

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Analýza biodegradabilního komunálního odpadu v olomouckém regionu

Bc. František Javůrek

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků na získání titulu Mgr. v oboru

Ochrana a tvorba krajiny

Vedoucí práce: RNDr. Petr HEKERA, Ph.D.

Olomouc 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Petra Hekery, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 22. dubna 2012

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych na tomto místě poděkoval mému vedoucímu diplomové práce RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D., za jeho veškerou pomoc, vstřícnost, čas a ochotu při vedení mé diplomové práce. Také děkuji všem ostatním z řešitelského týmu projektu, zvláště pak RNDr. Vlastimilu Kostkanovi, Ph.D., Mgr. Monice Mazalové a Mgr. Janě Laciné a Mgr. Janu Heisigovi za jejich cenné rady, informace a pomoc. V neposlední řadě děkuji všem dalším, kteří mi byli jakkoli nápomocni. Zvláště bych poděkoval RNDr. Janě Matzenauerové za spolupráci a komunikaci s magistrátem města Olomouc, Ing. Ivu Kropáčkovi za spolupráci s hnutím DUHA a Ing. Lucii Valentové, Ph.D., za komunikaci s agenturou ZERA. Chci zde také poděkovat rodičům a celé rodině za veškerou oporu, kterou jsem v nich po dobu bakalářského a následně magisterského studia na vysoké škole mohl mít.

JAVŮREK, F. (2012): Analýza biodegradabilního komunálního odpadu v olomouckém regionu [Diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci. 92 s., 27 příloh, česky.

ABSTRAKT

Výzkum shrnuje a interpretuje výsledky celkové, fyzikálně - chemické analýzy experimentálních kompostů, z biodegradabilních komunálních odpadů ze čtyř typů zástavby města Olomouce a okolí. Zároveň ověřuje efektivnost procesu kompostování v malých, domácích kompostérech a stanovena technická i provozní kritéria a doporučení, pro samotný kompostér a jeho uživatele. V neposlední řadě jsem podrobně zdokumentoval celkovou analýzu podsítné frakce směsného komunálního odpadu a jeho experimentálního kompostování se stanovením rizik a možností dalšího využití. Výzkum je součástí projektu MŽP: SP/2f1/166/08, který byl v plné šíři úspěšně zakončen a obhájen na konci roku 2011. Celá práce také navazuje na již publikované výsledky Javůrka (2010).

Klíčová slova: biologicky rozložitelný komunální odpad, biodegradace, aerobní biodegradace, kompostování.

Javůrek F., 2010. Analyz of biodegradable communal waste in olomouc region. [bachelor's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University Olomouc, 92 p., 27 Appendix, in Czech.

ABSTRACT

The research summarizes and interprets the overall results of physical - chemical analysis of the experimental composts from biodegradable communal waste from four types of built-up area of Olomouc city and its surroundings. At the same time, it verifies the effectiveness of the composting process in small home composters and it determines technical and operational criteria and recommendations for composter and its users. I also documented the overall analysis of the underscreen fraction of communal waste and its experimental composting with hazard determination and possibilities for its further use. The research is a part of the project of MZP: SP/2f1/166/08 which was successfully completed and defended at the end of the year 2011. The entire work also builds on the already published results of Javůrek (2010).

Key words: biodegradable communal waste, communal waste, biodegradation, aerobic biodegradation, composting.

OBSAH

PODĚKOVÁNÍ.....	IV
SEZNAM TABULEK.....	IX
SEZNAM GRAFŮ	X
SEZNAM OBRÁZKŮ	XI
SEZNAM ZKRATEK	XII
PŘEDMLUVA.....	XIII
1 ÚVOD.....	1
2 CÍLE PRÁCE	3
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	4
3.1 POJEM BIODEGRADABILITA.....	4
3.2 SOUČASNÝ STAV BRKO VE SKO V ČR.....	5
3.2.1 Aktuální stav kompostáren v ČR	7
3.2.2 Aktuální stav bioplynových stanic v ČR.....	9
3.3 STAV ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ V OLOMOUCI	12
3.4 PROČ NAVRACET ORGANICKOU HMOTU DO PŮDY	13
3.4.1 Půdní organická hmota aneb kompost vs. humus	14
3.4.2 Význam půdní organické hmoty	18
3.5 LIMITNÍ TĚŽKÉ KOVY V KOMPOSTECH	19
3.6 ANALÝZA ZÍSKANÝCH POZNATKŮ	21
3.6.1 Analýza aerobního zpracování.....	21
3.6.2 Analýza anaerobního zpracování	23
3.6.3 Vyplyvající doporučení.....	25
4 MATERIÁL A METODY	26
4.1 VYMEZENÍ ZÁJMOVÉ OBLASTI A TEZE EXPERIMENTU	26
4.2 MATERIÁL A METODY PRVNÍHO CÍLE.....	29
4.2.1 Použitý materiál a technické vybavení.....	29
4.2.2 Úvod do ČSN 465735 „průmyslové komposty“	31
4.2.3 Metodika odběru vzorku	33
4.2.4 Metodika úpravy vzorku	34
4.2.5 Metodika stanovení vlhkosti	35
4.2.6 Metodika stanovení spalitelných látek	36
4.2.7 Metodika stanovení pH	36
4.2.8 Metodika stanovení celkového dusíku a fosforu.....	37

4.2.9	Metodika stanovení těžkých kovů.....	39
4.3	METODIKA A MATERIÁLY DRUHÉHO CÍLE	41
4.3.1	Použitý materiál a technické vybavení.....	42
4.3.2	Metodika celkové analýzy podsítné frakce SKO	42
5	VÝSLEDKY PRÁCE	45
5.1	VÝSLEDKY PRVNÍHO CÍLE.....	45
5.1.1	Posuzování kompostů před a při odběru vzorků	45
5.1.2	Posuzování přítomnosti nerozložitelných částic	46
5.1.3	Posuzování vlhkosti kompostů	47
5.1.4	Posuzování spalitelných látek v kompostech.....	49
5.1.5	Posuzování hodnot pH v kompostech.....	50
5.1.6	Posuzování obsahu nutrietů a poměru C : N.....	51
5.1.7	Posuzování obsahu těžkých kovů v kompostech	54
5.2	VÝSLEDKY DRUHÉHO CÍLE	55
5.2.1	Vyhodnocení monitoringu teplot a obsahu O ₂	56
5.2.2	Hmotnostní a objemové analýzy podsítné frakce	59
5.2.3	Posuzování podsítné frakce dle ČSN 465735	62
5.3	CELKOVÉ SHRUTÍ PROVEDENÝCH EXPERIMENTŮ	65
6	DISKUZE.....	68
7	RESUMÉ.....	71
8	REFERENCE	72
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	76

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Celkové množství BRKO ukládaného na skládky dle POH ČR pro jednotlivé roky (Chudárek a kol. 2008).....	6
Tabulka 2: Využití komunálních a ostatních odpadů v ČR kompostováním (N 13).....	7
Tabulka 3: Kompostárny v ČR v letech 2008 a 2011.	8
Tabulka 4: Obsah humusu v půdách (v %).	17
Tabulka 5: Složení humusu.	17
Tabulka 6: Limitní hodnoty řešených těžkých kovů stanovené vyhláškou č. 209/2005 Sb., vyhláškou č. 341/2008 Sb. a ČSN 46535 v [mg/kg].	20
Tabulka 7: Průměrný běžný a zvýšený obsah, společně s maximálním povoleným obsahem řešených těžkých kovů v lehkých a ostatních půdách ČR v [mg/kg].	21
Tabulka 8: SWOT analýza zpracování bioodpadu kompostováním.	22
Tabulka 9: SWOT analýza zpracování bioodpadu v BS kategorie AF1 („zemědělské“).	23
Tabulka 11: SWOT analýza zpracování bioodpadu v BS kategorie AF2 („komunální“).	24
Tabulka 11: Limitní požadavky na znaky jakosti kompostu dle ČSN 465735.	32
Tabulka 12: Nejvyšší přípustné množství těžkých kovů v kompostech dle ČSN 465735 v [mg/kg].	33
Tabulka 13: Výsledné hodnoty těžko rozložitelných a nerozložitelných příměsí ve vzorcích kompostů.	46
Tabulka 14: Výsledné hodnoty nerozložitelných příměsí ve vzorcích kompostů.	47
Tabulka 15: Hmotnostní zlomky vlhkosti vzorků kompostů z jednotlivých lokalit.	48
Tabulka 16: Hmotnostní zlomky vlhkosti vzorků kompostů z jednotlivých lokalit pro stanovení homogenity celku.	48
Tabulka 17: Hmotnostní zlomky spalitelných látek ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit.	49
Tabulka 18: Hmotnostní zlomky spalitelných látek ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit pro stanovení homogenity celku.	50
Tabulka 19: Hodnoty pH v laboratorních vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit.	50
Tabulka 20: Hodnoty pH ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit pro stanovení homogenity celku.	51
Tabulka 21: Celkový obsah N ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit.	51
Tabulka 22: Poměr C : N ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit vypočítaný podle metodiky ČSN 465735 (1991).	52
Tabulka 23: Poměr C : N ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit vypočítaný podle metodiky Plívy a kol (2006).	53
Tabulka 24: Celkový obsah P ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit.	53
Tabulka 25: Objemové změny po procesu kompostování podsítné frakce.	60
Tabulka 26: Hmotnostní změny po procesu kompostování podsítné frakce.	60
Tabulka 27: Jakostní znaky podsítné frakce.	62

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Produkce komunálních odpadů v kg/obyvatele/rok v zemích EU za rok 2008.....	5
Graf 2: Počet provozoven bioplynových stanic v ČR a jejich instalovaný výkon v letech 2002 až 2012.	10
Graf 3: Grafické znázornění zastoupení těžkých kovů v kompostech z jednotlivých lokalit.	55
Graf 4: Závislost teploty v prosevu na okolní teplotě v čase.	56
Graf 5: Závislost teploty v prosevu na datu vložení (a hmotnosti) vzorků prosevu do kompostéru v čase.....	57
Graf 6: Závislost teploty v „prosevu“ na obsahu O ₂ (respektive mikrobiální aktivitě) v jednotlivých měřených hloubkách.	59
Graf 7: Grafické znázornění objemových změn po kompostování podsítné frakce.	60
Graf 8: Grafické znázornění hmotnostních změn po kompostování podsítné frakce.	60
Graf 9: Průměrné hmotnostní složení podsítné frakce.	61
Graf 10: Těžké kovy v podsítné frakci, půdě pod „prosevem“ a v půdě mimo „prosev“ v porovnání s průměrným obsahem těžkých kovů v kompostech	64

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Rozmístění kompostáren v ČR v roce 2011.	8
Obrázek 2: Mapa rozmístění zemědělských BPS (kategorie AF1) v roce 2012 (k 15. 2.).	11
Obrázek 3: Mapa rozmístění komunálních BPS (kategorie AF2) v roce 2012 (k 15. 2.).	11
Obrázek 4: Schéma humifikačního procesu podle Němečka a kol.(1990).	16
Obrázek 5: Rozmístění kompostérů použitých v experimentu	27
Obrázek 6: Časová osa experimentu (samotného kompostování).	28

SEZNAM ZKRATEK

BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
BRO	Biologicky rozložitelný odpad
ČSU	Český statistický úřad
ČSN	Česká státní norma
ČR	Česká Republika
ES	Evropská rada a parlament
KO	Komunální odpad
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OK	Olomoucký kraj
POH	Plán odpadového hospodářství
SKO	Směsný komunální odpad
TSMO	Technické služby města Olomouc
VaV	Výzkum a vývoj

PŘEDMLUVA

„Pánové, jsou to mikroby, které mají poslední slovo.“

Louis Pasteur

Odpadové hospodářství je v moderní, vyspělé společnosti velmi důležitým, nejen ekologickým a ekonomickým, ale do určité míry i sociálním nástrojem. Bohužel ne vždy a v každé společnosti se s odpadem adekvátně nakládalo a nakládá. Z pohledu každé „chudé“, nevyspělé nebo krizové ekonomiky státu je totiž odpadové hospodářství (a ochrana životního prostředí vůbec), tím první odvětvím, které se hroutí, či vůbec neexistuje. To, jak se ve které zemi zachází s odpadem, je tedy dobrým indikátorem pro odhad vyspělosti a ekonomiky státu. Schmitt, E.-E. (2001) ve své knize píše: „...*Když chceš vědět, jestli jsi v bohatý nebo chudý zemi, sleduj popelnice. Když jsou popelnice bez odpadků, je to bohatá země. Když jsou odpadky vedle popelnice, není ani bohatá, ani chudá. Je turistická. A když jsou tam odpadky bez popelnice, je chudá...*“

Je třeba si konečně uvědomit, že jsou dávno pryč časy, kdy jsme si mohli dovolit radit odpad někam na dno toho nejhoršího, s čím se člověk denně musí setkávat. Zajisté není nutné věnovat pozornost „našemu odpadu“ víc než je potřeba a dělat z toho vědu, na druhou stranu je však krajně nezodpovědné a nepřijatelné tuto problematiku zcela přehlížet. Už jen proto, že se skutečně týká nás všech, i těch, kteří přijdou až po nás. Tato diplomová práce nemá za cíl probudit naše svědomí či apelovat na lidské morální zásady a povinnosti vůči všem ostatním i celé přírodě a planetě. Je však důležité si uvědomit závažnost problematiky i osobní odpovědnost každého z nás.

Ač se to opravdu na první pohled nezdá, záběr odpadového hospodářství je velice široký a ve své podrobné, konkrétní podobě je také značně (až zbytečně) složitý. Na odborné úrovni je proto třeba se specializovat pouze na určitou oblast. Předkládaná práce se tedy zabývá problematikou biodegradabilních komunálních odpadů a to především na úrovni Olomouckého kraje. Nosným tématem experimentální části je pak aerobní degradace komunálních bioodpadů v domácích kompostérech, jakožto jeden ze způsobů předcházení vzniku biologicky rozložitelných komunálních odpadů (respektive způsobu nakládání s nimi). Celá práce je pak okořeněna právě „posledním slovem“ mikrobů, bez kterých by i v této oblasti bylo marné jakékoli namáhání.

1 ÚVOD

Biodegradabilní komunální odpad, tedy odpad podléhající biologickému rozkladu, vyprodukovaný komunální (občanskou) sférou je hlavním tématem této Diplomové práce. Celá práce je směřována především na podmínky města Olomouce a jeho blízkého okolí. Významem a některými kapitolami však fakticky přesahuje do celého Olomouckého kraje (OK) i České Republiky (ČR).

V teoretické části považuji za vhodné, se zaměřit především na doplnění souvislostí, aktualizování informací a shrnutí (analyzování) dostupných systémů řešené problematiky.¹

V praktické části je pozornost zaměřena na fyzikálně-chemické procesy při „domácím kompostování“ v komerčně dostupných kompostérech. Tento systém domácího kompostování bioodpadu² je ze všech nejméně náročný jak z ekonomického, tak organizačního hlediska. Problematicke kompostování byla věnována velká pozornost již v bakalářské práci Javůrka (2010). Zde se autor specializoval na měřitelné a pozorovatelné fyzikální změny³ probíhající v průběhu kompostování biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO). V diplomové práci pokračuji v analyzování fyzikálně-chemických změn při experimentálním kompostování BRKO⁴ (vyhodnoceny byly taktéž půdy pod a vedle experimentálních kompostérů). Do celého experimentu bylo také zahrnuto pokusné kompostování a následné analyzování tzv. podsítné frakce, která tvoří významný podíl odpadu a zároveň obsahuje množství biodegradabilních složek. Celá práce je také pevně spjata s již zdárně ukončeným projektem vědy a výzkumu MŽP: SP/2f1/166/08 „Struktura komunálního odpadu v závislosti na době a místě vzniku v pohledu další využitelnosti obsažených komponent.“ Výsledky z obou dvou prací autora jsou tak zkompleťovány v závěrečné

¹ Poměrně rozsáhlá přehledová studie, která je obsažena v textové části práce od Javůrka 2010, již obsahuje množství postupů a příkladů využívání (popřípadě likvidace) bioodpadů z domácí i zahraniční praxe. Vzhledem k tomu považuji za zbytečné do této práce znovu zahrnovat celou tuto poměrně rozsáhlou studii. Bude však shrnuta, analyzována a doplněna o širší souvislosti.

² Podle zákona 185/2001 Sb. o odpadech není domácí ani komunitní kompostování zařízením pro likvidaci odpadu, ale jsou způsobem předcházení vzniku odpadu. Bioodpad zde tedy není odpadem v pravém slova smyslu, ale surovinou určenou k dalšímu využití. (Netýká se kompostování bioodpadu v „malých zařízeních“ a v průmyslových kompostárnách.)

³ Jedná se o změny hmotnostní a objemové, dále byla pozornost soustředěna na teplotu a obsah O₂. Také zde byla hodnocena skladba kompostu, rozložitelnost jednotlivých částí bioodpadu a vliv nadměrného oslunění a provzdušnění (osychání).

⁴ Konkrétně jde o celkovou analýzu (podle ČSN 465735) čtyř různých substrátů (kompostů), které byly získány kompostováním sekundárně separovaného BRKO ze čtyř svozových lokalit: stará domovní zástavba, sídlištní zástavba, vesnická zástavba a vilková zástavba.

zprávě projektu do přehledného celku jejího třetího dílčího cíle.⁵ Řešená problematika bioodpadů je tímto způsobem zasazena do logického rámce oblasti komunálního odpadu.

Pozadí problematiky určuje úsilí o snížení emisí skleníkových plynů. Tyto snahy, vedoucí mimo jiné také k omezení skládkování BRKO podnítily ustanovení požadavků Směrnice Rady 1999/31/ES (1999) o skládkách odpadů. ČR se (po implementaci této směrnice do naší legislativy⁶) po čtyřletém odložení oproti původnímu plánu⁷ zavázala ke snížení maximálního množství BRKO ukládaného na skládky tak, aby podíl této složky komunálních odpadů v roce 2010 nepřesahoval 75% hmotnosti z celkového množství BRKO vzniklého v roce 1995. Další snížení na 50% by mělo následovat v roce 2013 a v roce 2020 bychom měli skládkovat pouze 25% BRKO z původního množství ukládaného na skládky v roce 1995. (POH ČR 2012)

I přes velké snahy až do roku 2005 však množství BKO ukládaného na skládky stoupá. Sestupnou tendenci vykazuje až v průběhu posledních 6 let, bohužel však nedostačující.

Je tedy zřejmé, že řešení této problematiky bude mít dlouhodobé trvání. Pokud však opravdu chceme dodržet stanovené cíle, je nutné začít konat konkrétní opatření. Město Olomouc už začalo. V diplomové práci proto chci kromě výše zmíněného také přiblížit strategii, kterou město Olomouc zvolilo.

⁵ Dílčí cíl „Ověření efektivity kompostování v malých domácích kompostérech a analýza produktů“ dle požadavků MŽP, s přispěním autorovy bakalářské i magisterské práce, byl splněn ze 100 %.

⁶ Naším legislativním nástrojem je pak „Plán odpadového hospodářství ČR“ Dostupný na WWW: http://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi a Zákon č. 185/2001 Sb. (2001), o odpadech.

⁷ Možnost odložení původního plánu pro snižování množství BRKO ukládaného na skládky o čtyři roky mohl využít každý stát, který ve srovnávacím roce 1995 odstraňoval skládkováním více než 80 % komunálního odpadu.

2 CÍLE PRÁCE

Pro tuto práci byly stanoveny tyto cíle:

Hlavním cílem bylo provést rozbor kompostů podle platné metodiky technické normy ČSN 465735 „Průmyslové komposty“ a vyhodnotit jejich fyzikálně-chemické vlastnosti⁸ v návaznosti na jejich předešlé fyzikální analýzy, které byly zpracovány v práci Javůrka (2010). V obou pracích tedy byla experimentálně ověřována hypotéza o vhodnosti kompostování separovaného BRKO po fyzikálně-chemické stránce. Zároveň tak byla ověřena celková efektivnost kompostování v malých domácích kompostérech.

Druhým cílem, který vyplynul z řešení projektu MŽP: SP/2f1/166/08, bylo experimentálně ověřit navrhovanou hypotézu o možnosti kompostování podsítné frakce směsného komunálního odpadu⁹ (SKO) a stanovit rizika a možnosti dalšího využití takto získaného substrátu. Experiment tedy spočíval v klasickém kompostování tohoto materiálu se sledováním veškerých fyzikálně-chemických parametrů jako u všech ostatních sledovaných kompostů.¹⁰

Jako dílčí cíle byly stanoveny následující:

Shrnout a analyzovat dostupné systémy separace a zpracování BRKO v kontextu se stávající strategií města Olomouc.

Nastínit širší kontext potřeby navracení primární organické hmoty do půd, především v souvislosti s dehumifikací zemědělských půd a rizik s tím spojených. (Tyto dva dílčí cíle nemají samostatnou metodiku, neboť jsou součástí literárního přehledu a jsou zpracovány jako doplnění „Přehledové studie“ práce Javůrka (2010).)

⁸ Jedná se o vlhkost, spalitelné látky, obsah celkového N a P, poměr C : N, hodnota pH, obsah nerozložitelných příměsí, homogenita celku a obsahy těžkých kovů Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn.

⁹ Podsítná frakce SKO neboli tzv. prosev se skládá z veškerého drobného KO, který propadá sítem o velikosti ok 20 mm. Tento poměrně homogenní materiál mimo jiné obsahuje velké množství BRKO o velikosti 0 – 20 mm.

¹⁰ Ověřování této hypotézy je celé zpracované pouze v této diplomové práci. V tomto experimentu se tedy budu zabývat i změnami teplotními, hmotnostními i objemovými spolu se sledováním obsahu O₂.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Kapitole byl zvolen tento název, především kvůli lepší výstižnosti, pro její obsah. Jak již bylo uvedeno, vychází především z „Přehledové studie“. Ta byla literární rešerší v pravém slova smyslu. Zde však bude věnovaná pozornost jak aktuální odborné literatuře, tak vlastní syntéze již získaných poznatků z „Přehledové studie“ za pomoci SWOT analýz.¹¹

Hlavní části kapitoly tedy jsou: „Pojem biodegradabilita“, „Současný stav BRKO ve SKO v ČR“, „Stav odpadového hospodářství v Olomouci“, „Proč navracet organickou hmotu do půd“, „Limitní těžké kovy v kompostech“ a „Analýza získaných poznatků“.

3.1 POJEM BIODEGRADABILITA

V praxi je obvykle pojem biodegradabilita chápán jako proces, při kterém dochází za využití metabolické činnosti mikroorganismů (rostlin i živočichů) k odbourávání (degradaci) různých a různě škodlivých organických látek (polutanty, ropné látky...), které se do prostředí mohli dostat lidskou činností (v souvislosti s nějakou ekologickou havárií nebo dlouhodobou kontaminací a její odstraňování).¹² (Arnika 2012)

Biodegradací se tedy rozumí odbourání (rozklad) organických látek (a to jak přírodních, tak antropogenních) biologickou, či spíše biochemickou cestou (nějakým biologickým činitelem, nebo kombinací těchto činitelů). Biologickou degradaci těchto látek provádějí především mikroorganismy (bakterie, plísně, kvasinky), které mají intenzivní a různorodý metabolismus. (Slejška 2007)

Pro zajímavost ještě zmíním, že např. v práci E. Pospíšilové z VÚV T. G. M. (2006) je používán pojem „fermentabilní materiál“ (se stejným významem jako pojem „bioodpad“). Podobně používá ČSN EN 14995 (2007) slovo „kompostabilita“,¹³ se stejným významem jako pojem biodegradabilita.

Vhodné je také zdůraznit, že je v celé práci řešena biodegradabilní část komunálního odpadu. Nelze tedy zaměňovat či slučovat pojem „biologicky rozložitelný komunální odpad“ a „biologicky rozložitelný odpad“. (Kotoulová a Váňa 2001)

¹¹ Tato metoda byla použita na dva nejpravděpodobnější systémy zpracování BRKO v Olomouci a to na kompostování a anaerobní fermentaci (digesci).

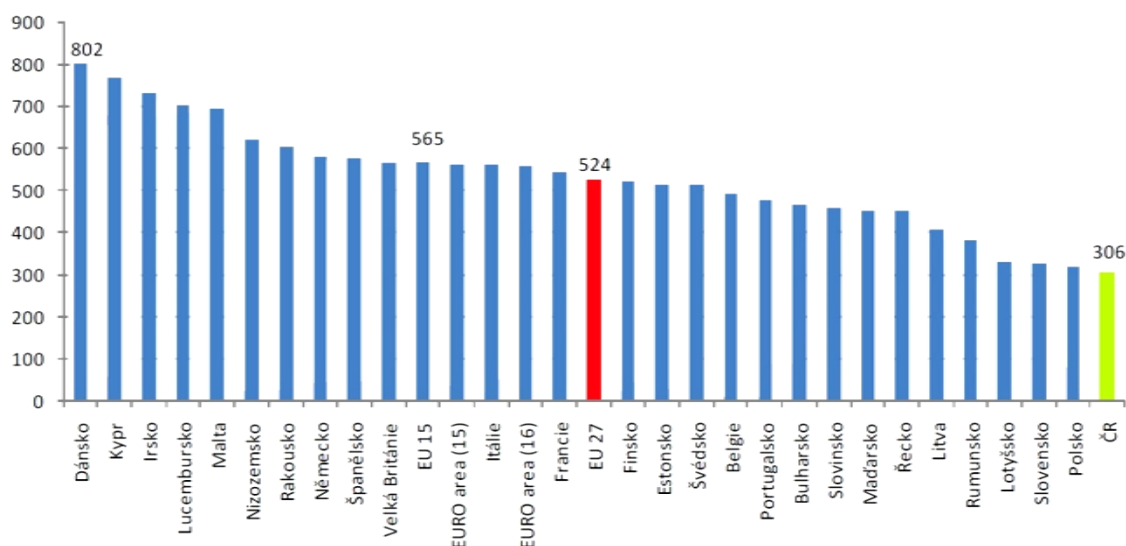
¹² Takto popsaný proces se navíc pro odlišení od obecného pojmu biodegradace nazývá bioremediace.

¹³ Pojem je používán převážně v souvislosti s biodegradací plastů, na kterou se tato norma specializuje.

3.2 SOUČASNÝ STAV BRKO VE SKO V ČR

Procentuální zastoupení bioodpadů se ve SKO stále zvyšuje. Přitom velmi záleží na samotném místě vzniku KO. V mnoha různých studiích bylo prokázáno různé procentuální zastoupení BRKO ve SKO v závislosti na tom, jestli byl odpad vyprodukován ve vesnické zástavbě, na sídlišti, nebo v „satelitních“ čtvrtích, či v centru města. (V konkrétních lokalitách pak záleží na mnoha dalších faktorech, jak je zavedený nebo nezavedený systém separace BRKO, na možnosti domácího či komunitního kompostování, zda je v blízkosti komunální kompostárna či bioplynová stanice (BPS) atd.) Na některých místech ČR se můžeme dokonce setkat s velmi příznivou sestupnou tendencí hmotnostního podílu BRKO ve SKO (Uherské Hradiště, Vysoké Mýto, nově i Olomouc). Obecně se však naplňují prognózy Hřebíčka a kol. (2008), kteří předpokládají růst procentuálního zastoupení BRKO ve SKO až na 60 % do roku 2020. Tato skutečnost zvyšujícího se poměrového zastoupení BRKO ve SKO je zapříčiněna paradoxně především stále se zvyšující efektivností třídění „tradičních komodit“ (plasty, papír, sklo, nápojový karton) ze SKO. Dochází tak ke změně poměrového zastoupení BRKO ve SKO. V reálu však hmotnostně bioodpadu v našich popelnicích nepřibývá, je ale na rozdíl od ostatních komodit stále mnohem méně odděleně separován a proto jeho poměrové zastoupení může stoupat. BRKO tak ze SKO stále neubývá v dostatečné míře a z EU si zatím, alespoň v procentuálním zastoupení, držíme prvenství.

Graf 1: Produkce komunálních odpadů v kg/obyvatele/rok v zemích EU za rok 2008.



Pozn.: Eurostat (2008).

Problémem však není poměrové složení KO (respektive poměrové zastoupení BRKO ve SKO), jako celkové množství KO, které je stále relativně vysoké. V roce 2010 bylo vyprodukováno 317 kg KO (za rok na obyvatele). (ČSÚ 2011) I když ve srovnání s ostatními státy EU jsme na tom, pravda, velmi dobře, jak je vidět na grafu č. 1. z roku 2008. Jak ovšem uvádí EnviWeb (2010), již v roce 2010 jsme se na žebříčku produkce komunálního odpadu na obyvatele umístili „až“ na 5 místě.

Snahy o snížení množství BRKO ve SKO jsou v ČR stanovené legislativně.¹⁴ Odvíjejí se ale především od celkového hmotnostního zastoupení BRKO ve SKO vztaženého k referenčnímu roku 1995, kdy jsme na skládky uložili 1 530 000 t BRKO. Jak je již popsáno v úvodu, zavázali jsme se přijatou legislativou ke splnění mnoha cílů (stanovených v POH ČR), ze kterých je nejdůležitější postupné snižování podílu BRKO ve SKO ukládaného na skládky. Stanovené cíle snížení celkové hmotnosti BRKO ukládaného na skládku jsou srovnány v tabulce č. 1.

Tabulka 1: Celkové množství BRKO ukládaného na skládky dle POH ČR pro jednotlivé roky (Chudárek a kol. 2008).

