

## Základní charakteristiky komunálních odpadů

Ing. Libuše Benešová<sup>a</sup>, Ing. Zdenka Kotoulová<sup>b</sup>, Ing. Bohumil Černík<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí,  
Albertov 6, 128 43 Praha 2, lbenes@natur.cuni.cz

<sup>b</sup>SLEEKO, Dětská 288, 100 00 Praha 10, kotoulova@quick.cz

<sup>c</sup>ENZO, Rezlerova 310, 109 00 Praha 10, cernik.bohumil@centrum.cz

### Abstrakt

Správná rozhodnutí o vytváření efektivních systémů nakládání s odpady v obcích a regionech jsou podložena objektivními informacemi o vlastnostech komunálních odpadů. Vlastnosti komunálních odpadů jsou vyjádřeny souborem základních charakteristik, jejichž hodnoty jsou většinou stanoveny na základě experimentálních měření. V příspěvku jsou uvedeny některé souhrnné výsledky řešení výzkumného projektu MŽP SP2f1-132-08 „Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání“. Komunální odpady jsou zde chápány jako odpady z bydlení, respektive komunální odpady z domácností, pro které se vžily pojmy „domovní odpad“ a „objemný odpad“. Vlastnosti jsou definovány v podobě hodnotového vyjádření základních charakteristik, kterými jsou množství, látkové složení, vlhkost a výhřevnost. Autoři současně s výsledky experimentálního zjišťování předkládají také metodiku vzorkování a analýz komunálních odpadů z domácností. Metodické postupy zohledňují zkušenosti získané při testování a aplikaci metod vyvinutých v ČR a zahraničí. Pro zjišťování vlastností objemných odpadů z domácností bylo užito specifického postupu založeného na bilanční výpočtové metodě, jejímž základem jsou standardy vyřazovaných předmětů z domácností a jejich životnosti. Metodiky a zveřejněné výsledné hodnoty mají všeobecně přispět ke zkvalitnění nakládání s komunálními odpady.

### Abstract

Paper is focused on the composition of municipal solid waste (MSW), primarily mixed household waste, from different types of buildings in the Czech Republic in the year 2009. The paper is the result of project undertaken in the Czech Republic between 2008-2010 (SP2f1-132-08 Research of the character of MSW and optimizing its use). The survey focuses on the composition and complete physical-chemical properties of MSW and its changes during the year. The urgency of the new observation of waste composition has risen mainly from the requirements to reduce the amount of biologically degradable waste being landfilled. The composition of MSW varies very significantly in relation to the type of building. The biggest differences are between the houses with a centralised heat supply and buildings in the country heated primarily by solid fuel. The differences in heating values are very significant having a range of 6.54 - 16.5 MJ/kg, depending on the year and season. Some of the physical-chemical parameters also vary quite noticeably. Methodology and the results of research contribute to the better way how to handle with MSW.

### 1. Úvod

Vlastnosti komunálních odpadů lze definovat z mnoha hledisek. Rozhodujícím při volbě způsobů nakládání s komunálními odpady je hledisko technologické výhodnosti. Z tohoto pohledu pak jsou za důležité považovány např. vlastnosti materiálové využitelnosti (recyklovatelnosti), biologické rozložitelnosti (aerobního či anaerobního rozkladu),

energetické využitelnosti (spalování pevné či plynné substance) apod. Každá z vlastností je definována souborem základních charakteristik, jejichž hodnoty v závislosti na významnosti v daném souboru, ukazují na schopnost zpracování odpadu určitým způsobem respektive technologií. Všeobecně za základní charakteristiky komunálních odpadů se považují: množství, zrnitostní (granulometrické) složení, látkové složení, vlhkost, výhřevnost, obsahy vybraných látek a prvků. Ty jsou pak vybírány v závislosti na hodnocení užití, té které technologie zpracování odpadů.

## **2. Experimentální část**

Pro zjišťování základních charakteristik komunálních odpadů z domácností je zpracována a používána obecně uznávaná „Metodika vzorkování a analýz odpadů z domácností (domovních odpadů)“ (1). Nově v rámci výzkumných projektů byly navrženy a ověřeny „Metodika analýz objemných odpadů“ (2) a „Metodika stanovení produkce odpadů ze služeb (živnostenských odpadů)“ (3). Metodika vzorkování a analýz komunálních odpadů z domácností zohledňuje zkušenosti získané při testování a aplikaci metod vzorkování a analýz vyvinutých v ČR a zahraničí.

