/ob. týden, resp. 13 kg/ob. týden lze považovat za přiměřené.

Průměrné hodnoty měrného množství KO, tj. souhrny hodnot SKO a vytríděných využitelných složek uvádí tabulka 16 - v sídlištní zástavbě 174 kg/ob. týden, ve smíšené zástavbě 292 kg/ob. týden a ve venkovské zástavbě pak 301 kg/ob. týden.

Tabulka 16: Měrné množství KO (výskyt odpadu včetně vyříděných využitelných složek), 2008 - 2009

Typ zástavby	Měrné množství KO			
	Minimum (kg/obyv. a týden)	Maximum (kg/obyv. a týden)	Průměr (kg/obyv. a týden)	Průměr (kg/obyv. a rok)
<b>Sídlištní zástavba</b>	2,51	3,90	3,35	174
<b>Smíšená zástavba</b>	4,80	6,54	5,62	292
<b>Venkovská zástavba</b>	2,76	8,54	5,80	301

Data týkající se měrného množství využitelných složek (VS) vyříděných ve studovaných oblastech byla poskytnuta svozovými společnostmi ve studovaných oblastech a jsou uvedena v tabulce 17. Relativně větší rozdíl je vidět u venkovské zástavby, kde je nižší množství vyříděného papíru a plastů (9 kg/obyv., rok oproti 33,5 kg/obyv., rok a 26,3 kg/obyv., rok v zástavbě sídlištní resp. smíšené). Pokud by zde lidé méně separovali VS, objevily by se potom tyto dvě látkové skupiny ve zvýšené míře v SKO, což ale potvrzeno nebylo (jak je vidět v dalších výsledcích níže – tabulka 18, grafy 9 a 110). Dalším důvodem potom může být vyšší spalování papíru a plastů v domovních topeništích, na což ukazuje relativně větší zvýšení měrného množství těchto komodit v SKO v období květen až říjen oproti složkám SKO, které se v domovních topeništích spálit nedají, resp. pravděpodobně se spíše nespálují (viz graf 7 – papír, plasty, spalitelný odpad vs. textil, kovy, sklo, elektroodpad). Vyšší měrné množství vyříděných VS je vidět u sídlištní zástavby (24,5 % z KO oproti 10,7 % a 4,8 % v zástavbě smíšené, resp. venkovské), důvodem může být menší donášková vzdálenost v této zástavbě, kdy jsou většinou svozové nádoby na VS u nádob na SKO.

Tabulka 17: Měrné množství vytríděných využitelných složek KO a podíl vytríděného KO, 2008 – 2009

Typ zástavby	Měrné množství využitelných složek (VS) KO				
	Papír/lepenka (kg/obyv., rok)	Plasty (kg/obyv., rok)	Sklo (kg/obyv., rok)	Celkem (kg/obyv., rok)	Podíl z KO (tj. z VS+SKO) (%)
Sídlištní zástavba	22,4	11,1	9,2	42,7	24,5
Smíšená zástavba	15,8	10,5	5,0	31,3	10,7
Venkovská zástavba	2,9	6,1	5,4	14,4	4,8

#### 4.2 Skladba SKO a KO a granulometrie

Průměrné hodnoty skladby SKO (podíl látkových skupin ve zbytkovém odpadu, tj. odpadu bez vytríděných využitelných složek) uvádí tabulka 18, průměrné hodnoty skladby KO (výskyt odpadu včetně vytríděných využitelných složek) pak tabulka 19. Z výsledků je patrná podobnost zástavby sídlištní a smíšené. Naopak u zástavby venkovské je vidět především nižší podíl obsahu papíru, plastů a bioodpadu a vyšší podíl obsahu frakce pod 8 mm a minerálního odpadu v SKO i v KO oproti zbývajícím dvěma typům zástavby (v tabulkách zvýrazněno červeně). U látek papír a plasty může být důvodem spalování v domácích topeništích (jak bylo zmíněno výše), ale také celkově nižší produkce těchto látek ve venkovské zástavbě (rozdílný způsob života, menší míra a využívání plastových a papírových obalů). Nejvíce je v SKO ze sídlištní a smíšené zástavby zastoupen bioodpad (cca 21 - 25 %), dále pak papír (cca 16 - 19 %), plasty (cca 14 - 15 %) a spalitelný odpad (cca 14 %). Ve venkovské zástavbě tvoří nejvyšší podíl SKO frakce pod 8 mm (cca 34 %) a bioodpad (cca 13 %). Při započítání vytríděných využitelných složek KO (tabulka 19) stoupne v zástavbě sídlištní a smíšené podíl papíru (na cca 23 - 26 %) a plastů (na cca 17 %) a klesne podíl bioodpadu (na cca 16 - 22 %) a spalitelného odpadu (na cca 11 - 12 %). Složení KO ve venkovské zástavbě je díky nižšímu měrnému množství vytríděných využitelných složek KO podobný složení SKO.

Variabilitou dat a statistickým srovnáním tří typů zkoumaných zástaveb se zabývá kapitola 5.

Tabulka 18: Průměrné hodnoty skladby SKO (zbytkového odpadu, tj. odpadu bez vyříděných využitelných složek), 2008-2009, (v % hmotnostních)

Látková skupina	Průměrný podíl látkových skupin v SKO (% hmotnostní)		
	Sídlištní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
Papír/lepenka	<b>16,26</b>	<b>18,65</b>	<b>6,42</b>
Plasty	<b>14,20</b>	<b>14,68</b>	<b>8,09</b>
Sklo	6,85	6,99	3,13
Kovy	2,30	2,44	2,65
Bioodpad	<b>20,97</b>	<b>24,80</b>	<b>12,61</b>
Textil	6,34	4,57	2,46
Minerální odpad	<b>2,81</b>	<b>0,82</b>	<b>7,24</b>
Nebezpečný odpad	0,96	0,36	0,16
Spalitelný odpad	14,17	14,20	9,99
Elektrozařízení	0,73	0,53	0,36
Zbytek 20-40 mm	6,65	5,37	5,08
Zbytek 8-20 mm	3,89	3,69	8,27
Frakce < 8 mm	<b>3,88</b>	<b>2,90</b>	<b>33,53</b>
<b>Celkem</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Tabulka 19: Průměrné hodnoty skladby KO (výskyt odpadu včetně vyříděných využitelných složek), 2008-2009, (v % hmotnostních)

Látková skupina	Průměrný podíl látkových skupin v KO (% hmotnostní)		
	Sídlištní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
Papír/lepenka	<b>25,70</b>	<b>22,58</b>	<b>7,79</b>
Plasty	<b>16,76</b>	<b>17,58</b>	<b>9,75</b>
Sklo	11,17	7,82	4,87
Kovy	1,68	2,13	2,60
Bioodpad	<b>15,64</b>	<b>21,62</b>	<b>11,69</b>
Textil	4,47	3,98	2,27
Minerální odpad	<b>2,24</b>	<b>0,71</b>	<b>6,82</b>
Nebezpečný odpad	0,56	0,31	0,32
Spalitelný odpad	10,61	12,37	9,42

Charakteristika komunálních odpadů

<b>Elektrozařízení</b>	0,56	0,46	0,32
<b>Zbytek 20-40 mm</b>	5,03	4,68	4,87
<b>Zbytek 8-20 mm</b>	2,79	3,22	7,79
<b>Frakce &lt; 8 mm</b>	<b>2,79</b>	<b>2,54</b>	<b>31,49</b>
<b>Celkem</b>	100,0	100,0	100,0

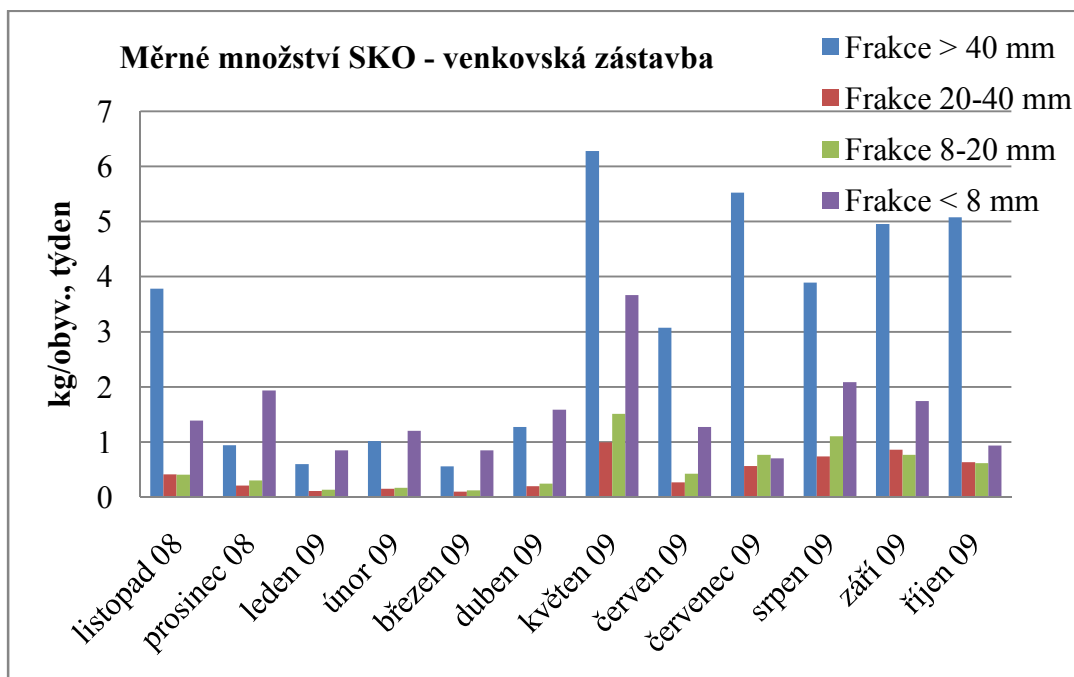
Ukazatele zrnitosti SKO jsou uvedeny v tabulce 20. Opět je vidět podobnost sídlištní a smíšené zástavby a rozdílné výsledky u zástavby venkovské především u frakce nad 40 mm (průměrně asi 85 %, resp. 87 % oproti asi 50 %) a pod 8 mm (průměrně asi 4 %, resp. 3 % oproti asi 34 %), v tabulce 20 zvýrazněno červeně. Tato rozdílnost a vysoká směrodatná odchylka u podílu frakcí nad 40 mm a pod 8 mm ve venkovské zástavbě je způsobena výkyvem těchto hodnot v závislosti na sezóně, kdy v období prosinec až duben je absolutní množství frakce nad 40 mm dokonce nižší než množství frakce pod 8 mm (ta je v zimě tvořena především popelem), (viz graf 6) a v ostatních ročních obdobích stoupne absolutní množství frakce nad 40 mm především díky vyššímu množství minerálního odpadu, bioodpadu a složek SKO, které se dají spálit (spalitelný odpad, papír, plasty), (viz graf 7). Množství frakce pod 8 mm je mimo zimu závislé spíše na množství minerálního odpadu (viz graf 8).

Tabulka 20: Ukazatele zrnitosti SKO (bez zohlednění separace využitelných složek), 2008 - 2009

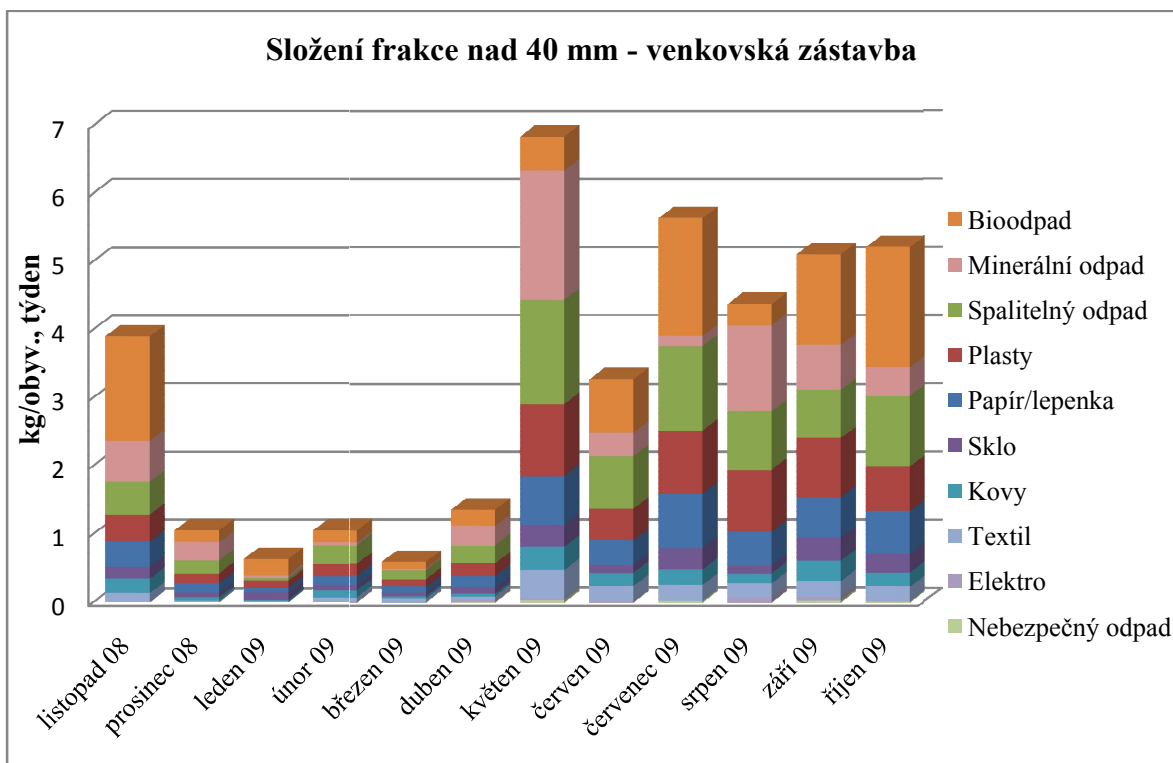
Typ zástavby	Zrnitost SKO podle typů zástavby (% hmotnostní)			
	Frakce > 40 mm	Frakce 20-40 mm	Frakce 8-20 mm	Frakce < 8mm
<b>Průměr</b>				
Sídlištní zástavba	<b>84,66</b>	7,35	4,11	<b>3,88</b>
Smíšená zástavba	<b>87,34</b>	5,94	3,83	<b>2,90</b>
Venkovská zástavba	<b>50,25</b>	7,25	8,97	<b>33,53</b>
<b>Minimum</b>				
Sídlištní zástavba	81,52	4,61	3,01	1,94
Smíšená zástavba	79,15	3,88	2,45	0,90
Venkovská zástavba	27,84	5,94	6,69	9,28
<b>Maximum</b>				
Sídlištní zástavba	89,58	10,70	5,82	6,36
Smíšená zástavba	92,03	8,22	6,17	7,18

Venkovská zástavba	73,13	10,35	14,14	57,07
<b>Směrodatná odchylka</b>				
Sídlištní zástavba	2,75	1,88	0,86	1,55
Smíšená zástavba	3,57	1,47	1,20	1,63
Venkovská zástavba	14,43	1,51	2,14	15,79

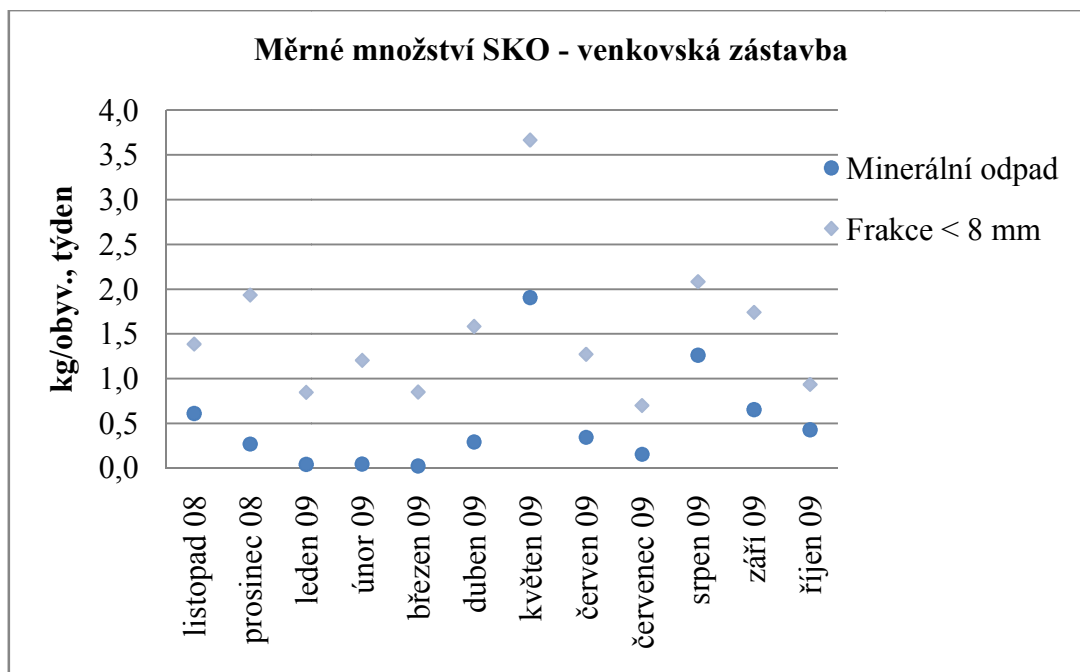
Graf 6: Granulometrické složení SKO z venkovské zástavby v jednotlivých měsíčních odběrech



Graf 7: Složení frakce nad 40mm v SKO ve venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



Graf 8: Podíl minerálního odpadu a frakce pod 8 mm v SKO z venkovské zástavby v jednotlivých měsíčních odběrech

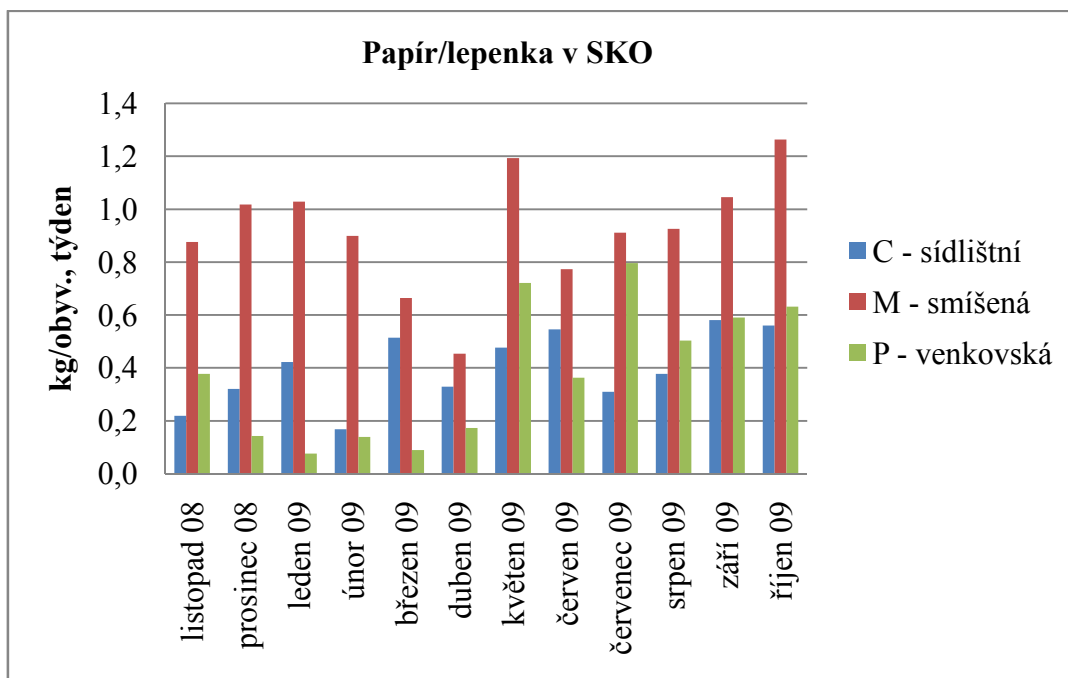


Pro vysvětlení změny podílů (relativního množství) jednotlivých látkových a granulometrických skupin v SKO v průběhu roku (v % hmot.) je třeba použít průběh absolutního množství jednotlivých látkových skupin (v kg/obyv., týden), které nemusí být totožné díky různému množství produkovaného SKO v průběhu roku (viz graf 5). Pro průměrnou skladbu SKO a její srovnání ve třech uvedených typech zástavby jsou naopak použity podíly jednotlivých látkových skupin (% hmot.) z důvodu použitelnosti pro zhodnocení vhodnosti různých způsobů nakládání s SKO (např. výhřevnost SKO a s ní související vhodnost pro energetické využití je mimo jiné dána relativním podílem papíru a plastů a ne jeho absolutním množstvím, které sice může být po celý rok cca stejné, ale díky vyššímu absolutnímu množství bioodpadu v létě je v létě podíl papíru a plastů v SKO nižší a tudíž výhřevnost SKO může být nižší).

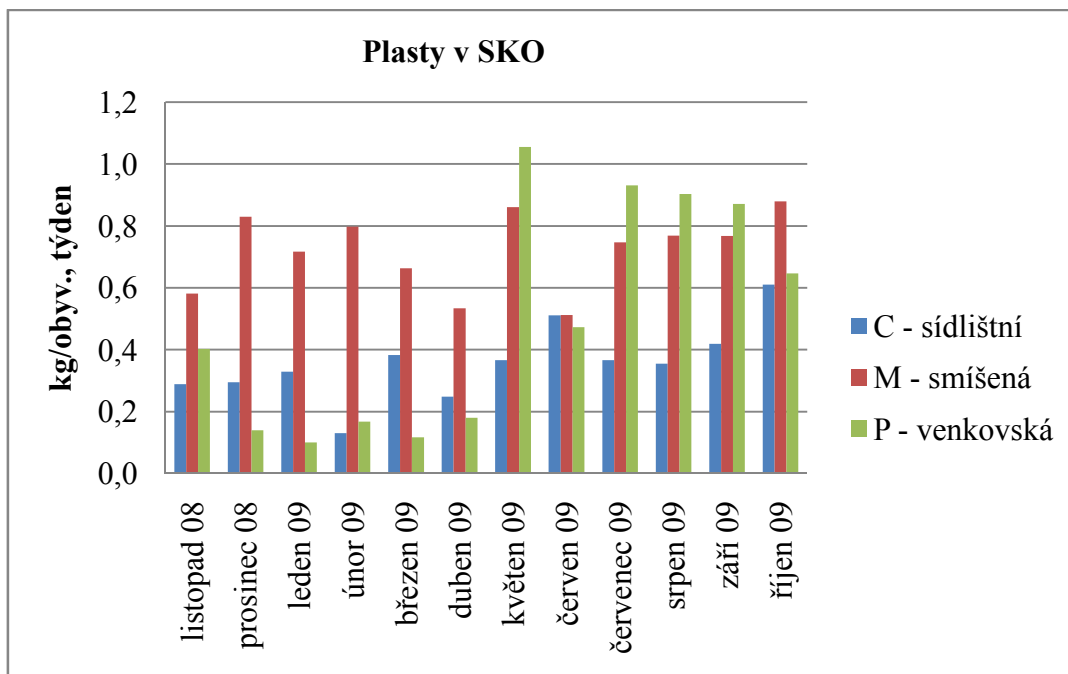
Dále jsou uvedeny grafy měrného množství látkových skupin v SKO v jednotlivých měsíčních odběrech, které se se sezónou mění u venkovské zástavby, vždy v porovnání se zbývajícími typy zástavby, kde tento trend vysledovat nelze – grafy 9 - 13.

Mění se měrné množství skupin „Papír/lepenka“ (graf 9) a „Plasty“ (graf 10) bylo vysvětleno výše, stejně tak skupina „Spalitelný odpad“ (graf 11) se v období prosinec až duben snižuje nejspíše díky spalování v domácích topeništích. Vyšší množství bioodpadu ve venkovské zástavbě (graf 12) se vyskytuje v období květen až listopad, zejména díky vyššímu množství zahradního odpadu (tráva především v létě, listí pak na podzim). Skladba bioodpadu u venkovské zástavby v jednotlivých měsíčních odběrech je znázorněna na grafu 13 (bioodpad v zástavbě smíšené a sídlištní je tvořen především domácím odpadem v průběhu celého roku), kde je vidět v období prosinec až duben úplně chybějící podíl zahradního odpadu.