Rok	1995	2010	2013	2020
Poměrové zastoupení BRKO	100 %	75 %	50 %	35 %
BRKO (t/rok)	1 530 000	1 147 000	765 000	535 000

Aktuální hmotnostní podíl BRKO ve SKO však ještě není znám. Poslední údaj je z roku 2010, kdy se skládkováním odstranilo cca 1 424 000 t BRKO. Toto množství přesahuje stanovený cíl (v roce 2010) o celých 23%, což je opravdu hodně. Domníváme se, že v průběhu letošního roku (2012) dojde, respektive již dochází, k rapidnímu odklonu BRKO ze SKO (převážně oddělenou separací). Otázkou však je, zda se podaří dosáhnout stanoveného cíle pro rok 2013. Nicméně o zlepšující se situaci vypovídá stále rostoucí množství BRO a BRKO zpracovávaných kompostováním, jak shrnuje tab. č. 2.

¹⁴ Je to především: Vyhláškou č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění vyhlášky č. 341/2008 Sb., 294/2005 Sb., dále Směrnicí Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic. Dostupná na: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:CS:PDF>>, a Plánem odpadového hospodářství ČR. Dostupný na: <http://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi>

Tabulka 2: Využití komunálních a ostatních odpadů v ČR kompostováním (N 13).

Rok	2005	2006	2007	2008	2009
Kompostování (N13) KO v t	48 760	61 475	79 583	114 429	134 601
Kompostování (N13) OO v t	-	283 412	374 996	542 524	354 743

Pozn.: sestaveno z údajů ve statistické ročence životního prostředí ČR 2010 (MŽP 2010).

Zlepšující se situace je také patrná ze zvyšujícího se počtu BPS a kompostáren. Jejich aktuální stav je shrnut v následujícím textu.

3.2.1 Aktuální stav kompostáren v ČR

Od roku 2010 do současnosti (duben 2012) je na území ČR stále zaznamenáván růst počtu nových či rekonstruovaných kompostáren. Jsou to především obecní kompostárny, ale i velké, regionální. Důvodů je k tomu hned několik. Jsou to jak stávající legislativní opatření, tak připravované,¹⁵ které stále vyžadují zpracovávat větší podíl separovaného BRKO z komunálního odpadu jinou formou než skládkováním. Jedním z nejdůležitějších plánovaných opatření je zavedení povinného separovaného sběru BRKO občany, respektive obcemi. Dalším důležitým legislativním opatřením, které má opět pozitivní vliv na vznik nových kompostáren, je stále se zvyšující poplatek za skládkování KO. Protože se poplatek odvíjí od hmotnosti, je již nyní mnohem výhodnější z KO separovat BRKO, neboť právě BRKO tvoří velký hmotnostní podíl KO (jeho zastoupení může dosahovat až 60 %). Legislativní (i ekonomická) strategie na celkové snížení hmotnosti BRKO v KO je právě taková, že se budou postupně zvyšovat ceny za skládkování odpadu, a jiný způsob nakládání s odpady se tak jednoduše stane výhodnějším.¹⁶ Z těchto důvodů se dá dále předpokládat, že počet komunálních kompostáren do budoucna ještě poroste. Srovnání stavu kompostáren mezi roky 2008 a 2011 je zachyceno v tabulce č. 3, z níž vyplývá, že v současné době je v ČR aktivních cca 250 zařízení pro výrobu kompostu, rekultivačních substrátů či hnojiv, které zpracovávají BRO. Jejich rozmístění v jednotlivých krajích zobrazuje obr. č. 1

¹⁵ Jedná se především o přípravu nového zákona o odpadech (stávající je 185/2001 Sb.), který by měl být dokončen k 30. 9. 2012 a vstoupit v platnost 1. 1. 2014. Do roku 2013 by měl také v účinnost vstoupit nový POH.

¹⁶ Jsou zde však obavy ze „zneužití“ situace a zdražení i ostatních způsobů likvidace odpadů, což by se naprosto minulo efektem „znevýhodnění“ skládkování.

Tabulka 3: Kompostárny v ČR v letech 2008 a 2011.

Kraj	Počet kompostáren (2008)	Počet projektovaných kompostáren (2008)	Počet kompostáren (2011)	Počet projektovaných kompostáren (2011)
Jihočeský	17	5	18	1
Jihomoravský	12	7	34	1
Karlovarský	6	0	9	0
Královéhradecký	6	1	15	1
Liberecký	4	1	7	1
Moravskoslezský	20	1	25	0
Olomoucký	7	1	16	2
Pardubický	6	2	20	0
Plzeňský	11	0	13	0
Středočeský + Praha	31	0	38	0
Ústecký	14	3	15	0
Vysočina	15	0	24	9
Zlínský	11	0	20	1
Celkem	160	21	254	16

Pozn.: sestaveno z dat ze zemědělské a ekologické regionální agentury, 2011 (ZERA 2011).

Obrázek 1: Rozmístění kompostáren v ČR v roce 2011.

Pozn.: převzato ze zemědělské a ekologické regionální agentury, 2011 (ZERA 2011).

3.2.2 Aktuální stav bioplynových stanic v ČR

Využití anaerobní fermentace pro využívání (odstranění) biologicky rozložitelných odpadů má v současnosti převládající výhody nad kompostováním. Plnohodnotně se tak může se uplatnit jako jeden z vhodných způsobů pro snižování objemu skládkovaného BRO. Ekonomicky mnohem výhodnější je však v současnosti využívání této technologie pro odstraňování odpadů vznikajících v zemědělských provozech, které těží ze snazšího získávání vstupních surovin, nižší investiční náročnosti technologie a vyšší, legislativně garantované výkupní ceně vyprodukované elektrické energie.¹⁷ Výraznější rozšíření této technologie pro zpracovávání BRKO závisí především na zavedení fungujících systémů separovaného sběru bioodpadů, které lze ve větším měřítku očekávat až po roce 2013.¹⁸ Do té doby by výstavbu komunálních BPS mohlo podpořit zvýšení výkupních cen elektřiny produkované tímto typem stanic (které je v současnosti téměř dvakrát menší než u zemědělských BPS). Zvýšení (vyrovnání) výkupních cen vyprodukované el. energie z BSP kategorie AF2 by vyvážilo jejich vyšší investiční náročnost, která je jednou z největších překážek vzniku nových komunálních BPS. (Švec 2009)

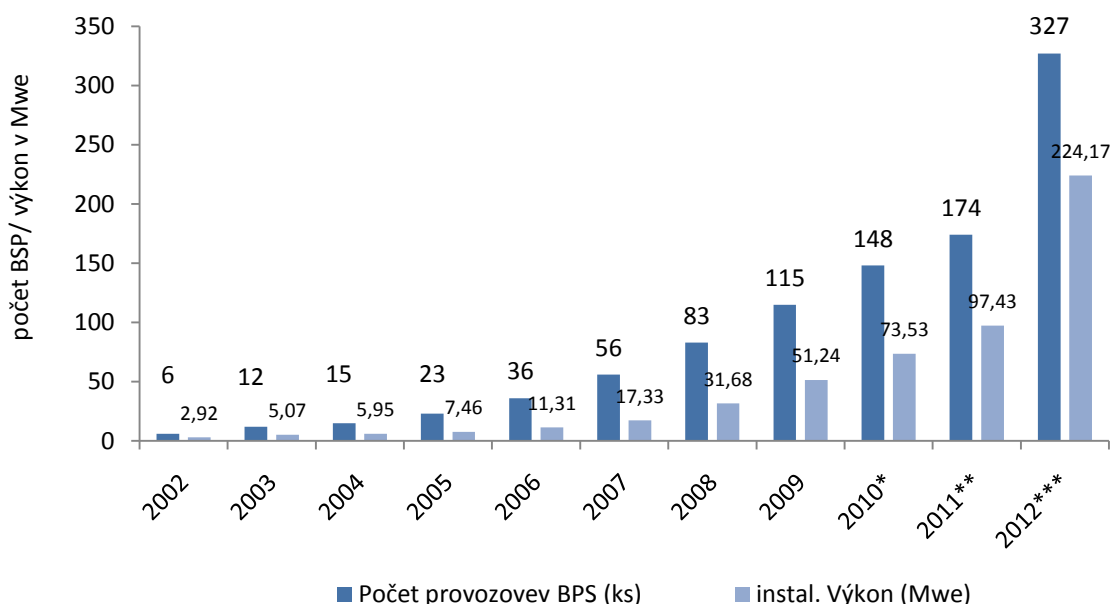
V současnosti je tedy v ČR 316 zemědělských BSP, ale pouze 11 komunálních BPS (z čehož je ještě jedna považována spíše za mechanicko-biologickou úpravnu odpadů (MBÚ) než za klasickou BPS (Landovský a kol. 2011)). Celkový instalovaný výkon všech BPS v ČR je 224,17 MWe. Celkový vývoj počtu BSP v ČR a jejich instalovaný výkon od roku 2002 (respektive 2001) do současnosti (15. 2. 2012) je také shrnut v grafu č. 2 (CZBA 2012).

Váňa (2007) (i jiní) ve svém článku o budoucnosti bioplynových stanic píše: „Rozvoj bioplynových stanic v České republice je považován za hlavní prioritu programu EKO-energie, který letos (v roce 2007) vyhlásilo Ministerstvo průmyslu a obchodu. Do roku 2015 se očekává výstavba dalších 400 bioplynových stanic.“ Jeho prognóza se tak stále více blíží naplnění, uvážíme-li, že na začátku roku 2007 bylo v provozu pouze cca 50 BPS, a již k 15. 2. tohoto roku jich bylo v provozu 327.

¹⁷ BSP kategorie AF1, tedy zemědělské, však také kromě odpadů ze zemědělství musí zpracovávat minimálně 50% biomasy, která je vyprodukovaná přímo pro účely anaerobní fermentace. V ČR se z naprosté většiny jedná o kukuřici, což v praxi a v konečném důsledku znamená, že téměř všechny bioplynové stanice kategorie AF1 sice produkují velké množství „zelené energie“ (11,1% OZE), která ovšem vůbec nemusí být ekologická. (CZBA 2012)

¹⁸ V tomto roce se dle novelizace zákona o odpadech a také dle připravovaného nového POH očekává povinné zavedení separace BRKO z domácností pro všechny obce.

Graf 2: Počet provozoven bioplynových stanic v ČR a jejich instalovaný výkon v letech 2002 až 2012.



Zdroj: (Sequens 2009), (Saifertová 2011) a (CZBA 2012) upraveno.

Pozn.: Jednotlivé roční vyhodnocení jsou prováděny k 1. 1. daného roku. (Zobrazují tedy stav roku předešlého.) Pro rok 2010* jsou data vzata z 1. 12. 2009, pro rok 2011** jsou data opět vzata z konce roku 2010 a naopak pro rok 2012*** jsou data až z 15. 2. 2012.

Jak již ale bylo naznačeno, počet BPS, které mohou zpracovávat BRKO, je v současnosti pouze 11 a v nejbližších letech se nepředpokládá jejich prudký nárůst ani po zavedení povinné separace BRKO obcemi, neboť jejich investiční i provozní náklady jsou až jednou takové, jako u zemědělských BPS. Navíc mají velmi nízkou výkupní cenu vyprodukované elektřiny. To vše tak dostatečně nedokáže kompenzovat ani příjem z poplatků za likvidaci BRKO.¹⁹

Mapy rozmístění všech zemědělských a komunálních BPS zachycuje obr. č. 2 a 3. Z nich je patrné, že největší koncentrace zemědělských BPS je v současnosti v Jihočeském kraji, naproti tomu v Karlovarském kraji jsou pouze dvě zemědělské BPS. Komunální BPS jsou zatím nejvíce koncentrovány v Plzeňském kraji a dále ve Východních Čechách. Nejnovější komunální BPS je v Příbyšicích u Benešova. Právě tato nejmodernější BPS disponuje jako první v ČR technologií ADOS,²⁰ která umožňuje zpracovávat komunální odpad jako celek, a proto je tento systém někdy řazen do technologie MBÚ. (Landovský a kol. 2011)

Dostupné technické informace o všech komunálních BPS jsou uvedené v příloze č. 8.

¹⁹ Přičemž poplatek za likvidaci 1 t BRKO v BPS musí být nižší, než poplatek za uložení 1 t odpadu na skládku.

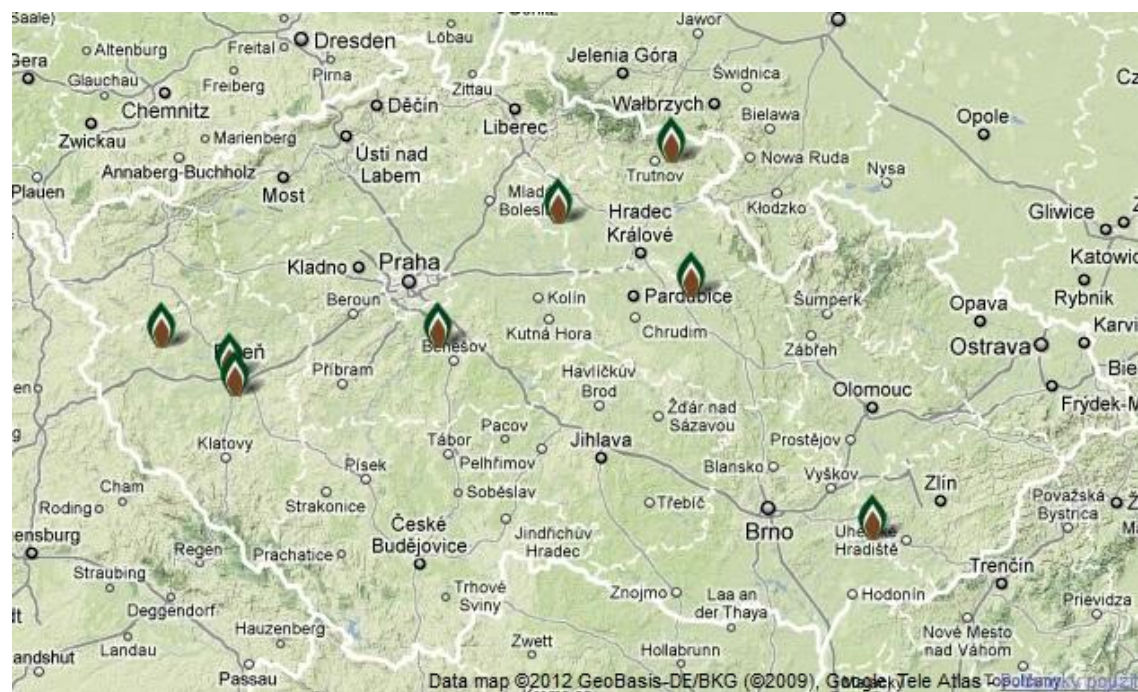
²⁰ Více o systému ADOS viz Javůrek 2010.

Obrázek 2: Mapa rozmístění zemědělských BPS (kategorie AF1) v roce 2012 (k 15. 2.).



Pozn.: zdroj (CZBA 2012).

Obrázek 3: Mapa rozmístění komunálních BPS (kategorie AF2) v roce 2012 (k 15. 2.).



Pozn.: zdroj (CZBA 2012).

Shrnutí a analýza BPS komunálních a zemědělských je také rozepsána níže v podkapitole „Analýza získaných poznatků“.

3.3 STAV ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ V OLOMOUCI

Město Olomouc učinilo v poslední době velmi radikální změnu v nakládání s odpady. První největší změna, která nastala především z ekonomických důvodů, byl odklon veškerého komunálního odpadu (tj. cca 17 tisíc t KO ročně) od skládkování (na skládce v Mrsklesích) a jeho převoz do brněnské spalovny SKO společnosti SAKO Brno, a.s.²¹ Druhá podstatná změna, která je v Olomouci patrná doslova „na první pohled“, je zavedení odděleného sběru bioodpadu ve speciálních provětrávaných, 240 l nádobách, tzv. „BIO popelnicích“ (značky CitybacTM Bio), které byly pořízeny z dotací Evropské unie a SFŽP.²² V současné době je ve městě Olomouci a jeho blízkém okolí okolo 8 000 těchto nádob, které byly občanům (vždy pro jednu domácnost), s trvalým bydlištěm v Olomouci na požádání zdarma²³ vydávány na začátku roku 2011.

Těmto velkým krokům předcházela řada informačních kampaní, průzkumů veřejného mínění, pilotních projektů i projektů vědy a výzkumu. Vůbec první pilotní projekt byl zahájen již v roce 2006 v městské části Radíkov. Zde se bioodpad napřed zkoušel sbírat do dvou velkoobjemových kontejnerů (o objemu 5,5 m³ a 20 m³) s týdenním intervalem svozu. V roce 2007 se oblast svozu pro zájem obyvatel rozšířil i na městské části Svatý Kopeček a Lošov. Takto získaný vytríděný bioodpad byl využíván jak ve výtopně na biomasu v ZOO na Svatém Kopečku, tak jako surovina pro výrobu kompostu v kompostárně firmy Spreso v Kralicích na Hané.

Od roku 2008 probíhal sběr bioodpadu v dalších pilotních oblastech (dohromady již v 8 oblastech), a to do velkoobjemových kontejnerů (o objemu 5 m³), které byly rozmístěny v obcích Svatý Kopeček, Lošov, Radíkov a Droždín. Tento systém sběru bioodpadu (donáškový systém do velkoobjemových kontejnerů) byl ovšem později vyhodnocen jako neudržitelný z finančních i provozních důvodů. V dalších třech oblastech (Neředín, Chomoutov a Nový Svět) byl v tomtéž roce testován systém „BIO popelnic“, který se osvědčil jako dostatečně účinný.

V pilotním projektu byla také v roce 2008 testována možnost kompostování BRKO v malých domácích kompostérech (kónického typu - K 700), které byly též na pořádání distribuovány zdarma (ve všech zmíněných lokalitách bylo v době pilotního projektu rozdáno 384 kompostérů). Tento systém využití bioodpadů je nejméně

²¹ SKO z Olomouce se do brněnské spalovny vozí od začátku roku 2011 a to kamionovou dopravou po dálnici. Každý den se odveze 80 t slisovaného SKO (tedy za den se vypraví 2 vozy) z překládací stanice ve Chválkovicích (kde se odpad také lisuje).

²² Projekt byl podán a realizován v rámci Operačního programu Životního prostředí (prioritní osa 4, oblasti podpory 4.1 Zkvalitnění nakládání s odpady).

²³ Cena jedné sběrné nádoby je 1200 Kč (nákupní cena v roce 2010 až 2011).

nákladný, a proto mu byla věnována poměrně velké pozornost. Domácí kompostování (popřípadě komunitní, které bylo také zvažováno jako jedna z alternativních možností) však nelze zavést ve všech typech zástavby, proto se nakonec jako celoplošný systém zvolila separace bioodpadu do „BIO popelnic“ s intervalem vyvážení jedenkrát za 14 dní ve vegetační sezóně (duben až listopad) a jedenkrát za měsíc v měsících prosinec až březen (tento interval svozu je nastaven i v současnosti). (Matzenauerová a Petřík 2010)

Již v průběhu pilotních studií byl projevěn velký zájem občanů o separovaný sběr bioodpadů i z jiných lokalit, a proto se postupně k systému separace bioodpadů přidávaly další městské části. V současné době je tento systém rozšířen na všechny části města s rodinnou zástavbou kromě sídlištní zástavby (kvůli problematickému umístění sběrné nádoby a možnému kontaminování separovaného BRKO nezodpovědnými občany). Velmi omezená separace je také v celém historickém centru města Olomouc vzhledem k celkově nízké produkci BRKO. Systém svozu separovaného BRKO je prozatím provozován pro občany zdarma, avšak za podmínky „zmenšeného“ intervalu svozu klasického komunálního odpadu (v praxi se pak tedy střídá svoz SKO a svoz bioodpadu). V minulém roce (2011) se takto separovalo přes 2 660 t BRKO²⁴, který již byl kompostován v soukromé kompostárně v Křelově.

Město Olomouc chce do budoucna investovat především do zintenzivnění třídění recyklovatelných složek SKO. Jistou dobu také ještě bude trvat, než se plně zaběhne systém separace bioodpadů. Postupem času lze očekávat jak větší výtěžnost, tak jeho zvyšující se čistota. Do budoucna snad lze i očekávat vznik jednoho ze zařízení pro získávání energie z odpadu.

3.4 PROČ NAVRACET ORGANICKOU HMOTU DO PŮDY

Tato část podkapitoly je věnována problematice navracení organické hmoty (v našem případě kompostu, popř. digestátu) do půdy.

Půda je z pohledu všech vyšších rostlin, organismů, celého životního prostředí²⁵ a především člověka samotného absolutně nepostradatelnou složkou životního prostředí. V kontextu se všemi složkami životního prostředí vytváří nejen reálné podmínky ke

²⁴ Údaj o hmotnosti vytríděného bioodpadu laskavě poskytl TSMO. Údaj není zcela přesný, protože je k němu navíc přičteno cca 100 t bioodpadu získaného ze sběrových sobot.

²⁵ Definice dle zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů, uvádí půdu v § 2. jako složku životního prostředí společně s ovzduším, vodou, horninami, organismy, ekosystémy i energií.

koloběhu živin i celého života, ale půda samotná se koloběhu živin a života na zemi přímo účastní. Protože jak víme, půda je komplexní systém navzájem složitě propojených pevných, kapalných, plyných i organických fází (White 1997).

Z biologického hlediska se půda vyvíjí z povrchových zvětralin a organických zbytků a její složení závisí na intenzitě působení organických i anorganických půdotvorných činitelů společně s působením podnebí. (Čihálík 1992)

K nejdůležitějším vlastnostem půdy patří její úrodnost, která je závislá na mnoha faktorech, především však na obsahu půdní organické hmoty, jež je za vhodných podmínek do půdy ukládána. Tento „vklad“ je v poslední, relativně velmi krátké době, člověkem „vybírán“, především pěstováním kulturních plodin (s přispěním všech negativních dějů, které s pěstováním rostlin přímo, či nepřímo souvisejí). Jsme pak svědky nebezpečně nadměrných ztrát živin i humusu, a různých nežádoucích přesunů půdních částic z obdělávaných půdních horizontů. Ať už se snažíme klást vinu na přílišné sucho, erozní sílu vody nebo větru, bude v drtivé většině těchto negativních procesů stát minimálně v iniciační fázi člověk. Proto je člověk zodpovědný za současný i budoucí stav půdy a je na nás, abychom vrátili zpět alespoň část z toho, co si z půdy „přivlastňujeme“.

3.4.1 Půdní organická hmota aneb kompost vs. humus

Jak je uvedeno v práci J. Sokola (2009), je nutné si kvůli naší i světové nejednotné odborné literatuře nejdříve definovat a objasnit pojem „půdní organická hmota“. Pojem označuje veškerý půdní uhlík, tedy organickou hmotu v půdě. V současnosti se uhlík v půdě stanovuje oxidimetricky, což sebou nese velké nepřesnosti a rizika při správné interpretaci celkového obsahu organické hmoty v půdě.²⁶ Obecně totiž dělíme půdní organickou hmotu na tři skupiny.

Do první skupiny řadíme humusotvorný materiál, což je primární nerozložená, ale i rozložená organická hmota, tedy kompost. Do druhé, sporné skupiny jsou v některých publikacích zařazeny meziprodukty rozkladu a syntézy (přeměny) humusotvorného materiálu. Konečně třetí skupinu půdní organické hmoty tvoří samotný humus (humusové látky), který se skládá z velice stabilních huminových kyselin, fulvokyselin a jejich solí (tedy organominerálních komplexů). (Kolář et al. 2005)

²⁶ Poločas rozkladu huminových kyselin (podstatné složky celkové půdní organické hmoty) je udáván na 5 až 6 tisíc let. (Fulvokyseliny mají poločas rozkladu kolem 40 let.) Proto je velice nepřesné stanovovat obsah organické hmoty v půdě oxidimetricky, neboť právě téměř nemineralizovatelný humus, který tvoří nemalou zásobu uhlíku v půdě, se ve výsledku oxidimetrického stanovení takřka neprojeví. (Sokol, 2009)

Takovéto rozdělení však naráží na problematické, fyzikálně-chemické vlastnosti druhé skupiny meziproduktů, kterou v praxi nelze samostatně oddělit ani od první, ani od druhé skupiny, respektive část druhé skupiny lze považovat ještě za primární organickou hmotu a část již za humus.²⁷ Dle Sokola (2009) je proto vhodné ji vůbec neuvádět a půdní organickou hmotu rozdělovat pouze na primární a sekundární organickou hmotu. Jinak řečeno, půdní organickou hmotu můžeme rozdělit na kompost (původní nerozložené i rozložené organické části, které jsou schopny mineralizace) a humus (zhumifikovaná půdní organická hmota, která není schopna další mineralizace).

Primární organická hmota má v půdě své nezastupitelné vlastnosti. Na rozdíl od humusu je schopná se v aerobním prostředí oxidovat (mineralizovat) až na základní stavební jednotky rostlin – rostlinné živiny a jejich ionty, přičemž se uvolňuje H_2O , CO_2 a velké množství tepelné energie, nízkopotenciálního charakteru²⁸ (Pastorek 2006). Primární organická hmota (kompost) je tedy nezastupitelným zdrojem živin v půdě a také základním předpokladem existence půdního mikroedafonu, bez kterého by se půda stala mrtvou a neúrodnou. Samotná primární organická hmota (a to i ta rozložená, zkompostovaná) v půdě sice zvětšuje svůj specifický povrch, respektive zvětšuje svou sorpční kapacitu, avšak téměř postrádá iontovýmennou kapacitu (aktivní povrchové síly).²⁹ Zajímavou skutečností je i to, že samotnou primární organickou hmotu (bez humusu, nebo bez přítomnosti humusu v půdě), nelze do půdy dodávat do dlouhodobých zásob. Navíc zde platí zákon: Čím větší dávku kompostu aplikujeme do půdy, tím rychleji se rozloží, a naopak. Čím větší dávku kompostu totiž použijeme, tím rychleji dojde k nárůstu mikroedafonu, který za daný čas spotřebuje více energie a tím rychleji rozloží dané množství kompostu. (Sokol, 2009)

Sekundární přeměněná organická hmota, tedy humus je soubor vysokomolekulárních látek³⁰, které vznikají humifikací z primární organické hmoty procesem syntézy (polymerací a polykondenzací). Proces humifikace je endotermický, což znamená, že k jeho průběhu je potřeba energii dodat zvenčí. Tuto energii přirozeně odčerpává z procesu mineralizace, kde je její přebytek. V praxi to znamená, že

²⁷ Hranice mezi oběma skupinami lze stanovit alkalickými roztoky pyrofosfátů, které rozpustí jak volné, tak vázané humusové látky a oddělí je tak od zbylé primární organické hmoty v půdě (Sokol, 2009).

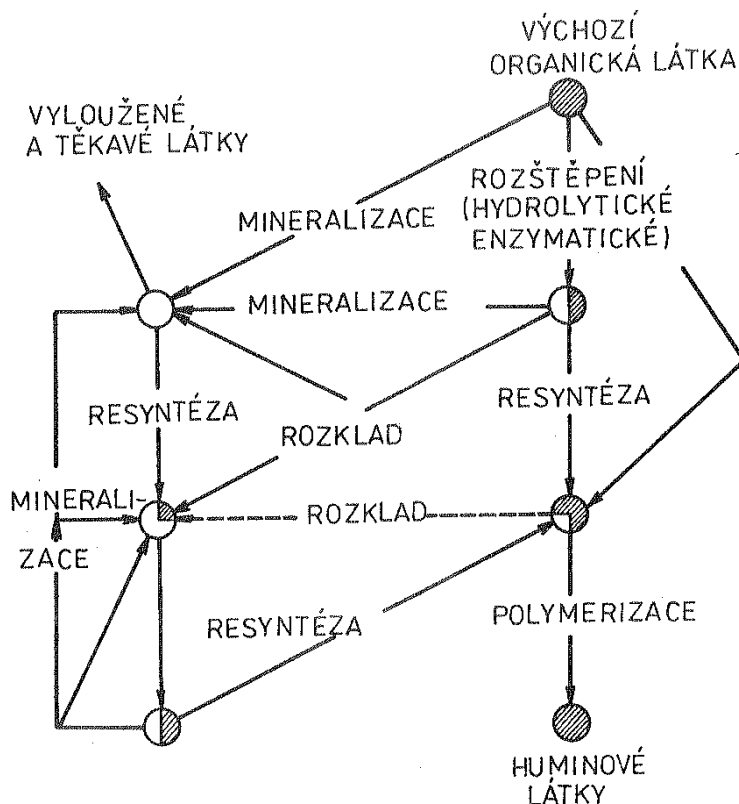
²⁸ Část energie z tohoto exotermického procesu je využívána půdními mikroorganismy, část této energie může být spotřebovávána endotermickým procesem humifikace, většina je však vyzářena do prostoru.

²⁹ Sokol (2009) uvádí příklad iontovýmenné kapacity vermikompostu (ze Strakonic), u kterého se naměřilo 60 mg ekv. H^+ /1000 g, což je přibližně hodnota čistého písku.

³⁰ Jsou to látky, jejichž relativní molekulová hmotnost je vyšší, než látek, ze kterých vznikly. (Humus má tedy vyšší relativní molekulovou hmotnost než kompost.)

humifikace nemůže probíhat bez mineralizace. Proto je nutné, aby v půdním systému probíhaly tyto procesy současně (pokud ovšem není energie k humifikaci dodávána jiným způsobem, např. antropogenním (Holub 2009)). Při předávání energie pro humifikaci však dochází k velkým ztrátám, proto v půdách vždy převládá proces mineralizace nad humifikací.³¹ Dokonce není výjimkou, že i přes dodávání primární organické hmoty do půdy (aplikace kompostu do půdy) žádný humus nevzniká. Transformace primární organické hmoty na humus je velmi závislá i na dalších podmínkách. Humifikace je složitý, biochemický proces, jehož intenzita i charakter závisí na aktivitě mikrofauny i mikroflóry, a také na střídání jak teplotních, tak vodních i vzdušných poměrů. (Němeček a kol. 1990) V téže publikaci je také proces humifikace vnímán jako soubor rozkladných i syntetických procesů (tedy dohromady s mineralizací), což je logické, neboť humifikace bez mineralizace nemůže probíhat. Názorné schéma procesu humifikace je pak dle týchž autorů na obr. 4.

