

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



Návrh způsobu odlovení dřeva z nadsítné frakce kompostáren
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Bohdan Stejskal, PhD.

Vypracovala:
Bc. Kristýna Horáková

Brno 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Kristýna Horáčková**

Studijní program: Zemědělská specializace

Obor: Agroekologie

Název tématu: **Návrh způsobu odloučení dřeva z nadsítné frakce kompostáren**

Rozsah práce: cca 50 stran + přílohy

Zásady pro vypracování:

1. Rešeršně zpracujte problematiku nakládání s nadsítnou frakcí z kompostáren
2. Určete, jak velké množství nadsítného materiálu kompostárny produkují.
3. Zjistěte složení nadsítné frakce z kompostárny.
4. Navrhněte technologický postup, jak z nadsítné frakce odloučit dřevo.
5. V rámci možností ověřte praktickou proveditelnost Vašeho návrhu na odloučení dřeva z nadsítné frakce z kompostárny.



Seznam odborné literatury:

1. DIAZ, L F. – DE BERTOLDI, M. *Compost science and technology*. Boston, MA: Elsevier, 2007. 364 s. ISBN 978-0-08-043960-0.
2. DRÁBKOVÁ, P. *Analýza moderních technologií ekologického kompostování*. Diplomová práce. Brno: MENDELU Brno, 2010. 84 s.
3. ŠINKORA, M. *Analýza techniky a technologie kompostování bioodpadů*. Diplomová práce. MZLU v Brně, 2006.
4. ŠTASTNÝ, M. *Mechanizace kompostování : (Studie VTR)*. Praha: ÚVTIZ, 1991. 68 s. Studijní informace. Zemědělská technika.
5. ZEMÁNEK, P. *Speciální mechanizace : mechanizační prostředky pro kompostování*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. 113 s. ISBN 80-7157-561-5.
6. ZEMÁNEK, P. – BURG, P. – KOLLÁROVÁ, M. – PLÍVA, P. a kol. *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. 1. vyd. Praha: VÚZT, 2010. 113 s. 1. ISBN 978-80-87091-06-7.

Datum zadání diplomové práce: listopad 2013

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2015

L. S.


Bc. Kristýna Horáčková
Autorka práce




Ing. Bohdan Stejskal, Ph.D.
Vedoucí práce


prof. Ing. František Toman, CSc.
Vedoucí ústavu


prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Děkan AF MENDELU

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci: *Návrh zprávy o sobě odložené dříve z nadsítné frakce kompostáren* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předem uzavřená licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu náklad spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

í ..

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Bohdanu Stejskalovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a připomínky. Ing. Kateřině Jordánkové za pomoc při stanovování laboratorních výsledků a odborné konzultace. Také bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při studiu.

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena především na problematiku kompostování. Vychází z požadavků legislativy na snížení množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu ukládaného na skládky a podpory kompostování. V práci je uveden popis kompostovacího procesu, možností kompostovacích zařízení, nadsítné složky kompostu a zhodnocení současných používaných technologií kompostování. Druhá část práce pojednává především o zpracování návrhu způsobu odloučení dle frakce kompostu a vyřízení nadsítné frakce. Jsou zde popsány dva návrhy - mokrý a suchý způsob odloučení dle frakce. Oba způsoby jsou následně vyhodnoceny s ohledem na kompostovací zařízení a množství zpracovávaných odpadů.

KLÍČOVÁ SLOVA: biologicky rozložitelný odpad, kompostování, kompostárna, nadsítná složka, odloučení dle frakce

ABSTRACT

The thesis is focused on the issue of composting. It is based on the requirements of the legislation to reduce the amount of biodegradable municipal waste, that is disposed of in landfills and composting support. The thesis describes the composting process, the possibility of composting facilities, the oversize folders of compost and evaluation of the current technologies, which are used for composting. The second part primarily deals with the drafting of the method of separation of wood from the oversize fraction of compost. There are described two proposals of the wet and dry method of separation of wood. Both methods are subsequently evaluated with considering to a composting facility and the quantity of processed waste.