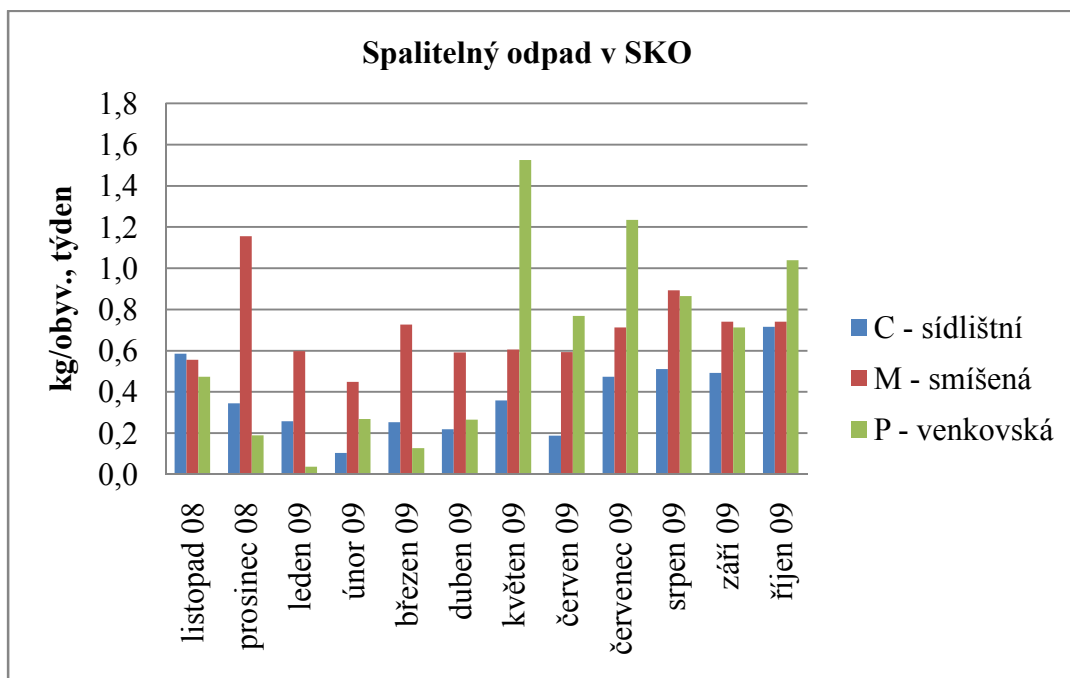
Graf 9: Měrné množství papíru v SKO v sídlištní (C, smíšené (M) a venkovské (P) zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



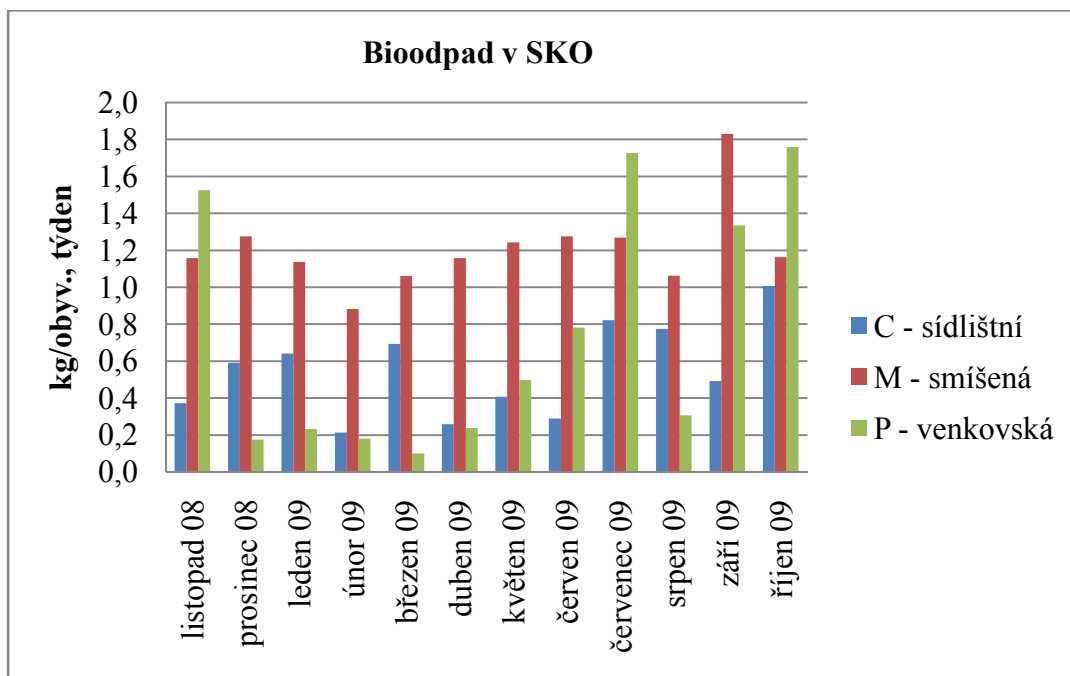
Graf 10: Měrné množství plastů v SKO v sídlištní (C, smíšené (M) a venkovské (P) zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



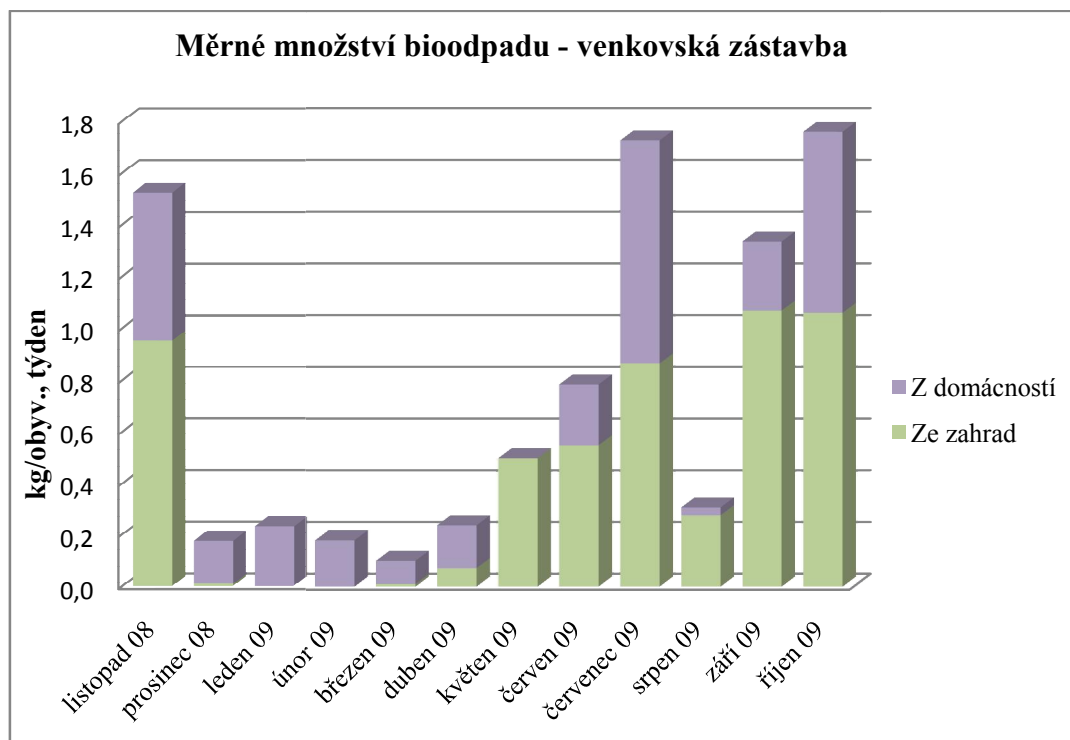
Graf 11: Měrné množství spalitelného odpadu v SKO v sídlištní (C), smíšené (M) a venkovské (P) zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



Graf 12: Měrné množství bioodpadu v SKO v sídlištní (C), smíšené (M) a venkovské (P) zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



Graf 13: Měrné množství bioodpadu v SKO ve venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



### 4.3 Fyzikálně chemická analýza

#### 4.3.1 Vlhkost a výhřevnost SKO

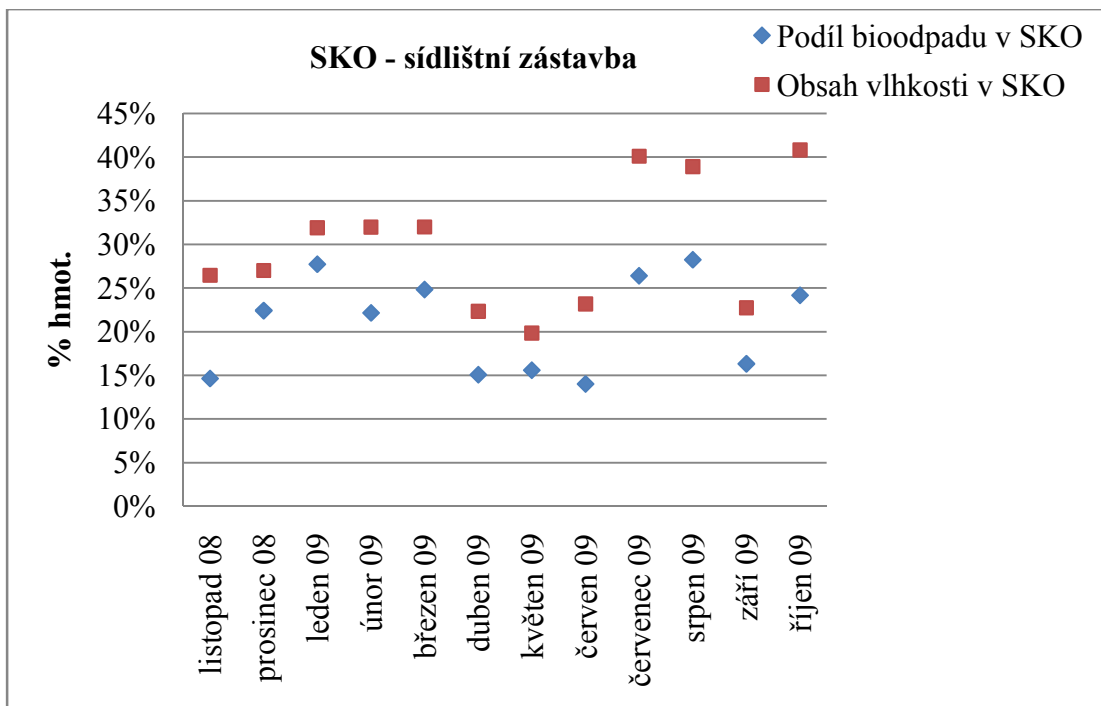
Průměrná vlhkost a výhřevnost SKO je uvedena v tabulce 21. Naměřená data u SKO z venkovské zástavby jsou opět zřetelně rozdílná od dat zbývajících dvou typů zástaveb – SKO z venkovské zástavby má nižší vlhkost (24 % oproti cca 30 % - způsobeno nižším podílem bioodpadu a papíru) a výrazně nižší výhřevnost (6,8 MJ/kg oproti 10,3 a 10,5 MJ/kg - způsobeno nižším podílem výhřevných složek SKO, tj. papíru a plastů a vyšším podílem anorganických složek odpadu – minerální odpad a popel v jemných frakcích).

Tabulka 21: Průměrné hodnoty vlhkosti a výhřevnosti SKO

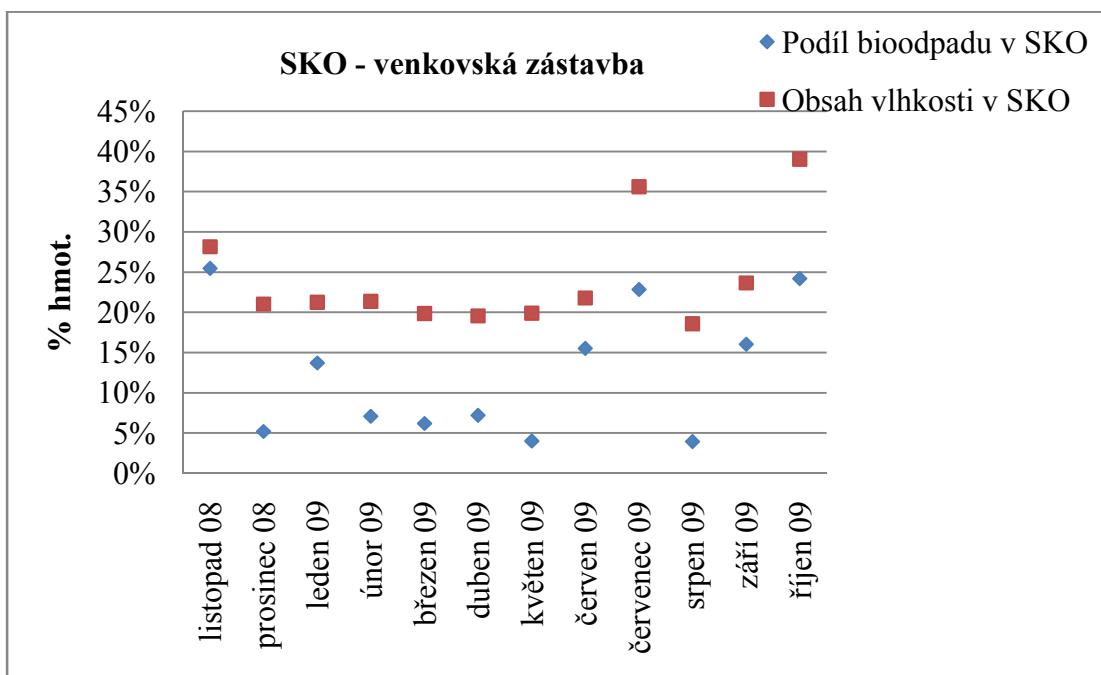
Ukazatel	Průměrné hodnoty měřených ukazatelů		
	Sídlíštní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
Vlhkost (% hmot.)	29,8	30,8	24,1
Výhřevnost (MJ/kg)	10,3	10,5	6,8

Obsah vlhkosti v SKO v jednotlivých měsíčních odběrech (grafy 14 a 15) relativně dobře kopíruje podíl bioodpadu v SKO.

Graf 14: Obsah vlhkosti a podíl bioodpadu v SKO ze sídlištní zástavby v jednotlivých měsíčních odběrech

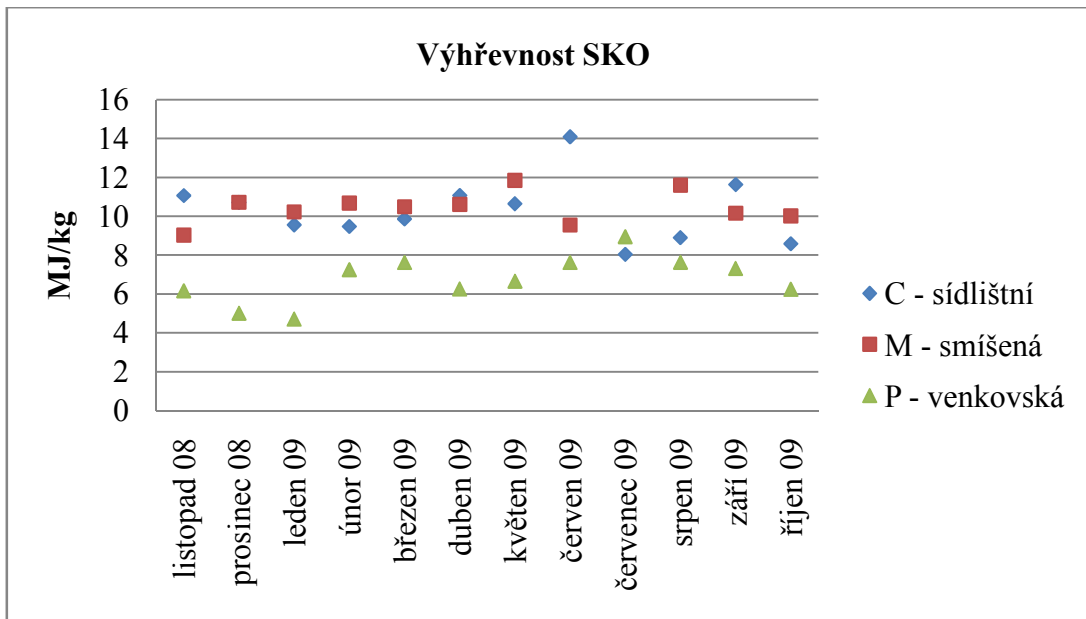


Graf 15: Obsah vlhkosti a podíl bioodpadu v SKO z venkovské zástavby v jednotlivých měsíčních odběrech

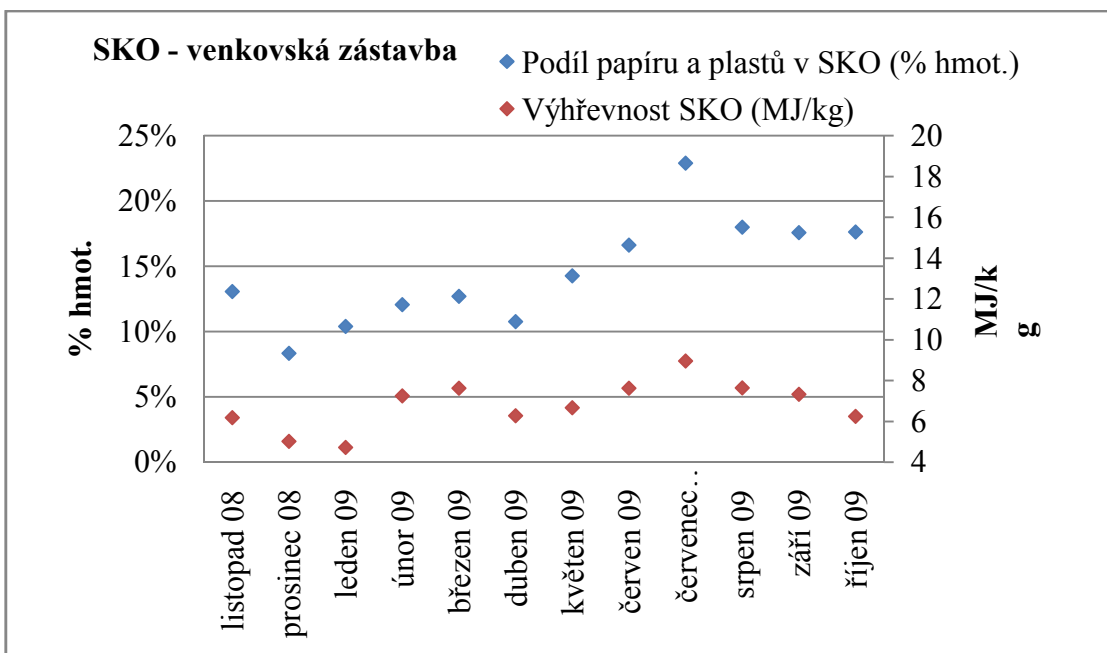


Výkyvy hodnot výhřevnosti SKO z jednotlivých měsíčních odběrů (graf 16) se dají pozorovat spíše u venkovské zástavby, kdy v zimních měsících (prosinec, leden) je výhřevnost nižší v závislosti na podílu látkových skupin SKO s vyšší výhřevností, především papíru a plastů (graf 17). Dále je u sídlištní zástavby vidět maximální naměřená hodnota výhřevnosti v červnu (graf 16), které se shoduje s maximální naměřenou hodnotou obsahu podílu papíru a plastů v tomto typu zástavby (graf 18).

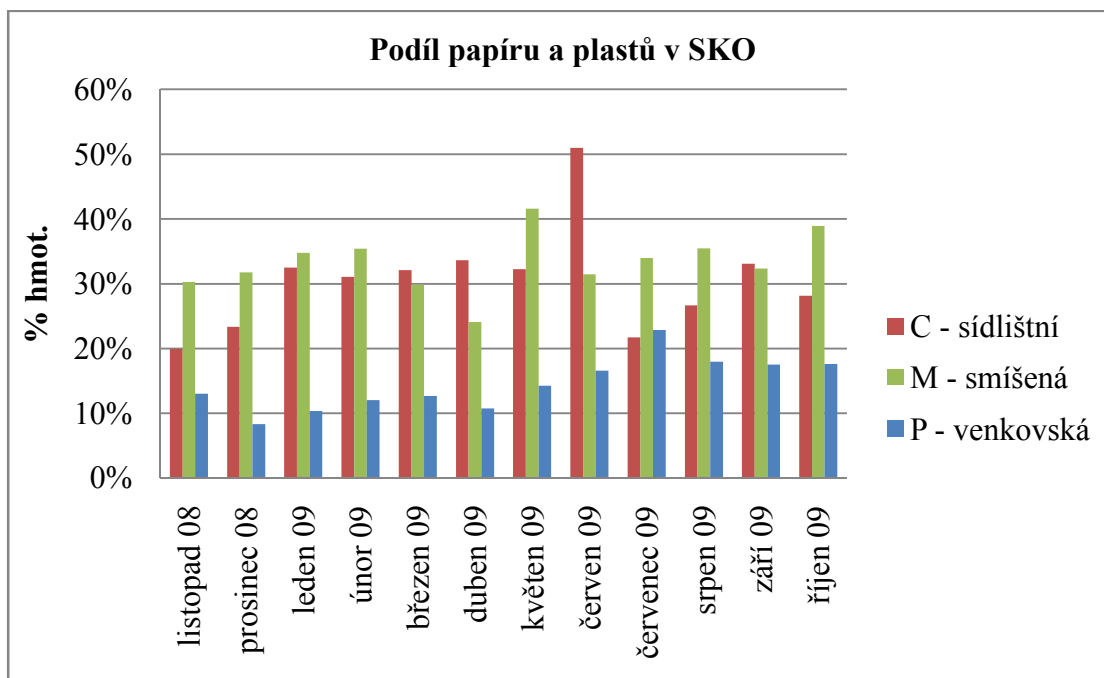
Graf 16: Výhřevnost SKO ze sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



Graf 17: Podíl papíru a plastů v SKO a výhřevnost SKO z venkovské zástavby jednotlivých měsíčních odběrech



Graf 18: Podíl papíru a plastů v SKO ze sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



#### 4.3.2 Obsah těžkých kovů a organických sloučenin

Průměrný obsah těžkých kovů a organických sloučenin v původním vzorku SKO je uveden v tabulce 22. Opět je vidět rozdílnost SKO z venkovské zástavby, a to především u obsahu prvků Tl, As, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn a S (v tabulce 22 tučně). Vyšší obsah uvedených prvků může být způsoben vysokým podílem frakce pod 8 mm, která je tvořena především anorganickými sloučeninami pocházejícími ze spalování pevných paliv. Obsahy těchto prvků v jednotlivých měsíčních odběrech jsou uvedeny v grafech 19 - 26, kde lze pozorovat hlavně u arsenu, železa, thallia, manganu a síry vyšší obsahy v zimních měsících (topné sezóně). Maximum obsahu chromu v únoru může být způsobeno zvýšeným obsahem tohoto prvku v uhlí (průměrný obsah chromu v popelu z uhlí je 127 mg/kg, ale např. až 450 mg/kg v popelu z uhlí z OKR – Trebichavský a kol., 1998). Maximální naměřená hodnota obsahu zinku v lednu může být také díky vyššímu obsahu zinku v uhlí (průměrný obsah zinku v popelu z uhlí je X0 – 100 mg/kg a až 1100 mg/kg v popelu z uhlí z OKR – Trebichavský a kol., 1998), důvodem může být i spalování odpadů, např. pálení pryže (Trebichavský a kol., 1998). Maximum obsahu niklu v únoru může být taktéž způsobeno vyšším obsahem v popelu z uhlí (průměrný obsah v popelu z uhlí je X00 -

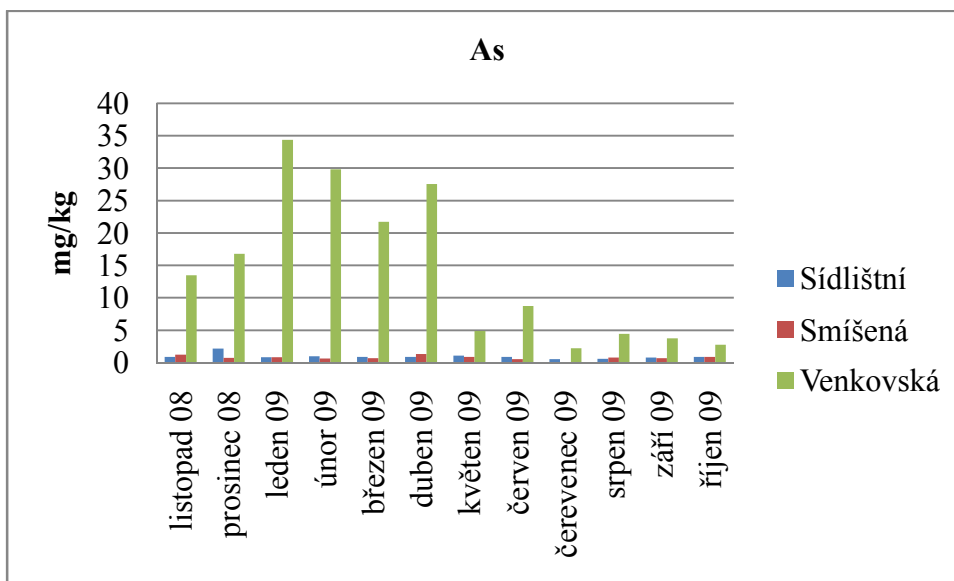
X000 mg/kg, Trebichavský a kol., 1998). Maxima Cr, Zn a Ni ve stejném odběru (únor) naznačují výše uvedený společný původ.

Výše uvedené prvky se vyskytují relativně více v SKO ve venkovské zástavbě i mimo topnou sezónu, kdy obyvatelé používají lokální topeniště na ohřev vody. V jarních a letních měsících se objevuje zvýšení obsahu zinku v SKO i v zástavbě sídlištní a smíšené (graf 25). Zdrojem zinku mohou být také galvanické články nebo elektroodpad (Trebichavský a kol., 1998).

