

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technologie kompostování ve vacích a vermikompostování

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

Vedoucí práce: Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor: Petr Mejlík

České Budějovice, duben 2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr MEJZLÍK**
Osobní číslo: **Z10295**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**
Název tématu: **Technologie kompostování ve vacích a vermikompostování.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Jedním ze způsobů zpracování biologicky rozložitelných odpadů je tzv. vermikompostování, kdy se k výrobě kompostu využívají žížaly. Tato technologie se z Japonska rychle rozšířila do okolního světa a u nás se začala uplatňovat od roku 1985.

V práci proveďte literární rešerši na téma kompostování ve vacích (kompostování AgBag) a vermikompostování (výroba biohumusu pomocí žížal). Zaměřte se na možnosti druhů takto zpracovávaných odpadů a jejich charakteristiku, intenzitu probíhajících dějů (časová náročnost), vlastnosti a využití vyrobeného kompostu. Porovnejte tyto technologie z hlediska investičních nákladů.

Rozsah grafických prací: obrázky, fotografie dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Altman, V. (1996): Kompostování odpadů. ČZU v Praze, s 88;

Kalina, M. (2004): Kompostování a péče o půdu. Grada Publishing, Praha. s 116;

Skleničková, A. (2011): Zpracování biologicky rozložitelného odpadu vermikompostováním; Diplomová práce. Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava;

Váňa, J., Balík, J., Tlustoš, P. (2005): Pevné odpady. ČZU Praha.;

Kavian, M.F., and Ghatnekar, S.D. (1991): Biomanagement of Dairy effluents using culture of Red Earthworms (*L. rubellus*). Indian Journal of Environment Protection, 11(9): p.680-82;

Ndegwa et al.(2000): Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. Bioresour. Technol., 71 (2000), pp. 5-12;

Zajonc, I. (1992): Chov žížal a výroba vermikompostu. Animapress.64 s.;

Garg, V. K., Kaustik, P., Dilbaghi, N. (2006)Vermiconversion of wastewater sludge from textile mill mixed with anaerobically digested biogas plant slurry employing. Ecotoxicologyand Environmental Safety. Volume 65, Issue 3, p. 412-419;

Časopis Priorita, 3/2011;

Časopis Regena 5/99, s 19.


Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Marie Šístková, CSc.

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 14. ledna 2012

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2013



Ing. Karel Suchý, Ph.D.

proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice



doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 5. března 2012

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

České Budějovice 15. dubna

.....

Petr Mejlík

Mé poděkování patří Ing. Marii Šítkové, CSc. za odborné vedení, vstřícný přístup a cenné rady, které mi poskytla jako vedoucí mé bakalářské práce. Děkuji Ing. Petru Jurkovi (EURO BAGGING, s. r. o. Velké Meziříčí), který mi poskytl odborné rady a materiály k problematice kompostování ve vacích. Dále děkuji panu Karlu Pelcovi (EKOVERMES), který mi poskytl materiály a soukromou fotodokumentaci k problematice vermikompostování. A také děkuji panu Ing. Petru Filipovi (Vermikompostování) za informace a zaslání cenové nabídky. Děkuji své rodině za podporu a pomoc po celou dobu mého studia.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá technologií kompostování ve vacích a vermikompostováním (výroba biohumusu pomocí žížal). Práce ve svém obsahu využívá dosavadní dostupné poznatky v oblasti kompostování bioodpadů. V úvodní části práce jsou specifikovány zpracovávané odpady, průběh a časová náročnost technologických procesů kompostování. Dále jsou zde popsány vlastnosti a využití výsledného produktu. V následující části je vybrána vhodná technika pro obě metody kompostování. Součástí je porovnání ekonomické náročnosti vstupních nákladů obou posuzovaných technologií kompostování.

KLÍČOVÁ SLOVA:

kompost, bioodpad, vermikompostování, technologie kompostování ve vaku

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on technology of ag-bag composting and on vermicomposting (the produce of biohumus by earthworms). The thesis in its content uses existing accessible knowledge of biowaste composting. In the opening the processed waste, progress and time demands of technologic composting process are specified. Further, the quality and use of resulting product are described. In the next part the proper technology for both composting methods is chosen. The comparison of economic demands of initial costs for both assessed composting technologies is embodied.

KEY WORDS:

compost, biowaste, vermicomposting, ag-bag composting

OBSAH

ÚVOD	9
1 KOMPOSTOVÁNÍ	11
2 VERMIKOMPOSTOVÁNÍ	12
2.1 Počátky vermikompostování	12
2.2 Žížaly k produkci vermikompostu	13
2.2.1 Žížala hnojní.....	13
2.2.2 Žížala kalifornská.....	14
2.2.3 Rozmnožování.....	15
2.3 Podmínky úspěšného vermikompostování	16
2.3.1 Teplota.....	16
2.3.2 Vlhkost	16
2.3.3 Kyselost.....	16
2.3.4 Vzdušný režim	16
2.3.5 Prostředí	17
2.3.6 Koncentrace exkrementů.....	17
2.3.7 Přirození nepřátelé	17
2.3.8 Choroby.....	17
2.4 Vstupní surovina.....	18
2.4.1 Velikost částic	18
2.4.2 Skladba substrátu	18
2.5 Technologie vermikompostování	19
2.5.1 Nároky na potravu.....	20
2.5.2 Vlastní proces.....	21
2.5.3 Rozdělení vermikompostu	21
2.6 Konečný produkt - vermikompost.....	21
2.6.1 Vlastnosti vermikompostu	22

2.6.2	Výhody vermikompostu.....	23
2.6.3	Využití vermikompostu.....	23
3	KOMPOSTOVÁNÍ VE VAKU.....	25
3.1	Počátky kompostování ve vaku	25
3.2	Technologický postup kompostování ve vaku	26
3.2.1	Příjem surovin	26
3.2.2	Založení a průběh kompostovacího procesu	26
3.2.3	Ukončení procesu – úprava kompostu	26
3.3	Prostorové nároky kompostování do vaků	27
3.3.1	Ukládání suroviny do vaku	28
3.4	Stroje pro kompostování ve vaku	28
3.4.1	Stroje poháněné energetickým mobilním prostředkem.....	29
3.4.2	Jednoúčelové stroje	29
3.4.3	Kombinace jednoúčelových strojů a strojů využívajících agregaci energetickým prostředkem.....	29
3.5	Příslušenství pro kompostování ve vaku	30
3.5.1	Kompostovací vak.....	30
3.5.2	Provzdušňovací hadice.....	30
3.5.3	Provzdušňovací jednotka	31
3.5.4	Teploměr	31
3.5.5	Odvzdušňovací ventil.....	31
3.5.6	Vlhkoměr	31
3.5.7	Analyzátor plynů.....	32
3.5.8	Rozvod vzduchu mimo vak.....	32
3.6	Vstupní suroviny	32
3.6.1	Poměr živin	33
3.6.2	Vlhkost	33

3.6.3	Velikost části, poréznost, struktura, textura	34
3.6.4	pH materiálu.....	34
3.7	Materiály určené ke kompostování ve vaku.....	35
3.8	Vlastní proces kompostování ve vaku.....	35
3.8.1	První fáze rozkladu (termofilní).....	35
3.8.2	Druhá fáze přeměny (mezofilní)	36
3.8.3	Třetí fáze zralosti (syntézy).....	36
3.8.4	Čtvrtá fáze dosoušení	36
3.9	Využití kompostu	37
3.10	Obsah živin v kompostu	37
4	INVESTIČNÍ NÁKLADY	39
4.1	Kompostování ve vaku.....	39
4.1.1	Manipulace	39
4.1.2	Drcení a míchání	40
4.1.3	Zakládání do vaku	40
4.1.4	Prosévací zařízení.....	40
4.1.5	Příslušenství	40
4.2	Vermikompostování	40
4.2.1	Prosévací zařízení.....	41
4.2.2	Násada	41
4.3	Zhodnocení investičních nákladů.....	41
	ZÁVĚR	43
	SEZNAM LITERATURY	45
	SEZNAM OBRÁZKŮ	48
	SEZNAM TABULEK.....	48

ÚVOD

Dnešní společnost je konzumní a právě to se odráží i v produkovaném množství komunálního odpadu. Lidé jsou zvyklí častěji nakupovat nové věci, a ty staré či nemoderní leč funkční vyhazují. Určitá nestřídmost je patrná i v nákupu potravin, které jedinec není schopen zkonsumovat a tak opět končí na skládkách. Jelikož neustále roste spotřeba každé osoby, přímou úměrou stoupá i množství odpadů. V posledních desetiletích se kvantum komunálního odpadu výrazným způsobem zvýšilo. Svědčí o tom rozrůstající se skládky na periferiích měst i přibývající barevné kontejnery v ulicích.

Objem odpadu, který končí na skládkách, lze snížit jeho tříděním, recyklací i biologickým zpracováním. Právě oblast biologického zpracování umožňuje efektivně zpracovat biologicky rozložitelný odpad (biodpad, organický odpad), který tvoří téměř polovinu z celkového objemu komunálního odpadu. Pokud není biodpad správně vytríděn a zpracován, na skládce komunálního odpadu způsobuje značné komplikace. Při rozkladu biodpadu totiž vznikají toxické výluhy, nepříjemný zápach i metan a oxid uhličitý, což přispívá ke skleníkovému efektu. Nejen, že se snižuje životnost skládky, klesá i její stabilita a může dojít až ke kontaminaci spodních vod. Přitom využití biodpadu je rozsáhlé. Za zmínku stojí zpracování biodpadu v bioplynové stanici, při kterém vzniká teplo a energie. Znamější je pravděpodobně kompostování, díky kterému lze získat kvalitní hnojivo, jež rychlým způsobem obnovuje úrodnost i kvalitu půdy.

Zájem o zpracování organických odpadů a samotné kompostování roste. Znamé je domácí, obecní či komunitní kompostování. Ke zpracování biologicky rozložitelného odpadu lze využít i vermikompostování a kompostování ve vacích. Právě tyto dvě uvedené technologie je zajímavé porovnat a dál zkoumat. Z toho důvodu jsem se rozhodl věnovat svou bakalářskou práci právě těmto dvěma možnostem, které i pro budoucnost skrývají mnohé možnosti.

Části rešerše jsou východiskem pro následné porovnání a zhodnocení investičních nákladů. Je rozdělena do tří kapitol. První kapitola obsahuje informace o kompostování rozložitelných odpadů. Navazují na ní kapitoly o vermikompostování a kompostování ve vacích. U obou těchto metod jsem vybral suroviny vhodné pro

zpracování. Popsal jsem vlastní proces a děje probíhající v základce. Dále jsem uvedl možnosti zpracování a využití výstupních surovin. Části s názvem Náklady jsem uvedl investiční náklady na strojní linky. Navrhnul jsem strojní složení linek pro kompostárny.

