

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Biodegradabilní frakce komunálního odpadu v Olomouckém regionu

František Javůrek

Bakalářská práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků na získání titulu Bc. v oboru

Ochrana a tvorba životního prostředí

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

Olomouc 2010

Prohlášení

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

V Olomouci 30. dubna 2010

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

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

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.

ABSTRAKT

Situace v oblasti bioodpadů, zvláště pak těch biologicky rozložitelných komunálních odpadů, je v posledních letech velmi podrobně monitorovaná. Řešení problémů spojených s nakládáním s bioodpady si vyžaduje stálou pozornost. V současné době je Česká republika zavázána splněním cílů, které stanovila Evropská Unie. Nicméně pouhá implementace těchto cílů do naší legislativy problematiku bioodpadů dostatečně neřeší. Ministerstvo životního prostředí proto zadává projekty výzkumu a vývoje, k ověření některých příkladných postupů realizovaných v zemích EU. Tyto postupy by vedly k redukci množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů ukládaných na skládky. V předkládané bakalářské práci se zabývám ověřováním možností a efektivitou kompostování biologicky rozložitelného komunálního odpadu v malých domácích kompostérech. Výzkum je rozdělen do dvou samostatných částí. První část výzkumu je zaměřena na monitorování fyzikálních vlastností kompostovacího procesu v domácích kompostérech. Druhá část je zaměřena na chemické hodnocení procesu kompostování a bude zpracována v diplomové práci. Výsledky první části výzkumu ukazují na využitelný potenciál biologicky rozložitelného odpadu, který je z velké části stále odstraňován společně s komunálním odpadem skládkováním. Získané údaje také poskytují informace o hmotnostních a objemových změnách bioodpadu při procesu kompostování. Součástí předložené práce je i přehledová studie, zabývající se komplexním pohledem na řešenou problematiku. Informace v ní obsažené budou dále využity při zpracování diplomové práce. Výsledky celého výzkumu jsou také součástí řešeného projektu MŽP: SP/2f1/166/08, kde jsou dále zpracovávány.

Klíčová slova: biologicky rozložitelný komunální odpad, aerobní biodegradace, anaerobní biodegradace,

Javůrek F., 2010. Biodegradable fraction of 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

In the Czech Republic, biodegradable waste, especially biodegradable communal waste, is currently closely monitored. Solving the problems associated with the disposal of biodegradable waste needs continual attention. The Czech Republic is currently obligated to meet requirements set by the European Union. But, mere implementation of these goals by legislature however, does not sufficiently solve the problem of biodegradable waste. Hence, the Ministry of Environment commissions research and development projects to verify some exemplary processes viable in the EU. These processes would lead to a reduction of the amount of biodegradable communal waste which is dumped in landfills. In this bachelor's thesis, I study the possibilities and efficiency of composting of the communal biodegradable waste in small household composts. The research was divided into two separate parts. The first focuses on the physical properties of the household composting process. The second part concentrates on a chemical evaluation of the composting process and will be further developed in the master's thesis. Results of the first part of the research show the potential of biodegradable waste, which at the moment, is mostly dumped in landfills with the communal waste. Data also provides information about the mass and volume alternations of composted biodegradable waste. Another part of the bachelor's thesis is a comprehensive study of the situation of biodegradable communal waste. This information will be further used for the master's thesis. The results of this research are also a part of a project: MŽP: SP/2f1/166/08, where they are additionally processed.

Key words: biodegradable communal waste, aerobic biodegradation, anaerobic biodegradation

OBSAH

PODĚKOVÁNÍ.....	VII
SEZNAM TABULEK	IX
SEZNAM GRAFŮ	X
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	XI
SEZNAM ZKRATEK.....	XII
PŘEDMLUVA	XIII
1 ÚVOD.....	1
2 CÍLE PRÁCE	3
3 MATERIÁL A METODY	4
3.1 METODIKA PŘEHLEDOVÉ STUDIE	4
3.2 METODIKA DÍLČÍHO CÍLE	4
3.2.1 Vymezení zájmových oblastí	5
3.2.2 Použitý materiál a technické vybavení.....	7
3.2.3 Použité metody	9
4 PŘEHLEDOVÁ STUDIE.....	12
4.1 DEFINICE VYBRANÝCH POJMŮ	12
4.2 BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝ KOMUNÁLNÍ ODPAD	14
4.2.1 Druhy, složení a vlastnosti BRKO.....	15
4.2.2 Přehled možností nakládání s BRKO.....	18
Kompostování.....	21
Digesce.....	22
Přímé energetické využití – Spalování	23
Další možnosti nakládání s BRKO.....	24
Skládkování	26
4.3 AEROBNÍ BIODEGRADACE BRKO.....	28
4.3.1 Kompost	29
4.3.2 Hodnocení kompostovacího procesu	31
Teplota	33
Obsah kyslíku	34
Vlhkost	34
Pórovitost a nerozložitelné příměsi	36
Hodnota pH	36
Obsah živin a poměr C:N	37
Nežádoucí chemické látky v kompostu	38

Mikrobiální aktivita.....	38
4.3.3 Technologie výroby kompostu	39
Domácí kompostování.....	41
Komunitní kompostování	43
Obecní kompostování - malé zařízení	44
Průmyslové kompostování	45
4.3.4 Výhody a rizika aerobního rozkladu	48
4.4 ANAEROBNÍ BIODEGRADACE BRKO	49
4.4.1 Bioplynový proces	50
4.4.2 Složení bioplynu	54
4.4.3 Technologie výroby bioplynu.....	54
4.4.4 Využití bioplynu	57
Přímé spalování	58
Kogenerace	58
Palivový zdroj pro automobily.....	59
4.4.5 Výhody a rizika anaerobního rozkladu	60
4.5 SOUČASNÝ STAV BRKO A LEGISLATIVNÍ NÁSTROJE TÝKAJÍCÍ SE ČR	60
4.5.1 Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.....	62
4.5.2 Vyhlášky týkající se BRKO	62
4.5.3 Plán odpadového hospodářství České republiky	64
4.5.4 Legislativa EU	66
4.6 CHARAKTERISTIKA OLOMOUCKÉHO KRAJE.....	67
4.7 SOUČASNÝ STAV BRKO OLOMOUCKÉHO KRAJE	69
4.7.1 Plán odpadového hospodářství Olomouckého kraje	70
5 VÝSLEDKY PRÁCE	72
5.1 VÝSLEDKY OVĚŘENÍ EFEKTIVNOSTI KOMPOSTOVÁNÍ BRKO V MALÝCH DOMÁCÍCH KOMPOSTÉRECH.....	72
5.2 SHRNUÍ VÝSLEDKŮ.....	80
6 DISKUZE.....	83
7 SOUHRN	86
8 REFERENCE	87
9 SEZNAM PŘÍLOH	93

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Přehled vybraných lokalit	5
Tabulka 2: Množství celkového BRKO a papíru v domovním odpadu v roce 2008	16
Tabulka 3: Porovnání procesu ADOS s procesem suché a mokré fermentace	25
Tabulka 4: Limitní hodnoty těžkých kovů stanovené vyhláškou č. 209/2005 Sb., vyhláškou č. 341/2008 Sb. a ČSN 46535.....	64
Tabulka 5: Opatření k dosažení snížení množství BRKO ukládaného na skládky, vyplývající z POH ČR.....	65
Tabulka 6: Produkce odpadů dle OECD v Olomouckém kraji spolu s nebezpečnými odpady v období 2002 až 2005.....	69
Tabulka 7: Směrné hodnoty separace dle POH Olomouckého kraje	71
Tabulka 8: Obsahové poměry kompostu a nekompostovaného BRKO.....	72
Tabulka 9: Objemové změny kompostovaného BRKO.....	73
Tabulka 10: Vzdálenost proschlého a nerozloženého BRKO od okraje kompostéru v závislosti na expozici slunečního záření	74
Tabulka 11: Hmotnostní poměry kompostu a nekompostovaného BRKO	79
Tabulka 12: Hmotnostní změny kompostovaného BRKO.....	80

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Závislost mezi čistotou bioodpadu a velikostí obce	18
Graf 2: Grafické znázornění růstu BPS v ČR v období 2002 až 2009	22
Graf 3: Vliv doby a kontaktu s jednotlivými kmeny bakterií na množství a složení vyrobeného bioplynu	53
Graf 4: Vývoj produkce odpadů v ČR	61
Graf 5: Složení komunálního odpadu z domácností, údaje 2007	61
Graf 6: Vývoj množství BRKO ukládaného na skládky ve vztahu k cílům POH.....	65
Graf 7: Srovnání snižování množství BRKO ukládaného na skládky pro „normální“ a „oddálené“ plnění dle Směrnice EU o skládkách odpadu.....	67
Graf 8: Počet obyvatel v krajích ČR.....	68
Graf 9: Produkce odpadů dle OECD v Olomouckém kraji v období 2002 až 2005	69
Graf 10: Znázornění poměru obsahu kompostu a nerozloženého BRKO v kompostéru	73
Graf 11: Závislosti teploty kompostů z jednotlivých lokalit na teplotě okolní v čase ...	76
Graf 12: Závislosti mikrobiální aktivity resp. spotřeby O ₂ v kompostech na teplotě kompostu z jednotlivých lokalit v čase	77
Graf 13: Závislosti teploty kompostů na hmotnosti dodaného vzorku BRKO z jednotlivých lokalit v čase	78
Graf 14: Znázornění hmotnostního poměru vyzrálého kompostu a nerozloženého BRKO v kompostéru	79

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Místa svozových oblastí v Olomoucké aglomeraci	5
Obrázek 2: Kompostéry použité v experimentu	8
Obrázek 3: Grafické znázornění průběhu experimentů v čase	11
Obr.ázek 4: Schematické znázornění možností zpracování bioodpadu	20
Obrázek 5: Rozmístění zařízení na kompostování a biologickou dekontaminaci v roce 2007	21
Obrázek 6: Rozmístění spaloven odpadů v roce 2007	23
Obrázek 7: Rozmístění skládek odpadů v roce. 2007	26
Obrázek 8: Monitorované hodnoty při kompostování v pásové hromadě	32
Obrázek 9: Optimální průběh teploty při kompostování dle ČSN 465735	33
Obrázek 10: Orientační (ruční) zkouška vlhkosti.	35
Obr.ázek 11: Domácí kompostování na jedné zakládce	41
Obrázek 12: Kompostování v boxech nebo kompostérech	42
Obrázek 13: Kompostování v pásových hromadách na volné ploše	45
Obrázek 14: Kompostování v pásových hromadách v uzavřeném prostoru	46
Obr.ázek 15: Schéma anaerobního procesu	51
Obrázek 16: Obecné schéma BPS	55
Obrázek 17: Obecné schéma energetického využití bioplynu	57
Obrázek 18: Ujetá vzdálenost osobního automobilu na různé druhy biopaliv	59
Obrázek 19a, 19b: Odkrytá svrchní vrstva kompostovací hromady se zřetelnou hranicí nerozloženého BRKO a kompostem	74
Obrázek 20a, 20b: Vertikální pohled na stěny kompostu z lokality 3	75
Obrázek 21: Nerozložitelné čajové sáčky z plastové sítě po 20 měsíčním kompostování	75

SEZNAM ZKRATEK

BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
BRO	Biologicky rozložitelný odpad
ČSU	Český statistický úřad
ES	Evropská rada a parlament
CHKO	Chráněná krajinná oblast
KO	Komunální odpad
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NUTS II	Nomenklatura územních statistických jednotek (Region 800 000 - 3 000 000 obyvatel)
OK	Olomoucký kraj
POH	Plán odpadového hospodářství
SKO	Směsný komunální odpad
TSMO	Technické služby města Olomouc
VaV	Výzkum a vývoj

PŘEDMLUVA

Motto: „Ekologie je nauka o ekonomii přírody.“

Prof. RNDr. Milena Rychnovská, DrSc.

Téma této bakalářské práce jsem si vybral, protože si myslím, že problematika biologicky rozložitelných odpadů a odpadů vůbec si stále zaslouží velikou pozornost jak ze strany veřejné, tak i odborné. Chtěl jsem také napsat práci, která by se alespoň z části dala využít v reálné praxi a přispěla by ke zlepšení nynější situace v oblasti problematiky biologicky rozložitelných odpadů.

Na tomto místě si také dovoluji krátké zamyšlení. Poslední dobou jsem stále více přesvědčen, že řešení problematiky odpadů nezbyvá pět minut do dvanácté, nýbrž již notnou chvíli odbíjí. Jak dlouho se ve světě mluví a píše o odpadech? Před kolika lety byly stanoveny principy trvale udržitelného rozvoje? A kdy byly u nás vydány patřičné legislativní nástroje a metodiky k řešení odpadového hospodářství? Je už mnoho a mnoho napsáno o fenoménu „odpad“ a přijde mi z toho všeho, že už vše musí být dávno jasné, prozkoumané a zaběhnuté. V praxi se konkrétně u nás, v České Republice, nedaří naplňovat všechny stanové cíle. Rád bych proto také touto bakalářskou prací alespoň trochu poukázal na potřebu řešení celkové problematiky biologicky rozložitelných odpadů. Mojí snahou studenta, a doufám, že i později jako pracovníka ochrany přírody, je nacházet vztahy mezi přírodním, dokonalým řádem a chaosem, který tu na zemi stihl za poměrně krátkou chvíli vytvořit člověk. Čím hlouběji se prodírám do nesmírně spletené sítě mnoha různých vztahů, tím více mi je jasné, jak moc každá maličkost souvisí se vším. Troufám si říci, že na zemi neexistuje žádný děj, žádná skutečnost, která by se odehrávala, nebo vyskytla jen tak, bez žádných příčin a důsledků. Proto je spousta dějů tak složitých a neprobádaných. Proto si v tolika jevech nikdo nemůže dovolit říci, jak to přesně bude, když... Podobně jsme obklopeni nejasnostmi i v oblasti změny klimatu. Právě tento děj v sobě skrývá tolik různých vztahů, od těch přírodních a přirozených až po ty různou měrou antropogenně ovlivnitelných. Někteří autoři uvádějí, že do antropogenních dějů, nějakým způsobem ovlivňujících změnu klimatu, také patří vytváření a likvidace odpadů vůbec. Podle názoru těchto autorů i názoru platné Evropské legislativy, je také nezbytně nutné v duchu zastavení, či zpomalení změny klimatu řešit též problematiku biologicky

rozložitelných odpadů. Na druhou stranu je podle jiných autorů děj změny klimatu jen nepatrně ovlivnitelný jakoukoli lidskou činností. Tito autoři pak především kritizují fakt, že se do snah zastavit změnu klimatu investovalo, investuje a pravděpodobně ještě bude investovat obrovské množství finančních prostředků. Všem je jasné, že změna klimatu probíhá a proběhne. Otázkou je, do jaké míry a jestli vůbec může člověk něco udělat s již probíhající změnou klimatu. Osobně zastávám názor, že by bylo spíše lepší investovat do opatření, které nám pomohou lépe se připravit a přizpůsobit. Nechci zde ale analyzovat situaci v oblasti změny klimatu. Myslím si, že je důležité vědět o názorech a možnostech, které se naskýtají. Není správné schválně přehlížet jednotlivá fakta, abychom si nemuseli změnit názor.

Přes všechnu složitost a mnohé různé překážky jsem ale také přesvědčen o tom, že pořád není příliš pozdě pro uskutečnění nezbytných kroků, které v konečném důsledku mohou vést k lepší budoucnosti nás všech. Což bude stát velké úsilí celého lidstva. Je třeba též počítat s finančními výdaji. Rovněž je však zřejmé, že ekonomická rizika při nečinnosti tváří v tvář změně klimatu jsou velice vážná. Tímto tvrzením ze Sternovi studie je také vyjádřena myšlenka, že ne všechny přírodní děje lze zcela ovlivňovat, zastavit nebo dokonce změnit. Uvádí se zde také důležitost dobré přípravy a podnikání patřičných opatření, které nám v budoucnu pomohou přizpůsobit se. (Sternova studie, 2007)

Ať už se biologicky rozložitelnému odpadu přisoudí jakákoli váha na procesu změny klimatu, naléhavost řešení této problematiky je nadmíru jasná. A to, i kdyby bioodpad ukládaný na skládky, či jinak nevhodně zpracováván, neměl vůbec žádnou zásluhu na změně klimatu.

1 ÚVOD

Jedním z nejdůležitějších a zásadních problémů globálních rozměrů je řešení situace v oblasti odpadů. V posledních letech se dostává do popředí řešení otázky bioodpadů, tedy biologicky rozložitelných odpadů (BRO). (Zejména ve státech EU a státech vázaných Kodaňskou úmluvou.) Vzhledem k akutní potřebě řešit problematiku odpadu v komunální sféře, se jedná také o samotný biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO), kterému se věnuje tato práce. (BRKO je společně s odpady ze zemědělství lesnictví, potravinářství, papírenství a celulářství, ze zpracování dřeva, kůží a textilu, součástí BRO. BRKO je však pro jeho specifickou nutnost odlišovat viz „Biologicky rozložitelný komunální odpad“)

V souvislosti s legislativním opatřením EU (Především Směrnice Rady 1999/31/ES, o skládkách odpadů viz „Legislativa EU“) a plány odpadového hospodářství České republiky (POH ČR) a jednotlivých krajů, se řešení problematiky BRKO nejeví jako doporučení, ale stává se nutností. Je tedy bezpodmínečně zapotřebí podpořit rozvoj a vznik technologií, které se budou zabývat využitím BRKO a celkově i ostatního BRO. V ČR přibližně od roku 2000 dochází k nárůstu těchto technologií, zejména aerobní a anaerobní biodegradace. V dalším narůstání však brání spousta různých problémů. V současné době stále chybí dostatečné úpravy stávajících zákonů, vyhlášek a norem. (Problémem je nedostatečná motivace k třídění a neukládání BRKO na skládky, dále jsou přísné limity pro výstupní kompost i digestát, zastaralé normy atd.) Velkou překážkou realizace jednotlivých projektů také může být veřejnost, která není dostatečně seznámena s novými poznatky v oblasti zmiňovaných technologií a ze zbytečných obav většinou tato technologická zařízení v blízkosti svých sídel odmítá. Důležité také je, aby se na BRO celkově začalo nahlížet spíše jako na surovinu vhodnou k různým druhům zpracování (produkce bioplynu, tepelné a elektrické energie, výroba plnohodnotného hnojiva atd.), než jako na odpad.

POH ČR v rámci řešení této problematiky, podniká patřičná opatření. Nedílnou součástí jsou projekty na vytvoření kapacit pro zpracování BRO. Ministerstvo životního prostředí (MŽP) zároveň zadává konkrétní projekty výzkumu a vývoje (VaV) vedoucí ke snižování množství BRO ukládaných na skládky. Některé výsledky této práce také sloužily jako zdroj dat pro projekt MŽP: SP/2fl/166/08 „Struktura komunálního odpadu

v závislosti na době a místě vzniku v pohledu další využitelnosti obsažených komponent“.

Je zřejmé, že tato problematika je již poměrně dlouho dobu řešena a ještě dlouho řešena bude. Také je jasné, že se situace v oblasti BRKO velmi rychle vyvíjí a je nutné, abychom byli připraveni správně reagovat. Na svět přicházejí stále nové technologie pro zpracování BRKO, přibývá vědeckých poznatků a mění se celkový pohled na BRKO. V současnosti máme o BRKO k dispozici mnoho různých zdrojů informací. Některé jsou však zastaralé, aktuální zdroje zase bývají jen úzce specializované. Dle mého názoru chybí studie shrnující celkovou problematiku BRKO a reagující na aktuální podmínky. Rozhodl jsem se proto pokusit se takovou studii zpracovat. Jedním ze zpracovaného výzkumného záměru je možnost kompostování v domácích kompostérech.

Problematika BRKO má dlouhodobé pokračování, ale už nyní si vyžaduje jednání ze strany samosprávních celků i státních orgánů, nemluvě o úloze jednotlivých občanů. Význam komplexního řešení problematiky tedy spočívá v omezení skládkování BRKO a jeho především materiálového využití.

2 CÍLE PRÁCE

Tato práce sledovala dva konkrétní cíle:

Prvním cílem této bakalářské práce bylo sestavení přehledové studie aktuální problematiky BRKO z dostupných literárních zdrojů. Jednalo se o shrnutí různých možností zpracování BRKO s ohledem na region Olomoucka a nastínění stavu platné legislativy i jednotlivých oblastí nakládání s BRKO. Největší pozornost pak byla věnovaná aerobní a anaerobní biodegradabilitě, jakožto hlavním způsobům materiálového využití BRKO. Tento cíl jsem zpracoval ve smyslu literární rešerše k mé budoucí diplomové práci.

Druhým dílčím cílem bylo po fyzikální stránce ověřit efektivnost kompostování BRKO v malých domácích kompostérech, v návaznosti na projekt Olomouckého magistrátu (možnost získat domácí kompostér zdarma). Šlo zde především o zhodnocení účinnosti domácích kompostérů, které jsou k dostání na trhu. Vycházeli jsme z parametrů uvedených výrobcem a srovnávali je se skutečností v provedeném experimentu. Záměrem bylo pokusit se o simulaci chování průměrného občana při vlastním (domácím) kompostování. Dopředu jsme ale mohli očekávat, že ne všechny parametry uvedené výrobcem budou korelovat se skutečností, neboť při pokusech jsme nepracovali s ideálním materiálem ani v ideálních podmínkách. Pro vzájemné srovnání experimentů byly vybrány čtyři různé typy zástavby. (Specifika týkající se typů zástavby jsou popsány níže. Viz „Charakteristika zájmového území“.) Celkem tedy byly provedeny čtyři experimenty kompostování s následným vyhodnocením procesu. Tento cíl byl také zpracován v závěrečné zprávě zmiňovaného projektu MŽP: SP/2f1/166/08.

3 MATERIÁL A METODY

V této kapitole jsou popsány jednotlivé postupy a materiály použité při řešení stanovených cílů.

3.1 METODIKA PŘEHLEDOVÉ STUDIE

Přehledová studie je sestavena na základě dostupné literatury. Vzhledem k velkému množství různých a často roztržštěných zdrojů byla nejdříve sestavena osnova. Tato osnova se skládala ze sedmi hlavních bodů. Nejprve se stanovily základní pojmy týkající se problematiky BRKO. Dále byla nastíněna problematika samotného BRKO. Nejpodrobněji jsem se zaměřil na aerobní a anaerobní biodegradaci. Dle mého názoru jsou totiž tyto dva procesy stěžejní pro pochopení principu řešení problematiky BRKO. Následující bod jsem věnoval legislativnímu přehledu a stavu situace BRKO pro ČR.

Vzhledem k tomu, že působnost dílčího cíle (i dalších cílů, které jsou stanoveny pro diplomovou práci), je především pro Olomoucký kraj, byla do této přehledové studie také zařazena stručná charakteristika OK. V návaznosti na tuto charakteristiku byl shrnut i současný stav BRKO v Olomouckém kraji. Převážná většina informací pochází z domácích zdrojů. Je to především proto, že zahraniční zdroje není možné aplikovat na místní možnosti především pro rozdílné přírodní i legislativní podmínky. Ideální řešení problematiky BRKO jiných států nemusí být tedy ideálním řešením pro ČR.

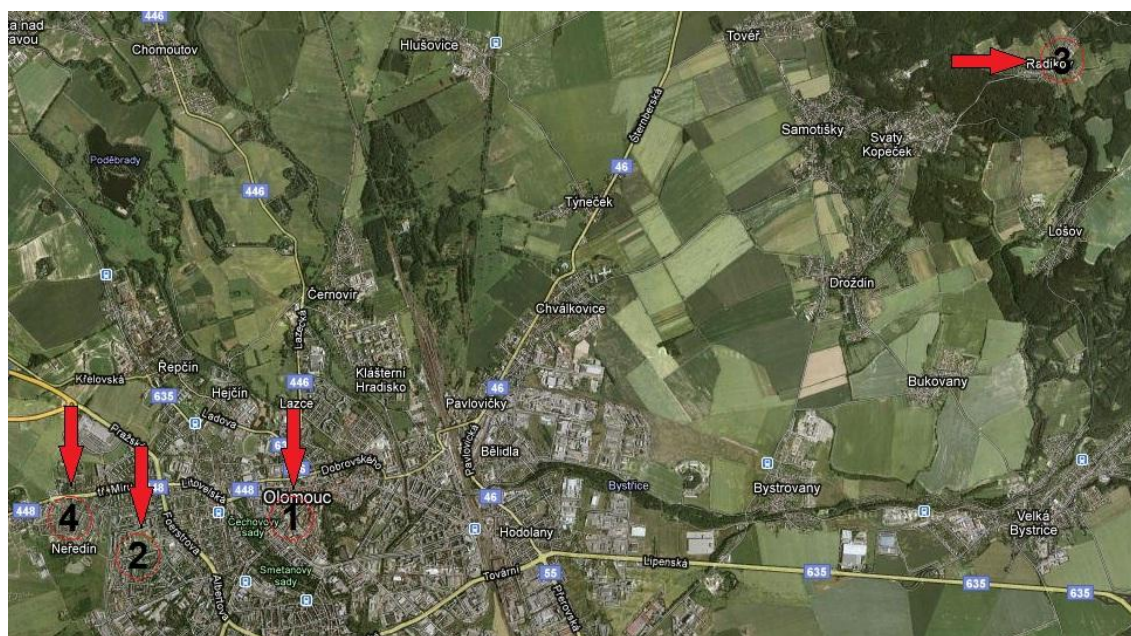
3.2 METODIKA DÍLČÍHO CÍLE

Pro řešení cíle ověření efektivity kompostování v malých domácích kompostérech byla sestavena následující metodika a použity následující materiály

3.2.1 Vymezení zájmových oblastí

Nejprve byly vymezeny zájmové oblasti, ze kterých se pravidelně odebíraly vzorky SKO (tzv. svozové oblasti). Tyto oblasti byly převzaty z řešeného projektu MŽP: SP/2f1/166/08. Vybrané oblasti jsou znázorněny na Obr. 1. Z těchto čtyř oblastí byl celkem čtrnáctkrát sebrán vzorek SKO, který byl následně analyzován (viz níže).

Obrázek 1: Místa svozových oblastí v Olomoucké aglomeraci



Zdroj: Mapový server Google, upraveno.

Pozn.: (1 – stará domovní zástavba v centru města, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – Vilová zástavba)

Tabulka 1: Přehled vybraných lokalit

zájmová oblast výzkumu	konkrétní rozsah oblasti	počet obyvatel / počet domácností
1. stará domovní zástavba (v centru města)	ulice Riegerova, Pavelčákova, Horní a Dolní Náměstí	669 / 400
2. sídlištní zástavba	ulice Jílová	1340 / 654
3. vesnické zástavba (Radíkov)	ulice Malinovského, Zedníkova a Vrchní	159 / 65
4. Vilová zástavba	ulice Na Vršku, Pod Letištěm, Klusalova a Keltská	221 / 70

Popis jednotlivých lokalit ve vztahu k BRKO a jeho očekávaného množství.

Stará domovní zástavba v centru města je velmi charakteristická svými vlastnostmi. Jde především o absenci větších ploch zeleně. Můžeme tedy očekávat velmi malé podíly „zeleného bioodpadu“ ve SKO. Dalším pozorovaným jevem řídké zastoupení rodin ve staré zástavbě města. Rodinné byty jsou zde převážně nahrazeny různými prodejny, je zde mnoho kanceláří, popřípadě nájemní byty, které se využívají především v pracovní dny. Z toho lze odvodit, že ve SKO bude také nízký „kuchyňský bioodpad“, jelikož je předpoklad stravování se těchto lidí v restauračních zařízeních. Od těchto ani jiných podnikatelských provozoven nebyl odpad odebírán. I když se občas v KO objevil tento druh odpadu (např. velké množství slupek od cibule evidentně pocházejících z podnikatelské činnosti), dle zákona se nesmí žádný odpad z podnikatelské sféry likvidovat společně s komunálním odpadem. V této zástavbě není provozován separovaný sběr BRKO. V úvahu nepřipadá ani domácí kompostování. I přesto lze vzhledem ke zmíněným skutečnostem očekávat malé množství BRKO v KO. Počet obyvatel v lokalitě je 669 na 400 domácností (k datu 22. 4. 2008). Z celkového počtu obyvatel tvoří cca 1/5 obyvatelstvo starší 60 let. Počet dětí do 14 let je cca 90. Necelé dvě třetiny tedy zaujímá střední generace (15 – 59 let). Reálný snímek lokality viz příloha 24.

Sídlištní zástavbu můžeme charakterizovat jako oblast s potenciálně vysokým množstvím BRKO ve SKO. Tomuto tvrzení nahrává fakt, že obyvatelé této zástavby produkují relativně velké množství BRKO (produkce jak „kuchyňského“, tak i „zeleného bioodpadu“ z údržby květin, dřevin či zatrávněných ploch). Přitom ale není zajištěn ani separovaný sběr bioodpadu nebo komunitní kompostování. Individuální kompostování většinou také nepřipadá v úvahu pro nedostatek místa. Počet obyvatel v této lokalitě je 1340 na 654 domácností (k datu 22. 4. 2008). Z celkového počtu obyvatel tvoří cca 1/3 obyvatelstvo starší 60 let, a počet dětí do 14 let je zde cca 140. Nadpoloviční většinu tedy zaujímá střední generace. Reálný snímek lokality viz příloha 25.

V rodinných domcích vesnické zástavby (pro tento typ zástavby byla vybrána obec Radíkov) můžeme očekávat taktéž relativně malé množství BRKO obsaženého ve SKO. Zástavbu sice charakterizují četné zelené plochy, které je nutné udržovat, a také zde můžeme předpokládat velký podíl „kuchyňského bioodpadu“. Na druhou stranu je

pravděpodobná intenzivní likvidace tohoto BRKO různými způsoby. (Především domácím kompostováním, velkoobjemový sezónní svoz bioodpadu, popřípadě zkrmování bioodpadu domácími či hospodářskými zvířaty.) Je však také nutné počítat s postupným mizením „tradičních“ způsobů likvidace BRKO v tomto typu zástavby. Počet obyvatel v této lokalitě je 159 na 65 domácností (k datu 22. 4. 2008). Z celkového počtu obyvatel tvoří cca 1/5 obyvatelstvo starší 60 let, a počet dětí do 14 let je zde cca 30. Tři pětiny pak zaujímá střední generace. Reálný snímek lokality viz příloha 26.

Posledním typem zástavby byla zvolena vilová čtvrť. Opět ji charakterizuje množství rodinných domů se samostatnými zelenými plochami, jako je tomu ve vesnické zástavbě. Je zde ale zaveden separovaný sběr BRKO a pro zájemce byl také v rámci zmiňovaného projektu magistrátu Olomouce zdarma rozdáván kompostér pro domácí kompostování. To je ideální předpoklad pro velmi malé množství BRKO obsaženého ve SKO. Musíme však brát v potaz i sociologickou stránku zástavby. Ve vilové čtvrti většinou nebydlí lidé, kterým by „přebýval“ volný čas pro vlastní kompostování. Také můžeme předpokládat menší spolehlivost při samotné separaci. (Pro tuto část obyvatelstva většinou nejsou pro separaci BRKO dostatečnou motivací ani ekonomické výhody.) Počet obyvatel v této lokalitě je 221 na 70 domácností (k datu 22. 4. 2008). Z celkového počtu obyvatel je cca 10 obyvatel starší 60 let, a počet dětí do 14 let je zde cca 50. Tři čtvrtiny zaujímá střední generace. Reálný snímek lokality viz příloha 27.

Celkový počet obyvatel ve všech lokalitách je 2389 (k datu 22. 4. 2008), což odpovídá 2 % z celkového počtu obyvatel města Olomouce (viz „Charakteristika Olomouckého kraje“).

3.2.2 Použitý materiál a technické vybavení

K samotnému kompostování separovaného BRKO byly využity:

- Čtyři samostatné, komerčně dostupné, velkoobjemové kompostéry značky CompoStar K700 (720 l) kónického tvaru se zúžením směrem k vrcholu. Kompostéry jsou vyrobeny z recyklovatelných plastů, mají perforované stěny a jsou opatřeny uzavíratelným poklopem s odvětráváním. Kompostér nemá dno. Rozměry základny jsou 94×94 cm, výška je 115cm. Také je opatřen bočními

dvířky, umístěnými naproti sobě. (viz Obr. 2) Tento typ kompostéru vyrábí firma fa. Jelínek – Trading s.r.o. (detailní schéma kompostéru viz příloha 3).

Obrázek 2: Kompostéry použité v experimentu



Zdroj: Vlastní.

Pozn.: Kompostéry jsou seřazeny zleva: Stará domovní zástavba, sídlištní zástavba, vilová zástavba a vesnická zástavba. Kompostér vzadu na fotografii je určen pro kompostování tzv. „prosevu“, který není předmětem této práce.

Pro monitoring kompostovacího procesu byl využit:

- Digitální teploměr GKF 125 (firma GREISINGER s rozpětím -65 až $+200$ °C) s velmi rychlou odezvou, pro měření aktuální a teploty probíhajícího procesu (viz příloha 4).
- Přenosný monitor kyslíku ASIN O₂, s vpichovací sondou, pro měření obsahu O₂ v kompostu (viz příloha 4).

Pro stanovení účinnosti kompostovacího procesu a analýzy výsledného produktu (kompostu) bylo využito:

- 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 a homogenizaci odběrových vzorků.
- Plastové nádoby (50 l), pro homogenizaci a kvartaci vzorků.
- Plastové pytle silnostěnné (160 l), pro odběr a vážení kompostu.
- PE uzavíratelné sáčky (velikost A4), pro odběr a uchování laboratorních vzorků.
- Váhy laboratorní digitální přesné série GX – 1000 (firma HELAGO-CZ), pro vážení a hmotnostní analýzy laboratorních vzorků.

- Váhy průmyslové mechanické výrobce Transporta Úpice, váživost do 100 kg (s přesností 100g), pro váhovou analýzu vyprodukovaného kompostu.

3.2.3 Použité metody

Ověření efektivity kompostování v malých domácích kompostérech bylo rozděleno na tři základní úseky. Prvním úsekem metodiky byly vytyčeny postupy a podmínky kompostování. Druhým metodickým úsekem se určilo průběžné monitorování kompostovacího procesu. Třetí úsek metodiky stanovil postupy hmotnostních a objemových analýz BRKO a kompostu.

Metodika prvního úseku:

Nejprve byl proveden technickými službami města Olomouce (TSMO) odběr vzorků KO ze všech čtyř popsaných oblastí. Vzorek KO odebíraný TSMO byl sjednán na 1 000 kg. Z tohoto množství byl následně odebrán reprezentativní vzorek o hmotnosti 200 kg pro jeho celkovou analýzu v rámci projektu MŽP: SP/2f1/166/08 (viz příloha 18). (Ze začátku experimentu TSMO sedmkrát dodal vzorky s velmi nízkou hmotností, nedosahující ani 200 kg. V těchto případech byl pro experiment použit celý vzorek dodaný TSMO. Průměrně se jednalo o vzorky s hmotnostním rozdílem 28,66 kg od plánovaných 200kg. Proto na ně při kompostovacím procesu nebyl brán zřetel. S těmito „podvážovými“ vzorky je počítáno jen při hmotnostních analýzách.) Pro řešení tohoto cíle byl využíván pouze vytríděný vzorek kompostovatelného BRKO, což je průměrně 17,08 % hmotnostních z celého vzorku KO. (Celkový bioodpad obsažený v KO se skládá z kompostovatelného a nekompostovatelného BRKO (viz příloha 19). Jeho průměrné hmotnosti zastoupení je 26,87 % v celém vzorku KO. Vzorky byly odebrány celkem čtrnáctkrát (v cca měsíčním intervalu), v období od 15. 9. 2008 do 15. 10. 2009. Po dávce posledního vzorku byly komposty ještě půl roku bezzásahově pozorovány (monitoring a vizuální hodnocení). (Následně byly odebrány vzorky kompostů i půdy pod komposty pro fyzikální i chemické analyzování. Výsledky a metodika těchto analýz bude popsána až ve zmiňované diplomové práci.) Všechny experimentální kompostéry pak byly rozebrány ke dni 21. 4. 2010. Byl tak zakončen kompostovací cyklus, který trval rok a osm měsíců s tím, že první dávka vzorku BRKO (15. 9. 2008) byla v tomto procesu po celou dobu a poslední dávka vzorku BRKO (15. 10. 2009) byla v procesu kompostování šest měsíců. Grafické znázornění provedených akcí je zachyceno na Obr. 3.

Každý jednotlivý odběr kompostovatelné složky byl jednoduše mechanicky homogenizován a vložen do příslušného kompostéru. (Celkem bylo provedeno: 14 odběrů ze „Staré domovní zástavby“, 27 odběrů ze „Sídlištní zástavby“, 13 odběrů z „Vesnické zástavby“ a 14 odběrů z „Vilové zástavby“. Součtem se získalo 68 vzorků kompostovatelného BRKO pro všechny kompostéry. Průměrná hmotnost vzorku činila 34 kg. V kompostéru a v průběhu kompostování substrát dále promícháván nebyl.

Experiment byl takto vedený především z důvodů zmíněné simulace chování běžného uživatele. (Nutnost promíchávání není uvedena ani v návodu, navíc samotná konstrukce kompostéru nedává velké možnosti na promíchávání (překopávku) substrátu během kompostovacího procesu.) Kompostéry byly umístěny v areálu biocentra přírodovědecké fakulty UP Olomouc (Šlechtitelů 11). Vzdálenost mezi jednotlivými kompostéry je 30 cm a nejsou ničím zvlášť zastíněné, z části pouze okolními stavbami a samy sebou, jak je vidět na Obr. 2. Jsou orientovány přední stranou na západ. Pravá stran kompostéru je tedy vystavena největšímu náporu slunečního záření. (Zvláště pak kompostér nejvíce vpravo určený pro BRKO z vesnické zástavby.) Právě na této straně můžeme očekávat negativní vliv zvýšené teploty. Kompostéry jsou založeny na povrchu půdy, což umožňuje komunikaci mezi kompostem a půdním edafonem.

V rámci prvního úseku byly stanoveny objemové změny s využitím dat získaných při analýze vzorku KO a vypočítaných objemů reálného stavu kompostů a nerozložených zbytků BRKO v kompostérech. Proces kompostování byl průběžně (v pravidelných intervalech cca jednou za týden) vizuálně pozorován. Pozorované jevy byly zaznamenány (fotodokumentace) a vyhodnoceny. Pozornost byla zaměřena na určení těžce rozložitelného nebo nerozložitelného materiálu a celkové funkčnosti zvolených kompostérů

Metodika druhého úseku:

V kompostovacím procesu se nejprve tři měsíce po uložení prvních vzorků BRKO do kompostéru (od 17. 12. 2008) začala monitorovat teplota. V té době již bylo nashromážděno dostatečné množství materiálu. Od 4. 6. 2009 se k monitorování teploty přidalo i monitorování O_2 . Takto byly v průběhu kompostování pravidelně monitorovány všechny komposty z jednotlivých lokalit (cca v týdenním intervalu). Monitorování procesů bylo prováděno ještě měsíc a půl po zakončení vrstvení vzorků BRKO do kompostérů (do 24. 11. 2009). Celkem tedy bylo provedeno

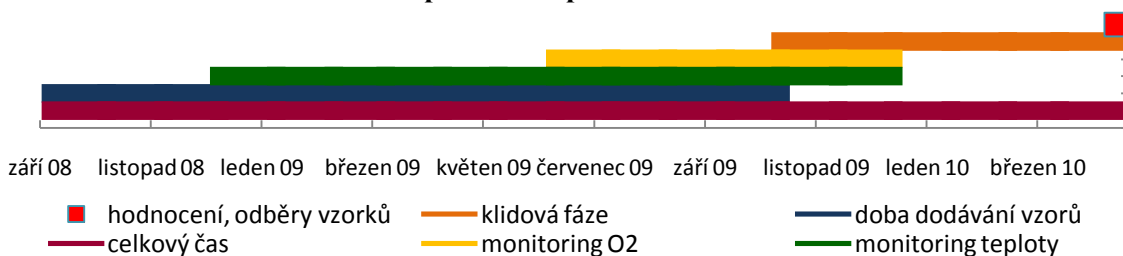
51 monitorovacích měření v každém kompostéru, v rozsahu necelých 12 měsíců (viz Obr. 3)

Monitorovací měření se skládalo z 6 dílčích měření. (Kromě prvních 6 měsíců monitorování, kdy se monitorovala pouze okolní teplota a teploty v jednotlivých kompostérech) Nejprve se stanovila venkovní teplota v místě kompostérů (v závětrří a ne na přímém slunci). Následně byla změřena maximální teplota v daném kompostu jako jeden z hlavních ukazatelů správně probíhajícího kompostovacího procesu. Dalším měřením byl stanoven obsah O_2 . Nejprve ve vrchní vrstvě (10 cm), následně i ve vrstvách 20, 30 a 40 cm. Všechny naměřené hodnoty byly zaznamenány a statisticky vyhodnoceny. Výsledky měření teplot byly porovnány s výsledky měření obsahu O_2 a také s hmotnostmi jednotlivých vzorků BRKO, získané z analýzy vzorků KO. Výsledná data byla zpracována do přehledných grafů.

Metodika třetího úseku:

Každý vzorek kompostovatelného BRKO byl před vložením do kompostéru zvážen (využití dat z analýzy vzorků KO). Po zakončení celého experimentu byly jednotlivé kompostéry rozebrány a zvlášť byl zvážen vyzrálý kompost a nerozložená část BRKO. (Za použití průmyslové váhy a tlustostěnných pytlů, jejich hmotnost byla při každém vážení odečtena) Následně byly určeny hmotnostní změny BRKO při procesu kompostování a byly také srovnány s objemovými změnami řešené prvním úsekem této metodiky. Takto byla vyhodnocena celková účinnost zvolených kompostérů po fyzikální stránce.