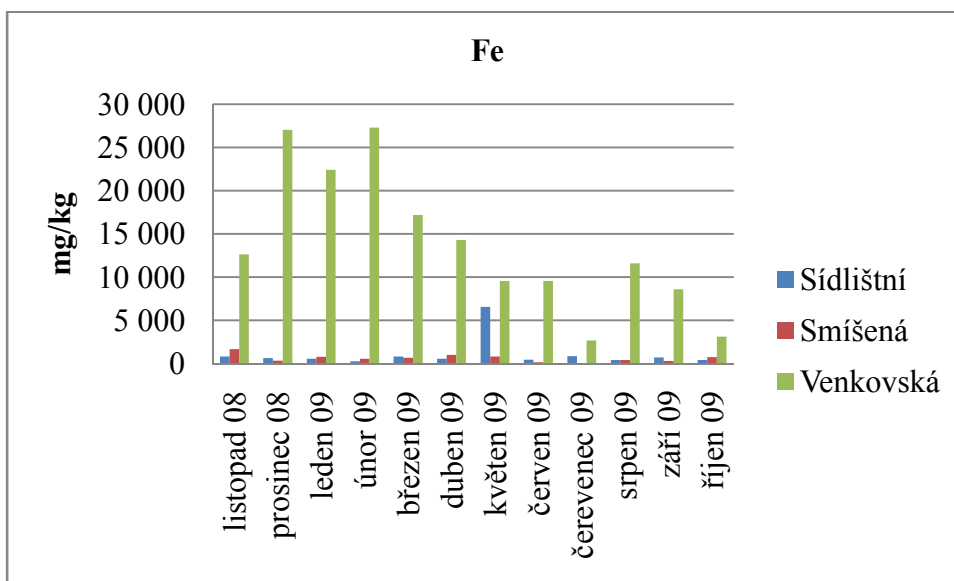
Tabulka 22: Obsah vybraných ukazatelů v SKO, v původním vzorku

Chemický ukazatel	Sídlištní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
Cl (% hm.)	0,20 -0,22	0,19-0,20	0,24-0,26
F (mg/kg)	46-48	53-55	62-68
As (mg/kg)	0,8-1,0	0,8-0,9	<b>12,7-15,7</b>
Cd (mg/kg)	0,88-0,92	0,9-1,0	0,79-0,89
Cr (mg/kg)	28-30	28-30	<b>72-88</b>
Cu (mg/kg)	130-138	135-146	136-161
Hg (mg/kg)	0,14-0,15	0,14-0,15	0,17-0,2
Ni (mg/kg)	7-8	8-9	<b>35-43</b>
Pb (mg/kg)	39-41	40-42	79-85
Zn (mg/kg)	188-201	212-232	<b>306-350</b>
Fe (mg/kg)	993-1171	612-741	<b>13018-14642</b>
Mn (mg/kg)	71-76	73-78	<b>461-519</b>
Tl (mg/kg)	1,4-1,5	1,1-1,2	<b>6,8-7,1</b>
S <sub>celk.</sub> (mg/kg)	907-961	899-948	<b>2365-2584</b>
N <sub>celk.</sub> (mg/kg)	7489-8386	7848-8878	5838-6456
PCB (mg/kg)	0,1-011	0,09-0,1	0,067-0,07

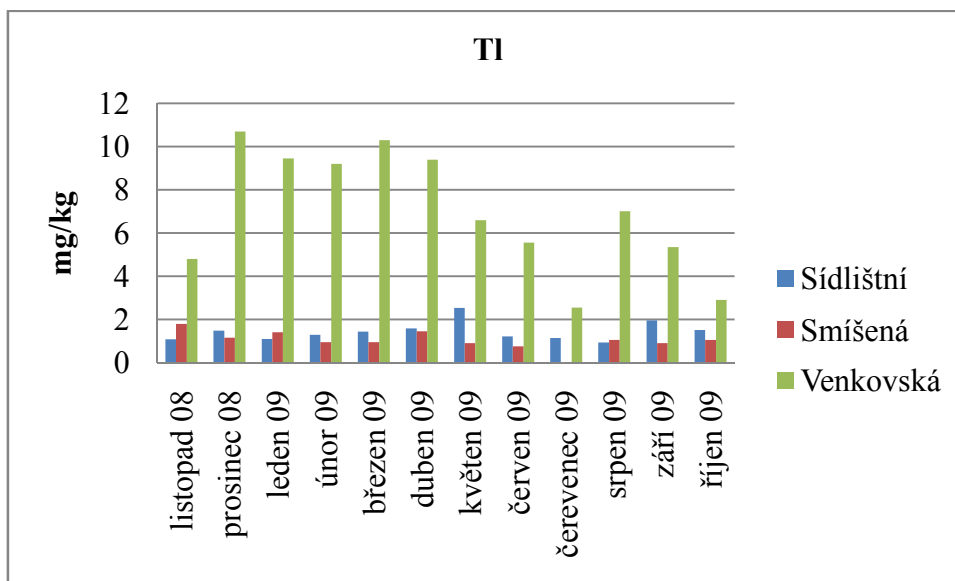
Graf 19: Obsah arsenu v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



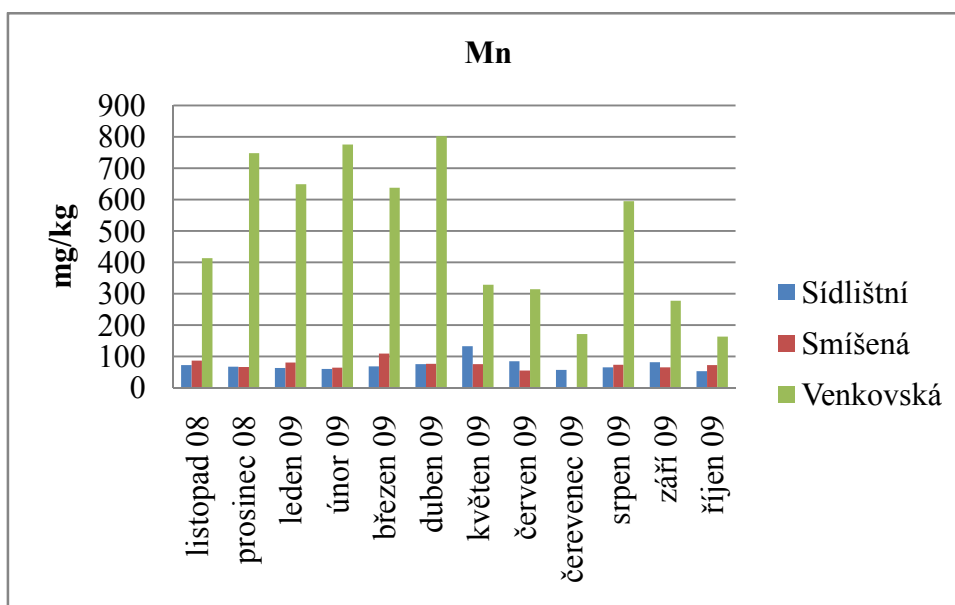
Graf 20: Obsah železa v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



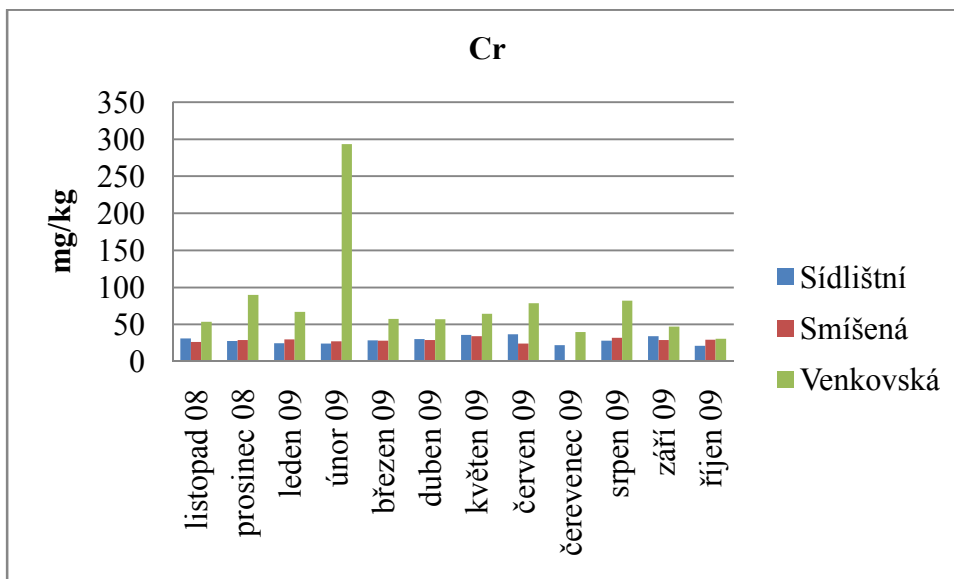
Graf 21: Obsah thallia v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



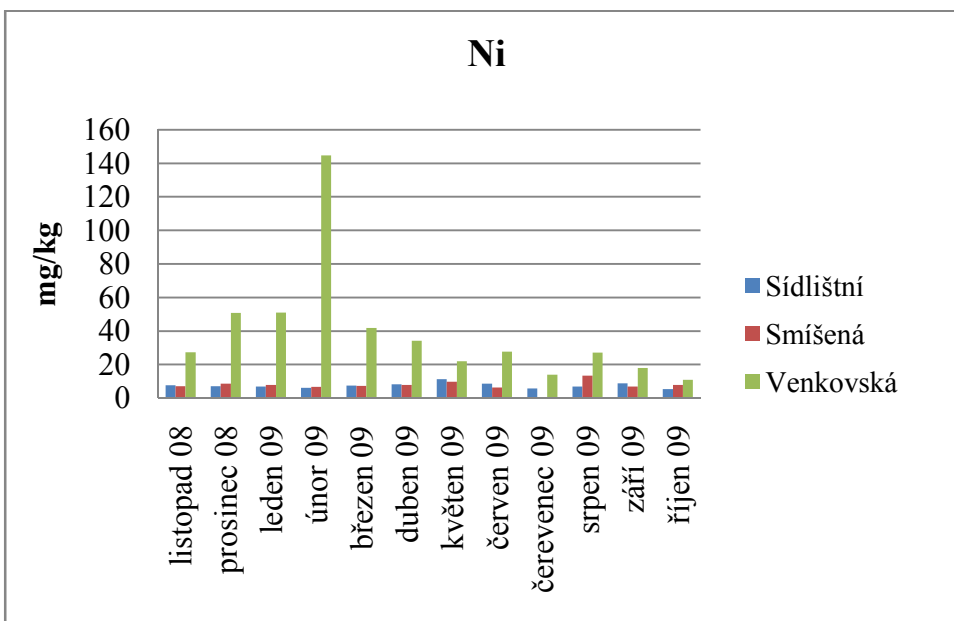
Graf 22: Obsah manganu v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



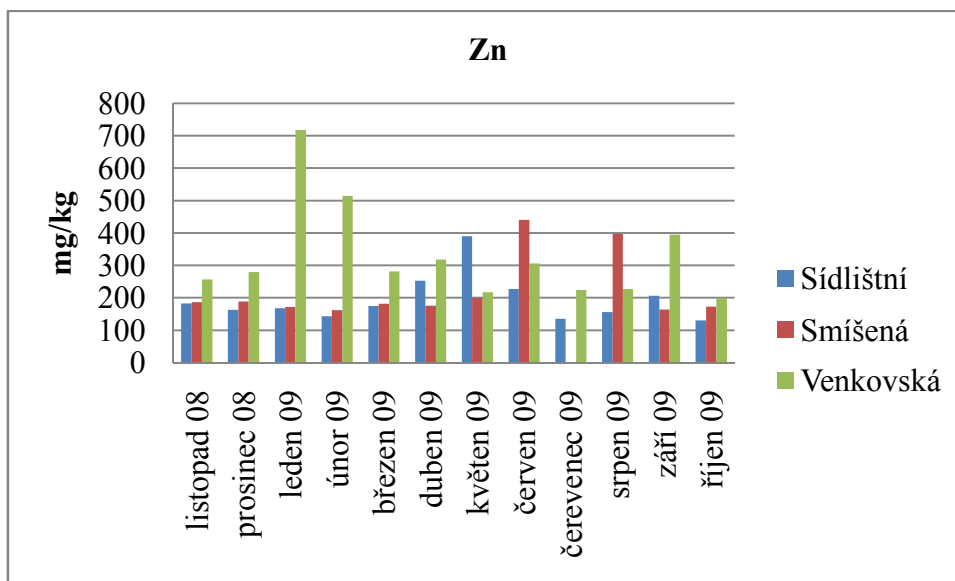
Graf 23: Obsah chromu v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



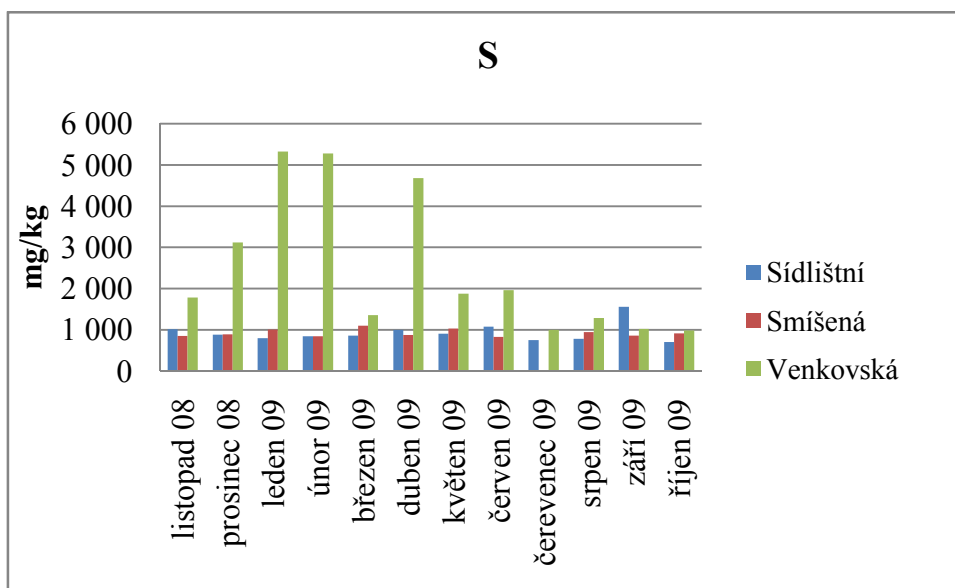
Graf 24: Obsah niklu v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



Graf 25: Obsah zinku v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



Graf 26: Obsah síry v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech



## 5 Statistické srovnání dat ze sídlištní, smíšené a venkovské zástavby

### 5.1 Skladba SKO

V tabulce 23 jsou uvedeny základní statistické ukazatele skladby SKO. Nejvyšší variabilita dat je vidět u látkových skupin vyskytujících se v SKO v relativně malém množství (průměrně do 6 %), konkrétně u elektroodpadu, nebezpečného odpadu, kovů, textilu, frakce pod 8 mm u smíšené zástavby (variační koeficient až 160%, v tabulce 23 vyznačeno červeně). Dále je vyšší variabilita dat vidět u látkových skupin, jejichž podíl je závislý na sezóně - bioodpad a frakce pod 8 mm u venkovské zástavby (variační koeficient 50 - 64 %, v tabulce 23 znázorněno modře). Rozložení dat je znázorněno krabicovými diagramy v grafu 27.

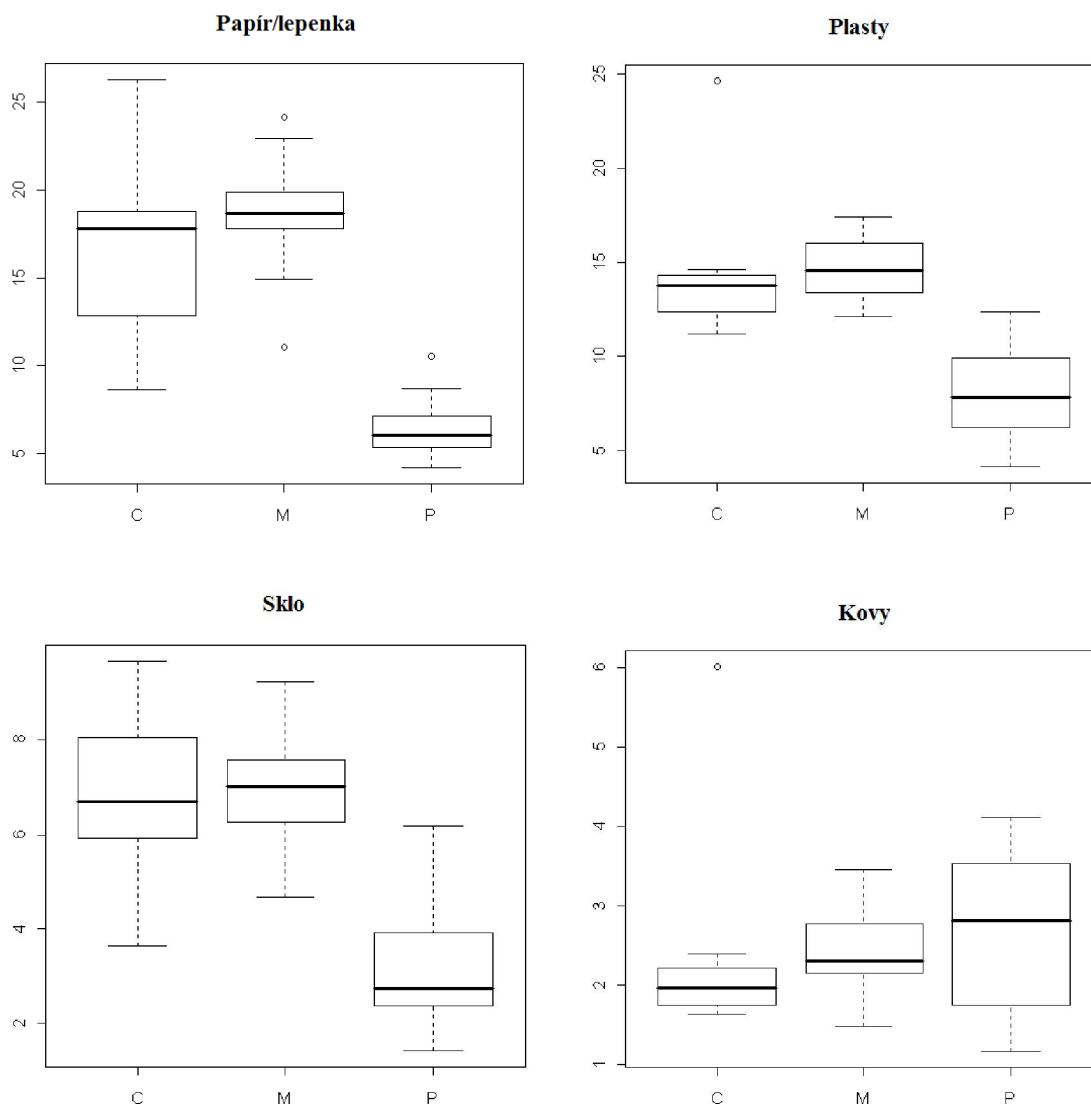
Tabulka 23: Základní statistické ukazatele podílů látkových skupin v SKO (v % hmot.)

Látková skupina	Typ zástavby	Min	Max	Medián	Průměr	Směrod. odch.	Variační koef. (v %)
Papír	M - smíšená	11,08	24,14	18,71	18,64	3,37	18,08
	C - sídlištní	8,62	26,31	17,85	16,26	4,87	29,99
	P - venkovská	4,20	10,55	6,05	6,42	1,79	27,94
Plasty	M - smíšená	12,07	17,42	14,61	14,68	1,68	11,43
	C - sídlištní	11,20	24,65	13,79	14,20	3,50	24,66
	P - venkovská	4,13	12,33	7,82	8,09	2,53	31,27
Sklo	M - smíšená	4,67	9,22	7,03	6,99	1,16	16,64
	C - sídlištní	3,63	9,66	6,70	6,85	1,62	23,70
	P - venkovská	1,43	6,18	2,74	3,13	1,27	40,70
Kovy	M - smíšená	1,48	3,45	2,30	2,44	0,58	23,85
	C - sídlištní	1,64	6,01	1,96	2,30	1,19	51,88
	P - venkovská	1,16	4,12	2,80	2,65	0,99	37,37
Bioodpad	M - smíšená	18,39	32,65	23,97	24,80	4,18	16,85
	C - sídlištní	14,00	28,26	22,30	20,97	5,49	26,19
	P - venkovská	3,92	25,49	10,46	12,61	8,17	64,73
Textil	M - smíšená	2,15	8,63	3,81	4,57	2,29	50,10
	C - sídlištní	1,91	12,04	5,74	6,34	3,44	54,20
	P - venkovská	0,70	4,35	2,73	2,46	1,07	43,46
Minerální	M - smíšená	0,16	1,60	0,77	0,82	0,52	63,52

Charakteristika komunálních odpadů

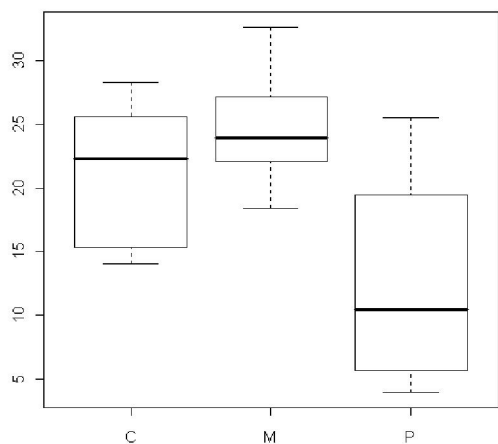
<b>odpad</b>	<b>C - sídlištní</b>	0,38	9,04	2,02	2,81	2,72	96,92
	<b>P - venkovská</b>	1,50	16,12	7,35	7,24	4,95	68,36
<b>Nebezpečný odpad</b>	<b>M - smíšená</b>	0,01	1,03	0,22	0,36	0,35	95,81
	<b>C - sídlištní</b>	0,00	5,32	0,20	0,96	1,61	167,05
	<b>P - venkovská</b>	0,02	0,37	0,06	0,16	0,15	95,15
<b>Spalitelný odpad</b>	<b>M - smíšená</b>	9,38	19,87	13,96	14,19	2,99	21,04
	<b>C - sídlištní</b>	9,04	22,98	13,40	14,17	4,14	29,20
	<b>P - venkovská</b>	2,22	16,35	9,56	9,99	4,14	41,41
<b>Elektroodpad</b>	<b>M - smíšená</b>	0,00	1,34	0,35	0,53	0,48	89,82
	<b>C - sídlištní</b>	0,00	3,74	0,43	0,73	1,09	149,25
	<b>P - venkovská</b>	0,00	0,95	0,18	0,36	0,39	108,68
<b>Zbytek 20 - 40 mm</b>	<b>M - smíšená</b>	3,20	7,68	5,25	5,37	1,48	27,67
	<b>C - sídlištní</b>	3,94	10,19	6,88	6,65	1,98	29,78
	<b>P - venkovská</b>	2,60	8,80	4,83	5,08	1,72	33,91
<b>Zbytek 8 - 20 mm</b>	<b>M - smíšená</b>	2,24	6,03	3,40	3,69	1,22	33,12
	<b>C - sídlištní</b>	2,71	5,59	3,72	3,89	0,90	23,04
	<b>P - venkovská</b>	6,29	11,81	7,82	8,27	1,82	21,97
<b>Frakce &lt; 8 mm</b>	<b>M - smíšená</b>	0,90	7,18	2,27	2,90	1,70	58,63
	<b>C - sídlištní</b>	1,94	6,36	4,05	3,88	1,36	35,06
	<b>P - venkovská</b>	9,28	57,07	28,03	33,53	16,49	49,19
<b>Frakce &gt; 40 mm</b>	<b>M - smíšená</b>	79,15	92,03	87,17	87,34	3,73	4,27
	<b>C - sídlištní</b>	81,52	89,58	83,66	84,66	2,87	3,39
	<b>P - venkovská</b>	27,84	73,13	50,10	50,25	15,07	30,00
<b>Frakce 20-40 mm</b>	<b>M - smíšená</b>	3,88	8,22	5,74	5,94	1,54	25,94
	<b>C - sídlištní</b>	4,61	10,70	7,39	7,35	1,96	26,70
	<b>P - venkovská</b>	5,30	10,35	6,75	7,25	1,57	21,71
<b>Frakce 8-20 mm</b>	<b>M - smíšená</b>	2,45	6,17	3,49	3,83	1,25	32,77
	<b>C - sídlištní</b>	3,01	5,82	3,93	4,11	0,90	21,96
	<b>P - venkovská</b>	6,69	14,14	8,44	8,97	2,24	24,91

Graf 27: Krabicové diagramy - vyznačené mediány (tučně), 25% a 75% kvartily, min a max, jednotlivé body = odlehlá pozorování (vzdálenost od mediánu větší než 1,5násobek mezikvartilového rozpětí); *osa x = typ zástavby (C - sídlištní, M - smíšená, P - venkovská), osa y = podíl látkové skupiny v SKO (v % hmot.)*