Keywords: biodegradable waste, composting, the composting facility, the oversize folder, the separation of wood

OBSAH

ÚVOD.....	10
CÍL PRÁCE	12
1 LITERÁRNÍ REPERTE.....	13
1.1 len ní odpad	13
1.1.1 Odpad.....	13
1.1.2 Biologicky rozložitelný odpad	13
1.1.3 Komunální odpad.....	14
1.1.4 Biologicky rozložitelný komunální odpad.....	14
1.2 Kompostování.....	15
1.2.1 Fáze kompostování	17
I. Fáze rozkladu - mineralizace	17
II. Fáze p em ny.....	18
III. Fáze dozrávání kompostu.....	19
1.2.2 Zásady p i kompostování	21
1.2.3 Kompost a jeho využití	22
1.2.4 Druhy kompost	24
I. Komposty statkové.....	25
II. Komposty pr myslové	26
III. Speciální komposty.....	26
1.2.5 Mofné zp soby realizace kompostování	27
I. Domácí kompostování.....	27
II. Komunitní kompostování.....	31
III. Centrální kompostování.....	33
IV. Ostatní, netradi ní zp soby kompostování.....	38
1.2.6 Situace v R.....	39

1.2.7 Legislativa	39
1.2.8 Procesy na kompostárn	41
2 MATERIÁL A METODIKA	43
2.1 Zpracování kompostu a nadsítné sloflky na kompostárnách	43
2.1.1 Kompostárna Rapotín	43
2.1.2 Kompostárna Záb eh.....	43
2.1.3 Kompostárna Otrokovice	44
2.1.4 Kompostárna Bludov	44
2.1.5 Kompostárna Slavkov u Brna.....	45
2.1.6 Centrální kompostárna Brno	46
2.1.7 Zahraní ní kompostárny	46
2.2 Postup m ení	47
2.3 Odebírání vzorku nadsítné sloflky	48
3 VÝSLEDKY	49
3.1 Mnořství nadsítného materiálu	49
3.2 Suchá metoda	50
3.3 Sloření nadsítné frakce	50
3.4 Mokrý metoda.....	54
4 DISKUZE.....	55
4.1 Srovnání mokré a suché metody.....	56
4.2 Separace d eva na Centrální kompostárn Brno a.s.	58
4.3 Vyuffití nadsítné sloflky.....	58
5 ZÁV R	60
SEZNAM POUfiITÝCH ZDROJ	61
SEZNAM TABULEK	65
SEZNAM GRAF	65
SEZNAM OBRÁZK	65

SEZNAM P ÍLOH	66
6 P ÍLOHY	67

ÚVOD

Dle statistik prováděných v posledních letech tvoří obsah biologicky rozložitelných odpadů v komunálních odpadech více jak 40 % a to je jeden z hlavních problémů odpadového hospodářství v ČR. Jedním ze způsobů, jak snížit množství ukládaného biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO), je jeho kompostovat. V posledních letech bylo hojně podporováno kompostování na všech úrovních. Domácí kompostování bylo podporováno z fondů EU, například tím, že obce mohly získat dotace na zakoupení obecních kompostérů, které byly následně zapůjčeny občanům obce, a tím se rapidně snížil podíl BRO (biologicky rozložitelný odpad) v komunálním odpadu obce, snížilo se i celkové množství komunálního odpadu produkovaného obcemi, a tím i celkové náklady na odpadové hospodářství obce. Mimo domácího kompostování bylo také hojně podporováno komunitní a centrální kompostování pomocí dotačních programů, které podporovaly vybudování nových kompostáren.

V roce 2008 pracovalo na území České republiky 160 fungujících kompostáren a dalších 21 se připravovalo. Celkové projektované množství dosáhlo kolem 1500×10^6 kg zpracovaného bioodpadu za rok. Nyní je celkové množství, které je možno kompostárnami zpracovat v ČR, rokem $2,18 \times 10^6$ kg. Z toho však jen přibližně 30 % z celkového množství zpracovatel bioodpadů provozuje správnou kompostovací praxi a vyrábí produkt, jehož kvalitu lze prokázat registrací u ÚKZUZ (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský). Na konci kompostovacího procesu bývá kompost přesíván. Podsítná frakce, tedy zralý kompost, je dále využívaná, ale nadsítná frakce zatím na kompostárně nemá praktické využití. Bývá několikrát navracena do kompostovacího procesu, poté ji většina dotazovaných kompostáren zpracovává jako odpad. Přesto, že by mohla být nadsítná složka využita mnohem lépe, končí často na skládkách.