Obrázek 3: Grafické znázornění průběhu experimentů v čase



Pozn.: Čísla na časové ose odpovídají vždy 15. dni v měsíci, počínaje zářím 2008 a konče dubnem 2010.

(Před zakončením experimentu a rozebrání kompostérů byly odebrány vzorky do uzavíratelných, plastových sáčků pro další, podrobnější fyzikální a chemické analýzy. Tyto analýzy jsou postupně vyhodnocovány a jejich metodika i výsledky budou součástí diplomové práce.)

4 PŘEHLEDOVÁ STUDIE

První cíl a zároveň výsledek práce je tato samostatná kapitola. Přehledová studie plní dvě základní funkce. Zaprvé vymezuje a uvádí do celkové problematiky BRKO. Za druhé slouží jako základ pro výzkum a řešení v rámci diplomové práce. Pro lepší orientaci v kapitole jsou jednotlivé podkapitoly vymezeny podle osnovy uvedené v metodice přehledové studie. (Na začátku jsou uvedeny jednotlivé definice stanovené zákonem nebo odbornou literaturou. Následně je řazena podkapitola, která podrobněji pojednává o hlavním tématu této práce charakteristiky. Ve třetí a čtvrté podkapitole jsou rozepsány aerobní a anaerobní děje. Další podkapitola obsahuje legislativní přehled týkající se stavu BRKO a ČR. Šestá podkapitola se zabývá charakteristikou Olomouckého kraje. V posledním bodě této studie je řešen stav BRKO přímo v Olomouckém kraji.

4.1 Definice vybraných pojmů

Definice vymezené zákonem 185/2001 Sb., o odpadech

Zákon 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, vstoupil v platnost 1. 1. 2002. (Podrobněji o tomto zákoně v podkapitole „Zákon o odpadech 185/2001Sb.“)

- **Odpad:** Každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a která přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v Příloze 1 k zákonu 185/2001 Sb.
- **Způsoby nakládání s odpadem:** Podle zákona jsou rozděleny do dvou skupin na využívání odpadů a odstraňování odpadů. Nakládáním s odpady se také rozumí jejich shromažďování, soustřeďování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování a úprava (Rozdělení odpovídá Směrnici EU, Evropského parlamentu a Rady (ES) 98/2008 o odpadech.)

- **Využívání odpadů:** Činnosti uvedené v Příloze 3 k zákonu 185/2001 Sb., které rozšiřuje vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 383/2001 Sb. o některé specificky sledované způsoby využití).
- **Odstraňování odpadů:** Činnosti uvedené v Příloze 4 k zákonu 185/2001 Sb.
- **Komunální odpad (KO) (a směsný komunální odpad (SKO)):** Veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, který je uveden jako komunální odpad v prováděcím právním předpise (Vyhláška MŽP č 374/2008 Sb., dříve vyhláška MŽP č 381/2001 Sb.) s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání (Podle Směrnice EU, ES 31/1999 o skládkách odpadu je to odpad z domácností a rovněž ostatní odpady obdobné povahy nebo složení jako odpady z domácností V této práci je za komunální odpad považován veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a jemu podobné odpady ze živností, úřadů nebo podobně, včetně odděleně sbíraných složek těchto odpadů.)
- **Biologicky rozložitelný odpad:** Jakýkoli odpad, který podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu (používá se též pojem biodegradabilní odpad)
- **Materiálové využití odpadů:** Náhrada prvotních surovin látkami získanými z odpadů, které lze považovat za druhotné suroviny, nebo využití látkových vlastností odpadů k původnímu účelu nebo k jiným účelům, s výjimkou bezprostředního získání energie
- **Energetické využití odpadů:** Použití odpadů způsobem podobným jako paliva za účelem získání energie v nich obsažené, nebo jiným způsobem k výrobě energie
- **Zařízení pro biologické zpracování biologicky rozložitelných odpadů:** zařízení pro aerobní nebo anaerobní rozklad biologicky rozložitelných odpadů (Mechanicko – biologická úprava (MBU), kompostárna, bioplynová stanice (BPS).) (Zákon č. 185 2001)

Další definice pojmů vymezené odbornou literaturou

- **Domovní odpad:** Odpad vznikající v domácnostech jako spotřební odpad jejich obyvatel. Domovní odpad je součástí komunálního odpadu. (Ktoullová a Váňa 2001)
- **Kuchyňský potravinový odpad:** Jedná se o tu část bioodpadu zastoupenou v domovním odpadu, která vzniká z přípravy jídel a zbytky jídel. (Ševčíková 2008)
- **Zbytkový komunální odpad:** Je definován jako komunální odpad, který zůstane po realizaci činností spojených s minimalizací odpadů a odděleným sběrem (Metodický pokyn MŽP 4 2005)
- **Kompostování:** Aerobní proces, při němž se činností mikro a makro organismů za přístupu vzduchu přeměňuje využitelný bioodpad na stabilizovaný výstup – kompost. (Metodický návod BRO 2008)
- **Anaerobní digesce:** Řízený a kontrolovatelný mikrobiální mezofilní nebo termofilní rozklad organických látek bez přístupu vzduchu v zařízení bioplynové stanice za vzniku bioplynu, digestátu nebo rekultivačního digestátu. (Metodický návod BRO 2008)
- **Hygienizace:** Způsob úpravy bioodpadu, který vede k redukci počtu patogenních organismů, které mohou způsobit onemocnění člověka nebo zvířat pod stanovenou mez. (Metodický návod BRO 2008)

4.2 BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝ KOMUNÁLNÍ ODPAD

Hlavním předmětem této práce je biodegradabilní frakce komunálního odpadu. Jinak řečeno biologicky rozložitelná část komunálního odpadu. Je třeba si totiž uvědomit, že BRKO tvoří jen část BRO. Celkové množství BRO je totiž mnohonásobně větší než množství BRKO. Je proto nutné, jak již bylo řečeno, tyto dva termíny rozlišovat a nezaměňovat je. (Ktoullová a Váňa 2001) BRKO je tedy odpad, který je schopen aerobního nebo anaerobního rozkladu, za vzniku kompostu nebo digestátu, prostřednictvím biologických činitelů. Tyto rozkladné procesy jsou způsobeny

metabolickou činností půdních mikroorganismů nebo různých bezobratlých. V procesu jsou přítomny přirozeně, nebo mohou být řízeně dodány. Právně jsou za BRKO považovány všechny druhy odpadů, uvedené ve skupině 20 „Katalogu odpadů“. (viz příloha 14)

I když je množství BRKO v porovnání s BRO mnohem menší, není zanedbatelné. Hřebíček a kol. (2008) ve své prognóze předpokládají, že v letošním roce, dosáhne BRKO 54 % podíl z celkového SKO. Také předpokládají, že do roku 2020 tento podíl stoupne až k 60 %. Z jejich studie, ale také z pouhých statistických údajů vyplývá, že podíl BRKO ve SKO v posledních letech stále roste. Tato skutečnost je opravdu velmi vážná a je nutné ji řešit. Zákonná opatření jsou stanovena už delší dobu. Je to především zmíněná Směrnice Rady EU 1999/31 o skládkování odpadů. (viz „Legislativa EU“). Stejně tak s BRKO velmi úzce souvisejí i opatření a cíle POH ČR. Jsou totiž implementovány právě ze zmíněné Směrnice Rady EU. Mezi ně například patří vytváření podmínek k oddělenému sběru bioodpadu, zamezení znečištění BRKO nebo jejich komplexní řešení nakládání. Jednotlivé cíle a opatření POH ČR, jsou rozepsány později. (viz „Plán odpadového hospodářství České republiky“)

4.2.1 Druhy, složení a vlastnosti BRKO

Komunální bioodpad lze rozdělit na několik skupin, podle různých pohledů. Například podle Kotoulové a Váňi (2001) můžeme BRKO rozdělit na: Odpad ze zeleně, bioodpad z domácností, odpad z papíru a na specifické bioodpady.

Také dodávají, že je často obtížné určit měrné množství odpadu ze zeleně. Ze zahraničních zkušeností pak uvádějí 30 až 300 kg na obyvatele za rok.

Analýzy domovního odpadu a v nich obsaženého bioodpadu jsou mnohem přesněji stanovitelné. Jejich druhové složení je závislé na místních i časových podmínkách. Není třeba uvádět konkrétní příklady, vesměs lze říci, že jsou to veškeré biodegradabilní odpady vyprodukované v domácnosti (především zbytky z přípravy a konzumace potravin). Zajímavé však jsou množstevní analýzy domovního bioodpadu. Ševčíková (2008) např. ve své práci uvádí poměrně přesné údaje o hmotnostním zastoupení BRKO v domovním odpadu. (viz Tab. 2)

Tabulka 2: Množství celkového BRKO a papíru v domovním odpadu v roce 2008

	sídlištní zástavba velkých měst	sídlištní zástavba menších měst	smíšená zástavba měst	vesnická zástavba
Celkové množství BRKO v domovním odpadu				
hmotnost %	40,9	41,8	42,9	13,9
kg/obyvatel/rok	63	54	67	27
Z toho množství papíru obsaženého v domovním odpadu				
hmotnost %	22,7	22,2	25,6	7,6
kg/obyvatel/rok	35	29	40	15

Zdroj: Data (Ševčíková 2008), upraveno.

Papír, který se společně s ostatními bioodpady řadí do BRKO, není příliš velkou překážkou pro biodegradabilní procesy. Avšak mnohem lepší naložení s ním je samostatná separace a recyklace, kterou dobře známe z praxe. Pro jeho biologické zpracování je z tohoto pohledu nejvhodnější papír, který není možné pro jeho znečištění dále samostatně separovat a recyklovat. Také si musíme uvědomit, že se pro kompostování všechny typy papíru nehodí už ze své podstaty. (Případná toxicita různých příměsí, barviv, lepidel, vosků plniv atd.) Kotoulová a Váňa však uvádějí, že papír, do 10 % hmotnosti vstupních surovin, působí pro kompostování velice příznivě. (Kotoulová a Váňa 2001)

Specifickými bioodpady pak máme na mysli některé odpady z živnostenských provozů. Jsou to především květinářství, zelinářství, pekařství, provozovny zpracovávající masné výrobky, všeobecně obchody s potravinami. Dále to jsou odpady z restaurací, jídelen, hotelů a mnohé další bioodpady z různých podniků. U tohoto druhu odpadů je často problematické zjistit přesné množství. Větší množství produkovaného bioodpadu je sice podle zákona povinné evidovat, ale menší provozovny tuto povinnost nemají. Tyto bioodpady také většinou spadají pod zvláštní hygienické opatření, která např. znemožňují kompostování těchto bioodpadů, nebo nařizují jejich hygienizaci, až sterilizaci (u některých druhů potravin, podezřelých na výskyt salmonely). (Ibid.)

Další rozdělení bioodpadu může být na kompostovatelný a nekompostovatelný (využitelný nebo nevyužitelný pro výrobu kompostu).

Do kompostovatelného bioodpadu jsou zařazeny rostlinné zbytky (kuchyňské zbytky z ovoce a zeleniny, odpad ze zahrádky – posekaná tráva, větve stromů), čajové sáčky nebo kávové filtry, zbytky dřeva (ne však lakovaného, mořeného či jinak chemicky ošetřeného), papír atd. (viz výše).

Bioodpad nekompostovatelný zahrnuje zbytky vařených jídel, pečivo, maso, uzeniny, sýry atd. (viz výše). Tyto odpady jsou také dobře biodegradabilní, ale kompostování pro ně není vhodným způsobem likvidace. Pro tento druh bioodpadů je lépe využít proces anaerobní digesce. (ibid.)

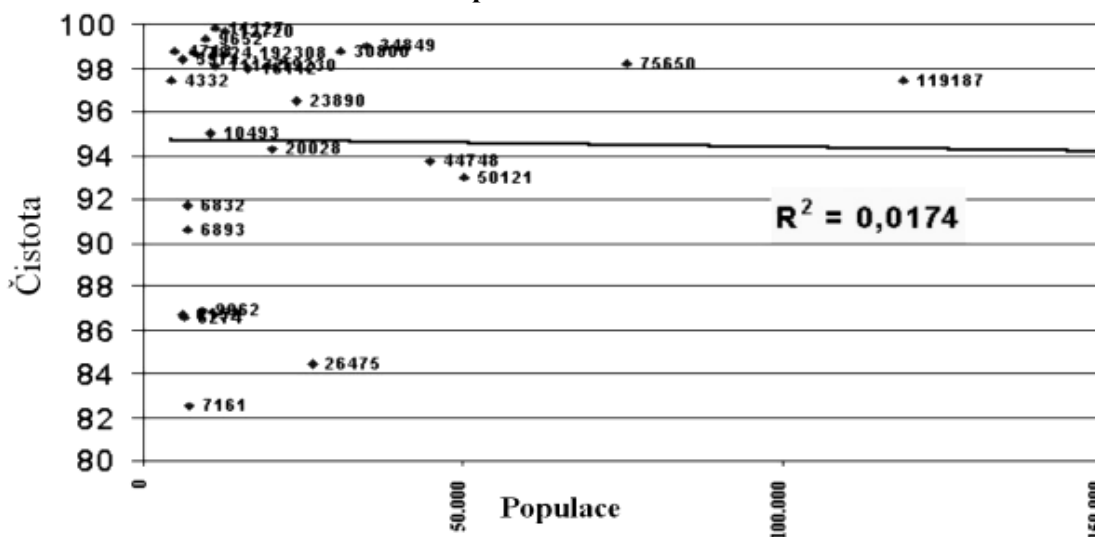
Jednotlivé druhy bioodpadů jsou také zařazeny v „katalogu odpadů“. Všechny biodegradabilní druhy odpadů jsou z katalogu odpadů vybrány a jejich přehled je v příloze 14.

Hanač, Dvořák a Habarta (2009) uvádějí, že přibližné, současné složení BRKO (rozbory prováděné v roce 2008) v sídlištní zástavně je následovné: „Průměrné hmotnostní zastoupení převažujících složek ve skladbě „čistého“ bioodpadu tvoří: ovoce a zelenina 53 %, stonky rostlin 12 %, podestýlka 9 %, zemina 9 %, čajové sáčky, kávové filtry a skořápky vajíček 7 %, zbytek: tráva, listí, drobné dřevo, pečivo, papír, kosti. Nečistoty byly zastoupeny především plastovými obaly (PET lahvemi), a to pouze ve velmi malém množství v průměru necelých 0,1 % hm. (vztaženo k celkovému množství odebraného vzorku bioodpadů).“

V zástavbě rodinných domů je pak složení BRKO přibližně takovéto: „Z výsledků materiálové analýzy vyplývá, že převažující složky bioodpadu tvoří tráva, listí a dřevo. Konkrétní průměrné hmotnostní zastoupení převažujících složek ve skladbě „čistého“ bioodpadu tvoří: tráva 53 %, listí 25 %, dřevo (drobné) 12 %, ovoce a zelenina 5 %, zbytek: zemina, papír, čajové sáčky, kosti. Nečistoty byly zastoupeny především plastovými obaly, a to pouze ve velmi malém až zanedbatelném množství (vztaženo k celkovému množství odebraného vzorku bioodpadů)“. (Zdrojem BRKO ze sídlištní zástavby byl z 1/3 odděleně sbíraný bioodpad v rámci komunitního kompostování na sídlištní zástavbě v Praze-Řepích, z 2/3 bioodpad z běžného nádobového svozového sběru na vybraném sídlišti v Berouně a poslední třetinu tvořily bioodpady z komunitních kompostérů na vybraném sídlišti ve Spáleném Poříčí nebo Švihově. Pro výzkum BRKO ze zástavby rodinných domů byl použit materiál, který byl svážen z městské části Prahy – Dolní Chabry, kde je zaveden funkční systém separace bioodpadů a svoz nádob s bioodpad od jednotlivých rodinných domů). (Hanač a kol. 2009)

Důležitou vlastností separovaného BRKO, je jeho čistota. Tedy množství nežádoucích příměsí (nejčastěji plasty, sklo kovy ale i nebezpečný odpad). Čistota BRKO dle provedených výzkumů není závislá na velikosti obce, ve které je tříděno, nebo na typu zástavby (graf 2). Závislá však je na použitém systému separace a pak také na kvalitě jeho provozu. (Favonio 2003)

Graf 1: Závislost mezi čistotou bioodpadu a velikostí obce



Zdroj: (Favonio 2003).

4.2.2 Přehled možností nakládání s BRKO

Stále platí, že nejlepší odpad je ten, který vůbec nevznikne. Z tohoto hlediska můžeme s bioodpadem nejlépe naložit tak, že předejdeme jeho vzniku. Jestliže totiž provozujeme domácí, nebo komunitní kompostování (domácí i komunitní kompostování je popsáno v podkapitole „Aerobní biodegradace BRKO“), biodegradabilní materiál, který do vlastního kompostu ukládáme, se podle zákona vůbec odpadem nestává. Takovéto nakládání s bioodpady je řazeno do preventivních opatření vzniku BRKO. Biologicky rozložitelný komunální odpad tedy vzniká až po uložení tohoto biologického materiálu do sběrného kontejneru, společně s ostatním komunálním odpadem. Další dvě nejlepší možnosti, jak naložit s BRKO z hlediska trvale udržitelného rozvoje, je nejprve kompostování a pak také zpracování BRKO v bioplynové stanici (oba procesy jsou stručně popsány níže, podrobněji jsou pak rozepsány v samostatných podkapitolách). Takovéto nakládání totiž zabezpečuje zpětné využití materiálu a také zajišťuje funkčnost koloběhu živin i energie. Do nakládání s BRKO dále patří přímé energetické využití spalováním nebo zplynováním, bez materiálového toku. Na pomyslné páté místo bychom zařadily zpracování BRKO

v mechanicko - biologické úpravě (MBÚ) odpadů nebo ADOS systému (tyto metody jsou stručně popsány níže). Dalším, alternativním využitím bioodpadu je uplatnění ve stavebnictví, (např. z některého bioodpadu jako je odpad z bavlnářství), celulóza atd. se můžou vyrábět izolační hmoty), výroba bioetanolu nebo vodíku. Tyto metody jsou ale velice málo využívány a mají zanedbatelný význam v oblasti likvidace odpadů a nebudeme se jimi blíže zabývat. Jako nejhorší možnost naložení s BRKO zůstává prosté uložení na skládky komunálních odpadů. (celý výčet možností nakládání s BRKO je uveden v příloze 12)

Ať už pro nakládání s BRKO zvolíme anaerobní nebo aerobní cestu (kromě zmíněného domácího a komunitního kompostování, které nejsou podle zákona považovány za nakládání s odpadem), vždy je nutné, aby byly odděleně sbírány a tříděny nejlépe přímo u producenta (občana). Takovéto třídění zaručí, aby se BRKO nekontaminoval nežádoucími látkami. Ke kontaminaci BRKO totiž dochází v okamžiku, kdy se ho zbavujeme společně s ostatním KO. Při každém odhození jakéhokoli bioodpadu do kontejneru tak znemožníme jeho kvalitní využití a recyklaci. (Existuje sice řada technologií a postupů, kterými jsou například pozdější vytrídění BRKO ze SKO nebo poměrně složitá mechanicko – biologická úprava SKO. Většina těchto technologií však není schopná produkovat kompost ani digestát takových kvalit, aby se mohl uplatnit jako hnojivo.)

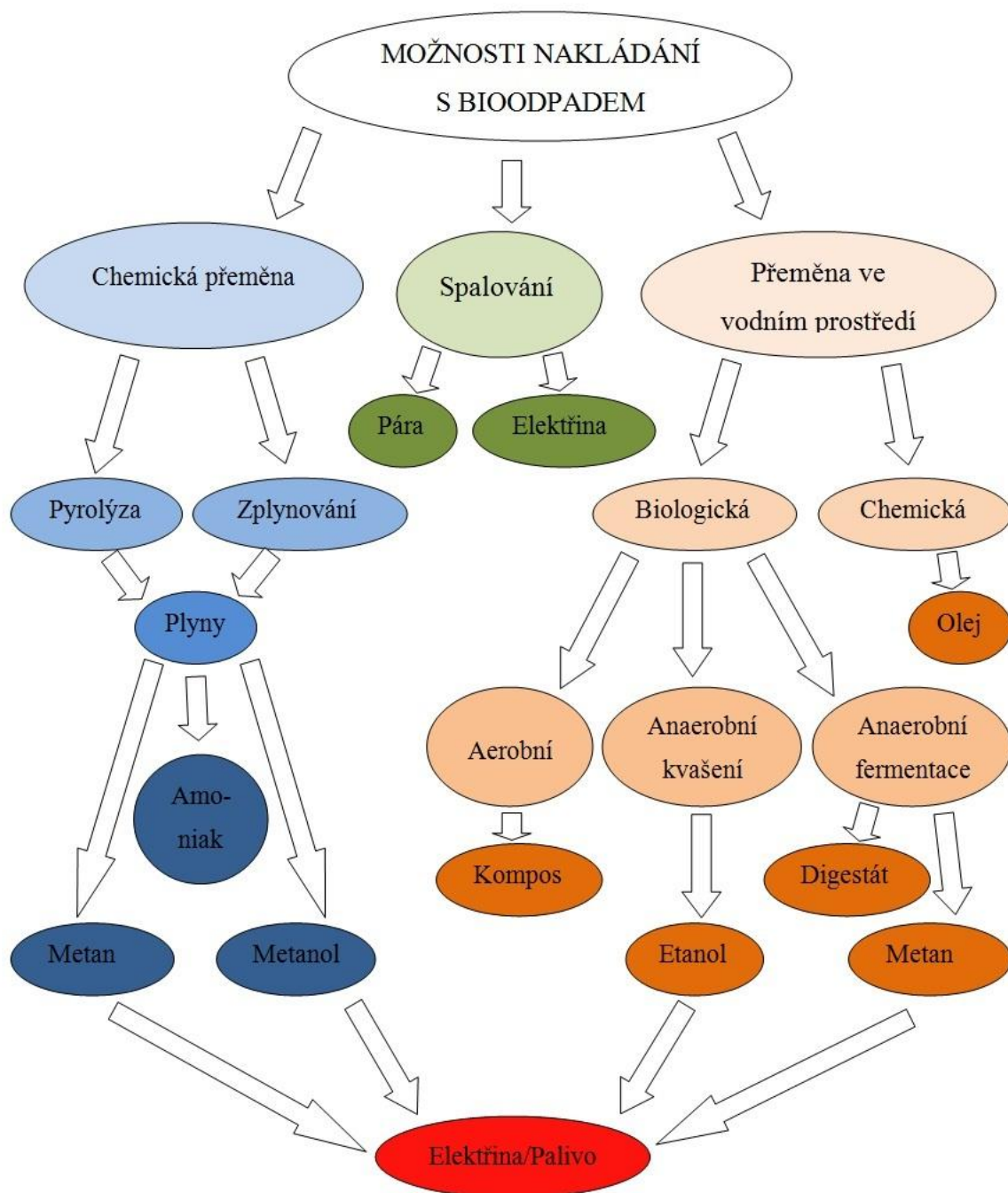
Základ by tedy měl být v systému odděleného sběru BRKO. V ČR jsou uvažovány dva základní. Je to tzv. „donáškový systém“ který je charakteristický tím, že se vyprodukovaný BRKO ukládá na předem určená sběrná místa (velkoobjemové kontejnery např. v sezóně u zahrádkářských oblastí, menší sběrné nádoby přidané do systému běžného separovaného sběru odpadu, tzv. „sběrná hnízda“ nebo donáška přímo do kteréhokoli sběrného dvora) V jistém smyslu lze do tohoto systému též zařadit i komunitní kompostování, které ovšem u nás bohužel není využíváno ve větší míře. (Podrobněji o komunitním kompostování níže. viz „Komunitní kompostování“)

Druhý, systém je tzv. „odvozový“, který je založený na pravidelném odvozu separovaného BRKO do speciálních nádob, (Nádoby na bioodpad jsou upraveny tak, aby došlo k oddělení tuhé a tekuté části, díky čemuž po dobu uložení nedochází k procesu rozkladu a neobtěžuje zápachem své okolí (Ševčíková 2008)) nebo pytlů přímo od domu. (Využívají se pytle nebo sáčky vyrobené z biodegradabilních plastů, které se mohou zpracovávat společně s BRKO. (Zámorská 2007)) Takto separovaný BRKO je možno dále zpracovávat, podle dostupných technologií a možností. (Jak bylo

již zmíněno, nejlepším způsobem je domácí nebo komunitní kompostování, případně zpracování v průmyslových kompostárnách či bioplynových stanicích.)

Altmann (2008) také uvádí, že je výhodné oba dva, respektive všechny tři systémy kombinovat. Jedná se o kombinaci Donáškového způsobu se systémem odvozovým a také je počítáno se systémem vlastního kompostování v místě vzniku (ať už kompostování domácí, nebo komunitní). Znalost těchto systému a znalost jednotlivých druhů bioodpadu společně se znalostí místních podmínek vzniku pak zaručí odpovědné nakládání s BRKO.

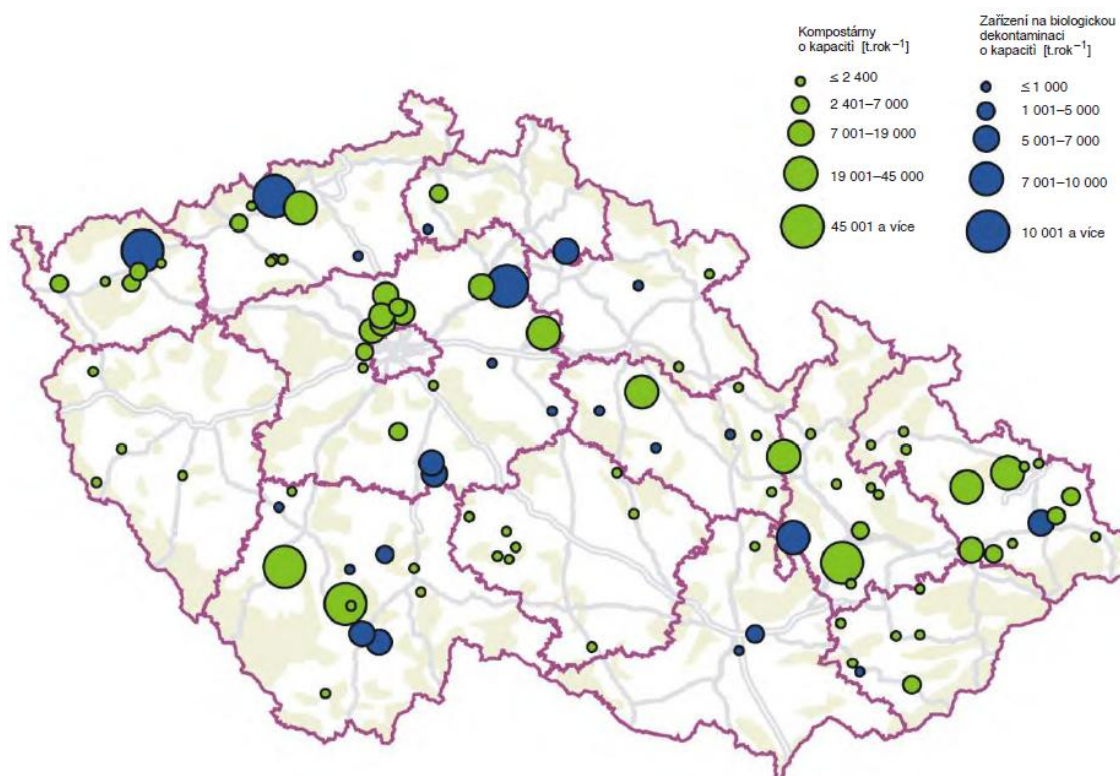
Obr.ázek 4: Schematické znázornění možností zpracování bioodpadu



Kompostování

Kompostování, nebo také tlení je vůbec nejstarší i nejpřirozenější způsob odstranění biodegradabilních odpadů. Ze své podstaty je to biooxidace organické hmoty, za přítomnosti půdních mikroorganismů za vzniku humusu, minerálních solí, vody a oxidu uhličitého (CO_2). Na procesu biodegradability se nepodílejí jen bakterie ale i houby, kvasinky, řasy a různou měrou i ostatní půdní organizmy. Fyzikální a chemické podmínky v kompostu (teplota, obsah kyslíku, vlhkost, zrnitost substrátu, pH, obsah živin a obsah nežádoucích látek). To vše pak ovlivňuje celkovou mikrobiální aktivitu v kompostě. Tato aktivita mikroorganismů ovlivňuje průběh celého kompostovacího procesu. Všechny procesy jsou úzce provázány a nic nelze opomenout. (Jednotlivé vztahy podrobněji viz „Hodnocení kompostovacího procesu“) Cílem kompostování je příprava stabilních organických materiálů, které již nepodléhají rychlým změnám. Záměrem tedy není dokonalý rozklad kompostované hmoty. Procesem se hlouběji budu zabývat v samostatné podkapitole „Aerobní biodegradace BRKO“. Hustota a rozmístění průmyslových kompostáren v ČR je znázorněn na Obr. 5

Obrázek 5: Rozmístění zařízení na kompostování a biologickou dekontaminaci v roce 2007



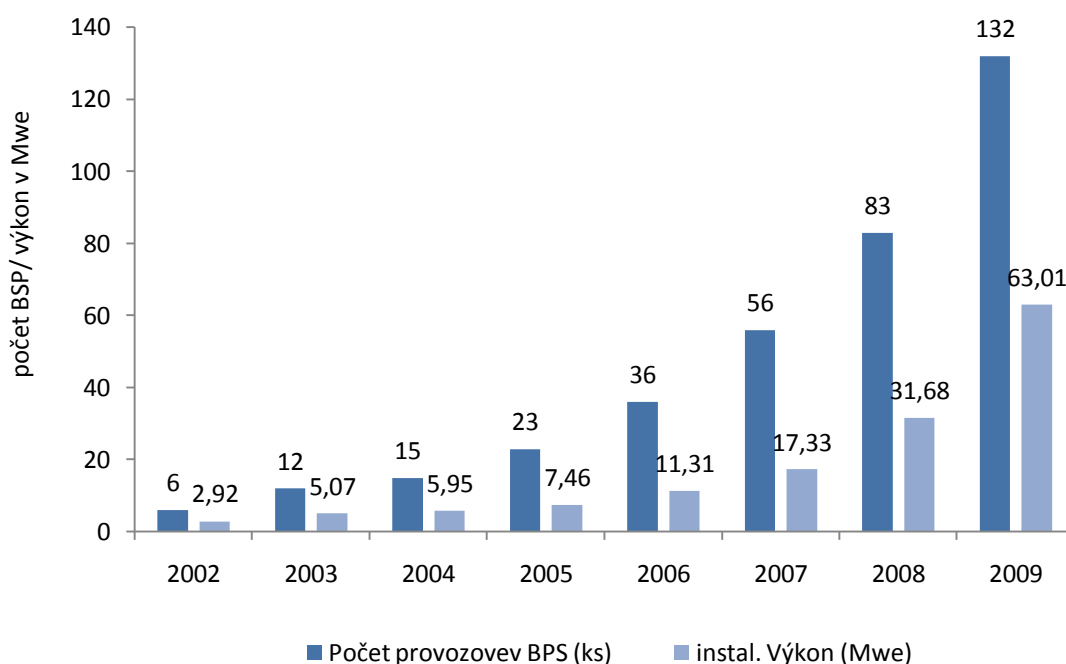
Zdroj: (MŽP 2008) Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2008.

Pozn.: Zařízení na kompostování jsou vyznačeny zeleně, modře jsou pak vyznačeny zařízení na biologickou dekontaminaci. Jednotlivé velikosti pak udávají roční kapacitu zařízení (Pro zelené značení: nejmenší pod 2 400, druhé 2 401 – 7 000 t, další 7 001 – 19 000 t, pak 19 001 – 45 000 t, největší nad 45 001 t. Pro modré značení: nejmenší pod 1 000 t, druhé 1 001 – 5 000 t, další 5 001 – 7 000 t, pak 7 001 – 10 000 t, největší nad 10 001)

Digesce

Anaerobní digesce (vyhánění) je rozklad organických látek (hnoje, zelených rostlin, čistírenských kalů, BRKO, odpadů z potravinářství apod.), bez přístupu kyslíku v uzavřených nádržích. Produktem je digestát (organické hnojivo) a bioplyn. Bioplyn můžeme použít k vytápění nebo k pohonu spalovacích motorů anebo nejlépe k výrobě elektřiny a tepla současně v kogeneračních jednotkách. V ČR jsou bioplynové stanice řadu let provozovány v rámci technologií čistíren odpadních vod. V poslední době nastává i rychlý rozvoj bioplynových stanic v zemědělství a v komunální sféře. Zemědělské stanice většinou zpracovávají rostlinný bioodpad a kejdu od hospodářských zvířat. Komunální BPS zpracovávají BRKO i další biodegradabilní odpady. V ČR se ale zatím stále počítají BSP na desítky, což je obrovská škoda. Podle Energetického regulačního úřadu v ČR, se v polovině roku 2009 do sítě dodávala elektřina ze 132 provozoven BPS, ocelkovém instalovaném výkonu 63,01 MW (srov. s grafem 2). Přírůstek nových BPS od roku 2002 do roku 2009 je znázorněn v grafu 3. Do roku 2020 se také počítá s výstavbou dalších 400 BSP. Stále je to ovšem ve srovnání se sousedním Německem (cca. tři tisíce BPS), nebo Rakouskem (cca. jeden tisíc BPS) velmi málo. (Sequens 2009)

Graf 2: Grafické znázornění růstu BPS v ČR v období 2002 až 2009



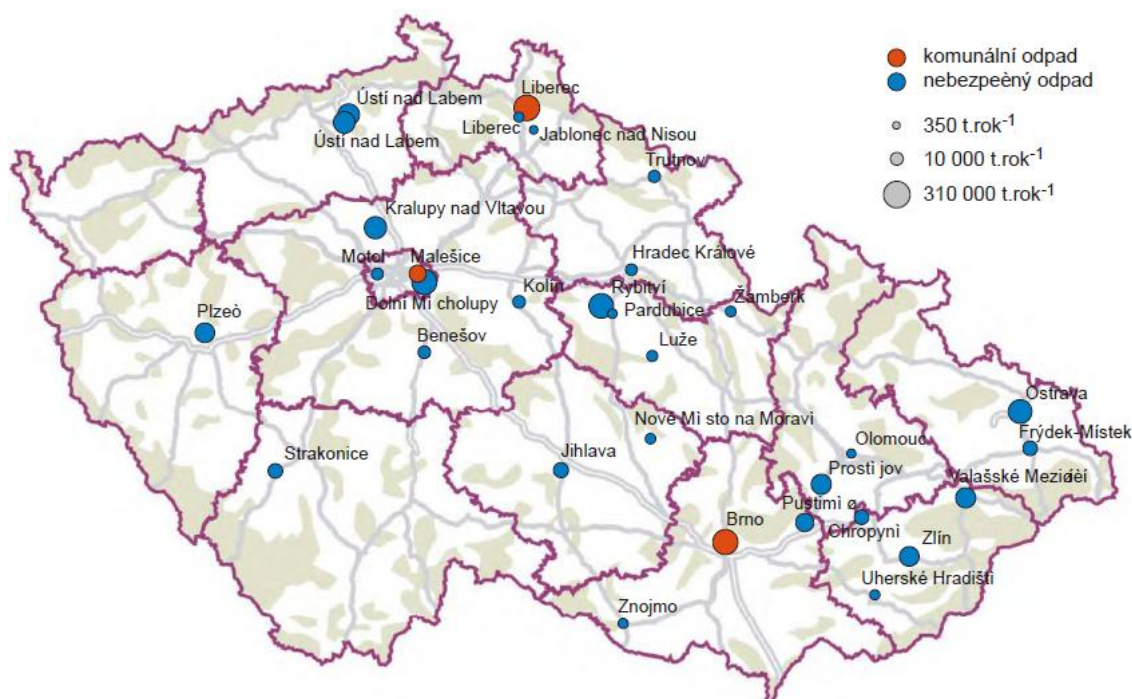
Zdroj: Data (Sequens 2009), upraveno.

Pozn.: Jednotlivé roční vyhodnocení jsou prováděny k 1. 1. toho roku. Pouze rok 2009 je vyhodnocen až k 1. 6.

Přímé energetické využití – Spalování

Spalováním BRKO se zde rozumí pouhá likvidace a redukce tohoto materiálu. Tato metoda je energeticky velmi náročná a energetická výtěžnost termickým rozkladem BRKO není adekvátní vkladu celkové energie. Vzhledem k tomu, že se však BRKO většinou nespaluje samostatně ale společně se SKO ve spalovnách komunálního odpadu (viz Obr. 6), je celková energetická bilance spalování kladná (Samostatné spalování, či termické

Obrázek 6: Rozmístění spaloven odpadů v roce 2007



Zdroj: (MŽP 2008) Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2008.

zplynování (pyrolýza) vybraných složek BRKO, jako je odpad z údržby zeleně – dřevní štěpka, dřevní granulát, popřípadě jiné vhodné materiály, nepovažují za likvidaci odpadu ale za využívání, které v sobě samozřejmě nese i kladnou energetickou bilanci) Navíc se při spalování BRKO nenávratně ztrácejí živiny a organická hmota, kterou je třeba vracet zpět do půdy ve formě hnojiva. Ke všemu se při nedokonalém hoření z BRKO uvolňuje velké množství NO_x a jiných toxických látek. Je ovšem také nutno dodat, že při dnešních používaných technologiích spaloven jsou tyto škodlivé látky z naprosté části eliminovány díky výkonnému čištění plyných spalin. Nevýhodou tedy zůstává energetická, respektive ekonomická zátěž, ale především ztráta cenné suroviny. Výhodou spalování je objemová redukce až na jednu desetinu původní hodnoty. Také právě spalováním dochází k nejrychlejší a nejúčinnější likvidaci případných patogenů obsažených v BRKO. (Kudelová a kol. 1999) (Takovéto nakládání připadá v úvahu při likvidaci bioodpadů

nakažených choroboplodnými, infekčními zárodky či jinak vykazující nebezpečnost. Pro tento typ likvidace se také využívají spalovny nebezpečných odpadů, které jsou na Obr. 6 vyznačeny modře.)

Pro efektivní použití metody spalování BRKO také chybí dostatečné kapacity spaloven. Na Obr. 6 jsou dobře patrné pouze tři spalovny, které mohou spalovat komunální odpad, tedy i BRKO, s celkovou kapacitou cca 620 000 t za rok. Při logickém uvažování průměrného 40 % zastoupení BRKO v komunálním odpadu, by se jednalo o cca 248 000 t BRKO za rok, zpracovaného spalovnami.

Další možnosti nakládání s BRKO

Mechanicko – biologická úprava (MBÚ) SKO a průmyslového odpadu, podobného komunálnímu odpadu, spočívá v kombinaci mechanických a jiných fyzikálních postupů, (např. rozdrobení a třídění) s biologickými postupy (např. aerobní a anaerobní stabilizace). (Vyhláška č. 482 2005)

O MBÚ se zde zmiňuji, protože tato komplexní metoda zpracování odpadu je zahrnuta v podpoře výstavby POH ČR. Na našem území je však tato metoda nepříliš prosazována a zatím nebyl realizován ani jeden plán výstavby MBÚ. Zkušenosti se proto především čerpají z Německa kde je vystavěno cca 45 stanic MBÚ a z Rakouska, kde funguje 17 stanic MBÚ.

Stanice MBÚ je v podstatě velkým separátorem, který roztřídí SKO na celou řadu složek s různými vlastnostmi. Tyto jednotlivé složky jsou následovně zpracovávány podle jejich podstaty. Stávají se tedy novými produkty, nebo alespoň upravenými odpady, které se ale již neevidují jako SKO. Tímto způsobem se snižuje množství SKO a stabilizují se v něm reaktivní složky (BRKO). (Kotoulová a Váňa 2001)

MBÚ tedy zajišťuje tyto jednotlivé cíle POH ČR:

- Vytřídění využitelných složek ze SKO a umožnění jejich následného materiálového nebo energetického využití.
- Minimalizuje množství a objem skládkovaného odpadu.
- Stabilizuje SKO, především v něm obsažený BRKO, který po zpracování v MBÚ již není evidován jako biologicky rozložitelný odpad.

- Zajišťuje významnou redukci tvorby skleníkových plynů (zejména emisí metanu ze skládek), ale i redukci zápachu a výluhů a imobilizaci v nich obsažených polutantů.
- Naplňuje požadavky legislativy v oblasti omezování ukládání BRKO na skládky a v oblasti přednostního využívání odpadů. (Slejška a Ust'ák 2006)

Další, velmi slibnou možností likvidace BRKO, je pomocí procesu anaerobní digesce (ADOS). Tento proces je opět kombinací dokonalé mechanické úpravy a biologického rozkladu bez přístupu vzduchu (vyhňívání). Jde o systém poměrně nový, vyvinutý společností Inovation und Technik. Proces ADOS funguje velmi jednoduše a efektivně. Srdcem tohoto procesu je ADOS mlýn, ve kterém dochází k homogenizaci a redukci velikosti vstupních surovin. Zároveň ze substrátu odstraňuje nežádoucí příměsi, jako sklo, kovy, plasty, kamenivo atd. Tento horizontální mlýn totiž pracuje ve vodním prostředí a je vybaven síťovým bubnem, který tyto nežádoucí příměsi spolehlivě odstraní. Výstupem z ADOS mlýnu je čistá organická směs, která je jednoduše čerpána do vyrovnávacího sila a odtud do vyhňivací (fermentační) nádrže, podobné jako u většiny bioplynových stanic (Göschl 2006)

Tabulka 3: Porovnání procesu ADOS s procesem suché a mokré fermentace

Proces:	ADOS	Mokrý proces fermentace	Suchý proces fermentace
Obsah sušiny v substrátu	14 – 16 %	3 – 5 %	24 - 26
Teplota fermentace	52°C	33 – 35°C	52 – 54°C
U pevných odpadů:			
Příprava suroviny	jednoduchá	obtížná	jednoduchá
Nakládání se surovinou	jednoduché	jednoduché	obtížné
provozování	jednoduché	jednoduché	obtížné
Výtěžek bioplynu	vysoký	nízký	vysoký
Výstupní produkt	vysoká kvality	vysoká kvality	střední kvalita

Zdroj: (Göschl 2006).