### **Oblast monitorování**

Monitoring látkové a fyzikálně-chemické analýzy podle uvedené metodiky probíhá formou terénního vzorkování ve vybraných charakteristických lokalitách ČR. Vzorkování se provádí v souladu s „plánem vzorkování“ na úsecích, vymezených vzorkaři a v dále uvedených typech obytné zástavby: sídlištní zástavba, smíšená zástavba, vilová zástavba, příměstská zástavba, venkovská zástavba. Za minimální rozsah výběru zástaveb pro vzorkování a analýzy komunálních odpadů se považuje rozsah tří typů zástaveb – sídlištní, smíšené a venkovské. Podrobnější definice zástaveb jsou uvedeny v metodice (1).

### **Načasování a četnost analýz**

K provádění analýz komunálních odpadů je nutno využít všechna roční období, protože jen tak je možno popsat všechny charakteristiky s jistotou. Četnost sledování by měla odpovídat sledu změn základních charakteristik odpadů, minimálně změnám v topném a netopném období, změnám v letním prázdninovém období a změnám ve vegetativních podmínkách. Doporučuje se provádět odběr vzorků a zjišťování všech stanovených charakteristik měsíčně po dobu minimálně jednoho roku. Odběry vzorků by měly probíhat v časově identických intervalech. Harmonogram odběru vzorků je součástí „plánu vzorkování“.

### **Hlavní vzorek**

Hlavními vzorky jsou vzorky směsných komunálních odpadů z domácností z vymezené svozové oblasti. Svazové oblasti pro jednotlivé typy obytné zástavby jsou zvoleny předem a v průběhu provádění analýz se nemění. Rozsah svazové oblasti představuje podle typu obytné zástavby a v ní zavedené četnosti svazu 1000 – 2500 obyvatel. Obvykle odpovídá naplnění svozového automobilu. U svezeneho odpadu se zjistí hmotnost odpadu. Po vyložení odpadu ze svozového automobilu je zjištěn také objem odpadu, který je důležitý ke stanovení objemové hmotnosti (hustoty odpadu).

### **Podvzorek**

Podvzorek je vzorek směsných komunálních odpadů odebraný z hlavního vzorku metodou kvartace a jeho hmotnost je průměrně 200 kg. Metoda kvartace spočívá v rozdělení svezeneho odpadu na 4 díly (čtvrtiny), ve vyjmutí 2 protilehlých dílů, ve sloučení 2 zbylých dílů a

v opětovném rozdělení zbylých odpadů na 4 díly atd. Proces se opakuje až do doby dosažení přibližné hmotnosti 200 kg. Podvzorek je odebrán za účelem stanovení skladby odpadů.

### **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 asi 20 % celkově naměřené hmotnosti frakce či látkové skupiny v podvzorku, maximálně však 1 kg. Pro odběr a uchování laboratorního vzorku platí všeobecné zásady (stabilní prostředí, ochrana před vlhkem a teplem, zabezpečení obalu před porušením, rychlé předání do laboratoře).

### **Skladba komunálních odpadů**

Skladba směsných komunálních odpadů se zjišťuje analýzou podvzorku. Skladba je zjišťována metodou síťové analýzy a ručního dotřídění do předem stanoveného souboru látkových skupin. Pro síťovou analýzu jsou užitá 3 síta o velikosti ok 40 x 40 mm, 20 x 20 mm, 8 x 8 mm. Analyzován je reprezentativní vzorek odebraný z odpadů svezných z předem vymezené oblasti. Analyzovaný vzorek je označován jako podvzorek a jeho hmotnost je stanovena na přibližných 200 kg. Podvzorek se odebírá z homogenizovaného hlavního vzorku.

Nadsítná frakce větší než 40 mm je zcela podrobena látkovému rozboru (10 látkových skupin). Frakce 20 – 40 mm a 8 – 20 mm se analyzují do 5 látkových skupin a z podsítných zbytků se odebere homogenizovaný laboratorní vzorek o 20% hmotnosti. Frakce menší než 8 mm se látkově netřídí. U všech zrnitostních a látkových skupin je měřena hmotnost. Objem se zjišťuje pouze u látkových skupin ve frakci větší než 40 mm a u zbytků zrnitostních frakcí.

Analyzovány jsou následující zrnitostní frakce: frakce > 40 mm, frakce 20 – 40 mm, frakce 8 – 20 mm, frakce < 8 mm.