Obrázek 4: Schéma humifikačního procesu podle Němečka a kol.(1990).



³¹ Z tohoto vyplývá, že nejlepším řešením problematiky bioodpadů a organické hmoty obecně není kompostování (ve smyslu např. velkokapacitních průmyslových kompostáren), ale přímá aplikace veškeré organické hmoty rovnou do půdy, kde by se mohla využít i energie uvolněná mineralizací (kompostováním) přímo v procesu humifikace. Takto by se zvýšila celková produkce humusu (tedy přeměna bioodpadu na humus), půdní sorpce i iontovýměnná kapacita půdy.

Díky své vysoké molekulární hmotnosti je humus, jak již víme, velmi odolný vůči oxidaci (téměř nemineralizuje) a stává se tak téměř neměnnou, „inertní“ součástí půdy. Půda, která je takto dostatečně obohacena o humus (především tedy o huminové kyseliny), se při rozumném hospodaření stává po mnoho tisíc let vysoce úrodnou (Holub 2009).

Zásadní vlastností humusu je také jeho velká iontovýměnná kapacita, díky níž je humus v půdě podstatným poutačem rostlinných živin, které tak chrání před vyplavením do spodních půdních horizontů nebo podpovrchových vod. Obsah humusu v půdě tak značně ovlivňuje také účinnost veškerého hnojení. (Sokol, 2009)

Obsah humusu i jeho složení je kvantifikovatelné, a tudíž patří (společně s obsahem karbonátů, výměnnou půdní reakcí, výměnnou sorpční kapacitou, obsahem škodlivin atd.) mezi základní půdní vlastnosti. V publikaci od Tomáška (2007) jsou půdy rozdělené na 5 skupin podle obsahu humusu. Toto rozdělení shrnuje tab. č. 4.

Tabulka 4: Obsah humusu v půdách (v %).

půdy s velmi nízkým obsahem humusu	pod 1,0
půdy s nízkým obsahem humusu	1,0-2,0
půdy se středním obsahem humusu	2,1-3,0
půdy s vysokým obsahem humusu	3,1-5,0
půdy s velmi vysokým obsahem humusu	5,1 a více

Pozn.: Obsah humusu je měřen Cox (obsah spalitelného uhlíku), který je vykrácen koeficientem 1,7 [%].

Tentýž autor uvádí také rozdělení půd podle poměru huminových kyselin k fulvokyselinám (tab. č. 5).

Tabulka 5: Složení humusu.

nepříznivé	Hk : Fk pod 1,0
Střední	Hk : Fk 1,0-110
Příznivé	Hk : Fk nad 1,1

Pozn.: Hk = huminové kyseliny, Fk = fulvokyseliny.

Autor také uvádí ukazatele kvality humusu, jako poměr uhlíku a dusíku (C : N). Tento poměr je pro nás mnohem důležitější, neboť se jím určuje také kvalita kompostu.³² Čím užší poměr je, tím je humus kvalitnější (obsahuje více dusíku). V ČR můžeme nejužší poměr, konkrétně okolo 7,1 C : N, naměřit u černozemí. V našich

³²Poměr C : N je také stanoven v experimentální části u všech vzorků kompostu.

podmínkách se poměr dále rozšiřuje až k 17,1 C : N (např. u luvisolů) v závislosti na síle vyluhování půd a na něj navazujících degradačních pochodů. Němeček a kol. 1990 zdůrazňují i rozdílné poměry C : N v různých horizontech jedné půdy. Také zde uvádějí, že nejvyšší poměr vůbec může být až 5,9, a to v horizontu AC u aridisolů, a naopak nejširší poměr 25,4 C : N může být ve svrchním horizontu Ah u kryosolů.

3.4.2 Význam půdní organické hmoty

Veškerá organická hmota v půdě (tedy jak primární, tak sekundární organické hmota) tvoří nezastupitelnou část půdy. Bez ní by byla půda mrtvá, tedy neúrodná. Obě části půdní organické hmoty mají své specifické, diametrálně odlišné vlastnosti, které se ovšem navzájem doplňují a jedinečně tak tvoří funkční celek. Jak ovšem vyplývá z předešlého, za významnější se i dle současné odborné literatury (Sokol, 2009) považuje primární organická hmota, zvláště pak její nejlabilnější část, která se transformuje jak v mineralizačním, tak humifikačním procesu až na samotný humus.³³

Půdní organická hmota jako celek tedy všeobecně pozitivně působí na vodní režim půd (poutá až sedmkrát tolik vody než váží její sušina). Také vylehčuje (provzdušňuje) těžké půdy. Zlepšuje tepelný režim, snižuje soudržnost a přilnavost. Spolupůsobí při imobilizaci případných toxických látek v půdách, zvyšuje efektivitu využívání průmyslových hnojiv a zásadní měrou ovlivňuje celkovou biologickou aktivitu půdy. (Sokol, 2009)

Můžeme tedy říci, že půdní organická hmota se všemi svými vlastnostmi dohromady tvoří hlavní ukazatel úrodnosti jakékoli půdy a souvisí se všemi funkcemi půdy (funkce produkční i mimoprodukční, akumulační, filtrační, transformační, pufrací, asanační, ekologické a mnohé další). Patří jak ve své kvalitě, tak ve své kvantitě k základním indikátorům kvality půd. Tato kvalita půdy pak neurčuje pouze její úrodnost, ale klíčovou roli hraje i při minimalizaci rizik různých degradačních pochodů v půdě. (Šarapatka 2006)

Jedná se především o erozní pochody, zejména o vodní a větrné erozní pochody. Při nedostatku humusu v půdě se tak můžeme dostat do začarovaného kruhu, nebo spíše

³³ Množství i kvalita humusu tedy bude vždy vycházet z primární organické hmoty. Bez ní humus vzniknout nikdy nemůže. Naopak to ovšem neplatí, a proto je logické přikládat větší význam primární organické hmotě.

spirály. Nedostatek humusu v půdě je podstatnou příčinou nadměrné eroze, která se řadí mezi hlavní procesy způsobující úbytek humusu v půdě. Dochází tak k dehumifikaci, která následně opět podněcuje ještě větší erozi půdy. Tato dehumifikace ovšem nemusí být podle publikací Denešové (In: Šarapatka 2006) pouze kvantitativní, ale i kvalitativní, a to především úbytkem méně stabilních částí humusu, jako jsou fulvokyseliny (poločas rozkladu fulvokyselin je 40 let, naproti tomu u huminových kyselin je to až 6 000let).

Půdní organická hmota tak hraje zásadní roli i v procesu eroze půdy, která je v současnosti jedním z hlavních problémů celého světa. Jak vyplývá z předchozího, jedním z možných řešení nadměrné půdní eroze je kromě samozřejmých agrotechnických opatření také zlepšování kvality půd aplikací primární organické hmoty (v praxi tedy kompostu). V ČR jsou již části zemědělské půdy dehumifikovány nebo dehumifikaci ohroženy. Jejich přehled shrnuje mapa dehumifikovaných půd, která je v příloze č. 1.

3.5 LIMITNÍ TĚŽKÉ KOVY V KOMPOSTECH

Těžké kovy jsou všeobecně definovány jako kovy s atomovou hmotností vyšší než 100g/cm^3 . Také to jsou všechny kovy, jejichž specifická hmotnost je větší než 5g/cm^3 . Podle této definice se celkem jedná o 38 těžkých kovů. Ne všechny však nutně působí toxicky na organizmy či rostliny. Některé z nich jsou dokonce řazeny mezi esenciální biotické prvky jako například Fe, Mn, Zn a další. Většina z nich je však řazena do skupiny rizikových prvků, u kterých je prokázána akutní či chronická toxicita.³⁴ Podle Podlešové a Němečka (1993), nebo Beneše (1993 a 1994) a dalších, je za zdroj i akumulaci těžkých kovů pokládána půda. Prostřednictvím půdy se tedy těžké kovy mohou přes mikroorganismy a rostliny dostávat do potravního řetězce všech organismů.

Půda tvoří základní „přestupní stanici“ celého koloběhu látek. Každá látka (ať už žádoucí či nežádoucí) má svůj zdroj v přírodě. Některé se ale díky nadměrné antropogenní činnosti dostávají do půdy (do koloběhu v životním prostředí) v nebezpečných koncentracích, odkud mohou být dále distribuovány. Za nejhlavnější

³⁴ Tyto rizikové prvky pak mohou mít karcinogenní či teratogenní účinek, někdy je uváděn i mutagenní účinek.

antropogenní cesty vstupu těžkých kovů (a nežádoucích látek obecně) do půdy jsou dle Tomáška (2007) považovány:

- spady z průmyslových exhalací,
- zemědělská činnost,
- úniky pevných nebo tekutých toxických látek,
- úniky ropných látek,
- vodní a větrná eroze.

Jako hlavní těžké kovy, poškozující půdu (a skrze půdu i zdraví organismů a rostlin – poškození „zdraví“ životního prostředí), označuje tentýž autor: As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, V a Zn.

V práci jsou zpracovány pouze těžké kovy, jejichž stanovení a limitní dodržení v kompostech vyžaduje ČSN 465735 (1991). Konkrétně jde o Cd, Cr, Cu, Ni, Pb a Zn.³⁵

V současné době se limitní hodnoty vybraných těžkých kovů řídí třemi právními předpisy. Jejich odlišnosti jsou srovnány v tab. 6. První řádek obsahuje limitní hodnoty těžkých kovů stanovené vyhláškou č. 209/2005 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva. Druhý až čtvrtý řádek obsahuje limitní hodnoty stanovené vyhláškou č. 341/2008 o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. Tato vyhláška stanovuje tři různé limitní třídy pro různé „kvalitní“ komposty. Konečně předposlední a poslední řádek shrnuje limitní hodnoty zájmových těžkých kovů z ČSN 465735 pro dvě různé třídy průmyslového kompostu. Již při prvním pohledu na tuto tabulku je patrná značná rozdílnost limitních požadavků.

Tabulka 6: Limitní hodnoty řešených těžkých kovů stanovené vyhláškou č. 209/2005 Sb., vyhláškou č. 341/2008 Sb. a ČSN 46535 v [mg/kg].

právní úprava / těžké kovy	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Hnojivo (vyhláška č. 209/2005 Sb.)	2	100	100	50	100	400
třída I (vyhláška č. 341/2008 Sb.)	2	100	170	65	200	500
třída II (vyhláška č. 341/2008 Sb.)	3	250	400	100	300	1200
třída III (vyhláška č. 341/2008 Sb.)	4	300	500	120	400	1500
kompost I (ČSN 465735)	2	100	100	50	100	300
kompost II (ČSN 465735)	4	300	400	70	300	600

Pozn.: (Vyhláška č 209, 2005), (Vyhláška č. 341, 2008) a (ČSN 46535, 1991).

³⁵ Tyto těžké kovy jsou také řešeny v experimentální části práce. K těmto šesti těžkým kovům norma ještě vyžaduje stanovit obsah Hg. Rtuť však v experimentální části stanovována nebyla, neboť norma vyžaduje použití jednoúčelového analyzátoru rtuti TMA 254 (TESLA), který není součástí vybavení univerzitních laboratoří. Československá státní norma 465735 dále vyžaduje stanovit v případě, „kdy lze očekávat zvýšená množství vzhledem k použitým surovinám,“ ještě As, Mo a Ni. Z těchto těžkých kovů byl dále stanovován pouze Ni, vzhledem k jeho nejpravděpodobnějšímu výskytu ve vzorcích.

Pro srovnání s reálnými hodnotami, přidáváme tabulku č. 7, která obsahuje průměrné hodnoty zájmových těžkých kovů v půdách. (Společně s požadovanými limitními hodnotami – maximální celkové a vyluhovatelné obsahy těžkých kovů v půdách.) Při porovnání tabulky č. 6 a 7 jsou jasné zřetelné až řádově rozdílné požadavky na limitní hodnoty v půdách a v kompostech, respektive hnojivech.

Tabulka 7: Průměrný běžný a zvýšený obsah, společně s maximálním povoleným obsahem řešených těžkých kovů v lehkých a ostatních půdách ČR v [mg/kg].

půdy / těžké kovy		Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
běžný obsah	Lehké	0,1	35,0	21,0	15,0	13,0	50,0
	ostatní	0,2	75,0	30,0	23,0	31,5	87,5
zvýšený obsah	Lehké	0,4	80,0	55,0	40,0	55,0	120,0
	ostatní	0,5	124,0	65,0	53,0	90,0	140,0
max. celkový obsah ¹	Lehké	0,4	100,0	60,0	60,0	100,0	130,0
	ostatní	1,0	200,0	100,0	80,0	140,0	200,0
max. obsah ve výluhu ²	Lehké	0,4	40,0	30,0	15,0	50,0	50,0
	ostatní	1,0	40,0	50,0	25,0	70,0	100,0

Pozn.: Tabulka převzata a upravena z práce Beneše (1993) in Stoffetová (2009).

¹ Totální rozklad lučavkou královskou.

² Výluh půdy v 2M HNO₃ při poměru půdy k vyluhovacímu 1 : 10.

3.6 ANALÝZA ZÍSKANÝCH POZNATKŮ

V této části kapitoly jsou shrnuty základní poznatky s doporučením nejvhodnějšího uplatnění probíraných způsobů zpracování BRKO. Tato doporučení vycházejí z jednotlivých SWOT analýz aplikovaných na nejpravděpodobnější způsoby zpracování tohoto druhu odpadu. (Tedy aerobní a anaerobní zpracování.) Všechny informace pro samotné analýzy byly čerpány z „Přehledové studie“, obsažené v práci Javůrka (2010) a z literárního přehledu této práce.

3.6.1 Analýza aerobního zpracování

Samotné kompostování (dekompozice) bioodpadu (biomasy) je jedním z nejzákladnějších procesů, které spoluvytváří prostředí pro život samotný a zajišťuje jeho trvale udržitelný rozvoj. Tím je zajištěno stálé přeměňování, přerozdělování a navracení základních stavebních kamenů všeho živého do centrálního koloběhu živin,

minerálů a organické hmoty. Tento proces je autoregulační a bez živých organismů by neexistoval, stejně tak jako organismy by neexistovaly bez něho.

Předností celého procesu je jeho nezávislost na člověku v jeho přirozené podobě. V řízené podobě pak kompostování vyžaduje (v porovnání s jinými způsoby zpracování bioodpadu) minimální náklady, které jsou přímo úměrné množství zkompostovaného bioodpadu. Z analýzy aerobní biodegradace vyplývají níže shrnutá fakta.

Tabulka 8: SWOT analýza zpracování bioodpadu kompostováním.

Silné stránky	Slabé stránky
- Náklady na investici a provoz jsou nízké (oproti BS). - Minimální objemová a hmotnostní redukce o 33 %.³⁶ - Vzniká stabilizovaný substrát (kompost), využitelný jako hnojivo, rekultivační substrát atd. - Zdroj hodnotných živin, které se postupně uvolňují mineralizací. - Zdroj primární organické hmoty v půdě – základ humusu. - Pro takovéto zprac. bioodpadu již existují dostatečné kapacity kompostáren.	- Převládající nezájem o vyprodukovaný kompost. - Ekonomická bilance je v současnosti nepříznivá. - Při komponovacím procesu (obvykle) není využit energetický potenciál bioodpadu. - Časová náročnost tohoto druhu zpracování bioodpadu. - Náročná aplikace kompostu do půdy. - Většina kompostáren je zastaralá.
Potenciál	Rizika
- Zákonem stanovená povinnost zpracování BRKO jiným způsobem než skládkováním. - V současnosti hojně podporované domácí (domovní) i komunitní kompostování. - V posledních letech prudce stoupá rozvoj systému separovaného sběru BRKO v obcích.	- Neochota až nezájem zemědělských subjektů navracet vyprodukovaný kompost do půdy jako hnojivo. - Při kompostování BRKO mohou hrozit různé kontaminace kompostu a jeho znehodnocení.³⁷ - Stále nedostatečná informovanost může vést k negativnímu postoji občanů ke kompostování. - Nedostačující legislativní opatření.

³⁶ Literatura uvádí mnoho různých údajů o redukci objemu a hmotnosti při procesu kompostování. Vždy záleží na druhu bioodpadu, na době i typu kompostování. Např. v experimentální části výše uvedené práce byla prokázána průměrná 90% objemová redukce a průměrná 80% hmotnostní redukce komunálního bioodpadu (při použití 700l zakrytého domácího kompostéru).

³⁷ Borkovcová (2007) ve své zprávě popisuje možnou kumulaci spor bakterie *Clostridium botulinum*, tvorbu myiází a pseudomyiází nebo kumulaci ropných produktů v kompostu.

3.6.2 Analýza anaerobního zpracování

Švec, (2009) ve své práci uvádí podstatné ekonomické argumenty, které anaerobnímu způsobu zpracování bioodpadů přiznávají lepší ekonomický potenciál oproti klasickému kompostování. Tuto skutečnost ještě hlouběji ve své práci rozvíjí Novotný, (2009), který jako nejlepší ekologickou, ekonomickou i strategickou variantu zpracování BRO uvádí jeho anaerobní zpracování s následným přečištěním bioplynu na téměř čistý metan a jeho použití jako substitučního paliva pro pohon automobilů.³⁸ Dalším důvodem upřednostňujícím anaerobní zpracování bioodpadů (proti aerobnímu) je fakt, že BS zabírají méně místa, neuvolňují při správném dodržování technologie žádný zápach a umožňují získávat (lehce využitelnou) energii především ve formě tepla a el. energie. (Voštová a Fries, 2005)

V současné době je nejvíce podporovaná (politicky a ekonomicky) výroba bioplynu ze zemědělské výroby, tedy z tzv. zemědělských bioplynových stanic (respektive z BS kategorie AF1, která vyžaduje splnění 50% podmínky obsahu zpracovávané sušiny pocházející z cíleně pěstovaných energetických plodin určených k výrobě bioplynu).³⁹ Vzhledem k tomuto faktu je nutné provést zhodnocení „zemědělské“ (tab. č. 9) a „komunální“ (tab. č. 10) bioplynové stanice zvlášť, neboť se jejich výhody a nevýhody, potenciál i rizika značně liší.

Tabulka 9: SWOT analýza zpracování bioodpadu v BS kategorie AF1 („zemědělské“).

Silné stránky	Slabé stránky
• Výroba energie (především tepelné a elektrické). • Vzniká substrát (digestát), využitelný jako hnojivo. • Snadnější aplikace digestátu do půdy (oproti kompostu). • Menší investiční (i provozní) náklady (oproti BS kategorie AF2).	• Náklady na investici provoz jsou mnohem vyšší (oproti kompostování). • Velká objemová i hmotnostní ztráta primární organické hmoty (oproti kompostování). • Předem stanovený podíl „bioodpadu“ ve vstupních surovinách (menší než 50 %).

³⁸Vozidla, které jsou již uzpůsobena pro pohon stlačeným plynem (CNG pohon) mohou přečištěný bioplyn používat bez jakýchkoli dalších úprav či rizik poškození vozidla jako klasický zemní plyn. Počet těchto vozidel se stále zvyšuje, zároveň s tím se zvyšuje i poptávka po čerpacích stanicích a plynu jako paliva obecně. Tržní hodnota 1 l zemního plynu se v současnosti pohybuje mezi 18 a 19 Kč, což je dostatečně motivující pro zavedení výroby paliva z bioplynu (samozřejmě bez jakýchkoli dotací či podpor ze strany státu). Jedinou překážkou tak je paradoxně státní podpora pro přeměnu bioplynu na el. energii.

³⁹ BS v kategorii AF1 jsou oproti BS v kategorii AF2 zvýhodněny především vyšší výkupní cenou vyrobené elektrické energie (každý rok se mění, cca je ale o 15 % vyšší než výkupní cena v kat. AF2).

- Prozatím příznivá politicko-ekonomická situace.
- Časově méně náročné zpracování bioodpadů (oproti kompostování).
- Vyráběná el. energie je řazena k energii z obnovitelných zdrojů.
- Zemědělským subjektům stabilizuje příjmy.
- Tlak na zemědělství – nutnost pěstování energetických plodin.

Potenciál	Rizika
• Dlouhodobě zajištěné (legislativně) výkupní ceny el. energie. • Vstupní suroviny jsou levnější (oproti BS kategorie AF2) – bioodpad nemusí vykupovat. • Současné snižování zemědělské plochy využívané k produkci potravin – využití těchto pozemků k pěstování energetických plodin.	• Nedostatečná informovanost může vést k negativnímu postoji občanů k výstavbě a provozu BS. • Nedodržení provozních postupů může způsobovat zápach. • V případě havárie či nedostatečného odběhu bioplynu hrozí velké úniky metanu do ovzduší.⁴⁰

Tabulka 10: SWOT analýza zpracování bioodpadu v BS kategorie AF2 („komunální“).

Silné stránky	Slabé stránky
• Výroba energie (především tepelné a elektrické). • Vzniká substrát (digestát) je využitelný jako hnojivo (většinou po úpravě kompostováním). • Časově méně náročné zpracování bioodpadů (oproti kompostování). • Vyráběná el. energie je řazena k energii z obnovitelných zdrojů. • Příjmy „navíc“ z poplatků za odstraňování BRKO (oproti kategorii AF1).	• Náklady na investici (i provoz) jsou vyšší (oproti kategorii AF1). • Velká objemová i hmotnostní ztráta primární organické hmoty (oproti kompostování). • Přísnější provozní a hygienická opatření. • Nižší výkupní cena el. energie (oproti kategorii AF1). • Při nedostatku zpracovávaného bioodpadu nutnost nakupovat vstupní suroviny.
Potenciál	Rizika
• Zákonem stanovená povinnost zpracování BRKO jiným způsobem než skládkováním.	• Stále nedostatečná informovanost může vést k negativnímu postoji občanů k BS.

⁴⁰ Při dodržování provozního řádu se takto uniklý bioplyn spaluje na havarijní fléře. V běžné praxi se to však neděje.

- V posledních letech prudce stoupá rozvoj systému separovaného sběru BRKO v obcích.
 - Rozvoj rentabilnější výroby motorového paliva namísto el. energie.
 - Nedodržení provozních postupů může způsobovat zápach.
 - Nedostačující legislativní opatření (znevýhodněné výkupní ceny el. energie oproti kategorii AF1).
 - Kolísavé množství až nedostatek vstupních surovin (BRKO).
 - Možné riziko kontaminace digestátu cizorodými látkami z BRKO.
-

3.6.3 Vyplývající doporučení

Nejúčinnějším nástrojem pro řešení jakékoli problematiky zůstává legislativa. Nejefektivnější způsob, jak „pohnout“ celou problematiku bioodpadů k lepšímu, tedy tkví v povinném zavedení separovaného sběru BRKO v obcích. Jako druhé zákonné ustanovení, bez kterého by to první s největší pravděpodobností nefungovalo, by bylo nezbytné doporučit povinné navracení organické hmoty do půdy (alespoň v určitém, minimálním poměru ročně). Z ekonomického hlediska by tak vznikla zákonem stanovená poptávka i nabídka. V tomto případě by se volba zpracování bioodpadu (aerobní či anaerobní) odvíjela pouze od výhodnější ekonomiky daného zpracování.

Rozhodně nadále doporučuji podporovat domácí či komunitní způsob kompostování, neboť oba způsoby hrají významnou roli při předcházení vzniku BRKO a tudíž jsou z ekonomického pohledu nejméně náročné.

4 MATERIÁL A METODY

Kapitola je rozdělena do čtyř podkapitol, které popisují použité materiály a metody k dosažení cílů, stanovených ve druhé kapitole.⁴¹

4.1 VYMEZENÍ ZÁJMOVÉ OBLASTI A TEZE EXPERIMENTU

Pro oba stanovené cíle byly předem určeny čtyři zájmové oblasti (stará domovní zástavba, sídlištní zástavba, venkovská zástavba a vilková zástavba), reprezentující jednotlivé typy zástavby města Olomouce.⁴²

1. Stará domovní zástavba je tvořena převážně historickou zástavbou bytových domů se smíšeným ústředním, etážovým a lokálním vytápěním plynem či elektřinou. Minimálně se zde vytápí také tuhými palivy. Až na výjimky zde není možnost využívání bioodpadu v místě vzniku. (Na druhou stranu zde není větší počet trvale žijících občanů, který by bioodpad mohl produkovat.)

2. Sídlíštní zástavba je tvořena soustavou bytových domů s centrálním zásobením tepla, bez zahrádek, dvorků a bez možnosti využití bioodpadu v místě jeho vzniku.

3. Venkovská zástavba je zástavbou rodinných domů, většinou s lokálním vytápěním a tedy i s větším rizikem spalování odpadů v domovních topeništích na tuhá paliva. Je zde možnost jak zahradního kompostování, tak zkrmování bioodpadů.

4. Vilová zástavba je tvořena rodinnými domy a nájemními vilami většinou s etážovým či lokálním vytápěním plynem či elektřinou. Vytápění tuhými palivy je zanedbatelné. V tomto typu zástavby je možnost zahradního kompostování.

(Přesný popis všech lokalit je obsažen v práci Javůrka (2010). V příloze č. 2 jsou letecké snímky zájmových lokalit)

Z těchto čtyř oblastí (za každou oblast zvlášť) byly postupně, v měsíčním intervalu, ve spolupráci s TSMO čtrnáctkrát svezeny hlavní vzorky SKO o hmotnosti v rozmezí 1 000-2 000 kg, ze kterých byl následně náhodným vzorkováním odebrán reprezentativní vzorek o hmotnosti 200 kg. Z lokality „sídlištní zástavba“ byl měsíčně

⁴¹ Jde o provedení rozborů kompostů podle platné metodiky technické normy ČSN 465735 „Průmyslové komposty“, vyhodnotit jejich fyzikálně-chemické vlastnosti a experimentálně ověřit možnost kompostování podsítné frakce směsného komunálního odpadu.

⁴² Takovéto rozdělení taktéž reprezentuje sociální rozdíly i různý životní styl mezi vybranými skupinami obyvatel, což je důležité pro správnou interpretaci celkové produkce i kvality bioodpadu.

na rozdíl od ostatních lokalit vzorek SKO svezem vždy dvakrát (v pondělí a ve čtvrtek). Takovýto model byl zvolen kvůli možné odlišnosti složení SKO v průběhu pracovního týdne a po víkendu, kdy lze očekávat např. zvýšený obsah BRKO. (Bohužel intervaly svozu umožňovaly takto dvakrát analyzovat SKO pouze v lokalitě „sídlíšní zástavba“.) Teprve reprezentativní vzorek byl pečlivě roztříděn podle metodiky Benešové L. a kol. (2003) na 13 jednotlivých látkových frakcí jako je plast, sklo, papír, bioodpad, podsítná frakce (veškeré částice, které propadly sítím o průměru ok 20 mm) a další.⁴³ (Celá metodika analýzy struktury směsného komunálního odpadu je také podrobně rozepsána v závěrečné zprávě z roku 2010 projektu VaV SP/2f1/166/08.⁴⁴)

Takto separované frakce SKO byly jednotlivě analyzovány (určena jejich hmotnost a objem). Následně byly zájmové frakce (tedy kompostovatelný bioodpad a podsítná frakce) za použití zahradního drtiče Bosch – Rapid AXT 2200 jednoduchým způsobem homogenizovány a vloženy do pěti⁴⁵ příslušných zahradních kompostérů kónického tvaru s objemem 720 l zn. CompoStar K700 (vyrábí firma fa. Jelínek – Trading s.r.o.). Přesný popis kompostéru je uveden v příloze č. 3.

Obrázek 5: Rozmístění kompostérů použitých v experimentu



Pozn.: Kompostéry jsou seřazeny zleva: Stará domovní zástavba, sídlíšní zástavba, vesnická zástavba a vilová zástavba. Kompostér vzadu na fotografii je určen pro kompostování podsítné frakce („prosev“).

Kompostéry byly umístěny v areálu biocentra přírodovědecké fakulty UP Olomouc (Šlechtitelů 11), na povrchu půdy tak, aby s ní mohli volně komunikovat.

⁴³ Vzorek byl detailně rozebrán na tyto jednotlivé frakce: bioodpad kompostovatelný, bioodpad nekompostovatelný, boty, elektroodpad, kovy, minerální odpad, nápojový karton, nebezpečný odpad, papír s lepenkou, plasty, plné obaly (s potravinami...) sklo, spalitelný odpad, textil, částice o velikosti 40–20 mm. a částice menší než 20 mm (tzv. podsítná frakce).

⁴⁴ „Struktura komunálního odpadu v závislosti na době a místu vzniku v pohledu další využitelnosti obsažených komponent.“

⁴⁵ Čtyři kompostéry byly určeny pro čtyři typy zástavby (v pořadí stará domovní, sídlíšní, vesnická a vilková zástavba), pátý kompostér byl určen pro podsítnou frakci.