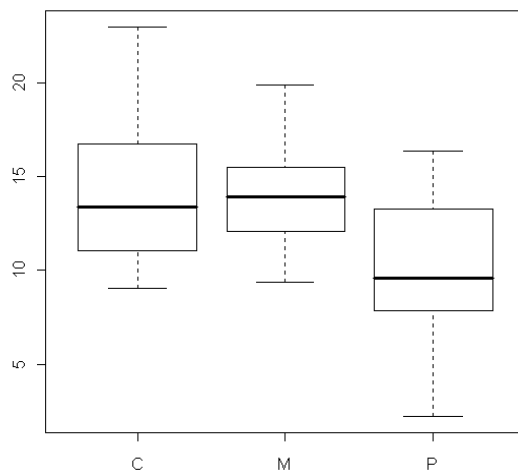


# Charakteristika komunálních odpadů

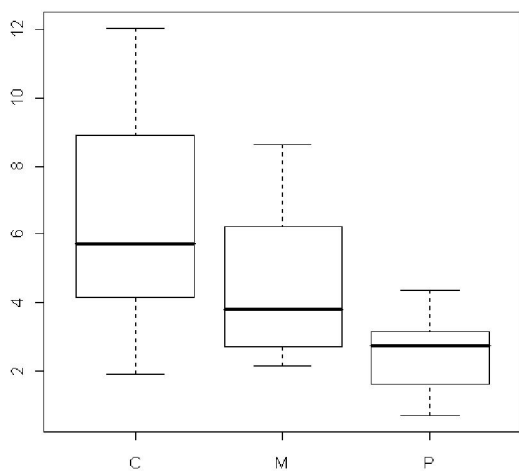
## Biodpad



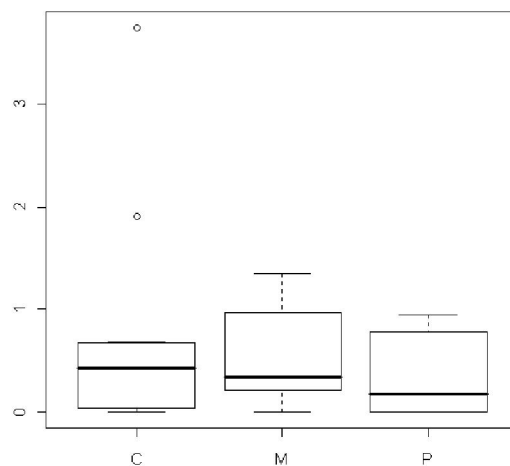
## Spalitelný odpad



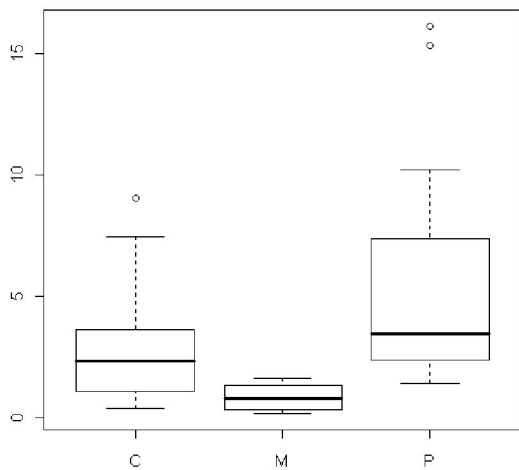
## Textil



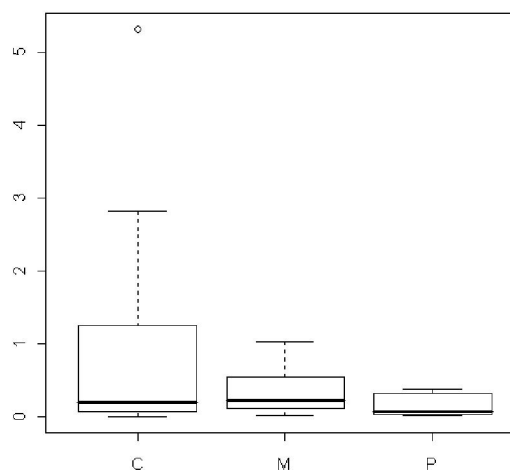
## Elektroodpad



## Minerální odpad

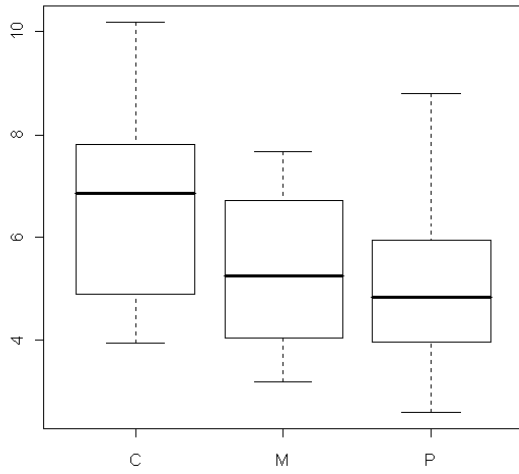


## Nebezpečný odpad

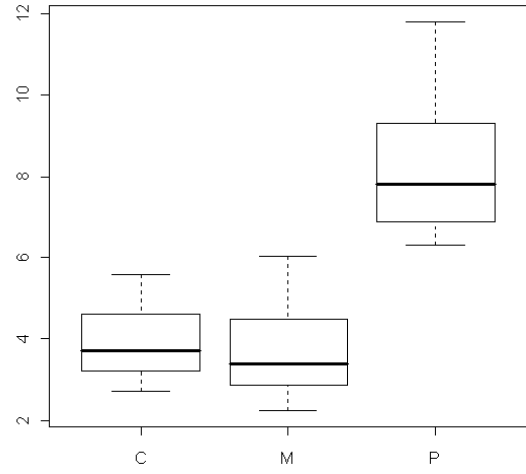


Charakteristika komunálnych odpadů

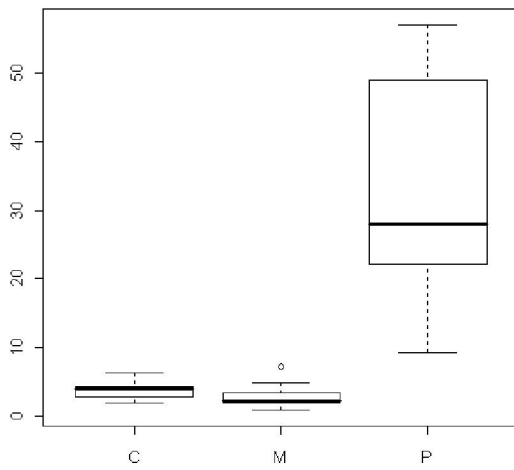
Zbytek 20 - 40 mm



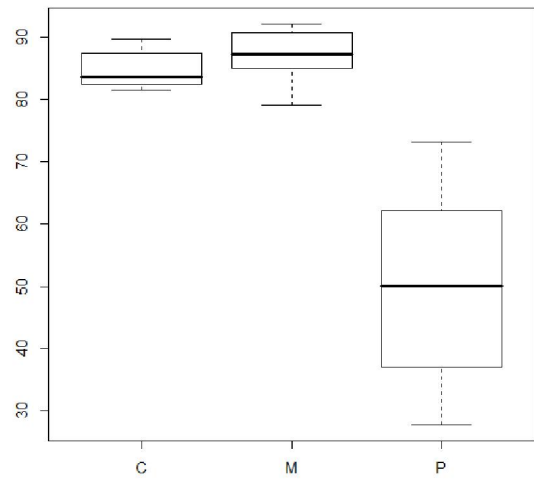
Zbytek 8 - 20 mm



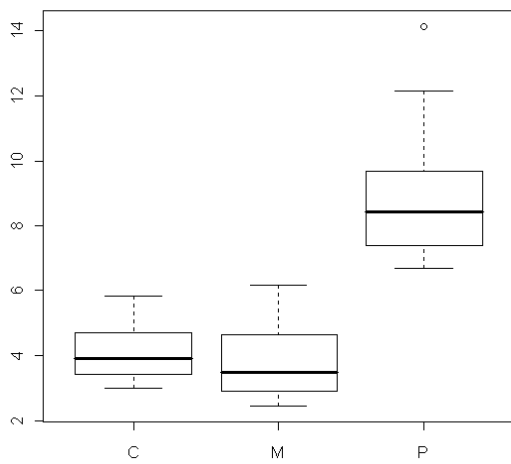
Frakce pod 8 mm



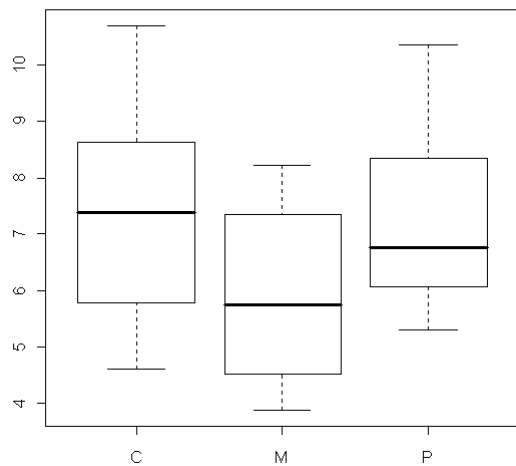
Frakce nad 40 mm



Frakce 8 - 20 mm



Frakce 20 - 40 mm



V tabulce 24 jsou pak shrnuty výsledky Kruskal-Wallisova testu na hladině významnosti 0,05, který byl použit k porovnání dat mezi třemi typy zástavby. Rozdíl mezi sídlištní a smíšenou zástavbou test neprokázal v 12 z 13 zjišťovaných látkových skupin. Naopak rozdíl mezi smíšenou a venkovskou zástavbou byl prokázán v 9 z 13 zjišťovaných látkových skupin a rozdíl mezi sídlištní a venkovskou zástavbou byl prokázán v 10 z 13 zjišťovaných látkových skupin.

Tabulka 24: Srovnání smíšené (M), sídlištní (C) a venkovské (P) zástavby (P-hodnoty dle Kruskal-Walisova testu, tučně signifikantně rozdílné typy zástavby)

Látková skupina	P-hodnota		
	M x C	M x P	C x P
Papír	0,119	<b>3,23 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>6,79 . 10<sup>-5</sup></b>
Plasty	0,119	<b>4,15 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>0,0001</b>
Sklo	0,729	<b>6,79 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>0,0001</b>
Kovy	0,073	0,5637	0,2482
Biodpad	0,184	<b>0,0027</b>	<b>0,0179</b>
Textil	0,204	<b>0,0209</b>	<b>0,0015</b>
Minerální odpad	<b>0,010</b>	<b>5,31 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>0,0243</b>
Nebezpečný odpad	0,977	0,1567	0,2979
Spalitelný odpad	0,729	<b>0,0227</b>	<b>0,0243</b>
Elektroodpad	0,840	0,2233	0,5804
Zbytek 20 - 40 mm	0,106	0,6033	<b>0,0433</b>
Zbytek 8 - 20 mm	0,507	<b>3,23 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>3,21 . 10<sup>-5</sup></b>
Frakce < 8 mm	0,057	<b>3,21 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>3,23 . 10<sup>-5</sup></b>
Granulometrické frakce:			
Frakce > 40 mm	<b>0,033</b>	<b>3,23 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>3,21 . 10<sup>-5</sup></b>
Frakce 20-40 mm	<b>0,050</b>	0,0647	0,9541
Frakce 8-20 mm	0,326	<b>3,23 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>3,21 . 10<sup>-5</sup></b>
Frakce < 8 mm	0,057	<b>3,21 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>3,23 . 10<sup>-5</sup></b>

## 5.2 Fyzikálně-chemické ukazatele

V tabulce 25 jsou uvedeny základní statistické ukazatele měřených fyzikálně-chemických parametrů. Nejvyšší variabilita dat je vidět u SKO z venkovské zástavby, konkrétně u arsenu, chromu, mědi, rtuti, niklu, olova a síry a u železa v SKO ze všech tří typů zástavby, kde je variační koeficient vyšší než 50% (v tabulce 25 zvýrazněno červeně). Rozložení dat je znázorněno v grafu 28. V těchto krabicových diagramech je dobře vidět vyšší variabilita dat zejména u venkovské zástavby způsobená vlivem sezóny na vlastnosti SKO, a to především díky vyššímu obsahu popela v SKO v zimních měsících, který je původcem většiny výše zmíněných prvků.

Tabulka 25: Základní statistické ukazatele fyzikálně-chemický ukazatelů SKO

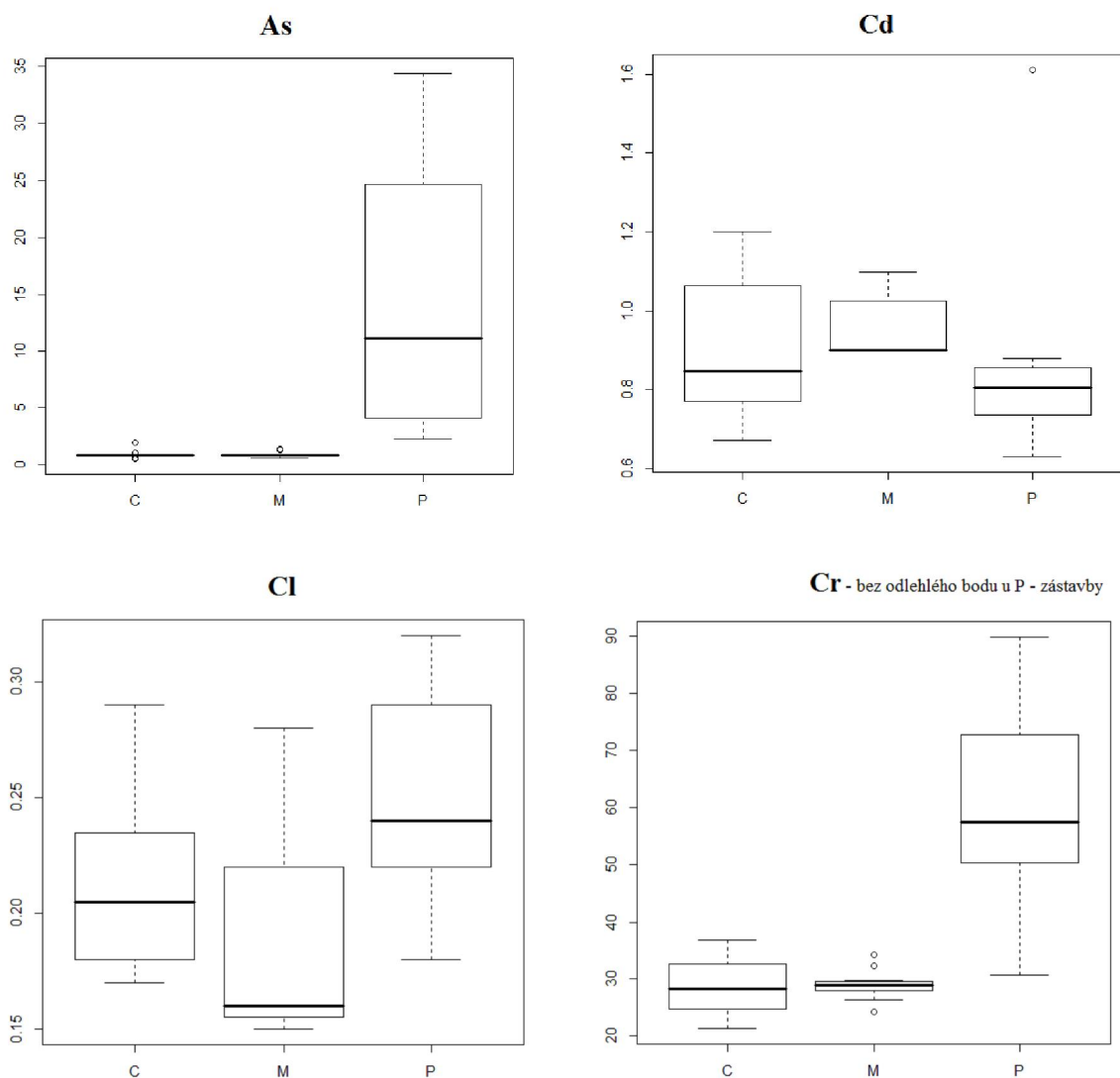
Ukazatel	Typ zástavby	Min	Max	Medián	Průměr	Směrod. odch.	Variační koef. (v %)
Vlhkost (% hm.)	M - smíšená	25,45	37,11	31,02	30,82	3,72	12,08
	C - sídlištní	19,85	40,83	29,46	29,78	7,34	24,64
	P - venkovská	18,57	39,04	21,29	24,14	6,68	27,66
Spalné teplo (MJ/kg)	M - smíšená	9,02	11,85	10,48	10,45	0,81	7,79
	C - sídlištní	8,03	14,09	10,25	10,30	1,63	15,81
	P - venkovská	4,71	8,96	6,96	6,79	1,20	17,61
Popel (% hm.)	M - smíšená	13,50	18,79	15,36	16,08	1,77	11,01
	C - sídlištní	14,29	28,75	18,62	19,10	4,05	21,20
	P - venkovská	18,98	55,31	43,45	40,66	10,96	26,94
Cl % hm.)	M - smíšená	0,15	0,28	0,16	0,19	0,05	27,57
	C - sídlištní	0,17	0,29	0,20	0,21	0,04	18,56
	P - venkovská	0,18	0,32	0,24	0,25	0,05	18,73
F (mg/kg)	M - smíšená	39,50	54,00	47,50	47,95	4,93	10,28
	C - sídlištní	33,50	64,00	47,00	46,88	9,23	19,68
	P - venkovská	34,50	139,00	58,00	64,75	27,14	41,92
As (mg/kg)	M - smíšená	0,55	1,35	0,80	0,85	0,25	28,72
	C - sídlištní	0,52	1,94	0,83	0,90	0,36	39,71
	P - venkovská	2,20	34,35	11,13	14,22	11,63	81,84
Cd	M - smíšená	0,90	1,10	0,90	0,96	0,08	8,07

Charakteristika komunálních odpadů

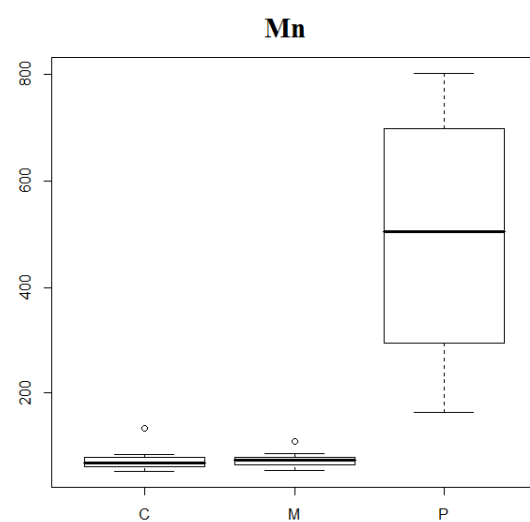
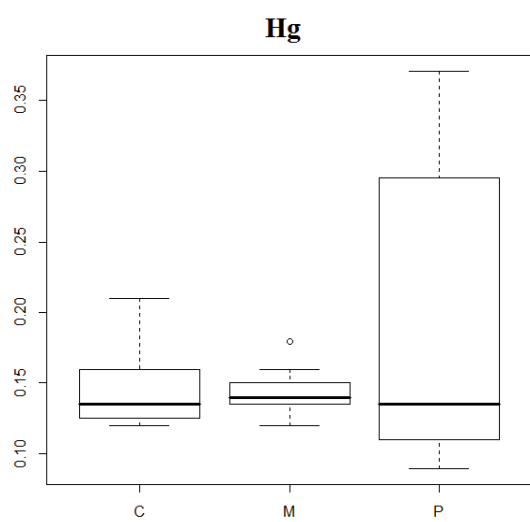
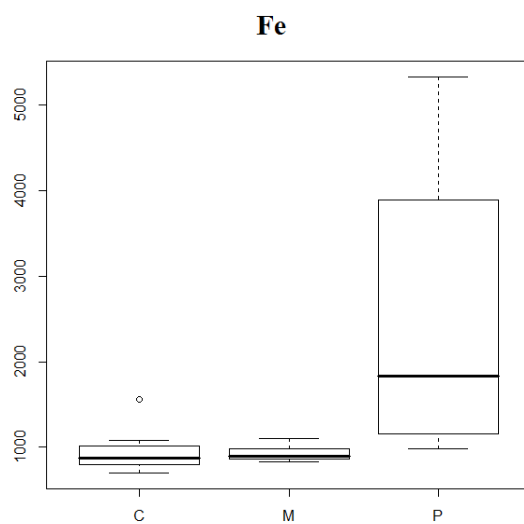
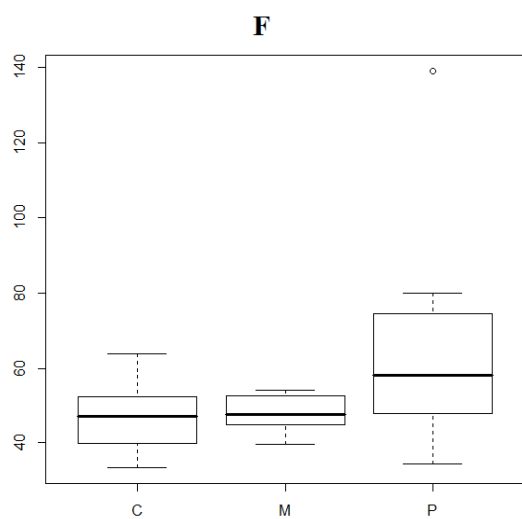
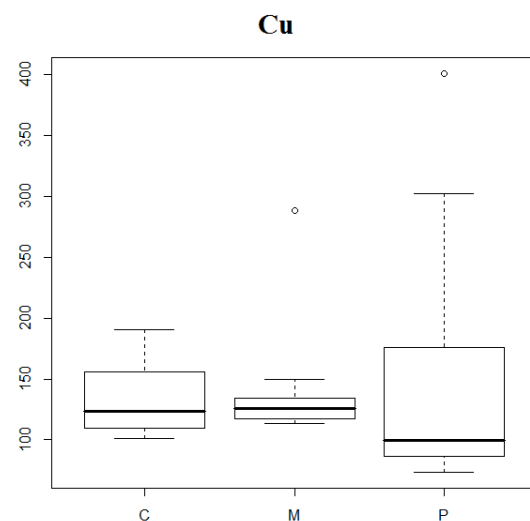
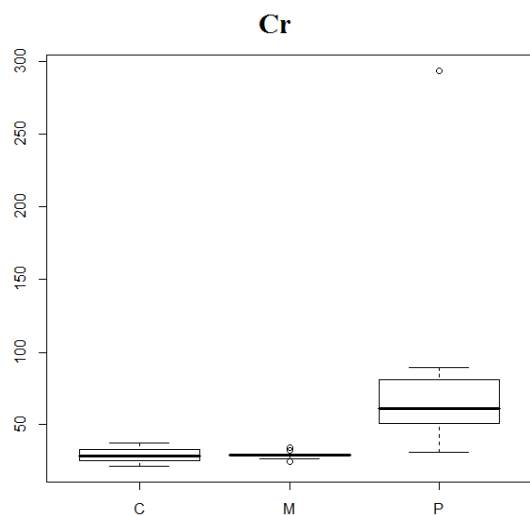
(mg/kg)	C - sídlištní	0,67	1,20	0,84	0,90	0,18	19,93
	P - venkovská	0,63	1,61	0,80	0,84	0,25	29,73
Cr (mg/kg)	M - smíšená	24,25	34,10	28,90	28,90	2,64	9,14
	C - sídlištní	21,35	36,75	28,13	28,73	5,15	17,94
	P - venkovská	30,65	293,45	60,88	80,08	69,38	86,64
Cu (mg/kg)	M - smíšená	113,15	288,40	125,30	140,23	50,33	35,89
	C - sídlištní	100,55	190,75	123,33	133,96	30,17	22,52
	P - venkovská	73,25	400,65	99,43	148,62	106,14	71,41
Hg (mg/kg)	M - smíšená	0,12	0,18	0,14	0,14	0,02	12,37
	C - sídlištní	0,12	0,21	0,13	0,14	0,03	19,64
	P - venkovská	0,09	0,37	0,13	0,18	0,11	57,70
Ni (mg/kg)	M - smíšená	6,35	13,30	7,75	8,13	1,94	23,89
	C - sídlištní	5,35	11,30	7,23	7,49	1,60	21,42
	P - venkovská	10,90	144,70	27,43	39,08	35,74	91,46
Pb (mg/kg)	M - smíšená	34,40	51,75	39,65	40,90	4,81	11,75
	C - sídlištní	29,10	51,75	39,55	40,26	8,08	20,08
	P - venkovská	28,75	593,70	37,30	82,27	161,11	195,84
Zn (mg/kg)	M - smíšená	161,75	440,95	182,00	222,04	98,55	44,38
	C - sídlištní	130,55	390,35	171,55	194,35	71,88	36,99
	P - venkovská	199,60	717,85	280,50	328,26	150,99	46,00
PCB (mg/kg)	M - smíšená	0,08	0,18	0,09	0,10	0,03	29,19
	C - sídlištní	0,07	0,22	0,10	0,11	0,04	37,84
	P - venkovská	0,05	0,15	0,06	0,07	0,03	41,22
S (mg/kg)	M - smíšená	830,50	1099,00	889,50	923,36	88,12	9,54
	C - sídlištní	703,00	1561,50	876,00	934,04	226,97	24,30
	P - venkovská	983,00	5328,00	1835,00	2474,33	1693,02	68,42
Fe (mg/kg)	M - smíšená	134,60	1684,10	678,75	676,70	422,02	62,36
	C - sídlištní	272,35	6540,65	589,03	1082,07	1728,67	159,76
	P - venkovská	2675,15	27303,30	12119,45	13829,90	8261,22	59,73
Mn (mg/kg)	M - smíšená	54,75	109,60	73,25	75,10	14,39	19,17
	C - sídlištní	53,50	133,00	67,80	73,42	20,95	28,54
	P - venkovská	163,30	801,90	504,45	489,68	237,39	48,48
Tl (mg/kg)	M - smíšená	0,75	1,80	1,05	1,12	0,31	27,48
	C - sídlištní	0,94	2,53	1,36	1,44	0,44	30,76

	<b>P - venkovská</b>	2,55	10,70	6,80	6,98	2,82	40,41
<b>N (mg/kg)</b>	<b>M - smíšená</b>	7018,50	10552,00	7950,00	8363,23	1125,68	13,46
	<b>C - sídlištní</b>	6119,00	10627,50	7818,50	7937,29	1361,42	17,15
	<b>P - venkovská</b>	3713,00	9247,00	6149,25	6192,08	1848,71	29,86

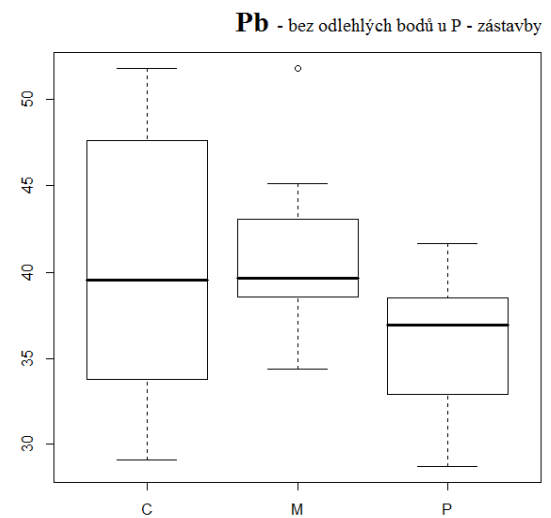
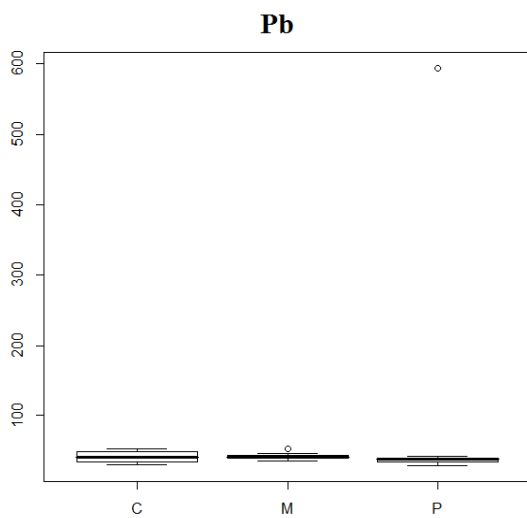
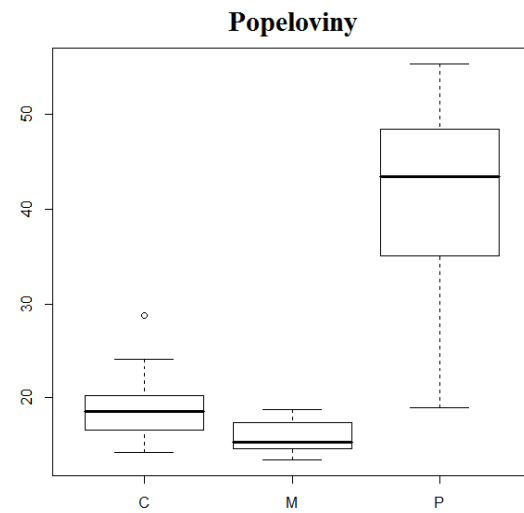
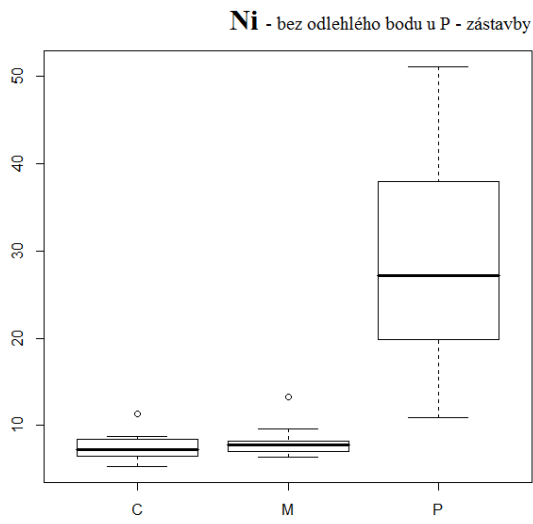
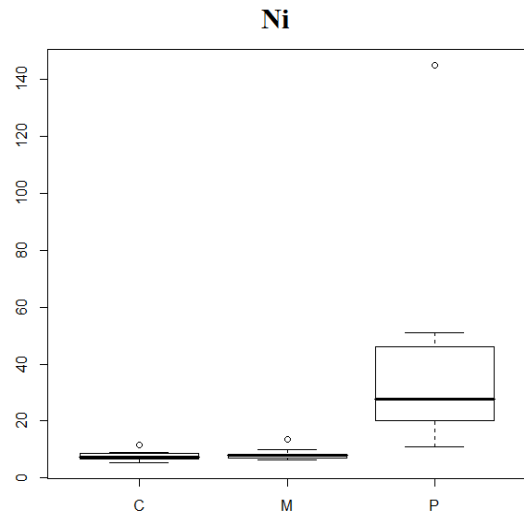
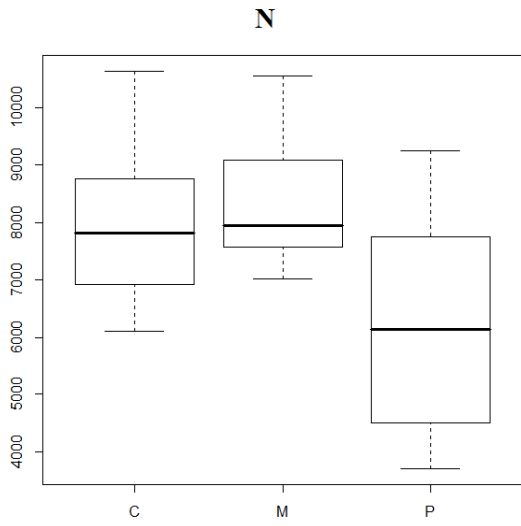
Graf 28: Krabicové diagramy - vyznačené mediány (tučně), 25% a 75% kvartily, min a max, jednotlivé body = odlehlá pozorování (vzdálenost od mediánu větší než 1,5násobek mezikvartilového rozpětí); *osa x = typ zástavby (C - sídlištní, M - smíšená, P - venkovská), osa y = množství měřeného ukazatele v mg/kg (As, Cd, Cr, Cu, F, Fe, Hg, Mn, N, Ni, Pb, PCB, S, Tl, Zn), v % hmot. (Cl, vlhkost, popel), v MJ/kg (spalné teplo)*