Při každé analýze skladby odpadu se odebere obvykle 7 reprezentativních vzorků pro laboratorní analýzy: papír a lepenka, biologický odpad, textil, spalitelný odpad, zbytek 20 – 40 mm, zbytek 8 – 20 mm, frakce < 8 mm.

Vzorky jsou transportovány v plastových kontejnerech do laboratoře k provedení rozboru.

### **Laboratorní analýzy komunálních odpadů**

Laboratorní analýzy komunálních odpadů jsou zaměřeny na zjišťování fyzikálních a chemických charakteristik odpadů. Analyzováno je všech 7 odebraných vzorků.

Z *fyzikálních veličin* je stanovována vlhkost, ztráta žíháním a spalné teplo. Jediná vlhkost se stanoví u všech odebraných vzorků. Ostatní parametry se obvykle stanoví pouze v podsítných frakcích (zbytek 20 – 40 mm, zbytek 8 – 20 mm a frakce < 8 mm).

*Provádění chemických analýz* je doporučeno u zbytku frakcí 20 - 40 mm a 8 - 20 mm a frakce menší než 8 mm. Vzorky jsou nejprve homogenizovány na mlýnech s nekovovými břity, poté je přistoupeno k analýze. U jednotlivých vzorků jsou prováděna následující stanovení:

- obsahy vybraných prvků a látek As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Fe, Mn, Tl, PCB, PAU (mg/kg),
- obsahy vybraných prvků Cl, F, N, P, S a celkového organického uhlíku v sušině – TOC (%).

Stanovení fyzikálních parametrů a chemické analýzy jsou prováděny v akreditované laboratoři podle ČSN, ISO EN a SOP (Standardní Operační Postup – akreditovaná metoda laboratoře).

## **3. Výsledky a diskuse**

Na základě provedených experimentálních prací v souladu s výše uvedenou metodikou byly získány nové informace o vlastnostech komunálních odpadů z domácností. Jsou to informace související s komunálními odpady z bydlení, tj. s domovními odpady a objemnými odpady. Důležité pro praktické využití v provozu technologií nakládání s komunálními odpady jsou především informace o složení odpadů z domácností a objemných odpadů. Zajímavé jsou pak také informace o množství odpadu v jednotlivých typech obytné zástavby.

### 3.1 Produkce odpadů z domácností

Hodnoty výskytu komunálních odpadů v domácnostech ve třech sledovaných typech obytné zástavby uvádí **tabulka 1**. Jedná se jak o množství směsných komunálních odpadů, tak o množství vyříděných využitelných složek (papír, plasty, sklo, nápojový karton). V **tabulce 2** jsou pak uvedena měrná množství směsných (zbytkových) komunálních odpadů z domácností.

**Tabulka 1:** Ukazatele množství komunálních odpadů z domácností (výskyt odpadů v domácnostech, tj. odpadů včetně vyříděných složek)

Typ zástavby	Měrné množství komunálních odpadů z domácností			
	(kg/obyvatele a týden)			(kg/obyvatele a rok)
	Průměr	Maximální hodnoty	Minimální hodnoty	Průměr
Sídlištní zástavba	<b>3,35</b>	3,90	2,51	174
Smíšená zástavba	<b>5,62</b>	6,54	4,80	292
Venkovská zástavba	<b>5,80</b>	8,54	2,76	302

Zdroj: Univerzita Karlova v Praze (1)

**Tabulka 2:** Ukazatele množství směsných (zbytkových) komunálních odpadů z domácností

Typ zástavby	Měrné množství směsných komunálních odpadů z domácností			
	(kg/obyvatele a týden)			(kg/obyvatele a rok)
	Průměr	Maximální hodnoty	Minimální hodnoty	Průměr
Sídlištní zástavba	<b>2,56</b>	3,11	1,72	133
Smíšená zástavba	<b>4,90</b>	5,82	4,08	255
Venkovská zástavba	<b>5,58</b>	8,32	2,54	290

Zdroj: Univerzita Karlova v Praze (1)

Hodnoty ukazatelů měrných hmotností ve smíšené a venkovské zástavbě závisí především na podílu vytápění objektů pevnými palivy, u smíšené zástavby ještě navíc je důležitá znalost zastoupení objektů služeb a drobných živnostenských provozoven ve sledované lokalitě. To dokládají hodnoty uvedené v **tabulce 1**, kde nejnižší hodnoty výskytu odpadů v domácnostech jsou naměřeny v sídlištní zástavbě (3,35 kg/obyvatele a týden) a ve venkovské zástavbě je výskyt naopak nejvyšší (5,80 kg/obyvatele a týden). Na produkci směsných komunálních odpadů má také významný vliv způsob úhrady služeb spojených s nakládáním s odpady (platby za množství odpadu či paušální platby).