1 KOMPOSTOVÁNÍ

Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady zkráceně bioodpady podléhá v České republice přísné legislativě. Ta přesně vymezuje vlastnosti těchto odpadů, způsoby jejich úpravy, využití i kritéria koncových produktů. V současné době je zároveň dlouhodobě zaregistrován vážný úbytek organické hmoty v půdě. Přitom navrácení bioodpadu do půdy ve formě kompostu, obsahujícího humus, je důležité pro udržení kvality i retence půdy.

V souladu se směrnicí o skladování odpadů (1999/31/EC), která je platná pro Českou republiku byla stanovena přísná nařízení, která určují procentní podíl biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) a časová období, do kterých musí být vymezené cíle splněny. Maximální množství BRKO, ukládaného na skládky v roce 2010 činilo 75 %. V roce 2013 by ho mělo být nejvíce 50 % a v roce 2020 maximálně 35 % z celkového množství, které vzniklo v roce 1995. Právě v roce 1995 bylo skládkováno v České republice víc než 80 % BRKO (O legislativě biologicky rozložitelných odpadů, cit. 24. 4. 2013).

Hledají se nová řešení, jakým způsobem nakládat s biologickými odpady, kterých neustále přibývá, přitom se nabízí nejstarší recyklační technologie a to kompostování. I když se občané České republiky naučili odpad třídit a využívat tak kontejnery na papír, sklo a plasty, v oblasti bioodpadů mají značné rezervy. Přitom odevzdání tohoto typu odpadu je velmi snadné. K dispozici jsou hnědé kontejnery, do kterých domácnosti mohou vhadzovat přesně určené bioodpady.

Kompostování bioodpadů je ekologické, protože udržuje v koloběhu látky, které pochází z přírody a zároveň vrací do půdy humus, jenž je důležitý pro udržení kvality i retence půdy. Dále pak omezuje skleníkové efekty a s nimi související klimatické změny, které zapříčiňují nekontrolovatelné hnití odpadů na skládkách.

Nelze opomenout ani nízké ekonomické náklady. Kompostování hraje důležitou roli i při zabezpečování lidské výživy. Pokud je půda bohatá na živiny, výnos a kvalita pěstovaných rostlin je daleko vyšší než z půdy, ve které jsou základní živiny obsaženy v minimálním obsahu. Poslední výhodou je samotná hygienizace odpadů, protože v průběhu kompostovacího procesu hynou patogenní organismy. (Kompostování bioodpadu je technologií trvale udržitelného života, cit. 24. 4. 2013).

2 VERMIKOMPOSTOVÁNÍ

Vermikompostování lze popsat jako dekompoziční proces, při kterém dochází k oxidaci a stabilizaci organických materiálů spolupůsobením žížal a mikroorganismů (Domínguez, Edwards, 2011). Vermikompostování lze také zjednodušeně definovat jako kompostování s využitím žížal. Je to proces biooxidace a stabilizace organického materiálu. Žížaly požírou kompostovaný materiál a ten projde jejich trávicím traktem, kde jsou přeměněny organické látky v exkrementy (Jamaludin, Mahmood, 2010)

V odborné literatuře lze nalézt mnoho informací o tom, že vermikompost je v porovnání s běžným kompostem více kvalitní a objemově menší. Jak uvádí Hlavatá (2004), kompost získaný pomocí žížal dosahuje vyššího stupně přeměny organické hmoty než běžný kompost.

Vermikompost taktéž biohumus má po vysušení vzhled jemné lesní půdy. I přesto, že neobsahuje žádné minerální částice, jeho předností je značná vodní kapacita a četné množství mikroorganismů, jež kladně ovlivňují růst rostlin a mladých stromků. (Kalina, 2004). Mimo jiné obsahuje vysoký podíl přírodních enzymů, huminových kyselin a růstových regulátorů např. auxinů, gibberelinů, cytokininů a dalších (Pelc, 2007).

2.1 Počátky vermikompostování

Na počátku sedmdesátých let začalo Japonsko zpracovávat zemědělské odpady pomocí dešťovek. I když tato technologie vzbuzovala značnou nedůvěru, rychle se rozšířila do Spojených států amerických (USA) i Evropy. V roce 1985 se vermikompostování dostalo do tehdejší Československé republiky (Kalina, 2004).

První pokusy, které se snažily vyšlechtit žížalu vyhovující průmyslovému zpracování organických odpadů, probíhaly již ve 30. letech v USA. Roku 1959 vzniklo první středisko, ve kterém se k vermikompostování používala nově vyšlechtěná forma žížaly, ale její název nebyl jednotný a definovaný. V roce 1976 byl tento vyšlechtěný druh přivezen do Evropy, konkrétně do Itálie pod názvem kalifornská žížala (*Eisenia andrei*), odtud se rozšířila do Francie a zbytku Evropy (Zajonc, 1992).

V období, kdy se vermikompostování dostalo i do našich zeměpisných šířek, bylo představeno sdělovacími prostředky jako horká novina ze západu, která přináší velké možnosti ve zpracování bioodpadů. Jelikož za byznysem s žížalami stáli většinou laici a nedůvěryhodní jedinci, došlo k několika aférám, které technologii vermikompostování víc ublížily, jak prospěly (Slejška, 1999).

Dnešní situace je naštěstí zcela opačná a kompostování pomocí žížal se stalo novým trendem ve zpracování bioodpadů v mnoha domácnostech. Kvalitní vermikompost si mohou vyrobit i nájemníci panelových bytů. Mohou využít speciální kompostér, který umístí na balkón, terasu či přímo do bytu.

2.2 Žížaly k produkci vermikompostu

Žížal a dešťovek, které jsou vhodné pro vermikompostování, je několik druhů. Mezi často užívané, které zmiňuje autor Slejška (1999) patří: Žížala hnojní (*Eisenia foetida*), Žížala kalifornská (*Eisenia andrei*), Žížala načervenalá (*Lumbricus rubellus*), Africká dešťovka (*Eudrilus eugeniae*) a „Modrý červ“ (*Perionyx excavatus*). V našich zeměpisných podmínkách se k vermikompostování využívá především žížala hnojní a žížala kalifornská, které budou blíže popsány v následujícím textu.

Zbývající druhy pochází z afrických či asijských oblastí, takže náš mírný podnební pás je pro jejich chov hlavně z důvodů teplotních podmínek nevyhovující (Zajonc, 1992).

2.2.1 Žížala hnojní

Žížala hnojní (*Eisenia foetida*) se dle způsobu svého života řadí mezi žížaly, které žijí ve vrstvě rostlinných zbytků na povrchu půdy. Jedná se o rudohnědý druh dorůstající do rozměrů 3 – 12 cm a živí se rozkládajícím se rostlinným materiálem. Jelikož je tato žížala schopná konzumovat organické odpady, je vhodná pro vermikompostování. Žížale hnojní se dobře daří při teplotě 25 °C. Tato teplota jiným druhům žížal nevyhovuje. S uvedenou teplotou souvisí i vyšší spotřeba potravy a tím pádem je i rychlejší zpracování kompostovaného materiálu. Biologickou zvláštností je i rychlejší rozmnožování, při kterém do kokonů kladou několik vajíček, z nichž se následně vylíhne několik mlád'at, která rychle dospívají. Dospělí jedinci mohou

měřit 4 – 12 cm, průměr těla je v rozpětí 2 – 4 mm, váží 0,4 – 1,2 g a barva jejich těla je hnědorudá až rudofialová. Mláďata bývají po vylíhnutí nitkovitá a v průměru měří 12 – 20 mm. Žížala se řadí k oboupohlavním živočichům. Opasek (*klitelum*) je špinavě bílé nebo žlutobílé barvy a začíná u žížaly hnojní na 24. – 27. článku a končí na 31. – 33. článku. Žížala při podráždění vylučuje z hřbetních pórů nažloutlou páchnoucí kapalinu (Zajonc, 1992).

Jak uvádí Zajonc (1992, s. 19.) „Nejčastěji se vyskytuje v menších hnojištích, hromadách kompostu, v mokré rozkládající se slámě anebo v jiných organických zbytcích, při odpadových kanálech a smetištích.“ V polní půdě vydrží jen krátce, protože obsahuje málo organické hmoty.

Žížala hnojní je rozšířena díky lidské činnosti téměř po celém světě kromě Antarktidy a daří se jí v podmínkách, ve kterých by jiné druhy žížal nepřežily.

2.2.2 Žížala kalifornská

Žížala kalifornská (*Eisenia andrei*) je speciálně vyšlechtěným druhem žížaly z volně žijícího druhu žížaly hnojní (*Eisenia foetida*) a může se i s tímto druhem křížit. Tento kalifornský červený hybrid podléhá Zákonu č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, který zakazuje tento nepůvodní druh vědomě šířit do české krajiny. Není však zakázáno jeho využití při zpracování organického materiálu, protože za tímto účelem byl vyšlechtěn. Žížala kalifornská zpracovává organický materiál mnohem rychleji (Pšenička, 2009). Žížala kalifornská je jednobarevná - tmavě nebo světle rudá. Pokud dojde k podráždění hřbetních pórů, vylučuje bezbarvou kapalinu, která nepáchne. Právě rozdíly v barvě a charakteru vylučované tekutiny jsou dva primární znaky, kterými lze odlišit žížalu hnojní od žížaly kalifornské (Zajonc, 1992).



Obrázek 1 - Žížala kalifornská

(Zdroj: Karel Pelc EKOVEMES)

2.2.3 Rozmnožování

Žížaly jsou hermafroditi (obojetníci). Jsou tedy schopni produkovat vajíčka i spermie. Umístění pohlavních orgánů však žížalám nedovoluje oplodňovat vlastní vajíčka vlastními spermii, z tohoto důvodu dochází k páření.

Dva jedinci se k sobě přiloží břišní stranou, poté první jedinec vypudí spermální kapalinu a ta prochází do spermatoték (malé dutiny) partnera.

Ke kladení vajíček dochází 7 až 10 dní po samotném aktu. Proces kladení začíná vytvořením slizovitého obalu kolem těla v místě opasku. Vytvoří se rourovitý útvar, kterým se žížala postupně provléká od konce těla k hlavě, následně jsou do něj vypuštěna vajíčka. Při dalším pohybu rourovitého útvaru směrem k začátku těla je do něho vypuštěna kapalina se spermii ze spermatoték. Tím dochází k vlastnímu oplodnění.

Poté se obal sveze žížale přes hlavu a jeho konce se rychle stáhnou a zaschnou. Vznikne tak kokon, který tvarem připomíná citron. Barva kokonů může být různá. Od žlutozelené přes oranžovou až po hnědou. Prázdný kokon je tmavohnědý.