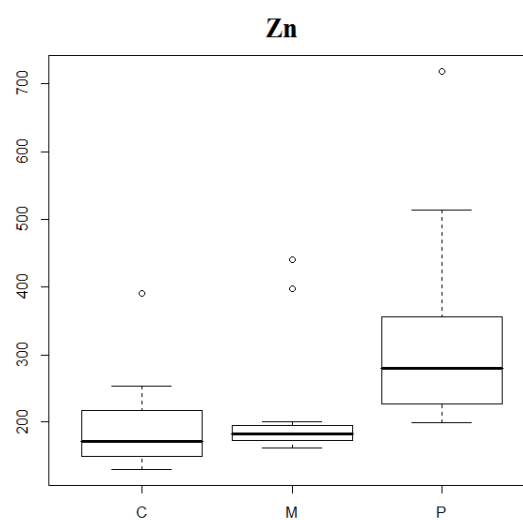
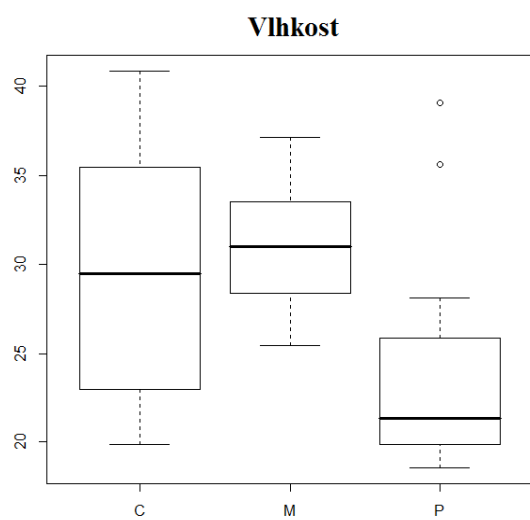
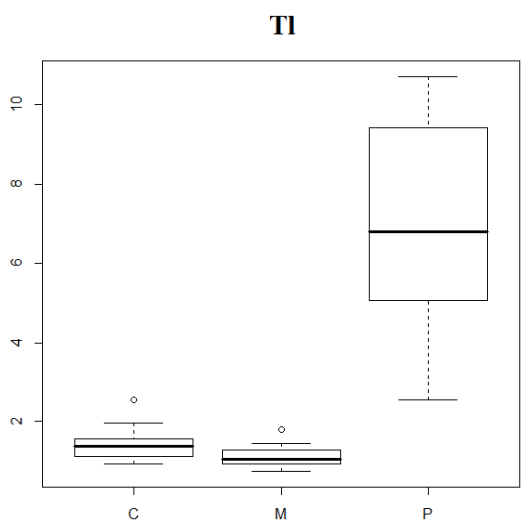
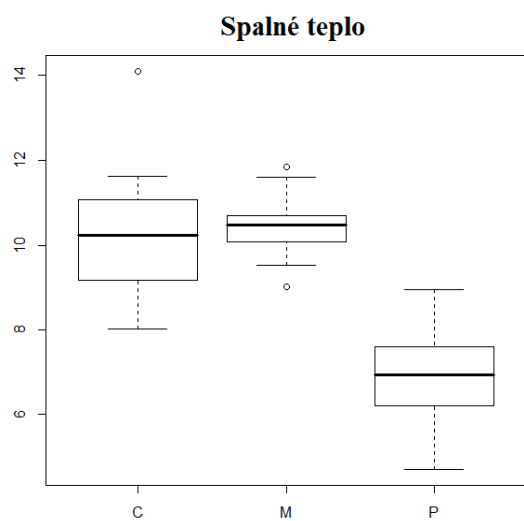
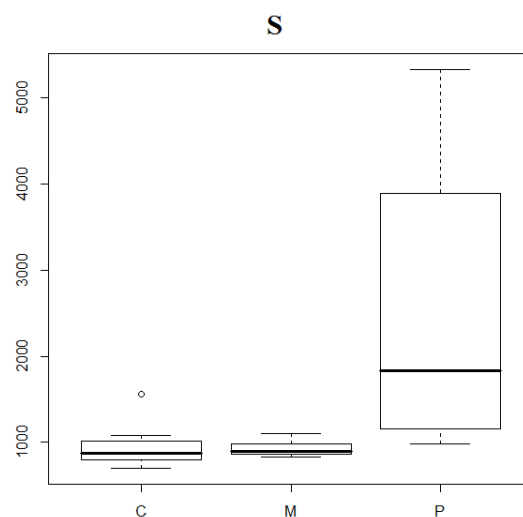
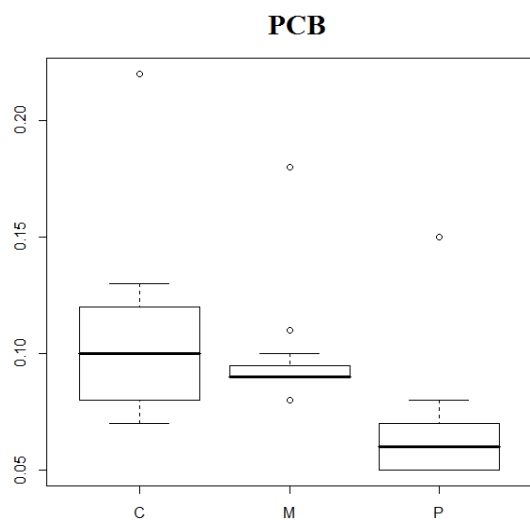
Charakteristika komunálnych odpadů



Charakteristika komunálních odpadů



Charakteristika komunálních odpadů



V tabulce 26 jsou pak shrnuty výsledky Kruskal-Wallisova testu na hladině významnosti 0,05, který byl použit k porovnání dat mezi třemi typy zástavby. Rozdíl mezi sídlištní a smíšenou zástavbou test neprokázal v 17 z 19 měřených ukazatelů. Naopak rozdíl mezi smíšenou a venkovskou zástavbou byl prokázán v 17 z 19 měřených ukazatelů a rozdíl mezi sídlištní a venkovskou zástavbou byl prokázán v 16 z 19 měřených ukazatelů.

Tabulka 26: Srovnání smíšené (M), sídlištní (C) a venkovské (P) zástavby (P-hodnoty dle Kruskal-Wallisova testu, tučně signifikantně rozdílné typy zástavby)

Kruskal-Wallis ( $\alpha=0,05$ )	p-hodnota		
	M x C	M x P	C x P
Vlhkost	0,623	<b>0,0097</b>	<b>0,0304</b>
Spalné teplo	0,667	<b>4,87 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>6,79 . 10<sup>-5</sup></b>
Popel	<b>0,031</b>	<b>4,84 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>1,75 . 10<sup>-5</sup></b>
Cl	0,083	<b>0,0159</b>	<b>0,0451</b>
F	0,735	<b>0,0391</b>	<b>0,0375</b>
As	0,735	<b>4,82 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>3,21 . 10<sup>-5</sup></b>
Cd	0,226	<b>0,0006</b>	0,2598
Cr	0,854	<b>8,19 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>8,64 . 10<sup>-5</sup></b>
Cu	0,758	<b>0,0423</b>	0,1190
Hg	0,708	0,6404	0,9768
Ni	0,442	<b>6,32 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>4,15 . 10<sup>-5</sup></b>
Pb	0,853	0,0743	0,3316
Zn	0,295	<b>0,0056</b>	<b>0,0015</b>
PCB	0,755	<b>0,0006</b>	<b>0,0015</b>
S	0,460	<b>0,0004</b>	<b>0,0005</b>
Fe	0,900	<b>4,87 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>5,31 . 10<sup>-5</sup></b>
Mn	0,389	<b>4,87 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>3,23 . 10<sup>-5</sup></b>
Tl	<b>0,031</b>	<b>4,80 . 10<sup>-5</sup></b>	<b>3,23 . 10<sup>-5</sup></b>
N	0,355	<b>0,0097</b>	<b>0,0463</b>

## 6 Diskuze

### 6.1 Množství a skladba KO a SKO

Množství a skladba KO a SKO jsou ovlivněny mnoha faktory, např. typem zástavby a způsobem vytápění (Boer a kol., 2010; Riber a kol., 2009; Petersen a Domela, 2003), socio-ekonomickou situací (Gomez a kol., 2008; Tchobanoglous a kol., 1993), turismem (Gidarakos a kol., 2006), sezónní migrací (Buenrostro a kol., 2001). V České republice ovlivňuje uvedené vlastnosti KO především způsob vytápění (Čenský, 1997; Benešová a kol., 2003). Výzkum v rámci této disertační práce potvrdil také vliv způsobu vytápění jako hlavního faktoru, kdy skladba i fyzikálně-chemické vlastnosti zkoumaného SKO jsou v téměř všech zkoumaných parametrech signifikantně odlišné ve venkovské zástavbě v porovnání se zbývajícimi dvěma typy zástavby. Statistické zpracování získaných dat nepotvrdilo rozdílnost mezi zástavbou smíšenou a sídlištní, kde vytápění je podobné a tyto dvě zástavby se liší především v přítomnosti živnostenského odpadu v zástavbě smíšené. U skupin odpadu, které jsou zastoupeny v SKO ve všech třech typech zástavby do cca 6 % (kovy, nebezpečný odpad, elektroodpad, zbytek 20 - 40 mm), nebyla prokázána rozdílnost ani mezi zástavbou venkovskou a zbývajícimi dvěma typy zástavby. Je to způsobeno především vysokou variabilitou dat, kdy se variační koeficient pohybuje až kolem 160%. Zvyšující se chybu měření množství a podílu obsahu složek SKO s jejím klesajícím množstvím v SKO potvrdila např. i britská studie Kleea (1980).

Měrné množství SKO i KO je vyšší v zástavbě venkovské a smíšené. Ve venkovské zástavbě především díky vyššímu množství zahradního bioodpadu ve vegetačním období, který obyvatelé již nejsou schopni sami zpracovat a také díky vyššímu množství minerálního odpadu (pocházejícího úravděpodobně ze zahrad, stavebních úprav apod.). Vyšší množství odpadu ve smíšené zástavbě je způsobeno pravděpodobně přítomností živnostenského odpadu. Avšak složení živnostenského odpadu v SKO ve smíšené zástavbě je podobné složení domovního odpadu, jak dokládá statistické zpracování dat (viz výše).

Srovnání konkrétních výsledků této studie a studií ze zahraničí by bylo zavádějící díky různým metodikám, jak již bylo zmíněno v úvodu práce. Přesto lze vyzdvihnout již obecně známý fakt - nejvyšší podíly v SKO jsou tvořeny bioodpadem a papírem, případně plasty (Burnley, 1999; Sakai, 1996; Vehlow, 1996; Novotný, 2002; Metina a kol., 2003; New and Davies, 1995; Riber a kol., 2009; Gomes a kol., 2008; Sudhakar a Jyoti, 2002). Vysoký podíl jemné frakce ve venkovské zástavbě se blíží výsledkům studie Newa and Daviese

(1995), kde byl podíl popelu z domácích topenišť v zemědělské zástavbě stanoven na cca 30 %.

#### *Srovnání s rokem 1999/2000*

Při srovnání výsledků této studie s výsledky studie probíhající v letech 1999 a 2000 (Benešová a kol., 2003) lze díky stejné metodice a shodným oblastem výzkumu posoudit vývoj vlastností KO a SKO v ČR za posledních cca 10 let. Měrné množství SKO (tzn. zbytkový odpad bez využitelných složek odpadu vytríděných u zdroje - VS) a KO (tzn. SKO a VS) z obou období je uvedeno v tabulkách 27 a 28. V tabulce 29 je potom vidět měrné množství VS vytríděných ve studovaných oblastech. Množství KO za uvedené období cca 10 let stoupl o 12%, 87% a 52% v sídlištní, resp. smíšené a venkovské zástavbě. Nárůst množství KO s rostoucí životní úrovní je již obecně známý fakt. Relativně vyšší nárůst ve smíšené a venkovské zástavbě může být způsoben změnou způsobu platby za nakládání s KO, kdy se během posledních let přešlo od platby za objem vyprodukovaných KO na tzv. platbu za hlavu. Vliv způsobu platby za nakládání s KO na množství KO je potvrzen např. ve studii Bongardta (2003).

Měrné množství SKO stoupl o 72 % a 59 % ve smíšené, resp. venkovské zástavbě. V sídlištní zástavbě měrné množství kleslo o 8 %, jednak díky menšímu nárůstu celkového množství KO a především díky vyššímu nárůstu míry třídění oproti zbývajícím dvěma typům zástavby. Jak je vidět v tabulce 29, celkový podíl vytríděných VS stoupl v sídlištní zástavbě z cca 9 % na 25 %, ve smíšené zástavbě z cca 3 % na 11 % a ve venkovské zástavbě klesl z cca 8 % na 5 %. Konkrétně obyvatelé ve venkovské zástavbě vytrídili méně papíru a skla než před 10 lety, ačkoli celkový relativní výskyt papíru v KO je v podstatě na stejné úrovni, jako před 10 lety a sklo svůj podíl v SKO téměř zdvojnásobilo (viz graf 32). Vyšší míra třídění VS v sídlištní zástavbě může být způsobena kratší donáškovou vzdáleností oproti zbývajícím dvěma typům zástavby, kdy v současné době jsou na sídlištních nádoby na tříděný sběr téměř vždy u nádob na SKO.

Tabulka 27: Měrné množství KO v letech 1999/2000 a 2008/2009

Typ zástavby	Měrné množství KO			
	Minimum (kg/obyv., týden)	Maximum (kg/obyv., týden)	Průměr (kg/obyv., týden)	Průměr (kg/obyv., rok )
<b>2008 - 2009</b>				
<b>Sídlištní</b>	2,51	3,90	3,35	174
<b>Smišená</b>	4,80	6,54	5,62	292
<b>Venkovská</b>	2,76	8,54	5,80	301
<b>1999 - 2000</b>				
<b>Sídlištní</b>	1,4	3,90	3,0	156
<b>Smišená</b>	2,5	3,40	3,0	156
<b>Venkovská</b>	3,0	4,70	3,8	198

Tabulka 28: Měrné množství SKO v letech 1999/2000 a 2008/2009

Typ zástavby	Měrné množství SKO			
	Minimum (kg/obyv., týden)	Maximum (kg/obyv., týden)	Průměr (kg/obyv., týden)	Průměr (kg/obyv., rok )
<b>2008 - 2009</b>				
<b>Sídlištní</b>	1,69	3,08	2,53	131
<b>Smišená</b>	4,19	5,93	5,01	261
<b>Venkovská</b>	2,47	8,25	5,51	287
<b>1999 – 2000</b>				
<b>Sídlištní</b>	1,12	3,62	2,72	142
<b>Smišená</b>	2,42	2,60	2,92	152
<b>Venkovská</b>	2,69	4,39	3,49	181

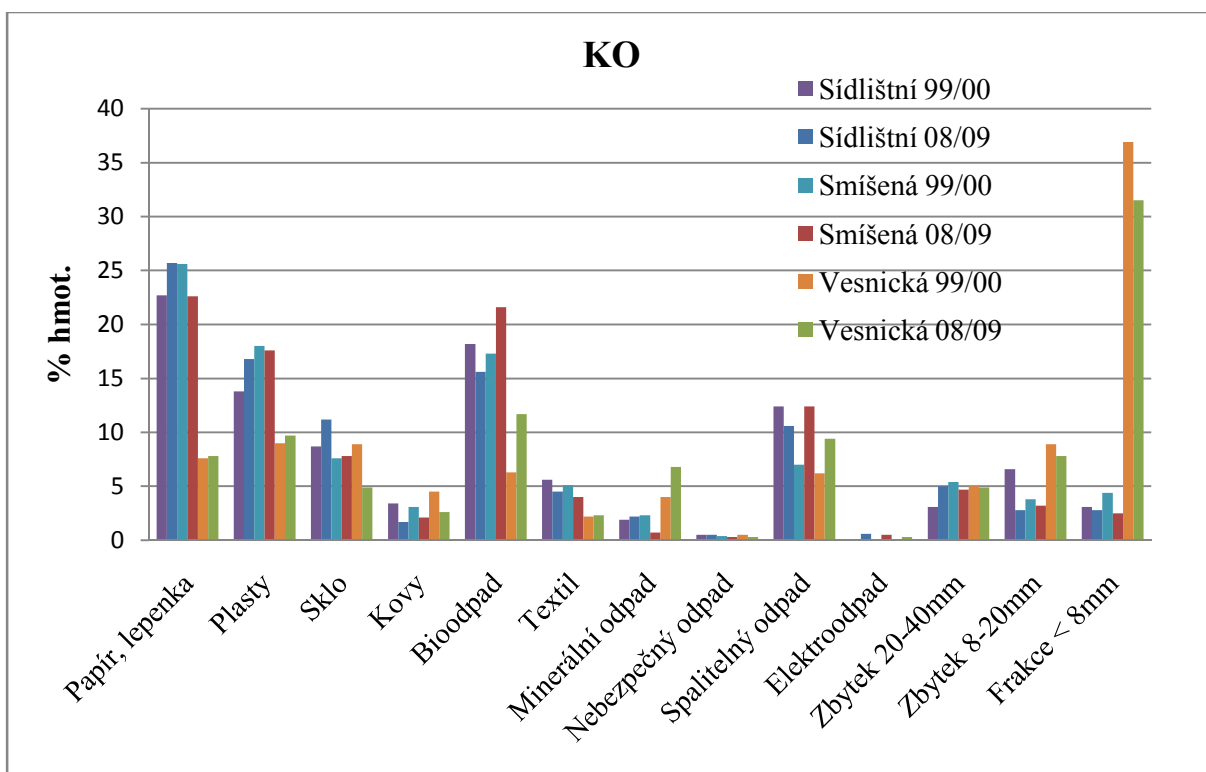
Tabulka 29: Měrné množství VS v letech 1999/2000 a 2008/2009

Typ zástavby	Měrné množství VS				
	Papír/lepenka* (kg/obyv., rok)	Plasty* (kg/obyv., rok)	Sklo* (kg/obyv., rok)	Celkem* (kg/obyv., rok)	Podíl z KO (v %)
<b>2008 - 2009</b>					
<b>Sídlištní</b>	22,4	11,1	9,2	42,7	24,5
<b>Smíšená</b>	15,8	10,5	5,0	31,3	10,7
<b>Venkovská</b>	2,9	6,1	5,4	14,4	4,8
<b>1999 - 2000</b>					
<b>Sídlištní</b>	11,4	1,4	1,6	14,4	9,2
<b>Smíšená</b>	0,1	2,2	1,8	4,1	2,6
<b>Venkovská</b>	5,0	3,8	7,9	16,7	8,4

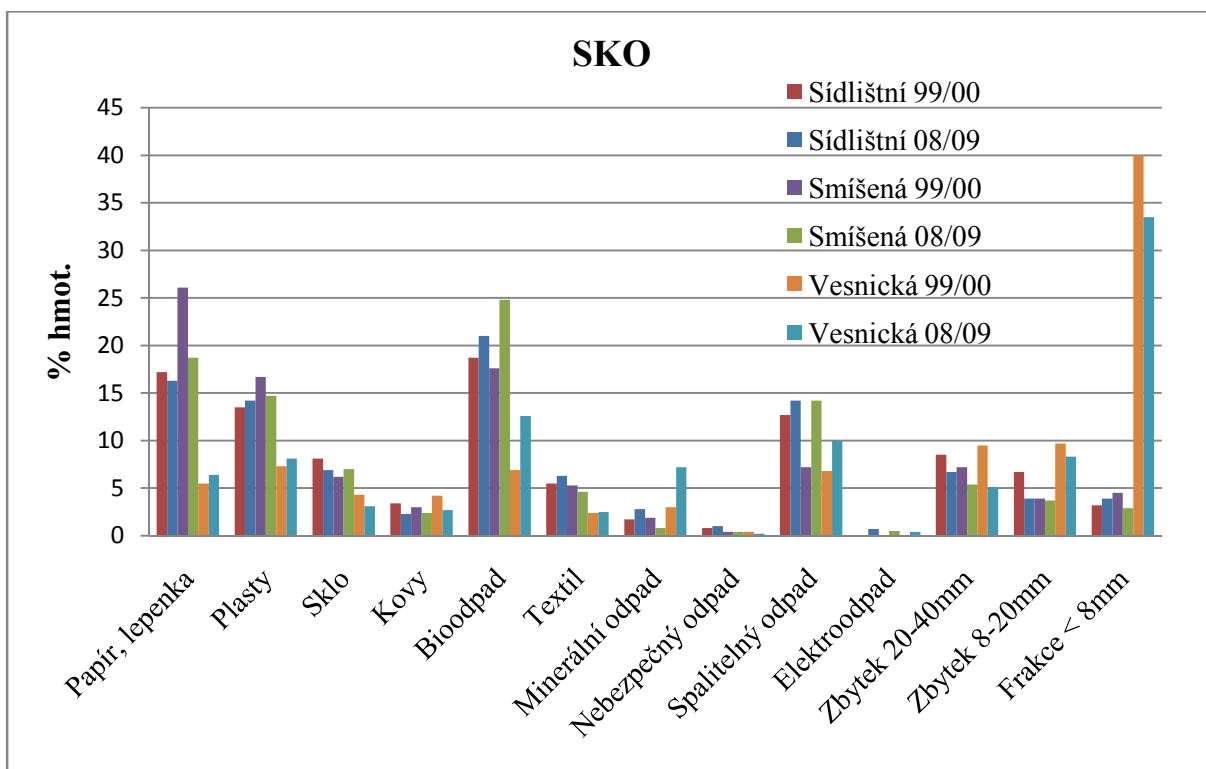
\* data poskytnutá svozovými společnostmi z výzkumných oblastí

Složení KO (tzn. celkový výskyt látkových skupin v odpadu) v obou obdobích je uvedeno v grafu 29. Změny ve skladbě KO jsou především u skupin bioodpad (smíšená zástavba nárůst z 17 % na 22 %, venkovská zástavba nárůst z 6 % na 12 %), spalitelný odpad (smíšená zástavba nárůst ze 7 % na 12 %, venkovská zástavba nárůst ze 6 % na více než 9 %) a sklo (venkovská zástavba pokles z 9 % na 5 %). Ostatní změny jsou díky vysoké variabilitě dat méně významné. Ve složení SKO (graf 30) lze ještě navíc zmínit pokles podílu papíru z cca 26 % na 19 % ve smíšené zástavbě, čemuž odpovídá zvýšení míry třídění této složky z téměř nuly na cca 16 kg/obyv., rok (viz tabulka 29). Podobné složení KO i SKO ze zástavby sídlištní a smíšené a rozdílné složení uvedených odpadů v zástavbě venkovské (nižší podíly papíru, plastů a bioodpadu a vyšší podíl frakce pod 8 mm) lze pozorovat jak v letech 1999/2000 tak v letech 2008/2009. Rozdíly jsou způsobeny, jak již bylo uvedeno výše, rozdílným způsobem vytápění a možností nakládat s bioodpady.

Graf 29: Složení KO letech 1999/2000 a 2008/2009 (v % hmot.)

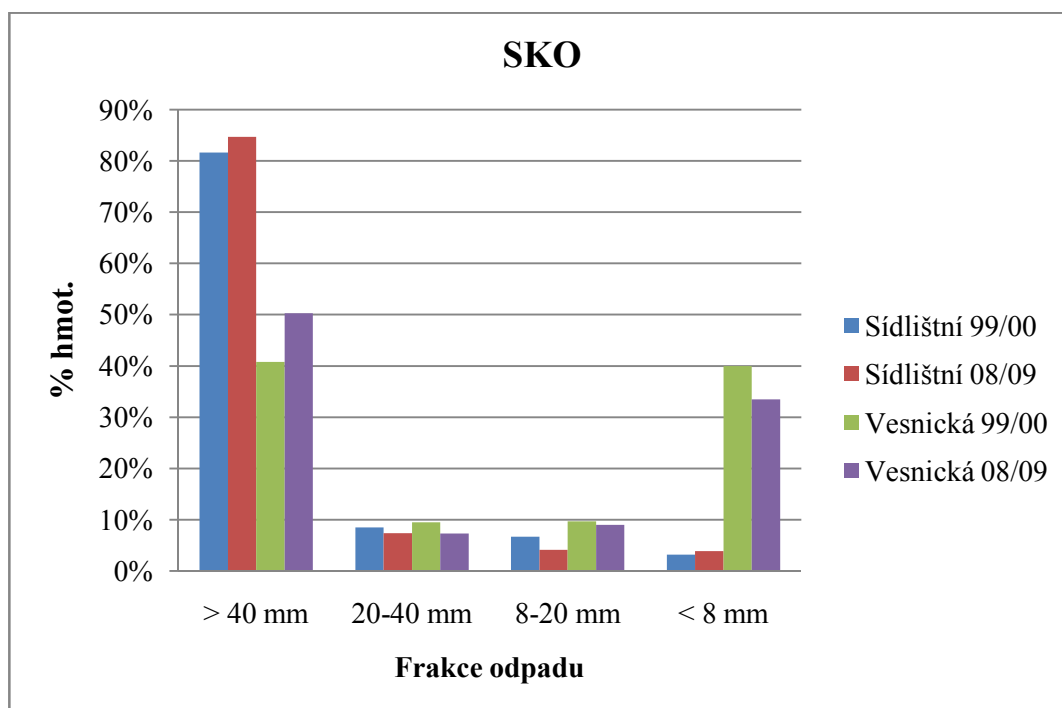


Graf 30: Složení SKO letech 1999/2000 a 2008/2009 (v % hmot.)