### 3.2 Produkce objemných odpadů z domácností

Produkce objemných odpadů z domácností byla rovněž předmětem řešení již uvedeného výzkumného projektu (1). V tomto případě byla zvolena bilanční výpočtová metoda založená na hmotnostních standardech předmětů vyřazovaných z domácností (stanoveno vážením) a na životnosti těchto předmětů (zjištěno sociologickým průzkumem). Celková aktuální roční produkce (2008) objemných odpadů z domácností v ČR, která souvisí s vyřazováním a obměnou užívaných předmětů, a která respektuje další možnosti využití (mimo domácnost, materiálové využití), se pohybuje kolem 17 kg/rok na 1 obyvatele. Jedná se o aktuální roční produkci pocházející z domácností. Ukazuje se, že množství objemných odpadů evidovaná v rámci Informačního systému odpadového hospodářství (např. 42 kg/obyv. v roce 2008) zahrnují i další zdroje jako jsou objemné odpady vyřazené v minulosti, objemné odpady ze služeb, odpady zařazené do objemných odpadů nahodile apod.

### 3.3 Složení odpadů z domácností

V *tabulce 3* jsou uvedeny hodnoty složení odpadů v domácnostech před vyříděním využitelných složek. Jedná se o průměrné hodnoty výsledků analýz látkového složení komunálních odpadů z domácností, prováděných v letech 2008/2009 v rámci zde představeného výzkumného projektu (1). Univerzita Karlova v Praze prováděla také analýzy složení komunálních odpadů v roce 2002/2003. Při porovnání průměrných hodnot výskytu komunálních odpadů v domácnostech (včetně vyříděných využitelných složek) se ukazuje, že v sídlištní zástavbě vzrostl podíl papíru, plastů i skla. Podíly ostatních látkových skupin včetně bioodpadů mírně klesají. Pokles bioodpadů je přirozeným projevem nárůstu ostatních využitelných složek v látkové bilanci komunálních odpadů z domácností. Ve venkovské zástavbě byl zaznamenán pokles jemných podílů a nárůst spalitelných odpadů a bioodpadů. Významně však také vzrostl podíl plastů a poklesl podíl skla.

**Tabulka 3:** Ukazatele skladby komunálních odpadů z domácností (výskyt)

Látková skupina	Průměrný podíl látkových skupin v komunálních odpadech z domácností (% hmotnostní)		
	Sídlištní zástavba	Smíšená zástavba	Venkovská zástavba
Papír/lepenka	25,70	22,58	7,79
Plasty	16,76	17,58	9,75
Sklo	11,17	7,82	4,87
Kovy	1,68	2,13	2,60
Bioodpad	15,64	21,62	11,69
Textil	4,47	3,98	2,27
Minerální odpad	2,24	0,71	6,82
Nebezpečný odpad	0,56	0,31	0,32
Spalitelný odpad	10,61	12,37	9,42
Elektrozařízení	0,56	0,46	0,32
Zbytek 20-40 mm	5,03	4,68	4,87
Zbytek 8-20 mm	2,79	3,22	7,79
Frakce < 8 mm	2,79	2,54	31,49
<b>Celkem</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Zdroj: Univerzita Karlova v Praze (1)

V rámci projektu bylo také provedeno srovnání výsledných hodnot z analýz složení komunálních odpadů produkovaných v domácnostech v období 1971 – 2010. Jedná se o dostupná data ze systematicky prováděných analýz. I přes dlouhé období téměř 40 let lze výsledky vzájemně srovnávat. Z porovnání hodnot lze vysledovat několik jednoznačných

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

### 3.4 Složení objemných odpadů z domácností

Složení objemných odpadů aktuálně vyřazovaných z domácností v ČR (*tabulka 4*) bylo stanoveno na základě metodického postupu založeného na bilanční výpočtové metodě, jejímž základem jsou standardy vyřazovaných předmětů z domácností a jejich životnosti. Standardy byly vytvořeny na základě experimentálních měření a specifického průzkumu v domácnostech (2).