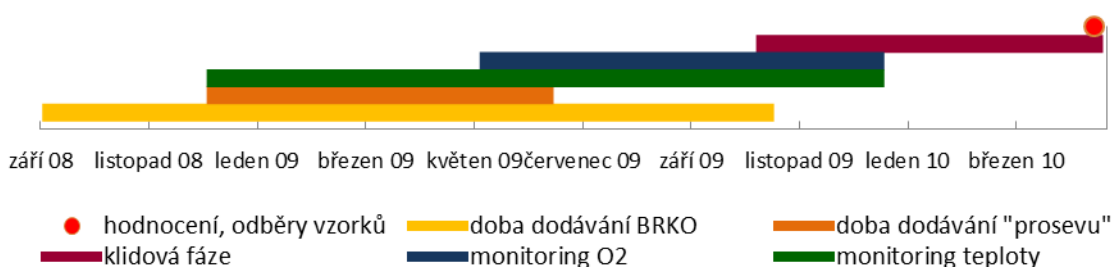
Po vložení BRKO a podsítné frakce do jednotlivých kompostérů již nebylo do kompostovacího procesu zasahováno tak, aby mohlo být co nejlépe simulováno chování běžného uživatele (toto chování bylo předem ověřováno dotazníkovým průzkumem, jež je součástí projektu VaV MŽP: SP/2f1/166/08).

Jednotlivé vzorky BRKO byly do kompostérů dodávány od 15. září 2008 do 15. října 2009. Celkem tedy 14× bylo do kompostérů postupně vloženo BRKO ze staré domovní zástavby, z vesnické a z vilkové zástavby. Jak už bylo řečeno, v sídlištní zástavbě probíhal svoz dvakrát měsíčně, proto byl počet vložených vzorků BRKO do příslušného kompostéru dvojnásobný.

Podsítná frakce byla do kompostéru dodávána až od 15. 12. 2008 do 25. 6. 2009. Pozdější počátek dodávání podsítné frakce je odůvodněn tím, že v původním designu celého projektu kompostování podsítné frakce zařazeno nebylo. (Kompostování podsítné frakce bylo do projektu zařazeno až na žádost oponentů MŽP při prvním kontrolním dni.) Monitoring teploty a obsahu O_2 v „prosevu“ probíhal až do 27. 10. 2009, kdy byl pro jeho dlouhodobou neměnnost ukončen. Po ukončení monitoringu následovala klidová fáze, která zaručovala zkompostování (dozrání) i posledních vzorků „prosevu“ dodaných do kompostérů.

Vzorky prosevu i jednotlivých kompostů pro fyzikálně-chemické analýzy byly odebrány dne 21. 4. 2010, kdy byl celý proces kompostování zakončen rozebráním kompostérů a provedením objemových a hmotnostních analýz. (Časový harmonogram celé této části experimentu je graficky znázorněn na obr. č. 6.)

Obrázek 6: Časová osa experimentu (samotného kompostování).



Po uzavření kompostovacího procesu a základních fyzikálních analýz (které byly předmětem předešlé bakalářské práce⁴⁶), následovala řada fyzikálně – chemických analýz, podle ČSN 465735, jejichž kompletní metodiky jsou popsány v následujících podkapitolách.

⁴⁶ Viz Javůrek (2010).

4.2 MATERIÁL A METODY PRVNÍHO CÍLE

Zde je podrobně popsán použitý materiál a technické vybavení, společně s metodikami pro samotný odběr vzorku (jak laboratorního, tak vzorku pro stanovení homogenity celku), obsahu nerozpojitelných a nerozložitelných příměsí, vlhkosti, spalitelných látek, hodnoty pH, celkovému obsahu N a P, poměru C : N a obsahu těžkých kovů ve čtyřech výše popsaných kompostech. Celá metodika vychází z ČSN 465735 (1991) „Průmyslové komposty“.

4.2.1 Použitý materiál a technické vybavení

Jednotlivé zkompostované vzorky BRKO, které byly sekundárně separovány ze SKO, tvořily výchozí materiál, který byl postupně podrobován fyzikálně-chemickým analýzám za použití tohoto technického vybavení: (požadavky na technické vybavení je určeno normou ČSN 465735 (1991))

1. Pro odběr dílčích vzorků z kompostu (jak laboratorního vzorku, tak vzorku pro určení homogenity celku) bylo použito:

- Odběrové zařízení zhotovené ze PP trubice Ø 65 mm se zuby pro lepší průnik odebíraným vzorkem, opatřené gumovou zátkou.
- Plastové lopatky Fiskars pro vyndávání vzorků z odběrového zařízení, kvartaci a homogenizaci odebraných vzorků.
- Plastové nádoby (50 l) pro homogenizaci a kvartaci vzorků.
- PE uzavíratelné sáčky (velikost A4) pro odběr a uchování laboratorních vzorků.
- Váhy průmyslové mechanické výrobce Transporta Úpice, váživost do 100 kg (s přesností 100 g), na orientační vážení vzorků pro stanovení homogenity celku.

2. Pro úpravu laboratorního vzorku a stanovení nerozpojitelných a nerozložitelných příměsí bylo použito:

- Váhy laboratorní digitální přesné série GX – 1000 (firma A&D) pro vážení odebraných laboratorních vzorků.
- Čtvercový kalibr zhotovený z pevné plastové podložky s délkou strany otvoru 50 mm pro ověření velikosti nerozpojitelných částic. (Maximální poloměr zaoblení rohů čtverce je 5 mm.) (Viz ČSN 465735)

- Plastové síto s otvory o průměru ok 10 mm.
- Plastové síto s otvory o průměru ok 5 mm.
- Filtrační papír jako podložka na prosívaný substrát.

3. Pro stanovení vlhkosti bylo použito:

- Váhy laboratorní digitální přesné série GX – 1000 (firma A&D) pro vážení vzorku před a po sušení.
- Laboratorní sušička SANYO.

4. Pro stanovení spalitelných látek bylo použito:

- Váhy laboratorní digitální přesné série GX – 1000 (firma A&D) pro vážení vzorku před a po spálení.
- Plastové síto s otvory o průměru ok 0,5 mm.
- Laboratorní sušička SANYO.
- Exsikátor.
- Porcelánový miska o objemu 10ml.
- Laboratorní elektrická muflová pec LAC.

5. Pro stanovení hodnoty pH bylo použito:

- Váhy laboratorní digitální přesné série GX – 1000 (firma A&D) pro vážení upraveného vzorku.
- Digitální potenciometrický pH-metr Insa, MPH 44LN (zkalibrovaný).
- Laboratorní rotační třepačka LT2.
- Plastové uzavíratelné vzorkovnice 100 ml.
- Skleněná kádinky 100 ml.
- Destilovaná voda (H₂O).
- Tlumivé roztoky s hodnotou pH 5,5 až 9,0.

6. Pro stanovení celkového dusíku bylo použito:

- Váhy laboratorní digitální přesné série GX – 1000 (firma A&D) pro vážení upraveného vzorku a použitých chemikálií.
- Kjeldhalizační destilační souprava KJELTEC SYSTÉM 1002 DISTILLING UNIT spolu s mineralizačními trubicemi.
- Laboratorní mineralizační zařízení DIGESTION SYSTÉM 1007 DIGESTER pro mineralizační trubice.

- Titrační aparatura.
- Kyselina fenolsírová (100 ml koncentrované kyseliny sírové a 4 g čistého fenolu).
- Kyselina sírová $c(^{1/2} \text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2 \text{ mol. l}^{-1}$
- Kyselina chlorovodíková $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol. l}^{-1}$
- Hydroxid sodný 40% roztok a odměrný roztok $c(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ mol. l}^{-1}$
- Zinek práškový a granulovaný.
- Katalyzátor (vlastní příprava ze 100g síranu sodného bezvodého, 0,5 g práškového selenu a 5 g síranu měďnatého krystalického).
- Indikátor Taschiro.

7. Pro stanovení těžkých kovů v upraveném vzorku (a pro jeho úpravu) bylo použito:

- Vybavení stanovené v bodě 1.
- Váhy laboratorní digitální přesné série GX – 1000 (firma A&D) pro vážení upraveného, volně vysušeného vzorku.
- Mineralizační přístroj Plazmatronika – Wrocław BM-1S s teflonovými mineralizačními kyvetami.
- Plamenný atomový absorpční spektrofotometr AvantaΣ (dále jen AAS).
- Filtrační papír pro volné sušení při laboratorní teplotě.
- Třecí porcelánová miska.
- Plastové síto s otvory o průměru ok 0,5 mm.
- Filtrační aparatura.
- Skleněné kádinky 150 ml.
- Zkumavky PET 50 ml.
- Destilovaná voda (H_2O).
- Kyselina dusičná koncentrovaná (HNO_3).
- Kyselina chlorovodíková koncentrovaná (HCl).

4.2.2 Úvod do ČSN 465735 „průmyslové komposty“

Protože „*tato norma platí pro výrobu, zkoušení, dodávání a užívání kompostů vyráběných průmyslovým způsobem a používaných jako organické hnojivo*“, je třeba si hned na začátku ujasnit, že celý tento projekt (experiment) neměl za cíl vyrobit „průmyslový kompost“ z BRKO sekundárně separovaného ze SKO. Hlavním cílem

bylo především simulovat chování běžného občana při klasickém domácím kompostování. Pro objektivní hodnocení a porovnání výsledků experimentu (procesu domácího kompostování) byl zvolen standardní průmyslový kompost, jehož vlastnosti a limity jsou pevně vymezeny v ČSN 465735 „průmyslové komposty“ (1991).

Základní vlastnosti (všeobecné požadavky) průmyslového kompostu jsou popsány ve druhé kapitole této normy. Je zde uvedeno, že „*průmyslový kompost musí být hnědá, šedohnědá až černá homogenní hmota, drobtovitá až hrudkovitá struktury, bez nerozpojitelných částic. Nesmí vykazovat pachy svědčící o přítomnosti nežádoucích látek.*“ Dále jsou zde uvedeny požadavky na použité vstupní suroviny, které po zakončení kompostování nesmí vykazovat charakter cizorodé látky a mnoho dalších požadavků, které charakterizují založení kompostovací hromady a celého průběhu procesu kompostování. Pro provedený experiment je však tato část metodiky pouze orientační, ne však relevantní.

Ve třetí kapitole ČSN jsou dále stanoveny technické požadavky na znaky jakosti průmyslového kompostu (tab. č. 11). Tyto znaky již budou pro experiment závazné a jejich metodika stanovení bude podrobněji rozepsána níže.

Tabulka 11: Limitní požadavky na znaky jakosti kompostu dle ČSN 465735.

Znak jakosti	Hodnota
Nerozložitelné příměsi v %	max. 2,0
Vlhkost v %	min. 40, 0 a max. 65,0 ¹
Spalitelné látky ve vysušeném vzorku v %	min. 25,0
Celkový N přepočtený na vysušený vzorek v %	min. 0,60
Poměr C : N	max. 30
Hodnota pH	od 6,0 od 8,5
Homogenita celku v relativních % ²	± 30

Pozn.: Tabulka převzata a upravena z ČSN 465735 (1991).

¹Přesné určení limitní vlhkosti je prováděno podle grafu v příloze č.4., a to od zjištěné hodnoty spalitelných látek do jejího dvojnásobku.

² Homogenita celku se určuje pouze při podezření na nehomogenitu zakládky nebo při nedodržení technologie.

Dalším kritériem hodnotící průmyslové komposty, je stanovení obsahu cizorodých látek, které nesmí být vyšší, než množství sledovaných látek stanovených v tab. č 12. V ČSN jsou takto vymezeny dvě třídy jakosti kompostu. Pro porovnání experimentu byla zvolena I třída jakosti.

Tabulka 12: Nejvyšší přípustné množství těžkých kovů v kompostech dle ČSN 465735 v [mg/kg].

Sledovaná látka	Limitní hodnoty pro I. třídu jakosti	Limitní hodnoty pro II. Třídu jakosti
As ¹	10	20
Cd	2	4
Cr	100	300
Cu	100	400
Hg ²	1,0	1,5
Mo ¹	5	20
Ni ¹	50	70
Pb	100	300
Zn	300	600

Pozn.: Tabulka převzata a upravena z ČSN 465735 (1991).

¹ Stanovuje se pouze v případech, kdy lze očekávat zvýšené množství vzhledem k použitým surovinám. V této práci se z těchto tří těžkých kovů stanovuje pouze Ni vzhledem k jeho nejpravděpodobnějšímu výskytu v BRKO.

² Rtuť v této práci stanovována nebyla vzhledem k technické náročnosti a vybavenosti pro její stanovení.

4.2.3 Metodika odběru vzorku

Při odběru **laboratorního vzorku** se postupovalo takto: Celkem bylo z každého kompostéru (respektive z každé kompostovací hromady po odstranění korpusu kompostéru) dle ČSN odebráno 5 dílčích vzorků za pomoci upraveného vzorkovače (novodurová trubkou o průměru 10 cm, s vyřezanými zuby pro lepší průnik do kompostu) a plastové zahradní lopatky. První až třetí dílčí vzorek byl odebrán náhodně z vrchní části kompostovací hromady po odstranění nejméně 20 cm svrchní (většinou proschlé) vrstvy. Následující dva dílčí vzorky byly náhodně odebrány ze stran kompostu (směrem dovnitř). Dílčí vzorky, každý o hmotnosti cca 2 kg, byly následně homogenizovány v plastové nádobě o objemu 50 l a metodou postupné kvartace z nich byl připraven jeden laboratorní vzorek o objemu cca 1 dm³, který byl vložen do uzavíratelného sáčku (z PE tlustostěnné folie), označeného patřičnými údaji (datum odběru, číslo vzorku, jméno vzorkovače).

Při každém odběru se také vizuálně posuzovala struktura (drobtovitá až hrudkovitá viz příloha č. 5) a barva kompostu (hnědá, šedohnědá až černá). Také se při (i před) samotným odběrem posuzovala přítomnost nerozpojitelných částic

(tzv. kalibrem).⁴⁷ Všechny částice, u kterých se nepodařilo najít polohu pro prostrčení kalibrem nebo jejich nejdelší část byla delší než 5 cm, se považovaly za nerozpojitelné.⁴⁸

Při odběru **vzorku pro stanovení homogenity celku** se postupovalo stejným způsobem jako při odběru laboratorního vzorku. Homogenita celku se určila vzájemným srovnáním hodnot výsledků rozboru laboratorního vzorku a výsledků rozboru vzorku pro stanovení homogenity. Porovnávaly se hodnoty vlhkosti, spalitelných látek a pH. Tyto výsledky se mohly lišit maximálně o 30 % relativních.

4.2.4 Metodika úpravy vzorku

Princip úpravy laboratorního vzorku spočívá v jeho postupném drcení, přesívání, odstraňování a vážení nerozložitelných příměsí.⁴⁹

Celý odebraný laboratorní vzorek se zvážil s přesností na $\pm 0,1$ g a prošel se (protlačil se) sítem z plastu s velikostí ok 10 mm,⁵⁰ přičemž se vybraly všechny nerozložitelné příměsi, které se sítem nepodařilo protlačit a nešlo je ani rozdrtit tlakem ruky nebo rozstříhat,⁵¹ a zvážily se s přesností na $\pm 0,1$ g. Vzorek, který prošel sítem, byl promíchán a metodou kvartace z něj bylo odděleno asi 300 g, které se zvážily s přesností na $\pm 0,1$ g. Poté se takto upravený vzorek znovu prošel (protlačil) sítem s velikostí ok 5 mm. Ze vzorku se tak vybraly nerozložitelné příměsi větší než 0,5 cm a zvážily se s přesností na $\pm 0,1$ g. Poté se vzorek uložil v dobře uzavíratelné vzorkovnici pro další analýzy.

⁴⁷ Ačkoli určení barvy, struktury i nerozpojitelných částic, je dle metodiky ČSN 465735 řazeno až do kapitoly zkoušení (tedy k metodice úpravy vzorku), jsou tyto zkoušky z chronologického hlediska nutné provést již při odběru, proto jsou popsány zde.

⁴⁸ Nerozpojitelné částice nelze rozdrtit tlakem ruky a můžou bránit bezproblémovému provozu aplikační techniky. Jde tedy o všechny látky, které se procesem mineralizace či humifikace nestihli nebo nemohli rozložit na částice menší než 5 cm (především kusy dřev a jiné nerozložené látky, nebo přímo různé nerozložitelné příměsi).

⁴⁹ Nerozložitelnými příměsemi jsou myšleny všechny látky neschopné rozkladu při procesu mineralizace či humifikace (zejména kameny, stavební odpad, kovové předměty, plasty a sklo). Nerozložitelné příměsi v praxi můžou tvořit značnou část nerozpojitelných částic.

⁵⁰ V ideálním případě by měly být otvory v síti kruhové o průměru 10 mm. (V našem případě jsme zvolili klasické čtvercové síto.) Tentýž případ nastal při přesívání vzorku sítem s velikostí ok 5 mm.

⁵¹ Rozstříhatelné, ale evidentně nerozložitelné příměsi, jako jsou různé kousky plastových fólií a igelity jsme automaticky postoupili k druhému přesívání a vážení, neboť přesné naložení s nimi není v metodice ČSN 465735 popsáno. (Respektive i při druhém přesívání je v metodice zahrnuta podmínka „...které nelze rozdrtit rukou nebo rozstříhat...“. Tato podmínka se však týká pouze rozložitelných látek, jako je např. karton.)

Po úpravě všech 5 laboratorních vzorků se provedly výpočty nerozložitelných příměsí v kompostu.

Hmotnostní zlomek nerozložitelných příměsí v % byl vypočítán podle vzorce:

$$W_1 = \frac{m_1 \times 100}{m} + \frac{m_3 \times 100}{m_2}$$

- kde W_1 jsou nerozložitelné příměsí v %.
- m je hmotnost celého vzorku v g.
- m_1 je hmotnost vybraných nerozložitelných příměsí při první úpravě vzorku přes síto s velikostí ok 10 mm v g.
- m_2 je přesná hmotnost oddělené části vzorku kvartací v g.
- m_3 je hmotnost vybraných nerozložitelných příměsí při první úpravě vzorku přes síto s velikostí ok 5 mm v g.

4.2.5 Metodika stanovení vlhkosti

Vlhkost se stanoví sušením vzorku v laboratorní sušičce.

Ze vzorkovnic se vzorky se postupně navážilo vždy 20 g s přesností na $\pm 0,05$ g do předem označených, vysušených a zvážených porcelánových kelímků. Poté se vzorky sušily v laboratorní sušičce při teplotě 105°C do konstantní hmotnosti (v našem případě 48 hodin).⁵² Po vychladnutí vzorků v exsikátoru se zvažily s přesností na $\pm 0,05$ g.

Hmotnostní zlomek vlhkosti v % byl vypočítán podle vzorce:

$$W_2 = \frac{(m_4 - m_5) \times 100}{m_4}$$

- kde W_2 je vlhkost vzorku v %.
- m_4 je hmotnost vzorku před sušením v g.
- m_5 je hmotnost vzorku po sušení v g.

⁵² Jeden den na vysušení vzorku nestačil (experimentálně ověřeno: celkem byl pokusný vzorek sušen tři dny po sobě, po každých 24 hodinách byl zvážen a vrácen zpět. Až druhé a třetí vážení se shodovalo).

4.2.6 Metodika stanovení spalitelných látek

Vysušený vzorek se upraví drcením, spálí a vyžihá.

Jednotlivé vzorky, u kterých se stanovovala vlhkost sušením, se podrtily tak, aby bezezbytku prošly drátěným sítím s délkou stany oka 0,5 mm. Takto upravené vzorky se znovu řádně vysušily v laboratorní sušičce při teplotě 105°C (cca 30 min.). Po vychladnutí v exsikátoru se navážily z každého vzorku do předem označeného, vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku 5 g s přesností na $\pm 0,0002$ g. Vzorky se nechaly pozvolna spálit a následně vyžít v elektrické muflové peci při teplotě 550°C do konstantní hmotnosti (v našem případě se vzorky žihaly 6 hodin). Po vychladnutí v exsikátoru se vzorky zvažily s přesností na $\pm 0,0002$ g.

Hmotnostní zlomek spalitelných látek v % byl vypočítán podle vzorce:

$$W_3 = \frac{(m_6 - m_7) \times 100}{m_6}$$

kde W_3 jsou spalitelné látky ve vzorku v %
 m_6 je hmotnost vzorku před žiháním v g.
 m_7 je hmotnost vzorku po žihání v g.

4.2.7 Metodika stanovení pH

Hodnota pH se stanoví potenciometricky za použití skleněné elektrody ve vodní suspenzi vzorku.

Do plastové, uzavíratelné vzorkovnice se navážilo 10 g upraveného vzorku s přesností na $\pm 0,05$ g. Vzorek se přelil destilovanou vodou (50 ml) a na cca 10 minut se uzavřená vzorkovnice se vzorkem vložila do laboratorní třepačky. Po ukončení mechanického promíchávání se kalibroval pH metr pomocí tlumivých roztoků (viz návod výrobce pH metru) a změřila se hodnota pH ve vzorcích. Mezi každým měřením se skleněná elektroda pečlivě opláchla v kádince s destilovanou vodou a pH metr se znovu kalibroval. Měření pH se provedlo (společně se stanovením vlhkosti) v krátkém čase po odběru samotného vzorku.

4.2.8 Metodika stanovení celkového dusíku a fosforu

Dusík (v různých formách) se musí převést na amoniak, který se po destilaci stanoví titračně.

Po přípravě všech nezbytných chemikálií (viz čl. 4.2.1) se do mineralizačních trubic na 250 ml⁵³ navážilo s přesností na $\pm 0,0002\text{g}$ od 0,5 do 1 g⁵⁴ upraveného vzorku (jen přesátého, nevysušeného). Za promíchávání se přidá 30 ml kyseliny fenolsírové. Směs se nechá vychladnout a poté se přidají 2 g práškového zinku. Zhruba po jedné hodině stání v klidu se přidá 10 g katalyzátoru. Směs se následně začne velmi pomalu zahřívát až na 425 °C, dokud se roztok nevyčechá. (Metodika pomalého zahřívání v ČSN není přesně určena, navíc je spíše určena pro zahřívání nad plynovým kahanem, který ovšem již není ve vybavení laboratoře KEŽP. Proto je zde uveden přesný postup, kterého jsem se při mineralizaci vzorků držel.) Pro pomalé zahřívání bylo využito laboratorní mineralizační zařízení „Digestion systém 1007 Digester“, u kterého je možné naprogramovat proces mineralizace (postup zahřívání). Přístroj je konstruován jako velké topné těleso s přesnými otvory pro mineralizační trubice, které je schopné mineralizovat až 25 vzorků najednou. Po předběžných testech byl naprogramován takto:⁵⁵

Po spuštění programu se z laboratorní teploty (24°C) vzorky zahřály na 150 °C. Následovalo 30 minut udržování této teploty. Po tomto čase následovalo zahřátí na 200 °C s 15 minutovým udržováním této teploty a po ní náběh na 300 °C. Teplotu 300 °C už stačilo udržovat pouze 10 minut, poté se vzorky opět začaly zahřívát na 400 °C. (Při této teplotě se uvolňuje největší množství dýmu a kyselých par.) Na této teplotě bylo setrváno 15 minut a poté teplota ještě stoupla až na 425 °C. přístroj se po 15 minutách setrvání na této teplotě automaticky vypnul. Během celého procesu mineralizace bylo nutné mít spuštěnou digestoř a přímé odsávání kyselých par z mineralizačních trubic přes vývěvu do alkalického roztoku (NOH) pro jejich neutralizaci.

⁵³ Podle metodiky ČSN by objem mineralizačních trubic měl být 500 ml, bohužel tak velké baňky v laboratoři nebyly dostupné.

⁵⁴ Podle metodiky ČSN by měl mít vzorek hmotnost od 3 do 5 g, ale podle vlastních zkušeností i díky menšímu objemu mineralizačních trubic, byla zvolena i takto malá hmotnost analyzovaného vzorku. (Při větších navážkách vzorek v procesu mineralizace přetékal.)

⁵⁵ Správné naprogramování (nastavení) času a teploty bylo velice důležité. Nalézt správnou kombinaci teploty a časového zdržení na této teplotě bylo především časově náročné, ale pro správné provedení mineralizace nezbytné. Vzhledem k tomu, že se takto vzorky kompostů v laboratoři mineralizovaly poprvé (zkušenosti existovaly pouze s mineralizací půdy), bylo před stanovením použitelného postupu nutné provést řadu předběžných testů. Až podle nich se mohlo určit, jak rychle a jak moc lze vzorek zahřát, aby nevypěnil, nebo nepřetekl. Tuto část metodiky proto považuji za velmi přínosnou pro celou práci.

Po tomto procesu mineralizace, byly mineralizační trubice se vzorky i se slepým vzorkem, tzv. blankem⁵⁶ postupně vkládány do destilačního přístroje KJELTEC SYSTÉM 1002 DISTILLING UNIT. S pomocí tohoto přístroje bylo z každého vzorku vydestilováno (40% roztokem NaOH) asi 150 ml roztoku (který obsahoval všechn amoniak⁵⁷) do Erlenmayerovy baňky s Taschiro indikátorem.

Erlenmayerova baňka se 150 ml roztoku (s Taschiro indikátorem) se ještě doplnila destilovanou vodou tak, aby celkový objem v baňce byl 200 ml. Následně se titrovalo 0,1 M HCl, až do přechodu barvy indikátoru ze zelené na fialovou.

Původní vzorec, uvedený v ČSN pro výpočet hmotnostního zlomku celkového dusíku ve vzorku, bylo nutno mírně upravit, z důvodu použití jiného postupu mineralizace vzorků a jiného standardu (močoviny). Výsledná podoba vzorce, se kterým bylo počítáno je:

$$W_4 = \frac{(V_1 - V_2) \times k_1 \times 100}{(m_8 \times (k_2 - V_3))}$$

- kde W_4 je hmotnost celkového dusíku (N), přepočteného na vysušený vzorek v %.
- m_8 je přesná hmotnost vzorku v g.
- V_1 je spotřeba odměrného roztoku HCl o přesné koncentraci 0,1 mol.l⁻¹ při titraci vzorku v ml.
- V_2 je spotřeba odměrného roztoku HCl o přesné koncentraci 0,1 mol.l⁻¹ při titraci blanku v ml.
- k_1 je konstanta 0,0602 stanovená výpočtem celkového obsahu N v 0,129 g močoviny (CH₄N₂O) v g⁵⁸
- k_2 je konstanta 25,2 určená spotřebou odměrného roztoku HCl o přesné koncentraci 0,1 mol.l⁻¹ při titraci 0,129 g močoviny v ml.

⁵⁶ Blankem byla v tomto případě mineralizační trubice, naplněna pouze kyselinou fenolsírovou, zinkem a katalyzátorem (bez vzorku). Blank při závěrečné titraci pomohl určit chybu měření.

⁵⁷ Pokusně bylo ověřeno, že by stačilo predestilovat pouze 100 ml, které již obsahují všechn amoniak, pro jistotu se však destilace zastavila až při získání 150 ml destilátu.

⁵⁸ Hmotnost močoviny (0,129 g) byla určena tak, aby obsahovala přibližně 60 mg N, přesněji tedy 60,1785 mg N, které jsme zaokrouhlili na 60,2 mg N, což je 46,65% hm. N, který močovina obsahuje.

Následný výpočet poměru C : N byl u jednotlivých vzorků proveden přesně podle vzorce uvedeného v metodice ČSN:

$$C : N = \frac{W_3}{W_4 \times 2}$$

kde C : N je poměr vyjadřující celkový obsah uhlíku a dusíku. Optimální poměr je mezi 20 a 30 C:N. (Vyšší poměr značí vyšší obsah uhlíku.)

W_3 jsou spalitelné látky ve vzorku v %.

W_4 je hmotnost celkového dusíku (N), přepočteného na vysušený vzorek v %.

Stanovení celkového obsahu P bylo pro nedostupnost chemikálií a technického vybavení zadáno akreditované zkušební laboratoři LITOLAB v Chudobíně. Fosfor byl stanoven metodou ICP – OES. Protokoly o provedené zkoušce jsou v příloze č. 6.

4.2.9 Metodika stanovení těžkých kovů

V mineralizátu⁵⁹ upraveného, volně vysušeného vzorku se stanovilo plamenovou technikou atomové absorpční spektrometrie (AAS) kadmium, chrom, měď, nikl, olovo a zinek.

Pro stanovení sledovaných látek (tedy těžkých kovů) bylo nejprve nutné, dle metodiky ČSN 465735, kvartací oddělený laboratorní vzorek o hmotnosti cca 100 g (upravený dle čl. 4.2.4) volně vysušit při laboratorní teplotě (po dobu nejméně 48 hodin) na plastové fólii. Takto vysušené vzorky se následně rozmělnily v pečlivě vymytých porcelánových třecích miskách (zaručujících, že nedojde ke kontaminaci vzorků sledovanými látkami)⁶⁰ tak, aby bezezbytku prošly sítím s velikostí ok 0,5 mm. Dále se pracovalo pouze s takto upraveným laboratorním vzorkem, který byl uchováván v dobře uzavřené plastové vzorkovnici.

Metodika ČSN dále požaduje před samotnou analýzou těžkých kovů stanovit vlhkost volně vysušeného, upraveného vzorku pro stanovení těžkých kovů. Postupovalo se tedy takto:

⁵⁹ Mineralizátem se rozumí roztok mineralizačních kyselin (směs kyseliny dusičné a chlorovodíkové v poměru 7:20) s rozpuštěným (zmineralizovaným) vzorkem.

⁶⁰ Norma ČSN vyžaduje použít achátový mlýnek nebo jiné zařízení (v našem případě tedy naprosto čisté třecí misky), zaručující, že nedojde ke kontaminaci vzorku sledovanými látkami.

Vzorek 10 g s přesností na $\pm 0,005$ g se navážil do předem označené a vysušené porcelánové misky a sušili ho do konstantní hmotnosti v laboratorní sušičce při teplotě $105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po vychladnutí v exsikátoru jsme vzorek opět zvážili a odečetli od něho hmotnost porcelánové misky. Vzorek použitý pro určení vlhkosti se již k dalším rozborům nepoužívá. Hmotnostní zlomek vlhkosti volně vysušeného a upraveného vzorku pro stanovení těžkých kovů v % byl vypočítán podle vzorce:

$$W_5 = \frac{(m_9 - m_{10}) \times 100}{m_9}$$

kde W_5 je vlhkost volně vysušeného a upraveného vzorku pro stanovení těžkých kovů v %.

m_4 je hmotnost vzorku před sušením v g.

m_5 je hmotnost vzorku po sušení v g.