Situace kolem nakládání s biologicky rozložitelnými odpady je jedním z hlavních témat posledních let i současnosti. Evropská komise požaduje po všech členských státech Evropské unie postupné omezování ukládání biologicky rozložitelných komunálních odpadů na skládky. Cílem tohoto opatření má být snížení produkce skleníkových plynů. Evropská unie ve své směrnici o odpadech upřednostňuje prevenci a materiálové využití před energetickým využitím nebo konečným odstraněním. Skládáním biologicky rozložitelných odpadů přicházíme o cennou organickou hmotu, která by mohla být navracena

do půdy, kde kvůli úbytku organické hmoty z půdy dochází k půdní erozi. Organická hmota v půdě zintenzivuje koloběh látek, má pozitivní vliv na biologickou činnost půdy, zlepšuje její drobtovitost, jímání a udržování vody v půdě a podporuje mineralizaci organických látek a tvorbu humusu.

V rámci Směrnice Rady 1999/31 ES, o skládkách odpadů, odsouhlasila Česká republika vstupem do EU po ústní hodnotu produkce biologicky rozložitelného komunálního odpadu (rok 1995) o 1 530 tis. kg) a dále v následujících obdobích snižování skládkovaného BRKO (biologicky rozložitelného komunálního odpadu) této hodnoty dle Plánu odpadového hospodářství, tedy jeho biologicky rozložitelný podíl komunálního odpadu ukládaný na skládky musí být postupně omezen v souladu s harmonogramem stanoveným v Plánu odpadového hospodářství ČR a kraj (cílem je snížit tento podíl do roku 2010 na 75 %, do roku 2013 na 50 % a do roku 2020 na 35 % celkového množství (hmotnosti) biologicky rozložitelného komunálního odpadu vzniklého v roce 1995). Od roku 2024 má být v platnosti zákaz ukládání na skládky i veškerého komunálního odpadu.

Samotné biologicky rozložitelné odpady a dále využitelné odpady, které nejsou složkou komunálního odpadu, se již na skládky ukládat nesmí dle vyhlášky 294/2005 Sb. Práv nadšitná složka může být zdrojem mnoha využitelných materiálů, a tak by na skládce končit neměla. Proto v práci uvádím možnosti využití nadšitné složky.

CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je návrh způsobu oddělení dřevné frakce z nadsítné složky kompostu pro kompostovací zařízení. Návrhy budou vypracovány a experimentálně vyzkoušeny. Celkem budou popsány dva způsoby oddělení dřevné frakce z nadsítné složky kompostu – suchý a mokrý způsob oddělení. Suchý způsob bude separovat dřevnou frakci pomocí ručního třídění a mokrým způsobem budou oddělovány dřevné částice od ostatních částic nadsítné složky pomocí vyplavování. Oba způsoby budou následně vyhodnoceny a porovnány. Hodnotit se musí s ohledem na kompostovací zařízení a množství zpracovávaných odpadů a na ekonomické možnosti kompostáren. Mým dalším cílem je najít využití pro celou nadsítnou frakci – tedy nejen pro složku dřevné frakce, ale i pro její ostatní složky. Tak aby nadsítná frakce byla využita a neskončila na skládce.

Dalším cílem práce je také literární zpracování problematiky kompostovacího procesu, možností kompostovacích zařízení, nadsítné složky kompostu a zhodnocení souasných používaných technologií kompostování.

1 LITERÁRNÍ REŠERŠE

1.1 Členění odpadů

1.1.1 Odpad

Odpad je každá movitá věc, která se pro vlastníka stala nepotřebnou a vlastník se jí chce zbavit nebo má v úmyslu se jí zbavit nebo má povinnost se jí zbavit na základě zvláštního předpisu [ONLINE 1].