**Tabulka 4:** Odhad složení aktuálních ročních (2008) objemných odpadů z domácností v ČR

Skupina předmětů	Kód odpadu	Materiál	Podíl (% hm.)
Nábytek	20 01 38	dřevo/kombinace	7,3
Ostatní dřevěné	20 01 38	dřevo/kombinace	9,8
Keramika/sklo	20 03 07	keramika/sklo	8,5
Kovy	20 01 40	Fe/Al/Cu/Pb	20,1
Elektro	20 01 36	kombinace	12,8
Textil/koberce	20 01 10 / 20 01 11	přírodní/směs	5,2
Obaly	15 01 xx	papír/plasty/sklo	7,3
Plasty	20 01 39	směs	12,3
Obuv	20 01 99	směs	1,0
Tráva/listí	20 02 01	bio	15,7
<b>CELKEM</b>			<b>100,0</b>

Zdroj: Univerzita Karlova v Praze (2)

Materiálově dominantními složkami objemných odpadů z domácností (podle aktuálně vyřazovaných předmětů v roce 2008) jsou kovy, dřevo a tráva/listí; významný podíl tvoří rovněž vyřazená elektrozařízení a plasty. Keramika a sklo (8,5 % hm.) představují podíl takto vznikajících objemných odpadů, který pravděpodobně nemá další využití a musí být skládkován. Nezanedbatelný podíl (7,3 % hm.) objemných odpadů z domácností tvoří obaly. Spalitelná část objemných odpadů (nábytek, dřevo, textil/koberce, plasty, obuv) má orientační výhřevnost cca 19 MJ/kg (původního vzorku). Významným zjištěním je poznatek, že převažující část objemných odpadů je materiálově a energeticky využitelná. Je tedy nezbytné doplnit vznikající integrované systémy nakládání s komunálními odpady o části materiálového rozdrožování, úpravy a následného dotřídění a využití objemných odpadů.

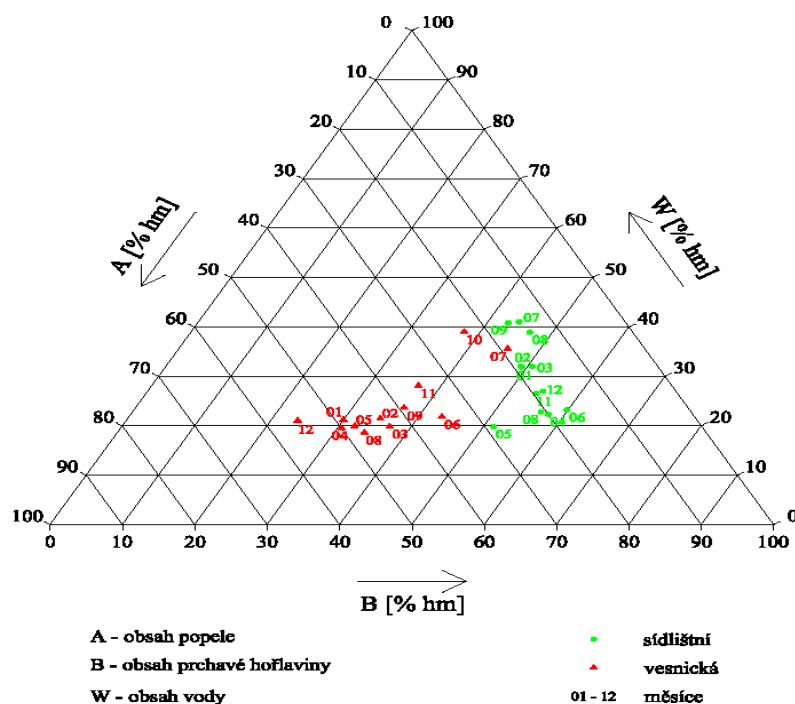
### 3.5 Obsah vody

Obsah vody v komunálních odpadech z domácností kolísá mezi **23 - 32 % hmotnosti** v závislosti na druhu obytné zástavby. Vlhkost komunálních odpadů ze sídlištní i smíšené zástavby vykazuje podobné hodnoty i v jejich ročním průběhu. V průměru nižší vlhkost mají komunální odpady z venkovské zástavby.