Obrázek 2 - Kokon žížaly

(Zdroj:

http://www.vermikompostovani.cz/?utm_source=centrum.sk&utm_medium=listing)

Jejich délka se pohybuje v rozmezí 3 – 4,5 mm a šířka mezi 2,5 – 3,2 mm. Váha kokonu se pohybuje mezi 10 až 16 mg. Žížala hnojní běžně produkuje dva kokony za týden, v případě ideálních podmínek i každý druhý den. V jednom kokonu se nachází 2 – 5 mláďat, obal opouštějí po 20 až 30 dnech. Zhruba 15 % kokonů během vývoje odumře. Dospělosti se žížala dožívá v 60 dnech od vylíhnutí, v tomto období má nejvyšší tělesnou hmotnost. Po dosažení dospělosti už rostou jen málo, růst ustává v 9. měsíci života. Žížala se dožívá 33 měsíců (Zajonc, 1992).

2.3 Podmínky úspěšného vermikompostování

Samotná technologie vermikompostování vyžaduje dodržování určitých podmínek, které zajistí správný průběh, při němž žížaly zpracují uložený bioodpad a vytvoří kvalitní biohumus. Při vermikompostování je důležité dohlížet na teplotu, vlhkost, kyselost substrátu a další vlivy, které mohou negativně ovlivnit činnost žížal, v horším případě může dojít i k jejich úhynu.

2.3.1 Teplota

Žížaly jsou aktivní při teplotách nad 5 °C. Největší aktivita je patrná při teplotě mezi 15 – 26 °C. Uvedené teplotní rozmezí je nejvhodnější pro fungování celého kompostovacího systému. Pokud je vermikompostér umístěn venku a dojde k poklesu teplot, je nutné zajistit jeho zateplení pomocí sena či jiného materiálu (Časopis Priorita: Vermikompostování: šikovní žížaly, cit. 22. 4. 2013).

Jak uvádí Zajonc (1992) žížala hnojní snáší i vysoké teploty, které šplhají k 35 °C, naopak, když teplota klesá k 4 °C, dochází k jejímu úhynu.

2.3.2 Vlhkost

Žížaly dýchají celým povrchem těla, je proto nezbytné udržovat stálou vlhkost substrátu v rozmezí 60 – 70 %. V případě, kdy dochází k poklesu vlhkosti pod 50 % je tento stav pro žížaly nebezpečný (Domínguez, Edwards, 2007).

2.3.3 Kyselost

Za optimální kyselost substrátu je považováno neutrální pH v rozmezí 6,5 – 7,5. Pokud dochází k výrazné změně pH substrátu, který je pro žížaly následně silně zásaditý či naopak silně kyselý, dochází k úhynu během několika dnů (Zajonc, 1992).

2.3.4 Vzdušný režim

I když vrstva bioodpadu, ve které žížaly žijí, může být poměrně silná (do 60 cm), nesmí být opomíjen přísun kyslíku. Důležité je, aby tento biologický materiál byl dostatečně porézní s množstvím vzdušných prostor. Odpovídající provzdušnění se v umělých chovech zabezpečuje pomocí mechanického zpracování substrátu a přidáním provzdušňujících materiálů. Optimální množství kyslíku, který ke svému

životu a činnosti potřebuje žížala hnojní, představuje 15% obsah kyslíku v prostředí, v němž zpracovává bioodpad. Koncentrace CO₂ by neměla překročit 6% hranici.

2.3.5 Prostředí

Prostředí, kde žížaly zpracovávají biologicky rozložitelný odpad, by mělo splňovat náležitá kritéria. Ve vodě by nemělo být rozpuštěno velké množství soli, za maximální je považována přibližně 0,5% koncentrace. Jestliže se ve vermikompostéru zvýší koncentrace čpavku a jeho sloučenin a překročí 0,1% koncentraci, žížaly zabíjí.

2.3.6 Koncentrace exkrementů

Při činnosti žížal dochází přirozeným způsobem ke vzniku exkrementů. Prostředí se postupně těmito výkaly plní a stává se pro žížaly jedovatým, proto se stěhují. V umělých chovech však migrovat nemohou, proto dochází k útlumu rozmnožování, poklesu hmotnosti a následnému úhynu.

2.3.7 Přirození nepřátelé

I v uměle vytvořených kulturách se žížaly potýkají s mnoha nepřáteli, kteří dokáží snížit jejich celkové množství. Často jsou to ptáci, především drozdi, raci a různé druhy havranovitých ptáků. Ze savců je hlavním nepřítelem krtek. Mezi predátory z říše hmyzu patří: roztoči, škvoři, stonožky, drabčící, střevlík a jeho larva. Loví je i rejsci, lišky a překvapivě i jezevci (Zajonc, 1992). Z uvedených důvodů je nutné vermikomposty chránit před útoky predátorů, pro které jsou žížaly oblíbenou součástí jídelníčku.

Kromě uvedených činitelů ovlivňují úspěšné vermikompostování i povětrnostní podmínky. Pokud je vermikompostér dlouhodobě vystaven přímému slunečnímu svitu, může docházet k prohřátí a vysychání substrátu. Nelze opomenout ani vítr a déšť. Proto je vhodné umístit vermikompostér na chráněné místo, které bude zajišťovat dostatečnou ochranu před uvedenými nepříznivými povětrnostními vlivy (Zajonc, 1992).

2.3.8 Choroby

K chorobným změnám v organismu žížal může docházet z několika důvodů. Mezi

tyto důvody můžeme zařadit nedostatečnou výživu, chybné složení substrátu, nevhodnou kyselost i pobyt v prostředí s velkým množstvím exkrementů. Chorobné procesy, které postihují žížaly, mohou mít velmi rozdílné projevy. Často lze pozorovat zánětlivá ložiska na povrchu těla s otoky, které vedou v konečném důsledku k odumírání tkaniv. Zmenšuje se velikost těla, dochází k měknutí a vysychání postiženého jedince (Zajonc, 1992).

2.4 Vstupní surovina

Jak je patrné z výše popsaných vlivů, je žížala velmi citlivým živočichem. Pokud není zajištěno optimální prostředí pro její vývoj, růst, výživu a rozmnožování, dochází k úhynu. Mnohdy může být obtížné odhalit příčinu způsobující úhyn zdravých jedinců. Všeobecně lze říci, že chov žížal je náročný, ale s notnou dávkou trpělivosti a znalostí, je zaručen očekávaný výsledek ve formě kvalitního vermikompostu.

Vstupní surovina, která je do kompostu ukládána, by měla splňovat obecně známé požadavky. Kromě uvedené vlhkosti substrátu (60 – 70 %) a již zmiňované poréznosti a provzdušněnosti vermikompostu v celém jeho řezu, musí vstupní surovina splňovat následující nároky.

2.4.1 Velikost částic

Žížaly jsou schopné požírat částice z rostlinných zbytků s převahou celulózy menší než 0,5 mm². I v případech, že se jedná o větší celek, žížala je schopná částice oddělit, musí být však zabezpečena poddajnost celého krmiva (Zajonc, 1992).

2.4.2 Skladba substrátu

Celková skladba substrátu se odlišuje od místa, kde vznikl. Jiný substrát produkuje zemědělství, zcela odlišný pak domácnost.

V zemědělské výrobě může být skladba živného substrátu velmi rozličná. Substrát mohou tvořit různé druhy dobře vyzrálého (dle původu 3 – 7 měsíců) chlévského hnoje, který by měl dosahovat pH 6,5 – 8,0. Nejlepší hnůj je od koní, skotu, ovcí, ale i od jiných zvířat. Za nevhodný je považován trus drůbeží. Substrát může obsahovat i zahradní odpady, ovocné výlisky, kartonový papír, piliny a další. V případě, že je

substrát kyselý, lze ho upravit přidáním mletého vápence v množství asi 0,7 kg na 1 m³ (Kalina, 2004).

Při zakládání kompostu by měly být brány v potaz i výsledky chemických analýz kompostovaného materiálu. Stěžejní je informace o množství dusíku poukazující na dostatečné zásoby bílkovin, které ke svému životu žížaly nezbytně potřebují. Za optimální množství se považují 1 – 4 % dusíku. Kvalita kompostovaného materiálu úzce souvisí s poměrem uhlíku a dusíku. Za optimální se považuje poměr 22 : 1. Pokud se objevují zvýšené koncentrace dusíku, lze substrát upravit pomocí např. plev, slámy či sena. V opačném případě, který je méně obvyklý a je zvýšený uhlík, je doporučováno přidání slepičího trusu nebo chlévského hnoje (Zajonc, 1992).

Skladba substrátu, který pochází z domácností, může mít rovněž různé složení. Jak uvádí Kalina (2004), jako podestýlku lze použít půdu, rašelinu, staré listí, trávu, slámu i hobliny. Žížaly dokážou zpracovat i navlhčený skartovaný papír z počítačové tiskárny, kartony od vajec, pruhy lepenky. Do substrátu lze přidat slupky a zbytky z ovoce a zeleniny, zbytky chleba a pečiva, vyluhovaný čaj v sáčcích, kávovou sedlinu včetně papírových filtrů a rozdrčené skořápky z vajec. Mezi nevhodné potraviny naopak patří: kosti, maso, ryby, mléčné výrobky a zbytky mastných jídel. Do substrátu by neměly být přidávány slupky z banánů, pomerančů a dalších citrusových plodů, protože po různých chemických úpravách mohou obsahovat zbytky pesticidů. Pravidelně přidávané zbytky je nutné zahrnout pod povrch a přiměřeně je rozvrstvit. Zbytky, které se hromadí na jednom místě, velmi rychle podléhají hnilobě a plísni, které jsou v domácnosti nepříjatelným zdrojem nepříjemného zápachu.

Autor Zajonc (1992) poukazuje na fakt, že žížaly nejsou schopny přijímat jednoduché živiny bílkovinného charakteru např. albumin, kasein, vaječný bílek a žloutek, případně sacharidy (čistá celulóza, škrob, sacharóza) či tuk.

2.5 Technologie vermikompostování

Před samotným začátkem s vermikompostováním je nutné vybrat vhodné stanoviště. Velikost místa se odvíjí od množství substrátu, který bude pro kompostování určen. Jestliže se jedná o malé objemy substrátů vznikajícího u zahrádkářů, malých chovatelů či v domácnostech, postačí pro tyto účely několik metrů čtverečních. Jak

bylo popsáno, žížaly nemají rády přímý sluneční svit, a proto je vhodné vermikompostér umístit na stinném místě (pod stromy, vedle budov, apod.). Jednoduchý základ pro budoucí kompostování pomocí žížal lze vytvořit z tvárnic, cihel i dřeva (Zajonc, 1992). Vermikompostéry jsou vyráběny buď z plastů, které zajistí snadnou údržbu a omyvatelnost, nebo ze dřeva či kovů.

Pokud je zpracováváno větší množství substrátu, je vhodné připravit 10 – 15 m² plochy, která se nedostatečně využívá. Vhodné je vybranou plochu vybetonovat, případně na ni rozložit silnější folii (Kalina, 2004). Vybetonování či položení plastové folie uvádí i autor Zajonc (1992), ten doporučuje celou plochu mírně klonit, aby byl zajištěn odtok vody při zavlažování (kropení) materiálu v období kultivace. Zpevnění terénu pod kultivační hromadou zabraňuje vniknutí predátorů, především krtků a usnadňuje pohyb strojů.