Výhodami technologie ADOS jsou především v nižší citlivosti na kvalitu vstupního substrátu. Lze tak zpracovávat i BRKO nebo jiný bioodpad, který je do jisté míry kontaminován jiným, nežádoucím odpadem. Nelze však takto zpracovávat SKO jako celek. Druhů odpadů vhodných pro takovéto zpracování je mnoho. (Např. odpady ze zemědělské výroby, odpady z jídelen a ze zpracování potravin, separovaný domovní

Skládkování

Obrázek 7: Rozmístění skládek odpadů v roce. 2007



Zdroj: (MŽP 2008) Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2008.

Jak již bylo naznačeno, skládkování je z hlediska ochrany přírody nejméně vhodnou metodou odstraňování BRKO. To je především důvod, proč se skládkování snaží omezovat i EU a členské státy. Také ČR se prostřednictvím implementovaných cílů POH z legislativy EU, zavázala skládkování BRKO razantně omezit. (O těchto závazcích níže, viz „Legislativa EU“.) Také je dobré si uvědomit, že podobné závazky neplatí až nyní, ale značně zasahují do historie. Např. v zemích EU byla už v roce 1989 přijata „Strategie společenství pro odpadové hospodářství do roku 2000“. Tato strategie apelovala na přednostní materiálové využívání odpadů jako druhotných surovin, materiálově nevyužitelný zbytek odpadu využít energeticky a nezpracovatelný zbytek zneškodnit uložením na skládky. (Kudelová a kol. 1999) (srov. s přílohou 4) Madar také popisuje podobné závěry i u nás, v tehdejší socialistické republice. (Madar 1983)

Důvody pro omezení skládkování jsou především dva. Jsou to průsaky ze skládek, které mohou ohrozit kvalitu podzemních vod. Tyto průsaky také ovlivňují hydrobiologické podmínky i celou přírodu v okolí skládek ještě několik desítek let po ukončení činnosti skládky. Vše je zapříčiněno právě metabolickou činností mikroorganismů, při které se kontaktem BRKO s ostatními odpady uvolňují různé nebezpečné látky (např. sloučeniny těžkých kovů, polychlorované uhlovodíky, chlorfenol, chlorbenzol atd.). Skládka pak funguje jako jakýsi bioreaktor, ve kterém probíhají různé procesy. Jejich podstata závisí na místním složení skládkovaného odpadu. Z těchto mnohdy špatně kontrolovatelných bioreaktorů stále unikají toxické plyny jako čpavek, sirovodík, dioxiny nebo furany přímo do atmosféry, (a to i když je dnes naprostá většina skládek odplyněná), kde negativně působí na ozónovou vrstvu, nebo přispívají ke zvyšování množství metanu a CO₂ v atmosféře, čímž přispívají ke skleníkovému efektu. (Kudelová a kol. 1999) Jedná se především o metan, který je cca 21 krát účinnějším skleníkovým plynem než je oxid uhličitý. (Rada vlády pro UR 2007) Celkové množství skleníkových plynů, unikajících z oblasti odpadů jsou cca jen 3 %. Není to však zanedbatelné množství viz příloha 6.

Tvorba skleníkových plynů při skládkování BRKO je také v současnosti nejvíce diskutovaná problematika vzhledem k obavám z globálního oteplování. Obecným cílem je snížit množství skleníkových plynů (především metanu) ze skládkování BRKO. Tento cíl je možno naplnit pouze zamezením ukládání BRKO na skládky a přeměnit ho na méně progresivní CO₂ (v porovnání s metanem) a humus, dostupnými biodegradabilními metodami (viz níže). Navracený humus do půdy zaručuje, že v něm vázaný uhlík zůstane uložený a nebude přispívat k tvorbě skleníkových plynů (Slejška a Váňa 2004)

4.3 AEROBNÍ BIODEGRADACE BRKO

Anaerobní biodegradace je, jak už víme synonymem ke slovu kompostování. Tímto procesem je tedy myšlen aerobní rozklad nestabilních organických látek za vzniku stabilních látek humusových, tedy kompostu. Tento proces je doprovázen snížením hmotnosti a objemu ale také snížením obsahu vody a potlačením nežádoucích druhů mikroorganismů. (Plíva a kol. 2006)

Kompostování můžeme charakterizovat touto rovnicí:

Organické látky ($C_6H_{12}O_6$) + $6O_2 \Rightarrow$ za přítomnosti mikroorganismů $\Rightarrow$ kompost (biokal) + $6CO_2$ + $6H_2O$ + tepelná energie

V ideálních podmínkách bychom tuto reakci mohli demonstrovat takto:

1 kg glukózy ($C_6H_{12}O_6$) + 0,53 kg $O_2 \Rightarrow$ za přítomnosti mikroorganismů $\Rightarrow$ 0,41 kg kompostu (biokalu) + 0,72 kg CO_2 + 0,40 kg H_2O + 6360 kJ tepelné energie

Z této rovnice vyplývá, že anaerobním rozkladem dostaneme poměrně velké množství stabilizovaného kompostu a také se uvolní poměrně velké množství tepelné energie, nízkopotenciálního charakteru. (Pastorek 2006)

Mikroorganismy (viz výše), tedy působí svým enzymatickým systémem na vyšší organické látky a rozkládají je na jednodušší sloučeniny (výsledkem celého procesu je surový humus). Aby byly zajištěny podmínky pro metabolickou činnost mikroorganismů, respektive správné rozkladné procesy, je zapotřebí znalost a dodržení technologických předpokladů. Obecně jimi jsou veškeré fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti kompostovaných surovin. S těmito vlastnostmi dále souvisí receptura, tj. složení kompostovací základky. Proces dále pozitivně ovlivňuje úprava surovin, ještě před založením kompostu. V neposlední řadě závisí na typu zvolené technologie kompostování a celkové době kompostování. Proto, aby byl konečný produkt (kompost) dostatečně vyzrálý a stabilní, je také nutné celý proces průběžně monitorovat (viz Obr. 8) a případně podniknout patřičná opatření pro bezproblémový průběh procesu. (Plíva a kol. 2006)

Jak už bylo zmíněno v možnostech nakládání s BRKO, i proces kompostování lze rozdělit na různé druhy podle charakteru průběhu procesu. Kotoulová a Váňa (2001) například rozlišují čtyři druhy.

Prvním druhem je domácí nebo domovní kompostování. Jeho roli jsem už nastínil.

Jako druhý druh kompostování uvádějí komunální kompostování.

Třetím druhem je pak centrální kompostování, (můžeme říci i obecní kompostování), kde svou roli hrají především malá zařízení.

Posledním druhem je tzv. průmyslové kompostování, které také vyžaduje specifickou technologii průmyslových kompostáren.

4.3.1 Kompost

Kompost je podle Kotoulové a Váni (2001) stabilizovaná, nepáchnoucí, hnědá až černá homogenní hmota, drobtovitá až hrudkovitá struktury, vznikající aerobním biologickým zráním rozložitelných odpadů, bohatá na humusové látky a rostlinné živiny.

Kvalita a vlastnosti výsledného produktu aerobního procesu (kompost) jsou nejvíce závislé na tom, které suroviny se rozhodneme kompostovat. Sestavení správné surovinové skladby substrátu (čerstvého kompostu) se optimalizuje propočtem těchto kroků:

1. Výběr (sběr) odpadů, které chceme kompostovat a určení jejich předpokládané hmotnosti.
2. Odhad vlhkosti, obsahu organických látek a živin jednotlivých druhů odpadu. Toto stanovení lze provést pomocí tabulky (příloha 9), nebo využitím chemických rozborů odpadu.
3. Provedení propočtu složení čerstvého kompostu tak aby byla vlhkost mezi 55 až 65 %, C:N mezi 30 – 35:1 a min. obsah P_2O_5 alespoň 0,2 % (příloha 8)
4. Provedení odhadu ztráty hmotnosti v průběhu kompostování (např. při nadpolovičním podílu trávy jsou ztráty cca 25 %, z toho přibližně dvě třetiny představuje ztráta vody a jednu třetinu ztráta organických látek).
5. Souhrnně vypočítat předpokládané množství a kvalitu kompostu.

Nejčastější surovinová skladba zakládky kompostů s optimálními vlastnostmi pro kompostování v různých kompostárnách podle Kotoulové a Váni (2001):

Kompostára v Nové Pace

Bioodpad z domácností:	60 %
Travní hmota:	20 %
Stromová kůra drcená:	10 %
Piliny:	10 %

Kompostárna ve Svojšicích

Travní hmota:	60 %
Čistírenský kal odvodněný:	20 %
Dřevní štěpka:	20 %

Kompostárna v Praze 10

Travní hmota:	60 %
Listí:	10 %
Dřevní štěpka:	20 %
Zemina:	10 %

Příklad složení zakládky v domácím kompostéru:

Trus (podestýlka) od hlodavce:	20 %
Travní hmota:	20 %
Listí:	10 %
Bioodpad z domácností	30 %
Odpad ze zahrady (plevele...):	20 %

Speciální kompost vznikne, je-li zakládka vytvořena pouze z určitého druhu odpadu. Tyto komposty mají své specifické vlastnosti. Kalina (2004) ve své práci rozlišuje tyto speciální komposty: Kompost z listí, kompost z trávy, kompost z drnů, kompost z chlévské mrvy, kompost z větví, kůry a pilin, kompost z výlisků ovoce a révy vinné a kompost ze sena. (Více o jednotlivých, specifických kompostech viz Kalina (2004))

Kalina (2004) dále uvádí, že nejzákladnější složkou kompostu je humus, který je základem přirozené úrodnosti půdy. Živiny vázané na humusové částice nejsou vyplavovány vodou, ale zároveň jsou dobře přístupné rostlinám. Tyto živiny, obsažené v BRKO, jsou činností půdních mikroorganismů vráceny zpět do koloběhu. BRKO neobsahuje žádné látky přirozeně nezpracovatelné a životnímu prostředí cizí. Nejvýhodnější cesta hospodaření s živinami je právě kompostování.

Nejvýznamnějšími přínosy kompostu (humusu) pro půdu a rostlinu jsou:

- pomalé uvolňování dusíku a fosforu
- rozpouští živiny pro rostliny z půdních minerálů
- zlepšuje výživu rostlin stopovými prvky
- má vysokou výměnnou kapacitu pro kationty
- zlepšuje strukturu půdy
- zlepšuje jímavost půdy pro vodu
- tmavá barva půdy zlepšuje záhřevnost půdy
- je větší biologická aktivita
- určité složky humusu mají charakter stimulátorů růstu
- snižuje toxicitu přírodních jedovatých látek a také pesticidů
- zvyšuje pufrací (tlumicí) kapacitu půdy

4.3.2 Hodnocení kompostovacího procesu

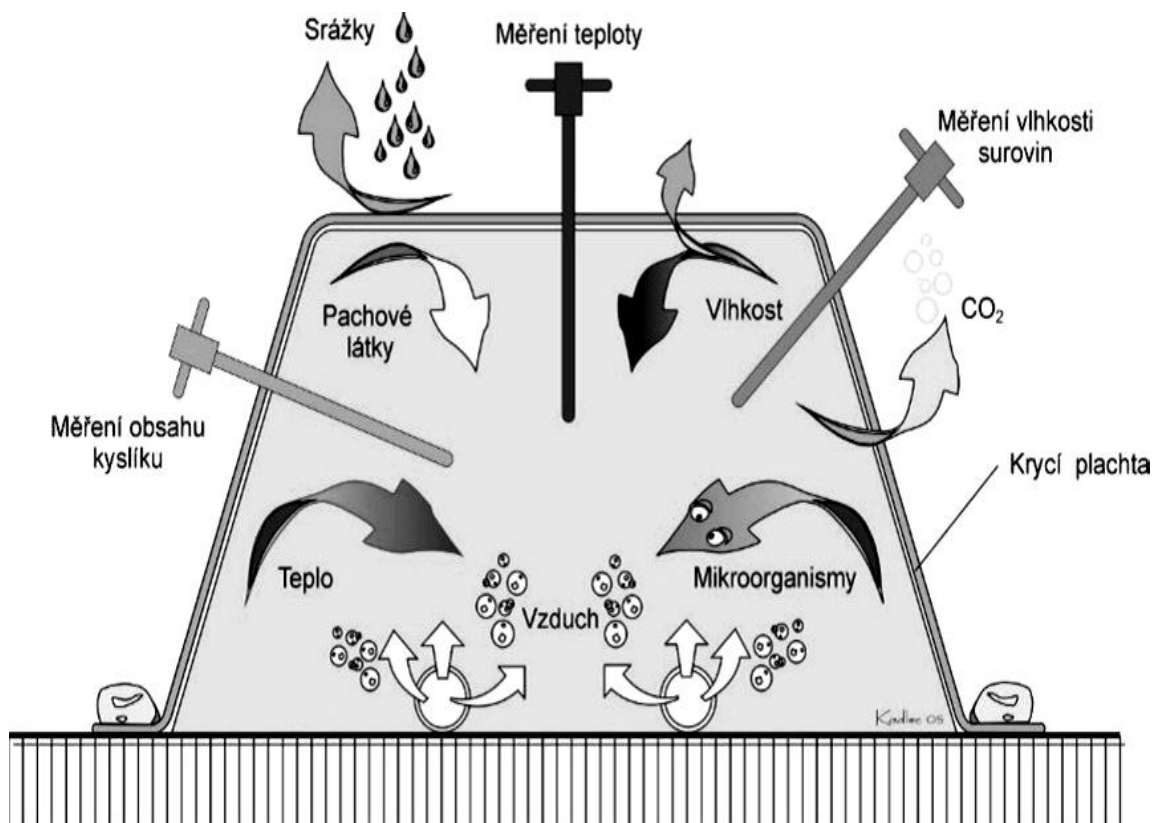
Jak už jsme zmínili, přeměnu organické hmoty na humusové látky během kompostování zabezpečují převážně mikroorganismy. Váňa (2003) uvádí, že je velmi důležité, aby při celém komponovacím procesu byly zachovány optimální podmínky, které zaručí bezchybný průběh celého procesu. Jde přitom o analogické procesy jako při přeměně organické hmoty v půdním prostředí. V kompostech je však možno vytvořit vhodnější podmínky pro rozvoj mikroorganismů a dosáhnout tak jejich desetinásobného množství ve srovnání s půdou. Celý proces humifikace se tak výrazně urychlí. Optimální podmínky pro rozvoj mikroorganismů tedy můžeme zabezpečit kontrolou, dodržováním nebo úpravou následujících faktorů:

- teplota
- provzdušnění substrátu
- vlhkost

- zrnitost a homogenita substrátu
- pH
- poměr C:N vstupních surovin
- minimální přítomnost fosforu (cca 0,2 % sušiny)
- další látky v kompostu
- správnou mikrobiální aktivitou

Jak píše Plíva a kol. (2006) je nutné všechny tyto vlastnosti ještě před založením kompostu znát a teplotu, obsah O_2 a vlhkost je důležité monitorovat i v průběhu celého kompostovacího procesu. (viz Obr. 8). Jednotlivé vlastnosti jsou proto stručně popsány zde.

Obrázek 8: Monitorované hodnoty při kompostování v pásové hromadě

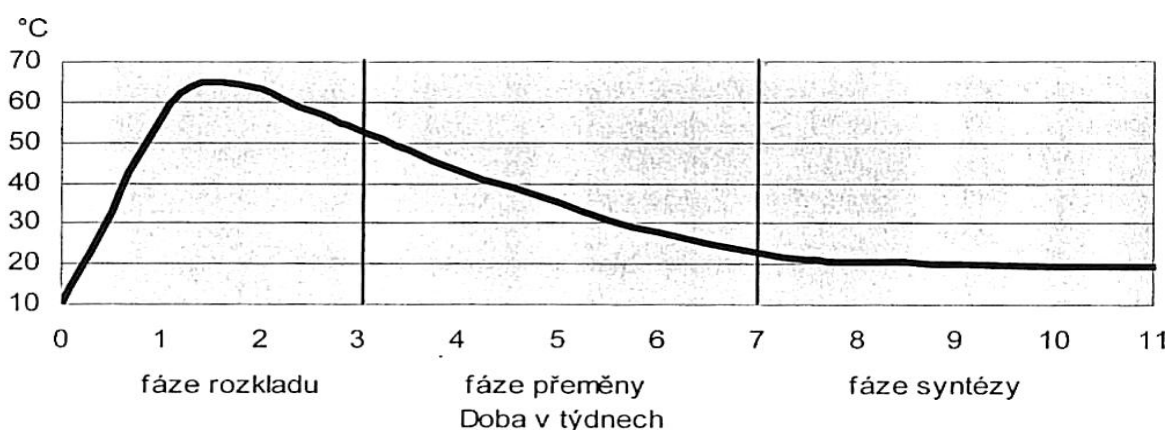


Zdroj: (Plíva a kol. 2006).

Teplota

Teplota hraje hlavní roli v procesu kompostování a můžeme říci, že je dokonce jeho funkcí. Je nejdůležitějším identifikačním ukazatelem zrání kompostu, který úzce koresponduje s intenzitou zrání kompostu. Její pravidelné měření a evidence je podmínkou kontroly celého kompostovacího procesu. Optimální průběh teploty je znázorněn na Obr. 9.

Obrázek 9: Optimální průběh teploty při kompostování dle ČSN 465735



Zdroj: (Plíva a kol. 2006).

Z Obr. 9 jsou patrné jednotlivé fáze rozkladu v závislosti na teplotě a čase. (podrobněji viz „Technologie výroby kompostu“). Výše teploty je dána především aktivitou přítomných mikroorganismů. Neklesne-li teplota kompostu na úroveň teploty okolního prostředí, vypovídá to o tom, že mikroorganismy jsou stále aktivní a kompost nelze považovat za vyzrálý, protože neobsahuje dostatečné množství stabilních organických látek. Na výši optimální teploty při kompostování lze nahlížet ze dvou úhlů pohledu. Tím prvním je optimální teplota pro rozklad organických látek. Druhým je teplota potřebná k likvidaci lidských, živočišných a rostlinných patogenních mikroorganismů, parazitů, případně semen plevelu či larev much. Optimální teplota pro rozklad organických látek je dána především druhem surovin, protože různé organické materiály se rozkládají při různých teplotách. Většinou je uváděno optimální rozmezí teplot od +50 do +60 °C. Výše teplot potřebných k likvidaci nežádoucích patogenních mikroorganismů se liší podle jejich druhu a jsou předepsány státní normou ČSN 465735. Obecně lze konstatovat, že k likvidaci většiny lidských, živočišných i rostlinných patogenů je třeba dosáhnout teploty 55°C (tzv. „hygienizace“) a pro zneškodnění semen plevelů alespoň 63°C. (Plíva a kol. 2006)

Obsah kyslíku

Provzdušnění kompostu a vytváření aerobních podmínek je hlavní zásadou kompostování (tlení). Přítomnost O_2 v kompostovaných surovinách je důležitá ze třech základních hledisek.

První a zřejmě nejpodstatnější je obsah O_2 pro vytvoření aerobního prostředí, které následně umožňuje mikrobiální aktivitu.

Druhým hlediskem je provzdušňování kompostu za účelem snižování vlhkosti. Vzduch, který se v kompostu ohřeje, podporuje evaporaci vody, což může být účelné zejména při zpracovávání vlhkých surovin.

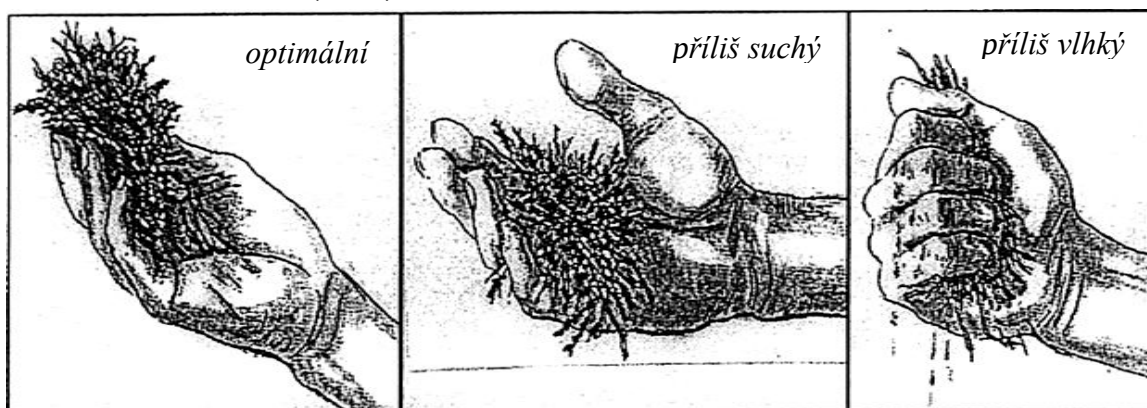
V poslední řadě je dodávka vzduchu důležitá pro regulaci teplot v průběhu kompostování. Vytvářejí-li se však příliš vysoké teploty po delší dobu, může mít tento fakt neblahý vliv na činnost a život mikroorganismů a následně na proces organického rozkladu kompostované biomasy. Zajistit dostatečný přísun vzduchu do kompostu je možné několika způsoby a většinou se liší podle zvolené výrobní technologie. Mezi nejčastěji používané metody patří pravidelné překopávání vhodným překopávačem kompostu (překopáváním kompostu lze množství vzdušného kyslíku v hromadě více než zdvojnásobit). Také je možné použít distribuce vzduchu pomocí ventilátoru. Obsah O_2 ve vzdušných pórech zrajícího kompostu by neměl klesnout pod 6 %. Jak již bylo naznačeno, nedostatek vzduchu vede k tvorbě anaerobního prostředí, ve kterém vznikají nežádoucí organické kyseliny, metan, sirovodík a další. Většina těchto látek způsobuje zápach a nedostatečnou hygienou kompostu (Plíva a kol. 2006) (Měření obsahu kyslíku viz „Metodika výzkumu“)

Vlhkost

Vlhkost, uvádí Plíva a kol.(2006), jako třetí nejdůležitější parametr, který je potřebné sledovat při komponovacím procesu. Podmiňuje totiž životní procesy (metabolickou činnost) mikroorganismů v kompostu. Voda je důležitá pro transport živin, umožňuje pohyb mikroorganismů a slouží jako medium pro chemické reakce. Vlhkost samotná je závislá na mikrobiální aktivitě a biologické oxidaci organického materiálu. Evaporací dochází k redukci obsahu vody. (viz výše) Množství vody, uvolněné díky mikrobiální aktivitě při kompostování, je totiž větší, než její ztráty odpařováním. Optimální vlhkost kompostu se pohybuje v rozmezí 50 až 60 %.

V případě poklesu vlhkosti pod hranici 40 % dochází ke zpomalování mikrobiální aktivity. Naopak, když je vlhkost kompostu vyšší než 60 %, dochází k ucpávání pórů vodou, a tím se vytváří anaerobní prostředí, které je též nežádoucím stavem (viz výše). Vlhkost kompostu je tedy v úzké korelaci s množstvím dodávaného vzduchu. Největší ztráty vody je možné pozorovat při velkém množství dodávaného vzduchu (riziko vysušení kompostu). Při dodávání malého množství vzduchu se ztráty vlhkosti značně snižují a jsou téměř konstantní (hrozí však riziko anaerobního prostředí). Na vlhkost kompostové zakládky má vliv i struktura kompostovaných surovin. Nejdůležitějším faktorem pak je jejich pórovitost. Optimální vlhkost je taková, při níž je 70 % pórovitosti čerstvého kompostu zaplněno vodou. Z toho vyplývá, že optimální vlhkost, se bude lišit podle surovinového složení kompostu. Např. zemité komposty s obsahem organických látek do 20 % v sušině by měly mít vlhkost 45 - 60 %, komposty ze zemědělských odpadů s obsahem organických látek 30 - 40 % v sušině by měly mít vlhkost 55 - 60 % a konečně komposty ze stromové kůry a dřevních odpadů s obsahem organických látek v rozmezí 50 - 70 % v sušině vyžadují vlhkost 60 - 70 %. Různé druhy bioodpadů s procentuálním vyjádřením vlhkosti jsou uvedeny v příloze 9. Vhodné kombinace bioodpadů tak, aby byla dodržena optimální vlhkost zakládky, společně s poměrem C:N, jsou uvedeny v příloze 8. Kromě výše uvedených faktorů je vlhkost ovlivněna také zvolenou technologií kompostování (viz „Technologie výroby kompostu“). Např. k přilišnému vysušení může dojít při používání technologií s nuceným provzdušňováním. Mohou se tak podstatně zpomalit biologické pochody. Také však platí tato zásada: „Jestliže si nejsme jisti optimální vlhkostí kompostu, volíme raději nižší vlhkost, která se snadněji koriguje závlahou kompostu. Převlhčenost kompostu se upravuje mnohem obtížněji.“ Přibližně lze vlhkost také stanovit pomocí orientační zkoušky vlhkosti, která je znázorněna na Obr. 10.

Obrázek 10: Orientační (ruční) zkouška vlhkosti.



Zdroj: (JELÍNEK 2002).

Pozn.: Kompost vezmeme do ruky a zmáčkneme ho tak pevně, jak jen to jde. Při optimální vlhkosti se mezi prsty nesmí objevit ani kapka vody, na druhou stranu musí zmáčkнутý kompost držet po hromadě ve formě tzv. „knedlíku“.

Pórovitost a nerozložitelné příměsi

Pórovitost a struktura souvisejí s fyzikálními vlastnostmi surovin, jakými jsou například velikost částic, tvar a konzistence. Tyto vlastnosti také mohou ovlivňovat proces kompostování. Především tím, že určují množství vzduchu v hromadě. (viz výše) Pórovitost a struktura je dána výběrem surovin pro kompostování a dále pak mírou nadrcení nebo promíchání substrátu. Pórovitost je definována jako poměr objemu dutin k celkovému objemu kompostované hmoty. Výskyt větších a homogenních částic v hromadě zvyšuje její pórovitost.

Struktura vypovídá o pevnosti částic, tedy o jejich odolnosti proti zhutnění. Dobrá struktura zabraňuje snižování pórovitosti ve vlhkém prostředí kompostové zakládky. Menší částice mají větší povrchovou plochu v porovnání s jejich objemem a mohou být vystaveny výraznějšímu působení mikroorganismů, což urychluje proces rozkladu a tedy i kompostování. Menší částice jsou výsledkem lepší homogenity vstupních surovin a zlepšují izolační schopnost hromady. Na druhé straně mohou malé částice způsobovat jisté problémy snížením pórovitostí a tedy s možností dostatečného provzdušnění kompostu. Nejlepších výsledků bylo obvykle dosaženo při kompostování surovin s průměrnou velikostí částic v rozmezí 20 až 50 mm. (Plíva a kol. 2006)

Nerozložitelnou příměsí máme na mysli částice, které nelze rozdrtit tlakem ruky nebo rozstříhat a které nelze ani v nejpříznivější poloze prostrčit sítím o velikosti ok 5 cm. Jestliže je nějaký kus delší než 5 cm i když ho lze prostrčit sítím, považuje se také za nerozložitelnou příměs. (ČSN 465735 1991)

Hodnota pH

Hodnota pH lze definovat jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Za optimální lze považovat pH v rozmezí 6,5 až 8,5 tedy blízké neutrální hodnotě. Při poklesu pH pod hodnotu 6 dochází k hynutí většiny mikroorganismů, především bakterií, čímž se zpomaluje proces rozkladu organických látek. Stoupne-li naopak hodnota pH nad 8,5, dochází k přeměně dusíkatých sloučenin na amoniak, který uniká z kompostu ve formě plynu, a tím se zvyšují ztráty dusíku. Během kompostovacího procesu má hodnota pH v počáteční fázi kompostování velmi nízké hodnoty, okolo 5 pH. To je způsobeno termickým rozkladem substrátu a tvorbou organických kyselin. V této fázi jsou dominantními organismy houby a plísňe,

tolerantní vůči kyselému prostředí. Krátce nato jsou kyseliny rozkládány mikroorganismy, což je doprovázeno změnou pH směrem k neutrálním hodnotám nebo dokonce k vyšším okolo 8,5. Při přechodu pH do neutrálních či mírně zásaditých hodnot se hlavní role při rozkladu organických látek přesouvá na bakterie (Plíva a kol. 2006)

Obsah živin a poměr C:N

Pro mikroorganismy obsažené v kompostu je důležitý i vyvážený obsah živin. K základním živinám patří dusík (N), fosfor (P) a draslík (K) a proto ovlivňují výslednou hodnotu kompostu. Uhlík (C) je důležitý jako zdroj organické hmoty pro mikroorganismy a spolu s dusíkem umožňuje syntetizovat proteiny a podílí se na stavbě buněk a jejich reprodukci. Fosfor s draslíkem hrají důležitou roli při látkové výměně a při rozmnožování buněk. Minimální obsah fosforu pro zabezpečení metabolické činnosti mikroorganismů je ve výši než 0,2 % (P_2O_5 v sušině).

Mezi stopové prvky využívané mikroorganismy patří především bór (B), vápník (Ca), kobalt (Co), měď (Cu), železo (Fe), hořčík (Mg), mangan (Mn), molybden (Mo), selen (Se), sodík (Na) a zinek (Zn). Všechny uvedené prvky jsou důležité pro správný průběh kompostování. Nejběžnější druhy bioodpadů s procentuálním zastoupením živin (C, N, P, K, Ca a Mg) jsou uvedené v příloze 9.

Pouze uhlík a dusík jsou však živinami, které nejvíce ovlivňují kvalitu výsledného kompostu. Zvláště důležitý je pak jejich vzájemný poměr, tedy poměr C:N. Důležitým parametrem je uhlík, který je ve formě přístupné pro mikroorganismy a nikoliv jeho celkový obsah. (Běžně se však stanovuje pouze celkový uhlík, viz, metodika výzkumu.) Během mikrobiálního růstu a jejich aktivity je potřeba 25 až 30 jednotek uhlíku na jednotku dusíku (Tedy poměr 25 – 30C:1N), přičemž se určitý objem uhlíku v podobě CO_2 uvolní do atmosféry. (vyz výše) Množství uvolněného CO_2 se snižuje úměrně s dobou zrání kompostu, které je doprovázeno snížením mikrobiální aktivity. Emise CO_2 z kompostu souvisí i s jinými faktory. Maximální emise CO_2 koreluje s maximálními teplotami (viz Obr. 9), dosaženými v průběhu kompostování.

Mikroorganismy dusík především potřebují k syntéze bílkovin. Bakterie mohou obsahovat 7 % až 11 % dusíku v sušině a houby od 4 % do 6 %. Optimální poměr C:N společně s vlhkostí různých bioodpadů v základce kompostu je uveden v příloze 8.

Kompostovaný substrát s poměrem C:N menším než 10:1 se rozkládají velmi rychle a jsou mikrobiologicky dobře využitelné. Malý poměr C:N u kompostovaných surovin

však vede k uvolňování dusíku ve formě amoniaku. To platí hlavně při zásaditém pH (viz výše). Celkové ztráty dusíku při kompostování bioodpadu s poměrem C:N v rozmezí 9:1 až 12:1 se pohybují mezi 37 % až 60 %. Naopak hmoty s vysokým poměrem C:N nad 50:1 se rozkládají velmi pomalu. (Plíva a kol. 2006)

Nežádoucí chemické látky v kompostu

Nežádoucí chemické látky, tedy cizorodé (rizikové) látky, se dle ČSN 465735 (1991) vysvětlují, jako látky, které nepříznivě ovlivňují zrán kompostů, půdní úrodnost a růst rostlin. Také to jsou látky, u kterých je jejich příjem rostlinami nežádoucí s ohledem na možnost ohrožení zdraví lidí a zvířat. Dále také ty látky, u kterých je nežádoucí jejich hromadění v půdě. Do zakládky kompostu také nesmí být použity suroviny, které po skončení biodegradabilního procesu vykazují charakter cizorodé látky. (Např. BRKO kontaminované plasty, kovy atd.) Také je v komponovacím procesu nepřipustné likvidovat společně s bioodpadem přípravky na ochranu rostlin nebo jiné chemikálie a látky nevykazující charakter biodegradabilní suroviny. Jestliže je podezření na nedodržení těchto zásad při kompostování, stanovují se podezřelé cizorodé látky individuálně. Standardně se pak stanovují sledované cizorodé látky a to: arsen (As), kadmium (Cd), chrom (Cr), měď (Cu), rtuť (Hg), molybden (Mo), nikl (Ni), olovo (Pb) a zinek (Zn).

Mikrobiální aktivita

Plíva a kol. (2006) uvádí, že se na procesu kompostování podílí tři hlavní skupiny mikroorganismů. Jsou to především bakterie, aktinomycety a nižší houby (plísňe). Jejich činnost a aktivita závisí, na výše jmenovaných faktorech, které přímo ovlivňují jejich činnost. Aby bylo dosaženo vysoké biodegradační aktivity, je třeba optimalizovat tyto podmínky tak, aby vyhovovaly co nejlépe dekompoziční činnosti přítomného mikrobiálního konsorcia. Složení těchto spolupracujících kmenů v kompostovaném materiálu je závislá na selekčním tlaku v prostředí kompostu a na adaptačních schopnostech jednotlivých mikrobiálních kmenů. Tyto kmeny, především bakteriální, se v prostředí běžně vyskytují. (Proto není třeba do kompostovaného substrátu přidávat žádné podpůrné kultury, a i když jsou prokázány jejich pozitivní účinky. Ekonomicky je totiž jejich aplikace většinou nevýhodná.) Mezi hlavní

představitele přirozeně nacházejících se bakterií patří především čeledě *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonadaceae* a *Bacillaceae*. Nejvýznamnějšími zástupci nižších hub jsou *Mucor*, *Aspergillus* a *Humicola*.

Zdrojem nežádoucích, patogenních mikroorganismů, které se v kompostech mohou vyskytovat, jsou většinou různé typy podestýlek, exkrementy zvířat, kejda nebo hnůj a čistírenské kaly. Většina patogenních mikroorganismů jsou však mezofilní a proto se při dodržení správné technologie kompostování tyto patogeny zlikvidují. Výjimkou však mohou být sporotvorné bakterie, které přežívají i předepsané hygienizační teploty (viz výše)

Vyzrálý kompost se hodnotí podle přítomnosti indikátorových organismů. Pro ČR jsou stanoveny jako indikátorové organismy termotolerantní koliformní bakterie, dále bakterie rodu *Salmonella* a enterokoky (fekální streptokoky). Těmito stanoveními se ovšem ČSN 465735 vůbec nezabývá. I když jsou dnes podle vyhlášky 341/2008 Sb. tato stanovení povinná, v této práci stanovení uvedených mikroorganismů provedeno nebylo. Podrobně se stanovením mikroorganismů zabývá Plíva a kol. v příručce „Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu“ na st. 33 – 34. Konkrétní požadavky na kvalitu výstupu (kompostu i digestátu) určuje zmíněná vyhláška 341/2008. (viz „Vyhlášky týkající se BRKO“)

4.3.3 Technologie výroby kompostu

Technologii kompostování BRKO a dalších bioodpadů, můžeme jednoduše podle Kotoulové a Váni (2001) rozdělit na:

- Domácí kompostování
- Komunitní kompostování
- Centrální kompostování (průmyslové)

Podle zákona 185 (2001) můžeme k těmto hlavním rozdělením ještě samostatně zařadit i tzv. „malé zařízení“, které je typické pro obecní kompostování. Obecní kompostování pak svojí náročností a význam stojí mezi komunitním a průmyslovým typem kompostování. Tyto čtyři hlavní technologie kompostování jsou dále samostatně rozepsány

Plíva a kol. (2006) však technologii kompostování chápou jako přesně stanovený technologický postup průmyslové, anaerobní biodegradace (nebere v potaz technologii

domácího ani komunitního kompostování). Rozdělují proto ještě podrobněji technologii centrálního (průmyslového) kompostování na samostatné, specifické technologie.:

- Kompostování v pásových hromadách
- Kompostování v plošných hromadách
- Kompostování v biofermentorech (bioreaktorech)
- Kompostování v boxech nebo žlabech
- Kompostování ve vacích (Ag Bag kompostování)
- Vermikompostování

Z tohoto důvodu se také zmiňuji o některých konkrétních technologických postupech podrobněji viz „Průmyslové kompostování“.

Všechny typy vyjmenovaných technologií mají stejnou podstatu rozkladných procesů. Lze proto stanovit obecný průběh procesu dle Kudelové a kol (1999).

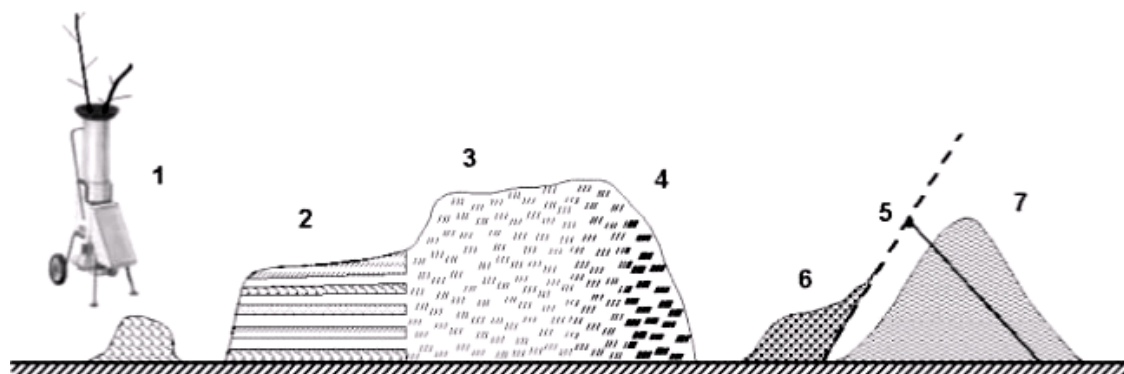
- V první, mezofilní fázi, dochází k nárůstu teploty až na 50°C. Tato fáze probíhá od založení kompostu do druhého, někdy až do pátého dne. Dochází při ní k silnému namnožení mikroorganismů.
- Druhá fáze je termofilní, při které teploty dosahují až 60°C (někdy i více). Probíhá zde rozklad jednoduchých látek jako cukrů a bílkovin. Dochází k namožení termofilních mikroorganismů a jsou ničeny choroboplodné zárodky a semena plevelů ztrácí klíčivost. Na konci této fáze je činnost mikroorganismů inaktivována. Tato fáze probíhá 5 až 12 dní.
- Ve třetí fázi následuje postupné ochlazování až na cca 30°C, s postupnou aktivizací aktinomycet, hub a bakterií. V této fázi dochází k rozkladu polymerů, jako je hemicelulóza, celulóza a lignin. Tato fáze může být dost dlouhá, záleží na obsahu látek, rozkládaných v této fázi. Obvykle trvá 4 až 6 týdnů
- Poslední fáze, zrání kompostu, je charakteristická dalším poklesem teploty pod 30°C. Při zrání kompostu také probíhá syntéza humusových látek

Domácí kompostování

Domácí kompostování je tedy základ pro systém předcházení vzniku BRKO tedy do preventivních opatření. Kotoulová a Váňa (2001) v příručce pro nakládání s komunálním odpadem, poměrně přesně popisují jednotlivé kroky a celou problematiku domácího kompostování. Zde cituji pouze nejdůležitější zásady.

Domácí kompostování se může provádět v kompostových zakládkách, v boxech nebo v kompostérech. Nejvhodnější způsob je kompostování na jedné zakládce umístěné na méně exponovaném zastíněném místě zahrady s dobrým přístupem i za nepříznivého počasí. Kompostová zakládka by měla být vysoká cca 1 - 1,5 m. Šířka u země by měla být cca 2 m, délka je libovolná. Při jednotlivém vrstvení bioodpadů do zakládky je vhodné tyto odpady promíchávat a při dosažení výšky 1,5 m provést celkovou homogenizační překopávku. Je vhodné po 3 - 6 měsících znovu překopat zrající kompost za účelem provzdušnění. Po 9 - 12 měsících kompostování, je většina organické hmoty stabilizovaná a přeměněná v humus. V této době je vhodné provést přesetí kompostu (přes prohazovačku 5x5 cm). Nadsítnou frakci dosud nerozložených částic odpadu, přidáme k nově založenému kompostu.