Změny v granulometrickém složení jsou znázorněny v grafu 31, zástavba smíšená zde zahrnuta nebyla, jelikož výsledky jsou podobné zástavbě sídlištní. Podíly jednotlivých frakcí v zástavbě sídlištní (a stejně tak smíšené) nevykazují výrazné rozdíly mezi srovnávanými období, více než 80 % SKO je tvořeno frakcí nad 40 mm. Ve venkovské zástavbě došlo k nárůstu podílu frakce nad 40 mm (z cca 41 % na 50 %) a poklesu frakce pod 8 mm (z cca 40 % na 33 %). Důvodem může být nižší míra spalování odpadů v domácích topeništích nebo také přechod od rotačního stlačování odpadů během svozu ke stlačování lineárnímu, při kterém dochází k menšímu rozmělnování svážených odpadů. Změny v granulometrickém složení SKO jsou podobného charakteru jako v polské studii Boera a kol. (2010), kde byl zjištěn rostoucí podíl frakce nad 100 mm a klesající podíl frakce pod 40 mm.

Graf 31: Granulometrické složení SKO letech 1999/2000 a 2008/2009 (v % hmot.)



Srovnání s rozbory AOS KO – EKO-KOM, a.s.

Analýzy SKO provádí v rámci své výzkumné činnosti také Autorizovaná obalová společnost EKO-KOM, a.s. Metodika analýz SKO je také založena na sítové analýze a ručním dotřídění do předem stanovených látkových skupin. Zásadní rozdíl mezi metodikou uplatněnou v rámci výzkumného projektu a EKO-KOM spočívá v četnosti analýz prováděných v průběhu ročního období. Zatímco v rámci projektu byly vzorky odebírány

v měsíčních intervalech, v případě EKO-KOM jsou to čtvrtletní intervaly. Výsledky analýz látkového složení KO prováděných v rámci výzkumného projektu (ÚŽP) a společností EKO-KOM jsou v souhrnu průměrných hodnot měření porovnány v tabulce 30. Jedná se o hodnoty SKO a vytříděných využitelných složek, tzn. o výskyt KO.

Tabulka 30: Porovnání složení KO, 2009 - výsledky VaV SP/2f1/132/08 (VaV) a výsledky EKO-KOM (výskyt odpadu včetně vytříděných využitelných složek)

Látková skupina	Podíl látkových skupin v KO (rozpětí hodnot)					
	(% hmotnostní)					
	Sídlištní zástavba		Smíšená zástavba		Venkovská zástavba	
	VaV	EKO-KOM	VaV	EKO-KOM	VaV	EKO-KOM
Papír/lepenka	21,0 - 30,4	17,8 - 22,6	19,4 - 25,8	18,7 - 24,6	6,1 - 9,5	11,6 - 13,4
Plasty	13,4 - 20,1	12,6 - 14,3	16,0 - 19,2	12,8 - 18,1	7,3 - 12,2	9,7 - 13,9
Sklo	9,6 - 12,7	8,8 - 10,9	6,7 - 8,9	8,3 - 11,4	3,7 - 6,1	7,2 - 10,0
Kovy	0,5 - 2,8	1,5 - 3,9	1,6 - 2,7	1,8 - 2,8	1,7 - 3,6	2,5 - 3,4
Bioodpad	10,4 - 20,9	21,5 - 28,7	17,6 - 25,6	14,9 - 27,9	3,9 - 19,5	17,0 - 27,4
Textil	1,2 - 7,8	2,8 - 7,0	1,8 - 6,2	2,9 - 10,2	1,3 - 3,3	1,8 - 5,9
Minerální odpad	0,4 - 4,8	0,7 - 2,9	0,2 - 1,2	1,4 - 4,7	2,1 - 11,6	4,7 - 11,1
Nebezpečný odpad	0,1 - 2,1	0,1 - 0,8	0,1 - 0,6	0,0 - 0,1	0,2 - 0,5	0,0 - 0,3
Spalitelný odpad	6,7 - 14,6	7,2 - 15,7	9,5 - 15,2	4,0 - 11,2	5,8 - 13,1	7,8 - 11,0
Elektrozařízení	0,5 - 1,6	0,5 - 2,6	0,0 - 0,9	0,6 - 1,0	0,0 - 0,7	0,0 - 0,8
Zbytek 20-40 mm	1,6 - 11,7	0,8 - 7,5	3,3 - 6,1	3,1 - 7,0	3,2 - 6,5	4,1 - 6,6
Zbytek 8-20 mm	1,1 - 6,7	0,5 - 6,0	2,0 - 4,4	1,2 - 3,4	6,1 - 9,4	3,2 - 4,5
Frakce < 8 mm	1,1 - 6,7	0,7 - 6,5	0,9 - 4,2	2,7 - 5,4	15,7 - 47,3	4,2 - 20,3

Při porovnání ukazatelů skladby KO stanovených na základě systematických analýz prováděných v rámci výzkumného projektu SP/2f1/132/08 a výsledků projektu systematických analýz EKO-KOM se ukazuje:

1. I když experimentální práce probíhaly v různých lokalitách v rámci ČR, tak výsledné hodnoty vykazují přibližnou shodu.

2. V sídlištní zástavbě jsou podstatnější rozdíly u látkových skupin papír, plasty a bioodpad. Při hodnocení rozpětí naměřených hodnot jsou u skupin papír a plasty dosahovány u výzkumného projektu (A) vyšší hodnoty v maximu než vykazuje EKO-KOM (B), naopak u bioodpadu jsou hodnoty B vyšší v maximu než hodnoty A. V obou případech se dá říci, že hodnoty se blíží shodě v opačných extrémech, tj. minimum v případě A se blíží shodě s maximem B u papíru a plastů a naopak u bioodpadu.
3. Ve smíšené zástavbě se naměřená rozpětí hodnot převážně shodují. Obdobně jako u sídlištní zástavby se ukazují v protikladu hodnoty u látkových skupin sklo a minerální odpad, avšak v menším rozsahu.
4. Ve venkovské zástavbě jsou podstatné rozdíly v podílu jemných látkových skupin (podsítných frakcí), maxima naměřených hodnot u těchto frakcí ukazují na to, že venkovská lokalita u výzkumného projektu je podstatně více vytápěna tuhými palivy, v zimním období bylo zaznamenáno až 47 % hmotnostních popelovin, zatímco maximum u EKO-KOM představuje 20 % hmotnostních. Vzhledem k nižšímu podílu popelovin je vykazován u hodnot EKO-KOM vyšší podíl papíru, skla a bioodpadu.
5. Při vyloučení jemné frakce z bilance skladby komunálního odpadu ve venkovské zástavbě lze dosáhnout objektivnějšího pohledu. Při přepočtu podílu látkových skupin ve frakcích větších než 20 mm získáme skladbu KO ve venkovské zástavbě (% hmotnostní) uvedenou v tabulce 31.

Tabulka 31: Porovnání průměrných hodnot skladby KO ve venkovské zástavbě SP/2f1/132/08 a EKO-KOM, \*skladba látkových skupin ve frakci větší než 20 mm

Látková skupina	Výsledek SP/2f1/132/08		Výsledek EKO-KOM	
	% hm.	% hm.*	% hm.	% hm.*
<b>Papír/lepenka</b>	7,79	12,83	12,50	14,90
<b>Plasty</b>	9,75	16,06	11,80	14,07
<b>Sklo</b>	4,87	8,02	8,63	10,29
<b>Kovy</b>	2,60	4,28	2,95	3,52
<b>Bioodpad</b>	11,69	19,25	22,18	26,45
<b>Textil</b>	2,27	3,74	3,82	4,55
<b>Minerální odpad</b>	6,82	11,23	7,85	9,36
<b>Nebezpečný odpad</b>	0,32	0,53	0,03	0,04

Charakteristika komunálních odpadů

<b>Spalitelný odpad</b>	9,42	15,51	9,40	11,21
<b>Elektrozařízení</b>	0,32	0,53	0,06	0,07
<b>Zbytek 20-40 mm</b>	4,87	8,02	4,65	5,54
<b>Zbytek 8-20 mm</b>	7,79	-	3,88	-
<b>Frakce &lt; 8 mm</b>	31,49	-	12,25	-
<b>Celkem</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>83,87</b>	<b>100,0</b>

Po vyloučení jemných podílů se ukazuje, že skladba KO v zástavbě venkovského typu se přibližuje skladbě v zástavbě městského typu. Výraznější rozdíly jsou ve snížení podílu papíru (spalování v domácích topeništích) a zvýšení podílu minerálního odpadu.

Srovnání s výsledky historických analýz KO v sídlištní zástavbě ČR

Tabulka 32 porovnává výsledky historických analýz KO v sídlištní zástavbě ČR a výsledky projektu SP/2f1/132/08, v jehož rámci byla zpracována tato disertační práce (v tabulce 32 uvedeny jako Hradec Králové, 2009).

Tabulka 32: Srovnání historických analýz KO v sídlištní zástavbě ČR

Látková skupina	Teplíce (1971-1972)	Praha (1982-1984)	Kutná Hora (1988)	Benešov (1992)	Praha (1993 - 1994)	České Budějovice (2000)	Ostrava (2001)	Hradec Králové (2009)
Papír/lepenka	18,6	12,9	26,1	13,9	27,1	21,4	22,7	25,7
Plasty	3,7	7,8	8,9	6,5	9,0	14,0	13,8	16,8
Sklo	10	8,3	10,1	9,1	8,9	7,3	8,7	11,2
Kovy	6,5	6,4	4,5	4,2	3,2	3,4	3,4	1,7
Biodpad	37,1	11,0	20,8	15,6	15,5	22,1	18,2	15,6
Textil	6,2	5,5	6,2	3,4	4,1	5,6	5,6	4,5
Minerální o.	17,9	2,3	0,9	3,3	2,1	1,7	1,9	2,2
Nebezpečný o.	-	-	-	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6
Spalitelný odpad	-	7,4	6,5	0,9	0,8	14,9	12,4	10,6
Elektrozařízení	-	-	-	-	-	-	-	0,6
Zbytek 20-40 mm	-	-	-	-	-	-	3,1	5,0

Zbytek 8-20 mm	-	27,8	12,3	36,8	24,7	5,6	6,6	2,8
Frakce < 8 mm	-	10,6	3,7	6,0	4,3	3,7	3,1	2,8
CELKEM	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Během dlouhého období téměř 40 let lze výsledky vzájemně srovnávat, protože metodický postup prováděných rozborů byl v zásadních krocích zachován. Jiná záležitost je otázka preciznosti provedení, nejednoznačného zařazení materiálů do látkové skupiny "spalitelný odpad" a souvislost způsobu přepravy SKO. Jednoznačně převažující svozové automobily s rotačním způsobem stlačování, při kterém dochází k rozměňování odpadů již během svozu, do počátku 90. let vedou v relativně vyšší podíl látkové skupiny "zbytek 8-20 mm" na úkor látkových skupin "papír/lepenka", "sklo" a "bioodpad".

Přesto lze identifikovat několik jednoznačných trendů. Především výrazný nárůst látkové skupiny "plasty" od pol. 90. let v souvislosti s rozšiřující se nabídkou balených nápojů a obecně vyšším zastoupením plastových obalů na trhu. Dlouhodobě stabilní jsou v KO ze sídlištní zástavby podíly látkových skupin "sklo", "textil", "minerální odpad" a "frakce < 8 mm". Rozpoznat lze i dlouhodobě klesající podíl látkové skupiny "kovy".

### 6.2 Fyzikálně - chemické ukazatele SKO

Rozdíly v obsahu vlhkosti, výhřevnosti, obsahu těžkých kovů, organických a dalších látek mezi sídlištní, smíšenou a venkovskou zástavbou jsou spojeny s rozdílným složením SKO. Např. Chang a kol. (2008) potvrdil korelační vztah mezi obsahem recyklovatelných složek odpadu (papír, plasty) a výhřevností SKO. Statistické zpracování dat potvrdilo rozdílná data pouze mezi SKO z venkovské zástavby ve srovnání se zbývajícími dvěma typy zástavby, a to téměř u všech zkoumaných fyzikálně - chemických ukazatelů. Výhřevnost i vlhkost jsou vyšší u SKO pocházejícího ze zástavby sídlištní a smíšené, což je dáno vyšším podílem papíru a plastů v SKO (látky s vysokou výhřevností) a vyšším podílem bioodpadů v SKO (vyšší vlhkost). Vyšší obsah těžkých kovů v SKO ze zástavby venkovské je znatelný především u Tl, As, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn a S, což je pravděpodobně spojeno s vyšším podílem frakce pod 8 mm tvořené především v zimě z velké části popelem ze spalování pevných paliv.

Původ variability dat týkajících se fyzikálně - chemických ukazatelů je dle studie Ribera a kol. (2009) u různých látkových skupin odpadu různá. Např. u bioodpadu nelze určit jeden krok při analýzách jako hlavní zdroj variability dat, u skupiny spalitelný odpad (obsahující boty, kůži apod.) je naopak hlavním zdrojem variability (20 - 85 % celkové variability) první hrubé drcení.

Výše uvedené rozdíly (v tabulce 33 tučně) mezi typy zástaveb se vyskytly i při rozborech v letech 1999 až 2000. U SKO ze zástavby sídlištní a smíšené navíc došlo k poklesu výhřevnosti díky poklesu podílů papíru a plastů v SKO (v tabulce 33 červeně). K uvedenému poklesu dochází (v sídlištní zástavbě) již od roku 2001 (graf 32), od kterého se postupně zvyšuje účinnost třídění papíru (2001 - 5,8 kg/obyv., rok, 2009 - 16,8 kg/obyv., rok, EKO-KOM, 2010) a plastů (2001 - 2,8 kg/obyv., rok, 2009 - 8,3 kg/obyv., rok, EKO-KOM, 2010). Na grafu 32 je vidět také nárůst podílu papíru a plastů a s tím spojené výhřevnosti SKO po roce 1990, kdy se změnila politická situace a s tím i životní úroveň obyvatel (zvýšené používání obalů, nově používání PET obalů).

Tabulka 33: Průměrné hodnoty fyzikálně - chemických ukazatelů SKO v letech 1999/2000 a 2008/2009, v původním vzorku

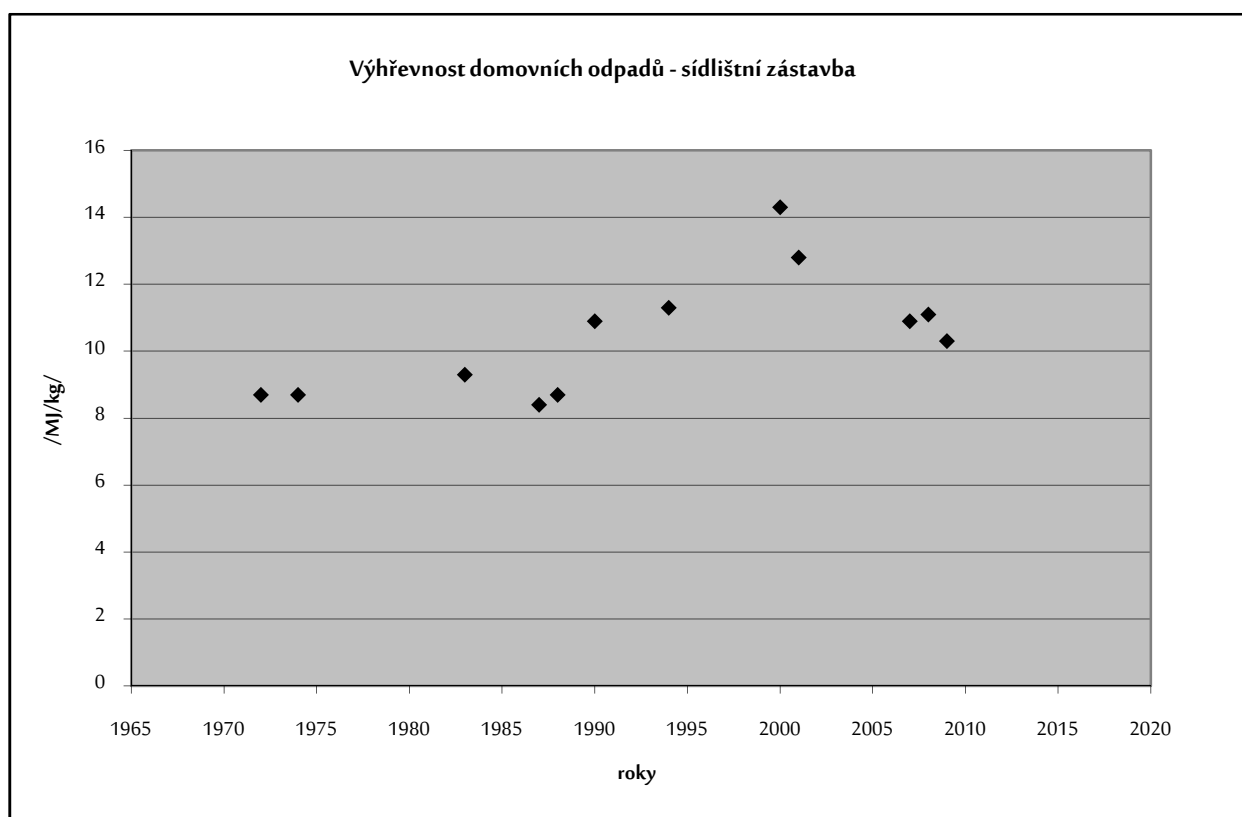
Chemické ukazatele	Průměrné hodnoty měřených chemických ukazatelů					
	2008/2009			1999/2000		
	Sídlištní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba	Sídlištní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
<b>Vlhkost (% hmot.)</b>	29,8	30,8	<b>24,1</b>	31,5	33,3	<b>23,2</b>
<b>Výhřevn. (MJ/kg)</b>	<b>10,3</b>	10,5	<b>6,8</b>	<b>14,2</b>	12,4	<b>6,8</b>
<b>Cl % hmot.</b>	0,20 -0,22	0,19-0,20	0,24-0,26	0,30-0,45	0,33-0,51	0,35-0,59
<b>F mg/kg</b>	46-48	53-55	62-68	50-55	59-61	75-79
<b>As mg/kg</b>	0,8-1,0	0,8-0,9	<b>12,7-15,7</b>	0,9-1,1	0,9-1,6	<b>15,3-16,7</b>
<b>Cd mg/kg</b>	0,88-0,92	0,9-1,0	0,79-0,89	0,95-1,1	1,2-1,5	1,2-1,9
<b>Cr mg/kg</b>	28-30	28-30	<b>72-88</b>	22-35	30-32	<b>87-92</b>
<b>Cu mg/kg</b>	130-138	135-146	136-161	135-140	142-149	151-159
<b>Hg mg/kg</b>	0,14-0,15	0,14-0,15	0,17-0,2	0,2-0,24	0,2-0,22	0,22-0,29
<b>Ni mg/kg</b>	7-8	8-9	35-43	_*	_*	_*
<b>Pb mg/kg</b>	39-41	40-42	79-85	42-45	41-48	75-92
<b>Zn mg/kg</b>	188-201	212-232	<b>306-350</b>	200-216	225-242	<b>359-408</b>

Charakteristika komunálních odpadů

<b>Fe mg/kg</b>	993-1171	612-741	<b>13018-14642</b>	990-1120	991-1027	<b>1542-1697</b>
<b>Mn mg/kg</b>	71-76	73-78	<b>461-519</b>	68-75	82-89	<b>526-590</b>
<b>Tl mg/kg</b>	1,4-1,5	1,1-1,2	6,8-7,1	-*	-*	-*
<b>S mg/kg</b>	907-961	899-948	<b>2365-2584</b>	995-1028	920-1302	<b>2597-2904</b>
<b>N mg/kg</b>	7489-8386	7848-8878	5838-6456	7925-8002	7955-8012	6428-6970
<b>PCB mg/kg</b>	0,1-0,11	0,09-0,1	0,067-0,07	0,15-0,22	0,10-0,15	0,24-0,29

\* neměřeno

Graf 32: Historické srovnání hodnot výhřevnosti komunálních odpadů (Černík, 2008)



Při srovnání fyzikálně - chemických ukazatelů zkoumaných odpadů s vlastnostmi typického SKO dle BREF (tabulka 34) lze konstatovat většinou nižší hodnoty uvedených ukazatelů (v případě sídlištní a venkovské zástavby) nebo případně hodnoty na spodní hranici uvedených rozmezí v BREF (venkovská zástavba). Výjimkou je mangan, arsen a thallium v SKO z venkovské zástavby (v tabulce 34 tučně), jejichž obsah je znatelně nad rozmezím uvedeným v dokumentu BREF. Důvodem je pravděpodobně, jak již bylo uvedeno výše, spalování uhlí v domácích topeništích. V případě thallia se vyšší obsah

vyskytoval i v SKO ze sídlištní a smíšené zástavby. Zdrojem thallia může být dle Trebichavského a kol. (1998) popel z uhlí, aplikace pesticidů, elektrotechnika a elektronika, sklářské a farmaceutické výrobky. Při srovnání výsledků studií z Ostravska a Brněnska (tabulka 7 v kapitole 2 Literární rešerše) lze dojít k přibližné shodě s vlastnostmi SKO v sídlištní a smíšené zástavbě.

Nižší obsahy zkoumaných prvků lze zjistit i při srovnání s dánskou studií Ribera a kol. (2009) a německými studii Rottera a kol. (2005) a Kosta (2001), které uvádějí obsah olova, kadmia, rtuti a zinku. Dle výzkumu Daskalopoulou a kol. (1997) mohou být zdrojem olova v odpadech olověné nátěry, zdrojem kadmia a rtuti baterie a zdrojem zinku pozinkované plechy. Z nižších obsahů těchto prvků v SKO v ČR lze tedy usuzovat na lépe vytríděný odpad s nižšími obsahy nebezpečných odpadů, kovů a elektrozařízení.

Tabulka 34: Průměrné hodnoty fyzikálně-chemických ukazatelů v SKO a dle BREF (v sušině)

Chemický ukazatel	Sídlištní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba	BREF
Vlhkost %hm.	29,8	30,8	24,1	15-40
Výhřevnost MJ/kg	10,3	10,5	6,8	7-15
Cl (% hm.)	0,3	0,6	0,3	0,1-1
F (% hm.)	0,006	0,006	0,008	0,01-0,04
As (mg/kg)	1,3	1,2	<b>16,2</b>	2-5
Cd (mg/kg)	1,2	1,3	1,1	1-15
Cr (mg/kg)	38	37	93	40-200
Cu (mg/kg)	177	184	180	200-700
Hg (mg/kg)	0,2	0,2	0,2	1-5
Ni (mg/kg)	10	11	45	30-50
Pb (mg/kg)	53	51	100	100-2000
Zn (mg/kg)	260	316	404	400-1400
Fe (mg/kg)	1685	1227	16907	-
Mn (mg/kg)	101	104	<b>596</b>	250
Tl (mg/kg)	<b>2,6</b>	<b>2,1</b>	<b>8,9</b>	< 0,1
S <sub>celk.</sub> (% hm.)	0,1	0,1	0,3	0,1-0,5
N <sub>celk.</sub> (% hm.)	1,6	1,7	1,1	0,2-1,5
PCB (mg/kg)	0,1	0,1	0,09	0,2-0,4

### 6.3 Posouzení vhodnosti SKO pro spalování

Cílem spalování odpadů je snížení jejich objemu, celkové snížení dopadů na životní prostředí a využití použitelné energie obsažené v odpadu. Spalování KO lze v zásadě rozdělit na spalování SKO, tvořící z velké části neupravené odpady z domácnosti, případně i průmyslové a živnostenské odpady a spalování předběžně upraveného SKO, kde je použito zařízení k předběžné úpravě odpadu.

Systémy sběru odpadu a předběžná úprava mohou mít velký vliv na charakter odpadu. Např. oddělený sběr různých frakcí KO odpadu výrazně ovlivní složení přijímaného odpadu do spalovny (tabulka 35).