Při zpracování většího množství materiálu, je nutné vybrat dostatečně velký prostor, který poskytne zázemí pro kultivační hromady, uskladnění substrátu i dopravní cesty pro strojní a mechanizační zařízení. Při zpracování tuny hnoje je zapotřebí 1 – 2 m² (při vrstvení do výše 60 cm). Zformovaná kultivační hromada je zpravidla 1,2 m široká a 10 m dlouhá (celkové množství použitého hnoje je v rozmezí 5 – 10 tun). Z obou stran připravené hromady je nutné ponechat metrové kontrolní stezky. V případě, že jsou využívány stroje, jsou nutné dopravní cesty široké 2,5 m. I pro přípravu substrátu (dozrávání hnoje či jiných odpadů) je nutné připravit dostatečně široký prostor, který se zpravidla rozkládá na stejné ploše jako kultivační hromady a přístupové cesty (Zajonc, 1992).

2.5.1 Nároky na potravu

Biodpady, které jsou určeny pro založení substrátu, mohou být různé, avšak základní složkou musí být celulóza s dostatečným obsahem bílkovin, škrobových látek, tuků, vitamínů a minerálií. Celkově by biologicky rozložitelné odpady uložené do vermikompostu měly zajišťovat žížalám optimální životní podmínky a dostatek potravy. Nároky žížal na přijímanou stravu jsou totožné s nároky jiných živočichů. Potřebují tuky, cukry, bílkoviny a vitamíny. Další výživné látky čerpají částečně přímo z uloženého materiálu. Složku potravy tvoří i prvoci a bakterie, které se vyskytují v hojné míře v dobře vyzrálém kompostu (Zajonc, 1992).

2.5.2 Vlastní proces

Jak uvádí Zajonc (1992) množství potravy tedy substrát je vhodným ukazatelem, na kterém závisí rychlost přeměny odpadu na biohumus. Červi jsou schopni denně zkonsumovat množství potravy, které odpovídá čtvrtině až polovině jejich hmotnosti. Množství zkonsumované stravy však záleží na okolních podmínkách. Ovlivnit ho tak mohou extrémní teploty či nedostatečná vlhkost. V případech, kdy je potrava výživná, je konzumována v menším množství. Naopak potrava s nižším obsahem živin je konzumována ve větší míře. Potrava trávicím traktem žížaly prochází během 2,5 až 7 hodin, pokud je zachována optimální teplota v rozmezí 15 – 25 °C. Hlavní součástí vzniklého vermikompostu jsou výkaly žížal. Výkaly připomínají tvarem váleček, který měří 1 mm a jeho průměr dosahuje 0,5 mm. Exkrementy obsahují velké množství mikroorganismů, které zásadním způsobem ovlivňují proměnu organické hmoty v půdě.

2.5.3 Rozdělení vermikompostu

Vzniklý vermikompost je možné rozdělit na tři druhy, podle jeho struktury:

- **polohrubý** (hrubé struktury, je možné s ním nahradit statkový hnůj),
- **jemný zahradní** (jemné struktury, náhrada za statkový hnůj, vhodný pro pokojové rostliny, sazenice v záhonech, parkové trávníky),
- **speciální jemný golfový** (přímá aplikace na nově vznikající nebo již vzrostlý trávník), Pelc (2007).

2.6 Konečný produkt - vermikompost

Kompostování s pomocí žížal má mnohé přednosti ve srovnání s kompostováním běžným. Samotný proces však ovlivňuje teplota, která se mění dle ročních období. V případě, kdy je vermikompostování prováděno v polních podmínkách, trvá jeho proces přibližně 6 měsíců, protože je ovlivněn poklesem teploty v zimním období. Kladně je hodnoceno využití uzavřených prostor se zajištěným vyhříváním, které mohou být v provozu celoročně, stejné využití je možné u vermikompostérů umístěných v domácnostech. Žížaly substrát zpracovávají od vrchních vrstev, který je možné při kontrole odebrat. Zpravidla se jedná o vrstvu 10 – 15 cm (Zajonc, 1992).

Nelze však určit přesný časový úsek, ani množství zpracovaného materiálu. Pokud nejsou zajištěny optimální podmínky, které žížala pro svou existenci vyžaduje, klesá její aktivní činnost.

V tabulce č. 1 na str. 38 je pro lepší demonstraci obsahu živin ve vermikompostu uvedena tabulka, která vhodně porovnává kompost s vermikompostem.

2.6.1 Vlastnosti vermikompostu

Informace o vlastnostech vermikompostu, lze čerpat ze zahraničního článku „Vermicompost – A Soil Conditioner cum Nutrient Supplier“, který se opírá o několik vědeckých výzkumů a zkušeností ze Spojených států amerických, Velké Británie i Japonska. Autoři v článku uvádějí, že dlouhodobé užívání anorganických hnojiv bez obsahu organických doplňků poškozují půdu a ovlivňuje její fyzikální, chemické i biologické vlastnosti. V konečném důsledku může způsobit znečištění životního prostředí. Vermikompost obsahuje vysoký podíl huminových látek, které posilují chemické vlastnosti půdy. Součástí vermikompostu jsou i mikrobiální složky, které podporují vývoj rostlin a potlačují vznik potencionálních nemocí. Mimo jiné obsahuje základní živiny (dusík, fosfor, draslík, vápník, magnesium) a stopové prvky (železo, mangan, zinek), které mají vliv na růst i výnos rostlin (Tharmaraj et al., 2011).

Obecně lze říci, že kvalita vermikompostu je vyšší, než kvalita běžného kompostu. Jelikož substrát prochází trávicím traktem žížaly, v němž dochází k nejrůznějším pochodům, k nimž přispívají především zaživací enzymy a jiné antibakteriální tekutiny, v konečném důsledku snižují množství patogenů v biohumusu (Aira et al., 2006).

Velmi zajímavý objev v nedávné době prezentovali vědci z univerzity v indickém Puducherry. Zabývali se problematikou narůstajícího množství bioodpadu, který je sice zpracováván ve velkých indických kompostárnách, ale jejich kapacita je nedostatečná. Navíc získaný kompost nesplňoval přísná zdravotní kritéria, protože z většiny tržnic a květinářství vychází plodiny, které jsou kontaminovány těžkými kovy. Vědci však při svých testech zjistili, že tři druhy žížal (*Eudrilus eugeniae*, *Eisenia fetida*, *Perionyx excavates*) dokáží odstranit až 75 % těžkých kovů z celkového objemu rozkládané hmoty. Kromě již známého urychlení rozkladu daného bioodpadu navíc dokáží absorbovat kadmium, měď, olovo, mangan a zinek,

předtím, než dojde k dalšímu zpracování kompostované hmoty. Získaný biohumus lze využít bez obav pro další pěstování nových rostlin, aniž by se v půdě hromadily těžké kovy (ScienceDaily, 2013).

2.6.2 Výhody vermikompostu

Výhody a další podstatné informace o vermikompostu uvádí ve své diplomové práci Skleničková (2011), která prezentuje zjištění podložená dlouhodobým výzkumem Karla Pelce (EKOVERMES), který poskytl ústní souhlas s využitím těchto poznatků i pro účely této práce. V bodech se jedná o tyto výhody:

- účinnost v porovnání s účinností chlévského hnoje je 60 – 70 krát vyšší,
- obsah stabilní organické hmoty se pohybuje kolem 60 % (naproti tomu u rašeliny nebo chlévského hnoje se jedná jen o 12 – 15 %),
- má velký vnitřní povrch, tedy i dobré sorpční vlastnosti, čímž zabraňuje vysychání zeminy a optimalizuje vodní a vzdušný režim půdy,
- jako jediné organické hnojivo obsahuje stimulatory růstu, růstové hormony a enzymy,
- vermikompost je bez zápachu, dobře se s ním manipuluje
- nezatěžuje životní prostředí, což umožňuje jeho použití v oblastech ochranného pásma vodních zdrojů a v lázeňských oblastech,
- obsahuje kolem 15 % huminových kyselin v sušině.

Díky obsahu humusové složky je při používání vermikompostů potřeba mnohem menšího přihnojování, protože živiny se naváží na stabilní humusovou složku, čímž je zabráněno jejich vyplavování. Zároveň je možno jej použít pro „obnovení života“ ve sterilní půdě, kde by tohoto například průmyslová hnojiva bez obsahu humusu nebyla schopna.

2.6.3 Využití vermikompostu

Jelikož je vermikompost považován za jedno z nejkvalitnějších hnojiv, obsahující nejen organické, ale i minerální látky, je jeho využití široké. Aktivní složky, které zahrnuje, působí komplexně po celou dobu vegetace. Příznivě tak ovlivňují zdravý růst rostlin, tvorbu květů i plodů.

Pro lepší přehled využití vermikompostu lze prezentovat poznatky pana Pelce, který se touto problematikou zabývá více jak dvě desetiletí a vlastní firmu EKOVERMES,

působící na našem i zahraničním trhu. Právě Pelc (2012) uvádí, že vermikompost svým jedinečným složením působí na klíčivost semen, vzházení rostlin, zvyšování tvorby kořenového systému a celkové biomasy. Dále pak zvyšuje odolnost rostlin proti plísňovým a houbovým chorobám, prodlužuje délku kvetení i samotnou tvorbu květů. Velmi významné je i snížení hladiny dusičnanů a naopak vyšší hladiny cukrů a vitamínu C v dozrávajících plodech. V neposlední řadě zkracuje vegetační období u ovocných dřevin i plodové zeleniny. Vermikompost dokáže zregenerovat unavené a vyčerpané půdy po záplavách či erozi a celkově přispívá k obnově biologické činnosti v takto postižených půdách. Vermikompost zlepšuje vstřebávání živin a zabraňuje jejich následnému vyplavování.

Jak je patrné z výše uvedeného výčtu všech důležitých vlastností vermikompostu, vermikompost umožňuje opravdu široké využití. Je možné ho používat nejen v domácnostech, menších zahradách, vinicích, ovocných sadech, ale i v zemědělství. Právě v oblasti zemědělství je využití nezbytné, zvláště v případech, kdy se dlouhodobě používala chemická hnojiva a postřiky, které narušili chemické, biologické i fyzikální vlastnosti půdy. Vyčerpaná půda potřebuje obnovu, aby znovu poskytovala ideální podmínky pro pěstování nejrůznějších užitkových plodin s odpovídajícími výnosy při sklizni.

3 KOMPOSTOVÁNÍ VE VAKU

Jednou z dalších možností, jak zpracovat biologicky rozložitelné odpady, je kompostování ve vaku. Z ekonomického pohledu je možné zařadit kompostování ve vaku mezi investičně výhodné technologie kompostování. Pozitivní je i fakt, že celková provozní náročnost této technologie je v porovnání s jinými způsoby zpracování bioodpadů méně náročná (Plíva, 2011).