Obr.ázek 11: Domácí kompostování na jedné zakládce



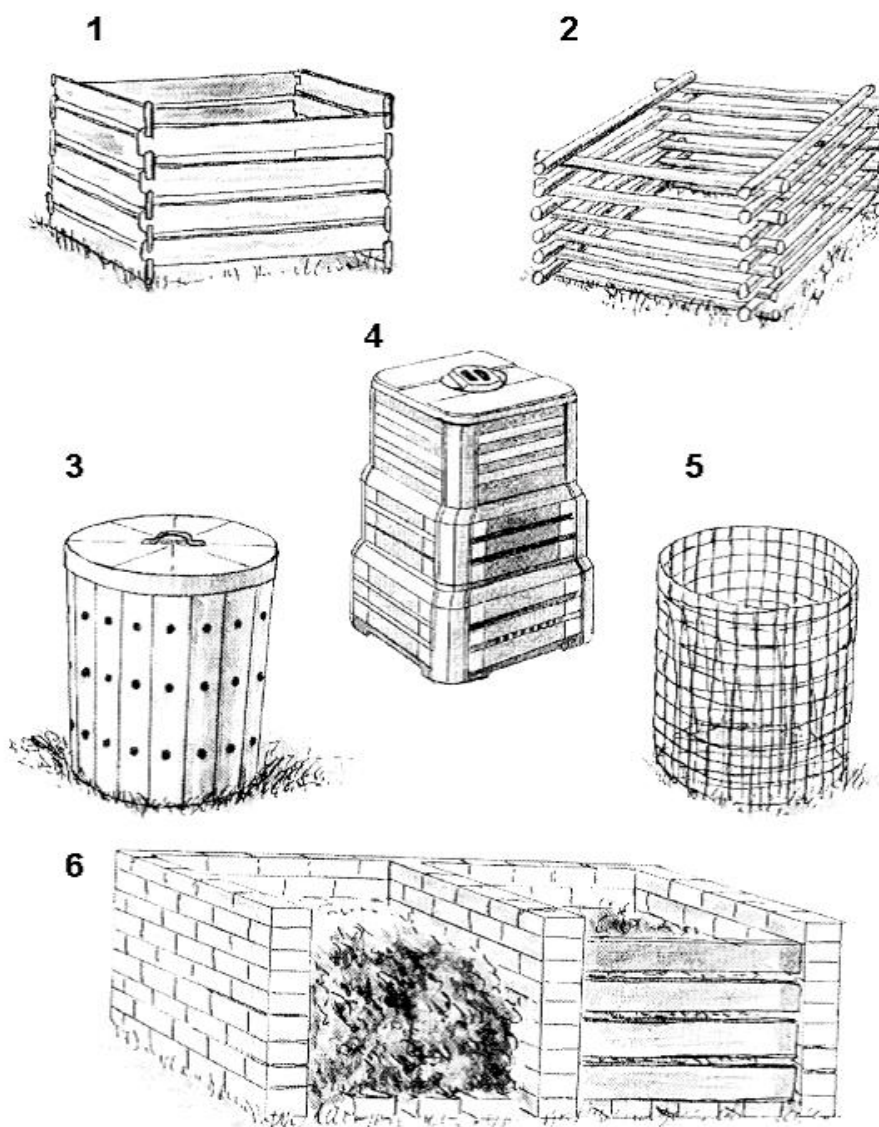
Zdroj: (Kotoulová a Váňa 2001).

Pozn.: 1 – drcení zahradního odpadu 2 – čerstvý kompost 3 – zrající kompost ...4 – vyžrálý kompost
5 – síto 6 – nadsítná frakce 7 – prosátý kompost pro hnojení

Tento způsob kompostování je prováděn s pomocí jednoduchého nářadí (lopata, vidle, síto atd). Také je možno použít zahradní drtič, nebo štěpkovačku pro lepší homogenizaci materiálů (také se tím zvětší kontaktní plocha odpadu, takže k rozkladu dochází intenzivněji). Při domácím kompostování není nutné používat žádné další podpůrné prostředky (mikrobiální a enzymatické přípravky tzv. bioalgenáty) Při manipulaci s kompostem je také nutné dbát pravidel osobní hygieny

Při domácím kompostování se také, kromě kompostování na jedné zakládce (hromadě), často uplatňuje kompostování v boxech nebo v kompostérech. Tyto kompostéry, jak vidíme na Obr. 12. Samotný kompostér pak může být vyroben z prken (kompostér 1 a 3), kulatiny (2), z recyklovaného plastu (4), kovového pletiva (5), nebo kompostéry mohou být stavebně vybudovány (6).

Obrázek 12: Kompostování v boxech nebo kompostérech



Zdroj: (Kotoulová a Váňa 2001).

Domácí kompostování je jednoduchý způsob jak omezit podíl odpadu ze zahrad a kuchyňského bioodpadu ve směsném komunálním odpadu. Tento způsob kompostování by měl být podporován prostřednictvím informačních akcí a finančními výhodami (zvýhodněné poplatky za likvidaci SKO, bezplatné zapůjčení kompostéru, kompostovací techniky atd.).

Komunitní kompostování

V metodickém návodu o podrobnostech nakládání s BRO (2008) a zákoně 185 (2001) je komunitní kompostování systém sběru a shromažďování rostlinných zbytků z údržby zeleně a zahrad na území obce, jejich úprava a následné zpracování na zelený kompost. Jedná se o způsob předcházení vzniku odpadů, při kterém není nutné vést evidenci použitých materiálů. Zařízení se nezřizuje ve smyslu zákona 185/2001 Sb. o odpadech a není tedy zařízením pro nakládání s odpady ve smyslu § 14. (Stejně jako u domácího kompostování se tady jedná o předcházení vzniku odpadu.) Povinnosti vyplývající ze zákona o odpadech se tedy na tato zařízení nevztahují. Obec může ve své samostatné působnosti, jako opatření pro předcházení vzniku odpadů, stanovit obecně závaznou vyhláškou obce, systém komunitního kompostování a způsob využití zeleného kompostu k údržbě a obnově veřejné zeleně na území obce. Tímto způsobem lze zpracovat pouze rostlinné zbytky z údržby zeleně a zahrad na území obce. Produktem komunitního kompostování je proto výhradně zelený kompost, který může být využit k údržbě a obnově veřejné zeleně obce. Jiné využití zeleného kompostu je možné pouze za splnění podmínek stanovených zvláštními právními předpisy (zákona o hnojivech). Především je nutné provést registraci u Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského a splnit všechny požadavky vyplývající ze zákona o hnojivech a jeho prováděcích právních předpisů.

Každá komunitní kompostárna by také měla mít určenu odpovědnou osobu, která zodpovídá zejména za:

1. správný průběh procesu aerobního kompostování, včetně správné surovinové skladby, správné vlhkosti a struktury kompostovaného materiálu
2. pořádek na komunitní kompostárně a v přilehlém okolí
3. správné využití zeleného kompostu

Podrobné podmínky pro nakládání s BRKO tímto systémem kompostování jsou dále popsány v metodickém návodě o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady podle stávajících právních předpisů (2008)

Obecní kompostování - malé zařízení

Malým zařízením se rozumí zařízení na využívání bioodpadů (pouze však bioodpadů rostlinného původu, specifikované v seznamu B přílohy 1 vyhlášky 341/2008, nebo jiné suroviny prokazatelně zlepšující proces kompostování). Je to systém nakládání s bioodpady, podobný jako při komunitním kompostování. Podstatným rozdílem oproti komunitnímu kompostování spočívá v tom, že se jedná o zařízení pro nakládání s odpady.

Malé zařízení je možno zřídit na základě kladného vyjádření obecního úřadu obce s rozšířenou působností. Bioodpad, který pak zpracovává, je především odpadem z území obce, ale také od jiných subjektů nacházejících se v obci. (Proto se tento systém také označuje jako obecní kompostování.) Možnosti tohoto zařízení jsou vymezeny novelou zákona 314/2006 Sb. o odpadech. Závazné podmínky pro provoz z malého zařízení jsou stanoveny vyhláškou 341/2008 Sb. o podrobnostech nakládání s BRO. Výstup (kompost) z malého zařízení je také hodnocen na základě prováděných kontrol podle přílohy 5 této vyhlášky.

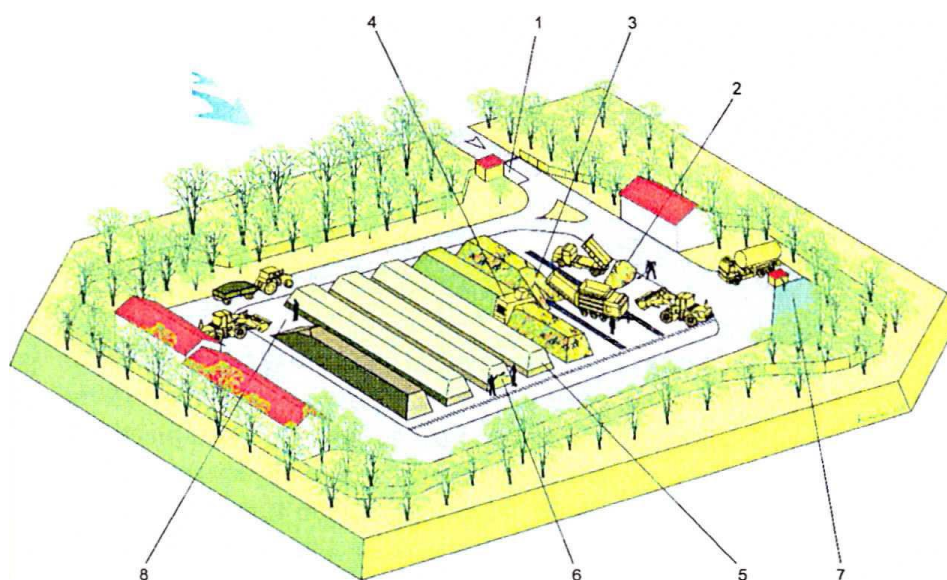
Výhodou malého zařízení je, že nemusí mít vodohospodářské zajištění ani provozní řád. Také není požadována kontrola hygienizace výstupu, jestliže je vyprodukovaný materiál (kompost) využíván pro vlastní účely (zakládání nebo údržbě veřejné zeleně v obci). Je však nutné zabezpečit správný teplotní režim podle Tab. 2.1. přílohy 2. vyhlášky 341/2008. Malé zařízení (malá kompostárna) je také závazně omezeno celkovou roční kapacitou 150t zpracovaného bioodpadu s tím, že jedna zakládka (kompostovací hromada), nesmí překročit množství 10t. (Metodický návod BRO (2008))

Průmyslové kompostování

Jak již bylo řečeno, existuje mnoho různých technik pro zpracování většího množství bioodpadu. Tyto techniky můžeme souhrnně pojmenovat jako průmyslové (viz výše). Průmyslová kompostárna pak produkuje nad 500 t kompostu ročně. Všechny typy zmíněných technologií mají společná legislativní opatření (vyhláška 341/2008, ČSN 465735), kterými se určují podrobnosti pro nakládání s BRO.

Jednou z nejvyužívanějších průmyslových technik je zcela jistě kompostování v pásových hromadách, dříve též používáno kompostování v „krechttech“. Kudelová a kol (1999). Uvádí, že je tato metoda nejjednodušší, vyžadující pouze zpevněnou, vodohospodářsky zajištěnou plochu s mírným sklonem směrem k jímce. Celá stanice by měla být ve stínu (kolem osázená zelení). Dále musí umožnit příjem a skladování surovin, vytváření zakládek a expedici vyzrálého kompostu. Také musí mít k dispozici techniku pro překopávání zakládky a další manipulaci s kompostem. Dále musí být vybavena monitorovacím systémem (teplota, O₂, vlhkost). Tato technologie je také mnohdy provozovaná v uzavřeném, zastřešeném prostoru. Jde o stejný princip, jen není provozován na otevřené ploše. Obě technologie jsou znárodněny na Obr. 13 a 14. Této metodě věnuje dostatečnou pozornost Plíva a kol. (2006) i Kotoulová a Váňa (2001).

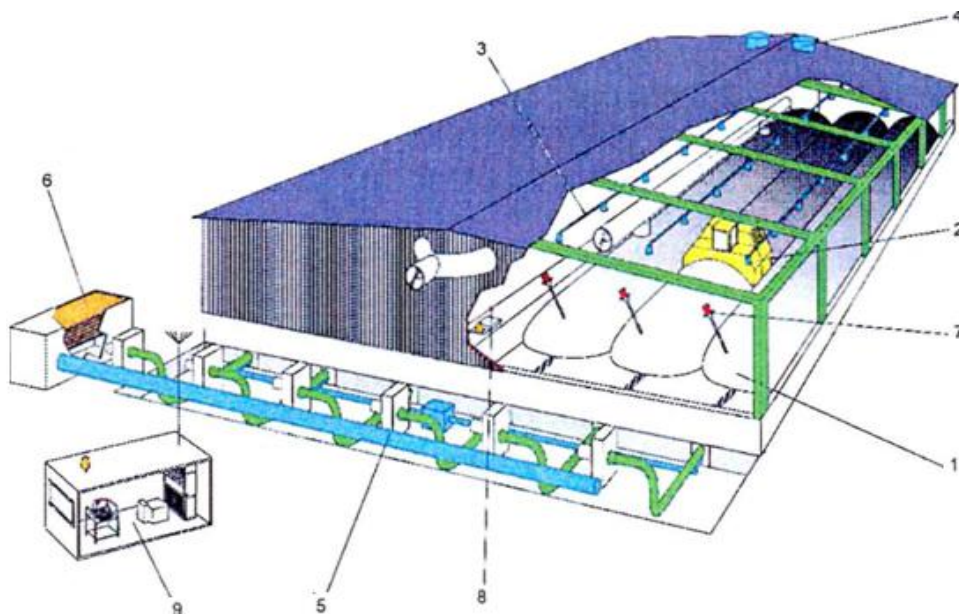
Obrázek 13: Kompostování v pásových hromadách na volné ploše



Zdroj: (Plíva a kol. 2006).

Pozn.: 1. evidence surovin-mostová váha 2. příjem surovin 3. zakládání do pásových hromad 4. překopávání kompostu 5. zrání kompostu v přikryté hromadě 6. monitorování kompostovacího procesu 7. jímka zapuštěná do terénu 8. expedice - hotového kompostu

Obrázek 14: Kompostování v pásových hromadách v uzavřeném prostoru



Zdroj: (Plíva a kol. 2006).

Pozn.: 1. pásová hromada 2. překopávač kompostu 3. vodní sprcha 4. vzduchové vstupní otvory
5. vzduchotechnika 6. biofiltr 7. sonda pro přenos údajů o teplotě 8. snímač obsahu kyslíku 9. řídicí centrum

Jako druhou nejznámější technologii kompostování uvádí Kudelová a kol (1999) tzv. systém firmy Royer, neboli intenzivní kompostování ve žlabech. Na každém žlabu o šířce 2,8m jsou kolejnice, po kterých může přejíždět překopávací, mísící nebo zavlažovací zařízení. Systém je automaticky ovládán za pomoci teplotních snímačů, které dle potřeby reagují spuštěním ventilátoru. Tímto způsobem se udržuje optimální teplota při kompostování.

Kudelová a kol (1999) dále uvádí kompostovací technologii COMPAG, která je tvořena osmi vedle sebe stojícími, železobetonovými komorami (box) o rozměrech 8 až 16 × 4 × 2,5 m. ve dně komor jsou rozvedeny žlábký, kterými je do kompostu vháněn čerstvý vzduch pro zajištění aerace. Komplex komor je zastřešen a vybaven portálovým jeřábem, na kterém jsou umístěny promíchávací šneky a zavlažovací zařízení.

Poslední technologii kompostování, kterou uvádí Kudelová a kol (1999) je systém Kompen. Je založený na velmi rychlém komponovacím procesu, který je podpořený očkovacím preparátem mikroorganismů (srov. s „Mikrobiální aktivita“). Po použití preparátu nastává během pár dní prudký vzestup teploty až na 65°C. Tímto rychlým mikrobiálním rozvojem lze zkrátit dobu kompostování až na jeden a půl měsíce.

Kotoulová a Váňa (2001) také představují Německou technologii od firmy Rethman. Tato firma zavádí v řadě evropských států systém kompostování BRIKOLARE. Technologie je zaměřena na odpad ze zeleně a separovaný komunální bioodpad. Kompostárny jsou včetně příjmu a zpracování odpadů zastřešeny. Odpady ze zeleně jsou drceny, promíchávány s bioodpady z domácností a společně prosévány. Vzniklý substrát je lisován do tvárnic s dvěma aerovacími kanálky a rovnán na palety, které se ukládají do fermentační haly. V hale probíhá zrání 5 - 6 týdnů při teplotě 70°C, později při teplotě 50°C. Poté se kompost prosévá na jemném sítu. Kompostové tvárnice se při prosévání rozpadají.

Dále uvádějí, že klasické kompostárny jsou stále zdokonalovány např. modulární kompostovací technologií známou jako systém KNEER. (Např. kompostárna v Kyjově.) Jde o kontejnerové kompostování. Kontejnery jsou uzavíratelné a mobilní. Jsou připojovány na přívod čerstvého vzduchu a odvádí se z nich vznikající plyn a přebytečná vlhkost. Dozrávání zpravidla probíhá v klasických zakládkách.

Systém kontinuálního tunelového plnění biofermentoru. V ČR vyrábí tyto fermentory (bioreaktory) VÚCHZ Brno. Kompostovací linka je instalována na kompostárně komunálních bioodpadů v Nové Pace, kde se kompostují zelené odpady a separovaný domovní bioodpad (80 % hm.) a zbytek surovinové skladby tvoří drcená stromová kůra a směs hoblin a pilin. (Kotoulová a Váňa 2001)

Další technologií VÚCHZ je tepelně izolovaný ležatý bioreaktor. Má tvar uzavřeného boxu a je vybaven mechanismem na lineární posun materiálu. Průřez reaktoru je obdélníkový, jeho dno je opatřeno systémem kanálů a otvorů pro přívod vzduchu do reakčního prostoru. (Do objemu 50 m³ se reaktory dodávají v celokovovém provedení, větší až do objemu 200 m³ se stavějí betonové s kovovými vestavbami.) Kompostové reaktory s reakčním objemem 10 - 50 m³ jsou schopny zpracovat 2 - 10 m³ odpadů denně. Kromě jednoho či více reaktorů tvoří kompostovací linku zpravidla zásobníky, drtič, mísič a dopravníky, příp. manipulační a nakládací mechanismus. (Ibid.)

4.3.4 Výhody a rizika aerobního rozkladu

Nespornou výhodou kompostování je jeho relativně snadné provozování. Také se tento způsob likvidace bioodpadu může využívat i při malých objemech odpadu. Na výstavbu většiny technologií pozitivně působí nízké investiční náklady. Samotný proces kompostování a výsledný kompost má podle Kaliny (2004) tyto pozitivní charakteristiky:

- tvorba cenných humusových látek, které půdu oživují a vrací se zpět do koloběhu živin (v dnešní době je velmi důležité navracet humus zpět do půdy.
- až 100 % dusíku je organicky vázáno a postupně uvolňováno dle potřeby rostlin.
- rozklad těžko rozpustných základních živin i stopových prvků (například surových fosfátů) a tím zabezpečení zásobování těmito živinami ve vyrovnaném poměru
- kompost působí příznivě na životní prostředí, zejména protože se dusičnany, nevyplavují do podzemní vody
- tvorba přírodních antibiotik, které zčásti přijímají přímo rostliny a zvyšují odolnost proti škůdcům
- spolehlivé zničení většiny původců chorob (jen při některých technologiích)
- usmrcení většiny semen plevelů
- zabránění nepříjemným pachům (bez hniloby)

K nevýhodám kompostování můžeme připočítat vysokou pracnost přípravy kompostů. Také v dnešní době stále chybí plnohodnotná podpora ze strany zákona i zemědělců samotných. Kompostárny se tak stále musí potýkat s ekonomickými potížemi (příjmy jsou pouze za likvidaci odpadů, někdy za prodej hotového kompostu) Také při nesprávném kompostování hrozí některá zdravotní rizika, jak podrobně uvádí Borkovcová (2007) ve své zprávě. (Jde především o kumulace spor bakterie *Clostridium botulinum* v prostředí, tvorbu myiázíí a pseudomyiázíí nebo kumulaci ropných produktů)

4.4 ANAEROBNÍ BIODEGRADACE BRKO

Anaerobní biodegradací, neboli také anaerobní digesí, popřípadě metanovou fermentací (zkráceně jen „digesce“, „metanizace“ nebo „fermentace“), se podle Váni rozumí rozklad bioodpadů v anaerobním prostředí, za předpokladu bakteriální činnosti na substrát, jehož koncovými produkty jsou bioplyn a nerozložený zbytek tzv. digestát. (Váňa 2009)

Kompostování můžeme charakterizovat touto rovnicí:

Organické látky ($C_6H_{12}O_6$) $\Rightarrow$ za přítomnosti mikroorganismů $\Rightarrow$ digestát (biokal)
 $+ 3CH_4 + 3CO_2 + \text{tepelná energie}$

V ideálních podmínkách bychom tuto reakci mohli demonstrovat takto:

1 kg glukózy ($C_6H_{12}O_6$) $\Rightarrow$ za přítomnosti mikroorganismů $\Rightarrow$ 0,06 kg digestátu (biokalu) + 0,25 kg CH_4 + 0,69 kg CO_2 + 0,38 kJ tepelné energie

Při srovnání rovnice anaerobního procesu s rovnicí aerobního procesu rozkladu organické hmoty vidíme, že je ve výsledku značný rozdíl ve hmotnosti organického zbytku (biokalu). Při procesu anaerobní fermentace dochází ke značné redukci organické sušiny. Také je zde velmi malý zisk nízkopotenciální tepelné energie (Proto se klasické anaerobní fermentory musí zahřívat uměle, především zbytkovým teplem z kogenerace viz níže.) Produktem, o který nám ale jde v anaerobním procesu je samozřejmě metan, který se stává nosičem uvolněné energie. Metan se pak spolu s oxidem uhličitým stávají hlavní složkou bioplynu – alternativního zdroje energie (Pastorek 2006)

V souvislosti s BRKO je zřejmé, že takováto anaerobní biodegradace bude probíhat v technologickém zařízení, kterým je BPS, kde celý proces musí být člověkem pozorovatelný a řízený, aby nedocházelo ke kolapsům systému BPS.

Vzniklý bioplyn se pak využívá k výrobě jak tepelné, tak elektrické energie, popřípadě k výrobě paliva. Zbývá tuhá a stabilní frakce (digestát), je dále po úpravě v kompostárně použitelný jako hnojivo. (Kotoulová a Váňa 2001) (Při splnění požadovaných podmínek, lze digestát použít jako hnojivo přímo.) Metoda anaerobní digesce (ale i kompostování) má tak podle Váni (2005) „největší potenciál rozvoje a jsou technologiemi trvale udržitelného života“.

4.4.1 Bioplynový proces

Bioplynový proces a tvorba bioplynu samotného je zcela přírodní. Probíhá na mnoha místech, jako jsou mokřady, sedimenty, trávicí ústrojí (zejména u přežvýkavců) atd. V zemědělském prostředí bioplyn vzniká především na rýžových polích, uskladněním hnojů a kejdy. Také vzniká při nakládání s odpady, především při skládkování odpadů (skládkový plyn). Někdy může tento proces také nastat v kompostech, které jsou příliš vlhké a nedochází v nich k aeraci. Všechny tyto procesy jsou člověkem primárně neřízené a neovlivnitelné (do jisté míry lze sekundárně ovlivnit vznik skládkových plynů. V žádném případě se ovšem nadá mluvit o zcela řízeném a pozorovatelném procesu. (Straka 2009))

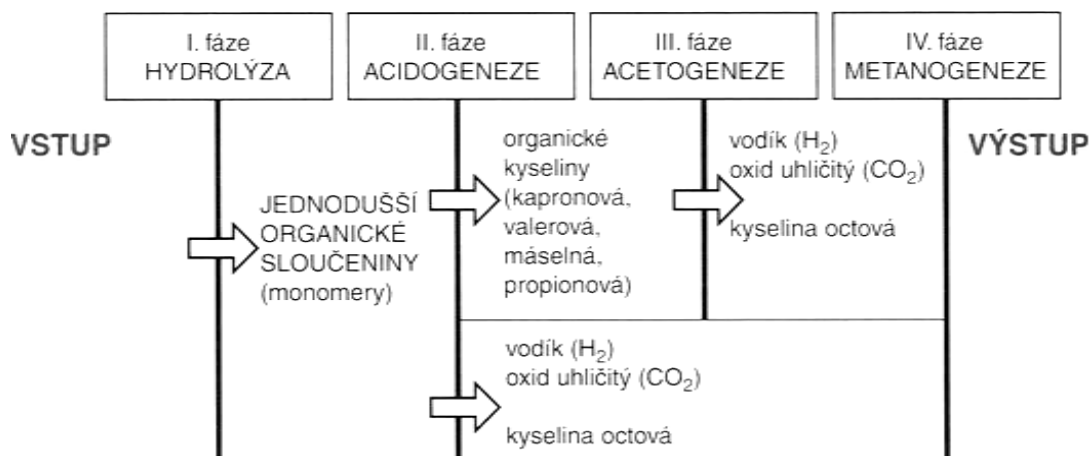
Řízeně pak vzniká v procesu anaerobní digesce (fermentace) při zpracování odpadního kalu z ČOV (kalový plyn) a nakonec také v bioplynových stanicích. Výstupem řízeného bioplynového procesu je již zmiňovaný bioplyn a digestát. Jestliže je bioplyn dále čištěn a zahušťován tak, že obsahuje cca 98 % metanu, pak se tento bioplyn označuje jako biometan. (Váňa 2006)

Protože BRKO je součástí BRO a anaerobnímu rozkladu může podléhat jakákoli látka organického původu, lze podle Schulze a Edery (2004) obecně říci že: „Bioplyn je produktem látkové výměny metanových bakterií, ke které dochází, když bakterie rozkládají organickou hmotu.“ Tento rozklad, ať už řízený nebo neřízený, má vždy čtyři fáze. (Obr. 15)

- První fáze anaerobního rozkladu se nazývá hydrolýza. V procesu hydrolýzy, přeměňují přítomné anaerobní bakterie, makromolekulární organické látky na nízkomolekulární, vodorozpustné látky, za přítomnosti hydrolytických enzymů. (štěpení tuků, složitých cukrů jako celulózy, a bílkovin na mastné kyseliny, jednoduché cukry, aminokyseliny a vodu)
- Druhá fáze nastává okyselením substrátu (Acidogeneze). Acidofilní bakterie tak mohou provést další rozklad tohoto substrátu na organické kyseliny, případně alkoholy, CO₂, sirovodík a čpavek.

- Třetí fáze (Acetogeneze) je charakteristická oxidací vzniklého substrátu octovými bakteriemi na acetáty (především kyselinu octovou), CO_2 , a H_2
- Teprve ve čtvrté fázi vytváření (Metanogeneze), tvoří v alkalickém prostředí, acetotrofní metanogenní bakterie metan a CO_2 , z kyseliny octové. Také jsou zde přítomné hydrotrofní metanogenní bakterie, které metan produkují z přítomného CO_2 , a H_2 . (Váňa 2009)

Obr.ázek 15: Schéma anaerobního procesu



Zdroj: (Schulz a Eder 2004).

V praxi bioplynových stanic (BPS) se tyto procesy neoddělují ani místně ani časově. Při obvyklém, kontinuálním plnění BPS organickou hmotou, probíhají všechny zmíněné fáze dohromady. (Stejně tak se tyto fáze neoddělují v procesech probíhajících samovolně v přírodě. Zcela přírodní procesy se také většinou neskládají ze všech čtyř procesů, pro množství různých přírodních faktorů.) Pouze při zavádění nové BPS, nebo jejím opětovném rozbíhání do provozu a také u dávkové, (nespojité) metodě a vícestupňových BPS, probíhají jednotlivé fáze rozkladu odděleně. Proto po zahájení provozu stanice trvá několik týdnů, než se celý proces dostane do čtvrté fáze a BPS začne produkovat metan, respektive bioplyn, který se dá energeticky nebo jinak využívat. Celkové množství vyrobeného bioplynu závisí na mnoha faktorech (viz níže) ale také na tom, ze kterého vstupního materiálu je bioplyn vyráběn. Např. z tuny hovězí kejdy je za běžných podmínek vyprodukováno 25 m^3 bioplynu. Z tuny směsných biologických odpadů je možné získat cca 120 m^3 ze zbytků jídla asi 220 m^3 a z fermentace odpadu z pekáren je získáno až 655 m^3 bioplynu. Směrné hodnoty výtěžku bioplynu z jednotlivých druhů bioodpadu jsou uvedeny v příloze 15. (Schulz a Edera 2004)

Schulz a Edera (2004) dále uvádějí, že je pro veškeré tyto procesy nezbytné zachovat následující životní podmínky bakteriím. Bez nich by se totiž bioplynový proces ihned zastavil. (dnes je známo asi 10 druhů metanogeních bakterií z rodu *methanococcus* a *methanobacterium*)

Rozhodující faktorem pro předpoklad tvorby metanu v BPS je dostatečná vlhkost substrátu. Substrát je třeba naředit tak, aby byl celkový obsah tvořen minimálně z 50 % vodou. (Běžně je však použita metod „mokrý technologie“ která vyžaduje obsah sušiny v substrátu pouze kolem 6 – 12 %. Zbytek je tedy potřeba doplnit vodou. (viz „Technologie výroby bioplynu“)

Bezpodmínečně nutné také je, aby se zabránilo veškerému styku připraveného substrátu se vzduchem. Metanové bakterie jsou striktní anaerobové a jakýkoli výskyt O_2 v substrát zpomalí procesy vyhnívání, neboť O_2 nejprve musí spotřebovat aerobní bakterie v první fázi bioplynového procesu.

Důležité také je, aby při celém procesu byla zachována vhodná teplota (podle druhu metanových bakterií). Nejspodnější hranice produkce bioplynu je 3-4 °C. Bakterie samotné jsou schopné přežít teploty i pod bodem mrazu, ale už neprodukují bioplyn. Horní hranice produkce bioplynu je do 70 °C. Maximální teplota pro přežití je u některých kmenů až 90 °C, většina druhů však nepřežívá teploty nad 70 °C. Na uvedeném rozsahu teplot především závisí rychlost celého procesu. Čím vyšší je teplota, tím rychleji dochází k rozkladu substrátu a produkovaného bioplynu je více. S vyšší teplotou se proto zkracuje doba zdržení substrátu v reaktoru, ale také klesá množství metanu ve vyprodukovaném bioplynu. Pro praxi jsou stanoveny 3 typické a používané teplotní rozhraní, které jednotlivým kmenům metanových bakterií vyhovuje. Jsou to:

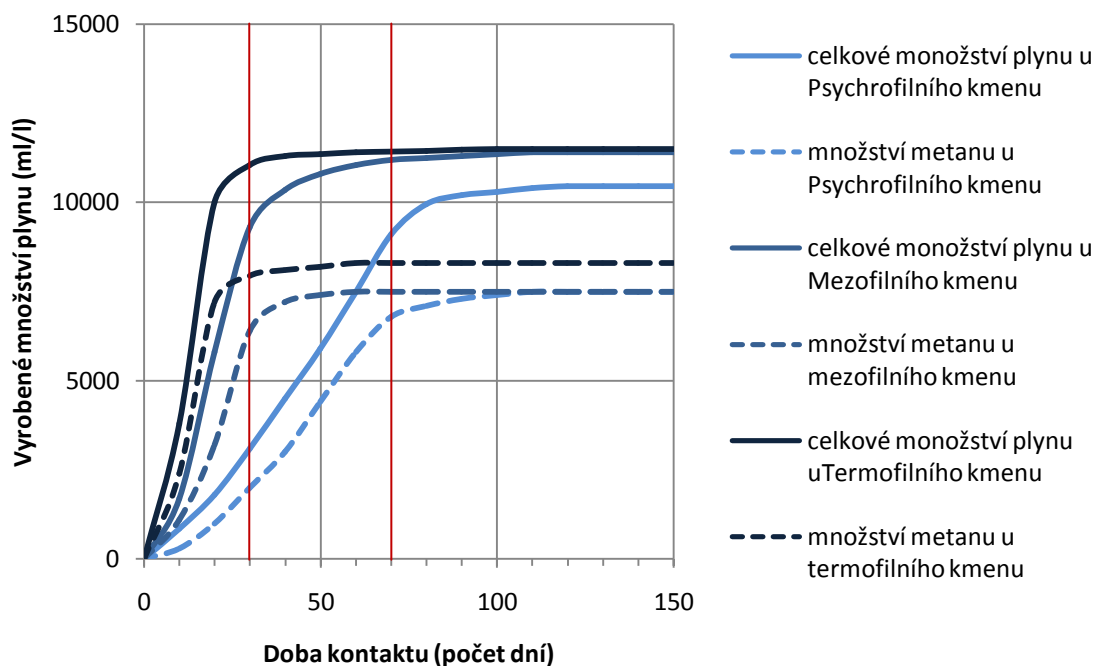
Psychrofilní kmeny bakterií, kterým se nejlépe daří v teplotách pod 20°C

Mezofilní kmeny bakterií, které prosperují v teplotním rozhraní 25 – 30°C

Termofilní kmeny bakterií vyžadují teploty nad 45°C

Působení jednotlivých kmenů na substrát v závislosti na čase a znázornění jednotlivých produkcí plynů je zaznamenáno v grafu 3 (Průměrná doba trvání procesu je 30 – 70 dní a na grafu je vyznačena svislými čarami.)

Graf 3: Vliv doby a kontaktu s jednotlivými kmeny bakterií na množství a složení vyrobeného bioplynu



Zdroj: (Schulz a Eder 2004), upraveno.

Jednotlivé kmeny bakterií jsou také velice závislé na výkyvech teplot. Termofilní kmen dokonce nesnese větší výkyv teploty než 1°C. Mezofilní a psychrofilní kmeny jsou o něco méně citlivé a snesou denní výkyv teploty až o 3°C. Uvádí se, že asi po 1 měsíci jsou bakterie schopné se přizpůsobit nové teplotní úrovni. Je proto nezbytné přesné měření a dodržování zvolené teploty.

Hodnota pH by se u zpracovávaného substrátu měla pohybovat okolo 7,5. U většiny zpracovávaného materiálu se pH na tuto úroveň dostává samovolně ve druhé fázi anaerobního rozkladu. Někdy je však třeba pH vhodně upravit přidáním vápna. (Ibid.)

Také se uvádí, že je potřeba dodržet potřebný přísun živin. Zejména poměr C:N je velmi důležitý. Je-li poměr příliš široký, bude N limitujícím faktorem melanogeneze. Optimální poměr je uváděn od 10 do 30:1. (Kudelová a kol. 1999)

4.4.2 Složení bioplynu

Bioplyn je směs plynů, kde podstatnou část tvoří metan (průměrně 50 - 75 %) a zbytek je doplněn oxidem uhličitým (23 - 43 %) a malým množstvím dalších příměsí jako je dusík (0 - 5 %), kyslík (0 - 2 %), vodík (0 - 1 %). Výskyt čpavku (0 - 1 %), vodní páry (0 - 10 %) ale hlavně sirovodíku (0 - 1 %), jsou problematické, protože při jejich neodstraňování agresivně působí na zařízení (způsobují korozi na armaturách BPS, plynoměrech, hořácích a motorech). Běžně se proto bioplyn odsiřuje a vysouší. (viz „Technologie výroby bioplynu“) Bioplyn také obsahuje stopové množství dusíkatých sloučenin jako jsou merkaptany a amidy. Ty jsou potom spolu se sirovodíkem a čpavkem příčinou možného zápachu. Je-li metan z bioplynu izolován a dále distribuován, je označen názvem biometan pro zohlednění jeho biologického původu. (Schulz a Eder 2004) a (Váňa 2009)

Energeticky využitelný je především metan a malé míře i vodík. Výhřevnost bioplynu je poměrně vysoká. Bioplynu o obsahu 60 % metanu představuje 25 MJ, což odpovídá cca 6,2 kWh. (Váňa 2009) (Průměrně se výhřevnost pohybuje od 18 do 28 MJ na m³, a energetický zisk je okolo 8 kWh. Takováto energie je pak ekvivalentní k 1 l benzínu (CNGauto.cz 2009))

4.4.3 Technologie výroby bioplynu

Žádná technologie výroby bioplynu nemůže být provozována bez BPS. Na jednotlivých typech BPS závisí i jednotlivá specifika různých technologií výroby bioplynu. V dnešní době existuje mnoho různých typů BPS. Pro vhodný výběr jednotlivých technologií a zvolení správného typu BPS je nutné znát tyto technologie a zařízení.

V obecné rovině můžeme dle Váni (2009) rozdělit BPS podle zpracovávaného substrátu:

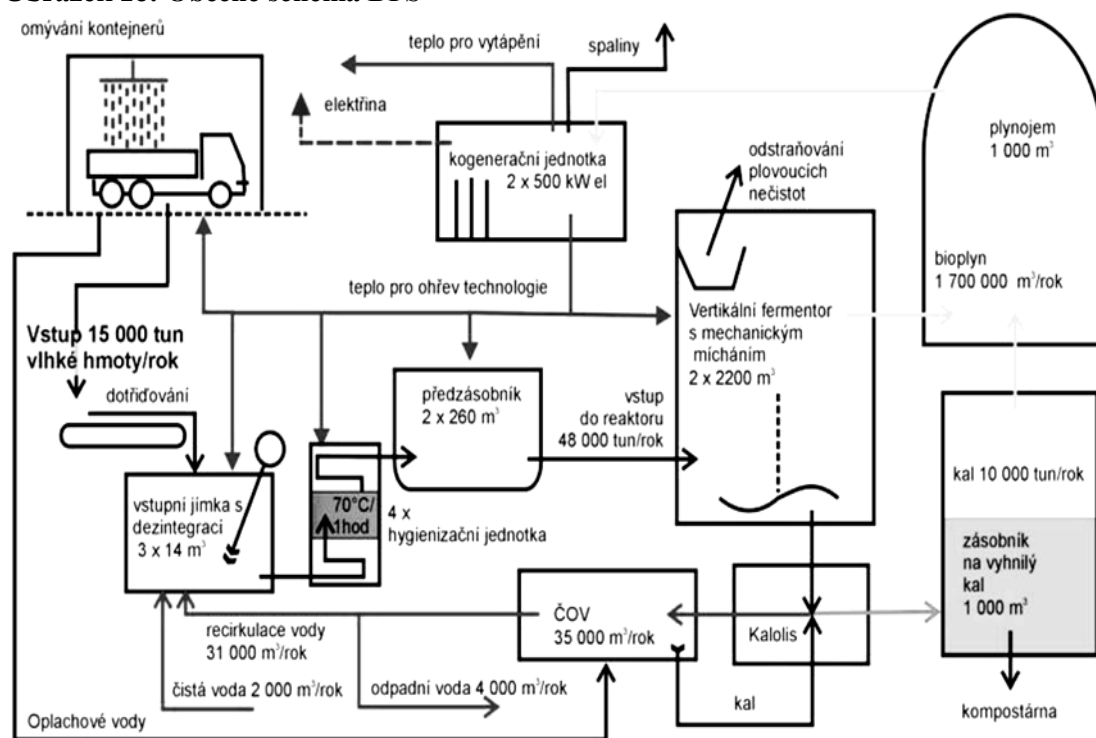
- zemědělské BPS (zpracovávají statková hnojiva a zemědělskou biomasu)
- čistírenské BPS (zpracování pouze kalů z ČOV)
- ostatní BPS (zpracovávají bioodpady a vedlejší živočišné produkty (VŽP) podle nařízení ES 1774/2002, případně zpracovávající biosložku mechanicky vytříděnou ze směsného komunálního odpadu.)

Novela č. 453/2008 vyhlášky o biomase určuje pouze tyto dvě kategorie BPS:

- Skupina AF1, tzv. „Zemědělské BPS“ (zpracovávají cíleně alespoň 50 % sušiny cíleně pěstované biomasy a přitom nesmí zpracovávat žádné odpadní suroviny.)
- Skupina AF2, tzv. Ostatní, nebo komunální BPS“ (všechny ostatní BSP, které nesplňují výše stanovené podmínky)

Součástí BPS je zařízení na úpravu odpadů, dávkování vsázky, fermentační zařízení, zařízení na úpravu a skladování bioplynu, zařízení na energetické využití bioplynu (kogenerační jednotka) a zařízení na úpravu a skladování digestátu. BPS zpracovávající VŽP musí být vybavena hygienizačním zařízením, tj. uzavřeným reaktorem, který je vybaven zařízením na sledování teploty v čase, záznamovým zařízením a zařízením k zabránění nedostatečného ohřevu. Nezbytné je rovněž zařízení pro čištění a dezinfekci vozidla a nádob na přepravu VŽP. BPS zpracovávající biosložku vytríděnou ze směsného komunálního odpadu (SKO) musí být vybaveny zařízením pro odloučení lehké frakce a druhotných surovin. V ČR je také třeba považovat BPS za zařízení s možným nebezpečím výbuchu. Pro realizaci stavby BPS platí ČSN 756415 – Plynové hospodářství čistíren odpadních vod. (Váňa 2009) Obecné schéma BPS je znázorněno na Obr. 16

Obrázek 16: Obecné schéma BPS



Zdroj: (Habart 2009).