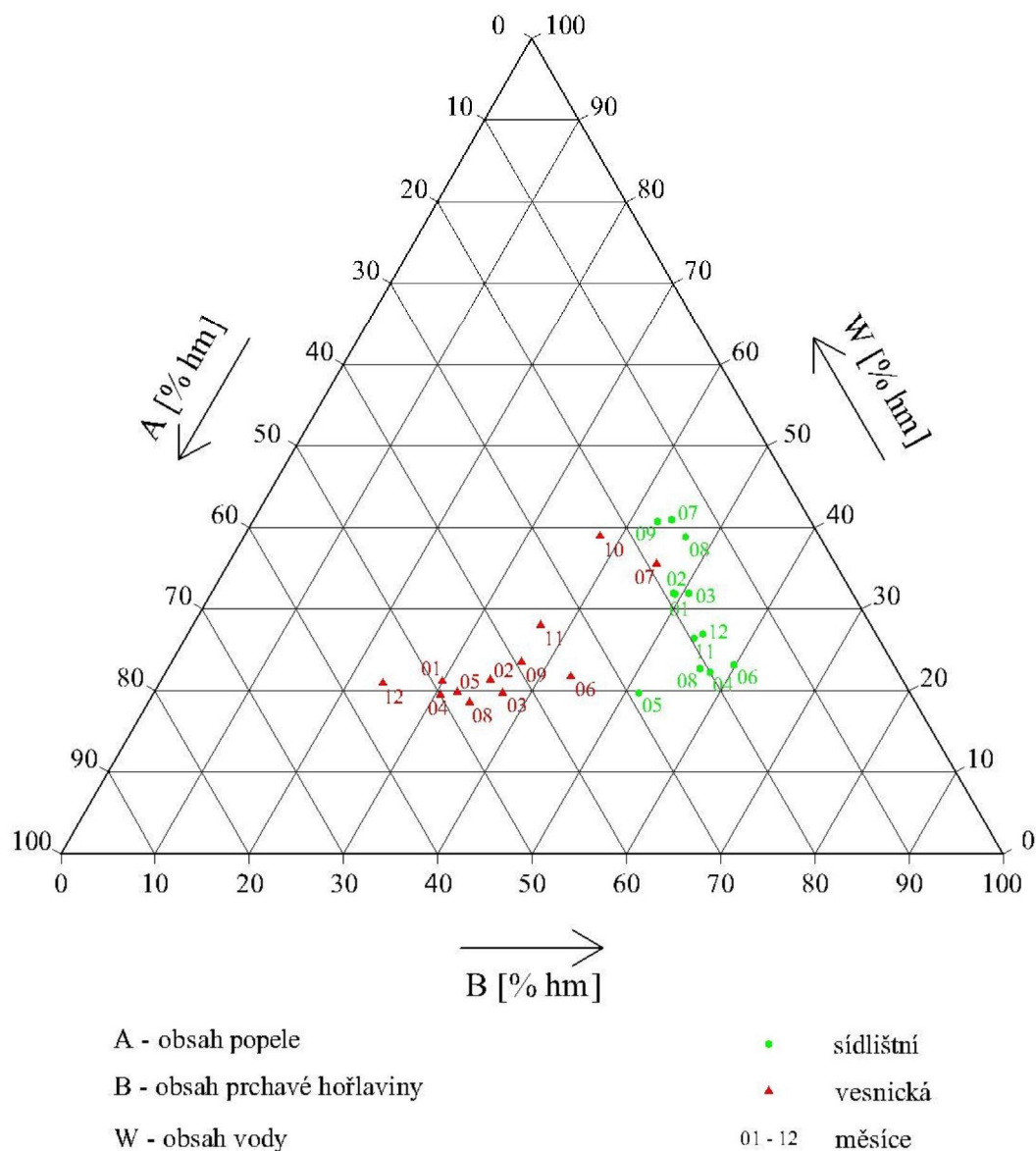
Tabulka 35: Vliv složení odpadu na energetické využití odpadu

Odstraněné frakce	Primární vliv na energetické využití
Sklo a kovy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zvýšení výhřevnosti o cca 12%</li> <li>• Snížení množství využitelných kovů ve strusce</li> </ul>
Papír, lepenka, plasty	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Snížení výhřevnosti o cca 16%</li> <li>• Možné snížení obsahu Cl ve spalinách</li> </ul>
Biologický odpad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Snížení vlhkosti vstupní suroviny</li> <li>• Zvýšení výhřevnosti</li> </ul>
Objemný odpad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Snížení operace „šředování“</li> </ul>
Nebezpečný odpad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Snížení obsahu těžkých kovů ve vstupní surovině</li> </ul>

Zdroj : US EPA, 2005

Ačkoli SKO z venkovské zástavby má průměrně nižší vlhkost než SKO ze zástavby smíšené a sídlištní, přesto díky nižší výhřevnosti (6,8 MJ/kg oproti 10,3 - 10,5 MJ/kg) není vhodný k energetickému využití spalováním. Rozsah těchto hodnot v průběhu roku v sídlištní a smíšené zástavbě je uveden ve spalovacím trojúhelníku (graf 33). Z hlediska návrhu technologie a dimenzování zařízení na čištění spalin jsou pro návrh spaloven významné také údaje o obsahu vybraných prvků a látek v KO. Vysoké hodnoty obsahu některých prvků (Tl, As, Cr, Zn, Fe and Mn) v SKO z venkovské zástavby opět znevýhodňuje tento typ odpadu v případě energetického využití.

Graf 33: Spalovací odpadový trojúhelník – sídlištní a venkovská zástavba, data z let 2008/2009



V případě posuzování vhodnosti neupraveného SKO pro energetické využití spalováním lze tedy počítat s SKO ze zástavby sídlištní a smíšené. S využitím výše uvedených výsledků týkajících se měrné produkce SKO a informací ze statistického zjišťování ČSÚ o způsobech vytápění bytů v ČR (ENERGO 2004) byl proveden odhad hmotnostních podílů SKO vznikajících v jednotlivých typech zástavby v ČR - 65 % SKO vzniká v zástavbě sídlištní, 12 % v zástavbě smíšené a 23 % v zástavbě venkovské. Vzhledem k neaktuálnosti dat o vytápění bytů (rok 2004) a nezbytné schématickosti přiřazení reálných vytápěcích systémů do 3 skupin podle dat o KO lze jen velmi přibližně odhadnout, že 77 % SKO v ČR je vhodné pro energetické využití spalováním. Pro ilustraci stavu skládkování SKO v ČR jako nejméně vhodného způsobu nakládání s tímto typem

odpadu lze uvést, že podíl skládkovaného SKO v roce 2012 dle evidence ISOH (internet 8) činil 79 % a podíl energeticky využitého SKO v roce 2012 činil 20 %.

Pokud by se uvažovalo o energetickém využívání SKO již upraveného, v případě odpadu z venkovského typu zástavby, dalo by se celkové procento SKO vhodného k tomuto typu využívání zvýšit na cca 90 % (po odstranění frakce pod 8 mm, příp. frakce 8 - 20 mm, které snižují výhřevnost SKO z venkovské zástavby a jsou hlavními původci zvýšené koncentrace nežádoucích látek v SKO).

#### ***6.4 Posouzení vhodnosti využití SKO pro biologické zpracování***

SKO je heterogenní materiál, který lze upravit různými způsoby. Prioritní je vytrídění využitelných složek (papír, plast, sklo, kov) již v domácnostech a jeho následné oddělené shromáždění a oddělený sběr za účelem materiálového využití. Stejně tak lze snížit riziko toxicity komunálního odpadu vytríděním a odděleným sběrem a zpracováním nebezpečné složky. SKO lze roztřídit také mechanicky, např. tříděním na sítích, podsítné jemné podíly byly v minulosti užívány jako materiál pro zakládku v zařízeních k biologickému zpracování odpadů. V některých státech je dosud užíváno výstupů z mechanicko biologické úpravy SKO k výrobě kompostu, jedná se např. o digestát po anaerobním zpracování (Itálie, Španělsko). Výstupní hodnoty analýz SKO prováděných v rozdílných typech zástavby jsou v tabulkách 36 a 37 porovnány s limitními hodnotami koncentrací vybraných prvků a látek stanovenými pro výstupy ze zařízení pro biologické zpracování odpadů (příloha č. 5 vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, ve znění pozdějších předpisů) respektive s hodnotami stanovenými pro hnojiva (limitní hodnoty rizikových prvků v hnojivech upravuje vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů).

Tabulka 36: Porovnání průměrných koncentrací vybraných rizikových látek a prvků v SKO - podsítná frakce 8-20 mm – v sušině

Ukazatel	Jednotka	Limitní koncentrace podle					Průměrné hodnoty koncentrací zjištěné při analýzách v rámci projektu SP2f1/132/08		
		vyhlášky č. 474/2000 Sb.	vyhlášky č. 341/2008 Sb.						
		2a) substráty	Třída I	Třída II	Třída III	Stabiliz. BRO	Sídlištní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
As	mg/kg	20	10	20	30	40	4,00	4,68	17,43
Cd	mg/kg	2	2	3	4	5	0,82	1,64	0,95
Cr	mg/kg	100	100	250	300	600	58,7	55,8	135,6
Cu	mg/kg	100	170	400	500	600	149,6	714,3	218,6
Hg	mg/kg	1	1	1,5	2	5	0,23	0,16	0,32
Ni	mg/kg	50	65	100	120	150	31,3	49,6	70,6
Pb	mg/kg	100	200	300	400	500	77,0	22,8	30,5
Zn	mg/kg	300	500	1200	1500	1800	439	2030	427
PCB	mg/kg	-	0,02	0,2	-	dle zp. využití	0,24	0,34	0,06

Poznámka: v tabulce červeně zvýrazněné hodnoty představují překročení minimálně jedné z uvedených limitních hodnot

Tabulka 37: Porovnání průměrných koncentrací vybraných rizikových látek a prvků SKO - podsítná frakce < 8 mm - v sušině

Ukazatel	Jednotka	Limitní koncentrace podle					Průměrné hodnoty koncentrací zjištěné při analýzách v rámci projektu SP2f1/132/08		
		vyhlášky č. 474/2000 Sb.	vyhlášky č. 341/2008 Sb.						
		2a) substráty	Třída I	Třída II	Třída III	Stabiliz. BRO	Sídlištní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
As	mg/kg	20	10	20	30	40	8,71	8,38	39,88
Cd	mg/kg	2	2	3	4	5	1,15	3,25	1,27
Cr	mg/kg	100	100	250	300	600	70,6	66,7	202,0
Cu	mg/kg	100	170	400	500	600	731,9	358,2	212,1
Hg	mg/kg	1	1	1,5	2	5	0,4	0,33	0,46
Ni	mg/kg	50	65	100	120	150	34,7	61,7	102,8

Pb	mg/kg	100	200	300	400	500	59,7	100,9	299,9
Zn	mg/kg	300	500	1200	1500	1800	987	1445	849
PCB	mg/kg	-	0,02	0,2	-	dle zp. využití	0,54	0,05	0,66

Poznámka: v tabulce červeně zvýrazněné hodnoty představují překročení minimálně jedné z uvedených limitních hodnot

Limitní hodnoty rizikových prvků uvedené v tabulkách 35 a 36 u koncentrací podle vyhlášky č. 474/2000 Sb. se vztahují na výrobky z bioodpadů, konkrétně na substráty uváděné na trh nebo do oběhu podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů.

Limitní hodnoty vybraných rizikových látek a prvků uvedené v tabulkách 36 a 37 u koncentrací podle vyhlášky č. 341/2008 Sb. se vztahují k výstupům ze zařízení k využívání bioodpadů, které jsou určeny k užití mimo zemědělskou a lesní půdu (skupina 2 a 3 podle vyhlášky). Výstupy se užívají především na zakládání nebo pro údržbu veřejné zeleně v obcích. Na základě skutečných vlastností, složení a způsobu využití se skupina dělí na Třidu I (určenou pro využití na povrchu terénu – sportovní a rekreační zařízení), Třidu II (určenou pro využití na povrchu terénu – městská zeleň, zeleň parků a lesoparků, rekultivace), Třidu III (určenou pro využití na povrchu terénu – rekultivace zabezpečených skládek). Stabilizovaný BRO (biologicky rozložitelný odpad) je určen k uložení na skládku.

Při porovnání hodnot naměřených u podsítných frakcí SKO a hodnot stanovených ve vyhláškách se ukazuje, že tento materiál z hlediska obsahu rizikových prvků nespĺňuje požadavky stanovené pro výstupy ze zařízení pro biologické zpracování.

Konkrétně u podsítné frakce 8-20 mm nevyhovují limitním hodnotám pro:

- substráty - koncentrace prvků Cu a Zn v průměru měření u všech obytných zástaveb, u prvku Ni ve smíšené a u venkovské zástavbě a u Cr u venkovské zástavby; celkově nevyhovující koncentrace vybraných prvků a látek byly zaznamenány u sídlištní zástavby v 16 % měření, u smíšené zástavby v 19 % měření a u venkovské zástavby v 36 % měření;
- materiály po biologické úpravě

*I.třída* - rovněž nevyhovují průměrné hodnoty u prvků Cu a Zn u smíšené a venkovské zástavby, u venkovské zástavby je to navíc As a Crtémě ř ve všech případech měření, u PCB nevyhovují hodnoty všech měření u všech zástaveb; celkově nevyhovující hodnoty byly zaznamenány u sídlištní zástavby ve 20 % případů, u smíšené zástavby ve 22 % případů a u venkovské zástavby ve 47 % případů;

*II.třída* - nevyhovují průměrné hodnoty prvků Cu a Zn ve smíšené zástavbě, u PCB nevyhovují hodnoty v sídlištní a ve smíšené zástavbě; celkově nevyhovující hodnoty byly zaznamenány u sídlištní a venkovské zástavby v 6 % případů, u smíšené zástavby v 8 % případů;

*III.třída* - vykazuje zjištění odpovídající II.třídě;

Odpad z této frakce SKO (8-20 mm) celkově nevyhovuje dokonce ani limitním hodnotám rizikových prvků stanoveným pro odpad určený k uložení na skládky, tj. *stabilizované BRO* (biologicky rozložitelný odpad).

U podsítné frakce menší než 8 mm je překračování limitních hodnot ještě výraznější. Naměřené hodnoty vybraných prvků a látek nevyhovují limitním hodnotám pro:

- substráty - u sídlištní a smíšené zástavby v 25 % měření, u venkovské zástavby v 57 % měření; limitní hodnoty koncentrace Zn jsou překračovány téměř ve všech případech (85 % naměřených hodnot); ve venkovské zástavbě je takto překračována nejen koncentrace Zn, ale i As, Cr a Ni;
- materiály po biologické úpravě

*I.třída* - nevyhovující hodnoty byly zaznamenány u sídlištní a smíšené zástavby ve 30 % případů a u venkovské zástavby v 56 % případů; naměřené hodnoty PCB vykazují nevyhovující hodnoty u všech měření a u všech zástaveb; u venkovské zástavby navíc nevyhovují všechny naměřené hodnoty koncentrací As, celkového Cr, Ni, Zn;

*II.třída* - nevyhovující hodnoty byly zaznamenány u sídlištní zástavby v 11 % případů, u smíšené zástavby v 7 % případů a u venkovské zástavby ve 20 %

případů; u sídlištní zástavby je nejčastěji a několikanásobně překročena hodnota koncentrace Cu (33 % případů), u venkovské zástavby pak As (75 % případů);

*III.třída* - vykazuje zjištění odpovídající II.třídě;

Odpad z této frakce směsného komunálního odpadu (menší než 8 mm), stejně jako u předcházející frakce, nevyhovuje ani limitním hodnotám rizikových prvků stanoveným pro odpad určený k uložení na skládky, tj. *stabilizované BRO* (biologicky rozložitelný odpad).

Nevhodnost zpracování SKO v zařízeních k využívání bioodpadů z důvodu obsahu rizikových látek a prvků potvrzují také zahraniční studie (Alvareza a kol., 2008; Andersen a kol., 2012). V současné době se řada autorů zabývá kvalitou bioodpadu, vzhledem k jeho dalšímu zpracování. Od přehledných studií až po články v odborných časopisech se všichni autoři jednoznačně shodují v tom, že kvalita sebraného bioodpadu je hlavním problémem při jeho dalším zpracování. Vysoký obsah těžkých kovů a specifických organických látek hraje klíčovou roli při zpracování bioodpadu a ovlivňuje i kvalitu výsledného produktu. Výsledky předkládané práce dokazují, že obava o kvalitu BRKO není neodůvodněná.

### **6.5 Potenciál materiálového využití KO a SKO**

S využitím výše uvedených výsledků týkajících se měrné produkce KO a informací ze statistického zjišťování ČSÚ o způsobech vytápění bytů v ČR (ENERGO 2004) byl proveden odhad hmotnostních podílů KO vznikajících v jednotlivých typech zástavby v ČR - 73 % KO vzniká v zástavbě sídlištní, 10 % v zástavbě smíšené a 17 % v zástavbě venkovské. Vzhledem k neaktuálnosti dat o vytápění bytů (rok 2004) a nezbytné schématickosti přiřazení reálných vytápěcích systémů do 3 skupin podle dat o domovních odpadech lze provést jen velmi přibližný odhad reprezentativní skladby KO v podmínkách ČR (tabulka 38).

Tabulka 38: Odhad průměrné skladby KO v ČR (výskyt odpadu včetně vyříděných využitelných složek)

<b>Látková skupina</b>	<b>Podíl látkových skupin v komunálním odpadu – průměr (% hmotnostní)</b>
Papír/lepenka	22,4
Plasty	15,6
Sklo	9,8
Kovy	1,9
Bioodpad	15,5
Textil	4,1
Minerální odpad	2,8
Nebezpečný odpad	0,5
Spalitelný odpad	10,6
Elektrozařízení	0,5
Zbytek 20-40 mm	5,0
Zbytek 8-20 mm	3,7
Frakce < 8 mm	7,6

Z průměrné skladby KO je zřejmé, že využitelné složky (papír, plasty, sklo, kovy) tvoří v průměru 49,7 % hm. Pokud připočteme biologický odpad pak je to přibližně 65 %. Je třeba zdůraznit, že ne všechny využitelné odpady jsou recyklovatelné (materiálově využitelné). Část těchto odpadů je v důsledku svého znečištění a příměsí nevhodných látek k recyklaci nevhodná. Jedná se např. o zamaštěné a jinak znečištěné papíry sloužící k zabalení zbytků potravin či hygienických prostředků, plastové obaly se zbytky potravin, olejů a jiných látek, kombinované plasty apod. Takovýto odpad je sice využitelný např. kompostováním nebo energeticky, ale je nevhodný pro úpravu na druhotnou surovinu, která do výroby vstupuje jako náhrada primární suroviny. V tabulce 39 za použití údajů z analýz skladby SKO jsou stanoveny průměrné podíly recyklovatelných odpadů ve vybraných skupinách SKO.

Tabulka 39: Podíl recyklovatelných odpadů ve vybraných skupinách SKO

Látková skupina	Průměrný podíl ve vybraných látkových skupinách (% hmotnostní)								
	Sídlištní zástavba			Smíšená zástavba			Venkovská zástavba		
	celkem	%	recykl	celkem	%	recykl	celkem	%	recykl
<b>Papír/lepenka</b>	<b>100,0</b>		<b>73,24</b>	<b>100,0</b>		<b>57,38</b>	<b>100,0</b>		<b>74,39</b>
Karton/lepenka	14,3	80	11,44	16,6	65	10,79	16,3	95	15,49
Jiné obaly	13,2	10	1,32	14,7	10	1,47	14,8	10	1,48
Noviny a časopisy	17,4	98	17,05	11,6	90	10,44	20,4	98	19,99
Knihy	1,1	90	0,99	1,1	90	0,99	1,2	90	1,08
Letáky	23,7	90	21,33	16,7	90	15,03	14,9	90	13,41
Jiný papír	22,6	60	13,56	32,5	40	13,00	23,2	60	13,92
<b>Kombinované obaly</b>	<b>7,7</b>	<b>98</b>	<b>7,55</b>	<b>6,8</b>	<b>98</b>	<b>6,66</b>	<b>9,2</b>	<b>98</b>	<b>9,02</b>
<b>Plasty</b>	<b>100,0</b>		<b>62,25</b>	<b>100,0</b>		<b>50,53</b>	<b>100,0</b>		<b>62,54</b>
PET lahve čiré	6,3	80	5,04	6,0	80	4,80	3,7	90	3,33
PET lahve barevné	8,5	80	6,8	11,3	80	9,04	6,2	90	5,58
Fólie obalová	16,0	70	11,20	21,0	40	8,40	20,2	70	14,14
Fólie neobalová	30,8	60	18,48	28,1	50	14,05	33,7	60	20,22
Jiné obaly	30,6	55	16,83	25,6	40	10,24	23,3	55	12,82
Jiné plasty	7,8	50	3,9	8,0	50	4,00	12,9	50	6,45
<b>Sklo</b>	<b>100,0</b>		<b>93,90</b>	<b>100,0</b>		<b>92,97</b>	<b>100,0</b>		<b>90,19</b>
Čiré obalové	56,6	95	53,77	61,0	95	57,95	44,1	95	42,00
Zelené obalové	34,2	95	32,49	30,9	95	29,36	44,2	95	42,00
Hnědé obalové	5,7	95	5,42	5,0	95	4,75	5,3	95	5,04
Vratné obalové	2,2	95	2,09	0,7	95	0,67	0,6	95	0,57
Jiné sklo	1,3	10	0,13	2,4	10	0,24	5,8	10	0,58
<b>Kovy</b>	<b>100,0</b>		<b>96,77</b>	<b>100,0</b>		<b>97,12</b>	<b>100,0</b>		<b>94,41</b>
Fe obalové	65,9	98	64,58	69,7	98	68,31	74,8	98	73,30
AL obalové	18,7	98	18,33	19,2	98	18,82	12,4	98	12,15
Jiné kovy	15,4	90	13,86	11,1	90	9,99	12,8	70	8,96

Na základě převodu podílů výskytu vybraných látkových skupin a v nich obsažených recyklovatelných odpadů na měrná množství a při započtení množství vytříděných

využitelných složek lze stanovit průměrné podíly recyklovatelnosti látkových skupin KO v jednotlivých typech obytné zástavby (tabulka 40).

Tabulka 40: Podíly recyklovatelnosti vybraných využitelných složek KO

Ukazatel Látková skupina	Průměrná měrná množství (kg/obyv a rok)		
	Sídlištní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
<b>Měrné množství KO (výskyt vč. vyříděných)</b>	<b>179</b>	<b>292</b>	<b>308</b>
Papír/lepenka	44,2	62,7	21,8
Plasty	29,8	51,4	29,8
Sklo	19,7	22,9	15,2
Nápojový karton	1,7	3,3	1,8
Kovy	3,1	6,2	7,7
<b>Měrné množství SKO (zbytkového)</b>	<b>133</b>	<b>255</b>	<b>290</b>
Papír/lepenka	19,9	44,4	16,8
Plasty	18,9	37,4	23,5
Sklo	9,1	17,8	9,1
Nápojový karton	1,7	3,2	1,8
Kovy	3,1	6,2	7,7
<b>Recyklovatelné měrné množství v SKO</b>	<b>39,4</b>	<b>69,9</b>	<b>44,3</b>
Papír/lepenka	14,5	25,4	12,4
Plasty	11,8	18,9	14,7
Sklo	8,5	16,5	8,2
Nápojový karton	1,6	3,1	1,7
Kovy	3,0	6,0	7,3
<b>Vyříděné látkové skupiny (bez kovů)</b>	<b>45,8</b>	<b>37,5</b>	<b>17,4</b>
Papír/lepenka	24,3	18,3	5,0
Plasty	10,9	14,0	6,3
Sklo	10,6	5,1	6,1
Nápojový karton	0,04	0,1	0,02
Kovy			
<b>Recyklovatelné měrné množství v KO (výskyt)</b>	<b>85,2</b>	<b>107,4</b>	<b>61,7</b>
Papír/lepenka	38,8	43,7	17,4

Charakteristika komunálních odpadů

Plasty	22,7	32,9	21,0
Sklo	19,1	21,6	14,3
Nápojový karton	1,6	3,2	1,7
Kovy	3,0	6,0	7,3
<b>Podíl recyklovatelnosti SKO</b>	<b>29,6 %</b>	<b>23,9 %</b>	<b>15,3 %</b>
<b>Podíl recyklovatelnosti KO</b>	<b>47,6 %</b>	<b>36,8 %</b>	<b>20,0 %</b>
Papír/lepenka	87,8 %	69,7 %	79,8 %
Plasty	76,2 %	64,0 %	70,5 %
Sklo	97,0 %	94,3 %	94,1 %
Nápojový karton	94,1 %	97,0 %	94,4 %
Kovy	96,8 %	96,8 %	94,8 %

Vysvětlivky:

Měrné množství KO = podíl složek ve zbytkovém/směsném KO + vytříděné složky.

Měrné množství SKO = podíl složek ve zbytkovém/směsném KO.

Recyklovatelné měrné množství v SKO = výpočet z SKO s daty z tabulky 38.

Vytříděné látkové skupiny = vytříděné množství složek v dané lokalitě zvolené pro analýzy skladby.

Recyklovatelné měrné množství v KO = recyklovatelné množství v SKO + vytříděné KO.

Podíl recyklovatelnosti = recyklovatelné množství v KO/měrné množství KO.

S využitím reprezentativní skladby KO v podmínkách ČR (tabulka 38) a podílů recyklovatelnosti vybraných využitelných složek KO (tabulka 40) lze přibližně stanovit potenciál materiálového využití recyklovatelných KO v ČR, a to na 41 % celkové produkce KO. Pokud se připočte podíl bioodpadů v KO, zvýší se potenciál materiálového využití KO v ČR na 56,5 %. Pro srovnání se současnou situací lze uvést, že v roce 2012 se dle dat ISOH (internet 2) a ČSÚ (internet 1) materiálově využilo 23,2 - 30,4 % KO. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES a Plán odpadového hospodářství ČR (352/2014 Sb., Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015-2024) ukládá do roku 2020 dosáhnout minimálně 50 % materiálového využití KO a zbývající SKO především energeticky využít. Nabízí se však otázka, zda zbývající SKO bude možné po vytřídění většiny papíru a plastů energeticky využít, a to vzhledem k jeho pravděpodobně velmi nízké výhřevnosti.

## **7 Závěr**

V rámci předkládané disertační práce bylo stanoveno měrné množství, skladba a fyzikálně-chemické parametry KO ve třech základních typech obytné zástavby v ČR, lišící se především způsobem vytápění, možnostmi nakládat s odpady a přítomností živnostenského odpadu.

Byl potvrzen vliv způsobu vytápění jako hlavního faktoru ovlivňujícího vlastnosti SKO, kdy skladba i fyzikálně-chemické vlastnosti zkoumaného SKO byly v téměř všech zkoumaných parametrech signifikantně odlišné ve venkovské zástavbě v porovnání se zbývajícími dvěma typy zástavby. Statistické zpracování získaných dat nepotvrdilo rozdílnost mezi zástavbou smíšenou a sídlištní, kde vytápění je podobné a tyto dvě zástavby se liší především v přítomnosti živnostenského odpadu v zástavbě smíšené. U skupin odpadu, které jsou zastoupeny v SKO ve všech třech typech zástavby do cca 6 % (kovy, nebezpečný odpad, elektroodpad, zbytek 20 - 40 mm), nebyla prokázána rozdílnost ani mezi zástavbou venkovskou a zbývajícími dvěma typy zástavby.

Měrné množství SKO i KO bylo vyšší v zástavbě venkovské a smíšené. Ve venkovské zástavbě především díky vyššímu množství zahradního bioodpadu ve vegetačním období a také díky vyššímu množství minerálního odpadu. Vyšší množství odpadu ve smíšené zástavbě bylo způsobeno pravděpodobně přítomností živnostenského odpadu. Avšak složení živnostenského odpadu v SKO ve smíšené zástavbě bylo podobné složení domovního odpadu.

Rozdíly v obsahu vlhkosti, výhřevnosti, obsahu těžkých kovů, organických a dalších látek mezi sídlištní, smíšenou a venkovskou zástavbou jsou spojeny s rozdílným složením SKO. Statistické zpracování dat opět potvrdilo rozdílná data pouze mezi SKO z venkovské zástavby ve srovnání se zbývajícími dvěma typy zástavby, a to téměř u všech zkoumaných fyzikálně - chemických ukazatelů. Výhřevnost i vlhkost byly vyšší u SKO pocházejícího ze zástavby sídlištní a smíšené, což je dáno vyšším podílem papíru a plastů v SKO (látky s vysokou výhřevností) a vyšším podílem bioodpadů v SKO (odpady s vyšší vlhkostí). Vyšší obsah těžkých kovů v SKO ze zástavby venkovské byl znatelný především u Tl, As, Ni, Cr, Zn, Fe, Mn a S, což je pravděpodobně spojeno s vyšším podílem frakce pod 8 mm tvořené především v zimě z velké části popelem ze spalování pevných paliv.