### 3.6 Výhřevnost

V souladu se schváleným metodickým postupem byla při stanovení tepelných charakteristik a obsahu vybraných prvků tak heterogenního materiálu, jako jsou komunální odpady, zvolena kombinovaná metoda. Vzorky jemných podílů odpadů odebrané při fyzických rozbořech byly chemicky analyzovány (ÚNS-Laboratorní služby, s. r. o. Kutná Hora), údaje o složkách papír, plasty, bioodpad, textil, spalitelný podíl byly převzaty z projektu VaV/720/16/03 "Výzkum spalování odpadů" (VŠB-TU Ostrava, 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. Výpočty pro původní vzorky komunálních odpadů z domácností byly provedeny podle hmotnostního podílu jednotlivých složek a granulometrických frakcí. Výhřevnost komunálních odpadů z domácností se pohybuje mezi hodnotami **6,6 až 10,7 MJ/kg** v závislosti na druhu obytné zástavby.

Výsledky fyzikálně chemických analýz potvrzují již dříve zjištěný fakt, že komunální odpady z venkovské zástavby (s vytápěním pevnými palivy), mají v mnoha ukazatelích výrazně odlišné vlastnosti od komunálních odpadů ze sídlištní zástavby (s dálkovým vytápěním). To dokládá i **obrázek 1** přehledně ilustrující obsah vody, popelovin a hořlaviny v komunálních odpadech z venkovské zástavby a ze zástavby sídlištní.



**Obrázek 1:** Obsah vody, popelovin a hořlaviny v komunálních odpadech

Existují tak vlastně v ČR dva druhy komunálních, respektive domovních odpadů! Navíc i u jednotlivých druhů komunálních odpadů se hodnoty těchto ukazatelů poměrně významně mění v průběhu roku. Největší diference se objevují v ukazatelích "popeloviny", "výhřevnost", "arsen", "nikl", "železo", "mangan", "thallium" a "síra celková";

pravděpodobným důvodem je přítomnost zbytků po spalování pevných paliv v domácích topeništích.

Z analýz provedených v rámci výzkumného projektu (1) vyplývají ještě některé další zajímavé poznatky, které však s ohledem na rozsah zpracování příspěvku nejsou prezentovány.

#### 4. Závěr

Vlastnosti komunálních odpadů jsou ve výsledku řešení výzkumného projektu (1) vyjádřeny v podobě kvantitativních a kvalitativních ukazatelů, tj. množství, látkového složení, vlhkosti, výhřevnosti, obsahů vybraných látek a prvků. Důležité z hlediska možností využití ukazatelů jsou jejich hodnotová vyjádření. Pro posouzení vhodnosti užití zde předkládaných hodnot ukazatelů je třeba znát věcné a časové souvislosti pořízení těchto dat. Proto nedílnou součástí závěrečné zprávy k projektu jsou metodické postupy pořízení datových souborů a případně zdroje převzatých informací.

V rámci řešení projektu byla vytvořena soustava ukazatelů produkce a složení odpadů z domácností (domovních odpadů) v základních typech obytné zástavby (sídlíštní, smíšená, venkovská). Tyto ukazatele jsou výjimečné a jejich užití se předpokládá při rozhodování o způsobech nakládání s jednotlivými druhy odpadů a při projekci *integrovaných systémů ve městech* a v rámci regionů. Zvláště složení odpadů z domácností je důležité při hodnocení účinnosti a optimalizaci systémů třídění využitelných složek komunálních odpadů pro jejich materiálové využití.

#### Poděkování

Poznatky uvedené v tomto příspěvku vznikly v průběhu řešení a za finanční podpory výzkumného projektu MŽP SP2f1-132-08 „Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání“.

#### Literatura

1. Benešová, L. a kol.: Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání, projekt VaV MŽP SP2f1-132-08, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí, Praha, 2010
2. Benešová, L. a kol.: Metodika analýz objemných odpadů. Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání, projekt VaV MŽP SP2f1-132-08, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí, Praha, 2009
3. Kotoulová, Z., Černík, B.: Identifikace prevenčního potenciálu živnostenských odpadů v ČR a jeho uplatnění v praxi, projekt VaV MŽP SPII2f1-2-07, SLEEKO, Praha 2010
4. Benešová, L., Doležalova, M., Hnat'ukova, P., Černík, B., Kotoulova, Z., Zavodska, A., (2010) : Assessing the composition of municipal solid waste (MSW) in Czech Republic. Proc. The 25th International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia 2010, ISSN 1091-8043, 1164-1174
5. Zavodska, A., Benesova, L. (2010): A Tale of Two Countries – The Czech Republic and the United States: A Comparison of Their Municipal Solid Waste. Proc. The 25th International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia 2010, , ISSN 1091-8043, 909- 917