Podle Slejšky (2004) můžeme dělit technologicko technické postupy podle následujících kritérií. Výsledná technologie je pak kombinací tohoto rozdělení:

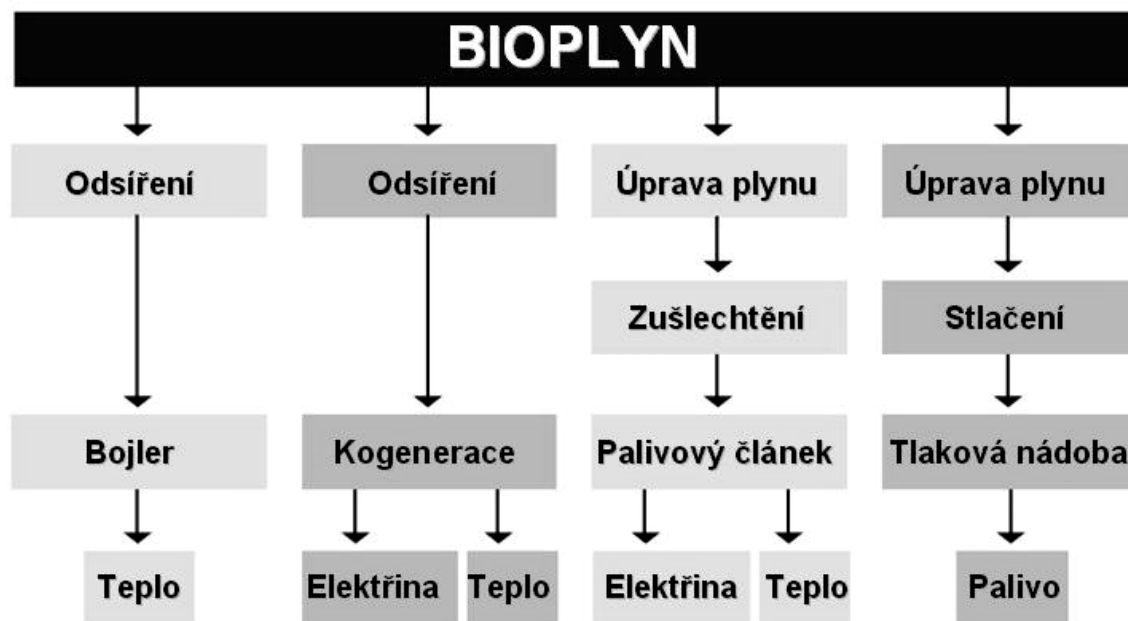
1. průběh procesu	• jednostupňový • dvoustupňový • vícestupňový
2. způsob procesu	• kontinuální • vsádkový (diskontinuální) • semikontinuální (kombinace kontinuálních a diskontinuálních)
3. sušina substrátu	• mokrý proces (substrát do 10 % sušiny. Přejídný proces 10-25 % sušiny) • suchý proces (nad 25 % sušiny)
4. provozní teplota	• mezofilní (při zpracování BRKO nutno pasterizovat – teplota 70°C cca 1 hod.) • termofilní
5. systém míchání	• mokrý proces: • čerpadlem • fluidně dynamické míchání bioplynu • listové • mechanické míchání odvozené od pohybu plynojem • nátok, výtok • suchý proces: • pístový lis (např. "Maulwurt") • perkolace
6. způsob zpracování bioodpadů	• monosubstrátová fermentace • kofermentace se zvířecími fekáliemi

Slejška (2004) také všechny tyto technologické postupy popisuje ve své zprávě. O samotné technologii nejpoužívanějších výrobních postupů i s podrobným stavebně technickým postupem také pojednává Schulz a Eder (2004) v samostatné kapitole "Technologie výrobních postupů".

4.4.4 Využití bioplynu

Obecně existují čtyři způsoby, jak nakládat s bioplynem, respektive, jak ho energeticky využít. (Obr. 17)

Obrázek 17: Obecné schéma energetického využití bioplynu



Zdroj: (IEA Bioenergy 2005), přeloženo.

Ať už bioplyn chceme přeměnit pouze na teplo, nebo teplo a elektřinu, popřípadě na palivo, vždy je nutné ho nejprve upravit. Základní a nezbytná úprava je vždy odsíření. Schulz a Eder (2004) uvádějí, že odsíření je dnes i u nás nejběžněji (v Německu je tato metoda využívána z 91 %) prováděno nafoukáním venkovního vzduchu do plynojemu BPS (od 3 do 5 % objemu bioplynu). Následným působením sírných bakterií (*sulfobacter oxydans*) dojde v aerobním prostředí ke spotřebování sirovodíku za vzniku elementární síry, vody a v malém množství i kyseliny sírové. Vzniklá elementární síra se usazuje na digestátu. Při jeho využití jako hnojiva se vstřebává rostlinami, jako výživa. Použitím této metody je možno dosáhnout až 95 % odsíření. Tato metoda je nejjednodušší, nejefektivnější a zároveň nejlevnější. (Při tomto procesu nevzniká riziko exploze, protože množství nafoukaného vzduchu je nedostačující pro vznik zápalné nebo výbušné směsi.) Další, skoro nevyužívanou možností odsíření bioplynu je prováděno za použití chloridu železitého (v Německu je tato možnost využívána pouze na 2 % BPS) nebo o něco více využívaná metoda s použitím bahenní železné rudy (v Německu ze 7 %).

Dalším čištěním se z bioplynu odstraňuje vodní pára. (Především ochlazením bioplynu a následnou kondenzací vodní páry.) Také je k čištění možné využít keramické

molekulární síta, která umožňují z bioplynu separaci čistého metanu. V praxi však tato metoda zatím není běžná. Až po těchto úpravách je možné bioplyn dále zpracovávat. (viz Obr. 17) V praxi se využívá přímé spalování nebo kogenerace. Čistý metan je možné zpracovat jako palivo. (Schulz a Eder 2004)

Přímé spalování

Schulz a Eder (2004) uvádějí, že přímé spalování a převod energie na ohřev vody, vytápění nebo vaření u nás není příliš využíváno. Takovéto zužitkování bioplynu je typické pro rozvojové země (jako je Čína, Indie, Nepál, a země v Africe), kde bioplyn využíván místo mizejícího dřeva.

Kogenerace

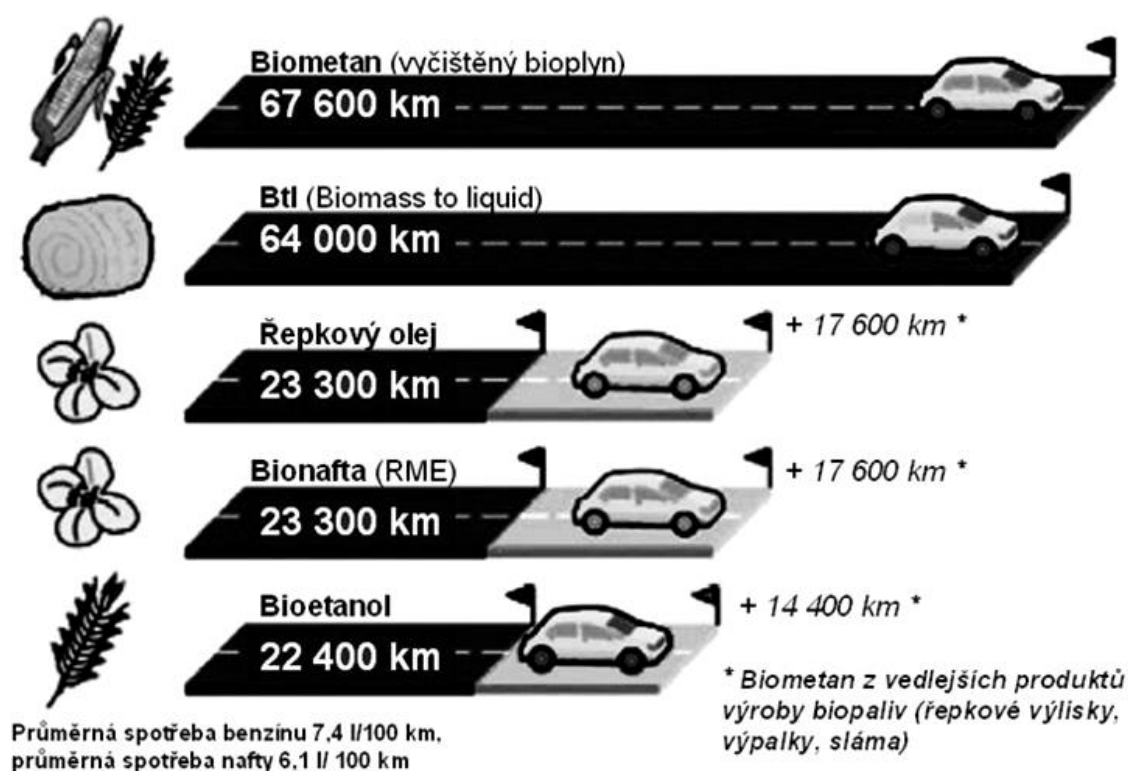
Kogeneraci můžeme podle Schulze a Edera (2004) stručně popsat jako společnou výrobu tepelné a elektrické energie. Odsířený bioplyn je využíván jako pohonná hmota pro pístový spalovací motor, který pohání generátor pro výrobu elektrické energie. Odpadní teplo z chlazení motoru a výfukových plynů, je pak využíváno k vytápění stanice (někdy může sloužit i jako centrální vytápna obce, nebo alespoň její části). Trávníček a Karafiát (2009) uvádějí, že toto odpadní (ztrátové) teplo k elektrické energii (účinnosti) může být i 1:1. (Většinou však bývá kolem 5:4.) Metoda zužitkování bioplynu kogenerací je dnes nejrozšířenější a podle Urbana (2009) tomu tak bude i nadále. Nahrává tomu především fakt, že zmíněné metody čištění a separace samotného metanu z bioplynu jsou zatím příliš investičně náročné. Také stávající legislativa zatím nepomáhá jinému způsobu využití bioplynu. Kogenerační jednotka se tak stává doslova srdcem každé BSP. Její povozní doba se pohybuje kolem 8000 hodin za rok. Výkon takové kogenerační jednotky se pak odvíjí od množství a kvality vyrobeného bioplynu ale také od množství kogeneračních jednotek v BSP. U nás výkon BSP v průměru pohybuje od 150 do 1400 kW za hodinu. Výroba elektřiny se tak stává hlavním a stabilním zdrojem příjmů celé BSP. (Výkupní cena el. energie byla pro rok 2009 stanovena Energetickým regulačním úřadem na 3,55 Kč/kWh pro kat. AF2 (ostatní a komunální BSP) a 4,12 Kč pro kat. AF1.(zemědělské BSP))

Palivový zdroj pro automobily

Jak už bylo řečeno, bioplyn se v ČR zatím jako palivo nevyužívá, především pro jeho náročné čištění a separaci metanu, respektive biometan z bioplynu. Také na našem trhu chybí odběratelé tohoto druhu paliva, tedy automobily s pohonem na CNG (zemní plyn). Zemní plyn a biometan jsou totiž ve svém složení identické.

Biometan se přitom jeví jako ideální řešení náhrady konvenčních paliv (benzín, nafta). Lampien at al (2004) uvádí, že při spalování biometanu uniká do ovzduší, v porovnání s tradičními palivy, nejméně skleníkových plynů (stejně jako při spalování zemního plynu). Jestliže je navíc tento biometan produkován pouze z bioodpadů, jeho celková energetická bilance výroby (kolik energie bylo vloženo do celého produkčního cyklu) je ve srovnání s kterýmkoli jiným palivem nejnižší. Srovnání energetických výnosů jednotlivých biopaliv z 1 ha zemědělské půdy za rok znázorňuje Obr. 18.

Obrázek 18: Ujetá vzdálenost osobního automobilu na různé druhy biopaliv



Zdroj: (POŠTULKA a kol. 2009)

Pozn.: Btl neboli „biomass to liquid“ přeloženo „zkapalněná biomasa“. Jsou to biopaliva druhé generace, které ale ještě nejsou uvedeny do provozu.

4.4.5 Výhody a rizika anaerobního rozkladu

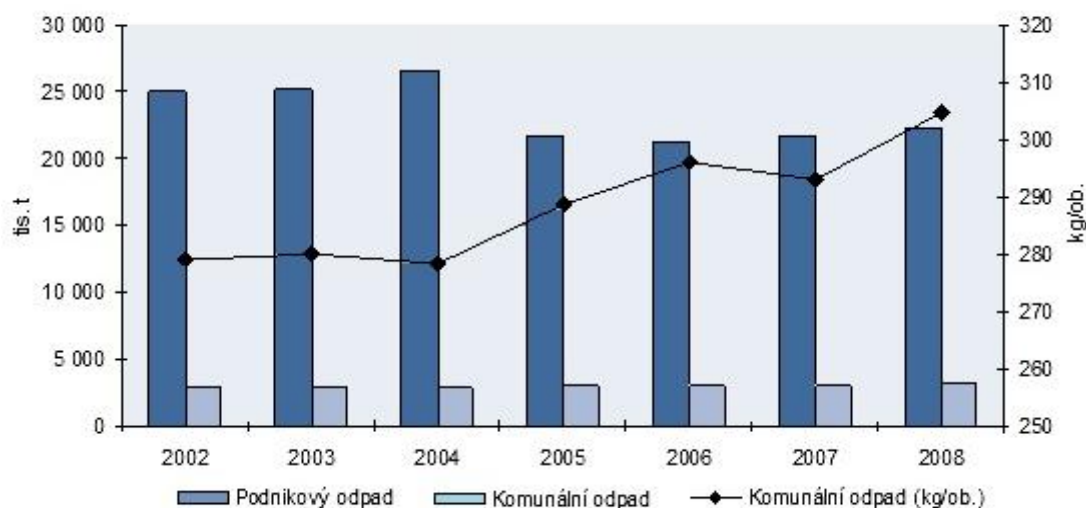
Největší výhodou zpracování BRKO anaerobní cestou je zisk velkého množství dobře uchovatelné energie ve formě metanu (ten je možno dle potřeby a poptávky na trhu měnit v elektrickou energii, případně na palivo.). Anaerobní biodegradace je určena jak pro velmi vlhké až tekuté bioodpady, tak i pro suché bioodpady. (Substrát se buď jednoduše naředí, nebo je suchý materiál zpracován tzv. suchou fermentační cestou.)

Nevýhoda spočívá v potřebě kontinuálního příjmu bioodpadů, nebo jiných biologicky rozložitelných surovin. Složení surovinové skladby substrátu se po spuštění procesu může měnit jen pozvolna v závislosti na zvolené technologii. Také oproti kompostování trvá mnohem déle, než proces v BPS začne správně fungovat (asi tři měsíce). Také se nedoporučuje převyšovat roční kapacitu nad 10 000 tun. Výhodná jsou spíše menší, rozptýlená zařízení. (Habart 2009)

Váňa (2007) dodává: „Očekává se rozvoj bioplynu z bioplynových stanic zpracovávajících vedlejší zemědělské produkty a průmyslové a komunální bioodpady. Tento rozvoj je podporován příznivou výkupní cenou el. proudu a investiční podporou ze strukturálních fondů EU a to z operačních programů životní prostředí, podnikání a inovace a Programu rozvoje venkova. Rozvoj bioplynových stanic v České republice je považován za hlavní prioritu programu EKO-energie, který letos vyhlásilo Ministerstvo průmyslu a obchodu. Do roku 2015 se očekává výstavba dalších 400 bioplynových stanic“

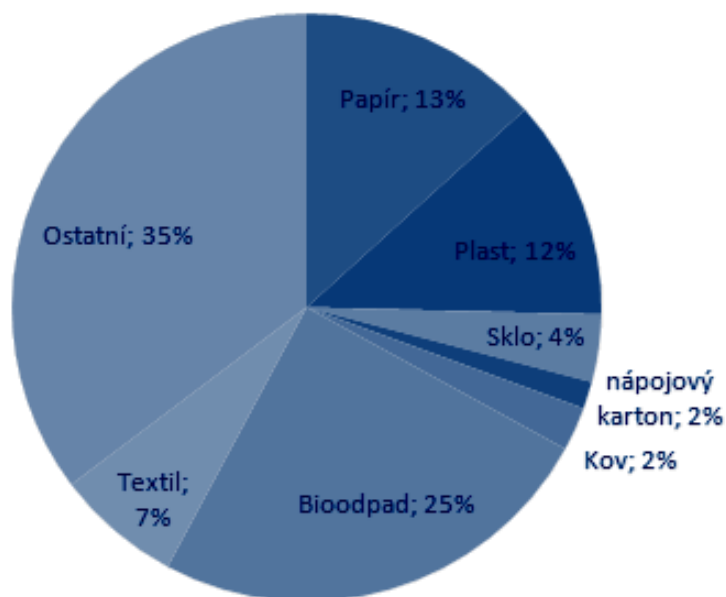
4.5 Současný stav BRKO a legislativní nástroje týkající se ČR

Současný stav BRKO se odvíjí od celkového stavu KO. Také je nutné tyto údaje brát v kontextu a s ohledem na minulost (pro možnost srovnávání). Prozatím nejnovější údaje za období 2002 až 2008 jsou shrnuty v grafu 4. (Informace o odpadech za rok 2009 zatím nebyly na ČSÚ zveřejněny)

Graf 4: Vývoj produkce odpadů v ČR

Zdroj: (ČSÚ 2009), upraveno. (<http://czso.cz/csu/2009edicniplan.nsf/tab/41002FD7DF>)

Složení KO se pak odvíjí od různých faktorů. V různých obdobích, různé zástavbě, i v různých oblastech se konkrétní složení KO velmi liší. Tuto „různorodost“ můžeme dobře sledovat ve výročních zprávách ČSÚ v oblasti odpadů. Celkové, a zároveň průměrné složení KO za rok 2007 je znázorněno v grafu 5.

Graf 5: Složení komunálního odpadu z domácností, údaje 2007

Zdroj: (EKO – KOM 2008)

Legislativní nástroje upravující nakládání s BRKO, jsou popsány níže.

4.5.1 Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.

Zákon o odpadech (2001) má od jeho vzniku velmi bohatou historii různých právních úprav. Ke dni 1. 1. 2010 existuje 25 znění původního zákona o odpadech č. 185/2001. Jeho nynější poslední právní úprava je zákon č. 326/2009 Sb. Při tomto velmi rychlém vývoje nemá cenu uvádět výčet veškerých platných informací. Uvedeny budou pouze nejdůležitější z nich. Na ostatní odkazují zákonem č. 185/2001 o odpadech a o změně dalších zákonů ve znění pozdějších právních předpisů. (Věstník MŽP 2010)

Jednou z nejpodstatnějších informací vyplývajících z tohoto zákona je, že původcem KO je vždy obec (definice KO viz výše). Povinností obce je zajistit odběr (stanovit odběrová místa) KO od občanů a jeho likvidaci. S tím, že na prvním místě nakládání s odpady stojí prevence jeho vzniku, následuje využívání odpadů (přednost má materiálové využití před energetickým) a až na posledním místě dle zákona stojí jeho odstraňování (dnes především skládkováním). Zákon také stanovuje poplatky za likvidaci KO ukládáním na skládky. V nejbližších letech se předpokládá nárůst cen těchto poplatků až na 1500 Kč/t. (předpoklad pro rok 2013).

Právní úprava zákona o odpadech zákonem č. 314/2006 Sb. stanovila způsoby nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. Právě tato úprava podporuje materiálové využívání BRO v souladu s požadavky Směrnice Rady č. 1999/31, která stanovuje závazné snižování BRO ukládaného na skládky (viz „Legislativa EU“). Významným krokem této právní úpravy, bylo i povolení provozu malých zařízení (viz výše).

4.5.2 Vyhlášky týkající se BRKO

Nakládání s BRKO dále upravují čtyři vyhlášky spadající pod MŽP. Je to především vyhláška č. **341/2008 Sb.**, 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, (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady). Tato vyhláška uvádí seznam bioodpadů (viz příloha 14) a požadavky na kvalitu odpadů, vstupujících do technologií materiálového využívání bioodpadů. Také stanovuje technické požadavky na vybavení a provoz zařízení biologického zpracování bioodpadů (kompostárna a BSP), v závislosti na množství

a druhu v něm upravovaných bioodpadů a technologické požadavky na úpravu bioodpadů, včetně možnosti jejich dalšího použití. Dále stanovuje obsah provozního řádu těchto zařízení atd. Na její přípravě se také podílelo Ministerstvo zemědělství i Ministerstvo zdravotnictví.

Druhá, velmi podstatná vyhláška **č. 374/2008 Sb.** je o přepravě odpadů a o změně vyhlášky **č. 381/2001 Sb.**, kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů. Vybrané bioodpady z této vyhlášky jsou v příloze 14

Vyhláška okrajově se týkající BRKO je Vyhláška **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.**

Poslední je vyhláška **č. 382/2001 Sb.** Ministerstva životního prostředí o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, ve znění vyhlášky **č. 504/2004 Sb.**

Zpracování bioodpadů, především výstupům ze zpracování se také týká vyhláška Ministerstva zemědělství **č. 209/2005 Sb.**, kterou se mění vyhláška **č. 474/2000 Sb.**, o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění vyhlášky **č. 401/2004 Sb.**

Pro srovnání různorodosti právních předpisu, uvádím Tab. 4, kde jsou porovnány limitní hodnoty těžkých kovů, dané vyhláškou **č. 209/2005 Sb.** pro hnojiva (tyto limity jsou „nejpřísnější“), dále limity uvedené vyhláškou **č. 341/2008**, která stanovuje tři různé limitní třídy s různými možnostmi jejich využití. Do tabulky jsou také zahrnuty nejvyšší přípustné koncentrace stanovené stále platnou ČSN 465735 („Průmyslové komposty“)

Tabulka 4: Limitní hodnoty těžkých kovů stanovené vyhláškou č. 209/2005 Sb., vyhláškou č. 341/2008 Sb. a ČSN 46535

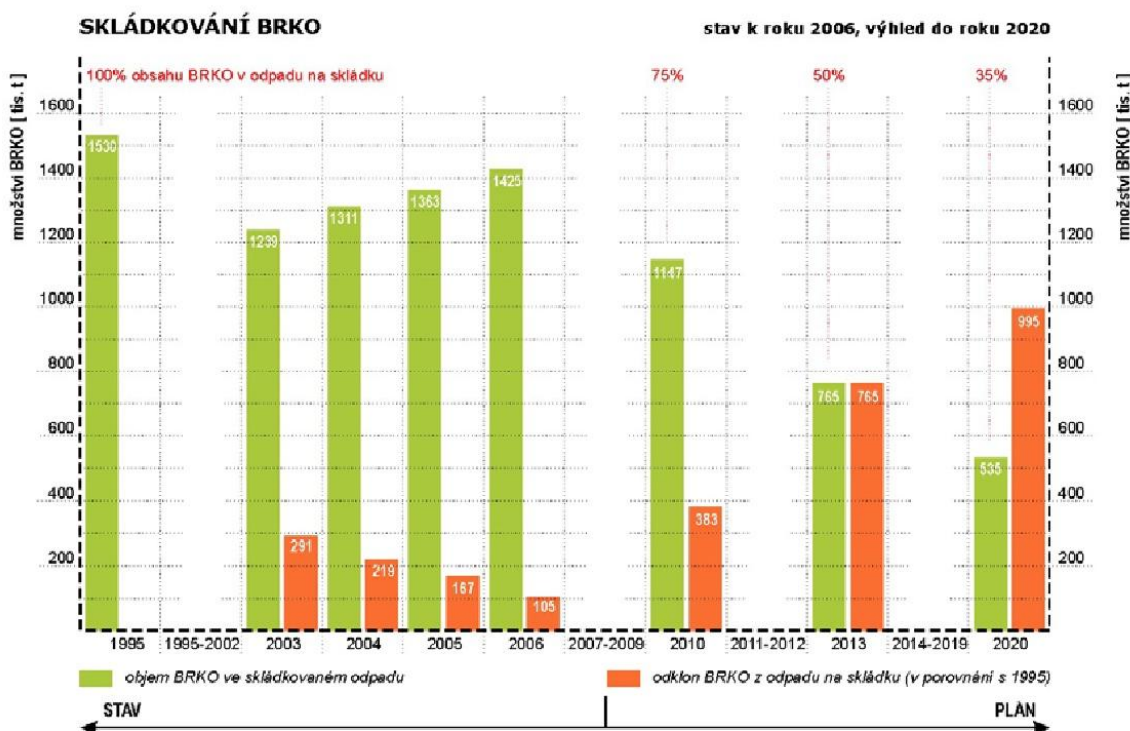
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Hnojivo	10	2	100	100	50	100	400
třída I	10	2	100	170	65	200	500
třída II	20	3	250	400	100	300	1200
třída III	30	4	300	500	120	400	1500
ČSN	50	13	1000	1200	200	500	3000

Zdroj: (Vyhláška č 209 2005), (Vyhláška č. 341 2008) a (ČSN 46535 1991) Pozn.: všechny hodnoty jsou v (mg/kg⁻¹ sušiny)

4.5.3 Plán odpadového hospodářství České republiky

POH ČR byl ustanoven nařízením vlády č. 197/2003 Sb. o Plánu odpadového hospodářství České republiky, ve znění nařízení vlády č. 473/2009 Sb. Jeho platnost je ustanovena na dobu 10 let od 1. 7. 2003, kdy nabyl účinnosti. Obecným cílem POH, je jak píše Durdík (2006), zajistit dynamický, vnitřně provázaný rozvoj celého odpadového hospodářství, které směřuje k bezpečnému způsobu nakládání s odpady. Tento rozvoj je pak naplňován množstvím konkrétních cílů POH. Jedním z nejvýznamnějších, konkrétních cílů je snížení hmotnostního podílu odpadů ukládaných na skládky o 20 % do letošního roku (2010) ve srovnání s rokem 2000. Další stěžejním cílem (který je také implementován ze Směrnice Rady č. 1999/31/ES), je snížení maximálního množství BRKO ukládaných na skládky tak, aby podíl této složky činil v letošním roce (2010) nejvíce 75 % hmotnostních, v roce 2013 nejvíce 50 % hmotnostních a v roce 2020 nejvíce 35 % hmotnostních z celkového množství BRKO vzniklého v roce 1995. Vývoj situace nakládání s BRKO ve vztahu k těmto cílům je zachycen v grafu 6.

Graf 6: Vývoj množství BRKO ukládaného na skládky ve vztahu k cílům POH



Zdroj: (Chudárek a kol 2008)

V zájmu dosažení tohoto a jiných závazných cílů, obsahuje POH další opatření týkající se BRKO. Platná opatření jsou shrnuty v Tab. 5.

Tabulka 5: Opatření k dosažení snížení množství BRKO ukládaného na skládky, vyplývající z POH ČR

1. Navrhovat nová zařízení pro nakládání s BRO s nejlepšími dostupnými technikami, jako nedílnou součást integrovaného systému nakládání s odpady na daném území.
2. Upřednostňovat při výběru projektu odpadového hospodářství projekty infrastruktury pro odvozový systém sběru tříděného komunálního odpadu.
3. Požadovat ekonomickou rentabilitu zařízení pro nakládání s BRO.
4. Neohrožovat provozem zařízení pro nakládání s BRO a dopravou BRO lidské zdraví a jednotlivé složky životního prostředí.
5. Nepodporovat výstavbu nových spaloven komunálních odpadů ze státních prostředků.
6. Nepodporovat výstavbu nových skladek odpadů ze státních prostředků.
7. Stanovit podmínky pro materiálové využívání a zejména spalování BRO v jiných vhodných zařízeních, která nejsou vedena jako zařízení na využívání odpadů ve smyslu zákona.
8. Zajistit potřebné kapacity pro úpravu BRO vhodných pro zpracování na palivo, není-li vhodnější jejich materiálové využití.
9. Zajistit využití vhodných a dostupných technologií k využívání paliv vyrobených z BRO.

10. Připravit návrh podpory pilotních projektů na ověření dosud v České republice neprovozovaných technologií a zařízení k nakládání s BRO.
11. Povolovat dovoz odpadů za účelem využití pouze do zařízení, která jsou provozována v souladu s právními předpisy a která mají dostatečnou kapacitu (tyká se zejména dřevních odpadů).
12. Stanovit nástroje pro podporu zvýšeného materiálového využití BRO a to zejména u kompostů.
13. Podporovat trh s komposty a upřednostňovat je při zadávání zakázek na úrovni orgánů veřejné správy.
14. Zajistit zdravotní nezávadnost pro všechny výrobky vyráběné z BRO.
15. Zajistit kontrolu dodržování zákazu ukládání kompostovatelných odpadů na skládky.
16. Podporovat přeměnu stávajících skládkových areálů na centra komplexního nakládání s bioodpady dobudováním kompostárny, bioplynové stanice nebo zařízení pro MBU.
17. Vytvářet podmínky k oddělenému shromažďování jednotlivých druhů BRO vznikající v domácnostech, živnostech, průmyslu a úřadech.
18. Omezovat znečišťování BRO jinými odpady, zejména majícími nebezpečné vlastnosti.
19. Zvyšovat materiálové využívání papíru a lepenky vytríděných z komunálních odpadů.
20. Vytvářet ekonomicky a technicky zdůvodněná společná řešení v rámci dvou i více krajů za účelem docílení požadovaného snížení množství BRKO ukládaného na skládky.
21. Upřednostňovat kompostování a anaerobní rozklad BRO s výjimkou papíru a lepenky s využitím výsledného produktu v zemědělství a při rekultivacích a BRO, které nelze takto využít upravovat na palivo nebo energeticky využívat.

Zdroj: (POH ČR 2003)

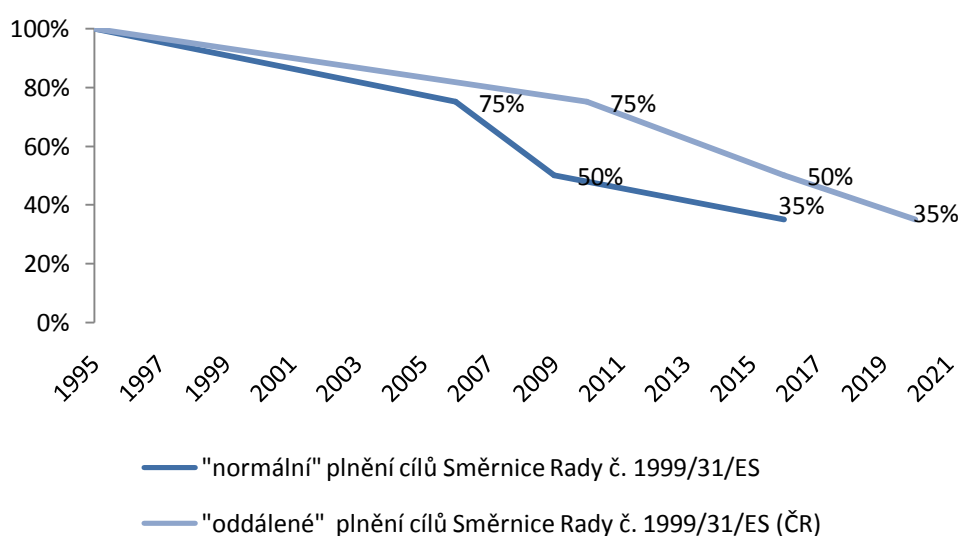
Z uvedených opatření a cílů ve srovnání s grafem 6, je zřejmé, že řešení problematiky BRKO vyžaduje pozornost a řešení.

4.5.4 Legislativa EU

Z legislativy EU je pro BRKO nejdůležitější již mnohokrát zmiňovaná Směrnice Rady č. 1999/31/ES o skládkách odpadů. Závazná část této Směrnice týkající se BRKO platí pro všechny státy EU, tedy i pro nás.

Jak bylo řečeno, cíle vyplývající z POH ČR jsou také implementovány z této směrnice. Uvedené snižování množství BRKO ukládaného na skládky v grafu 6. (v intervalech 2010 na 75 % hmotnostních, 2013 na 50 % hmotnostních a 2020 na 35 % hmotnostních ve srovnání s ukládáním BRKO na skládky v roce 1995), není tou „nejpřísnější“ hranicí. Protože ČR v roce 1995 odstraňovala více než 80 % BRKO skládkováním, mohla využít odložení původních cílů Směrnice EU. Srovnání „normálního“ plnění cílů uvedených Směrnicí a plnění „posunutého“ o čtyři roky, jsou znázorněny v grafu 7.

Graf 7: Srovnání snižování množství BRKO ukládaného na skládky pro „normální“ a „oddálené“ plnění dle Směrnice EU o skládkách odpadu



Zdroj: (Council Directive 99/31/EC 1999)

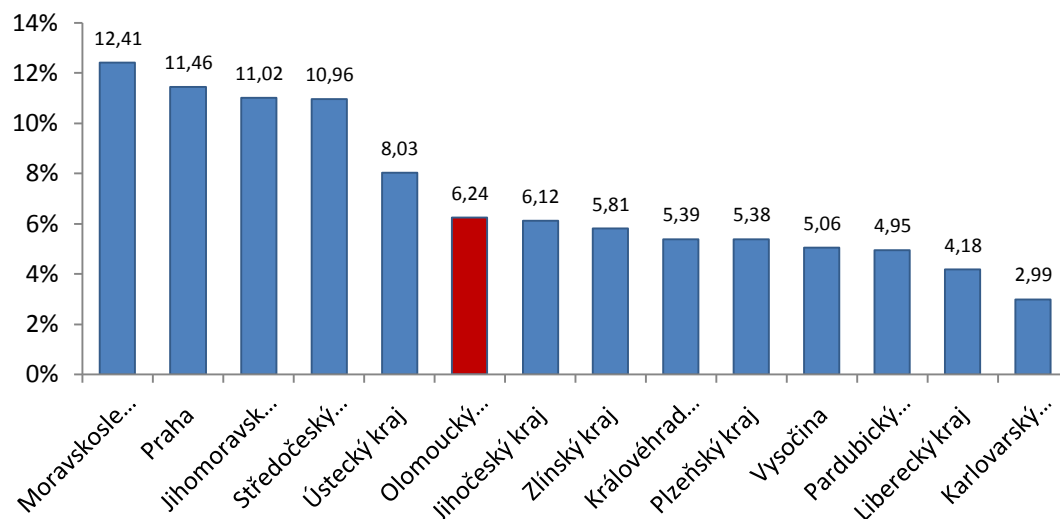
4.6 Charakteristika Olomouckého kraje

Olomoucký kraj (OK) se nalézá na severu střední Moravy a zasahuje i do její severní části. Z hlediska územně-správního tvoří spolu se Zlínským krajem oblast Střední Moravy (NUTS 2). Jeho severní hranice kopíruje hranici státu s Polskem v délce 104 km. OK na východě sousedí s Moravskoslezským krajem, jižní hranice je společná se Zlínským a Jihomoravským krajem a na západě sousedí s krajem Pardubickým. Na OK je vymezeno 5 územích okresů: Jeseník, Olomouc, Prostějov, Přerov a Šumperk.

Geograficky je kraj členěn na severní hornatou část s pohořím Jeseníky a jižní část kraje tvořenou rovinatou Hanou. (geografické mapa OK viz příloha 1)

Celková rozloha OK k 31. 12. 2008 je 5 266,84 km². Řadí se tak na osmé místo ze 14 krajů v ČR. Na celkové ploše ČR se OK podílí 6,7 %. V OK zaujímá 53,3 % (280 813 ha) zemědělská půda. Z toho orná půda zaujímá většinu, 208 740 ha, ale stále klesá. Podíl nezemědělské půdy dosáhl 46,7 % (245 852 ha), z toho 183 300 ha lesa.

Graf 8: Počet obyvatel v krajích ČR



Zdroj: Český statistický úřad 2010. Pozn.: Dohromady tvoří 100 %.

K 30. 9. 2009 měl OK celkem 642 223 obyvatel (což je 6,24 % z celé ČR) a řadí se tak na 6 místo v ČR. (viz Graf 8) Z 398 samostatných obcí v OK má 30 obcí přiznaný statut města. V těchto městech bydlí 57,3 % obyvatel. Statutárním městem je krajské město Olomouc, které k 31. 12. 2008 mělo 100 373 obyvatel. Hustotou zalidnění (121,9 osob/km²), se kraj přibližuje průměrné hustotě zalidnění ČR (132,7 osob/km²). Nejmenší hustotu obyvatel má okres Jeseník (57,6 osob/km²) a Šumperk (94,8 osob/km²), největší hustotu obyvatelstva pak má Přerov (159 osob/km²).

Hodnoty měrných emisí v OK nedosahují průměrných hodnot ČR. Životní prostředí je zde hodnoceno jako méně poškozené. Horské a podhorské oblasti mají vynikající kvalitu ovzduší a jsou významným zdrojem pitné vody. OK má převážně průmyslový charakter. (ČSÚ 2010)

Na území OK se k 1. 1. 2010 nachází celkem 13 kompostáren (jejich seznam s potřebnými údaji je uveden v příloze 11 a 12) a 5 bioplynových stanic. Rozmístění zařízení v kraji je znázorněno v příloze 2,

4.7 Současný stav BRKO Olomouckého kraje

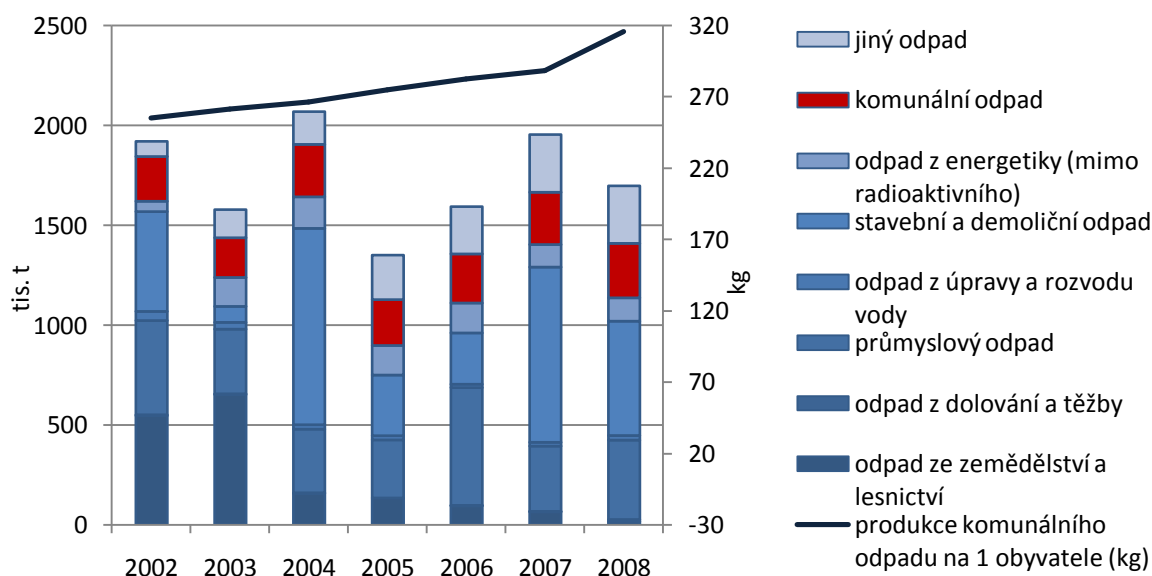
Jal bylo již řečeno, stav BRKO v Olomouckém kraji se také bude odvíjet od celkového stavu KO. Vezmeme li v úvahu 25 % zastoupení BRKO (viz Graf 5) v KO, dostaneme průměrné množství BRKO cca 60,6 tisíc tun. Na obyvatele pak připadá průměrně 69,5 kg BRKO za rok. Celková produkce odpadu v OK je shrnuta v Tab. 6 a grafu 9.

Tabulka 6: Produkce odpadů dle OECD v Olomouckém kraji spolu s nebezpečnými odpady v období 2002 až 2005

Odpad	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
odpad ze zemědělství a lesnictví	546	652	156	134	96	66	16
odpad z dolování a těžby	5	4	4	0	1	1	10
průmyslový odpad	472	324	319	291	590	327	398
odpad z úpravy a rozvodu vody	46	34	22	21	17	19	23
stavební a demoliční odpad	500	80	984	304	257	878	573
odpad z energetiky (mimo radioaktivního)	52	145	158	148	150	113	117
komunální odpad	224	199	263	230	246	262	273
jiný odpad	76	141	164	223	237	289	288
CELKEM	1 921	1 579	2 070	1 351	1 592	1 955	1 643
produkce komunálního odpadu na 1 obyvatele (kg)	255,4	261,7	266,4	275,1	282,8	288,6	315,8

Zdroj: (MŽP a kol 2010), upraveno.

Graf 9: Produkce odpadů dle OECD v Olomouckém kraji v období 2002 až 2005



Zdroj: Data z (MŽP a kol 2010), upraveno.

4.7.1 Plán odpadového hospodářství Olomouckého kraje

POH OK (2004) určil ve své závazné části cíle pro snižování množství biologicky rozložitelných odpadů ukládaných na skládky. Cíle vycházejí z POH ČR. Hlavním cílem je opět snižování množství BRKO ukládaného na skládky se stejným množstvím i časovým intervalem, jako u POH ČR. Dále stanovuje obecná opatření na úrovni kraje:

1. Řešení připravit tak, aby v přípravě budování infrastruktury byly zohledněny parametry roku 2013.
2. Vytvářet podmínky pro oddělené shromažďování biologicky rozložitelných odpadů z domácností (z údržby zeleně), z živností, průmyslu, úřadů, z údržby měst a obcí tak, aby tento odpad nebyl součástí směsného zbytkového komunálního odpadu.
3. Vytvářet podmínky pro omezování znečištění odděleně sbíraného biologicky rozložitelného odpadu jinými odpady, zejména odpady nebezpečnými, které znehodnocují následné produkty vyrobené z biologicky rozložitelných odpadů.
4. V maximální míře požadovat zajištění materiálového využívání papíru a lepenky.
5. Při návrhu integrovaného systému nakládání s komunálními odpady v OK se při řešení poklesu biologicky rozložitelného komunálního odpadu ukládaného na skládky zaměřit v souladu s Plánem odpadového hospodářství České republiky na výstavbu kompostáren, zařízení na anaerobní rozklad a na mechanicko-biologickou úpravu těchto odpadů, upřednostňovat:
 - a) separovaný sběr papíru a lepenky, jeho recyklace,
 - b) kompostování a anaerobní rozklad,
 - c) upravování odpadů s energetickým obsahem na palivo (alternativní palivo),
 - d) odpady využívat energeticky.
6. Důsledně dodržovat zákaz ukládání na skládky odděleně vytríděných biologicky rozložitelných odpadů s výjimkou řešení krizových situací způsobených živelnými pohromami a jinými mimořádnými událostmi.
7. Každoročně vyhodnocovat množství a úroveň snižování podílu biologicky rozložitelného komunálního odpadu ukládaného na skládky a stanovit případné opatření pro dosažení požadovaných změn.