3.1 Počátky kompostování ve vaku

Kompostování ve vaku je relativně novou a inovativní technologií. V Německu se začala tato metoda rozvíjet kolem roku 1970. Brzy se o tuto velmi slibnou technologii začali zajímat i agropodnikatelé ze Spojených států amerických. Tito podnikatelé měli zájem o dodání strojů, které by plně vyhovovaly americkému trhu a splňovaly by daná kritéria. V Německu se však návrhy na výrobu větších a upravených strojů nesetkaly s kladnou reakcí. Na základě toho v roce 1978 vznikla firma Ag-Bag International. Po řadě inovací, které byly nezbytné pro výrobu strojů, se z Ag-Bag International stala prosperující firma. I přes to, že firmu Ag-Bag International odkoupila firma Miller – St. Nazianz, se stále řadí mezi uznávané odborníky na kompostování ve vaku (Ag-Bag, cit. 15. 4. 2013).

V Evropě se technologie využívá ve Velké Británii, Anglii, Švédsku a dalších severovýchodních zemích. Jsou to země, které kladou větší důraz na ochranu životního prostředí. Běžný způsob kompostování v těchto zemích funguje obtížně a s vysokými finančními náklady, protože je negativně ovlivněn dešťovými a sněhovými přeháňkami (Buddisa Bag – kompostování ve vaku, cit. 15. 4. 2013).

Kompostování ve vaku se využívá i v České republice. Kompletní nabídku vysoce kvalitních technologií nabízí několik firem, které mají mnohaletou tradici a bohaté zkušenosti v oblasti kompostování či dalších činností, které svým zákazníkům poskytují v rámci svého prodeje a služeb.

Za zmínku stojí firma EURO BAGGING, s. r. o. z Velkého Meziříčí. Tato společnost se zaměřuje na kompostovací technologie a především na uzavřený kompostovací systém, který je vhodný pro všechny velikosti kompostáren. Tuto

technologii je možné vidět v Dačicích a Zábřehu (Kompostovací technologie, cit. 15. 4. 2013.).

3.2 Technologický postup kompostování ve vaku

Technologický postup, který se využívá, je možné rozdělit do tří na sebe navazujících fází. Každá fáze v sobě zahrnuje několik činností, ke kterým je využita technika a další příslušenství určené pro tento typ kompostování.

3.2.1 Příjem surovin

První fáze obsahuje zejména příjem, třídění, homogenizaci a případné skladování biologicky rozložitelného odpadu, který je určený pro kompostování. Odpady by se měli skladovat krátkodobě a odděleně. Správné skladování je jedním z předpokladů, pro vytvoření vhodné surovinové skladby, která je nezbytná pro samotný úspěch kompostování ve vaku. V případě potřeby je možné před samotným uložením do vaku provést zpracování materiálu pomocí štěpkovače nebo drtiče. Samotné drcení a míchání je investičně a energeticky náročné a ovlivňuje ekonomiku kompostárny. Drtící a míchací vůz by měl zajistit jak kvalitní rozmělnění, tak promíchání všech surovin. Proto je výběr vhodné techniky neméně důležitý.

3.2.2 Založení a průběh kompostovacího procesu

Ve druhé fázi jsou uskladněné suroviny ve vhodném váhovém poměru pomocí čelního nakladače vkládány do kompostovacího stroje, kde dochází k homogenizaci a úplnému promíchání všech surovin. Po ukončení této části je homogenizovaná surovina plněna do vaku, současně je do vaku umístěna provzdušňovací perforovaná PE – hadice. Tento proces se znovu opakuje, až do naplnění celého vaku. Vak je uzavřen speciální páskou kolem plastové hadice a napojen na ventilátor s programově řízeným větráním. Do vaku jsou nainstalovány zapichovací teploměry nezbytné pro řízení kompostovacího procesu. Takto naplněné vaky jsou uskladněny na vodohospodářsky nezabezpečené ploše po dobu 6 – 8 týdnů.

3.2.3 Ukončení procesu – úprava kompostu

Na základě monitorování je rozhodnuto o ukončení kompostovacího procesu a pomocí manipulační techniky je obsah vaku po naříznutí vyprázdněn. Vzniklý

kompost je expedován jako hrubý kompost, nebo je dál zpracováván pomocí bubnového třídiče na kompost jemný. V této fázi je již určen pro spotřebitele. Znehodnocené a rozříznuté vaky jsou z plochy odklizeny a určeny k recyklaci (Kompostování ve vaku – II., cit. 22. 3. 2013, Kompostování ve vaku – I., cit. 22. 3. 2013).

3.3 Prostorové nároky kompostování do vaků

Dostatečná plocha pro kompostování je přímo úměrná hmotnosti a objemu kompostovaného materiálu. Vak o průměru 1,5 m a délce 60 metrů, který disponuje kapacitou 70 – 80 tun vyžaduje umístění na plochu o rozměrech 2,5 metrů x 65 metrů. Při využití měřících sond s dálkovým přenosem teplotních dat do řídicí jednotky se nabízí možnost ukládat vaky těsně vedle sebe. Odstraní se tak kontroly teploty přímo u vaků a navíc dojde k izolaci ze strany boku, která pozitivně ovlivňuje kompostovací proces. Plocha pro uložení jednoho vaku se tak sníží na 1,8 metrů x 65 metrů a jednoduchým výpočtem lze zjistit celkovou plochu pro umístění všech naplněných vaků (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o.).

Prostor, kde jsou suroviny uloženy, by měly být přístupné manipulační technice. Dalšími požadavky kladenými na tuto skladovací plochu je její vodohospodářské zabezpečení, mobilní elektronická nápravová váha nebo váha mostová a dostupný elektrický proud (Kompostování ve vaku – II., cit. 22. 3. 2013).



Obrázek 3 - Umístění vaků v kompostárně

(Zdroj: http://www.komunalweb.cz/archiv-novinek/Kompostovani-ve-vaku-%E2%80%93-II._s317x56465.html)

3.3.1 Ukládání suroviny do vaku

Na hrdlo kompostovacího lisu je umístěn nerozvinutý vak, který se postupným plněním z hrdla stahuje. Materiál se do pracovní komory kompostovacího lisu vkládá pomocí čelního nakladače kolového traktoru, manipulátoru nebo univerzálního čelního nakladače. V přední části lisu se nachází tlačné čelo, které materiál vtlačuje do vaku. Pro úspěšné vkládání základní suroviny do vaku se na moderních strojích používají brzdové systémy na dvou kolech jedné nápravy (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o.).



Obrázek 4 - Vkládání surovin do kompostovacího lisu

(Zdroj: http://www.komunalweb.cz/archiv-novinek/Kompostovani-ve-vaku-%E2%80%93-I.__s317x56420.html)

3.4 Stroje pro kompostování ve vaku

Aby mohlo být zajištěno samotné kompostování ve vaku, je nutné využívat stroje a příslušenství ke kompostování, které usnadňují nejen práci zaměstnancům, ale i manipulaci s materiálem, ať již se vstupní surovinou či konečným produktem.

3.4.1 Stroje poháněné energetickým mobilním prostředkem

Na každou pracovní operaci, která je spojená se zpracováním biologicky rozložitelného odpadu, je využit vždy jeden stroj, který nemá vlastní pohonnou jednotku.

Energetickým mobilním prostředkem může být např. kolový traktor, univerzální čelní nakladač, traktor s čelní lopatou, speciální nosič nářadí a další.

K energeticky mobilnímu prostředku je možné připojit následující technické prostředky: univerzální čelní lopatu, zemědělský drapák, drtič, štěpkovač, překopávač kompostu připojitelný tažný, prosévací zařízení, či jiný technický prostředek.

3.4.2 Jednoúčelové stroje

Pro každou technologickou operaci je určen pouze jeden či více strojů, které však nelze použít pro jiný typ práce. Stroje jednoúčelové jsou výkonnější než stroje, které pro svou činnost vyžadují připojení k energetickému mobilnímu prostředku. Jestliže jsou tyto jednoúčelové stroje využity při kompostování, zvyšují sice výkonnost celé kompostovací linky, ale jsou investičně velmi nákladné.

Jednoúčelovými stroji, které vykonávají jednotlivé činnosti v kompostovací lince, jsou: nákladní vozidla, drtiče/štěpkovače s vlastním pohonem pracovního ústrojí, univerzální nakladače, samojízdné překopávače kompostu, rotační válcová síta s vlastním pohonem.

3.4.3 Kombinace jednoúčelových strojů a strojů využívajících agregaci energetickým prostředkem

V této kategorii strojů jsou kombinovány dvě předchozí kategorie uvedených strojů a jednotlivých technických prostředků. Mobilní energetické prostředky jsou využívány jen pro určité technické operace a zbývající operace jsou zajištěny pomocí jednoúčelových strojů. Tato varianta sice částečně snižuje investiční náklady v porovnání s druhou zmiňovanou variantou, současně však dochází ke zvýšení výkonnosti celé linky v porovnání s první variantou (Plíva et al., 2009).

3.5 Příslušenství pro kompostování ve vaku

Součástí správně fungujícího uzavřeného kompostovacího systému ve vaku je i jeho technické příslušenství. Mezi toto příslušenství se řadí následující: kompostovací vak, provzdušňovací hadice, provzdušňovací jednotka, teploměr, odvzdušňovací ventil a regulační jednotka, analyzátor plynů a rozvody vzduchu mimo vak.

3.5.1 Kompostovací vak

Kompostovací vak je vyroben z polyetylenové folie v zelené barvě (silážní vaky jsou vyráběny v barvě bílé). Ochrana proti UV záření je garantována výrobcem po dobu 3 měsíců, jelikož délka jednoho cyklu trvá 8 až 12 týdnů, (silážní vaky garantují ochranu proti UV záření po dobu 18 měsíců). Stěna vaku musí být pevná a silná, aby nedošlo k proděravění materiálem, který je do vaku plněn. Materiál bývá často ostrý, a proto se stěna vaku pohybuje okolo 250 mikronů.

Důležitý je také průměr vaku, který musí být totožný s průměrem plnicího hrdla kompostovacího lisu a obvykle se pohybuje v rozmezí od 1,5 do 3 metrů. Standardní délka kompostovacích vaků tvoří 60 metrů. Firmy vychází zákazníkům vstříc a nabízí vaky o požadované délce např. 45, 75 i 90 metrů.

Nevýhodou těchto vaků je jejich krátká životnost. Po rozříznutí a vyprázdnění získaného kompostu jsou znehodnoceny a určeny k recyklaci. Zvyšují se tak náklady provozní (převoz do recyklačního zařízení) i náklady spojené s nákupem nových kompostovacích vaků.