Samotnému stanovení těžkých kovů také předcházela jejich mineralizace. Do mineralizačních teflonových kelímků se vložily volně vysušené a upravené vzorky kompostů a půd,⁶¹ každý o hmotnosti 0,1 g s přesností na $\pm 0,005$ g. Po navážení vzorků se do teflonových kelímků napipetovalo 1,75 ml koncentrované kyseliny dusičné a 5 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové.⁶² (Veškerá manipulace s kyselinami byla prováděna v digestoři.) Po promíchání obou kyselin a vzorku byly teflonové kelímky řádně uzavřeny a vloženy do mikrovlnných mineralizačních hnízd přístroje Plazmatronika - Wrocław BM-1S. Následně byl spuštěn standardní program 10 minutové mikrovlnné mineralizace (na 100%) s 10 minutovým chlazením. Následně jsem vzorky přelil do 50 ml odměrných baněk, kde byly doplněny destilovanou vodou (bylo-li třeba, vzorek byl zfiltrován⁶³) a takto upravený naředěný vzorek jsme uložili do 50 ml PET zkumavek.

Samotné stanovení a vyhodnocení těžkých kovů ve vzorcích proběhlo automaticky po spuštění programu AAS. Pro zvýšení přesnosti a vyloučení rizik

⁶¹ Půd odebraných zpod kompostů a mimo komposty (kvůli zjištění případné vyluhovatelnosti těžkých kovů z kompostů do půd pod nimi).

⁶² Poměr těchto kyselin vychází opět z normy ČSN 465735, avšak je objemově upraven pro podmínky mikrovlnné mineralizace. Původní objemy uvedené v normě jsou: 7 ml koncentrované kyseliny dusičné a 20 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové. Navážka vzorku by dle normy měla být 2 g. Všechny provedené úpravy byly provedeny především z kapacitních důvodů teflonových mineralizačních kelímků (metodika mineralizace vzorku dle ČSN počítá s jeho vařením v mineralizační kyvetě).

⁶³ Filtraci vyžadovaly některé vzorky půdy, které obsahovaly velké množství křemitých částí.

špatného měření byla celá mineralizace i následná analýza obsahu těžkých kovů na AAS provedena dvakrát.

Tato část metodiky se od ČSN 465735 liší především v mineralizaci vzorku (viz poznámka pod čarou č. 62). Určení obsahů těžkých kovů proběhlo standardně, ve shodě s metodikou ČSN a návodem výrobce spektrometru.

Výsledek obsahu těžkých kovů na 1 kg sušiny provedl počítačový program automaticky podle vzorce metodiky ČSN 465735:

$$W_6 = \frac{C_1 \times 1000}{m_{11} \times (100 - W_5)}$$

- kde
- W_6 je stanovení těžkých kovů v mg/kg.
 - C_1 je koncentrace stanovovaného prvku v mineralizátu vzorku zjištěná z kalibrační křivky v mg/l.
 - m_{11} je hmotnost naváženého vzorku k mineralizaci v g.
 - W_5 je vlhkost volně vysušeného a upraveného vzorku pro stanovení těžkých kovů v %.

4.3 METODIKA A MATERIÁLY DRUHÉHO CÍLE

Pro řešení cíle experimentálně ověřit navrhovanou hypotézu o možnosti kompostování podsítné frakce SKO, jeho rizika a možnosti dalšího využití takto získaného substrátu, byly použity materiály a sestavena metodika z metodiky předešlé bakalářské práce⁶⁴ a z metodiky uvedené v podkapitole 4.1 a 4.2 (na tyto části metodiky se bude pouze odkazovat).

Celá metodika tohoto druhého cíle začíná samotným kompostováním podsítné frakce a jeho monitoringem (konkrétně monitoringem teploty a obsahu O_2) tak, jak je znázorněno na obr. č. 6 a popsáno v podkapitole 4.1. Následné hmotnostní a objemové analýzy (stejně jako celý monitoring procesu kompostování) byly provedeny podle metodiky popsané v práci Javůrka (2010) v čl. 3.2.3. Všechny další metodiky

⁶⁴ Javůrek (2010), podkapitola 3.2, strana 4-11.

provedených fyzikálních a chemických analýz podsítné frakce jsou identické s podkapitolou 4.2 této práce.

4.3.1 Použitý materiál a technické vybavení

Tak jako samotná metodika (až na některé malé odlišnosti), je i použitý materiál a technické vybavení naprosto identický s materiálem a vybavením uvedeným ve čl. 4.2.1 této práce a ve čl. 3.2.2 práce Javůrka (2010). Pro přehlednost zde uvádím materiál a vybavení, vybraného z tohoto čl.:

Pro monitoring kompostovacího procesu v prosevu bylo využito:

- Digitálního teploměru GKF 125 (firma GREISINGER s rozpětím -65 až +200 °C) s velmi rychlou odezvou pro měření aktuální a teploty probíhajícího procesu.
- Přenosného monitoru kyslíku ASIN O2, s vpichovací sondou pro měření obsahu O₂ v kompostu.

Pro analýzy změn (hmotnostní a objemové) kompostováním prosevu bylo využito:

- Plastové lopaty pro přendávání vzorků prosevu z kompostéru do pytlů.
- Plastové nádoby (50 l) pro manipulaci s prosemem.
- Plastové pytle silnostěnné (160 l) pro odběr a vážení kompostu.
- Váhy průmyslové mechanické výrobce Transporta Úpice, váživost do 100 kg (s přesností 100g), pro váhovou analýzu vyprodukovaného kompostu.
- Svinovací cejchovaný metr pro změření výšky vrstvy prosevu v kompostéru (k vypočítání objemu prosevu po zkompostování).

(Všechny zbylý materiál a technické vybavení použité pro dosažení tohoto cíle je již popsán v čl. 4.2.1 této práce.)

4.3.2 Metodika celkové analýzy podsítné frakce SKO

Jak již vyplývá ze začátku této podkapitoly, pro dosažení druhého cíle této práce bylo nutné sestavit, respektive převzít metodiku, podle které bylo postupováno při plnění

záměru práce Javůrka (2010),⁶⁵ a také se držet metodiky (popsané v podkapitole 4.2), podle které bylo v této práci postupováno při plnění hlavního cíle (tedy provést a vyhodnotit fyzikálně-chemické analýzy kompostů získaných kompostováním sekundárně separovaného BRKO).

Samotná podsítná frakce SKO se do kompostérů začala ukládat až od 15. 12. 2008.⁶⁶ Po 7 měsících (respektive po vložení 33 vzorků podsítné frakce) se dne 25. 6. 2009 ukončilo vkládání podsítné frakce z kapacitních důvodů samotného kompostéru (k tomuto dni byl kompostér zcela zaplněný a jeho objem tak činil rovných 720 l)⁶⁷. V období od 17. 12. 2008 do 27. 10. 2009 bylo v podsítné frakci prováděno měření teploty (v hloubce cca 30 cm od povrchu). Za toto období bylo provedeno celkem 44 měření (v cca týdenním intervalu). Zároveň probíhalo také měření venkovní teploty v blízkosti kompostéru pro vzájemné porovnání a určení možné korelace těchto teplot. Monitoring O₂ probíhal kratší dobu, konkrétně od 4. 6. 2009 do 27. 10. 2009, kdy bylo provedeno 23 měření (zkalibrovaným⁶⁸ přenosným monitorem kyslíku zn. ASIN O₂, se vpichovací sondou), vždy v hloubce 10, 20, 30 a 40 cm od povrchu (celkem tedy 92 měření). (Časová osa veškerého měření je také znázorněna na obrázku č. 6.) Po ukončení monitoringu teploty a obsahu O₂ v podsítné frakci byly tyto hodnoty statisticky vyhodnoceny a navzájem porovnány. Vzájemné porovnávání bylo graficky zpracováno v nástroji Excel produktu Microsoft Office 2010. (Javůrek 2010)

V téže práci jsou také popsány části metodiky hmotnostní a objemové analýzy BRKO před a po kompostování, které byly aplikovány na podsítnou frakci. Před vložením každého vzorku prosevu do kompostéru byly průběžně zaznamenávány jejich hmotnosti a objemy. Po ukončení celého komponovacího procesu (tedy po vložení posledního vzorku podsítné frakce do kompostéru a proběhnutí klidové fáze) jsme opět zaznamenali výsledný, celkový objem a hmotnost (za pomoci tlustostěnných igelitových pytlů, lopaty a průmyslových vah). Následně byly vypočítány hmotnostní a objemové

⁶⁵ Jedná se o cíl ověření efektivnosti kompostování biodegradabilního komunálního odpadu v malých domácích kompostérech po fyzikální stránce (hodnotili se především hmotnostní a objemové změny).

⁶⁶ Ostatní separovaný BRKO se začal kompostovat již od 15. 9. 2008, jak je uvedeno v podkapitole 4.1.

⁶⁷ Po ukončení vkládání jednotlivých vzorků prosevu do kompostéru následovala ještě tzv. klidová fáze, která měla zaručit zdržení i toho posledního vloženého vzorku prosevu v kompostéru cca 9 měsíců. Objemové a hmotnostní analýzy a odběr vzorků pro fyzikálně chemické analýzy tedy proběhly až 21. 4. 2010.

⁶⁸ Kalibrace spočívala v naměření obsahu O₂ ve vzduchu a poté v případě naměření odlišné hodnoty od 21,0 % O₂ byl přístroj nastaven právě na tuto výchozí hodnotu. Tato kalibrace proběhla vždy na začátku každého měření.

změny prosevu při procesu 9 až 16 měsíčního kompostování prosevu.⁶⁹ (Zároveň s vypočítáním objemu a hmotnosti proběhl odběr vzorků pro fyzikálně-chemické analýzy. Všechny odebrané vzorky však byly nejprve započítány do celkové hmotnosti a objemu zkompostovaného prosevu.)

Všechny ostatní fyzikálně-chemické analýzy proběhly stejně, jako u fyzikálně-chemických analýz vzorků kompostů. Metodicky jsme tedy dále postupovali podle čl. 4.2.2 až čl. 4.2.9 této práce.

Jedinou odlišností, která byla provedena „navíc“ oproti analýzám kompostů byl detailní hmotnostní rozbor deseti náhodně odebraných vzorků zkompostované podsítné frakce.⁷⁰ Postupováno bylo takto:

Každý vzorek o hmotnosti 500 g s přesností na $\pm 0,5$ g byl přesátý přes síto s velikostí ok 0,5 cm. Veškerý materiál, který zůstal neprosetý, jsme následně pečlivě roztřídili do osmi skupin. První skupina obsahovala všechnen nebezpečný odpad, tedy především monočlánky a jehly od injekčních stříkaček. Druhá a třetí skupina obsahovala spalitelný materiál (nedopalky od cigaret). Do čtvrté skupiny byly dávány plasty. Pátá skupina obsahovala sklo (ke sklu byl počítán i porcelán a drobný minerální odpad) a šestá skupina obsahovala kovy. Do sedmé a osmé skupiny byly zařazeny kompostovatelné části velikosti od 0,5 do 1 cm a nad 1 cm (do této skupiny byl počítán i papír). Materiál, který zůstal pod sítím (tedy vše o velikosti 0,5 cm a méně) byl počítán do deváté skupiny jako netříditelná směs.

Po určení hmotností všech skupin ve všech vzorcích bylo provedeno statistické vyhodnocení získaných údajů o hmotnostním složení podsítné frakce. Tyto údaje byli následně graficky zpracovány.

⁶⁹ Toto rozmezí je způsobeno tím, že první vzorek prosevu byl do kompostéru vložen 15. 12. 2008, poslední vzorek byl do kompostéru vložen 25. 6. 2009 (7 měsíců) a až po dalších 9 měsících, tedy 21. 4. 2010 byl kompostovací proces prosevu ukončen.

⁷⁰ Z každé strany kompostovací hromady (po odstranění korpusu kompostéru) byly odebrány dva vzorky a dva vzorky byly také odebrány z vrchní části kompostovací hromady.

5 VÝSLEDKY PRÁCE

Kapitola představuje výsledky stanovených cílů, které byly zpracovány podle uvedené metodiky. První podkapitola prezentuje výsledná data z fyzikálně-chemických analýz zkompostovaného biodegradabilního komunálního odpadu s interpretovanými závěry. Ve druhé podkapitole jsou předloženy výsledky a závěry z experimentálního kompostování podsítné frakce.

Na závěr této kapitoly jsou všechny výsledky sumarizovány a uspořádány pro reciproční porovnání vlastností získaných kompostů navzájem společně s podsítnou frakcí.

5.1 VÝSLEDKY PRVNÍHO CÍLE

Výsledky jsou shrnuty vždy jako posouzení hodnocených vlastností (tak jak jsou popsány v metodice) jednotlivých kompostů. Výsledky jsou následně interpretovány především ve vztahu k celkové efektivnosti domácího kompostování.

5.1.1 Posuzování kompostů před a při odběru vzorků

Před a při odbírání vzorků kompostů z jednotlivých lokalit (viz podkapitola 4.1) byla vizuálně posouzena struktura a barva u všech kompostů jako vyhovující. Bylo však nutné nejprve odstranit proschlou, nezkompostovanou vrstvu BRKO, která byla na povrchu i po celém obvodu všech kompostovacích hromad. Vůně kompostu, respektive zápach nebyl zaznamenán ani u jednoho kompostu. Také se před a při odbírání jednotlivých vzorků posuzovala přítomnost nerozpojitelných částic. Zde je ovšem nutno konstatovat, že kromě kompostu z 1. lokality (stará domovní zástavba) byly ve všech zbývajících kompostech nerozpojitelné částice nalezeny. Jednalo se především o větší kusy větví a dřeva, které zahradní drtič nebyl schopen řádně podrtit a které se ani po cca 18 měsících kompostování nestihly řádně rozložit. Dle ČSN 465735 (1991) se v průmyslových kompostech nesmí nerozpojitelné částice nacházet (viz čl. 4.2.2). Jsou to tedy první zjištěné nedostatky kompostů⁷¹ z biodegradabilního komunálního odpadu z lokalit č. 2 (sídlíštní zástavba), 3 (vesnická zástavba) a 4 (vilková zástavba).

⁷¹ Získaného způsobem domácího kompostování v kompostéru popsaném v podkapitole 4.1.

5.1.2 Posuzování přítomnosti nerozložitelných částic

Po odebrání (dle čl. 4.2.3) byly vzorky upraveny na laboratorní vzorek (dle čl. 4.2.4), přičemž se u každého vzorku spočítal hmotnostní zlomek nerozložitelných příměsí v %. Výsledky tohoto prvního znaku jakosti (jak je uvedeno v čl. 4.2.2, a tab. 11.) jsou shrnuty v následující tabulce č. 13.

Tabulka 13: Výsledné hodnoty těžko rozložitelných a nerozložitelných příměsí ve vzorcích kompostů.

Kompost z lokality:	Zastoupení nerozložitelných a těžce rozložitelných příměsí v %
1	20,611
2	20,657
3	22,465
4	22,308

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba-

Vypočítané hodnoty jsou však příliš velké, více než desetinásobně překračující povolnou hodnotu (ta je max. 2,0 %). To je způsobeno dvěma fakty:

Metodika ČSN 465735 ve své úvodní části sice definuje nerozložitelné příměši jako „látky, které se při procesu humifikace nemohou měnit“, ale v jejím čl. 5.4.1 se již pouze říká „...přičemž se ze vzorku vyberou nerozložitelné příměši, které nelze rozdrtit rukou nebo rozstříhat...“. Není zde ale uvedeno, jak se má naložit s látkami, které jsou sice rozložitelné, ale dost těžko na to, aby se po simulovaném komponovacím procesu⁷² daly rozdrtit rukou nebo rozstříhat. (Jsou tím myšleny špatně rozložitelné látky, jako jsou skořápky od ořechů, peckovin, dřevnaté části rostlin, zaschlé slupky od citrusových plodů atd.) Tyto „špatně rozložitelné a rozložené“ látky byli nakonec také zařazeny do nerozložitelných příměsí, aby tak bylo lépe poukázáno na problematiku „bezzásahového“ domácího kompostování v komerčně dostupném kompostéru K -700.

Druhým faktem zůstává skutečně velký obsah „opravdu“ nerozložitelných příměsí v kompostech. Pro objektivnější porovnání proto byla tato analýza provedena

⁷² Neměli bychom zapomenout, že je zde experimentálně ověřován proces kompostování BRKO při simulaci chování běžného uživatele. Musíme tedy počítat s tím, že i v odebraných vzorcích se vlivem „neideálního“ zacházení s kompostem, nacházelo velké množství špatně rozložených a proschlých částí BRKO. (popisuje též Javůrek (2010))

ještě jednou (a to konkrétně při úpravách vzorku pro stanovení homogenity celku),⁷³ a bylo počítáno pouze s definovanými nerozložitelnými příměsi. I přes toto opatření se však pod limitní hodnotu 2,0 % hmotnostních, dostal pouze kompost ze separovaného BRKO z venkovské zástavby. Vyšší obsahy nerozložitelných příměsí pak lze přičíst na vrub nedokonalému sekundárnímu třídění, při kterém nebyl BRKO vytríděn zcela „čistě“.⁷⁴ Kompost z lokality venkovská zástavba tak limitu vyhovuje spíše náhodně.

Tyto chyby vzniklé při manuálním třídění BRKO ze SKO však mohou poměrně dobře korelovat s množstvím nerozložitelných příměsí v odděleně separovaném BRKO občany města Olomouce.⁷⁵ Celkovou efektivitu kompostování však nerozložitelné příměsi neovlivňují a lze předpokládat, že se v běžném domácím kompostéru nevyskytují. Zjištěným nedostatkům proto nelze přikládat větší váhu. Výsledná data čistě nerozložitelných příměsí shrnuje tab. č. 14.

Tabulka 14: Výsledné hodnoty nerozložitelných příměsí ve vzorcích kompostů.

Kompost z lokality:	Zastoupení nerozložitelných příměsí v %
1	2,526
2	2,913
3	1,859
4	2,128

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba.

5.1.3 Posuzování vlhkosti kompostů

Vlhkost všech odebraných vzorků byla navzdory většímu množství proschlého nezkompostovaného BRKO v každém z kompostérů (viz výsledky Javůrka (2010)) poměrně vysoká. Kromě kompostu z lokality 2 (sídlištní zástavba), kde vlhkost dosahovala 71,32 % a překročila tak 65% limitní hodnotu, dosahovaly hodnoty vlhkosti ostatních kompostů cca 60 % (tedy vyhovovali stanovenému limitu). Výsledné hodnoty vypočítaných hmotnostních zlomků vlhkosti jsou shrnuty v tab. č. 15.

⁷³ Při hodnocení homogenity celku (porovnávání výsledných hodnot dvou různých laboratorních vzorků ze stejného kompostu) se zastoupení nerozložitelných příměsí dle metodiky ČSN 465735 neprovádí, bylo však nutné vzorek před stanovením vlhkosti, spalitelných látek a pH upravit stejně jako laboratorní. Při této příležitosti byl stanoven obsah pouze nerozložitelných příměsí, jako jsou plasty, kovy, sklo atd.

⁷⁴ Dalo by se tak říci, že je tento ukazatel spíše odrazem (důkazem) neschopnosti třídít bioodpad sekundárně ze SKO bez rizika kontaminace bioodpadu nerozložitelnými příměsemi.

⁷⁵ Podobný výskyt nerozložitelných příměsí v primárně separovaném BRKO do speciálních nádob („kompostejnerů“) občany potvrzuje magistrát města Olomouc, (respektive TSMO). Jedná se především o igelitové sáčky, které jsou chybně odstraňovány tímto způsobem společně s bioodpadem.

Tabulka 15: Hmotnostní zlomky vlhkosti vzorků kompostů z jednotlivých lokalit.

Kompost z lokality:	Vlhkost vzorku v %
1	58,79
2	71,32
3	60,86
4	56,44

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba.

Vyšší až nadměrnou vlhkost všech kompostů lze vysvětlit nepřítomností „překopávky“ kompostu. Nahromaděný a navrstvený kompost (BRKO), zvláště pak při větších hmotnostech (což je právě případ kompostu z lokality č. 2, jehož hmotnost dosahovala 248,5 kg z původně vložených 1 023 kg BRKO) zadržuje mnohem větší množství vody, než kdybychom tyto vrstvy kompostu porušili překopáním. Ve vrstvách s vyšší vlhkostí také hrozí přechod z aerobního na anaerobní prostředí.⁷⁶ (Pro účinné zamezení tohoto jevu, respektive pro navození ideálních vlhkostních podmínek v kompostech je tedy velmi vhodné provést alespoň jedno velké překopání (promíchání) cca 1 až 3 měsíce před jeho aplikací do půdy. Po tuto dobu je však nutné již další bioodpad do kompostu nepřidávat. Toto „velké“ překopání však v našem případě proběhlo až po jeho hmotnostních a objemových analýzách, kdy byl po zvážení opět uložen, tentokrát však již do jednoho společného kompostéru.)

Ve vzorcích pro stanovení homogenity celku pak byly naměřeny tyto vlhkosti:

Tabulka 16: Hmotnostní zlomky vlhkosti vzorků kompostů z jednotlivých lokalit pro stanovení homogenity celku.

Kompost z lokality:	Vlhkost vzorku v %
1	57,84
2	72,03
3	60,11
4	55,82

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba.

⁷⁶ Náznaky sníženého množství obsahu O₂ v průběhu kompostovacího procesu jsou zaznamenány ve výsledcích práce Javůrka (2010). Každé snížení obsahu O₂ signalizuje zvýšenou mikrobiální aktivitu, která v daném místě a čase aktivně spotřebovává O₂. Pokud je však kompostovaný materiál celkově příliš vlhký, stlačený nebo se v něm vytvoří různě vlhké vrstvy, nestačí se z prostředí do kompostu spotřebovaný O₂ „doplňovat“ a mohou tak vznikat lokální anaerobní podmínky (prostředí) uvnitř samotného kompostu.

Při vzájemném porovnání vypočítaných vlhkostí laboratorních vzorů a vzorků pro stanovení homogenity celku je jasné, že se od sebe příliš neliší, průměrně o necelých 0,6 %. Můžeme tak konstatovat, že všechny porovnávané vzorky kompostů jsou po vlhkostní stránce téměř shodné (homogenní).

5.1.4 Posuzování spalitelných látek v kompostech

Spalitelné látky ve většině vzorcích, které reprezentují obsah uhlíku (se kterým se dále počítá v určení poměru C : N), dosahovaly průměrných hodnot typických pro separovaný bioodpad (což je podle příručky Plívy a kol. (2006) hodnota mezi 35 až 41 % C). Od těchto průměrných hodnot se extrémně lišil pouze kompost z lokality č. 2, jehož hodnoty dosahovaly 53,01 % obsahu spalitelných látek, respektive C. Tento zvýšený obsah C lze vysvětlit výskytem většího množství dřevěných pilin.⁷⁷ které byly v kompostu zřetelně obsaženy. (Nejspíše šlo o „podestýlku“ domácích zvířat „panelákového typu“, jako jsou morčata.) Mírně zvýšený obsah spalitelných látek vykazoval také kompost z lokality č. 1. To by mohlo být způsobeno větším zastoupením kuchyňského odpadu a odpadu ze zeleniny, jehož obsah uhlíku v sušině se dle Plívy a kol. (2006) pohybuje mezi 44 a 45%. (V kompostu bylo nalezeno větší množství cibulových odřezků a slupek, které s největší pravděpodobností byly odpadem z rychlého občerstvení, který by se však, jakožto živnostenský odpad, dle legislativy v běžném komunálním odpadu vyskytovat neměl.) Norma ČSN 465735 (ani jiné legislativní opatření) limitní množství C nestanovuje (stanovuje pouze poměr C : N). Výsledky spalitelných látek v jednotlivých kompostech jsou shrnuty v tab. č. 17.

Tabulka 17: Hmotnostní zlomky spalitelných látek ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit.

Kompost z lokality:	Spalitelné látky (v sušině) v %
1	43,24
2	53,01
3	38,17
4	35,06

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba.

⁷⁷ Piliny jsou obecně nejbohatším zdrojem uhlíku ze všech běžně kompostovaných surovin vůbec. Často se používají pro vyrovnání poměru C : N při kompostování surovin s větším obsahem N.

Zastoupení spalitelných látek ve vzorcích pro hodnocení homogenity celku je shrnuto v tab. č. 18. Vzájemným porovnáním obsahů spalitelných látek v laboratorních vzorcích a vzorcích pro hodnocení homogenity celku můžeme opět konstatovat homogenitu každého kompostu.

Tabulka 18: Hmotnostní zlomky spalitelných látek ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit pro stanovení homogenity celku.

Kompost z lokality:	Spalitelné látky (v sušině) v %
1	42,79
2	52,02
3	36,89
4	35,15

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba.

5.1.5 Posuzování hodnot pH v kompostech

Naměřené hodnoty pH ve vodní suspenzi laboratorních vzorků kompostů jsou shrnuty v tab. č. 19. V tab. č. 20 jsou pak hodnoty pH vzorků kompostů pro stanovení homogenity celku.

Nevyhovující hodnotou je pH 8,86 (limitní je 8,5 pH) vzorku kompostu z lokality č. 2. To se do jisté míry dalo předpokládat vzhledem k nadlimitně zvýšené vlhkosti celého kompostu z lokality č. 2. Dá se také předpokládat, že zvýšené pH u vzorku č. 2 (společně se vzorkem č. 3, které měl hodnotu pH až 8,22) bude ovlivňovat celkové množství N, tedy i poměr C : N, neboť při vyšších hodnotách pH (nad hodnotu 8 pH) se část dusíkatých sloučenin přemění na amoniak, který z kompostu může unikát ve formě plynu. (Přehledová studie Javůrka (2010))

Tabulka 19: Hodnoty pH v laboratorních vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit.

Kompost z lokality:	Hodnota pH
1	7,62
2	8,86
3	8,04
4	7,71

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba.

Tabulka 20: Hodnoty pH ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit pro stanovení homogenity celku.

Kompost z lokality:	Hodnota pH
1	7,81
2	8,75
3	8,22
4	7,86

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba.

Vzájemným porovnáním vlhkosti, obsahu spalitelných látek a hodnoty pH v laboratorních vzorcích a vzorcích odebraných pro určení homogenity celku je zřetelně vidět, že u všech čtyř kompostů vychází průměrně homogenita, respektive nehomogenita celku cca 1,5 % relativních. Maximální procentuální rozdíl byl vypočítán u vzorku č 3 a to 3,35 % relativních u spalitelných látek, vzorek 1 se odlišoval o 2,43 % relativních u hodnoty pH, vzorek č. 4 se odlišoval o 1,9 % relativních u hodnoty pH a vzorek č. 2 se odlišoval o 1,86% relativních u spalitelných látek oproti příslušnému vzorku určeného pro stanovení homogenity celku. (Vzorky pro určení homogenity celku se dále neanalyzovaly, ale uchovaly se založené v dobře uzavřených vzorkovnicích.)

5.1.6 Posuzování obsahu nutrietů a poměru C : N

Obsahy dusíku ve vzorcích, jako jednoho z hlavních nutrietů, jsou shrnuty v tab. č. 21. Teprve z této hodnoty byl dle čl. 4.2.8 vypočítán poměr C : N.

Tabulka 21: Celkový obsah N ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit.

Kompost z lokality:	Ntot na sušinu v %
1	1,84
2	1,19
3	1,1
4	1,07

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba.

Z tabulky č. 21 žádné zásadní interpretace nevyplývají. Limitní hodnota je určena minimálním obsahem 0,60 % N na vysušený vzorek. Hodnoty celkového dusíku pro vytríděný bioodpad se dle Plívy a kol. (2006) pohybují mezi 1,2 až 1,9 % N na sušinu.

Lépe vypovídajícím znakem pro nutriční hodnotu kompostu je však poměr C : N. Ideální hodnota tohoto poměru je mezi 20 a 30. To znamená, že je ideální mít cca 3 až 5 atomů N na 100 atomů uhlíku.⁷⁸ Poměr C : N je shrnut v tab. č. 22. Z ní je patrné, že nejnížší množství celkového N na celkové množství C je obsaženo ve vzorku č. 2 (jak bylo naznačeno výše ve vztahu ke zvýšenému pH). Paradoxně je však právě kompost z lokality č. 2 (podle metodiky výpočtu v čl. 4.2.8) jediným kompostem s odpovídajícím (ideálním) poměrem C : N. Všechny ostatní komposty mají dle ČSN 465734 zvýšený obsah N k celkovému obsahu C.

Tabulka 22: Poměr C : N ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit vypočítaný podle metodiky ČSN 465735 (1991).

Kompost z lokality:	Poměr C : N
1	11,73
2	22,20
3	17,33
4	16,43

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba.

Protože však některé novější metodiky pro výpočet C : N, popsané např. v příručce od Plívy a kol. (2006), počítají s odlišným vzorcem, dodatečně jsou ještě všechny výsledky přepočítány podle novější metodiky:

$$C : N = \frac{W_3}{W_4}$$

kde C : N je poměr vyjadřující celkový obsah uhlíku a dusíku.

W_3 jsou spalitelné látky ve vzorku v %.

W_4 je hmotnost celkového dusíku (N), přepočteného na vysušený vzorek v %.