Společnost FITE a.s. (2009), ve své studii pro nakládání s BRO v OK, hodnotí POH Olomouckého kraje. Uvádí zde separační kvóty pro BRKO, respektive pro papír a BRO zvlášť, jako jeden z cílů POH OK pro roky 2010, 2013 a 2020. Tyto vypočítané kvóty jsou shrnuty v Tab. 7.

Tabulka 7: Směrné hodnoty separace dle POH Olomouckého kraje

rok	Skutečnost	2007		2010		2013		2020	
počet obyvatel		641 791		639000		639000		639000	
		množství (t)	kg/obyvatel/rok	množství (t)	kg/obyvatel/rok	množství (t)	kg/obyvatel/rok	množství (t)	kg/obyvatel/rok
papír a lepenka	separovaný BRKO	54 310	84,9	27 765	43,5	27 765	43,5	27 765	43,5
		7 477	11,6	12 603	19,7	13 391	21	14 572	22,0

Zdroj: (FITE a.s. 2009).

Z uvedené tabulky vyplývá, že separovaně sbíraný papír a lepenka téměř nadpolovičně převyšuje POH OK již v roce 2007. Bioodpadu se na druhou stranu v roce 2007 sbíralo cca o polovinu méně, než jaké jsou cíle POH OK.

5 VÝSLEDKY PRÁCE

Jak již bylo řečeno, výsledek prvního cíle je samotná a ucelená přehledová studie, která se zabývá BRKO s ohledem na Olomoucký region. Tento výsledek přinesl celkový pohled na probíranou problematiku. Předkládaná studie bude v mé diplomové práci využita jako literární rešerše a výchozí zdroj informací pro stanovené experimenty. Také bude aktualizována, případně budou doplněny vzniklé nejasnosti.

Dále tuto kapitolu tvoří výsledky, které byly získány při ověřování efektivnosti kompostování BRKO v malých domácích kompostérech. Jednotlivé výsledky jsou řazeny podle metodiky. Na konci kapitoly jsou výsledky shrnuty do závěrů.

5.1 Výsledky ověření efektivnosti kompostování BRKO v malých domácích kompostérech

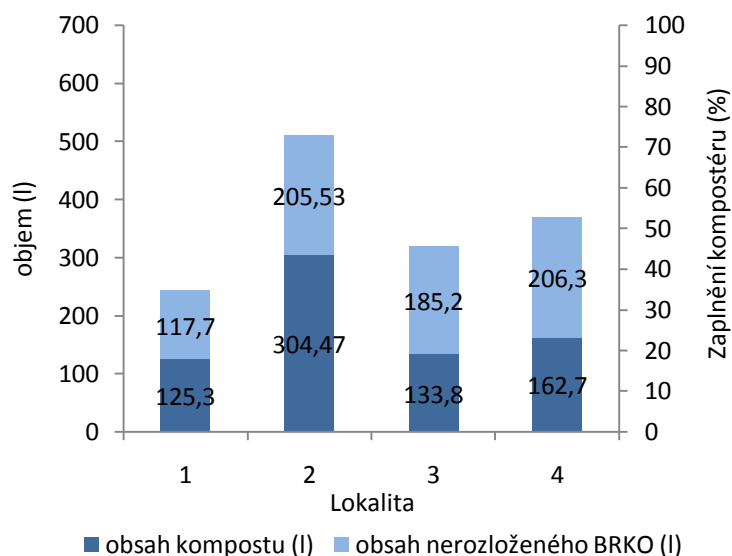
Výsledky prvního úseku hodnocení kompostovacího procesu:

Těsně před ukončením celého experimentu (viz Obr. 3), bylo stanoveno objemové zastoupení vyzrálého (hotového) kompostu a nezkompostovaného (nerozloženého) BRKO. V průměru bylo BRKO z objemového pohledu přijatelně zkompostováno pouze ze 49,3 %. Nerozložený, převážně vysušený BRKO tak objemově mírně překročil ½ veškerého obsahu v kompostérech) Výsledky jednotlivých objemových analýz jsou shrnuty v Tab. 8 a grafu 10.

Tabulka 8: Obsahové poměry kompostu a nezkompostovaného BRKO

lokalita	obsah kompostu (l)	obsah nerozloženého BRKO (l)	obsah kompostu (%)
1	125,3	117,7	51,6
2	304,47	205,53	59,7
3	162,7	206,3	44,1
4	123,8	195,2	41,9

Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

Graf 10: Znázornění poměru obsahu kompostu a nerozloženého BRKO v kompostéru

Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

Při srovnání změřeného objemu výsledných kompostů a dat z analýz složení KO (získaných při řešení projektu MŽP: SP/2f1/166/08), dostáváme celkové objemové změny veškerého BRKO, ukládaného do jednotlivých kompostérů. Z výpočtů je zřejmé, že celkové objemové změny původního vloženého BRKO do kompostéru a výsledného produktu jsou v průměru 79,9 %. Jestliže ale z výpočtů odstraníme patřičný podíl nerozloženého BRKO (odečtením příslušného objemu nerozloženého BRKO ze vstupu i výstupu), dostaneme výslednou objemovou změnu v průměru 89,3 %. Přehled výsledků shrnuje Tab. 9.

Tabulka 9: Objemové změny kompostovaného BRKO

lokalita	původní objem veškerého BRKO vloženého do kompostéru (l)	objem vyzrálého kompostu (l)	objem nerozloženého BRKO (l)	celkový objem materiálu v kompostéru (l)	celkové ztráty objemu (%)	podíl celkového zůstatku objemu (%)	ztráty objemu bez nerozložené části BRKO (%)	podíl zůstatku objemu kompostu bez nerozložené části BRKO (%)
1	1110	125,3	117,7	243,0	78,1	21,9	87,4	12,6
2	3315	304,5	205,5	510,0	84,6	15,4	90,2	9,8
3	1650	162,7	206,3	369,0	77,6	22,4	88,7	11,3
4	1550	123,8	195,2	319,0	79,4	20,6	90,9	9,1

Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

V kompostu se také vytvořila místa s nerozloženým BRKO po stranách kompostéru, jak bylo předpokládáno. Strany kompostu byly po stranách oschlé vlivem nadměrného provzdušnění (ztráty vlhkosti) Průměrná vrstva nerozloženého BRKO, měla mocnost 9,1 cm. Všechny výsledky jsou shrnuty v Tab. 10. Evidentní rozhraní mezi kompostem a nerozloženým BRKO je vidět na Obr. 19a, 19b.

Tabulka 10: Vzdálenost proschlého a nerozloženého BRKO od okraje kompostéru v závislosti na expozici slunečního záření

lokalita	jižní strana (cm)	východní strana (cm)	severní strana (cm)	západní strana (cm)	Průměrně (cm)
1	13	10	6	10	9,75
2	15	7	4	8	8,5
3	16	9	2	10	9,25
4	15	8	3	9	8,75

Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

Obrázek 19a, 19b: Odkrytá svrchní vrstva kompostovací hromady se zřetelnou hranicí nerozloženého BRKO a kompostem



Pozn.: Obr. 19a zachycuje odkrytou, rohovou část vrstvy kompostu z lokality 3. Obr. 19b je z kompostu z lokality 1. Na obou obrázcích je patrná a ještě zvýrazněná hranice přechodu mezi vyžralým kompostem a nerozloženým BRKO. Také je zvýrazněna hranice kompostovací hromady, po odstranění kompostéru. Oba pohledy jsou z jižní strany (spodní část obrázku).

Potvrdil se také předpoklad nejvyššího podílu nerozloženého BRKO, na stranách exponovaných slunečním zářením (především jižní strana) kompostéru (viz Tab. 10). Patrný rozdíl mezi jižní a severní stranou kompostéru je znázorněn na Obr. 20a, 20b.

Obrázek 20a, 20b: Vertikální pohled na stěny kompostu z lokality 3



Pozn.: Obr. 20a zachycuje pohled z jižní strany. Na vyznačené ploše, která odděluje spodní vrstvu kompostu od vrchní vrstvy nerozloženého BRKO, je také zřetelně vidět suchý a nerozložený BRKO. Na Obr. 20b je zachycena severní strana téhož kompostu s vyznačenou plochou, na které jsou vidět tmavá místa vyzrálého kompostu.

Při pozorování kompostovacího procesu byly dále zjištěny tyto skutečnosti: „Moderní“ čajové sáčky, jejichž obsah je balen v plastové síťce (viz Obr. 21), nelze kompostovat společně s ostatním BRKO. Tato informace je důležitá především proto, že se ve všech příručkách uvádí, že čajové sáčky kompostovatelné jsou. (To ovšem platí pouze papírové čajové sáčky.)

Obrázek 21: Nerozložitelné čajové sáčky z plastové síťky po 20 měsíčním kompostování



Dále byly potvrzeny obecně známé předpoklady špatně kompostovatelných bioodpadů. V experimentu byl testován odpad z citrusových plodů, odpad ze zpracování cibulovin, odpad ze zpracování jehličnanů (především Tisu červeného – *Taxus baccata* L.), odpad ze dřeva a dřevnatých částí rostlin větších rozměrů (ideální velikost je do 2×2 cm – dřevní štěpka), odpad ze zpracování ořechů (ořechové slupky), odpad z vajec (vaječné skořápky) a korkový odpad. Všechny tyto bioodpady je možno kompostovat

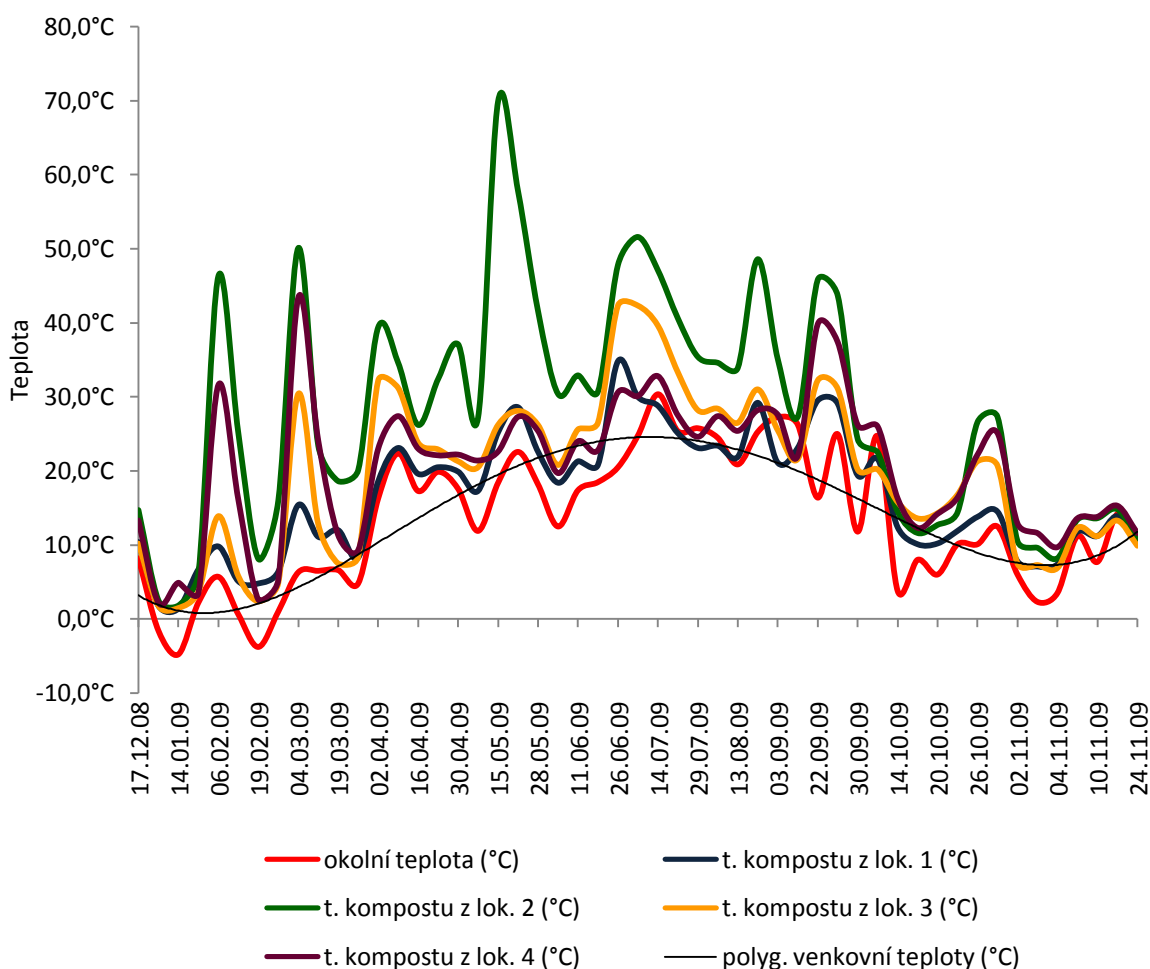
jen v omezené míře a po mnohem delší časový úsek než ostatní bioodpad. Také je vhodné ho předem mechanicky zpracovat (drcením, sekáním). Vzorke zmiňovaných bioodpadů (kromě korkového bioodpadu) po komponovacím procesu jsou v příloze 20.

Výsledky druhého úseku hodnocení kompostovacího procesu:

Naměřená teplota v průběhu kompostovacího procesu se porovnávala s paralelně naměřeným obsahem O_2 a hmotnostmi jednotlivých vzorků BRKO. Výsledky byly zpracovány formou přehledných grafů.

V grafu 11 jsou nejprve srovnány teploty kompostů z jednotlivých lokalit v závislosti s okolní teplotou. V grafu je vložena polynomická spojnice trendu venkovní teploty pro lepší orientaci. Samostatné grafy teploty kompostů z jednotlivých lokalit, v závislosti na okolní teplotě jsou uvedeny v příloze 21.

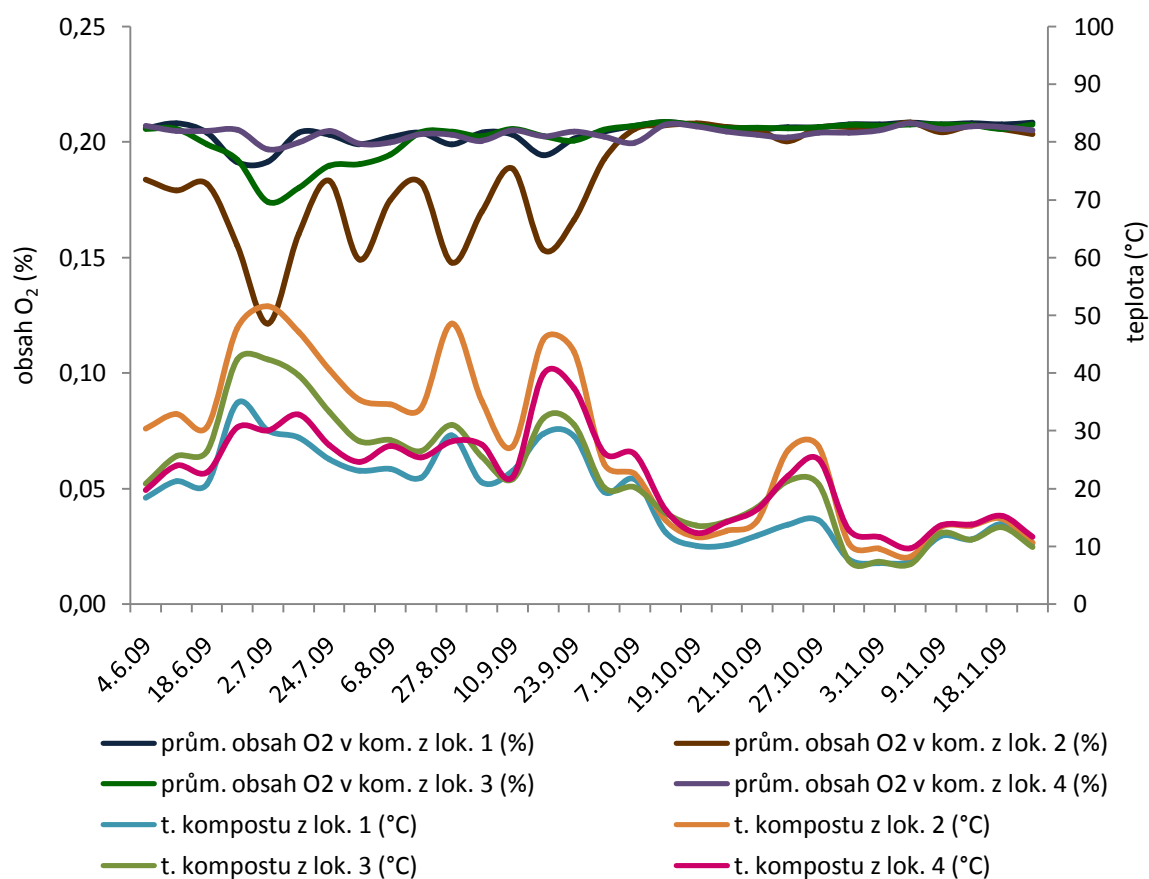
Graf 11: Závislosti teploty kompostů z jednotlivých lokalit na teplotě okolní v čase



Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

Graf 12 zachycuje jednotlivé závislosti teploty a obsahu O_2 . Přesněji tedy zachycuje průběh mikrobiální aktivity v kompostech z jednotlivých lokalit v čase. Rostoucí teplota společně s klesajícím obsahem O_2 jsou pak důsledkem i ukazatele mikrobiální činnosti. Kvůli nedostatečně mocné vrstvě kompostu v některých kompostérech (obsah O_2 se měřil ve čtyřech hloubkách po 10 cm a jestliže byla mocnost kompostu v kompostéru nedostatečná, mohl se O_2 měřit pouze ve vrchních vrstvách.), se data ze všech vrstev zprůměrovala. S teplotou se pak srovnával pouze průměrný obsah O_2 v kompostech z jednotlivých lokalit. Samostatné grafy závislosti teploty kompostů, na obsahu O_2 v kompostu, z jednotlivých lokalit jsou uvedeny v příloze 22.

Graf 12: Závislosti mikrobiální aktivity resp. spotřeby O_2 v kompostech na teplotě kompostu z jednotlivých lokalit v čase

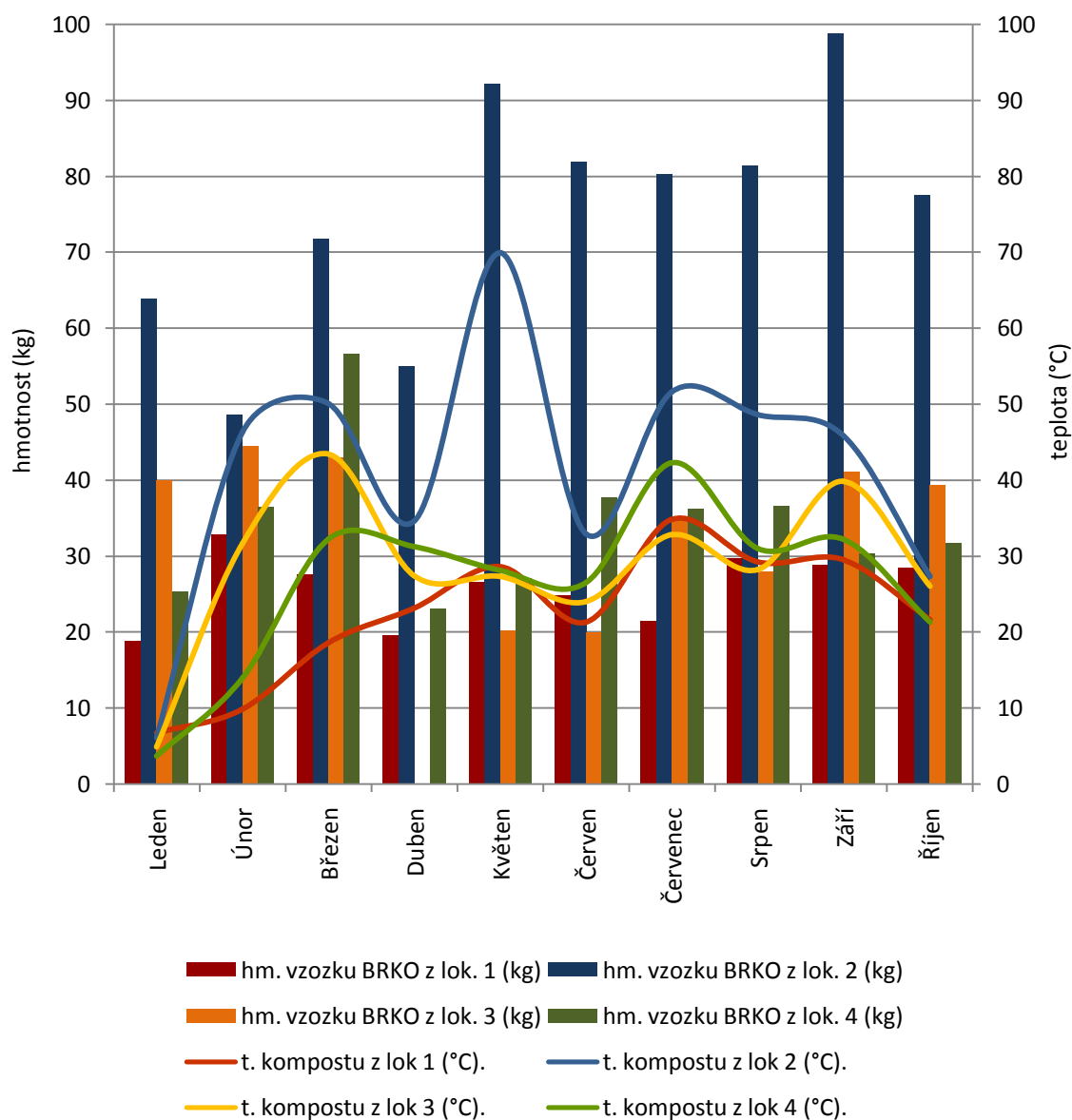


Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

Graf 13 je zpracovaný opět z teplot kompostů z jednotlivých lokalit a z dat o hmotnosti jednotlivých vzorků, získaných z analýz vzorků KO. Graf je situován pouze do období monitorování teploty při kompostování, tedy v rozmezí leden 2009 až říjen 2009. Samostatné grafy závislosti teploty kompostů z jednotlivých lokalit na hmotnostním množství dodaného vzorku BRKO je znázorněno v příloze 23. Pro lepší

orientaci jsou v jednotlivých grafech zachyceny dodané vzorky BRKO zvlášť. Zároveň je v grafech zahrnuto celé období dodávání vzorků (tedy období září 2008 až prosinec 2009). Jednotlivé grafy jsou pro srovnání také doplněny o okolní teplotu.

Graf 13: Závislosti teploty kompostů na hmotnosti dodaného vzorku BRKO z jednotlivých lokalit v čase



Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

Výsledky třetího úseku hodnocení kompostovacího procesu:

Po ukončení celého experimentu (viz Obr. 3), bylo stanoveno hmotnostní zastoupení vyžralého (hotového) kompostu a nerozloženého BRKO. V průměru bylo BRKO z hmotnostního pohledu přijatelně zkompostováno pouze z 79,2 %. Nerozložený

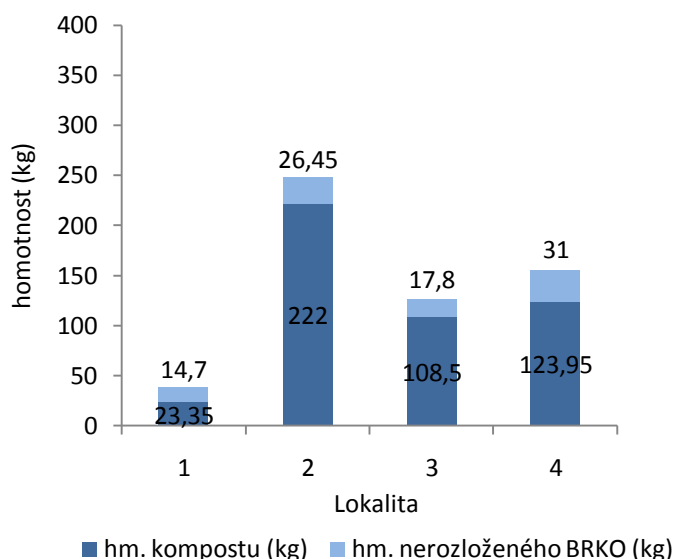
BRKO byl hmotnostně v průměru zastoupen z 20,8 %. Výsledky jednotlivých hmotnostních analýz jsou shrnuty v Tab. 11 a grafu 14.

Tabulka 11: Hmotnostní poměry kompostu a nezkompostovaného BRKO

lokalita	hm. kompostu (kg)	hm. nerozloženého BRKO (kg)	hm. kompostu (%)
1	23,35	14,7	61,4
2	222	26,45	89,4
3	108,5	17,8	85,9
4	123,95	31	80,0

Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

Graf 14: Znázornění hmotnostního poměru vyzrálého kompostu a nerozloženého BRKO v kompostéru



Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

Posledním výsledkem je Tab. 12 s analýzou hmotnostních změn BRKO při procesu kompostování. Srovnáním zvážení hmotností výsledných kompostů a dat z analýz složení KO, dostáváme celkové hmotností změny BRKO, ukládaného do jednotlivých kompostérů. Z výpočtů vyplývá, že celkové hmotností změny původního vloženého BRKO do kompostéru a výsledného produktu jsou v průměru 76,2 %. Při odečtení hmotnosti nerozloženého BRKO od příslušných hodnot, dostaneme výslednou hmotnostní změnu v průměru 79,6 %.

Tabulka 12: Hmotnostní změny kompostovaného BRKO

lokality	původní hmotnost veškerého BRKO vloženého do kompostéru (kg)	hmotnost vyzrálého kompostu (kg)	hmotnost nezkompostovaného BRKO (kg)	celková hmotnost materiálu v kompostéru (kg)	podíl celkového zůstatku hmotnosti (%)	podíl celkového zůstatku hmotnosti (%)	ztráty hmotnosti bez nerozložené části BRKO (%)	podíl zůstatku hmotnosti kompostu bez nerozložené části BRKO (%)
1	345,2	23,35	14,7	38,1	89,0	11,0	92,9	7,1
2	1022,95	222	26,45	248,5	75,7	24,3	77,7	22,3
3	453,25	108,5	17,8	126,3	72,1	27,9	75,1	24,9
4	484,2	123,95	31	155,0	68,0	32,0	72,7	27,3

Pozn.: Lokality 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

Při porovnání tohoto výsledku hmotnostních změn se změnami objemovými, dostáváme ucelený pohled na celkovou účinnost vybraného typu kompostérů po fyzikální stránce.

5.2 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

Shrnutí výsledků experimentu, ve kterém byla po fyzikální stránce ověřována efektivnost kompostování BRKO v malých domácích kompostérech:

Objemové změny zkompostovaného BRKO jsou v průměru 79,9 %, při odečtení nerozložené části BRKO se v průměru dostáváme až na 89,3 % objemovou ztrátu. Vidíme, že rozdíl je skoro o 10 %. V jednotlivých lokalitách se však objemové změny příliš neliší, zvláště po odečtení nerozloženého BRKO (rozpětí minimálního a maximálního procentuálního zastoupení je pouze 3,5 %). Jednotlivé výsledky tedy nemůžeme signifikantně přisuzovat různosti lokalit (viz Tab. 9). Tato redukce objemu BRKO je velice výhodná a žádaná z pohledu úložnosti biodegradabilního materiálu. Celkově pro všechny lokality můžeme objemové změny BRKO kompostováním hodnotit kladně.

K objemovým změnám se váží i změny hmotnostní. Zkompostovaného materiálu bylo v kompostérech z pohledu hmotnosti průměrně 76,2 %, což je o něco menší procento přijatelně zkompostovaného materiálu, jako u změn objemových. Při

odečtení nerozložené části BRKO se pak v průměru pohybujeme okolo 79,6 %. Výsledky se liší pouze o cca 3,5 %, což naznačuje, že nerozložená část BRKO má z pohledu hmotnostního zanedbatelný význam (graf 14). Zajímavé je však porovnání původní hmotnosti vloženého BRKO z jednotlivých lokalit s procentuální hmotností ztrátou materiálu při kompostování (Tab. 12). Velký procentuální rozdíl zůstatkové hmotnosti (o cca 21%) však žádným způsobem nekorespondují s původní hmotností vloženého BRKO. Tuto zvláštní situaci můžeme připisovat různému složení BRKO, odpovídající charakteru jednotlivých lokalit.

Z porovnání všech výsledků lze také vyvodit, že nerozložená část BRKO má velmi malou hustotu oproti vyvrážděnému kompostu. Toto tvrzení upřesňují i objemové a hmotnostní poměry vyvrážděného kompostu a nerozloženého BRKO v jednotlivých kompostérech (Tab. 8). Kompost z objemového hlediska průměrně zaujímal jen 49,3 % místa v kompostéru (graf 10). Z hlediska hmotnostního však kompostu bylo 79,2 % (graf. 14). Výsledky jednotlivých lokalit vesnické a vilové zástavby, si jsou velmi podobné. V objemových i hmotnostních změnách je na tom „nejlépe“ lokalita ze sídlištní zástavby. (řádově o deset objemových i hmotnostních procent více zkompostované hmoty než průměr) To lze vysvětlit zvýšeným a pravidelným příjmem BRKO (do této lokality byly odebrány vzorky dvakrát na rozdíl od ostatních lokalit). Z hlediska zkompostované hmoty je na tom „nejhůře“ kompost z lokality stará domovní zástavba. V něm je zkompostované hmoty, ve srovnání s hmotnostním průměrem o 18 % méně (Tab. 11). Můžeme tedy soudit, že kvantita kompostovacího procesu, respektive kvalita výsledného produktu, také souvisí s množstvím dodávaného materiálu.

Tuto myšlenku podporují i průměrné výsledky měření mocnosti proschlého a tedy nerozloženého BRKO v kompostérech (Tab. 10). Nejmenší průměrná mocnost nekompostované části BRKO byla změřena právě v kompostu z lokality sídlištní zástavby.

Potvrzeny byly i předpoklady špatně rozložitelných bioodpadů (jejich fotodokumentace je v příloze 20). Důležitým výsledkem této části experimentu, je také nález „moderních“ sáčků od čaje, které jsou vyrobeny z plastové sítě (Obr. 21). Takovéto druhy čajových sáčků jsou však naprosto nevhodné ke kompostování.

Myslím, že jde o poměrně podstatné zjištění, vzhledem k rozšířenému povědomí o kompostovatelnosti sáčků od čaje.

Výsledky monitoringu pak doplňují hmotnostní i objemové analýzy. Z grafu 13 jsou patrné píky korelující s jednotlivými dávkami vzorku BRKO do kompostéru i s jeho celkovou hmotností.

Také byla zjištěna silná závislost teploty v kompostu, respektive aktivity mikroorganismů na okolní teplotě (Graf 11). Při každém zvýšení okolní teploty se zvedly i teploty v kompostu, až o 40°C oproti teplotě okolní. V součtu okolní teploty a teploty vyvinuté mikroorganismy tak bylo dosaženo i teplot nad 70 °C. Nejvýraznější teplotní změny byly naměřeny v kompostě z lokality sídlištní zástavby. Nejméně „bouřlivé“ změny byly naměřeny v kompostě z lokality staré domovní zástavby. Tuto skutečnost můžeme opět přičítat hmotnostním poměrům dodávaného BRKO.

Poslední srovnávanou veličinou byl obsah O₂ s teplotou. V podstatě nebyl srovnáván obsah O₂ s teplotou ale znovu zde byla demonstrována aktivita mikroorganismů na sníženém obsahu O₂ a zároveň zvýšené teplotě v kompostu (Graf 12). Tímto měřením byla ověřena protichůdná závislost obsahu O₂ a teploty v kompostu, na aktivitě mikroorganismů. Nejzřetelnější závislost je opět v kompostě z lokality sídlištní zástavby, ze stejných důvodů jako u předcházejících měření.

Celkovou hmotnost materiálů v jednotlivých kompostérech můžeme lehce porovnat v grafu 14.

6 DISKUZE

Nynější stav biologicky rozložitelného komunálního odpadu je značně neuspokojivý. Tento rok (2010) bychom měli snížit jeho množství ukládané na skládky na 75 % z množství, které se na skládky ukládalo v roce 1995. Konkrétně tedy dosáhnout maximální hranice 1 147 000 tun BRKO, které na skládky můžeme uložit. Veškeré BRKO nad tuto hranici je třeba „likvidovat“ jiným způsobem.

Z přehledové studie vyplývá mnoho možností pro zpracování BRKO, ale jen některé z nich jsou v souladu s cíly POH ČR o trvale udržitelném rozvoji. Ideálním východiskem z problematiky BRKO se zdají být pouze dvě možnosti. Jsou to aerobní a anaerobní biodegradace. Osobně preferuji kompostování, tedy aerobní biodegradaci. Princip kompostování je velmi jednoduchý a všeobecně známý. Zdálo by se, že nakonec není co vysvětlovat. I tato práce však potvrdila, že má cenu se kompostováním zabývat. Důkazem toho jsou i četné organizace jako je Biom.cz, různé odborné mezinárodní konference, odborné publikace, výzkumné projekty atd. Samotné odvětví průmyslového kompostování je v ČR dobře známé, probádané a aplikované na místní podmínky. A to především z důvodu velmi bohaté historie a dlouholetých zkušeností. Tehdejší, ještě socialistické Československo bylo v kompostování bioodpadu mezi prvními místy na světě. Procesem kompostování se tehdy myslela „výroba“ kvalitního hnojiva. Ročně se tak vyráběly cca 3 miliony tun kompostu (Madar 1983). Současný trend je bohužel trochu posunutý a o kompost, ve smyslu hnojiva, není příliš velký zájem. Proto se také dle mého názoru v dnešní době nemůže mluvit o „výrobě“ kompostu. Místo něho se více a více uplatňuje slovo „likvidace“ bioodpadu. Hlavní příjmy dnešní kompostárny bohužel nejsou za prodej kvalitního hnojiva, ale za likvidaci bioodpadu. Tuto situaci ovšem nemůže změnit nikdo jiný než legislativa, tedy stát. Legislativa v současné době je ovšem velmi nestálá a často si do jisté míry protiřečí. Jak se mohou plnohodnotně rozvíjet podnikatelské záměry ve prospěch kompostování (cíle POH ČR), když nejsou stanovené dostatečné finanční rozdíly mezi likvidací bioodpadu skládkováním a „likvidací“ bioodpadu kompostováním? Jak již bylo řečeno, praxe (např. z Německa nebo Rakouska) ukázala, že zvýšením cen za skládkování bioodpadu (všeobecně odpadu), přirozeně nastartuje podnikatelský zájem o jiné druhy zpracování. (Kotoulová, Váňa 2001). Závěrečná zpráva VaV 720/2/00 (2000) dále uvádí, že odpady v současnosti nemůžeme chápat jako kategorii ekologickou či environmentální (s výjimkou nesprávného nakládání s nimi), ale jako kategorii ekonomickou. Podle této

zprávy, je pro podporu recyklace druhotných surovin (tedy i „recyklaci“ BRKO), jediným ekonomickým nástrojem samotná potřeba sekundárních materiálových zdrojů ve zpracovatelském průmyslu. Tento ekonomický potenciál odpadů pak předpokládá, že se péče o odpady bude svěřovat subjektům, které budou méně závislé na veřejné podpoře ze strany obce. Jen takovéto jednání vnese do oblasti nakládání s odpady obchodní strategie a plánování. Osobně také souhlasím se závěry Johannesburgské konference, kterými bych zakončil diskuzi o přehledové studii: *„Vláda musí dát přednost investicím veřejných prostředků do lepších recyklačních služeb – aby třídít odpad bylo stejně snadné, jako jej vysypat do popelnice – namísto zbytečných spaloven, které pohlcují kvalitní druhotné suroviny.“* (Johannesnurg 2003)

Druhá část předložené práce pak do jisté míry směřovala právě k závěru Johannesburgské konference. Zajistit účinný, ale zároveň pohodlný systém, který by řešil problematiku nakládání s BRKO. Touto obrazně položenou otázkou jsem se zabýval při ověřování efektivnosti kompostování BRKO v domácích kompostérech. Měřením a analýzou dat získaných z procesu kompostování v malých domácích kompostérech, jsem došel k těmto závěrům: Z fyzikálního hlediska je kvalita výsledného produktu procesu kompostování závislá na množství dodávaného materiálu. Čím větší množství biodegradabilního materiálu vstupuje do procesu kompostování, tím lepší výsledky jsou po fyzikální stránce u výsledného produktu (kompostu). Dále bylo zjištěno, že jsou i v tomto typu kompostování silně provázány změny teploty v kompostu (respektive změny mikrobiální aktivity v kompostu) se změnami teplot v okolí. Z toho vyplývá, že nezáleží na absolutní výši samotné okolní teploty, ale na každé její změně. Stoupání nebo klesání okolní teploty pak stejným způsobem v závislosti na ní, ovlivňuje aktivitu mikroorganismů a tím i danou teplotu v kompostu. Taktéž byla ověřena hypotéza o vzájemné protichůdné vazbě klesajícího obsahu O_2 v kompostu na vzrůstající teplotou v kompostu. Obě tyto proměnné pak signalizují vzestupnou aktivitu mikroorganismů. Fáze vzrůstající a klesající aktivity mikroorganismů (tedy v měřitelné oblasti fáze vzrůstající a klesající teploty a obsahu O_2) se v průběhu experimentu pravidelně střídaly, s vazbou na obvyklé dodávání vzorků BRKO do kompostéru (jednou za měsíc). V rámci ověřování efektivity kompostování byla také potvrzena snížená biodegradabilita vybraných typů odpadů, které jsou uvedeny v příloze 20. Důležitým výsledkem také bylo ověření nekompostovatelnosti „moderních“ čajových sáčků, vyrobených z plastové sítě, místo z papíru.

Výsledky provedených experimentů kompostováním BRKO z různých lokalit se samozřejmě liší. Tyto jednotlivé výsledky, především hmotnostních analýz, však budou podrobněji zpracovány až ve zmiňované diplomové práci. Informace získané fyzikální analýzou kompostů z jednotlivých lokalit jsou uvedeny ve formě grafů v přílohách 21, 22 a 23.

7 SOUHRN

Tato práce, především svou přehledovou studií, poukazuje na nutnost řešení problematiky biologicky rozložitelného odpadu. Současný stav probírané problematiky i jeho budoucí vývoj je značně ovlivňován legislativou České republiky a do velké míry i legislativou Evropské Unie. Samotné výsledky práce pak prezentují jedno z mnoha navrhovaných opatření. V rámci projektu MŽP: SP/2f1/166/08 jsem konkrétně ověřil efektivnost použití malých domácích kompostérů, především z hlediska fyzikálních změn BRKO při procesu kompostování. Pro tyto účely bylo použito separovaného bioodpadu, vyprodukovaného běžnou domácností ze čtyř různých lokalit na území Olomouce. Souhrnně zpracované výsledky ukázaly jednotlivé vzájemné závislosti měřených fyzikálních veličin na sobě samých, ale zvláště na samostatně neměřitelné, mikrobiální aktivitě. Celou práci je pak nutno brát s nadhledem, jako přípravu a nedílnou součást mé diplomové práce.

8 REFERENCE

- ALTMANN V. (2008): Systém sběru biologického odpadu v České republice. In: Nakládání s bioodpady v legislativě a praxi. Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s r. o. Chrudim, 5 s. ISBN: 978-80-86832
- CNGauto.cz (2008): Ekonomika. In: Cngauto.cz [cit. 11. 2. 2010]. Dostupné na <http://www.cngauto.cz/ekonomika/>.
- Council Directive 99/31/EC on the landfill of waste of 26 April 1999.
- Český statistický úřad (2009): Produkce, využití a odstranění odpadů v ČR v roce 2008. ČSÚ. Praha. Dostupné na <http://www.czso.cz/csu/2009edicniplan.nsf/p/2001-09>
- DEVICH B. (2005): Biogas Production and Utilisation. IEA Bioenergy Dostupné na <http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=182>
- DURDÍK K. (2006): Podpora využití biologicky rozložitelných odpadů opatřeními k provedení plánu odpadového hospodářství ČR. 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
- DVOŘÁČEK T. (2009): Bioplynové stanice na zpracování bioodpadů u nás In: Bioodpad-bioplyn-energie České ekologické manažerské centrum a redakce časopisu Odpadové fórum, Praha 2009. 18 s.
- EKO – KOM, a. s. (2008): Strategie rozvoje nakládání s odpady v obcích a městech ČR. Svaz měst a obcí ČR a Asociace krajů ČR. Dostupná na <http://www.smocr.cz/cinnost/zivotni-prostredi/strategie-rozvoje-nakladani-s-odpady-v-obcich-a-mestech-ceske-republiky.aspx>.
- FAVOINO E. (2003): Oddělený sběr kompostovatelných odpadů, kompostování a biologická úprava zbytkového odpadu, zkušenosti a současné trendy v Evropě. Kongres Odpady - Luhačovice
- FITE a.s. (2009): Studie nakládání s biologicky rozložitelným odpadem v Olomouckém kraji. FITE a.s. Olomouc, 74s.
- GÖSCHL R. (2006): ADOS PROCES – anaerobní digesce organického substrátu 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

- HABART J. (2009): Možnosti nakládání s bioodpady, anaerobní technologie In: Semináře „Dejte šanci bioodpadu – získejte finanční prostředky z OPŽP“. občanské sdružení Ekodomov. Praha, 38 s. ISBN: 978-80-903559-6-5
- HANČ A., DVOŘÁK M., HABARTA J. (2009): Obsahy rizikových prvků v odděleně shromážděných komunálních bioodpadech z hlediska legislativy. In: Odpadové fórum 22 - 24. 4. 2009. APROCHEM. Milovy.
- HŘEBÍČEK J., HEJČ M. a kol. (2008): Prognóza nakládání s biodegradabilním odpadem v ČR do roku 2020. 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
- CHUDÁREK T., FRIEDMAN B., HORÁK Z., HEJČ M., PILIAR F., HŘEBÍČEK 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
- JELÍNEK A. a kol. (2002): Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním procesem. Realizační pomůcka pro zpracování podnikové normy. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha, 74 s. ISBN 80-238-539-1
- KALINA M. (2004): Kompostování a péče o půdu. (2. vydání). Grada Publishing a.s. Praha, 116 s. ISBN 80-247-0907-4
- Konference Johannesburg + 1 (2003): Směřování k udržitelnému rozvoji, sborník z konference, vlastivědné muzeum 22. – 25. 4. 2003. Univerzita Palackého v Olomouci Olomouc, 164 s
- KOSTKAN V., HEKERA P. a kol (2009): Závěrečná zpráva projektu MŽP SP/2f1/166/08 „Struktura komunálního odpadu v závislosti na době s 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
- KROPÁČEK I. (2003): Bez skládek a spaloven. Hnutí DUHA. Olomouc, 15 s. Dostupné na [www.hnutiduha.cz/publikace/Bez %20skladek %20a %20spaloven.pdf](http://www.hnutiduha.cz/publikace/Bez%20skladek%20a%20spaloven.pdf)
- KUDELOVÁ K., JODLOVSKÁ J., ŠARAPATKA B., 1999 Odpady. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc, 186 s.