Právní rámec nakládání s odpady stanovuje zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Zákon o odpadech stanovuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi i práva a povinnosti fyzických a právnických osob v odpadovém hospodářství a působnost orgánů veřejné správy. Zákon se nevztahuje na odpadní vody, hornické odvaly a odkladě radioaktivní odpady, mrtvá těla lidí, zvířat a jejich ostatky, odpady drahých kovů, nezachycené emise znečišťující ovzdušší, odpady tržavin, výbušnin a munice (FILIP J. a kol., 2006).

1.1.2 Biologicky rozložitelný odpad

Biologicky rozložitelné odpady (bioodpady) jsou odpady, které podléhají aerobnímu i anaerobnímu rozkladu [ONLINE 2]. Biologický rozklad bývá zajištěn pomocí mikroorganismů, zejména bakterií, plísní, kvasinek, červů, hlívalů a dalších. Rozpadem pak vzniká stabilní organická hmota. Způsob zpracování a využití je závislý na typu biologicky rozložitelného odpadu. Mezi biologicky rozložitelné odpady se řadí především odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, z výroby a zpracování potravin, rybářství, myslivosti. Dále také odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, lepenky, papíru, celulózy, nábytku, odpady vznikající v kofeolném, kofeolnickém a textilním průmyslu, papírové, lepenkové i dřevěné obaly a odpady z čističnických vod, vodárenské kaly, apod. Velkou podskupinu tvoří biologicky rozložitelné komunální odpady (BRKO). Komunální odpad tvoří z 30 až 40 % biologicky rozložitelné odpady. Biologicky rozložitelné odpady (BRO) jsou cenným zdrojem organických látek, které by měly být navraceny do půdy nejlépe ve formě hnojiva, tedy kompostu. Podíl organické hmoty a humusu v půdě celosvětově již dlouhodobě klesá, což má za následek zrychlení eroze (HEBÍČEK J. a kol., 2009).

1.1.3 Komunální odpad

Komunální odpad (KO) nebo také směsný odpad (SO) je podle legislativy veškerý odpad vznikající při činnosti fyzických osob na území obce, a který je uvedený jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání [ONLINE 2]. Jedná se o odpad, který není separován, nebo ho již dále separovat nelze. Slovkou komunálního odpadu jsou biologicky rozložitelné komunální odpady ve zkratce BRKO nebo BRO. Zbytkový komunální odpad je slovkou komunálního odpadu, která zůstává po vyčištění využitelných a nebezpečných slovek a objemného odpadu (KOLÁŘ L., KUŘEL S., 2000). Pod pojmem komunální odpady rozumíme odpadové materiály zahrnující následující hlavní skupiny:

- ✚ tuhé odpady z domácností
- ✚ uliční odpady a smetky, odpad z parků a zahrad
- ✚ kalů z čistíren odpadních vod
- ✚ objemné odpady

Především výčet možných zdrojů poukazuje na to, že jde o značně rozmanité materiály. Převládající slovkou tuhého komunálního odpadu vznikající při běžném provozu domácností je domovní odpad, jehož složení je značně proměnlivé, jak v závislosti na typu zástavby, tak i v závislosti na ročním období (FILIP J., ORAL J., 2005).

Zákon o odpadech definuje komunální odpad takto: Komunální odpad je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, a který je uveden jako komunální odpad v prováděcím právním předpisu s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání. A odpad, který vzniká při činnosti veřejných komunikací a prostranství, při údržbě veřejné zeleně včetně hřbitovů [ONLINE 1].

1.1.4 Biologicky rozložitelný komunální odpad

Biologicky rozložitelné komunální odpady (BRKO) patří do skupiny biologicky rozložitelných odpadů, ale jsou i kvantitativně významnou skupinou tzv. směsných komunálních odpadů (SKO). Biologicky rozložitelné komunální odpady mají různé vlastnosti, a proto jsou jejich sběr, zpracování a odstranění problematické. Mají také negativní vliv na životní prostředí, jde zejména o tvorbu skleníkových plynů a kyselých výluhů při hydrologických procesech. životní prostředí může výrazně ovlivnit i způsob nakládání

s tímto odpady, a to jak pozitivně, tak negativně. Některé druhy odpadů, vykazovaných jako BRKO, však mají jen určitý podíl biologicky rozložitelné složky (KOLÁŘ L., KUŘEL S., 2000).