Jelikož v téměř všech zkoumaných parametrech nebyla potvrzena rozdílnost SKO ze zástavby smíšené a sídlištní, bylo by vhodné v případě budoucích analýz SKO zvážit možnost sloučení těchto dvou typů zástavby.

Ačkoli SKO z venkovské zástavby má průměrné nižší vlhkost než SKO ze zástavby smíšené a sídlištní, přesto díky nižší výhřevnosti (6,8 MJ/kg oproti 10,3 - 10,5 MJ/kg) není vhodný k energetickému využití spalováním. Vysoké hodnoty obsahu některých prvků (Tl, As, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn, S) v SKO z venkovské zástavby opět znevýhodňuje tento typ odpadu v případě energetického využití.

V případě posuzování vhodnosti neupraveného SKO pro energetické využití spalováním lze tedy počítat s SKO ze zástavby sídlištní a smíšené. S využitím získaných výsledků lze velmi přibližně odhadnout, že 77 % SKO v ČR je vhodné pro energetické využití spalováním. Pro ilustraci stavu skládkování SKO v ČR jako nejméně vhodného způsobu nakládání s tímto typem odpadu lze uvést, že podíl skládkovaného SKO v roce 2012 dle evidence ISOH (internet 8) činil 79 % a podíl energeticky využitého SKO v roce 2012 činil 20 %.

Pokud by se uvažovalo o energetickém využívání SKO již upraveného, v případě odpadu z venkovského typu zástavby, dalo by se celkové procento SKO vhodného k tomuto typu využívání zvýšit na cca 90 % (po odstranění frakce pod 8 mm, příp. frakce 8 - 20 mm, které snižují výhřevnost SKO z venkovské zástavby a jsou hlavními původci zvýšené koncentrace nežádoucích látek v SKO).

V rámci zhodnocení vhodnosti SKO pro biologické zpracování byly výstupní hodnoty analýz SKO prováděných v rozdílných typech zástavby porovnány s limitními hodnotami koncentrací vybraných prvků a látek stanovenými pro výstupy ze zařízení pro biologické zpracování odpadů (příloha č. 5 vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, ve znění pozdějších předpisů) a s hodnotami stanovenými pro hnojiva (limitní hodnoty rizikových prvků v hnojivech upravuje vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů). Při porovnání hodnot naměřených u podsítných frakcí SKO a hodnot stanovených ve vyhláškách se ukázalo, že tento materiál z hlediska obsahu rizikových prvků nespĺňuje požadavky stanovené pro výstupy ze zařízení pro biologické zpracování, v případě některých stanovovaných prvků (Zn v SKO ze smíšené a sídlištní zástavby, As v SKO z venkovské zástavby) nespĺňoval SKO limity ani pro uložení na skládku po stabilizaci.

Pro zhodnocení potenciálu materiálového využití KO v ČR byla pomocí získaných dat přibližně stanovena reprezentativní skladba KO v ČR, která uvádí, že využitelné složky (papír, plasty, sklo, kovy) tvoří v průměru 49,7 % hm. Pokud připočteme biologický odpad pak je to přibližně 65 %. Po odečtení odpadů nevhodných k recyklaci je přibližný potenciál materiálového využití recyklovatelných KO v ČR 41 % celkové produkce KO, se započtení bioodpadu pak 56,5 %. Pro srovnání se současnou situací lze uvést, že v roce 2012 se dle dat ISOH (internet 2) a ČSÚ (internet 1) materiálově využilo 23,2 - 30,4 % KO. Dle legislativních cílů by měla ČR do roku 2020 dosáhnout minimálně 50 % materiálového využití KO a zbývající SKO především energeticky využít. Zda zbývající SKO bude možné po vytřídění většiny papíru a plastů energeticky využít vzhledem k jeho pravděpodobně velmi nízké výhřevnosti, zůstává otázkou pro další možný výzkum.

## **8. Použitá literatura**

**Alexander, J.H. (1993).** Defense of Garbage. Praeger, Westport, CT, 1993.

**Alvarez, M.D., Sans, R., Garrido, N., Torres, A. (2008):** Factors that affect the quality of the bio-waste fraction of selectively collected solid waste in Catalonia. Waste Management 28: 359–366

**Andersen, J.K., Boldrin, A., Christensen, T.H., Scheutz, C. (2012):** Home composting as an alternative treatment option for organic household waste in Denmark: An environmental assessment using life cycle assessment-modelling. Waste Management 32: 31–40

**Benešová, L., Černík, B., Kotoulová, Z., Doležalová, M., 2010.** Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání, projekt MŽP ČR č. SP2f1-132-08, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí, Praha, 2010.

**Benešová, L., Černík, B., Kotoulová, Z., Vrbová, M., (2003):** Intenzifikace sběru, dopravy a třídění komunálního odpadu, projekt MŽP ČR č. VaV/720/2/00, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí, Praha, 2003

**Bilitewski, B. B., Hardtle, G., Marek, K. (1997):** Waste Management. Springer, Berlin, 1997.

**Boer, E., Jeźdrczak, A., Kowalski, Z., Kulczycka, J., Szpadt, R. (2010):** A review of municipal solid waste composition and quantities in Poland. Waste Management 30: 369–377

**Bongardt, J., Schmalz, S., Schmidt, O., 2003.** Analyse zum Abfallverhalten in einem brandenburgischen Landkreis, Müll und Abfall, 35, (5), 217-221.

**Buenrostro, O., Bocco, G., Bernache, G., 2001.** Urban solid waste generation and disposal in Mexico: a case study. Waste Management & Research 19, 169–176.

**Burnley (2001):** The impact of the European landfill directive on waste management in the United Kingdom, Stephen Burnley, Resources, Conservation and Recycling 32: 349–358

**Burnley, J.S. (2007):** A review of municipal solid waste composition in the United Kingdom. Waste Management 27: 1274–1285

**Burnley, S.J., (2007):** The use of chemical composition data in waste management planning. *Waste Management* 27: 327–336.

**Burnley, S.J., Coleman, T., Gronow, J.R. (1999):** The impact of the landfill directive on strategic waste management in the UK. *International Conference on Landfill*. Sardinia.

**Burnley, S.J., Ellis, J.C., Flowerdew, R., Poll, A.J., Prosser, H. (2007):** Assessing the composition of municipal solid waste in Wales. *Resources, Conservation and Recycling* 49 (3): 264–283.

**Conolly, P., Dodge, H., (1998):** *The Ancient City – Life in Classical Athens and Rome*. Oxford University Press, Oxford, GB, 1995.

**Cornelissen, A.A.J., Otte, P.F., (1995):** Physical investigation of the composition of household waste in the Netherlands – results 1993. National Institute for Public health and the Environment,

**Čenský, J. (1997):** Management of Municipal (and packaging) waste management - Verify the current composition of municipal waste. Prague, REO-RWE Entsorgung, SLEEKO 1997, in czech with english summary.

**Černík B. (2008):** Prognóza vývoje odpadového hospodářství v České republice, disertační práce, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí, Praha, 2010.

**Dahlen, L. (2008):** Methods for household waste composition studies. *Waste Management* 28: 1100–1112

**Daskalopoulos, E., Badr, A., Probert, S. D. (1997):** Economic and environmental evaluations of waste treatment and disposal technologies for municipal solid waste. *Applied Energy*, Vol. 58, No. 4: 209 - 255

**Dennison, G.J., Dodda, V.A., Whelan, B. (1996):** A socio-economic based survey of household waste characteristics in the city of Dublin, Ireland. *Resources, Conservation and Recycling* 17: 227-244

**Doležalová, M. (2008):** Studium nakládání s tuhým komunálním odpadem ve městě Mladá Vožice. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí. Str. 51 – 52.

**EKO-KOM, 2010.** Strategie rozvoje nakládání s odpady v obcích a městech ČR, konference Odpady a obce, Hradec Králové, 2010.

**ENERGO 2004:** ENERGO 2004 - statistické šetření spotřeby paliv a energie v domácnostech. ČSÚ, 2004.

**European Commission (2004):** Methodology for the analysis of solid waste (SWA-tool), 5th Framework Program, Vienna, Austria. <<http://www.wastesolutions.org>>

**Franklin and Associates (1999):** Characterization of municipal solid waste in the United States: 1998 Update. Report No. EPA530, Municipal and Industrial Solid Waste Division, Office of Solid Waste, Environmental Protection Agency, USA.

**Gay, A.E., Beam, T.G., Mar, B.W. (1993):** Cost-effective solid-waste characterization methodology. Journal of Environmental Engineering 119 (4): 631–644.

**Gidakos, E., Havas, G., Ntzamilis, P. (2006):** Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete. Waste Management 26: 668–679

**Gomes, A. P., Matos, M.A., Carvalho, I.C (2008):** Separate collection of the biodegradable fraction of MSW: An economic assessment. Waste Management 28: 1711–1719

**Gomez, G., Meneses, M., Ballinas, L., Castells, F. (2008):** Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico. Waste Management 28, 2465–2471.

**Chang, N., Davila, E., 2008.** Municipal solid waste characterizations and management strategies for the Lower Rio Grande Valley, Texas. Waste Management 28, 776–794

**Kelly, K. (1973).** The history and Future of Garbage in America. Saturday Review Press, New York, NY, 1973.

**Kost, T., (2001):** Technical Fuel Characterization of Household Waste. TU-Dresden, Dissertation (in German). Citováno v Riber, Ch., Petersen., C., Christensen, T. (2009): Chemical composition of material fractions in Danish household waste Waste Management 29: 1251–1257

**Krech, S., McNeiel, J., R., (2004):** Encyklopedia of World Environmental History. 3. svazek, Berkshire Publishing Group, Routledge, NY, 2004.

- Manhart, J., Maršák, J. (2015):** Různá data o odpadech v České republice – příčiny a důsledky. Odpadové fórum 1: 12-14
- Maystre, L.Y., Viret, F. (1995):** A goal-oriented characterization of urban waste. Waste Management and Research 13 (3): 207.
- McBean, E. A., Rovers, F. A., Farquhar, G. J. (1995):** Solid Waste Landfill Engineering and Design, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.
- Melosi, M. V., (1995):** Garbage in the Cities. Texas A@M Press, College Station, TX, 1981.
- Metin, E. a kol. (2003):** Solid waste management practices and review of recovery and recycling operations in Turkey. Waste Management 23: 425–432
- Morvan, B. (2004):** Characterization of MSW Method on dry matter. Konference AWAST Italy, 25.3.2004. <<http://www.wastesolutions.org>>
- MZe (2009):** Zpráva o výsledcích a vyhodnocování sledování cizorodých látek v potravním řetězci v rezortu zemědělství v roce 2008, MZe ČR.
- Nekvasil, F., Trebichavský, J., Blohberger, M. (1998):** Škodliviny II - halogeny, NSO Kutná Hora, 193 s.
- New, R. a Davies, D. (1995):** NHWAP background and results. In Conference Prospectus: Household Waste Arisings and Composition 1st National Conference, Culham, Oxfordshire, 29 March 1995.str 19. Citováno v: Julian P. Parfitt, J.P., Flowerdew, R. (1997): Methodological problems in the generation of household waste statistics: An analysis of the United Kingdom's National Household Waste Analysis Programme. Applied Geography, Vol. 17, No. 3: 231-244
- Novotný, P. (2002):** Růst potřeby a spotřeby energie v souvislosti se zvyšováním životní úrovně a jejich dopady na přírodu. Využití odpadu jako paliva II – sborník semináře , Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s r.o., 2002, str. 5
- Obroučka, K. (2005):** Výzkum spalování odpadů, projekt VaV/720/16/03, VŠB-TU Ostrava, 2005.
- Petersen, C., Domela, I., (2003):** Composition of Household Waste and Arrangements for Home Composting. Danish Environmental Protection Agency Project Nr. 868, Copenhagen (in Danish, summary in English), citováno v Riber, Ch., Petersen., C.,

Christensen, T. (2009): Chemical composition of material fractions in Danish household waste *Waste Management* 29: 1251–1257

**Pitchel, J. (2005):** *Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial.* CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, USA, 2005.

**Procházka, O. (2008):** Světová kapacita spalování odpadů roste. *Odpadové fórum*, 10/2008, str. 15.

**Riber, C., Christensen, T.H. (2006):** Measurement of Chemical Composition in Household Waste and Small Combustible Waste. Danish Environmental Protection Agency Project Nr. 1085, Copenhagen (in Danish, summary in English) Citováno v Riber, Ch., Petersen., C., Christensen, T. (2009): Chemical composition of material fractions in Danish household waste *Waste Management* 29: 1251–1257

**Riber, Ch., Petersen., C., Christensen, T. (2009):** Chemical composition of material fractions in Danish household waste *Waste Management* 29: 1251–1257

**Rotter, S., Bilitewski, B., Janz, A., Schirmer, M. (2005):** Sources of Chlorine in MSW and RDF, 10th International Waste Management and Landfill Symposium, Sardinia, Italy.

**Sakai, S. (1996):** Municipal solid waste management in Japan. *Waste Management* 16: 395-405

**Sawell, S. a kol (1996):** An overview of municipal solid waste management in Canada. *Waste Management* 16: 351-359

**Scott, P.E. (1995):** The International Energy Agency's (IEA) work in harmonising sampling and analytical protocols related to municipal solid waste (MSW) conversion to energy. *Biomass and Bioenergy* 9 (1–5), 415. The Netherlands.

**Scharf, Ch. a Vogel, G. (1994):** A comparison of collection systems in European cities. *Waste Management and Research* 12: 387-404

**Strnadová, L. (2014):** Metodika ČSÚ sběru a zpracování dat o odpadech. *Odpadové fórum* 12: 12-13

**Suchánek, B. (1990):** Zacházení s tuhým komunálním odpadem, VÚMH Praha.

**The EFSA Journal (2004 a 2009):** 2004, 1-14; 2009, 1351; 2009, 1-139, dostupný na <http://www.efsa.europa.eu/>

**Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S. A. (1993)** Integrated Solid Waste Management; Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill, New York.  
Citováno v: Julian P. Parfitt, J.P., Flowerdew, R. (1997): Methodological problems in the generation of household waste statistics: An analysis of the United Kingdom's National Household Waste Analysis Programme. Applied Geography, Vol. 17, No. 3: 231-244

**Trebichavský, J., Havrdová, D., Blohberger, M. (1998):** Toxické kovy. NSO - Ing. František Nekvasil, Kutná Hora. 483 str.

**US EPA (2005):** Emissions from Waste Incineration, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, US EPA

**Vehlow, J. (1996):** Municipal solid waste management in Germany. Waste Management 16: 367-374

**Vesilind, P. A., Worrell, W., Reinhart, D. (2002):** Solid Waste Engineering, Briooks/Cole, Pacific Grove, CA, 2002.

výzkumného projektu SP/2f1/132/08 „Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání“, Benešová, L. a kol., Univerzita Karlova v Praze, 2010.

**Weigand, H., Marb, C., 2005.** Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Restmüll aus Haushaltungen. Teil II: Restmüllzusammensetzung als Funktion von Siedlungsstruktur und Abfallwirtschaftssystem Müll und Abfall, 37 (10), 522-530.

**Williams, P. T. (1998):** Waste Treatment and Disposal, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, Great Britain, 1998.

**Wilson, D. G. (1977):** Handbook of Solid Waste Management. Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY, 1977.

**Wilson, E., McDougall, F.R., Willmore, J. (2001):** Euro-trash: searching Europe for a more sustainable approach to waste management. Resources, Conservation and Recycling 31: 327–346

**Yedla, S., Parikh, J.K. (2002):** Development of a purpose built landfill system for the control of methane emissions from municipal solid waste Waste Management 22: 501–506

**Internetové zdroje:**

**Internet 1:** [http://www.czso.cz/csu/2013edicniplan.nsf/publ/2001-13-r\\_2013](http://www.czso.cz/csu/2013edicniplan.nsf/publ/2001-13-r_2013) Tab. 6  
Produkce komunálních odpadů v letech 2008 – 2012. Ze dne 15. 2. 2015.

**Internet 2:** <http://www1.cenia.cz/www/publikace-cenia> Statistická ročenka Životního prostředí České republiky 2013. Ze dne 15. 2. 2015.

**Internet 3:** [http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/obyvatelstvo\\_hu](http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/obyvatelstvo_hu) Tab. 1 Pohyb obyvatelstva v Českých zemích 1785 - 2013, absolutní údaje. Ze dne 15. 2. 2015.

**Internet 4:** <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2013-tywmw59yke> Graf 14 Produkce komunálních odpadů ve vybraných zemích v roce 2012. Ze dne 26. 3. 2015.

**Internet 5:** <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2013-tywmw59yke> Tab. 17 Produkce komunálního odpadu v Evropě 2005 – 2012. Ze dne 26. 3. 2015

**Internet 6:** <http://www.kic-odpady.cz/ptejte-se-nas.php> Ze dne 26. 3. 2015.

**Internet 7:** <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2013-tywmw59yke> Graf 15 Nakládání s komunálním odpadem ve vybraných zemích v roce 2012. Ze dne 26. 3. 2015.

**Internet 8:** <http://isoh.cenia.cz/groupisoh/> Na uvedeném portále vyhledáno následující: odpady skupiny 20 01 03 - produkce - A00, energetické využití - R1, skládkování - D1, D5, D12.

**Legislativní podklady:**

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 381/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 474/200 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 341/2008 Sb, o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, ve znění pozdějších předpisů

Nařízení vlády č. 352/2014 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015-2024

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES, o odpadech

Směrnice pro provádění šetření ke zjišťování množství a složení tuhých sídelních odpadů v zemi Braniborsko (TVAB/52. Lfg. III/99)

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1: Vývoj množství KO podle evidence ISOH .....	20
Tabulka 2: Vývoj množství KO podle evidence ČSÚ.....	20
Tabulka 3: Ukazatele podílu domovního (DO) a domovnímu odpadu podobného odpadu (ŽO) na jejich celkové produkci v ČR .....	22
Tabulka 4: Ukazatele skladby KO a SKO (% hmotnostní).....	23
Tabulka 5: Typické složení KO v některých zemích (v %) .....	25
Tabulka 6: Průměrné hodnoty chemických ukazatelů SKO (mg/kg odpadu), 1998 - 1999	27
Tabulka 7: Fyzikálně-chemické ukazatele SKO z území Ostravska, Brněnska a dle BREF .....	28
Tabulka 8: Obsah vybraných kovů v typickém SKO v USA a Evropě (v mg/kg odpadu). 29	
Tabulka 9: Průměrné hodnoty vlhkosti a výhřevnosti SKO.....	29
Tabulka 10: Obsah vybraných kovů v typickém SKO v Dánsku a Německu (v mg/kg sušiny odpadu).....	30
Tabulka 11: Nakládání s KO vztažené k celkové produkci KO dle ISOH a dle ČSÚ, 2008–2012, (v %) .....	31
Tabulka 12: Seznam zkoumaných fyzikálních a chemických ukazatelů a popis metod jejich stanovení.....	35
Tabulka 13: Popis studovaných oblastí .....	36
Tabulka 14: Analyzované látkové skupiny .....	38
Tabulka 15: Měrné množství SKO (zbytkového odpadu, tj. odpadu bez vytríděných využitelných složek), 2008-2009.....	40

Tabulka 16: Měrné množství KO (výskyt odpadu včetně vyříděných využitelných složek), 2008 - 2009.....	42
Tabulka 17: Měrné množství vyříděných využitelných složek KO a podíl vyříděného KO, 2008 – 2009.....	43
Tabulka 18: Průměrné hodnoty skladby SKO (zbytkového odpadu, tj. odpadu bez vyříděných využitelných složek), 2008-2009, (v % hmotnostních) .....	44
Tabulka 19: Průměrné hodnoty skladby KO (výskyt odpadu včetně vyříděných využitelných složek), 2008-2009, (v % hmotnostních).....	44
Tabulka 20: Ukazatele zrnitosti SKO (bez zohlednění separace využitelných složek), 2008 - 2009.....	45
Tabulka 21: Průměrné hodnoty vlhkosti a výhřevnosti SKO .....	51
Tabulka 22: Obsah vybraných ukazatelů v SKO, v původním vzorku.....	55
Tabulka 23: Základní statistické ukazatele podílů látkových skupin v SKO (v % hmot.) .	60
Tabulka 24: Srovnání smíšené (M), sídlištní (C) a venkovské (P) zástavby (P-hodnoty dle Kruskal-Walisova testu, tučně signifikantně rozdílné typy zástavby) .....	65
Tabulka 25: Základní statistické ukazatele fyzikálně-chemický ukazatelů SKO .....	66
Tabulka 26: Srovnání smíšené (M), sídlištní (C) a venkovské (P) zástavby (P-hodnoty dle Kruskal-Walisova testu, tučně signifikantně rozdílné typy zástavby) .....	72
Tabulka 27: Měrné množství KO v letech 1999/2000 a 2008/2009 .....	75
Tabulka 28: Měrné množství SKO v letech 1999/2000 a 2008/2009 .....	75
Tabulka 29: Měrné množství VS v letech 1999/2000 a 2008/2009 .....	76
Tabulka 30: Porovnání složení KO, 2009 - výsledky VaV SP/2f1/132/08 (VaV) a výsledky EKO-KOM (výskyt odpadu včetně vyříděných využitelných složek) .....	79
Tabulka 31: Porovnání průměrných hodnot skladby KO ve venkovské zástavbě .....	
SP/2f1/132/08 a EKO-KOM, *skladba látkových skupin ve frakci větší než 20 mm .....	80
Tabulka 32: Srovnání historických analýz KO v sídlištní zástavbě ČR .....	81
Tabulka 33: Průměrné hodnoty fyzikálně - chemických ukazatelů SKO v letech 1999/2000 a 2008/2009, v původním vzorku.....	83

Tabulka 34: Obsah fyzikálně-chemických ukazatelů v SKO a dle BREF (v sušině).....	85
Tabulka 35: Vliv složení odpadu na energetické využití odpadu.....	86
Tabulka 36: Porovnání průměrných koncentrací vybraných rizikových látek a prvků v SKO - podsítná frakce 8-20 mm – v sušině.....	89
Tabulka 37: Porovnání průměrných koncentrací vybraných rizikových látek a prvků SKO - podsítná frakce < 8 mm - v sušině .....	89
Tabulka 38: Odhad průměrné skladby KO v ČR (výskyt odpadu včetně vyříděných využitelných složek).....	93
Tabulka 39: Podíl recyklovatelných odpadů ve vybraných skupinách SKO .....	94
Tabulka 40: Podíly recyklovatelnosti vybraných využitelných složek KO .....	95

### **Seznam grafů**

Graf 1: Produkce KO ve vybraných zemích v roce 2012.....	21
Graf 2: Procentické zastoupení vybraných látkových skupin v SKO v sídlištní zástavbě v letech 2003 - 2007 .....	24
Graf 3: Procentické zastoupení vybraných látkových skupin v SKO ve venkovské zástavbě v letech 2003 - 2007 .....	24
Graf 4: Nakládání s KO ve vybraných zemích v roce 2012.....	31
Graf 5: Měrné množství SKO v sídlištní (C), smíšené (M) a venkovské (P) zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech .....	41
Graf 6: Granulometrické složení SKO z venkovské zástavby v jednotlivých měsíčních odběrech.....	46
Graf 7: Složení frakce nad 40mm v SKO ve venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	47
Graf 8: Podíl minerálního odpadu a frakce pod 8 mm v SKO z venkovské zástavby v jednotlivých měsíčních odběrech .....	47
Graf 9: Měrné množství papíru v SKO v sídlištní (C, smíšené (M) a venkovské (P) zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	49

Graf 10: Měrné množství plastů v SKO v sídlištní (C, smíšené (M) a venkovské (P) zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech .....	49
Graf 11: Měrné množství spalitelného odpadu v SKO v sídlištní (C), smíšené (M) a venkovské (P) zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech .....	50
Graf 12: Měrné množství bioodpadu v SKO v sídlištní (C, smíšené (M) a venkovské (P) zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech .....	50
Graf 13: Měrné množství bioodpadu v SKO ve venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	51
Graf 14: Obsah vlhkosti a podíl bioodpadu v SKO ze sídlištní zástavby v jednotlivých měsíčních odběrech.....	52
Graf 15: Obsah vlhkosti a podíl bioodpadu v SKO z venkovské zástavby v jednotlivých měsíčních odběrech.....	52
Graf 16: Výhřevnost SKO ze sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	53
Graf 17: Podíl papíru a plastů v SKO a výhřevnost SKO z venkovské zástavby jednotlivých měsíčních odběrech.....	53
Graf 18: Podíl papíru a plastů v SKO ze sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	54
Graf 19: Obsah arsenu v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	56
Graf 20: Obsah železa v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	56
Graf 21: Obsah thallia v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	57
Graf 22: Obsah manganu v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	57
Graf 23: Obsah chromu v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	58

Graf 24: Obsah niklu v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	58
Graf 25: Obsah zinku v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	59
Graf 26: Obsah síry v SKO v sídlištní, smíšené a venkovské zástavbě v jednotlivých měsíčních odběrech.....	59
Graf 27: Krabicové diagramy - skladba SKO .....	62
Graf 28: Krabicové diagramy - fyzikálně - chemické ukazatele .....	68
Graf 29: Složení KO letech 1999/2000 a 2008/2009 (v % hmot.) .....	77
Graf 30: Složení SKO letech 1999/2000 a 2008/2009 (v % hmot.) .....	77
Graf 31: Granulometrické složení SKO letech 1999/2000 a 2008/2009 (v % hmot.).....	78
Graf 32: Historické srovnání hodnot výhřevnosti komunálních odpadů (Černík, 2008) ....	84
Graf 33: Spalovací odpadový trojúhelník – sídlištní a venkovská zástavba, data z let 2008/2009 .....	87

### **Seznam obrázků**

Obrázek 1: Vzorek po namletí.....	34
Obrázek 2: Hlavní vzorek.....	34
Obrázek 3: Nožový mlýnek Fritsch Pulverisette 19.....	34
Obrázek 4: Síto s velikostí ok 8x8 mm.....	37
Obrázek 5: Síta - oka 40x40 a 20x20 mm.....	37
Obrázek 6: Frakce 20-40 mm.....	37
Obrázek 7: Frakce 8-20 mm.....	37