3.5.2 Provzdušňovací hadice

Provzdušňovací hadice slouží k přívodu vzduchu do kompostovacího vaku, který je uzavřen. Hadice je vyrobena z polypropylenu se speciální perforací po 20 centimetrech, v průměru měří 80 mm. Firmy dodávají hadici navinutou v klubku. Uzavřením vaku se vak zkrátí o metr až dva, a tak stačí hadice o délce 58 metrů, která pokryje celou délku 60 metrového vaku. Někteří dodavatele používají meliorační hadice. Tyto hadice mají příliš mnoho otvorů a tím se nezajistí správné provzdušnění kompostu. Hadice je do vaku umístěna společně se surovinou určenou ke kompostování již v průběhu plnění vaku. Při využití kompostovacího stroje řady CM 1,5 se do vaku vkládá standardně jedna hadice, u kompostovacích strojů řady

CM 2,4 a 3,0 jsou do vaku vloženy dvě provzdušňovací hadice (číslo vyjadřuje průměr pracovní komory daného stroje).

3.5.3 Provzdušňovací jednotka

Provzdušňovací jednotka pomocí systému uzavřených (neperforovaných) hadic vhání vzduch do provzdušňovacích hadic uložených ve vaku a tím zajišťuje přívod vzduchu ke kompostovanému materiálu. Samotnou jednotku tvoří dva ventilátory, které jsou umístěné v hliníkovém boxu. Regulace provzdušňování je prováděna dvěma způsoby: manuálním nastavením sepnutí a vypnutí (u této možnosti není zajištěno přesné dávkování vzduchu) nebo je doba vypnutí a zapnutí regulována automaticky (zapnutí a vypnutí je závislé na výstupním signálu z teploměru umístěného ve vaku). Automatická regulace je přesnější, protože flexibilně reaguje na potřeby kompostu. Jedna provzdušňovací jednotka zvládne zajistit přísun vzduchu pro čtyři vaky o průměru 1,5 metrů a délce 60 metrů.

3.5.4 Teploměr

Zapichovací teploměry jsou nejvhodnějším druhem pro měření teploty kompostovaného materiálu. Obsluha se s teploměrem dostane do jakéhokoliv místa v celém průřezu vaku. Teploměry slouží obsluze ke kontrole procesu při manuální regulaci. U automatické regulace slouží jako výstup pro regulační jednotku, která spíná automaticky provzdušnění. Bezdotykové infra teploměry jsou pro kompostování ve vaku nevhodné. Při využití tohoto teploměru se obsluha nedostane do všech míst ve vaku, na kterých je nutné monitorovat teplotu, a vak podléhá ochlazování z vnějšího prostředí a tím je značně zkreslena naměřená hodnota.

3.5.5 Odvzdušňovací ventil

Využití odvzdušňovacího ventilu může být dvojitý. Buď může být využit jako místo, do kterého bude umístěn zapichovací teploměr, nebo jako vývod přebytečného vzduchu z vaku.

3.5.6 Vlhkoměr

Vlhkoměrem se měří vlhkost vstupních surovin i vlhkost při probíhajícím procesu ve vaku. Využívají se vlhkoměry pracující na principu elektrické vodivosti či principu elektrického odporu. Zkušený pracovník kompostárny odhadne vhodnou vlhkost

subjektivní zkouškou materiálu v dlani.

3.5.7 Analyzátor plynů

Pomocí analyzátoru plynů, který je určen pro měření plynů ve vaku, se nejčastěji měří objemový obsah kyslíku. Ve většině případů se používá kontinuální analyzátor. Analyzátor v základním provedení si potřebný vzorek plynu nasaje sám přes filtry prachových nečistot. Uvedený analyzátor funguje na principu elektrochemického senzoru. Po měření se na displeji zobrazí objemová koncentrace kyslíku.

3.5.8 Rozvod vzduchu mimo vak

Neperforovaná rozvodová hadice se používá stejného průměru jako hadice provzdušňovací, tedy 88 mm. Uzávěry se používají pro uzavření přívodu vzduchu k jednotlivému vaku a k regulaci proudění vzduchu v případě, že je některý z vaků kratší. Dále se na rozvody používají různé prvky např. spojky a „T“ profily (Příslušenství, cit. 15. 4. 2013; doplňující informace poskytl Ing. Petr Jurek – EURO BAGGING s. r.o.).

3.6 Vstupní suroviny

Je důležité si uvědomit, že po vložení vstupní suroviny do kompostovacího vaku není možné tuto surovinovou základku měnit. Jediným avšak finančně náročným řešením je znehodnocení vaku a následné přesunutí vstupní již správně upravené suroviny do vaku nového. Je tedy nutné přípravě suroviny věnovat náležitou pozornost, aby nedocházelo ke zbytečným ekonomickým výdajům spojeným s chybně provedeným kompostováním.

U biologicky rozložitelného materiálu je proto nutné analyzovat a zhodnotit všechny důležité parametry, které ovlivňují celý kompostovací proces. Mezi sledované parametry patří: poměr C:N, vlhkost, pH, homogenita, poréznost. Ve vaku není možné provést překopávání, které je prováděno při kompostování v pásových hromadách nebo kompostovacích reaktorech, a z toho důvodu musí být vstupní materiál kvalitně promíchán ještě před samotným umístěním do vaku (Kompostování ve vaku – I., cit. 21. 3. 2013).

3.6.1 Poměr živin

Dusík, fosfor a draslík jsou nezbytné živiny pro růst a vývoj rostlin. Jejich množství a kombinace určuje výživovou hodnotu finálního kompostu.

Materiály (hnůj, rostliny, zbytky potravin, atd.) jsou zdrojem velkého množství živin, ze kterých mikroorganismy získávají potřebnou energii a stavební látky. Kompostovací proces nejvíce ovlivňuje správný poměr uhlíku (C), který mikroorganismům zajišťuje energii a růst dusíku (N), který je podstatný pro proteiny a reprodukci. Jestliže je poměr C:N správný, je zajištěno i vhodné množství ostatních živin. Vstupní suroviny musí mít takové složení, aby se výsledný poměr rovnal nejlépe 25:1 – 30:1 (C:N). Takové rozmezí je nejpříznivější pro aktivní kompostování. Pokud je poměr v rozmezí 20:1 – 40:1 je také optimální, ale prodlužuje se celá doba kompostování (mikroorganismy zpracovávají delší dobu přebytečný uhlík). Přítomnost zápachu, který uniká z kompostovacího vaku je, způsoben nevhodným poměrem C:N 20:1, kdy se přebytečný dusík formuje jako amoniak nebo oxid dusný.

Kromě poměru C:N se v praxi zohledňuje i skladba kompostu, nezbytné je dohlížet na rychlost rozkladu uhlíkových prvků jednotlivých materiálů (např. u slámy probíhá rozklad a uvolňování jednodušeji a rychleji než u dřevní štěpky, rychleji je spotřebován uhlík vázaný v cukrech než uhlík ve slámě vázaný na celulózu). Kompostování může trvat déle i z důvodu, kdy je uhlík v těžce rozložitelné formě (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o.).

3.6.2 Vlhkost

Mikroorganismy pro zajištění metabolických procesů vyžadují odpovídající vlhkost. Voda je prostředek, díky němuž fungují chemické reakce a mikroorganismy se mohou pohybovat. V praxi se vlhkost udržuje v rozmezí mezi 40 – 65 %. Vlhkost by měla být stálá. Její pokles pod 40 % způsobuje pokles aktivity. Pokud vlhkost naopak přesáhne 65 %, voda vytlačuje vzduch z pórovitých míst a nastávají nežádoucí anaerobní podmínky. V případech, že je surovina porézní a savá, je možné uplatnit vyšší vlhkost. Při procesu kompostování obecně klesá vlhkost, proto je nezbytné zajištění vlhkosti, která dosahuje hranice 55 %.

V praxi se běžně mísí materiály suché s materiály dosahujícími vlhkosti 60 %. Musí být však zachován adekvátní poměr a kombinace zmíněných složek. V případě velmi

suchých materiálů je možné přímo aplikovat vodu, po zvlhčení však z materiálu nesmí voda vytékat (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o.). Stanovení vlhkosti je možné zjistit prostým odebráním materiálu do dlaně a sevřením, pokud ukápne kapka vody, je materiál příliš vlhký, jestliže není zaznamenána vlhkost, je materiál naopak příliš suchý. Materiál, jenž po sevření vytvoří knedlík, je optimálně vlhký (Kalina, 2004).

Jak vyplývá z výše uvedeného textu možnou nevýhodou kompostování ve vaku, je stanovení ideální vlhkosti, pro kterou jsou zásadní hluboké teoretické poznatky i zkušenosti získané praxí. Teplota a provzdušňování způsobují odpaření vody, které může mít za následek výrazný pokles vlhkosti v uzavřeném vaku. Odpaření vody ovlivňuje i přímý sluneční svit v letních měsících. Nemění to však nic na tom, že ve vacích vzniká efektivně, řízeně a relativně rychle kvalitní kompost.

3.6.3 Velikost částí, poréznost, struktura, textura

Velikost částic, poréznost, struktura i textura jsou mechanické vlastnosti materiálu, ovlivňující proces kompostování a podílí se na provzdušňování. Uvedené vlastnosti mohou být upraveny nejen výběrem vstupních materiálů, ale i vhodným zpracováním před vložením do vaků (mícháním, drcením, štěpkováním, atd.). Materiály přidávané k nastavení těchto částic bývají nazývány též jako přídavné či strukturální suroviny. Poréznost zvyšují větší a rovnoměrněji uspořádané části materiálu. Dobrá struktura zabraňuje deficitům poréznosti ve vlhkém prostředí kompostované základky. Textura popisuje dosažitelnou plochu povrchu pro aerobní mikrobiální aktivitu (většina aerobních rozkladů probíhá na povrchu částí, než uvnitř tuhých a pevných částí), (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o.).

3.6.4 pH materiálu

Ideálním pH se pohybuje mezi 6,5 – 8,0, avšak přirozená vyrovnávací kapacita procesu dovoluje mnohem větší rozsah pH. Kompostování může probíhat i při pH 5,5 – 9, ale jeho efektivita je menší než při neutrálním pH 7. V průběhu kompostování, dochází k přeměně materiálu a mění se i pH (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o.).

3.7 Materiály určené ke kompostování ve vaku

Převážná většina surovin, které jsou následně kompostovány, se neprodukují úmyslně. Vznikají buď jako vedlejší organické produkty, nebo biologické odpadní materiály. V zemědělství je to především: podestýlka, hnůj, výrobní odpad, posklizňové zbytky, znehodnocené seno, nadbytečná sláma, výrobní odpad a mnohé další. Z obcí a měst je přivážena biomasa z úpravy městské zeleně, dřevní štěpky, odpady z domácností, listy, větve, kartony, a jiné. Uvedené materiály jsou kombinovány, protože pouze jeden materiál, který je určen ke kompostování, je nedostatečný a často ani nesplňuje požadované vlastnosti. Kombinací jednotlivých materiálů a jejich vlastností se docílí ideálního seskupení, kterému se říká tzv. receptura (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o.).