⁷⁸ Čím větší tedy poměr C : N vychází, tím méně je ve vzorku N. Naopak hodnoty, které vycházejí pod 20, ukazují na nadměrné množství N ve vzorku. Takto zvýšené množství N vede zvláště při hodnotách pH nad 8 k tvorbě plynného amoniaku. Ztráty celkového N pak mohou být dle Plívy a kol. (2006) až 60%.

Přepočítané výsledky podle tohoto upraveného vzorce jsou uvedeny v tabulce č. 23.

Tabulka 23: Poměr C : N ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit vypočítaný podle metodiky Plívy a kol (2006).

Kompost z lokality:	Poměr C : N
1	23,46
2	44,40
3	34,66
4	32,86

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba.

Takto upravený (reálnější⁷⁹) poměr lépe vystihuje velmi snížený (podlimitní), procentuální obsah N ke zvýšenému procentuálnímu obsahu C, právě v kompostu z lokality č. 2. Mírný nedostatek N k C, vykazují i komposty z lokalit č. 3 a 4. Do optimálního poměru se ale dostává kompost z lokality č. 1, který měl dle minulých výpočtů (poměr 11,73) velmi zvýšený (až nadlimitní) obsah N k celkovému obsahu C.

Druhým nutriem, kterým jsme se v práci zabývali, je fosfor (P):

Tabulka 24: Celkový obsah P ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit.

Kompost z lokality:	Obsah P v mg/kg	Obsah P v % (sušiny)
1	5920	0,59
2	6220	0,62
3	4660	0,47
4	3430	0,34

Pozn.: Kompost z lokality 1 – stará domovní zástavba, z lokality 2 – sídlištní zástavba, z lokality 3 – vesnická zástavba, z lokality 4 – vilková zástavba.

Pokud bychom opět srovnávali zjištěný obsah P s metodikou od Plívy a kol. (2006), mohli bychom konstatovat, že dostatečně odpovídá uváděným hodnotám pro vytríděný bioodpad (obsah fosforu je zde uváděn mezi 0,2 až 0,5 % v sušině). Efektivní obsah P v kompostu je však stejně jako N uváděn spíše v poměru k celkovému uhlíku.

⁷⁹ Výpočet od Plívy a kol. (2006) totiž nenásobí celkový obsah N, jak je uvedeno ve vzorci pro výpočet C : N z ČSN 465735 (viz čl. 4.2.8 na str. 41).

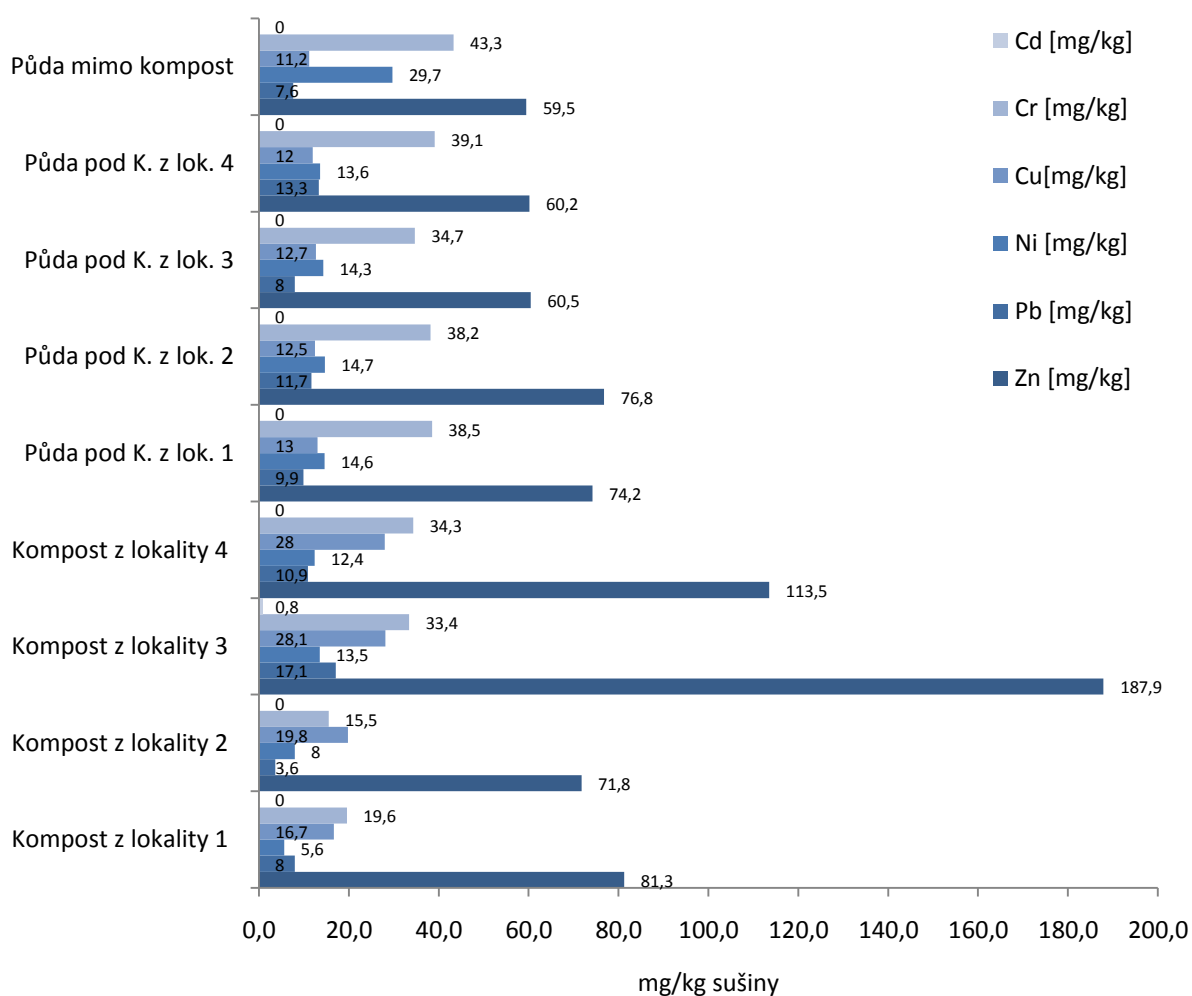
V ideálním případě by se měl poměr C : P podle Dvořáčka, T. a kol (2009) pohybovat okolo 6,7 : 1. V našem případě poměry vycházejí 73,0 : 1 (u kompostu z lokality č. 1), 85,2 : 1 (u kompostu z lokality č. 2), 81,9 : 1 (u kompostu z lokality č. 3) a 102,2 : 1 (u kompostu z lokality č. 4). Z tohoto jasně vyplývá, že je v kompostech nedostatek fosforu. Pro úpravu tohoto poměru by se nejlépe hodil popel ze dřeva, který obsahuje kolem 4 % hmotnostních P. (V průmyslových kompostárnách se může použít kostní šrot s obsahem až 33 % P.)

5.1.7 Posuzování obsahu těžkých kovů v kompostech

Hodnot těžkých kovů naměřených v kompostech z jednotlivých lokalit zobrazuje graf č. 3. (Tabulka s údaji je pak součástí přílohy č. 9.) Celkově nejvyšší (ještě však ne nadlimitní) koncentraci ze všech těžkých kovů vykazoval zinek, nejmenší hodnoty, respektive téměř všechny nedetekovatelné, vykazovalo kadmium. Ani v jednom případě nedošlo k překročení žádného z limitů stanovených v tab. č. 12. Všechny vyprodukované komposty tak splňují požadavky pro komposty I. třídy jakosti dle ČSN 465735.

V grafu č. 3 jsou také zobrazeny výsledky analýz těžkých kovů v půdách, které byly pod jednotlivými komposty, a pro srovnání také půdy, která byla mimo kompost (konkrétně byla odebrána z cca 5 m vzdáleného pole). Všechny analyzované půdy splňují limitní hodnoty maximálního celkového obsahu pro ostatní (i lehké) půdy uvedené v tab. č. 7. Všechny zjištěné obsahy těžkých kovů v půdách jsou menší než průměrně běžné hodnoty v půdách ČR. Při vzájemném porovnávání obsahů těžkých kovů (v kompostech a v půdách pod komposty) nebyla prokázána žádná závislost mezi komposty a půdami pod komposty. Vyluhovatelnost těžkých kovů z kompostů do půd pod nimi se nám tedy z těchto výsledků prokázat nepodařila.

Zajímavá je snad jen hodnota obsahu Ni u půd mimo komposty (tedy u půdy z pole), která vykazuje dvakrát větší hodnotu než všechny ostatní půdy i komposty. Tato zvláštnost by mohla být vysvětlena faktem, že se na poli aktivně každoročně hospodaří a používají se zde průmyslová hnojiva.

Graf 3: Grafické znázornění zastoupení těžkých kovů v kompostech z jednotlivých lokalit.

Zanalyzováním obsahů těžkých kovů v jednotlivých kompostech (respektive ve zkompostovaném BRKO, z jednotlivých lokalit) dle ČSN byla zakončena experimentální část práce, která se zabývala ověřováním efektivity kompostování v malých domácích kompostérech, kónického typu. Do praxe tak bylo přispěno mnohými konkrétními doporučeními, která byla také v rámci této diplomové práce publikována v recenzovaných časopisech, příručkách, na konferencích nebo ve sdruženích jako je Biom.cz.

5.2 VÝSLEDKY DRUHÉHO CÍLE

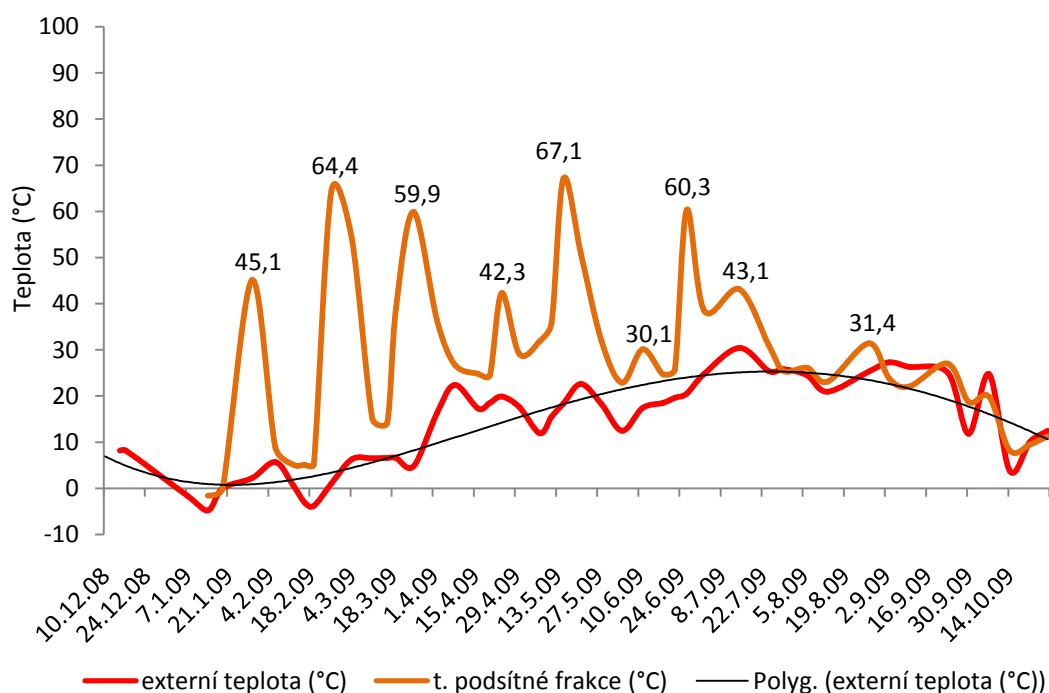
Všechny výsledky jsou v této podkapitole koncipovány tak, aby co nejlépe přiblížily problematiku podsítné frakce samotné a jejího případného kompostování. Výsledky jsou interpretovány především jako podklad k potvrzení či vyvrácení zadané hypotézy o

kompostovatelnosti podsítné frakce. (Protože byl experiment proveden také v malém domácím kompostéru kónického tvaru o objemu 700 l, jsou předkládané výsledky taktéž vztahovány k prvnímu cíli.)

5.2.1 Vyhodnocení monitoringu teplot a obsahu O_2 .

Nejprve byly vyhodnoceny naměřené teploty v průběhu kompostování podsítné frakce (respektive v průběhu pravidelného přidávání vzorku „prosevu“ do kompostéru) společně s měřenou venkovní teplotou. Srovnání průběhu venkovní teploty (s polynomickou spojnici trendu) s průběhem teploty v prosevu (s vyznačenými maximálními hodnotami) je zachycen v grafu č. 4.

Graf 4: Závislost teploty v prosevu na okolní teplotě v čase.



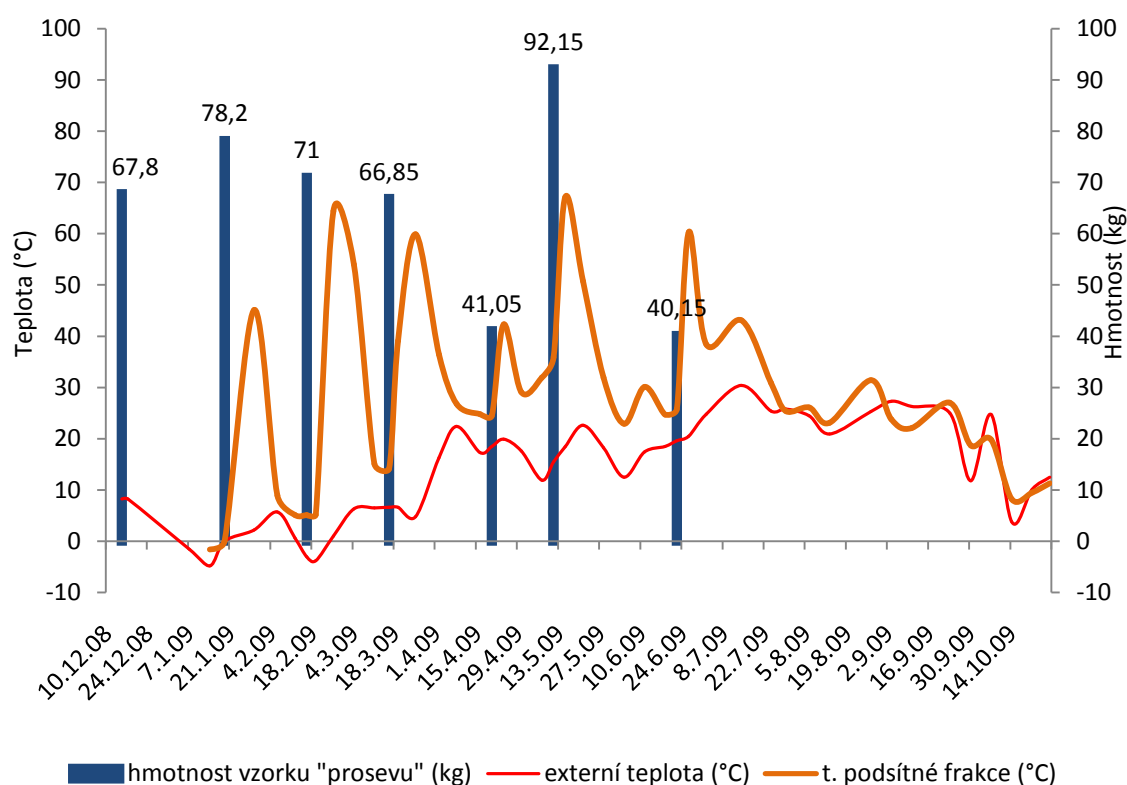
Z grafu č. 4 je patrná závislost teploty v prosevu na teplotě externí až v konečné fázi experimentu (cca od 22. 7. 2009).⁸⁰ Po proběhnutí poslední termické fáze kompostování, která dosahoval teploty 60,3 °C, se již teplota v kompostéru s podsítnou frakcí velmi podobala teplotě okolí.⁸¹ V závěrečné fázi (až do úplného ukončení

⁸⁰ Je to přesně měsíc od vložení posledního vzorku prosevu do kompostéru.

⁸¹ Vyrovnání teploty mezi kompostem a okolím jsou (např. dle Plívy a kol (2006), ČSN 465735 (1991)) jedním z hlavních ukazatelů zralosti kompostu. Z těchto důvodů byl kompostér s podsítnou frakcí považován již za „zkompostovaný“.

experimentu) se také objem podsítné frakce v kompostéru již neměnil, což jen potvrzovalo ukončení procesu „kompostování“ podsítné frakce. Celkově se však závislost teploty v „prosevu“ (tedy závislost nástupu jednotlivých termických fází procesu kompostování) nejeví závisle na průběhu externí teploty. Při kompostování podsítné frakce, na rozdíl od kompostování BRKO (popsáno v práci Javůrka (2010)),⁸² není závislá teplota uvnitř „prosevu“ na teplotě externí (respektive celková mikrobiální aktivita v podsítné frakci není závislá na teplotě okolí).

Graf 5: Závislost teploty v prosevu na datu vložení (a hmotnosti) vzorků prosevu do kompostéru v čase.



Naopak graf č. 5, který je výstupem statistické analýzy (interpolace),⁸³ reflektuje závislost teploty v „prosevu“ na čase (intervalu) vložení vzorku „prosevu“ do kompostéru. Intervaly mezi vložení jednotlivých vzorků byly 35 dní, dále dvakrát 28 dní, opět 35 dní, 21 dní a 42 dní. Z grafu je patrné, že časové rozestupy vkládaných vzorků mají také vliv na celkový proces kompostování. Zvláště dobře se projevilo mezi předposledním a posledním vložení vzorku jakési „vychladnutí“ celého procesu oproti předchozí vzestupné (kumulativní) tendenci teplot mezi jednotlivými maximy. Jistě

⁸² Srov. s grafem č. 11, který je v práci Javůrka (2010) na straně 76.

⁸³ K naměřeným hodnotám byla pomocí statistických nástrojů Excelu (Microsoft office 2010) přidány data tak, aby bylo možné propojit údaje o hmotnosti vzorků a teploty.

k tomu také přispívá vliv externí teploty (která je v grafu také slabě vynesena pro vzájemné porovnávání), domnívám se však, že je tato tendence kumulace teplot podsítné frakce způsobena především kratšími intervaly mezi vkládáním vzorků „prosevu“ do kompostu.

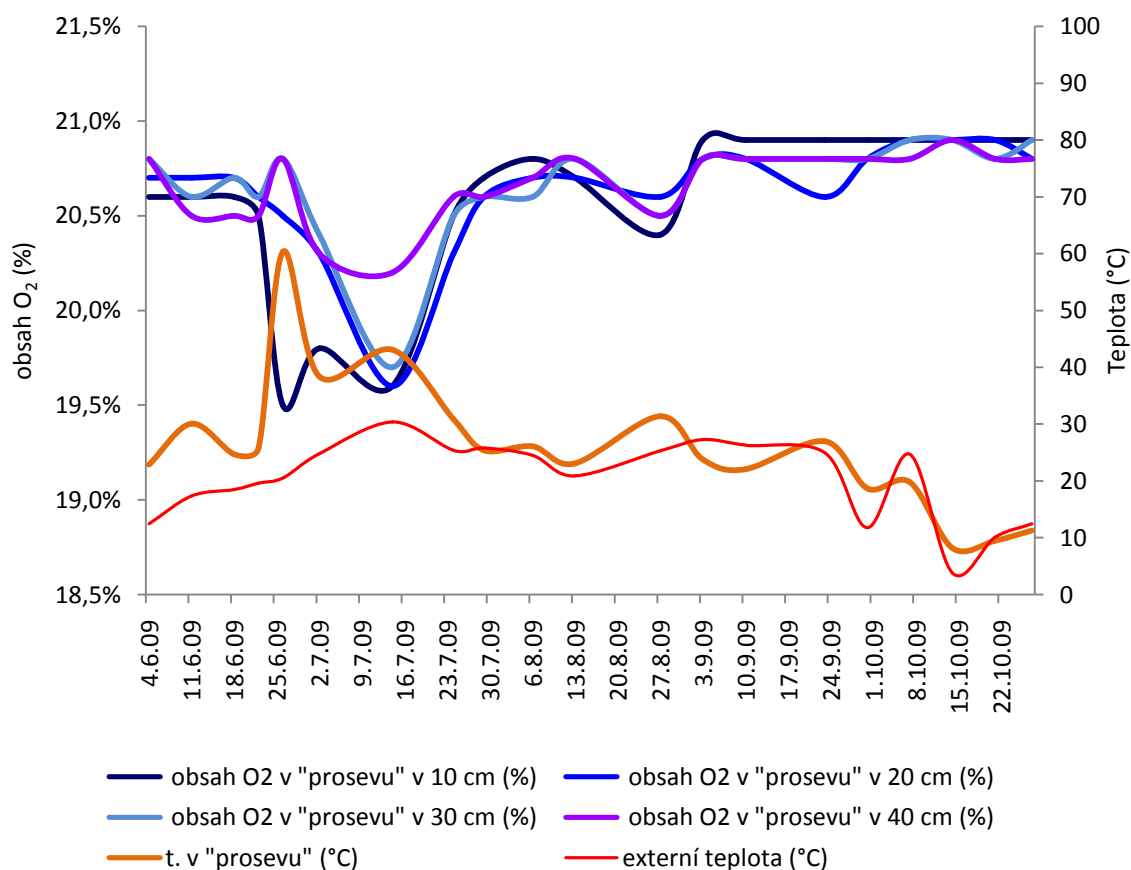
Z grafu jsou také patrná jednotlivá „časové zpoždění“ mezi dodáním vzorku do kompostéru a následující nejvyšší naměřenou teplotu v „prosevu“. Z technických důvodů⁸⁴ se bohužel nepodařilo zajistit měření teploty v „prosevu“ hned od prvního dodání vzorku (15. 12. 2008). První „časové rozpětí“ tak můžeme z grafu pozorovat až při druhém dodání vzorku „prosevu“ do kompostéru (tj. od 19. 1. 2009) k následující nejvyšší naměřené teplotě (tj. do 29. 1. 2009). Další dvě „časová zpoždění“ jsou 9 dní. Od pátého šestého i sedmého dodání vzorku k následující nejvyšší naměřené teplotě je to již jen 4 dny.

Z analyzovaných hodnot vyjádřených v grafu č. 5 není průkazná závislost celkové hmotnosti vkládaných vzorků na teplotě v „prosevu“ (respektive na mikrobiální aktivitě). (Pro plnohodnotnější závěr však k dispozici není dostatek dat a měření, navíc při analyzování závislosti celkové hmotnosti vzorku prosevu na mikrobiální aktivitě v prosevu svou roli hraje i proměnlivá externí teplota a mnoho dalších neměřených proměnných.) Obecně však lze říci, že vyšší hmotnost vloženého vzorku bioodpadu přinese i vyšší mikrobiální aktivitu, avšak jen do určité míry (neplatí zde přímá úměra). Zvláště patrné je to při pátém dodání vzorku prosevu do kompostéru (41,05 kg) a při následné termické reakci, kde bylo dosaženo 42,3 °C.

Druhým měřeným ukazatelem mikrobiální aktivity v čase byl obsah O₂ ve čtyřech různých vrstvách zobrazený v grafu č. 6. Pro lepší orientaci (a také pro pochopení celého procesu kompostování obecně) je k tomuto grafu přidána také teplota naměřená v podsítné frakci i teplota externí. Rostoucí teplota s klesajícím obsahem O₂ jsou pak dobrým ukazatelem celkové mikrobiální aktivity. Z důvodu pozdního dodání přístroje pro měření O₂ se nám bohužel podařilo souběžně měřit teplotu a obsah O₂ v „prosevu“ pouze od 4. 6. 2009 do 27. 10. 2009 což jsou necelé 4 měsíce kompostování. Pokud bychom tento graf porovnali s grafem č. 5, zjistili bychom, že poslední vložení vzorku prosevu proběhlo 22. 6. 2009. (tj. téměř na začátku časové osy grafu č. 6). Nárůst největší mikrobiální aktivity (nejvyšší naměřená teplota a zároveň nejnižší naměřená hodnota obsahu O₂) zde byl zaznamenán za pouhé 4 dny.

⁸⁴ Porucha mechanického teploměru, nákup nového digitálního teploměru GKF 125.

Graf 6: Závislost teploty v „prosevu“ na obsahu O_2 (respektive mikrobiální aktivitě) v jednotlivých měřených hloubkách.



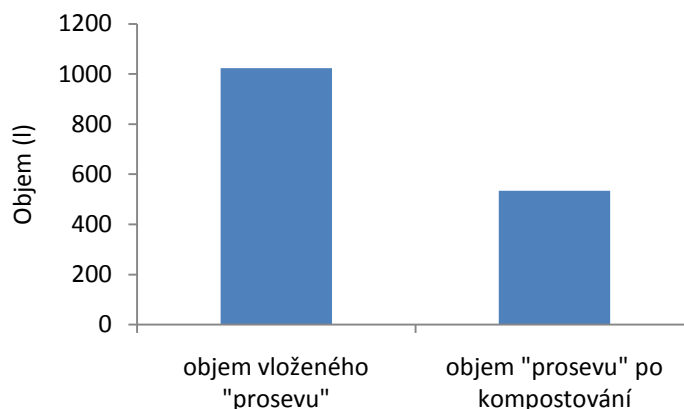
Znatelně odlišné naměřené obsahy O_2 v jednotlivých vrstvách prosevu (10, 20, 30 a 40 cm) v čase největší mikrobiální aktivity (tedy 26. 6. 2009) svědčí o mnohem intenzivnějším procesu kompostování právě v horních vrstvách prosevu (10 cm) a velice malé mikrobiální aktivitě ve vrstvách 30 a 40 cm (kde hodnoty obsahu O_2 dosahovaly 20,8 %). Z toho lze vyvodit, že kompostování (respektive nástup termické fáze kompostování) prosevu probíhá převážně ve vrchní (právě přidané) vrstvě. Ve spodních (starších) vrstvách prosevu již tedy kompostování jako takové neprobíhá (O_2 zde není spotřebováván) a to i při relativně dobrých podmínkách (zvýšená teplota a dostatečné množství O_2 , které tvoří ideální aerobní podmínky).

5.2.2 Hmotnostní a objemové analýzy podsítné frakce

Po ukončení kompostování „prosevu“ (tj. dne 21. 4. 2010) byl nejprve vypočten jeho výsledný objem a porovnán s celkovým vloženým objemem. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 25 a grafu č. 7.

Tabulka 25: Objemové změny po procesu kompostování podsítné frakce.

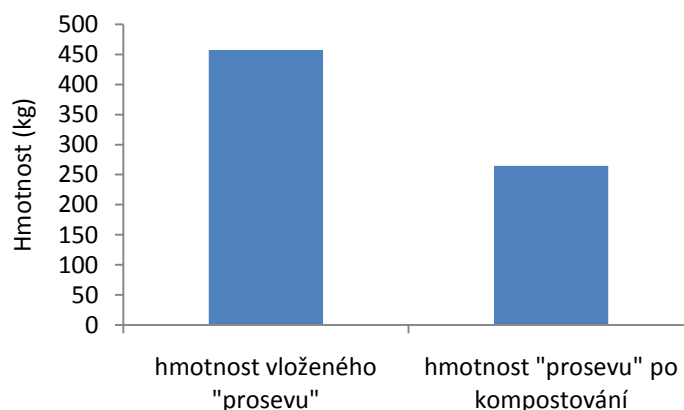
druh kompostu	vožený objem „prosevu“ (l)	objem po kompostování (l)	ztráta objemu v %	zůstatek objemu v %
"prosev"	1024	534	47,85	52,15

Graf 7: Grafické znázornění objemových změn po kompostování podsítné frakce.

Následně byly stanoveny hmotnostní změny podsítné frakce po procesu kompostování. Výsledky jsou shrnuty v tabulce č. 26 a grafu č. 8.

Tabulka 26: Hmotnostní změny po procesu kompostování podsítné frakce.

druh kompostu	Hmotnost vloženého „prosevu“ (kg)	Hmotnost po kompostování (l)	ztráta hmotnosti v %	zůstatek hmotnosti v %
"prosev"	457,2	264,5	42,15	57,85

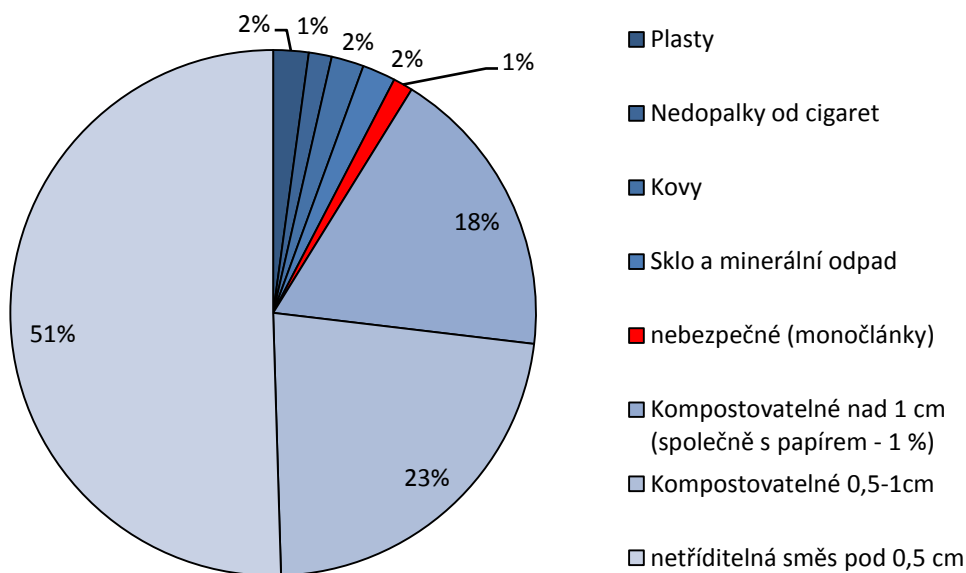
Graf 8: Grafické znázornění hmotnostních změn po kompostování podsítné frakce.