- LAMPIEN A., PÖYHÖNEN P., HÄNNINEN K. (2004): Traffic fuel potential of waste based biogas in industrial countries – the case of Finland: University of Jyväskylä Dostupné na http://www.kaapeli.fi/~tep/projektit/liikenteen_biopolttoaineet/Traffic_biogas_potential.pdf.
- MADAR Z. (1983) Právo socialistických států a péče o životní prostředí. ACADEMIA. Praha, 139 s.
- Metodický návod (2008): O podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady podle stávajících právních předpisů. MŽP a VÚV T.G.M. Centrum pro hospodaření s odpady. Dostupné na http://ceho.vuv.cz/CeHO/CeHO/Bioodpad/Metodicky_navod_BRO.doc.
- Metodický pokyn MŽP (2005): OIF č. 4/2005, stanovující minimální kritéria pro projekty v oblasti nakládání se zbytkovým komunálním odpadem žádající o podporu z Fondu soudržnosti
- Ministerstvo životního prostředí (2010): Věstním Ministerstva životního prostředí, ročník XX, částka 1/2010, MŽP, Praha, 48s, ISSN – tištěná verze 0862-9013
- Ministerstvo životního prostředí a kol. (2008): Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2009. MŽP, ČSÚ a CENIA. Praha, 628 s. Dostupná na [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFT2346T](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFT2346T)
- Ministerstvo životního prostředí a kol. (2010): Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2009. MŽP, ČSÚ a CENIA. Praha. Dostupná na [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFYXSS4W](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFYXSS4W)
- MUŽÍK O., KÁRA J. (2009): Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. In: Biom.cz [cit. 9. 2. 2010]. Dostupné na <http://biom.cz/cz-biopl原因/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>. ISSN: 1801-2655.
- Nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky. In: Sbírka zákonů České republiky, částka 70. ve znění pozdějších předpisů.
- 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
- POH OK (2004): Plán odpadového hospodářství Olomouckého kraje část 3. - závazná část. FITE a.s. Olomouc, 30s.

- POŠTULKA Z., SOLISOVÁ V. a kol. (2009): Trvale udržitelná lokální energetická soběstačnost. British council. Praha, 40s. Dostupné na <http://www.britishcouncil.org/czechrepublic-projects-challenge-europe-tules.pdf>.
- Rada vlády pro udržitelný rozvoj (2007): Situační zpráva ke strategii udržitelného rozvoje ČR. MŽP. Praha, 164 s. ISBN: 978-80-7212-462-6
- SEQUENS E., (2009): Bioplynové stanice a životní prostředí. Cella. České Budějovice, 4 s. ISBN: 978-80-87267-06-6
- SCHULZ H., EDER B. (2004) Bioplyn v praxi Teorie–projektování–stavba zařízení–příklady. HEL. Ostrava, 167 s. ISBN: 80-86167-21-6
- SLEJŠKA A. (2004): Program pro biologicky rozložitelné odpady. Dostupné na <http://biom.cz/rp-bro/RealProgrBRO2003.pdf>
- SLEJŠKA A., UŠŤAK, S. (2006): Anaerobní mechanicko biologická úprava. In: Biom.cz. [cit. 20. 3. 2010] Dostupné na <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-mechanicko-biologicka-uprava>. ISSN: 1801-2655.
- SLEJŠKA A., VÁŇA J. (2004): Možnosti využití BRKO prostřednictvím kompostování a anaerobní digesce. In: Biom.cz. [cit. 19. 2 2010]. Dostupné na <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-brko-prostrednictvim-kompostovani-a-anaerobni-digesce>. ISSN: 1801-2655
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic
- Sternova studie (2007): Ekonomické aspekty změny klimatu, shrnující zpráva. British Council ČR a MŽP. Praha, 31 s.
- STRAKA F. (2006): Bioplyn - příručka pro výrobu, projekci a provoz bioplynových systémů. (2. rozšířené a doplněné vydání.) GAS. Praha, 706 s. ISBN 80-7328-090-6.
- STRAKA F. (2009): Využívání skládkového plynu. In: Bioodpad-bioplyn-energie. České ekologické manažerské centrum a redakce časopisu Odpadové fórum. Praha, 18 s.
- ŠEVČÍKOVÁ H. (2008): Systém pro nakládání s domovním bioodpadem. In: Technická zařízení a energie budov. JUNIORSTAV Dostupné na http://ceho.vuv.cz/CeHO/CeHO/Bioodpad/Metodicky_navod_BRO.doc.m
- Technická norma (1991): ČSN 465735 Průmyslové komposty. Vydavatelství norem. Praha, 31s.
- TRÁVNÍČEK P., KARAFIÁT Z. (2009): Kogenerace pomocí plynových spalovacích motorů. In: Biom.cz [cit. 9. 2. 2010]. Dostupné na <http://biom.cz/cz->

- bioplyn/odborne-clanky/kogenerace-pomoci-plynovych-spalovacich-motoru . ISSN: 1801-2655.
- URBAN J. (2009): Hlavní zásady přípravy výstavby bioplynové stanice In: Bioodpad-bioplyn-energie. České ekologické manažerské centrum a redakce časopisu Odpadové fórum. Praha, 18 s.
- VÁŇA J. (2002): Koncepce nakládání s komunálními bioodpady v České republice. In: Biom.cz [cit. 20. 2. 2010]. Dostupné na <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/koncepce-nakladani-s-komunalnimi-bioodpady-v-ceske-republice>. ISSN: 1801-2655.
- VÁŇA J. (2005): Technologické možnosti využití bioodpadů. In: PECINOVÁ A., HALOUSKOVÁ O. Současný stav zpracování bioodpadů v legislativě a praxi. EKOMONITOR. Ústupky, 27 s.
- VÁŇA J. (2007): Je možno odstranit nedostatky brzdící další rozvoj bioplynu v České republice. In: Biom.cz [cit. 16. 2. 2010]. Dostupné na <http://biom.cz/cz-bioplyn/odborne-clanky/je-mozno-odstranit-nedostatky-brzdici-dalsi-rozvoj-bioplynu-v-ceske-republice>. ISSN: 1801-2655.
- VÁŇA J. (2009): Bioplynové stanice na využití bioodpadů. In: Bioodpad-bioplyn-energie. České ekologické manažerské centrum a redakce časopisu Odpadové fórum. Praha, 18 s.
- 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.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 374/2008 Sb., ze dne 3. října 2008, o přepravě odpadů a o změně vyhlášky č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů)

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 382/2001 Sb. ze dne 17. října 2001, o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě ve znění vyhlášky č. 504/2004 Sb.

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 482/2005 Sb. ze dne 2. prosince 2005, o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy.

Zákon č. 185/2001 Sb. ze dne 15. května 2001, o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: Sbírka zákonů České republiky, částka 71.

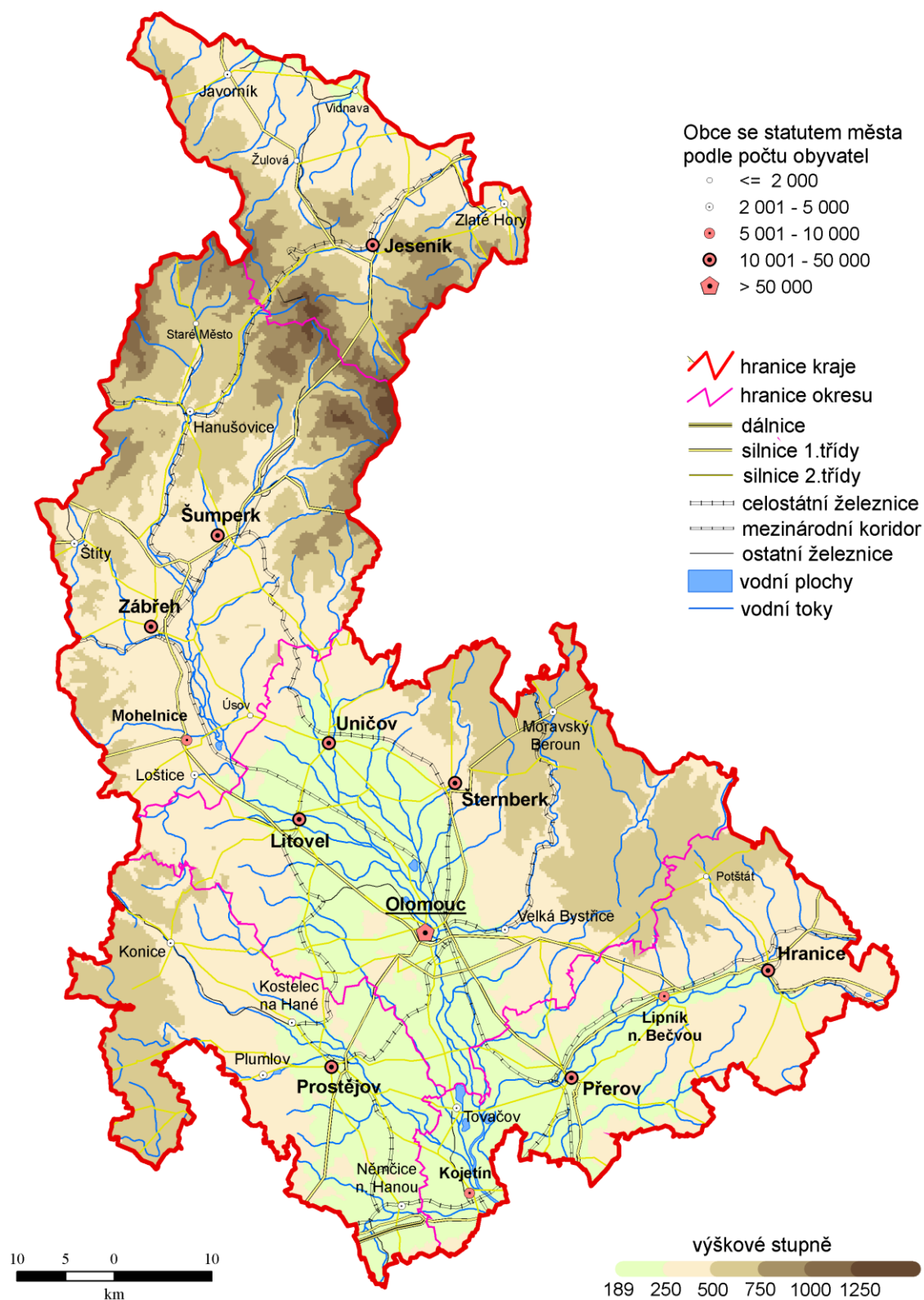
ZÁMORASKÁ H. (2007): Sběr bioodpadu v domácnostech. In: Sborník z III mezinárodní konference Biologicky rozložitelné odpady, jejich zpracování a využití v zemědělské a komunální praxi 9. – 11. 10. 2007. Zemědělská a ekologická regionální agentura. Náměšť nad Oslavou, 121 s. ISBN: 80-903548-3-1

Závěrečná zpráva VaV 720/2/00 (2000): Intenzifikace sběru, dopravy a třídění komunálního odpadu. MŽP. Dostupná na <http://www.natur.cuni.cz/~uzp/index.php?page=93>

9 SEZNAM PŘÍLOH

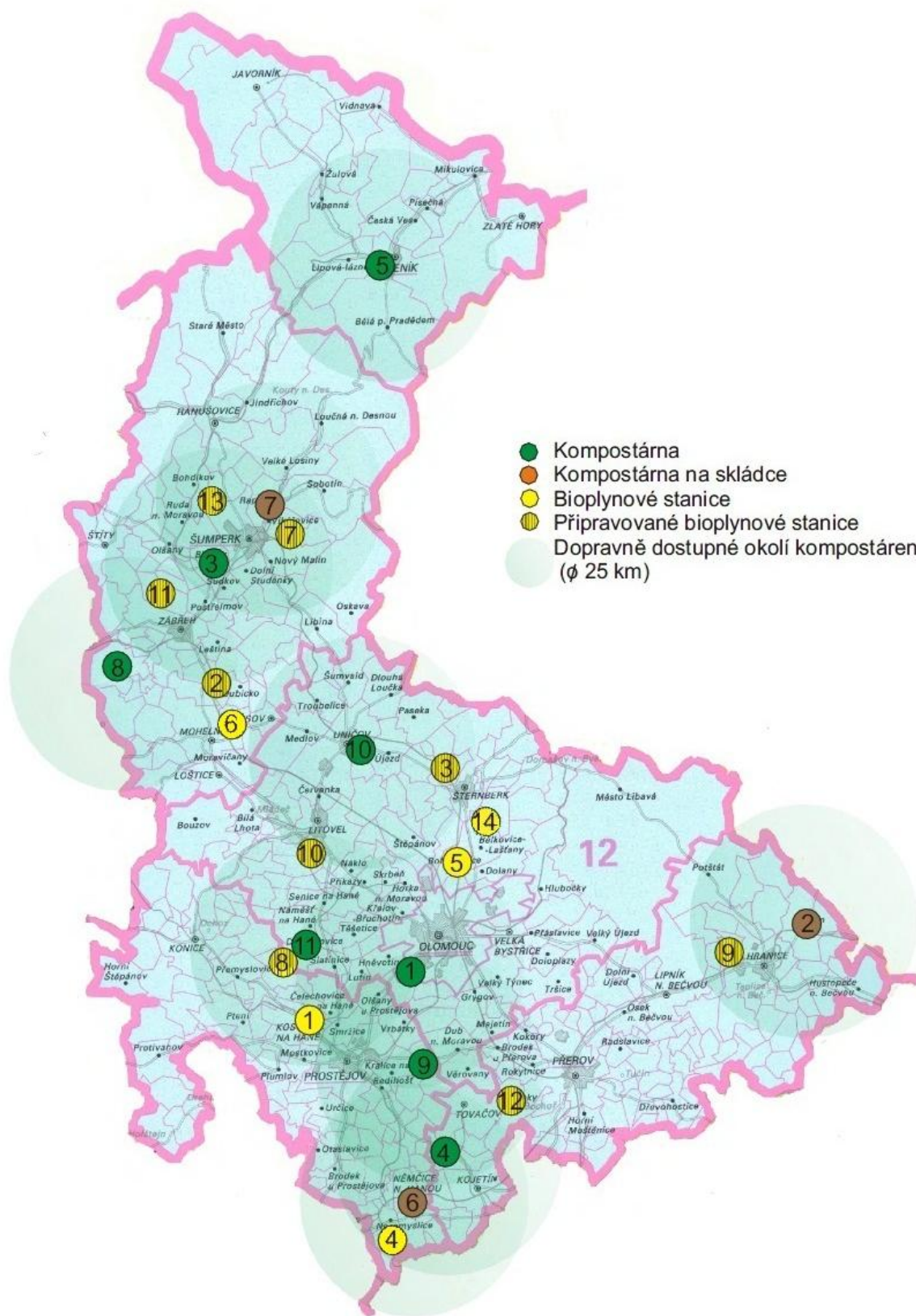
Příloha 1: Geografická mapa Olomouckého kraje.....	94
Příloha 2: Rozmístění zařízení zpracovávající bioodpad.....	95
Příloha 3: Monitorovací zařízení pro měření teploty a obsahu O ₂ v kompostu.....	96
Příloha 4: Detailní schéma kompostéru K – 700 s návodem na sestavení	96
Příloha 5: Globální rizika změny klimatu.....	97
Příloha 6: Emise skleníkových plynů v roce 2000 podle zdroje.....	98
Příloha 7: Kombinované aerobní a anaerobní technologie - TBW Biocomp	99
Příloha 8: Diagram možných surovinových skladeb kompostu	100
Příloha 9: Hodnoty vlhkosti, obsahu organické hmoty a živiny v surovinách vhodných do kompostu	101
Příloha 10: Způsoby nakládání s biologicky rozložitelnými odpady	102
Příloha 11: Seznam kompostovacích stanic v Olomouckém kraji	103
Příloha 12: Vybrané vysvětlivky ke kódům zařízení.....	103
Příloha 13: Technologické systémy anaerobní digesce v Evropě.....	104
Příloha 14: Biodegradabilní odpady dle „Katalogu odpadů“	105
Příloha 15: Směrné hodnoty výtěžku plynu různých fermentačních materiálů	108
Příloha 16: Materiálové využití odpadů a jeho cílová hodnota v ČR pro roky 2000 až 2006	108
Příloha 17: Způsoby nakládání s komunálními odpady v některých státech.....	109
Příloha 18: Průměrné složení bioodpadu separovaného z SKO v období září 2008 až srpen 2009	110
Příloha 19: Hmotnostní podíl jednotlivých komponent ve vzorcích SKO zkoumaných lokalit v období září 2008 až srpen 2009	110
Příloha 20: Vzorky špatně kompostovatelného BRKO po kompostovacím procesu	111
Příloha 21: Závislosti teploty v kompostu z jednotlivých lokalit na okolní teplotě v čase	112
Příloha 22: Závislosti mikrobiální aktivity resp. spotřeby O ₂ v kompostu na teplotě kompostu z jednotlivých lokalit v čase.....	113
Příloha 23: Závislost teploty kompostu na hmotnosti dodaného vzorku BRKO z jednotlivých lokalit v čase	114
Příloha 24: Lokalita 1 – Stará domovní zástavba, ulice Riegerova	115
Příloha 25: Lokalita 2 – Sídlištní zástavba, ulice Jílová	115
Příloha 26: Lokalita 3 – Vesnická zástavba, Obec Radíkov	116
Příloha 27: Lokalita 4 – Vilová zástavba, ulice na Vršku	116

Příloha 1: Geografická mapa Olomouckého kraje



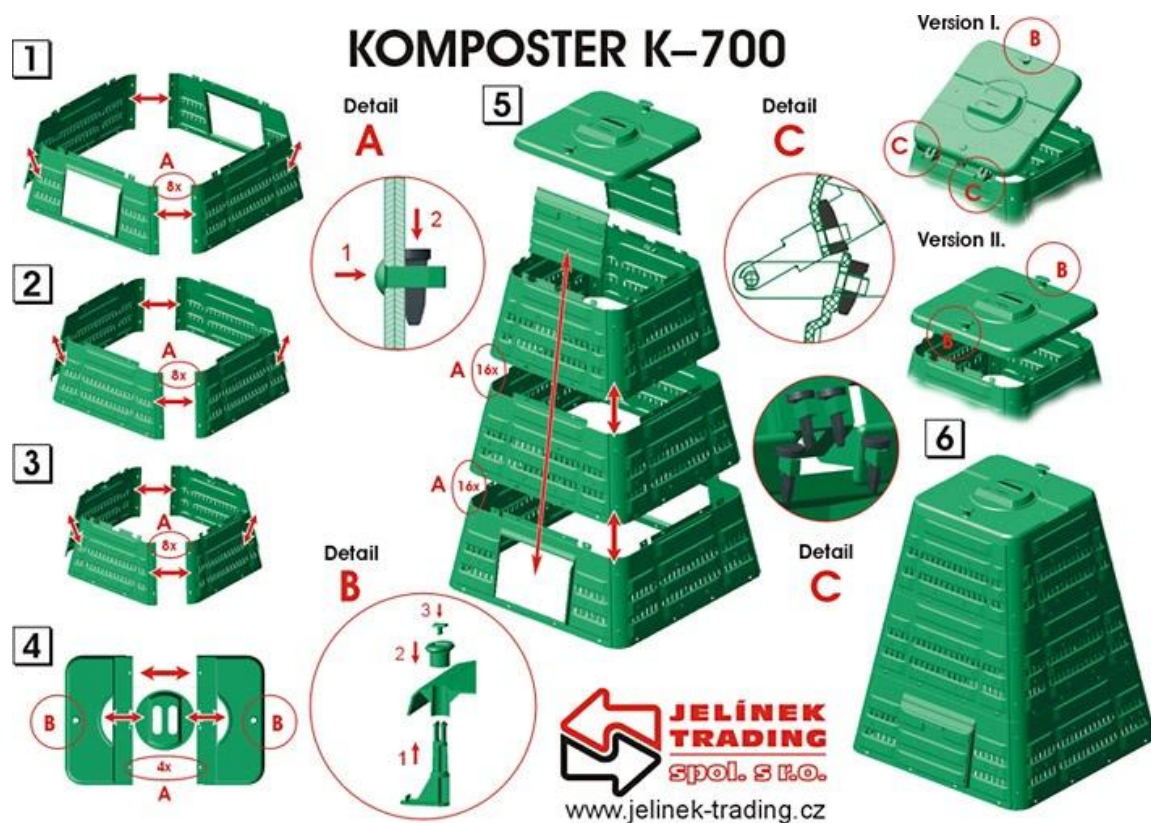
Zdroj: (ČSÚ 2010). [http://www.czso.cz/xm/redakce.nsf/i/geograficka_mapa_kraje/\\$File/13-710108m001.gif](http://www.czso.cz/xm/redakce.nsf/i/geograficka_mapa_kraje/$File/13-710108m001.gif)

Příloha 2: Rozmístění zařízení zpracovávající bioodpad



Zdroj: (POH Olomouce 2008), doplněno.

Příloha 4: Detailní schéma kompostéru K – 700 s návodem na sestavení



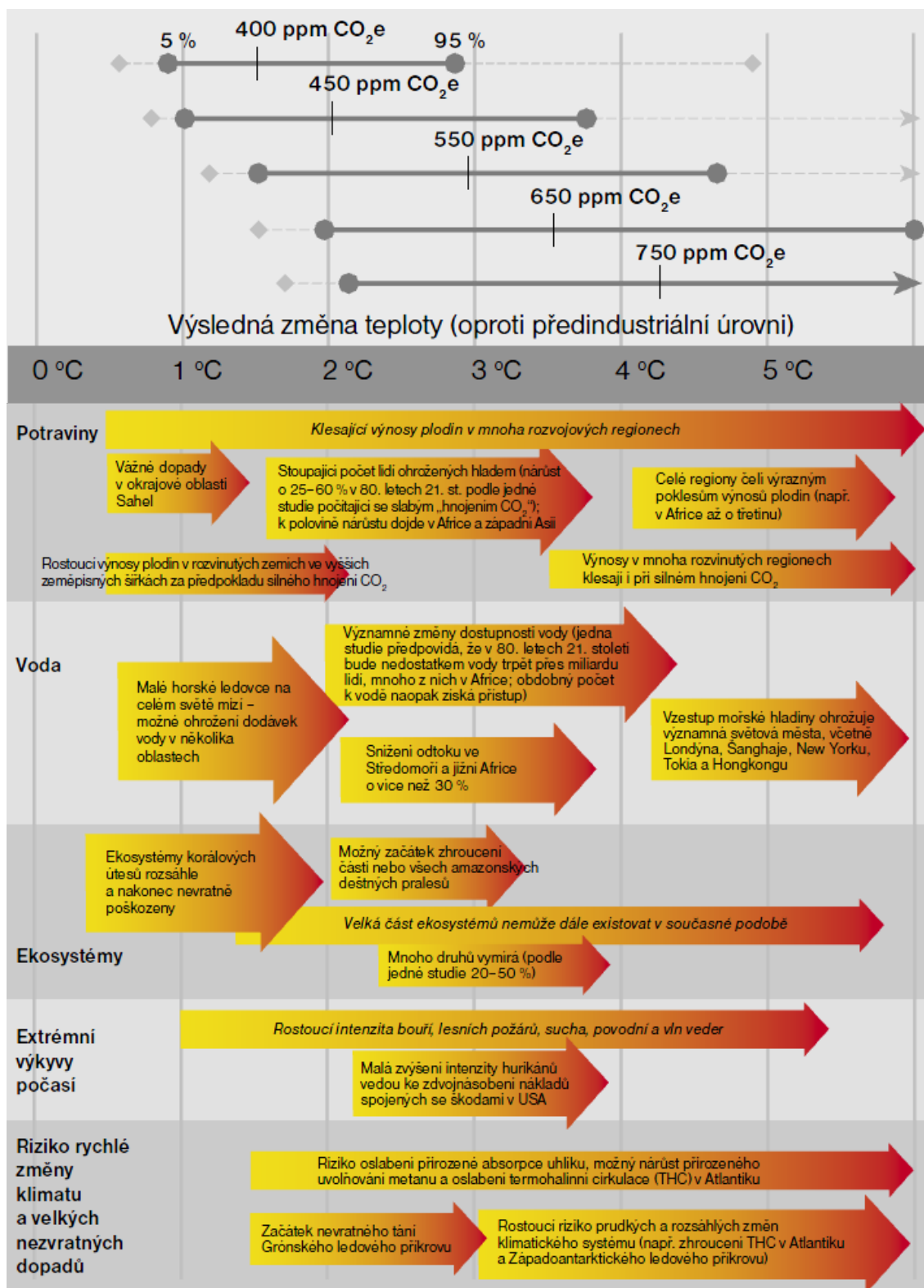
Zdroj: Jelínek mailing spol. s r.o. (www.jelinek-trading.cz)

Příloha 3: Monitorovací zařízení pro měření teploty a obsahu O₂ v kompostu



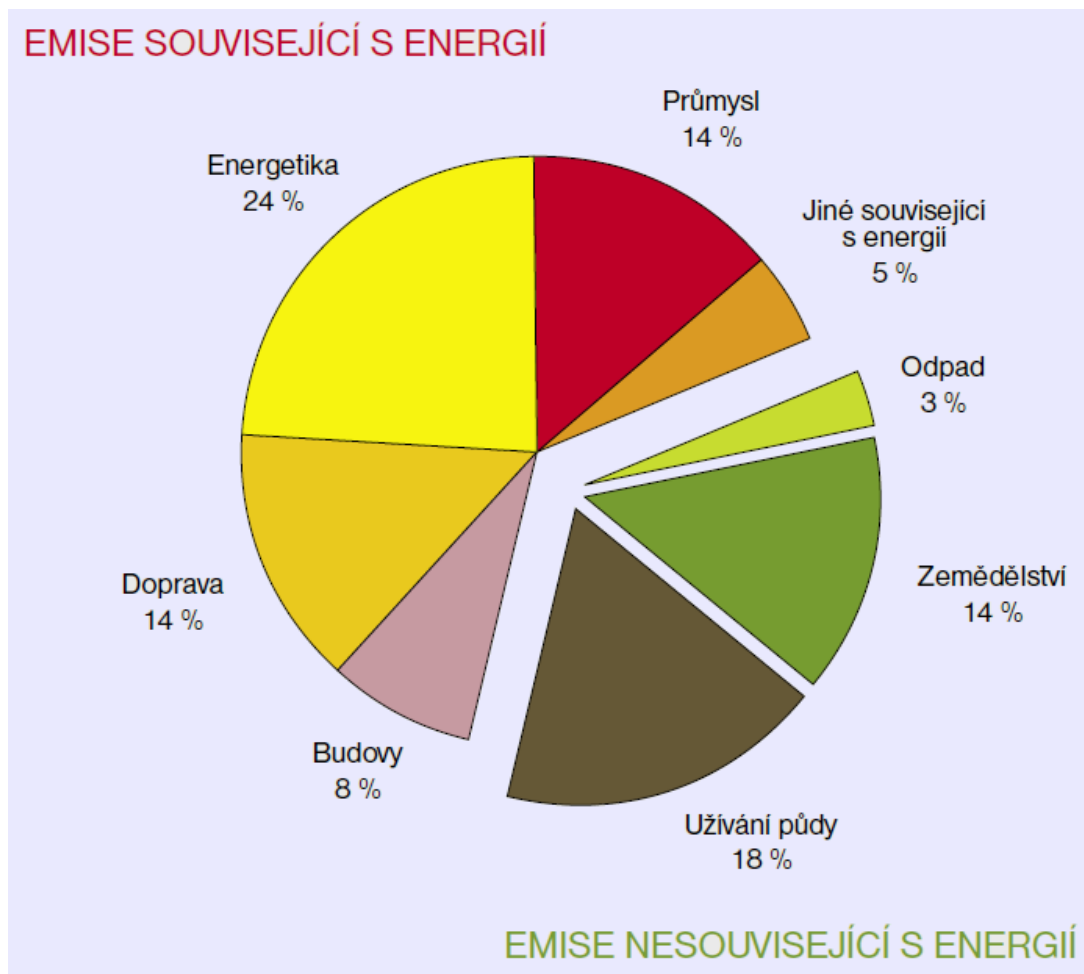
Pozn.: Na Obr. vlevo jsou sondy (čidla) od obou zařízení, vpravo jsou samostatná monitorovací zařízení. Větší zařízení ležící na kompostéru je analyzátor kyslíku v plynech (ASIN O2), menší zařízení ležící na sešitě je digitální teploměr (GKF 125).

Příloha 5: Globální rizika změny klimatu



Zdroj: (Sternova studie 2007).

Příloha 6: Emise skleníkových plynů v roce 2000 podle zdroje



Zdroj: (Sternova studie 2007) pozn.: U emisí souvisejících s energií jde většinou o CO₂ (v kategoriích „průmysl“ a „jiné související s energií“ jsou i určité emise jiných plynů). V případě emisí nesouvisejících s energií se jedná o CO₂ (užívání půdy) a jiné plyny, především metan (zemědělství a odpad). Celkové emise všech skleníkových plynů přepočítány na ekvivalent CO₂, činily v roce 2000 cca 42 Gt CO₂e.

Příloha 8: Diagram možných surovinových skladeb kompostu

Surovina B							Surovina C										
	Zeleninový odpad	Suché listí	Kuchyňský bioodpad	Prasečí kejda	Čerstvá tráva	Štěpka	Zemina	Drůbeží trus		Zeleninový odpad	Suché listí	Kuchyňský bioodpad	Prasečí kejda	Čerstvá tráva	Štěpka	Zemina	Drůbeží trus
Surovina A	Zeleninový odpad		50;30;10;10	20;20;30;30	70;0;0;30	80;20;0;0	40;20;10;30		Surovina C		40;10;10;40	40;20;10;30					
	Suché listí	40;30;10;20		10;60;20;10	40;20;10;30	50;10;10;30	10;10;10;70										
	Kuchyňský bioodpad	50;20;20;10	50;10;10;30		10;40;30;20	15;10;25;50					70;10;0;20	5;45;40;10					
	Prasečí kejda	10;70;10;10	30;40;20;10	20;20;30;30			10;30;50;10	10;10;40;40		20;0;0;80							
	Čerstvá tráva	70;20;5;5	30;40;30;0	70;0;0;30			20;20;20;40	40;20;10;30		90;0;10;0							
	Štěpka	40;10;0;50	0;30;60;10		30;25;0;45	25;45;30;0				15;10;75;0	10;0;20;70						
	Zemina	30;50;20;0		0;70;30;0	0;0;40;60	10;25;40;25	0;10;10;80					30;10;20;40					
Drůbeží trus		10;30;60;0	40;10;10;45	0;5;80;15	10;10;80;0	30;30;30;10	20;10;20;50										
Surovina D							Surovina D										
	Drůbeží trus	Zemina	Štěpka	Čerstvá tráva	Prasečí kejda	Kuchyňský bioodpad	Suché listí	Zeleninový odpad		Drůbeží trus	Zemina	Štěpka	Čerstvá tráva	Prasečí kejda	Kuchyňský bioodpad	Suché listí	Zeleninový odpad

Zdroj: (Plíva a kol. 2006).

Pozn.: číselné údaje uvádějí procentuální zastoupení jednotlivých komponent směsi a to tak, že první hodnota zleva odpovídá surovině A, druhá surovině B, třetí a čtvrtá surovinám C a D (např. první políčko zleva v prvním řádku, které obsahuje následující hodnoty: 50;30;10;10 - směs se bude skládat z 50 % zeleninového odpadu, 30 % suchého listí, 10 % drůbežního trusu a 10 % zeminy).

Barevné rozlišení:

Žluto-zeleně: zcela optimální směsi s poměrem C:N v rozmezí (30-35): 1 a počáteční vlhkostí 50 %,

Žlutě: směsi, které mají optimální poměr C:N, ale lze u nich předpokládat vyšší hodnotu vlhkosti, tj. z počátku budou náročnější na překopávání,

Červeně: směsi, které nejsou příliš vhodné, neboť mají nízký poměr C:N. V případě jejich kompostování bude třeba dodat strukturní suroviny (štěpku, piliny).

Příloha 9: Hodnoty vlhkosti, obsahu organické hmoty a živiny v surovinách vhodných do kompostu

surovina	vlhkost (%)	C (% suš.)	N (% suš.)	P ₂ O ₅ (% suš.)	K ₂ O (% suš.)	CaO (% suš.)	MgO (% suš.)
chlév. mrva skot	75 - 82	78 - 85	1,8 - 2,4	1,1 - 1,4	2,5 - 2,9	2,0 - 2,4	0,4 - 0,7
chlév. mrva koně	68 - 73	86 - 92	1,9 - 2,5	1,0 - 1,3	1,9 - 2,3	1,1 - 1,3	0,2 - 0,5
chlév. mrva ovce	65 - 70	88 - 96	2,5 - 3,0	0,7 - 1,0	2,0 - 2,3	0,8 - 1,1	0,1 - 0,4
močůvka	96 - 99	0 - 3x	0,1 - 0,9x	0,0 - 0,1x	0,1 - 1,7x	0,0 - 0,1x	0,0
kejda prasat	91 - 98	72 - 78	5,0 - 5,8	3,5 - 4,2	2,8 - 3,4	3,1 - 3,8	0,7 - 1,3
kejda skotu	94 - 99	70 - 81	3,5 - 4,5	1,6 - 2,0	3,2 - 3,9	2,0 - 5,0	0,5 - 0,8
kejda drůbeže	82 - 97	65 - 76	5,0 - 8,1	2,8 - 5,1	2,9 - 4,8	8,0 - 11,0	0,6 - 0,9
sláma obilovin	13 - 20	92 - 96	0,4 - 0,6	0,1 - 0,3	0,9 - 1,1	0,3 - 0,4	0,1 - 0,2
sláma řepky	15 - 18	95 - 97	0,5 - 0,7	0,2 - 0,3	1,1 - 1,4	1,2 - 1,5	0,2 - 0,3
nat' brambory	25 - 60	88 - 91	0,7 - 0,8	0,2 - 0,3	1,3 - 1,6	0,2 - 0,4	0,1 - 0,2
listí	15 - 40	88 - 94	0,9 - 1,5	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	1,7 - 3,0	0,1 - 0,2
odpad zeleniny	80 - 90	85 - 90	1,5 - 2,5	0,8 - 1,3	1,0 - 2,0	0,8 - 2,0	0,2 - 0,4
stařina z luk	10 - 30	88 - 95	0,8 - 1,0	0,4 - 0,6	1,0 - 1,8	0,9 - 1,7	0,1 - 0,2
výhozy z příkopů	10 - 40	15 - 20	0,3 - 0,6	0,3 - 0,5	0,4 - 0,7	2,0 - 7,0	0,6 - 1,2
kuchyňský odpad	65 - 80	75 - 88	1,2 - 2,3	0,3 - 0,7	0,4 - 0,8	1,9 - 3,0	0,3 - 0,6
výlisky z ovoce	65 - 87	78 - 92	0,1 - 0,6	0,1 - 0,3	0,3 - 0,6	0,1 - 0,3	0,0 - 0,1
piliny	40 - 70	97 - 99	0,0 - 0,2	0,0 - 0,1	0,0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,0
stromová kůra	40 - 70	94 - 98	0,2 - 0,4	0,0 - 0,2	0,0 - 0,3	0,1 - 0,3	0,0
zemina cukrovar. a škrobářenská	15 - 35	7 - 13	0,1 - 0,2	0,1 - 0,4	0,2 - 1,2	2,0 - 6,0	0,0 - 0,3
šáma cukrovar.	15 - 50	3 - 12	0,2 - 0,5	0,7 - 1,0	0,1 - 0,4	48 - 52,0	3,0 - 4,5
kanalizační kal	55 - 96	27 - 45	2,0 - 4,5	0,6 - 1,3	0,3 - 0,8	2,5 - 10,0	0,4 - 1,0
jímkový kal (a ze septiků)	91 - 98	30 - 48	2,2 - 4,0	0,5 - 1,2	0,3 - 0,8	1,5 - 6,0	0,2 - 0,4
popel ze dřeva	5 - 40	4 - 10	0,0 - 0,1	2,0 - 4,0	6,0 - 10	33 - 35,0	4,0 - 7,0
vytř. bioodpad	37 - 64	69 - 82	1,2 - 1,9	0,2 - 0,5	0,3 - 0,6	1,5 - 2,5	0,2 - 0,5
pazdeří	10 - 15	83 - 98	0,4 - 0,7	0,0 - 0,1	0,0 - 0,1	0,3 - 0,5	0,0
rybníční bahno	25 - 80	8 - 25	0,3 - 0,6	0,2 - 0,3	0,4 - 0,6	2,5 - 3,5	0,1 - 0,5
lihovar. výpalky	80 - 93	86 - 89	2,9 - 3,3	1,1 - 1,4	6,0 - 6,5	0,1 - 0,3	0,0 - 0,1
kostní šrot	5 - 20	17 - 23	1,4 - 1,9	28 - 33,0	0,1 - 0,4	25 - 40,0	3,0 - 6,0
kapucín, hnědouhel. prach	15 - 40	30 - 64	0,2 - 0,7	0,0 - 0,3	0,1 - 0,3	0,8 - 2,0	0,1 - 0,2
odpad mlýnský, krmivářský	8 - 15	65 - 85	0,8 - 1,3	0,2 - 0,5	0,3 - 1,0	0,9 - 4,0	0,1 - 0,3
rašelina	60 - 80	55 - 90	1,2 - 3,0	0,1 - 0,2	0,1 - 0,3	0,5 - 1,0	0,1 - 0,3
jateční odpad	70 - 85	75 - 95	5,0 - 9,0	0,2 - 0,4	0,2 - 0,6	0,6 - 1,0	0,1 - 0,3

Zdroj: (Plíva a kol. 2006). Pozn.: Údaje v původní surovině jsou označeny x.

Příloha 10: Způsoby nakládání s biologicky rozložitelnými odpady

- recyklace na původní materiály (papír, lepenka, dřevo bez obsahu nebezpečných látek)
- aerobní kompostování bioodpadu (dle ČSN 465735), který není nadlimitně kontaminován cizorodými látkami
- anaerobní digesce s výrobou bioplynu a stabilizovaného kalu (který je možno aerobně stabilizovat), vhodné pro veškeré bioodpady kromě odpadů lignocelulózových, zvláště vhodné pro odpady rostlinných olejů, živočišné tuky a tkáně
- přímá aplikace upravených odpadů do půdy za účelem organického hnojení a využití rostlinných živin (při dodržování dalších požadavků k omezení vstupu cizorodých látek do půdy, nitrátové směrnice, hygienických předpisů a podmínek správně zemědělské praxe). Možno využívat zemědělské odpady, upravené čistírenské kaly, upravené kaly ze zpracovatelského průmyslu, melasové výpalky, stabilizovaný bioodpad aj.
- využití bioodpadu k biologickým rekultivacím (upravené čistírenské kaly, upravené kaly ze zpracovatelského průmyslu, papírenské kaly, stabilizovaný bioodpad)
- příprava rekultivačních substrátů zrnitostní úpravou a mícháním vhodných složek (stromová kůra, papírenské odpady, dřevní štěpka aj.)
- příprava mulčovacích hmot (stromová kůra, dřevní štěpka, papírenské kaly)
- příprava pěstebních substrátů (podle příslušných norem) mícháním mechanicky upravených bioodpadů a aerobně fermentovaných bioodpadů (stromová kůra, dřevní štěpka, listí, zemědělsky bioodpad)
- získávání hydrolyzních cukrů, furalu, ligninu a bioetanolu tepelně tlakovou hydrolyzou vegetativních odpadů, dřevního odpadu a papíru nebo primárních papírenských kalů
- příprava bionafty z odpadních rostlinných olejů (fritovací oleje apod.) pomocí metylesterifikačních postupů
- výroba fytopaliv nebo směsných paliv (brikety, topné pelety), z kůry, dřevní štěpky, rostlinného zemědělského bioodpadu, odvodněných a stabilizovaných čistírenských kalů, papíru aj.
- výroba stavebních a izolačních hmot (řepná sláma, dřevní odpad, papír aj.)
- spalování bioodpadu s využitím tepla (směsný komunální odpad, čistírenské kaly, papírenský bioodpad, zbytkový komunální odpad po separaci složek)
- mechanicko biologické zpracování zbytkového komunálního odpadu za účelem stabilizace a skládkování (v ČR se tento způsob nepoužívá)
- třídění směsného komunálního odpadu za účelem získání užitečných složek (v ČR se již tento způsob nepoužívá pro nadměrné znečištění složek)
- výroba motorových paliv rychlou pyrolýzou BRO
- výroba alkoholů bakteriální fermentací BRO v termofilních podmínkách

Zdroj: (Slejška 2004).