3.8 Vlastní proces kompostování ve vaku

Kompostování ve vaku má přibližně stejný průběh dějů jako běžné kompostování v pásových hromadách. Výhodou kompostování ve vaku je především uzavřený systém, pomocí kterého lze celý proces plně řídit. Kompostování je kontinuální proces, takže není možné přesně stanovit, kdy jednotlivé fáze začínají a kdy končí. Proces se odehrává ve třech fázích: fáze rozkladu, fáze přeměny a fáze zralosti. Na tyto tři fáze navazuje fáze dosoušení, která se však neřadí do vlastního kompostovacího procesu (Kompostování ve vaku – I., cit. 22. 3. 2013, Kalina, 2004).

3.8.1 První fáze rozkladu (termofilní)

Termofilní fáze trvá v rozmezí 1 – 2 týdnů. V prvních 2 – 3 dnech dochází k výraznému vzestupu teploty, která dosahuje až k 60 – 70 °C. Za zvýšením teploty stojí činnost milionů bakterií a hub, které rozkládají lehce rozložitelné sloučeniny (např. cukry, bílkoviny, škroby). Výsledným produktem této úvodní činnosti jsou např. dusičnany, oxid uhličitý, čpavek, aminokyseliny a polysacharidy. Živiny se postupně transformují na původní minerální formu. Ke konci první fáze dochází ke snížení teploty na 55 °C. Po celou dobu termofilní fáze je nezbytné zajištění provzdušňování 3 – 4 minuty ku 3 – 5 minut (zapnuté provzdušňování: vypnuté). Aerace se pohybuje v rozmezí mezi 40 – 50 % (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o., Kalina, 2004).

3.8.2 Druhá fáze přeměny (mezofilní)

Mezofilní fáze trvá 6 – 8 týdnů a provází ji teploty mezi 50 – 60 °C s aerací v rozmezí 60 – 70 % (např. 5 min. aerace další 4 minuty pauza). Poměr je nutné měnit dle aktuálně naměřených teplot. Ke konci fáze teplota klesá k 30 °C, i přes intenzivní aeraci. To je jasné znamení, že kompostovací proces postupně ustává a nastupuje další fáze. Kompost nabývá stejnoměrné hnědé barvy, drobtovité struktury a voní po lesní zemině (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o., Kalina, 2004).

3.8.3 Třetí fáze zralosti (syntézy)

Fáze nazývaná syntézou trvá 1 – 2 týdny a dochází k postupnému ochlazení kompostu na okolní teplotu. Provzdušňování je prováděno pouze mezi 20 – 30 % (1 – 2 minutám ku 6 – 8 minutám). Kompost má již zemitou strukturu (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o., Kalina, 2004).

3.8.4 Čtvrtá fáze dosoušení

Jak již bylo uvedeno v úvodu této podkapitoly, tato fáze nepatří do vlastního procesu kompostování. Dosoušení trvá 1 – 2 týdny v závislosti na povětrnostních podmínkách. Možností je i rozříznutí vaku a následné provzdušňování mezi 30 – 40 %. Snížení vlhkosti v kompostu umožňuje snadnější manipulaci (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o.).

Teplota jak je patrné z předchozích údajů, je nejlepším indikátorem průběhu celého procesu kompostování. Mikrobiální aktivita je přímo úměrná teplotě. V případě, že dochází k vzestupu teploty, bude stoupat i aktivita mikrobů. Vymezené teploty, zaručují postupné odumírání rostlin, zničení choroboplodných zárodků, nemocí i semen rostlin (interní materiály firmy EURO BAGGING s. r.o.).

Až kompost dosáhne požadované vlhkosti, je možné ho z vaku vybrat pomocí příslušné techniky (kolovým traktorem, univerzálním čelním nakladačem, manipulátorem). Kompost se dále přepravuje do kompostovacího zařízení. Prosévací zařízení slouží k oddělení částic, které nejsou rozloženy nebo rozložit nejdou. Částice, které nebyly rozloženy, se znovu vkládají do vaku při dalším procesu. Dle požadavků na hrubost konečného produktu se vybírá vhodný typ prosévacího zařízení. V kompostárně zpracovávající biologicky rozložitelný komunální odpad se častěji objeví nerozložitelné částice (např. plast, sklo, kov). Nakládka kompostu je

realizována buď pásovým dopravníkem prosévajícím zařízení nebo již zmiňovaným kolovým traktorem s čelním nakladačem či další technikou (Plíva et al., 2009).

3.9 Využití kompostu

Kompost získaný z vaků je možné využít v zemědělství. Běžně je používán také pro domácí květiny, zeleninové záhony, jako mulč, při rekultivaci. Jeho využití je ale daleko rozsáhlejší. Kompost, který se používá jako mulč, se pouze nasype na povrch půdy, ale do půdy se nezapravuje, zabraňuje tak růstu plevelů. Využití nachází i při rekultivaci a zúrodnování vyčerpaných pozemků. Obecně lze říci, že se hodí pro všechny rostliny, ovocné stromy, okrasné keře i květiny. Jeho vyvážené složky umožňují čerpat živiny, které jsou nezbytné pro jejich růst (Jak využít kompost, cit. 23. 4. 2013).

3.10 Obsah živin v kompostu

Celkové množství živin a organické hmoty v kompostu je závislé na počátečním materiálu. Všeobecně lze říci, pokud je počáteční surovina jednosložková, její obsah živin nebude tak vysoký, jako množství živin u suroviny vícesložkové. Pokud se ke kompostování využívají jen zahradní odpady a není přidáván hnůj, kuchyňské odpady a další bioodpady je množství živin nižší. Pro rostliny je nejlepší kompost složený ze širokého spektra vstupních surovin (Kalina, 2004).

Množství živin v kompostu, názorně ukazuje tabulka č. 1 dle Sulzbergera (in Kalina, 2004, str. 61). Údaje jsou uvedeny v procentech, které obsahuje sušina. Záměrně je porovnán kompost s vermikompostem a jak je patrné z tabulky, vermikompost je na živiny i organickou hmotu bohatší.

Tabulka 1 - Množství živin v různých druzích kompostu

Parametr	Kompost	Vermikompost
Celkový dusík (N)	0,5 - 1,5	1,0 - 3,0
Celkový fosfor (P ₂ O ₅)	0,1 - 0,8	0,2 - 3,0
Celkový draslík (K ₂ O)	0,3 - 0,8	0,3 - 2,0
Vápník (CaO)	1.12	1.12
Hořčík (Mgo)	0,2 - 3,3	0,3 - 3,3
Organická hmota	20 - 40	30 - 55
Poměr C:N	12 - 30:1	8 - 15:1
Hodnota pH	6,5 - 8	6,5 - 8

4 INVESTIČNÍ NÁKLADY

Investiční náklady nebo také kapitálové náklady jsou náklady obchodní společnosti na pořízení nového a obnovu starého fyzického majetku (Capital expenditure, 2013).

4.1 Kompostování ve vaku

Pro kompostovací linku používající technologii kompostování ve vaku, byly vybrány jednoúčelové stroje s vlastní pohonnou jednotkou (krom kolového traktoru).

Tabulka 2 - Investiční náklady – kompostování ve vaku

Položka	Cena
<i>Drcení a míchání</i>	
Drťící a míchací vůz Zago EcoGreen	1 800 000 Kč
<i>Zakládání do vaku</i>	
Lis pro vkládání materiálu do vaku CM 1,5	900 000 Kč
<i>Manipulace</i>	
Teleskopický manipulátor Merlo 25,6	1 400 000 Kč
Kolový traktor s čelním nakladačem New Holand t 60 20	1 300 000 Kč
Návěs sklopný WTC Písečná Big 10	550 000 Kč
<i>Prosévací zařízení</i>	
Rotační bubnové síto Ultra Screen	1 000 000 Kč
<i>Příslušenství</i>	
Váhy, nájezdová váha PRAKTIK	450 000 Kč
Dlouhý digitální tyčový teploměr	5 000 Kč
Vlhkoměr, Wile 66	13 000 Kč
Analyzátor plynů, Analyzátor plynů Tempest100	82 000 Kč
Celkem varianta s kolovým traktorem a návěsem	6 100 000 Kč
Celkem varianta s manipulátorem	5 650 000 Kč

4.1.1 Manipulace

Pro manipulaci s materiálem můžeme použít kolový traktor s čelním nakladačem nebo teleskopický manipulátor. Každá kompostárna musí zvážit, zda více využije kolový traktor s návěsem nebo manipulátor. V kompostárnách, kde je manipulace prováděna na větší vzdálenost by byl vhodnější kolový traktor s návěsem. Manipulace v kompostárně je jedním z nejčastějších úkonů. Zakládání do drťícího a míchacího vozu, překládka od drťícího vozu do vakovacího lisu a vybírání z vaku a vkládání do prosévacího zařízení. Nakládka kompostu k expedici.

4.1.2 Drcení a míchání

Tyto dva úkony nám provede jeden stoj drtící a míchací vůz. Tento stroj byl vybrán podle výkonnosti vakovacího lisu, aby měl stejný výkon nebo jej maximálně o 20 % převyšoval. Proto je vybrán stroj o výkonu 40 – 50 m³ za hodinu. Stroj musí mít i vlastní energetickou jednotku.

4.1.3 Zakládání do vaku

Pro tuto činnost byl vybrán stroj vhodný pro menší kompostárny, přibližně 5 000 tun zpracovaného materiálu za rok. Hodinová výkonnost tohoto stroje je 35 m³.

4.1.4 Prosévací zařízení

Jako vhodné prosévací zařízení pro tuto kompostárnu se jeví prosévací zařízení s rotačním ústrojím. Rotační ústrojí se vyznačuje větší hodinovou výkonností. Námi zvolený stroj má hodinovou výkonnost 20 – 30 m³.

4.1.5 Příslušenství

Jedná se o předpokládané příslušenství k zajištění vhodného technologického postupu a provozu.

4.2 Vermikompostování

Tabulka 3 - Investiční náklady - vermikompostování

Položka	Cena
<i>Násada</i>	
Násada kalifornských žízal včetně metodické pomoci 2 roky	2 000 000 Kč
<i>Manipulace</i>	
Teleskopický manipulátor Merlo 25,6 s bočním výhozem	1 400 000 Kč
Kolový traktor s čelním nakladačem New Holand t 60 20	1 300 000 Kč
Návěs sklopný WTC Písečná Big 10	550 000 Kč
<i>Prosévací zařízení</i>	
Rotační bubnové síto Ultra Screen	1 000 000 Kč
<i>Příslušenství</i>	
Váhy, nájezdová váha PRAKTIK	450 000 Kč
Dlouhý digitální tyčový teploměr	5 000 Kč
Vlhkoměr, Wile 66	13 000 Kč
Analyzátor plynů, Analyzátor plynů Tempest100	82 000 Kč
Celkem varianta s kolovým traktorem a návěsem	5 400 000 Kč
Celkem s manipulátorem	4 950 000 Kč

Mimo drcení a prosévání jsou položky manipulace a příslušenství shodné s kompostováním ve vacích.