Z uvedených výsledků vyplývá, že ani objemové, ani hmotnostní změny podsítné frakce při procesu kompostování nedosahují 50 %. Ve srovnání s kompostováním klasických bioodpadů (srov. s výsledky práce Javůrka, 2010) jsou tyto změny podstatně menší (téměř dvojnásobně).

Tato skutečnost vyplývá především z celkového (hmotnostního) složení podsítné frakce, které bylo zjišťováno u příležitosti odběru podsítné frakce k jeho hmotnostním analýzám a je zachyceno v grafu č. 9. Z těchto výsledků mimo jiné je patrné, že i když podsítná frakce obsahuje poměrně velké množství biodegradabilních komunálních odpadů (v průměru 41 % hmotnostních, které v procesu kompostování měly jistý podíl na celkové ztrátě hmotnosti prosevu), nemůžeme ji v žádném případě považovat za zkompostovanou ani kompostovatelnou frakci SKO.

Největším rizikem pro kompostování podsítné frakce (a případně následnou aplikaci vzniklého „kompostu“ do půdy) je velká pravděpodobnost výskytu nebezpečného odpadu (převážně monočlánků či jehel od injekčních stříkaček), ze kterého se do okolí mohou uvolňovat např. těžké kovy. (Jejich výskyt v podsítné frakci je potvrzen v následujícím článku.). Tento nebezpečný odpad byl nalezen u 6 z 10 odebraných vzorků a jeho celková hmotnost v kontaminovaných vzorcích se pohybovala od 3,1 % až do 17, 2 % hmotnostních. (V průměru na všechny odebrané vzorky tvoří hmotnostní zastoupení nebezpečného odpadu 1 %.)

Graf 9: Průměrné hmotnostní složení podsítné frakce.



K primárním překážkám úspěšného procesu kompostování podsítné frakce nepochybně také patří téměř nadpoloviční hmotnostní obsah dále netříditelné směsi (částičky pod 0.5 cm), složené převážně z drobného minerálního a stavebního odpadu (písku), popela, drobných úlomků plastu, skla, porcelánu, keramiky a prachových

částec. Tato směs je sypké a suché povahy, a to již před vložením do kompostéru. V kompostéru pak působí jako absorbér vlhkosti, čímž zabraňuje dlouhodobému procesu kompostování.⁸⁵ Snížený obsah vlhkosti (oproti klasickým kompostům) dokazují i dále popsání výsledky analýzy podsítné frakce.

Celkový hmotnostní úbytek prosevu při jeho experimentálním kompostování lze vysvětlit součtem úbytku hmotnosti bioodpadů v první, termické fázi kompostování (viz. graf č. 5), společně s úbytkem celkové vlhkosti v prosevu (která však již v době vložení prosevu do kompostéru byla značně nízká).

5.2.3 Posuzování podsítné frakce dle ČSN 465735

V této části jsou popsány výsledky rozborů a analýz podsítné frakce SKO podle metodiky ČSN 465735 popsané v podkapitole 4.2. Nejsou však již rozepsány do jednotlivých částí tak, jako výsledky v podkapitole 5.1, ale jsou seřazeny do souborného přehledu o podsítné frakci z fyzikálně chemického hlediska v tabulce č. 27.

Tabulka zahrnuje hodnoty obsahu nerozložitelných příměsí, které jsou opět extrémně vysoké, avšak jak již bylo popsáno v článku 5.1.2 této práce, je tento údaj zkreslující, neboť v něm jsou započítány i těžce rozložitelné bioodpady (podle metodiky ČSN 465735), které nelze rozdrtit rukou, ani rozstříhat (jako jsou pecky, skořápky od ořechů, korek atd.). V případě, že se budeme řídit pouze definicí nerozložitelných příměsí (kovy, minerální odpad, sklo, plasty) dostáváme reálnější představu o skutečně nerozložitelných příměsích v podsítné frakci. Hodnota 8,93 % již poměrně přesně kopíruje hmotnosti plastů, kovů, skla a nebezpečného odpadu v hmotnostním složení podsítné frakce (viz. graf č. 9). Množství nerozložitelných příměsí tak víc jak čtyřnásobně překračuje stanovení limitní hodnoty u ČSN 465735 i u Vyhlášky č. 341.

Tabulka 27: Jakostní znaky podsítné frakce.

Jednotlivé jakostní znaky	prosev	ČSN 465735	vyhláška č. 341
nerozložitelné příměsi s těžce rozložitelnými bioodpady (%)	43,76	max. 2,0	max. 2,0
pouze nerozložitelné příměsi (%)	8,93	max. 2,0	max. 2,0
vlhkost (% hm.)	24,23	40 až 65	40 až 65
vlhkost k určení homogenity celku (% hm.)	20,92	40 až 65	40 až 65

⁸⁵ Kompostování probíhá pouze v prvních několika málo dnech, kdy jsou kompostovatelné části podsítné frakce ještě dostatečně vlhké. Díky značné homogenitě „prosevu“ tak proběhne prudký nárůst mikrobiální aktivity (zvýšená teplota, spotřeba O₂), která však záhy ustává. (Viz výše.)

spalitelnost (% hm.)	36,29	min. 25	min. 25
spalitelnost k určení homogenity celku (% hm.)	35,57	min. 25	min. 25
pH	8,98	6 až 8,5	6 až 8,5
pH k určení homogenity celku	8,86	6 až 8,5	6 až 8,5
homogenita celku max. (%)	13,6	max. cca 30	-
celkový N (%)	1,75	min. 0,6	-
hodnota C:N	20,74 ¹	max. 30	min. 20 max. 30
obsah P (mg/kg)	4220	-	-
obsah P v % (sušiny)	0,422	0,2 – 0,5 ²	-

¹ Hodnota C:N je zde vypočítána dle metodiky Plívy a kol (2006).

² Tento údaj je orientační pro vytríděný bioodpad a je převzat z metodiky Plívy a kol. (2006).

Tabulka dále zahrnuje hodnoty obsahu vlhkosti (a vlhkost k určení homogenity celku). V obou případech je obsah vlhkosti téměř dvojnásobně nižší, než připouští limitní hodnoty normy i vyhlášky. Vlhkostní poměr je v procesu kompostování jednou z esenciálních vlastností, která při jejím nedodržení způsobí rozpad celého procesu. Podsítná frakce je podlimitně vlhká již při vkládání do kompostéru (především z důvodu obsahu velkého množství prachových částic, písku a jiného suchého materiálu). K jeho dalšímu vysušení přispělo nadměrné oslunění kompostéru, větrné stanoviště kompostéru, nadměrná perforace kompostéru a pravidelné zahřívání podsítné frakce (až na 60 °C v cca měsíčních intervalech). To jsou hlavní příčiny porušení správného vlhkostního poměru.

Procentuální zastoupení spalitelných látek (a spalitelné látky k určení homogenity celku) je v podsítné frakci cca 35 %. Norma i vyhláška vyžadují minimálně 25 %, maximální hodnota není určena. Po této stránce můžeme „prosev“ považovat za vyhovující.

Za nevyhovující musíme opět označit hodnotu pH (společně s hodnotou pH k určení homogenity celku). Limit zde byl přesažen o 0,36 a 0,48 pH. Zvýšené pH je u procesu patrně způsobeno zvýšeným obsahem vápenatých sloučenin (např. obsahem vápenaté malty z vybouraného zdiva, malířský odpad atd.). Rizika zvýšeného pH jsou již popsána v článku 5.1.5. Zajímavá je ale skutečnost poměrně vysokého obsahu N v prosevu, a to i přes tak vysoké hodnoty pH (při kterých by měli N přecházet na plynný amoniak a ze substrátu unikat). Nefunkčnost tohoto procesu můžeme opět přičíst snížené vlhkosti podsítné frakce.

V tabulce je také shrnuta homogenita celku. Výsledek homogenity celku potvrzuje, že podsítná frakce je relativně homogenní směs. Největší rozdíl hodnot vykazovala vlhkost, kdy byl o 13,6 % vlhčí vzorek „prosevu“ odebraný z vrchní části

kompostovací hromady, než vzorek, který byl odebraný ze strany spodní části kompostovací hromady.

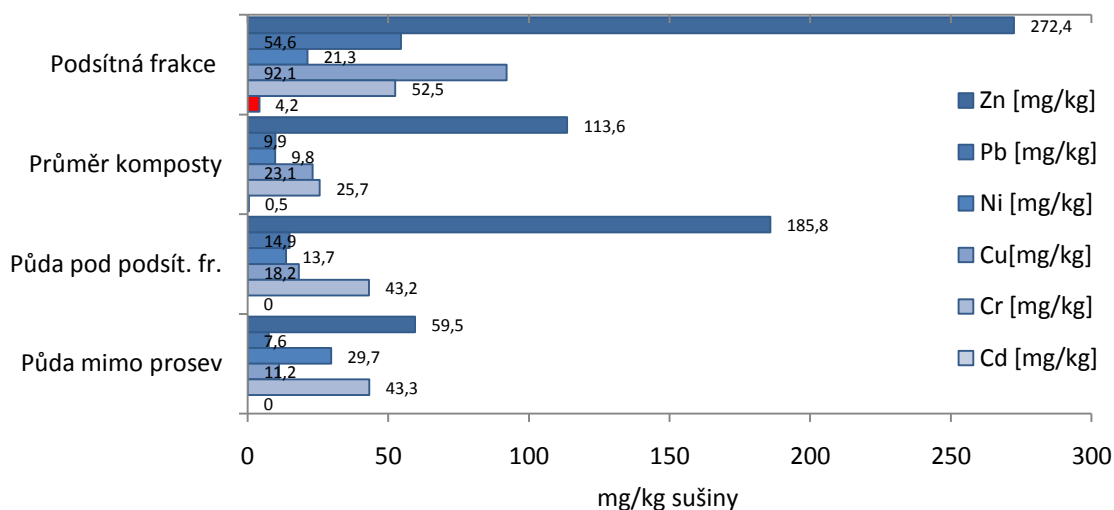
Tabulka dále obsahuje hodnotu celkového N (1,75 %), která vypovídá o celkově normálním obsahu N v podsítné frakci (dle Plívy a kol. (2006), je ve vytríděném bioodpadu 1,2 až 1,9 % N).

Poměr C : N je také vyhovující. Jeho hodnota (20,74) se však pohybuje na dolní hranici limitu stanoveným vyhláškou č. 341. V praxi to tedy znamená, že podsítná frakce obsahuje téměř nadlimitně vyšší obsah N, oproti celkovému obsahu C.

Hodnota obsahu P v mg /kg (i v procentuálním obsahu) také nevykazuje žádné odchylky od normálních hodnot (vytríděného bioodpadu).

Hodnoty obsahu těžkých kovů jsou pak zpracovány v grafu č. 10. (Tabulka se všemi hodnotami je také součástí přílohy č. 9.) Z něho jsou dobře patrné celkově mnohonásobně vyšší obsahy všech těžkých kovů v podsítné frakci než v „průměrném“ kompostu.

Graf 10: Těžké kovy v podsítné frakci, půdě pod „prosevem“ a v půdě mimo „prosev“ v porovnání s průměrným obsahem těžkých kovů v kompostech



Pozn.: Červeně vyznačena je hodnota překračující limitní stanovení (uvedené v tabulce č. 6).

I přes cca trojnásobně zvýšený obsah všech těžkých kovů v podsítné frakci oproti průměrnému obsahu těžkých kovů v kompostech přesahuje limitní stanovení v „prosevu“ pouze kadmium a to o 0,2 až 2,2 mg/kg v závislosti na tom, s jakou jakostní třídou počítáme. (Srov. s tab. č. 6 na str. 21.) Takto vysoké množství obsaženého kadmia v podsítné frakci je podle nás způsobeno především velkým množstvím obsažených monočlanků, ze kterých se Cd může výluhem uvolňovat.

Limitní hodnotě (100 mg Cu/kg sušiny pro I jakostní třídu kompostu dle ČSN 465735) se také přibližuje obsah mědi (92,1 mg/kg). Všechny ostatní těžké kovy dosahují zhruba polovičních limitních hodnot pro I jakostní třídu kompostu dle ČSN 465735.

Analýzou obsahu těžkých kovů v půdě pod podsítnou frakcí a půdou mimo ni se také potvrdila zvýšená vyluhovatelnost zvláště některých těžkých kovů do půdy (pod „prosevem“) již při procesu kompostování. Zvláště patrný rozdíl je v obsahu zinku, kdy ho bylo naměřeno víc jak třikrát tolik v půdě, která byla odebrána z místa, kde se kompostovala podsítná frakce, než v půdě odebrané mimo kompost. Díky zvýšenému obsahu zinku by také tato půda již nesplňovala limitní hodnoty obsahu těžkých kovů v půdách (srov. s tab. č. 7 na str. 22). Olovo a měď byly v půdě pod „prosevem“ na rozdíl od půdy mimo „prosev“ zvýšeny dvojnásobně. Chrom i Kadmium v obou vzorcích půdy nevykazovaly žádný rozdíl a Nikl dokonce vykazuje opačnou tendenci.⁸⁶

Po stránce obsahu těžkých kovů by tedy podsítná frakce opět nesplňovala limitní hodnoty obsahu těžkých kovů stanovené ČSN 465735 pro komposty.

5.3 CELKOVÉ SHRUTÍ PROVEDENÝCH EXPERIMENTŮ

Vzhledem k tomu, že výsledky obou cílů jsou značně rozsáhlé, závěrem této kapitoly je shrneme společně s výsledky práce Javůrka (2010) do několika přehledných bodů.

Efektivnost domácího kompostéru kónického typu (K-700):

- Efektivnost je po stránce hmotnostních a objemových změn dostačující.
- Proces kompostování v kompostéru není závažněji narušen.
- V kompostéru však po procesu kompostování zůstává velké množství nezkompostovaného (pouze vysušeného) biologicky rozložitelného odpadu (až 10 % objemu).
- Díky konstrukci kompostéru je také prakticky znemožněno průběžné a jednoduché překopávání.

Kompostování separovaného BRKO:

- Objemové i hmotnostní ztráty BRKO kompostováním jsou cca 80 %.
- Vnitřní teplota kompostů je při procesu závislá na teplotě externí.

⁸⁶ Jak je zmíněno výše, je zde možná kontaminace půdy mimo kompost (pole) z průmyslových hnojiv.

- Vnitřní teplota i obsah O_2 v kompostech je závislá na hmotnosti dodávaného vzorku BRKO.
- Mikrobiální aktivita v kompostech (v čase i prostoru) je pozorovatelná průběžným měřením maximálních teplot a měřením obsahu O_2 v různých hloubkách.
- Proces kompostování v kompostech probíhá ve všech čtyřech fázích, bez překopání však v každé vrstvě zvlášť.
- Nadměrnou perforací boků konstrukce kompostéru a jeho nevhodným umístěním (větrno, oslunění) dochází po stranách k prosychání kompostu.
- V kompostech se vyskytovalo větší množství těžko rozložitelných odpadů (korek, větší kusy dřeva, skořápky od ořechů, pecky atd.).
- V kompostech se také vyskytovalo převážně nadlimitní množství nerozložitelných příměsí (čajové sáčky vyrobené z plastové sítky, plastové tyčky do uší, minerální odpad atd., nejvíce v kompostu ze sídlištní zástavby).
- Vlhkost kompostů dosahuje průměrně 60 % hmotnostních, v jednom případě však byl překročen limit (sídlištní zástavba).
- Hodnota pH překračuje limitní stanovení opět v jednom ze čtyř kompostů (sídlištní zástavba).
- Zvýšený obsah uhlíky byl zaznamenán pouze v kompostu ze sídlištní zástavby.
- Limitnímu stanovení pro poměr C : N vyhovuje pouze kompost ze staré domovní zástavby. Kompost ze sídliště vykazuje velmi snížené množství N k obsahu C.
- Obsah P v kompostech odpovídá obsahu P ve vytříděném bioodpadu. V poměru k obsahu C ho je však vysoký nedostatek u všech kompostů.
- Limitní stanovení pro obsahy těžkých kovů je u všech kompostů dodrženo.

Kompostování podsítné frakce:

- Objemové i hmotnostní ztráty „prosevu“ po kompostování nedosahují ani 50 %.
- Vnitřní teplota „prosevu“ není při procesu závislá na teplotě externí.
- Vnitřní teplota i obsah O_2 v „prosevu“ je závislá na pravidelnosti i hmotnosti dodávaného vzorku podsítné frakce.
- Mikrobiální aktivita v „prosevu“ (v čase i prostoru) je pozorovatelná průběžným měřením maximálních teplot a měřením obsahu O_2 v různých hloubkách.

- Proces kompostování je v „prosevu“ omezen pouze na první, termickou fázi a probíhá pouze u čerstvě přidaných vzorků.
- Kombinací vysokých teplot (cca 60 °C), nadměrnou perforací konstrukce kompostéru a složením „prosevu“ dochází k jeho nadměrnému vysušení.
- Podsítná frakce se skládá z minimálně 50 % z netříditelné směsi o velikosti částic menších než 5 mm (písek, popel, prachové částice, úlomky plastů, skla...).
- Hmotnostní obsah potenciálně kompostovatelných (biodegradabilních) částic je v „prosevu“ cca 41 %.
- Podsítná frakce také obsahuje minimálně 1 % hmotnostní nebezpečného odpadu.
- Také obsahuje nadlimitní množství nerozložitelných příměsí
- Vlhkost prosevu dosahuje pouze 20 % hmotnostních (podlimitní).
- Hodnota pH v „prosevu“ také překračuje limitní stanovení.
- Obsah hlavních nutričních (C, N a P) a poměr C : N je v „prosevu“ dostačující.
- Limitní stanovení pro obsah těžkých kovů je však znovu překročen, konkrétně hodnotou kadmia. Obsahy všech ostatních těžkých kovů jsou zvýšené.

6 DISKUZE

Má-li tedy tato diplomová práce něco praktického vnést do problematiky domácího kompostování BRKO, pak jsou to tato doporučení a postřehy:

První doporučení se týká tvaru a konstrukce samotného kompostéru. V práci bohužel nebyl dostatečný prostor se zaměřit na samotné technické parametry, ale obecně lze z praxe a především ze zaznamenaných výsledků říci, že jsou mnohem vhodnější typy kompostérů nižší a širší konstrukce, aby tak mohlo docházet k (plošně) většímu kontaktu s půdou. (Obecně platí nutnost umístit kompostér na půdu!) To má pozitivní vliv nejen na intenzivnější komunikaci mikrofauny a edafonu mezi půdou samotnou a kompostem, ale větší kontakt s půdou také napomáhá udržet ideální vlhkostní poměry. Dalším přínosem nižší a širší konstrukce je možnost alespoň částečného překopání (promíchání), které je v kónických a vyšších typech kompostérů prakticky nemožné.

Co se týče samotné otázky překopávání kompostu, není bezpodmínečně nutné (kompostovací proces proběhne i bez překopání, záleží však na požadované kvalitě kompostu uživatelem), avšak obecně lze vřele doporučit alespoň jedno větší promíchání kompostu cca 1 až 3 měsíce před jeho aplikací do půdy.

Druhé doporučení se týká množství, velikosti a rozmístění aeračních otvorů, které jsou zpravidla po celém obvodu korpusu kompostéru. Velké množství společně se špatným umístěním kompostéru (větrné a osluněné místo) způsobí nadměrné prosychání vkládaného bioodpadu, který se již samovolně nezkompostuje. Navrhuji tedy ubrat množství aeračních otvorů především v horních a středních částech kompostéru a to na méně než 100 aeračních otvorů na 1 m².⁸⁷

Poslední doporučení, které se týká konstrukce kompostéru, je nezakrývat vrchní část kompostéru tak, aby do kompostéru nemohla pronikat srážková voda. Toto doporučení opět vychází ze skutečnosti nadměrného prosychání BRKO nejen po stranách kompostéru, ale také z vrchu. Domnívám se, že při akceptování předchozích dvou doporučení (tedy kompostování v nižším a širším typu kompostéru s menším počtem aeračních otvorů než 100 na 1 m²) bude pro proces kompostování nejvhodnější vrchní pokop na kompostér vůbec nadávat. Na druhou stranu je samozřejmě nutné vrchnímu poklopu přiznat jisté zastínění a také zadržení tepla v probíhajícím procesu kompostování. Oba tyto faktory

⁸⁷ Na typu kompostéru, se kterým jsem pracoval, bylo 100 aeračních otvorů na 1 m². Kompostér tedy celkově obsahoval 400 aeračních otvorů, vždy ve dvou řadách pod sebou na každém „patře“ (patrně z příloha č. 3).

hrají při domácím kompostování velkou roli, ale jak je naznačeno z dalších doporučení, lze tyto faktory mnohem účinněji zajistit přirozenějším způsobem.

Další doporučení se týká umístění kompostéru. Velmi důležité je převážně stinné místo chráněné před větrem. Dodržením těchto podmínek (společně s přihlédnutím na předešlá doporučení) zajistíme v kompostéru ideální vlhkostní poměr, který nám navodí příznivý proces kompostování (bez zápachu, tedy hnilobných procesů i bez nadměrného prosychání bioodpadu). Tímto nám také odpadá starost o dodatečné zavlažování.

Následující doporučení jsou svým charakterem spíše zdůrazněním vesměs logických, leč lehce přehlédnutelných skutečností. Běžnému uživateli domácího kompostéru doporučujeme vzít na vědomí skutečnost nekompostovatelnosti některých nově vyráběných čajových sáčků (především těch luxusnějších ve tvaru trojhránek), které nejsou vyráběny z kompostovatelných celulózových nebo bavlněných vláken (tak jako ty „obyčejné“), ale jsou vyrobeny z plastové sítiky nebo netkané textilie (PP či PET), která je v kompostu nerozložitelná.⁸⁸ Tato problematika se týká i textilních kávových filtrů, které jsou opět vyráběny převážně z plastu.

Zodpovědnějším přístupem k životnímu prostředí může přispět také kompostováním běžně užívaných věcí denní potřeby. Jsou to především tolik užívané jednorázové hygienické ubrousky a kapesníčky (většinou vyráběné z celulózových ale i bavlněných vláken), které se nehodí k separování společně s papírem pro jejich znečištění po použití. V drtivé většině tak končí společně s komunálním odpadem na skládce komunálních odpadů, v lepším případě ve spalovně. Jen málo kde jsou tříděny společně s BRKO⁸⁹ nebo kompostovány v domácích kompostérech.

V dnešní době se již můžeme setkávat s mnohými „ekologickými“ výrobky, které by bylo vhodné zpracovávat kompostováním (popřípadě anaerobní digestí). Jsou to např. dětské pleny vyrobené bez použití plastů, pouze z biodegradabilního materiálu. Stejně tak jsou k dostání dámské hygienické biodegradabilní výrobky (vločky, tampony atd.). Také se můžeme setkat s obyčejnými „tyčkami na čištění uší“ které jsou namísto z plastu vyráběny z tvrzeného papíru nebo jsou dřevěné. Alternativně k plastovým jsou vyráběny také dřevěná „míchátka do kávy“. Z reálného života bychom mohli ještě nalézt spoustu dalších příkladů, kdy plast nahrazuje alternativní biodegradabilní surovina.

⁸⁸ Tyto moderní čajové sáčky tak vytváří netříditelný komunální odpad, který je navíc těžko rozeznatelný od tříditelných „běžných“ čajových sáčků.

⁸⁹ Dle orientačních informací z Magistrátu města Olomouc (respektive TSMO) se tento druh bioodpadu v obcích tříděném BRKO nevyskytuje.

Bohužel však existuje i mnoho příkladů, kdy jsou tyto „ekologičtější“ suroviny nahrazovány právě plastem pro větší atraktivnost nebo prodejnost. Příkladem můžou být umělohmotné „tyčky od nanuků“ místo dřevěných, plastové „tyčky od lízátek“ místo papírových, plastové tácky a krabičky místo papírových (u těch výrobků a potravin, kde se plast nevyžaduje z hygienických důvodů) atd.

Je velká škoda, že o spoustě výrobcích občané netuší, že jsou kompostovatelné, respektive biodegradabilní a že tyto výrobky odstraňují společně s komunálním odpadem. Základem bude vždy dostatečně informovaný občan o možnostech nakládání se svým odpadem.

Posledním doporučením, které je směřované spíše do budoucna pro legislativní opatření, je zavést povinnost výrobcům jasně označovat své výrobky (do které skupiny odpadů vlastně patří) a upřednostňovat biodegradabilní materiály (např. pro výrobu výše zmíněných výrobků).

Na druhou stranu nedoporučujeme kompostování podsítné frakce (částice SKO menší než 20 mm). Tento materiál, nazývaný také „prosev“ tvoří cca 10% hmotnostního podílu celého SKO, což je srovnatelné např. s hmotnostním podílem plastů. Prosev byl experimentálně kompostován v domácím kompostéru (K-700), následně byl tento substrát podroben analýzám dle ČSN 465735. Všechny analýzy, kromě vyhovujícího obsahu nutrietů (C a N) a vyhovující homogenity celku, jsou nadlimitně, či podlimitně nevyhovující. Ani hmotnostní či objemové změny nejsou dostačující (nepřesahují 50% změny). Z detailního rozboru složení podsítné frakce i z relativně prudké mikrobiální aktivity, která nastala vždy krátce po vložení každého vzorku „prosevu“ do kompostéru, je patrný vysoký, téměř 50% obsah biodegradabilní složky. V žádném případě však není vhodná ke kompostování bez dalších úprav samotného „prosevu“.

Těmito úpravami mám na mysli především technologickou úpravu systémem ADOS. Ve své podstatě by se již ovšem nejednalo o aerobní, ale o anaerobní proces, někdy dokonce řazen do kategorie MBÚ díky obrovskému rozsahu přizpůsobení této technologie na vstupní materiál (jak je popsáno výše). Tento systém je v ČR již vyzkoušen a od roku 2011 je naplno zahájena výroba bioplynu a zároveň kompostu z digestátu, jako registrovaného hnojiva (viz příloha č. 7) v BPS Příbyšice (Bio Servis Benešov spol. s.r.o.).

7 RESUMÉ

Předkládaná práce je především výsledkem dlouhodobého projektu vědy a výzkumu MŽP:SP/2f1/166/08. Tento poměrně rozsáhlý projekt zabývající se strukturou komunálního odpadu v závislosti na době a místě vzniku z pohledu využitelnosti obsažených komponent byl již úspěšně zakončen a obhájěn na MŽP koncem roku 2010. Také vzhledem k navázané spolupráci s magistrátem města Olomouc, rozsahem i nadčasovostí celého projektu, jsou všechny kompletní postupy a výsledky publikovány až zde.

Práci bylo přispěno k návrhům pro zlepšení konstrukčního provedení domácích kompostérů (respektive byla stanovena kritéria výběru domácího kompostéru). Byla ověřena a (dle ČSN 465735) vyhodnocena efektivnost kompostování bioodpadu v domácích kompostérech jako dostatečně vyhovující jak po fyzikální, tak po chemické stránce. V neposlední řadě bylo experimentálně provedeno a (dle ČSN 465735) vyhodnoceno kompostování podsítné frakce jako neefektivní po stránce hmotnostní i objemové změny, a nepřípustné po stránce fyzikálních a chemických vlastností kompostu z podsítné frakce.

Ke každé z řešených problematik byly stanoveny a již publikovány mnohé konkrétní doporučení pro uvedení do praxe. Jeden z praktických výsledků práce je např. přispění k zavedení separace BRKO v Olomouci a okolí.