Příloha 11: Seznam kompostovacích stanic v Olomouckém kraji

provozovna	umístění	PSČ	obec	kódy zařízení
BREPA, s.r.o.	hnojné plato Nedvězí	25241	Nedvězí u Olomouce	N13,R12,Z3
EKO servis Zábřeh, s.r.o.	Leštinská 36	78901	Zábřeh	N13,R12,Z3
EKOLTES Hranice, a.s.	Jelení kopec	75301	Bělotín	D1,N13,R12,Z3
František Zatloukal	Dr. Březiny 415	78961	Bludov	N13,R12,Z3
Ing. Filip Hlavinka	areál farmy- Kompostárna Polkovice	75144	Polkovice	N13,R12,Z3
Ing. Filip Hlavinka	parc.č.988	75144	Polkovice	N13,R12,Z3
Jesenická vodohospodářská společnost, spol. s r.o.	ČOV Česká Ves - Jeseník	79001	Jeseník	N13,R12,Z3
SITA CZ a.s.	Rapotín	78814	Rapotín	D1,N13,N14,R12,S4,S5, S7,Z3,Z4
SITA CZ a.s.	Novosady 616	79827	Němčice nad Hanou	D1,D8,N13,N14,R12,Z3, Z4
SPRESO s.r.o.	areál farmy Křížanov u Zábřeha, obec Hynčina	79812	Hynčina	N13,R12,Z3
SPRESO s.r.o.	k.ú. Biskupice	79812	Biskupice	N13,R12,Z3
Technické služby Uničov, spol. s r.o.	Dolní Sukolom	78391	Uničov	N13,R12,Z3
Zemědělské družstvo Senice na Hané	Drahanovice na pozemku parc.č. 846/56 a 846/107 k.ú. Luděřov	78345	Luděřov	N13,R12,Z3

Zdroj: Krajský úřad Olomouckého kraje, upraveno. (<http://websouhlasy.kr-olomoucky.cz>)

Příloha 12: Vybrané vysvětlivky ke kódům zařízení

D1	Ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (sklárky S IO, S OO, S NO a více skupinové)
D8	Biologická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12
N13	Kompostování
N14	Biologická dekontaminace
Z3	Kompostování
R12	Předúprava odpadů k aplikaci některého z postupů uvedených pod označením R1 až R11
S4	Sklad nebezpečných odpadů
S5	Sklad ostatních odpadů
S7	Sběrové místo
Z4	Biologická dekontaminace

Zdroj: Krajský úřad Olomouckého kraje, upraveno. (<http://websouhlasy.kr-olomoucky.cz>)

Příloha 13: Technologické systémy anaerobní digesce v Evropě.

SYSTÉM	VÝROBCE
Mokrý kontinuální systémy jednostupňové	
AFF	Haase Energietechnik GmbH, Neumunster (D)
BIOCOMP	T.B.W., Frankfurt am Main (D)
BIOLAYER	Paques Solid Waste Systems BV, Balk (NL)
BIOSTAB	Roediger Anlagenbau GmbH, Hanau (D)
BRV	BRV Technologie-Systeme AG/SA, Boie (CH)
BTA	MAT, Stuttgart (D)
DBA-WABIO	Deutsche Babcock Anlagen GmbH, Oberhausen (D)
FAL-ANAERGIE	Noell Abfall- und Energietechnik GmbH, Goslar (D)
WASSA	Thyssen Still Otto Anlagentechnik, Bochum (D)
Mokrý kontinuální systémy dvou a vícestupňové s kompletním mícháním	
BIOTHANE-RIJKENS	AN-Maschinenbau, Bremen (D)
BTA	MAT, Stuttgart (D)
D.U.T.	D.U.T. DYWIDAG Umwelttechnik GmbH, Munchen (D)
FAL-ANAERGIE	Noell Abfall- und Energietechnik GmbH, Goslar (D)
HERHOF.MEHRKAMMER	HerHof-Umwelttechnik GmbH, Solms (D)
IMK	BEG BioEnergie GmbH, Herten (D)
LINDE-KCA	Linde-KCA GmbH, Dresden (D)
METHACOMP	ML Entsorgungs- und Energieanlagen GmbH, Ratingen (D)
PLAUENER	DSD Gas- und Tnakanlagenbau, Berlin (D)
PRETHANE - BIOPAQ	Paques Solid Waste Systems BV, Balk (NL)
SCHWARTING-UHDE	Schwarting - Uhde, Flensburg (D)
Mokrý kontinuální dvoustupňové systémy, kde druhým stupněm je „anaerobní filtr“	
BTA	MAT Stuttgart (D)
rom-OPUR	R.O.H. AG und CT Umwelttechnik Geneve (CH)
Suché systémy diskontinuální (Batch)	
ANM	AN-Moschinenbau Bremen, (D)
BEKON	Bekon Energy Technologies GmbH Landshut (D)
BIOCEL	Werttuigbouw B.V. Amsterdam (NL)
INRA	INRS Montpellier (F)
Suché systémy kontinuální jednostupňové míchané	
ATF	Haase Energietechnik GmbH, Neumunster (D)
BIMA	ENTEC, Fussach (O)
BTA	MAT Stuttgart (D)
HGG	HGG Holsteiner Gasgesellschaft, Hamburg (D)
SNAMPROGETTI	Snamprogetti Milano (I)
Suché systémy kontinuální jednostupňové plug - flow	
3A	Steffen, Dr.Ing., Ingenieurgesellschaft GmbH, Essen (D)
ANACOM	OWS Gent (B)
DRANCO	OWS Organic Waste Systems n.v., Gent (B)
KOMPOGAS	Buhler GmbH, Braunschweig (D)
Suché kontinuální systémy ostatní	
C.F.A.	C.F.A. department environment Conseils (F)
GÄRKANAL	FAT TÄNIKON, (CH)

Zdroj: (Slejška 2004), upraveno.

Příloha 14: Biodegradabilní odpady dle „Katalogu odpadů“

Druhy odpadů podle Katalogu odpadů	
02	Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a z výroby a zpracování (stabilizovaný biologicky rozložitelný odpad) potravin
02 01	Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství
02 01 01	Kaly z praní a z čištění
02 01 03	Odpad rostlinných pletiv <i>Například: posekaná tráva, zkažená nemořená osiva</i>
02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady, soustředěvané odděleně a zpracováváné mimo místo vzniku
02 01 07	Odpady z lesnictví
02 02	Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu
02 02 01	Kaly z praní a z čištění
02 02 03	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování <i>Například: zkažené potraviny živočišného původu, kousky rohů, zvířecí srst, peří</i>
02 02 04	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 03	Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kakaa, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy
02 03 01	Kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace
02 03 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování <i>Například: spadané ovoce, odpady ze zeleniny a ovoce, obilí, droždí, tabákové odpady</i>
02 03 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 04	Odpady z výroby cukru
02 04 01	Zemina z čištění a praní řepy
02 04 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku <i>Například: nekontaminované kaly nebo zbytky z filtračních lisů ze separovaného zachycování odpadní vody z procesů potravinářského průmyslu, výroby pochutin a krmiv</i>
02 05	Odpady z mlékářského průmyslu
02 05 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 05 02	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 06	Odpady z pekáren a výroby cukrovinek
02 06 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování <i>Například: droždí</i>
02 06 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 07	Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kakaa)
02 07 01	Odpad z praní, čištění a mechanického zpracování surovin <i>Například: pivovarské mláto, odpadní kvasnice</i>
02 07 02	Odpad z destilace lihovin
02 07 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování

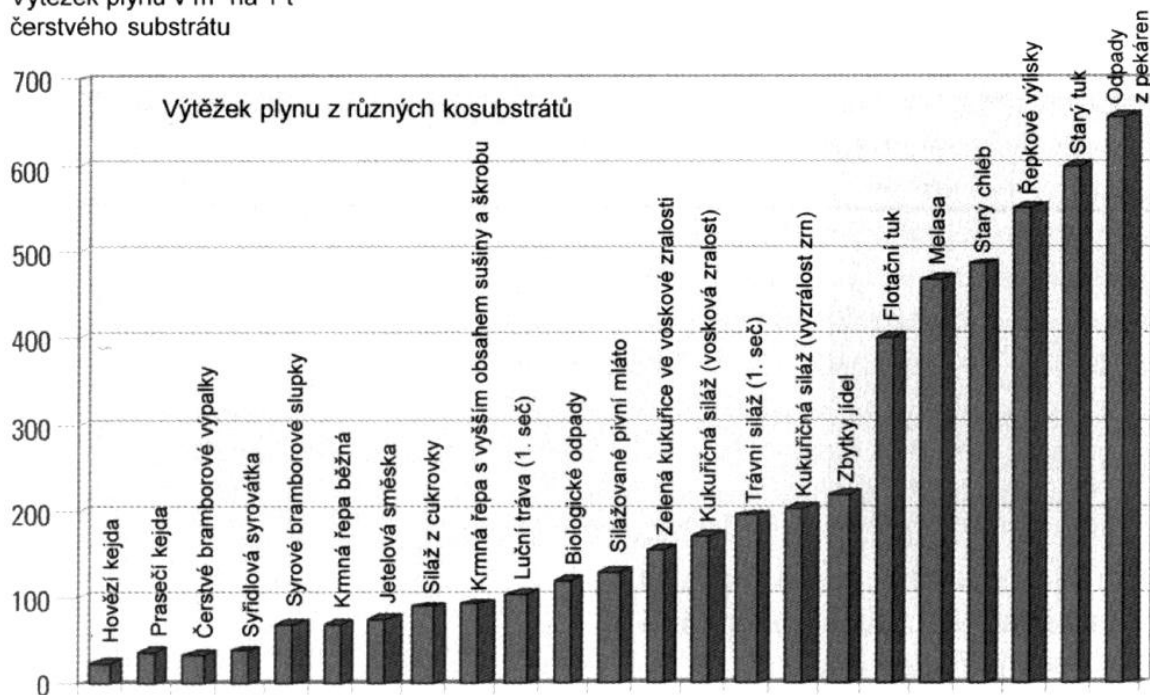
02 07 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
03	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky
03 01	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek a nábytku
03 01 01	Odpadní kůra a korek
03 01 05	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy, neuvedené pod číslem 03 01 04
03 03	Odpad z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky
03 03 01	Odpadní kůra a dřevo
03 03 07	Mechanicky oddělený výmět z rozvlákňování odpadního papíru a lepenky
03 03 08	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci
03 03 09	Odpadní kaustifikační kal
03 03 10	Výmětová vlákna, kaly z mechanického oddělování obsahující vlákna, výplně a povrchové vrstvy z mechanického třídění
03 03 11	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod číslem 03 03 10
04	Odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu
04 01	Odpady z kožedělného a kožešnického průmyslu
04 01 01	Odpadní klišovka a štipenka
04 01 07	Kaly neobsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
04 02	Odpady z textilního průmyslu s výjimkou textilií ze syntetických vláken
04 02 10	Organické hmoty z přírodních produktů (např. tuk, vosk)
04 02 20	Ostatní kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod 04 02 19
04 02 21	Odpady z nezpracovaných textilních vláken
04 02 22	Odpady ze zpracovaných textilních vláken
15	Odpadní obaly; absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené
15 01	Obaly (včetně oddělené sbíraného komunálního obalového odpadu)
15 01 01	Papírové a lepenkové obaly
15 01 03	Dřevěné obaly
16	Odpady v tomto katalogu jinak neurčené
16 03	Vadné šarže a nepoužité výrobky
16 03 06	Organické odpady neuvedené pod číslem 16 03 05
	<i>Například: zkažená krmiva, zbytky krmiv, zkažená nemořená osiva</i>
17	Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst)
17 02	Dřevo, sklo a plasty
17 02 01	Dřevo
19	Odpady ze zařízení na zpracování (využívání a odstraňování) odpadu, z čistíren odpadních vod pro čištění těchto vod mimo místo jejich vzniku a z výroby vody pro spotřebu lidí a vody pro průmyslové účely
19 05	Odpady z aerobního zpracování pevných odpadů
19 05 03	Kompost nevyhovující jakosti
19 06	Odpady z anaerobního zpracování odpadu
19 06 03	Extrakty z anaerobního zpracování komunálního odpadu

19 06 04	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování komunálního odpadu
19 06 05	Extrakty z anaerobního zpracování odpadů živočišného a rostlinného původu
19 06 06	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování živočišného a rostlinného odpadu
19 08	Odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené
19 08 05	Kaly z čištění komunálních odpadních vod
19 08 09	Směs tuků a olejů z odlučovačů tuků obsahujících pouze jedlé oleje a jedlé tuky
19 08 12	Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 11
19 08 14	Kaly z jiných způsobů čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 13
19 09	Odpady z výroby vody pro spotřebu lidí nebo vody pro průmyslové účely
19 09 01	Pevné odpady z primárního čištění (z česlí a filtrů)
19 09 02	Kaly z čiření vody
19 09 03	Kaly z dekarbonizace
19 12	Odpady z úpravy odpadů jinde neuvedené (např. třídění, drcení, lisování, peletizace)
19 12 01	Papír a lepenka
19 12 07	Dřevo neuvedené pod číslem 19 12 06
20	Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) , včetně složek z odděleného sběru
20 01	Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01)
20 01 01	Papír a lepenka, s výjimkou papíru s vysokým leskem a odpadu z tapet
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
20 01 10	Oděvy
20 01 11	Textilní materiály
20 01 25	Jedlý olej a tuk
20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37
20 02	Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad <i>Například: posekaná tráva, seno, listí, spadané ovoce, odpady ze zeleniny, kůra, posekané křoviny, ořezané části stromů, drobný odpad ze zpracování dřeva, ovoce, zelenina, dřevo (v celku nebo posekané), odděleně sebrané organické hřbitovní odpady kromě trávy a části keřů z okrajů silnic</i>
20 03	Ostatní komunální odpady
20 03 02	Odpad z tržišť <i>Například: květiny, ovoce, zelenina</i>
20 03 04	Kal ze septiků a žump
20 03 07	Objemný odpad

Zdroj: (Vyhláška č. 374 2008)

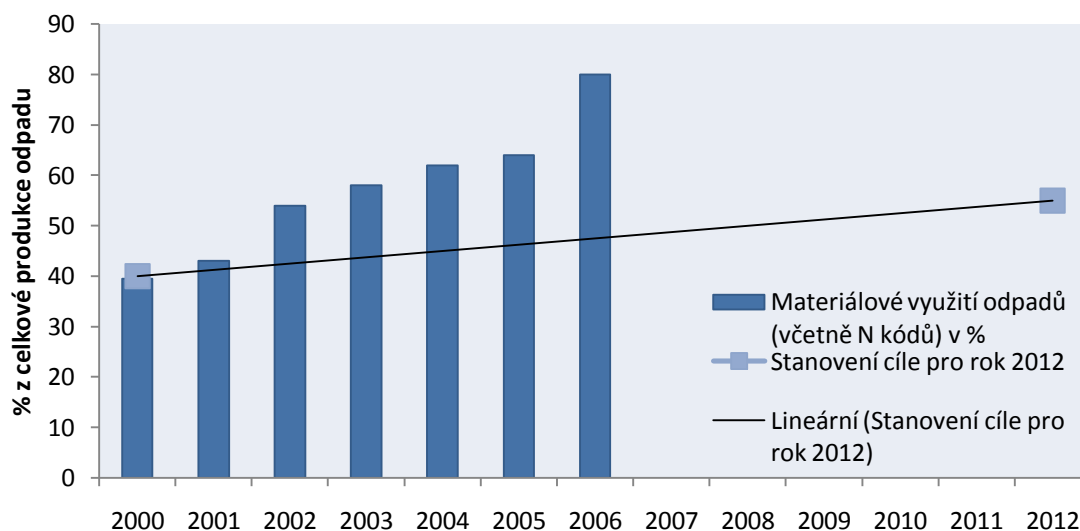
Příloha 15: Směrné hodnoty výtěžku plynu různých fermentačních materiálů

Výtěžek plynu v m³ na 1 t
čerstvého substrátu



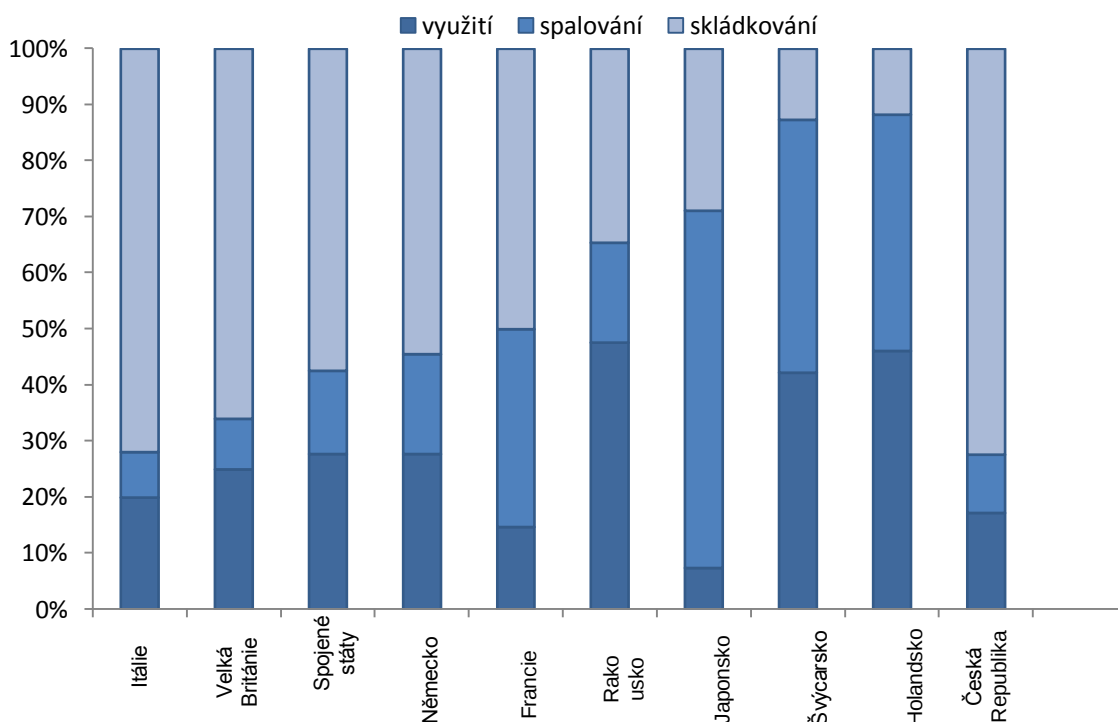
Zdroj: (Schulz a Edera 2004).

Příloha 16: Materiálové využití odpadů a jeho cílová hodnota v ČR pro roky 2000 až 2006



Zdroj: Výzkumný Ústav vodohospodářský T.G.M – Centrum pro hospodaření s odpady.
(Převzato a doplněno ze Situační zprávy ke strategii udržitelného rozvoje ČR, 2009)

Příloha 17: Způsoby nakládání s komunálními odpady v některých státech

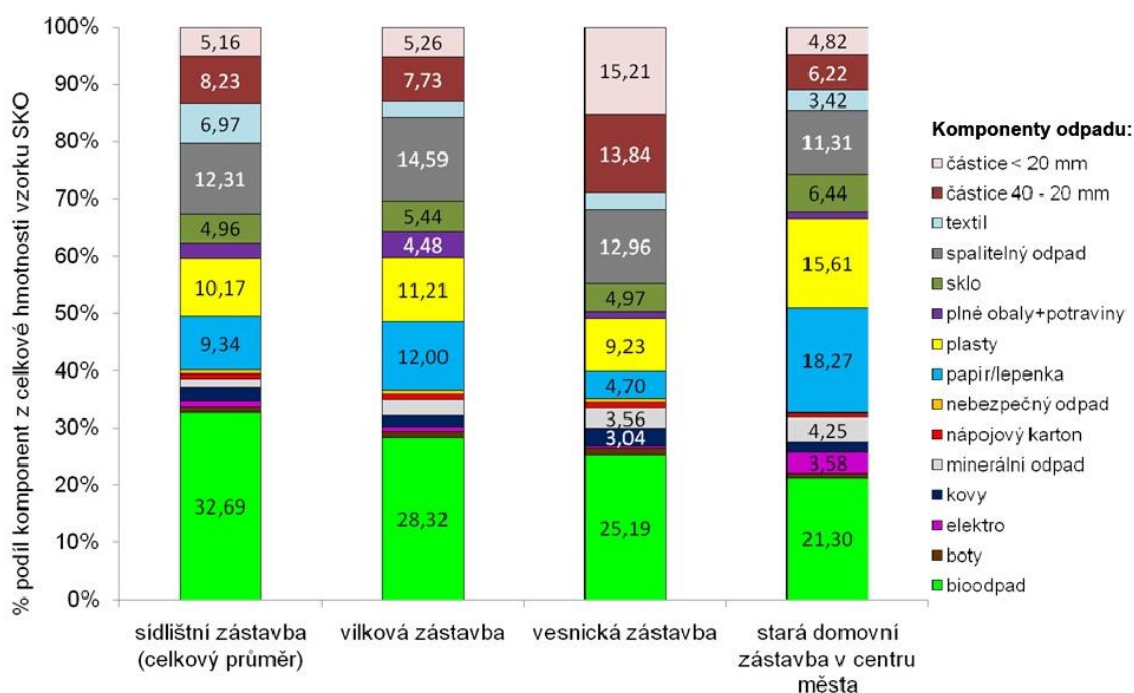


Zdroj: (POH ČR 2003).

Pozn.: Data o zemích EU: Shama (A) „European Recycling Performance“ Warner Bulletin, data Japonsko: „Waste treatment technology in Japan“ The Committee for Studying Transfer of Environmental Technologies, May 1996, data o USA: EPA data o ČR: ISOH.

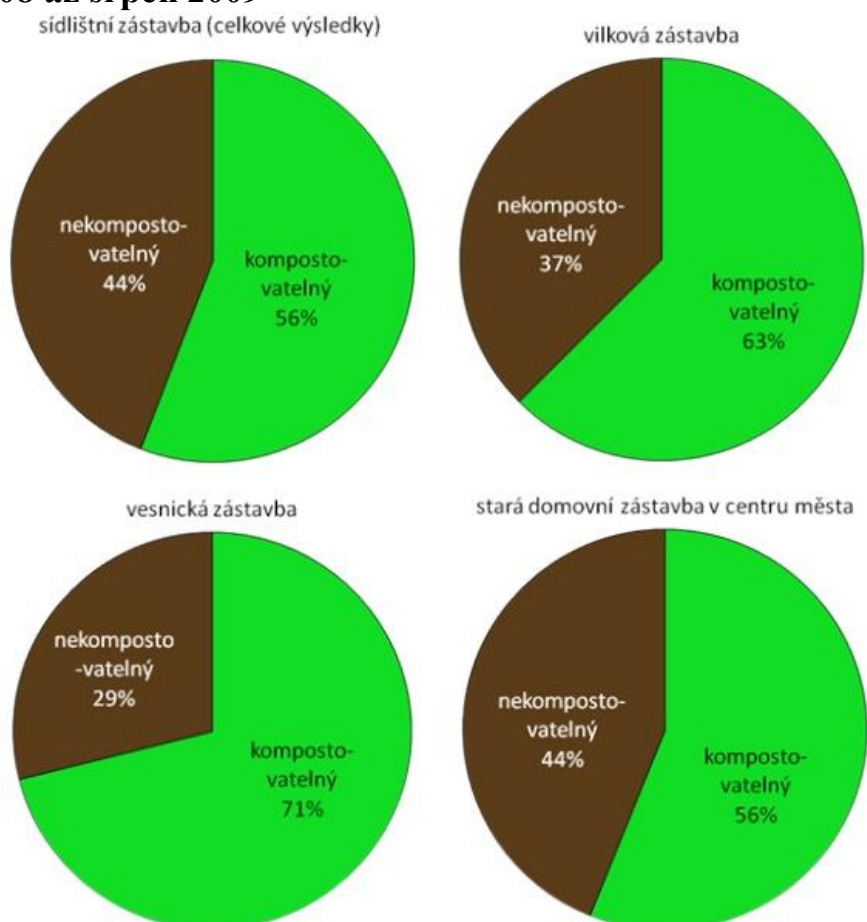
Data zahrnují období v rozmezí 5 let, definice komunálního odpadu a využití odpadů je v uvedených státech rozdílná, z tohoto důvodu jsou data v grafu pouze orientační.

Příloha 18: Hmotnostní podíl jednotlivých komponent ve vzorcích SKO zkoumaných lokalit v období září 2008 až srpen 2009



Zdroj: (Kostkan, Hekera a kol 2009)

Příloha 19: Průměrné složení bioodpadu separovaného z SKO v období září 2008 až srpen 2009



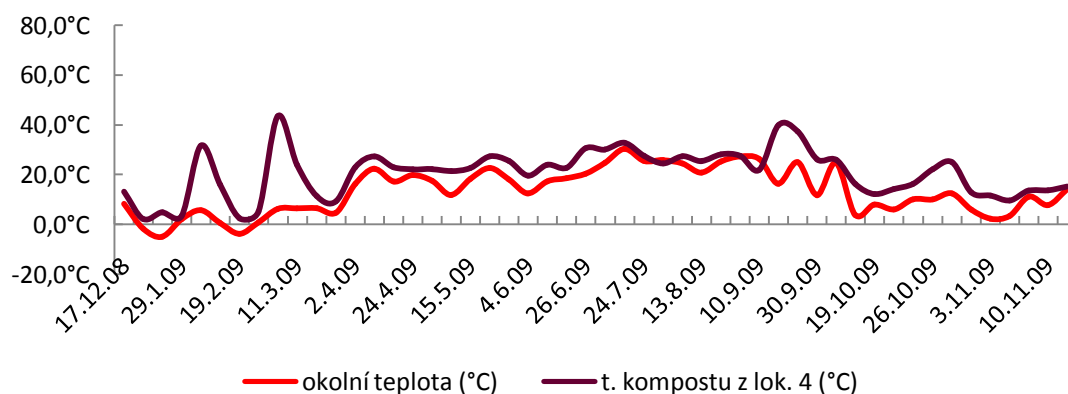
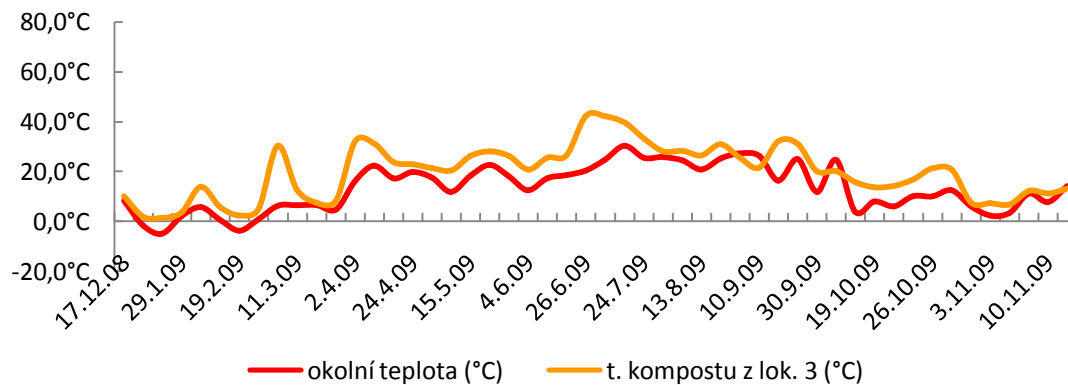
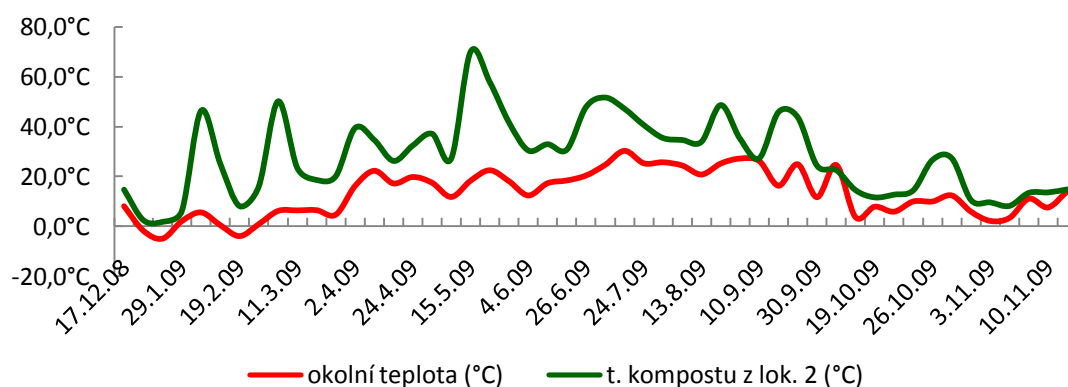
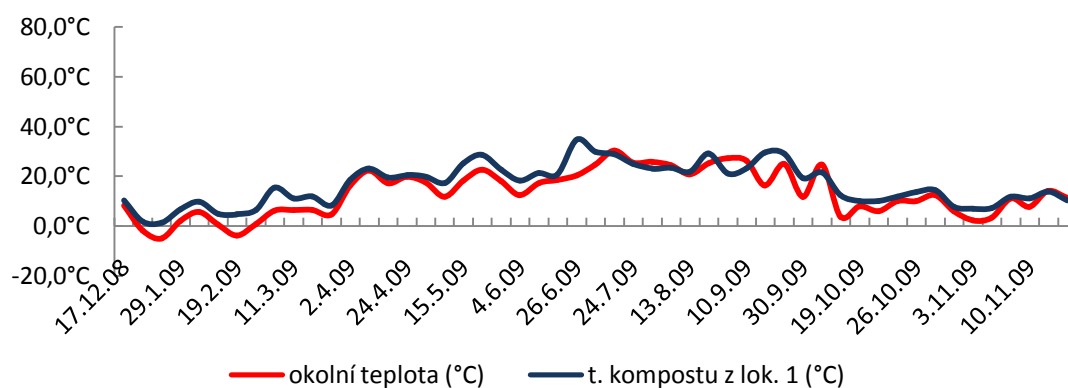
Zdroj: (Kostkan, Hekera a kol 2009)

Příloha 20: Vzorky špatně kompostovatelného BRKO po kompostovacím procesu



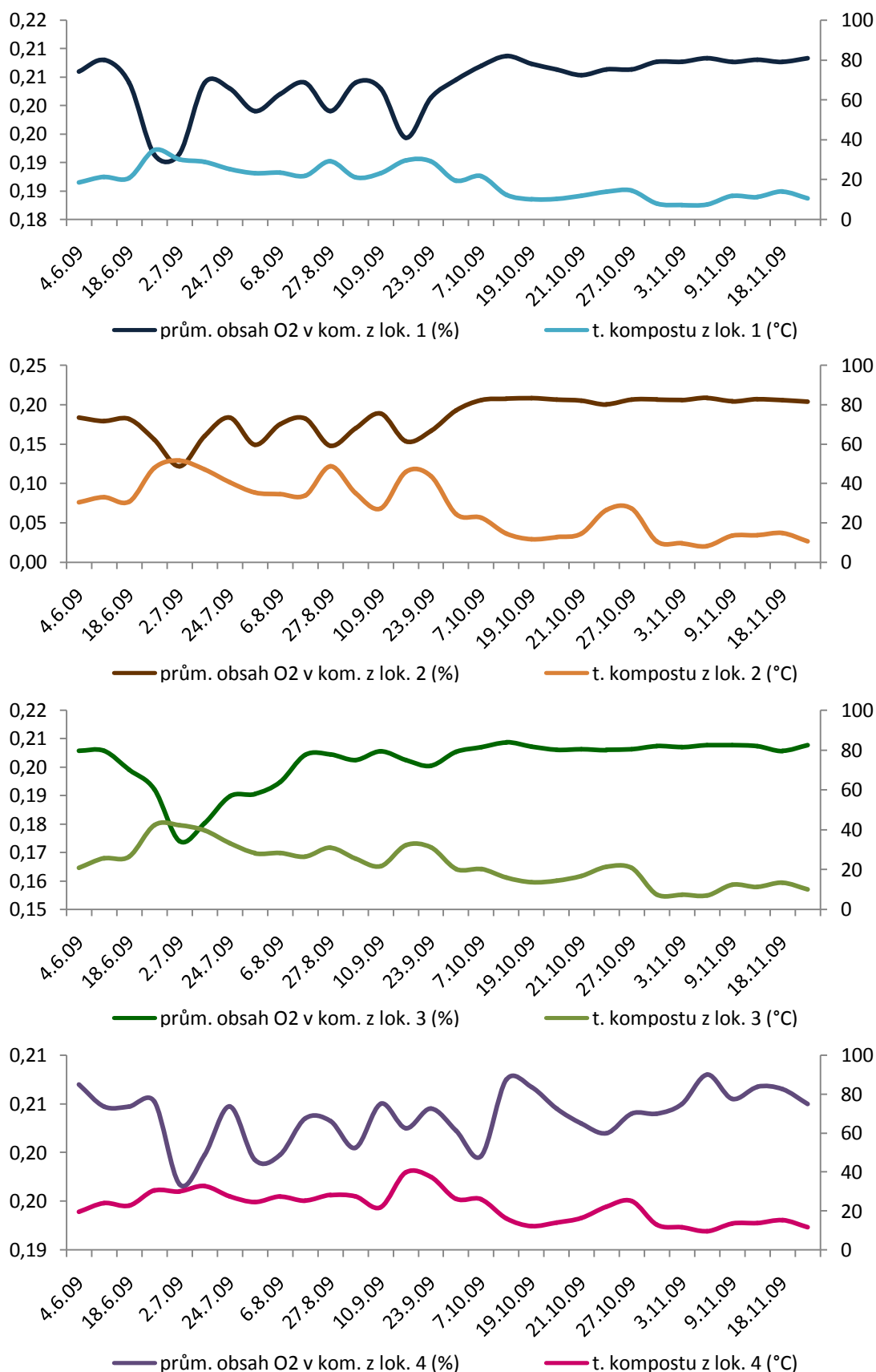
Pozn.: 1. – odpad z citrusových plodů, 2. – odpad ze zpracování cibule, 3. – odpad ze zpracování jehličnanů, 4 – odpad ze zpracování dřeva a dřevnatých částí rostlin, 5 – odpad ze zpracování ořechů, 6 – odpad ze zpracování vajec. Kompostování těchto vzorů bioodpadu probíhalo minimálně 12 měsíců.

Příloha 21: Závislosti teploty v kompostu z jednotlivých lokalit na okolní teplotě v čase



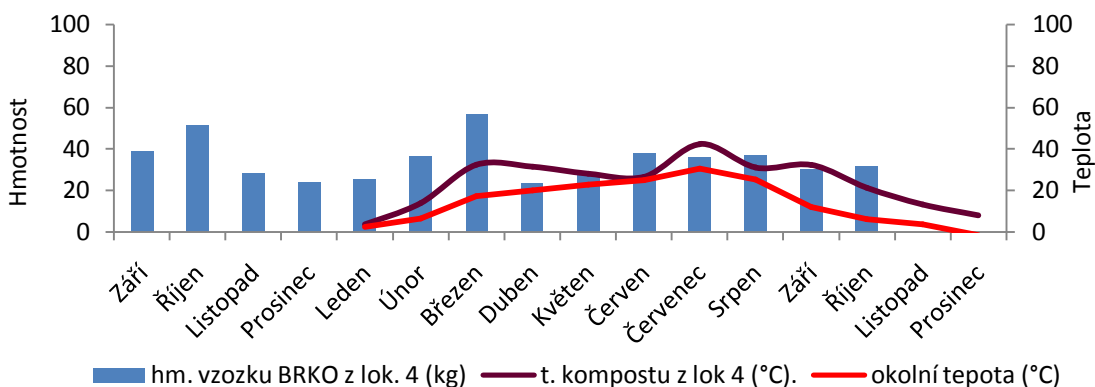
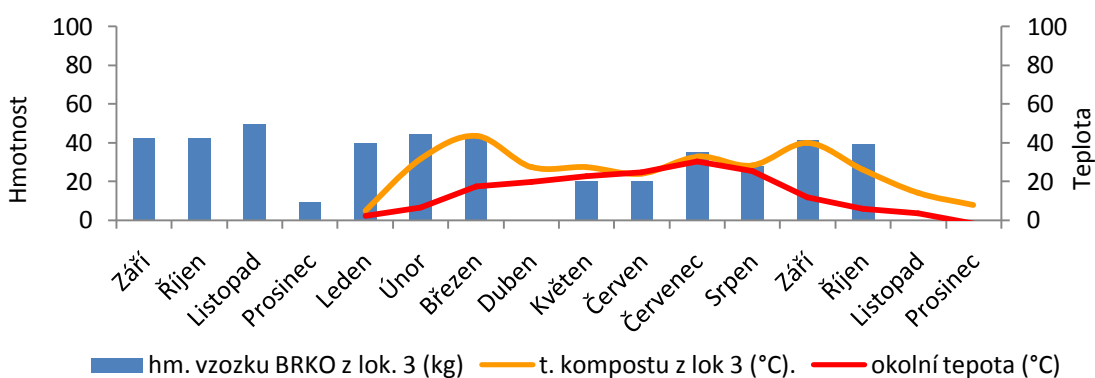
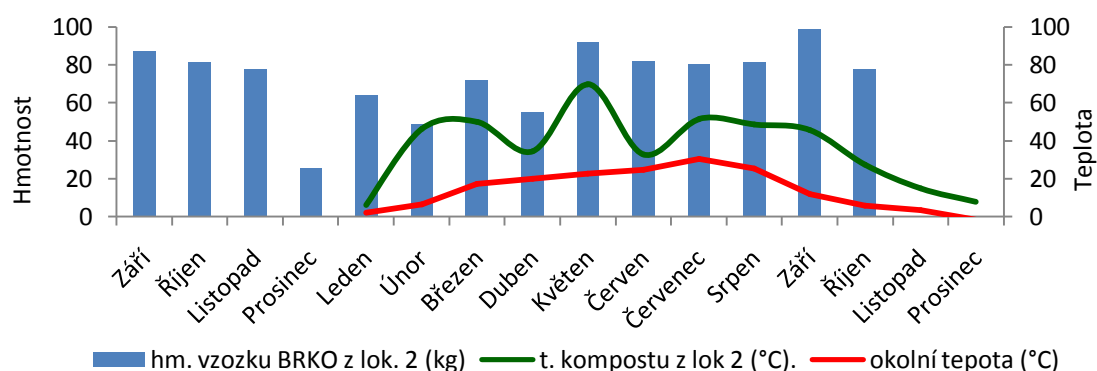
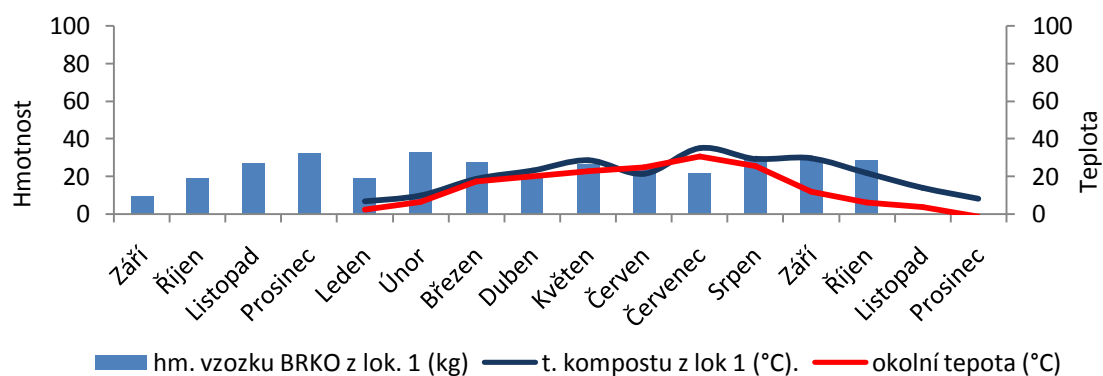
Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

Příloha 22: Závislosti mikrobiální aktivity resp. spotřeby O₂ v kompostu na teplotě kompostu z jednotlivých lokalit v čase



Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba. Mikrobiální aktivita je neměřitelnou veličinou sama o sobě. Měřitelná je ale spotřeba O₂ a také teplota. Obě tyto proměnné jsou důsledkem a také ukazatelem mikrobiální činnosti.

Příloha 23: Závislost teploty kompostu na hmotnosti dodaného vzorku BRKO z jednotlivých lokalit v čase



Pozn.: Lokalita 1 – stará domovní zástavba, 2 – sídlištní zástavba, 3 – vesnická zástavba, 4 – vilová zástavba.

Příloha 24: Lokalita 1 – Stará domovní zástavba, ulice Riegerova



Příloha 25: Lokalita 2 – Sídlištní zástavba, ulice Jílová



Příloha 26: Lokalita 3 – Vesnická zástavba, Obec Radíkov



Příloha 27: Lokalita 4 – Vilová zástavba, ulice na Vršku