4.2.1 Prosévací zařízení

Prosévání hotového vermikompostu je náročná operace. Žížaly jsou velmi náchylné na mechanické poškození, při větším poškození žížaly hynou. Strojní zařízení bylo doporučeno jen do chovu, kde jsou žížaly produkovány ke krmným účelům. V chovech kde je hlavní záměr produkce žížal (jako návnada pro rybáře), se žížaly vybírají ručně. Kde je hlavním produktem žížalí násada do nového kompostu se na povrch vermikompostu pokládají koše s novou potravou. Do těchto košů se přesune 90 % celé populace žížal a pak je substrát se žížalami vysypán jako základ nového vermikompostu.

4.2.2 Násada

Vstupní investici zvyšuje nutnost pořízení násady žížal, předpokladem je, že dále není nutné do násady investovat. Viz reakce na poptávku od p. Filipa (Vermikompostování), který uvádí „Na zpracování 5000 tun biologických odpadů ročně je potřeba jednorázová dávka 500 tun naší násady kalifornských žížal, tak jak to používáme ve velkém. Cena za násadu kalifornských žížal pro 5 000 tun biologických odpadů ročně je jednorázově 2 000 000 Kč, v ceně je metodická pomoc nejméně na 2 roky, kdy zákazníky naučíme provozovat a neustále obnovovat chov kalifornských žížal do dalších roků. Takže již zákazník od nás nebude potřebovat žádnou násadu kalifornských žížal“.

4.3 Zhodnocení investičních nákladů

Vzhledem k náročnějším požadavkům na strojní vybavení se ukazuje jako více finančně náročné kompostování do vaků. U kompostování do vaků ovšem není požadavkem vodohospodářsky zabezpečená plocha, což může představovat nemalé náklady na budování systému pro jímání vody a jímek samotných při využití vermikompostování. Vzhledem k malým rozdílům při nárocích na techniku by také bylo možné uvažovat s provozováním obou metod v rámci jednoho projektu (samozřejmě s uvážením vodohospodářsky zabezpečené plochy pro vermikompostování). K porovnání obou metod byl použit stejný objem

zpracovávaného materiálu. V praxi kompostárny s technologií vermikompostování objem 5 000 tun za rok nezpracovávají. Objemy zpracovávaného materiálu jsou cca 2 000 tun za rok. Objem 5 000 tun za rok byl zvolen z důvodu toho, že je to ideální objem pro vakovací lis s nejmenší výkonností.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo shrnout dostupné poznatky o málo známých metodách kompostování zejména vermikompostování a také kompostování ve vacích. Současně jsem posoudil ekonomickou náročnost zavedení obou způsobů kompostování ve velkovýrobě.

V České republice v současnosti není žádná aktuální, kompletní a česky psaná publikace, která by se zabývala touto problematikou. Naposledy se tomuto tématu věnoval Doc. Dr. Ivo Zajonc, CSc. ve své knize Chov žížal a výroba vermikompostu, která byla vydána v roce 1992. Během více než 20 let, které uplynuly od jejího vydání, proběhlo mnoho výzkumů a byly zjištěny další nové poznatky. Proto jsem se ve své práci zaměřil na spojení praktických zkušeností našich výrobců vermikompostu s teoretickými informacemi českých a zahraničních odborníků. Co brání většímu rozšíření vermikompostování u nás? V České republice je chov žížal v malém zdiskreditovaný díky podvodníkům, kteří v devadesátých letech minulého století nalákali stovky občanů ke koupi chovu kalifornských žížal s tím, že od nich bude vermikompost odkupován. K tomu však nedošlo a poměrně vysoké vstupní náklady se lidem již nikdy nevrátily.

V dnešní době, kdy se návrat k přírodě začíná projevovat zakládáním ekozahrad, je reálný předpoklad, že jejich majitelé začnou využívat i opomíjenou technologii vermikompostování. Její výhodou je, že je realizovatelná od domácností, kde je produkce biologicky rozložitelného odpadu malá, až po velké kompostárny zpracovávající až 2 000 tun odpadu za rok. K jejímu většímu rozšíření by přispělo několik kroků. Jednak demonstrovat pěstitelům rostlin jakých výsledků mohou dosáhnout při používání vermikompostu. A také propagace technologie chovu žížal, aby si zájemci mohli sami vermikompost vyrábět.

Ani o kompostování ve vacích není laická a odborná veřejnost dostatečně informována. Přitom se jedná o velmi zajímavou a stejně kvalitní metodu, jako je kompostování v pásových hromadách. V posledních letech je počasí nevyzpytatelné a mění se každým dnem. V prognózách vývoje klimatu se meteorologové přiklánějí ke schématu počasí s delšími obdobími sucha a následnými přívalovými dešti. Z tohoto důvodu bude mít kompostování ve vacích budoucnost, protože proces není,

díky uzavřenému prostředí, ovlivňován povětrnostními vlivy. Tato technologie se hodí pro větší kompostárny zpracovávající alespoň 5 000 tun odpadu za rok. Nebo si ji může pořídit podnikatel ve službách a s vakovacím lisem kočovat po zájemcích. Její uplatnění se nabízí zejména při zpracování biologicky rozložitelného odpadu v komunální sféře. Při úpravách veřejné zeleně vzniká velké množství bioodpadu při sečení trávy a ošetřování dřevin, ale výstavba kompostárny by se většinou nevyplatila.

Moderním termínem dnešní doby je slovo permakultura, což zkráceně znamená trvale udržitelnou kulturu žití na planetě. Zakládá se na jednoduchých a harmonických principech fungování celého světa a jeho jednotlivých ekosystémů. Je třeba si uvědomit, že každý z nás je součástí těchto ekosystémů a ve svém nejbližším okolí je může ovlivnit. Třeba jen tím, zda se rozhodne biologicky rozložitelný odpad kompostovat, nebo jej nechá odvézt na skládku. Vždyť kompost je to, co vrací půdě sílu a život. V naší přetechnizované době jsme již zapomněli, že půda byla a snad ještě dlouho bude naší živitelkou. Doufám, že k tomu přispěje i tato práce. Návrat lidí k přírodě a jejím zákonitostem nám dává naději do budoucna.

SEZNAM LITERATURY

AG BAG. *History*. [online]. 2010-06-13 [cit. 2013-04-15].

Dostupné z: <http://www.ag-bag.com/our-company/history.php>.

AIRA, M., MONROY, F., DOMÍNGUEZ, J. C to N ratio strongly affects population structure of *Eisenia fetida* in vermicomposting systems. *European Journal of Soil Biology*. 2006, č. 42, s. S127-S131.

CRS MARKETING. *Budissa Bag – kompostování ve vaku*. [online]. 2012-02-07 [cit. 2013-04-22].

Dostupné z: <http://www.crs-marketing.cz/produkty/budisa-bag-kompostovani-ve-vaku>.

Časopis Priorita: Vermikompostování: šikovné žížaly. *Biom.cz* [online]. 2011-10-03 [cit. 2013-04-22].

Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vermikompostovani-sikovne-zizaly>.
ISSN: 1801-2655.

DOMÍNGUEZ, J., EDWARDS, C. A. Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure. *Soil Biology & Biochemistry*. 1997, č. 29, s. 743-746. DOI 10.1016/S0038-0717(96)00276-3.

EUROBAGGING. *Kompostovací technologie*. [online]. 2011-06-08 [cit. 2013-04-15].

Dostupné z: <http://www.eurobagging.com/cs/kompostovaci-technologie>.

EUROBAGGING. *Příslušenství*. [online]. 2011-07-09 [cit. 2013-04-15].

Dostupné z:

<http://www.eurobagging.com/cs/kompostovaci-technologie/prislusenstvi>.

HLAVATÁ, M. Odpadové hospodářství. 1. vyd. Ostrava: VŠB - TUO, 2004.
174 s. ISBN 80-248-0737-8.

INVESTOPEDIA. *Capital Expenditure*. [online]. 2011-05-01 [cit. 2013-03-28]
Dostupné z: <http://www.investopedia.com/terms/c/capitalexpenditure.asp>

Jamaludin, A. A., and N. Z. Mahmood, Effects of Vermicomposting Duration to Macronutrient Elements and Heavy Metals Concentrations in Vermicompost: Sains Malaysiana, 2010, v. 39, p. 711-715.

KOMPOSTUJ. *Jak využít kompost*. [online]. 2010-03-12 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://www.kompostuj.cz/vime-jak/jak-vyrabet-kompost/jak-vyuzit-kompost/>.

PELC, K. Jednička mezi hnojivy Vermikompost. *Zahradnictví*. 2007, č. 8, s. 24. ISSN 1213-7596.

PELC, K. *VERMIPRODUKTY – nový trend v péči o rostliny*. [online]. 2012-02-03 [cit. 2013-04-19].

Dostupné z:

<http://www.ekovermes.cz/uploads/dokumenty/VERMIPRODUKTY.pdf>.

PLÍVA, P. *Kompostování ve vaku – I*. [online]. 2011-06-08 [cit. 2013-03-21].

Dostupné z: http://www.komunalweb.cz/archiv-novinek/Kompostovani-ve-vaku-%E2%80%93-I._s317x56420.html.

PLÍVA, P. *Kompostování ve vaku – II*. [online]. 2011-06-08 [cit. 2013-03-22].

Dostupné z: http://www.komunalweb.cz/archiv-novinek/Kompostovani-ve-vaku-%E2%80%93-II._s317x56465.html.

PLÍVA, P. et. al., *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2009, 136 s. ISBN 978-80-86726-32-8.

PŠENIČKA, P. *Jsou kalifornské žížaly rizikové řešení? Jak moc je kalifornský druh*

invazní?. [online]. 2009-04-23 [cit. 2013-04-20].

Dostupné z:

http://www.kompostuj.cz/index.php?id=162&backPID=162&tx_faq_faq=63.

SCIENCEDAILY. *Bioremediation of Toxic Metals Using Worms: Earthworms Soak Up Heavy Metal*. [online]. 2012-08-16 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.sciencedaily.com/releases/2012/08/120816133420.htm>.

SKLENIČKOVÁ, A. Zpracování biologicky rozložitelného odpadu vermikompostováním. Ostrava, 2011. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta.

SLEJŠKA, A. Vermikompostování. *Regena*. 1999, č. 5, s. 19. ISSN 1212-2289.

THARMARAJ, K. et al. Vermicompost – A Soil Conditioner cum Nutrient Supplier. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*. 2011, č. 2, s. 1615-1620. ISSN 0976-3333.

ZAJONC, I. Chov žížal a výroba vermikompostu. 1. vyd. Povoda: ANIMAPRESS, 1992, 59 s. ISBN 80-85567-07-5.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Žížala kalifornská.....	14
Obrázek 2 - Kokon žížaly	15
Obrázek 3 - Umístění vaků v kompostárně.....	27
Obrázek 4 - Vkládání surovin do kompostovacího lisu.....	28

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Množství živin v různých druzích kompostu.....	38
Tabulka 2 - Investiční náklady – kompostování ve vaku.....	39
Tabulka 3 - Investiční náklady - vermikompostování.....	40