8 REFERENCE

- ARNIKA (2012): Program Toxické látky a odpady. [online cit. 2012-02-03]. (Dostupné na: <http://www.arnika.org/toxickelatky>)
- BENEŠ, S. (1993): Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí, I. část. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha, 88 s.
- BENEŠ, S. (1994): Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí, II. část. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha, 159 s.
- BORKOVCOVÁ, M. (2007): Problematika zdravotních rizik při kompostování bioodpadu. In: Sborník z III mezinárodní konference Biologicky rozložitelné odpady, jejich zpracování a využití v zemědělské a komunální praxi 9. – 11. 10. 2007. Zemědělská a ekologická regionální agentura. Náměšť nad Oslavou, 121 s. ISBN: 80-903548-3-1
- Česká bioplynová asociace (2012): Mapa bioplynových stanic v České republice, CZBA. [online cit. 2012-04-03] (Dostupné na: <http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic/>)
- Český statistický úřad (2011): Produkce, využití a odstranění odpadů v roce 2010. ČSÚ, Praha. 50 s. [online cit. 2012-03-08] (Dostupné na: <http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/p/2001-11>)
- ČIHALÍK, J. a kol. (1992): Vliv zemědělství na životní prostředí, Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, s. 17.
- ČSN 465735 (1991): Technická norma „Průmyslové komposty“. Vydavatelství norem. Praha, 31s.
- ČSN EN 14995 (2007): „Plasty – Hodnocení kompostability – Zkušební plán a specifikace.“ Český normalizační institut, Praha. 24 s (anglicky).
- DVOŘÁČEK, T., ROSENBERG, T., TLUKA, P., HABART, J. (2009): Výstavba komunálních bioplynových stanic s využitím BRKO. Státní fond životního prostředí ČR. Praha, 36 s.
- EnviWeb (2010): Česko má pátou nejnížší produkci odpadů na hlavu v EU. [online cit. 2012 02. 06]. (Dostupné na: <http://www.enviweb.cz/clanek/odpady/80368/cesko-ma-patou-nejnizsi-produkci-odpadu-na-hlavu-v-eu>)
- Eurostat (2008): European Commission, Eurostat Your key to European statistics. [online cit. 2012 02. 04] (Dostupné na: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&plugin=0&language=en&pcode=tsien120>)

- HOLUB, P. (2009): TerraPreta – Tajemství černé země. Biom.cz [online] 2009-10-21 [cit. 2012-02-08] (Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/terra-preta-tajemstvi-cerne-zeme>)
- CHUDÁREK, T., FRIEDMAN B., HORÁK Z., HEJČ M., PILIAR F., HŘEBŮČEK J. (2008): Systém sběru komunálního BRO, předběžné vyhodnocení výsledků separovaného sběru komunálního BRO v lokalitě Tišnov. In: KOTOVICOVÁ J. a kol. (2008): Sborník z III. Ročníku mezinárodní konference Odpady biodegradabilní 6. 11. 2008. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. ISBN: 978-80-7375-229-3.
- JAVŮREK, F. (2010): Biodegradabilní frakce komunálního odpadu v olomouckém regionu [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci. 92 s., 27 příloh, česky.
- KOLÁŘ, L., KLIMEŠ, F., GERGEL, J., KUŽEL, S., KOBES, M., LEDVINA, R., ŠINDELÁŘOVÁ, M., (2005): Methods to evaluate substrate degradability in anaerobic digestion and biogas production. Plant soil and environment, 51:173-178.
- KOSTKAN, V., HEKERA, P. a kol (2009): Závěrečná zpráva projektu MŽP SP/2f1/166/08 „Struktura komunálního odpadu v závislosti na době a místu vzniku z pohledu další využitelnosti obsažených komponent.“ Olomouc, 37 s.
- KOTOULOVÁ Z., VÁŇA J. (2001): Příručka pro nakládání s komunálním bioodpadem, MŽP ve spolupráci s Českým ekologickým ústavem. Praha, 70 s. ISBN 80-7212-201-0.
- MATZENAUEKOVÁ, J., PETŘÍK, M. (2010): Pilotní projekty odděleného sběru biologicky rozložitelného komunálního odpadu ve městě Olomouci. Biom.cz [online]. 2010-04-05 [cit. 2012-03-26]. (Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pilotni-projekty-oddeleneho-sberu-biologicky-rozlozitelneho-komunalniho-odpadu-ve-meste-olomouci>). ISSN: 1801-2655
- NĚMEČEK, J., SMOLÍKOVÁ, L., KUTÍLEK, M. (1990): Pedologie a paleo-pedologie, Academia – nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 552 s, ISBN: 80-200-0153-0
- NOVOTNÝ, P. (2009): Ekonomická analýza alternativních využití bioplynu v České Republice a ve Finsku, [diplomová práce] Brno: Katedra podnikového hospodářství, Ekonomicko – správní fakulta, MU v Brně. 90 s, 6 příloh, česky.
- PASTOREK, Z. (2006): Bioplyn kontra kompost. In: Sborník z II mezinárodní konference Biologicky rozložitelné odpady, jejich zpracování a využití v zemědělské

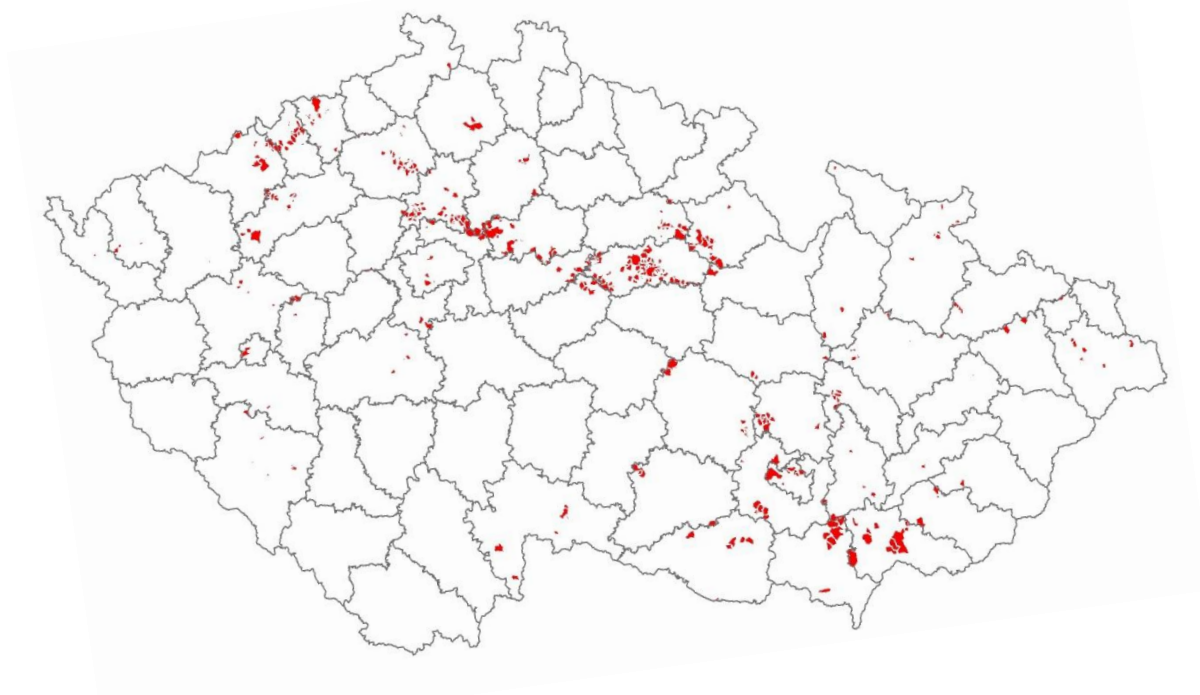
- a komunální praxi 25. – 26. 4. 2006. Zemědělská a ekologická regionální agentura. Náměšť nad Oslavou, 134 s. ISBN: 80-903548-1-5.
- PLÍVA, P. a kol (2006): Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha, 65 s. ISBN 80-86884-11-2.
- PODEŠVOVÁ, E., NĚMEČEK, J. (1993): Kritéria kontaminace půd ČR. In: Sborník 2. Mezinárodní konference „Hodnocení vlivů hospodářské činnosti na životní prostředí. Praha.
- POH ČR (2012): Plán odpadového hospodářství ČR, MŽP ČR, [online cit. 2012 03. 18.] (Dostupné na: http://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi)
- POSPÍŠILOVÁ, E. (2006): Vývoj produkce a nakládání s bioodpady, informační systém OH In: Sborník z II mezinárodní konference Biologicky rozložitelné odpady, jejich zpracování a využití v zemědělské a komunální praxi 25. – 26. 4. 2006. Zemědělská a ekologická regionální agentura. Náměšť nad Oslavou, 134 s. ISBN: 80-903548-1-5.
- SCHMITT, E.-E. (2001): Oscar et la dame rose, L'Enfant de Noéat Monsieur Ibrahim et les fleursdu Coran. Editions Albin Michel S.A., Paris. 240 p.
- SLEJŠKA, A. Testování biodegradability. [online cit. 2012-02-02]. (Dostupné na: http://stary.biom.cz/clen/as/biodegr_test.html)
- Směrnice Rady 1999/31/ES (1999): „On the land fill of waste of 26 April 1999“.
- SOKOL, J. (2009): Transformace půdní organické hmoty při minimalizačních technologiích zpracování půdy a ověření možnosti jejího ovlivnění hydrofilním gelem [disertační práce] České Budějovice: Katedra agroekologie ZF JCU v Českých Budějovicích. 105 s., 16 příloh, česky.
- STOFFETOVÁ, E. (2009): Jsou těžké kovy pro suchozemské stejnonožce zátěží? Demekologická studie z prostředí města Olomouce [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého. 78 s. + 4 př.
- ŠARAPATKA, B. (2006): Indikátory kvality zemědělských půd s důrazem na organickou hmotu In: Sborník z II mezinárodní konference Biologicky rozložitelné odpady, jejich zpracování a využití v zemědělské a komunální praxi 25. – 26. 4. 2006. Zemědělská a ekologická regionální agentura. Náměšť nad Oslavou, 134 s. ISBN: 80-903548-1-5.
- ŠVEC, J. (2009): Ekonomické souvislosti likvidace odpadů [diplomová práce] Brno: Katedra regionální ekonomie a správy, Ekonomicko – správní fakulta, MU v Brně. 83 s, česky.

- SEIFERTOVÁ, E. (2011): Výstavba nových bioplynových stanic má zatím podporu. Časopis o obnovitelných zdrojích energie - Energie 21, č. 2/11, Praha.
- TOMÁŠEK, M (2007): Půdy České republiky. Česká geologická služba, Praha 68 s., ISBN: 678-80-7075-688-1.
- VÁŇA, J. (2007): Je možno odstranit nedostatky brzdící další rozvoj bioplynu v České republice. Biom.cz [online]. 2007-10-08 [cit. 2011-12-12]. (Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/je-mozno-odstranit-nedostatky-brzdici-dalsi-rozvoj-bioplynu-v-ceske-republice>)
- VOŠTOVÁ, V., FRIES, J. (2005): Zpracování pevných odpadů. Česká technika – ČVUT, Praha. 157 s. ISBN 80-01-02672-8.
- Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 209/2005 Sb. ze dne 30. května 2005, kterou se mění vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění vyhlášky č. 401/2004 Sb.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 294/2005 Sb. ze dne 11. července 2005, o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 341/2008 Sb. ze dne 26. srpna 2008, o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- WHITE, RE. (1997): Principles and practice of soil science: The soil as a natural resource. Oxford, Wiley-Blackwell, 348 p.
- Zákon č. 185/2001 Sb. ze dne 15. května 2001, o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: Sbírka zákonů České republiky, část 71.

9 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Mapa dehumifikovaných půd v ČR (Šarapatka 2006).	77
Příloha 2: Snímky jednotlivých svozových oblastí.	77
Příloha 3: Stavba kompostéru K700.	79
Příloha 4: graf pro určení vyhovující vlhkosti dle ČSN 465735 (1991).	80
Příloha 5: Typy půdní struktury dle Tomáška (2007).....	80
Příloha 6: Protokoly z analýzy vzorků na celkové stanovení P.	81
Příloha 7: Rozhodnutí o použití digestátu vyrobeného z BRKO jako hnojiva.	83
Příloha 8: Seznam všech provozoven bioplynových stanic komunálního typu (AF2) v ČR.	84
Příloha 9: Výsledky obsahu těžkých kovů v kompostech, půdách a prosevu.	85

Příloha 1: Mapa dehumifikovaných půd v ČR (Šarapatka 2006).



Příloha 2: Snímky jednotlivých svozových oblastí.

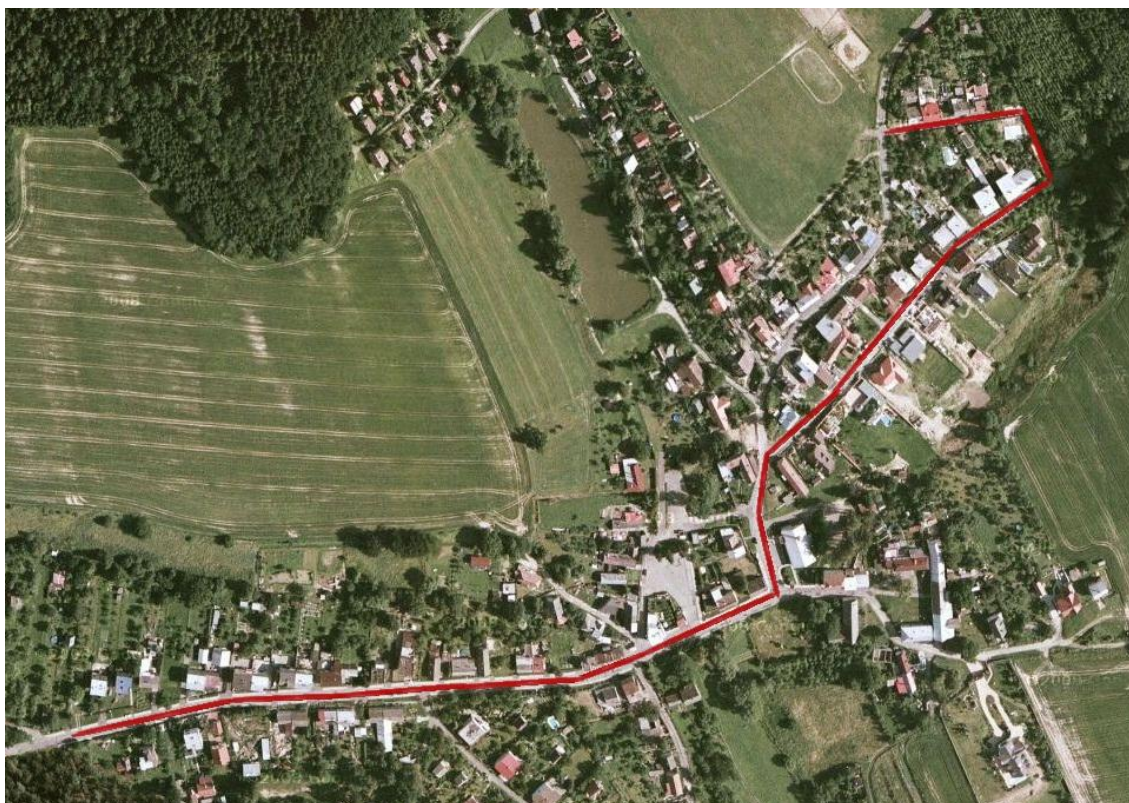
1. Stará domovní zástavba:



2. Sídlištní zástavba:



3. Vesnická zástavba:



4. Vilková zástavba:

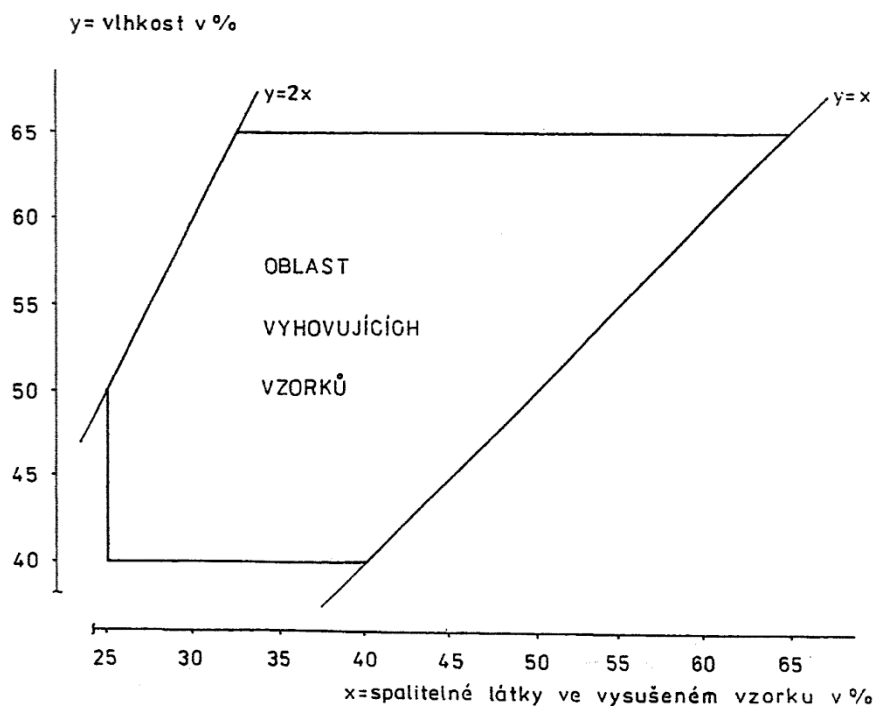


Příloha 3: Stavba kompostéru K700.

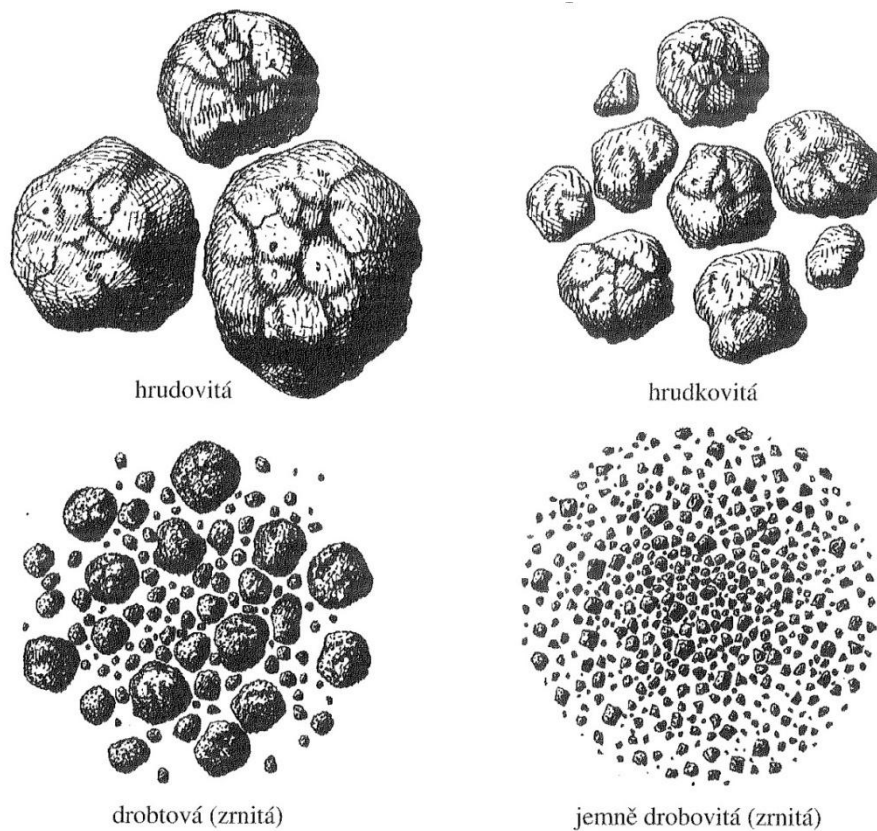


Zdroj: Jelinek mailing spol. s r.o. (www.jelinek-trailing.cz)

Příloha 4: graf pro určení vyhovující vlhkosti dle ČSN 465735 (1991).



Příloha 5: Typy půdní struktury dle Tomáška (2007)



pozn.: Vyobrazení je v přirozené velikosti. Pro kompost je dle ČSN 465735 nejvhodnější pouze struktura drobová až hrudkovitá.

Příloha 6: Protokoly z analýzy vzorků na celkové stanovení P.

LITOLAB	ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ AKREDITOVANÁ ČESKÝM INSTITUTEM PRO AKREDITACI Č. P. S.	 
----------------	---	---

PROTOKOL O ANALÝZE VZORKU č. 591/ODP

Zákazník: Přírodovědecká fakulta Univerzita Palackého v Olomouci tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc		IČO: 61989592
Matrice: Organická hnojiva	Datum odběru:	Datum přijetí: 27.10.10 Datum zpracování: 27.10.10 - 05.11.10
Způsob odběru: Neuvedeno		
Vzorkoval: Zákazník		
Postup vzorkování: Odběr vzorku nebyl proveden pracovníkem laboratoře		

Analýza číslo	Druh vzorku	Identifikace vzorku (Místo odběru)	Čas odběru
898 H	Kompost	K1	
899 H	Kompost	K2	
900 H	Kompost	K3	
901 H	Kompost	K4	
902 H	Kompost	K5	

Stanovení vybraných parametrů ve vzorku kompostu

An.č. / PAR.	P mg/kg
898 H	5920
899 H	6220
900 H	4660
901 H	3430
902 H	4220

Symbol	Parametr	SOP	Metoda	Nej.
P	Fosfor	21	ICP-OES	25 %

Nejistota stanovení: Ve sloupci "NEJ." jsou uvedeny rozšířené nejistoty jednotlivých stanovení jako součin směrodatné odchylky opakovatelnosti a koeficientu rozšíření ($k=2$), což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí 95%. Uvedené nejistoty nezahrnují nejistotu vzorkování.

Prohlášení: Výsledky analýz se vztahují pouze na zkoušený vzorek. Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře nesmí být protokol reprodukován jinak než celý. Číslo akreditované zkoušky je uvedeno ve sloupci "SOP". Stanovení označená "*" nejsou akreditovaná, "s" jsou provedena u subdodavatele. Zkoušky označené (PV) ve sloupci "METODA" byly provedeny na pracovišti Prostějov-areál ACHP, 798 12 Kralice n/H.

Schválení:

Zpracoval a schválil:

RNDr. Šárka Kubová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 10.11.10	Číslo protokolu: 591/ODP	Strana: 1/1
--	---------------------------------	--------------------

LITOLAB, spol. s r.o., Chudobín - A.s. 63, PSČ: 703 21, Česká republika, tel: 565 377 001-2, fax: 565 377 003, e-mail: laborator@litolab.cz
 ZÁPIS DO OBCE: OZNÁMENÍ REGISTRACE: Krajský obchodní soud v Olomouci, oddíl C, vložka 14160, DIČ: CZ48660560, IČO: 48 66 05 68

Pozn.: K1 – kompost z lokality č. 1 (stará městská zástavba), K2 – kompost z lokality č. 2 (sídlištní zástavba), K3 – kompost z lokality č. 3 (vesnická zástavba), K4 – kompost z lokality č. 4 (vilková zástavba), K5 – kompost z podsítné frakce

	ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ AKREDITOVANÁ ČESKÝM INSTITUTEM PRO AKREDITACI, Č.Ř.S.	 

PROTOKOL O ANALÝZE VZORKU č. 590/ODP

Zákazník: Přírodovědecká fakulta Univerzita Palackého v Olomouci tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc	IČO: 61989592
Matrice: Půda Způsob odběru: Neuvedeno Vzorkoval: Zákazník	Datum odběru: Datum přijetí: 27.10.10 Datum zpracování: 27.10.10 - 05.11.10
Postup vzorkování: Odběr vzorku nebyl proveden pracovníkem laboratoře	

Analýza číslo	Druh vzorku	Identifikace vzorku (Místo odběru)	Čas odběru
891 H	Půda - ostatní	P1	
892 H	Půda - ostatní	P2	
893 H	Půda - ostatní	P3	
894 H	Půda - ostatní	P4	
895 H	Půda - ostatní	P5	
896 H	Půda - ostatní	P6	
897 H	Půda - ostatní	P7	

Rozbor vzorku půdy po rozkladu lučavkou královskou

An.č. / PAR.	P mg/kg
891 H	585
892 H	458
893 H	349
894 H	506
895 H	329
896 H	535
897 H	543

Symbol	Parametr	SOP	Metoda	Nej.
P	Fosfor	21	ICP-OES	25 g

Nejistota stanovení: Ve sloupci "NEJ." jsou uvedeny rozšířené nejistoty jednotlivých stanovení jako součin směrodatné odchylky opakovatelnosti a koeficientu rozšíření ($k=2$), což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí 95%. Uvedené nejistoty nezahrnují nejistotu vzorkování.

Prohlášení: Výsledky analýz se vztahují pouze na zkoušený vzorek. Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře nesmí být protokol reprodukován jinak než celý. Číslo akreditované zkoušky je uvedeno ve sloupci "SOP". Stanovení označená "*" nejsou akreditovaná, "s" jsou provedena u subdávatele. Zkoušky označené (PV) ve sloupci "METODA" byly provedeny na pracovišti Prostějov-areál ACHP, 798 12 Kralice n/H.

Schválení:

Zpracoval a schválil:

RNDr. Šárka Kubová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 10.11.10	Číslo protokolu: 590/ODP	Strana: 1/1
-------------------------------------	--------------------------	-------------

LITOLAB, s.r.o., Chudčín - A.s. 83, PSČ: 703 21, Česká republika, tel: 565 377 001-2, fax: 565 377 003, e-mail: laborator@litolab.cz
 ZÁPIS DO OBECNÍHO REGISTRU: Krajský obchodní soud v Olomouci, oddíl C, vložka 19160. DIČ: CZ48660660, IČO: 49 66 05 08

Pozn.: P1 – půda z pod kompostu z lokality č. 1 (stará městská zástavba), P2 – půda z pod kompostu z lokality č. 2 (sídlíštní zástavba), P3 – půda z pod kompostu z lokalit č. 3 (vesnická zástavba), P4 – půda z pod kompostu z lokality č. 4 (vilková zástavba), P5 – půdámimo komposty (z blízkého pole), P6 – půda z pod kompostu z podsítné frakce

Příloha 7: Rozhodnutí o použití digestátu vyrobeného z BRKO jako hnojiva.



ÚSTŘEDNÍ KONTROLNÍ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝ Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture

Bio Servis Benešov spol. s r.o.
Ing. Radek Landovský
Na Spořilově 1371
25601 Benešov

Sp. zn.: 6160

Č.j.: 1305-6/ORH/UKZUZ/2011

V Praze, dne: 08.06.2011

Vyřizuje: Ing. Olga Bláhová

Tel.: 257294217

e-mail: olga.blahova@ukzuz.cz

Rozhodnutí o registraci hnojiva

podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agronomickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů.

Název hnojiva: Digestát, organické hnojivo tekuté

Číslo rozhodnutí o registraci: 3565

Žadatel: Bio Servis Benešov spol. s r.o., Na Spořilově 1371, 25601 Benešov, IČ: 27580962

Výrobce: Bio Servis Benešov spol. s r.o., Na Spořilově 1371, 25601 Benešov, Zařízení na zpracování biologicky rozložitelných odpadů cestou anaerobní digesce - ADOS Příbyšice, IČ: 27580962

Datum vydání rozhodnutí: 08.06.2011

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský jako věcně příslušný orgán ve smyslu § 2 odst. 1 písm. e) zákona č. 147/2002 Sb. O Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském), ve znění pozdějších předpisů

registruje výše uvedené hnojivo

podle ustanovení §5 odst. 1 první věty zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů

Platnost rozhodnutí je omezena do: 31.12.2015

Hodnoty chemických a fyzikálních vlastností hnojiva, rozsah a způsob použití, omezení při uvádění do oběhu a při užívání, způsob balení a varovná označení jsou uvedeny v příbalovém letáku, který je jakožto příloha nedílnou součástí tohoto rozhodnutí.

Podle §3 odst. 1. písm. a) zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů, toto hnojivo smí být uváděno do oběhu.

Příloha 8: Seznam všech provozoven bioplynových stanic komunálního typu (AF2) v ČR.

Bioplynová stanice Svojšíň	Bioplynová stanice Vysoká
Inst. el. výkon [kW]: 1052	Inst. el. výkon [kW]: 780
Inst. tep. výkon [kW]: 1000	Inst. tep. výkon [kW]: 1225
Rok zprovoznění: 2007	Rok zprovoznění: 2007
Bioplynová stanice Strážov - Přešti	Bioplynová stanice Příbyšice
Inst. el. výkon [kW]: 380	Inst. el. výkon [kW]: 994
Inst. tep. výkon [kW]: 402	Inst. tep. výkon [kW]: 904
Rok zprovoznění: 2011	Rok zprovoznění: 2009
Bioplynová stanice Kněžice	Bioplynová stanice Úpice
Inst. el. výkon [kW]: 330	Inst. el. výkon [kW]: 150
Inst. tep. výkon [kW]: 400	Inst. tep. výkon [kW]:
Rok zprovoznění: 2006	Rok zprovoznění: 2007
Bioplynová stanice Vysoké Mýto	Skládka Těmice u Hodonína
Inst. el. výkon [kW]: 320	Inst. el. výkon [kW]: 150
Inst. tep. výkon [kW]: 394	Inst. tep. výkon [kW]: 96
Rok zprovoznění: 2008	Rok zprovoznění:
ČOV Klatovy	Bioplynová stanice Černov
Inst. el. výkon [kW]: 250	Inst. el. výkon [kW]: 800
Inst. tep. výkon [kW]:	Inst. tep. výkon [kW]: 810
Rok zprovoznění: 2003	Rok zprovoznění:
Bioplynová stanice Žďár nad Sázavou	
Inst. el. výkon [kW]: 600	
Inst. tep. výkon [kW]: 608	
Rok zprovoznění:	

Příloha 9: Výsledky obsahu těžkých kovů v kompostech, půdách a prosevu.

Celkový obsah těžkých kovů ve vzorcích kompostů z jednotlivých lokalit.

Vzorek / Těžké kovy	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu[mg/kg]	Ni [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Zn [mg/kg]
Kompost z lokality 1	<0,5	19,6	16,7	5,6	8,0	81,3
Kompost z lokality 2	<0,5	15,5	19,8	8,0	3,6	71,8
Kompost z lokality 3	0,8	33,4	28,1	13,5	17,1	187,9
Kompost z lokality 4	<0,5	34,3	28,0	12,4	10,9	113,5
Půda pod K. z lok. 1	<0,5	38,5	13,0	14,6	9,9	74,2
Půda pod K. z lok. 2	<0,5	38,2	12,5	14,7	11,7	76,8
Půda pod K. z lok. 3	<0,5	34,7	12,7	14,3	8,0	60,5
Půda pod K. z lok. 4	<0,5	39,1	12,0	13,6	13,3	60,2
Půda mimo kompost	<0,5	43,3	11,2	29,7	7,6	59,5

Celkový obsah těžkých kovů ve vzorcích podsítné frakce a půd v porovnání s průměrným obsahem těžkých kovů v kompostech.

Vzorek / Těžké kovy	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu[mg/kg]	Ni [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Zn [mg/kg]
Podsítná frakce	4,2	52,5	92,1	21,3	54,6	272,4
Průměr komposty	0,5	25,7	23,1	9,8	9,9	113,6
Půda pod podsít. fr.	<0,5	43,2	18,2	13,7	14,9	185,8
Půda mimo prosev	<0,5	43,3	11,2	29,7	7,6	59,5

Pozn.: Tučně vyznačena je hodnota překračující limitní stanovení (uvedené v tabulce č. 12).