S biologicky rozložitelnými komunálními odpady je možno nakládat v podstatě dvěma základními způsoby:

1) Odpad (jako materiál, surovinu) lze zpracovávat na zahradách rodinných domů, v zahrádkářských koloniích apod. Jde o způsob domácího, případně komunitního kompostování. Tento odpad není nikde vykazován, jeho produkce nemůže být zvážena a podle zákona o odpadech jako šedá neexistuje, o vlastník nemá úmysl se jej zbavit. Jedná se tedy o předcházení vzniku skutečného odpadu.

2) Odpad (ale již ne jako materiál), je odkládán na vyhrazené místo (kontejner, sbírná nádoba, sbírný dvůr apod.). V tomto momentu je ale již navýšena produkce komunálního odpadu obce nebo města o množství hmoty, která vznikla pouze tím, že se vytvořilo místo na její sběr. Jde tedy o separovaný sběr BRKO, který lze provozovat jako systém buď donákový, nebo jako systém odvozový. Rozdíl v systémech je pouze ve vzdálenosti a umístění nádob na separovaný sběr (ALTMANN V., 2010).

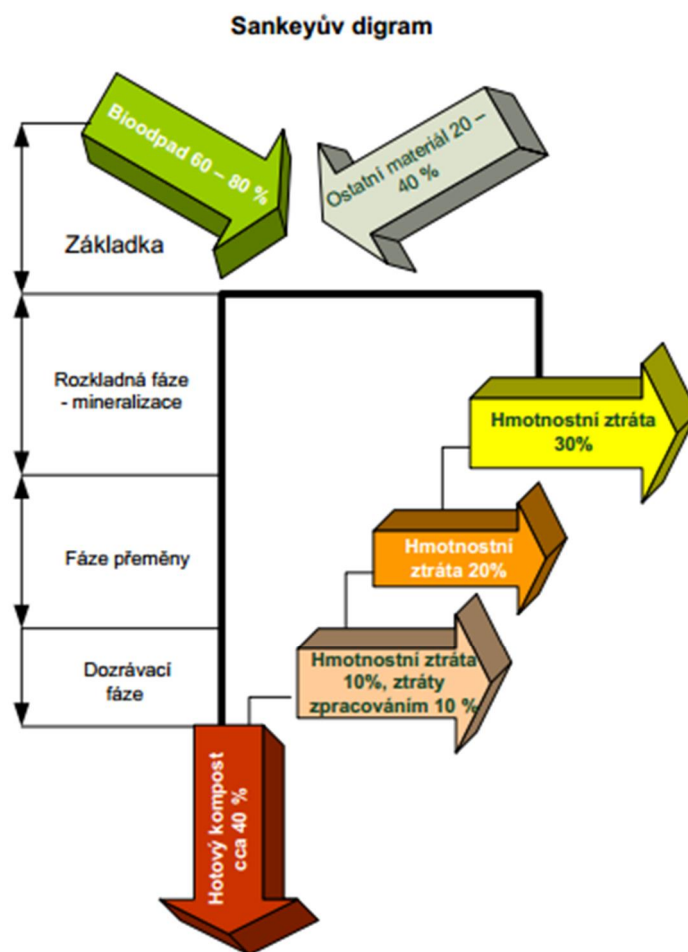
1.2 Kompostování

Kompostování je přirozená biochemická proces, při níž se činností organismů a za přítomnosti vzduchu přeměně vyufitelný bioodpad na stabilní organický produkt a hnojivý substrát (kompost) [ONLINE 3]. Výsledkem tohoto procesu je přeměna nestabilních přírodních surovin na stabilní hnojivo, tento proces doprovází snížení objemu, hmotnosti, obsahu vody, a zvýšené teploty (HEJTÁKOVÁ K., 2008). Kompostování je tedy aerobní biologicky rozkladný proces, jehož účelem je co nejrychleji a nejehospodárněji rozložit povodní organické látky v kompostovaných surovinách a odpadech a přeměnit je na stabilní humusové látky, které jsou základem plodnosti úrodnosti. Pro kompostování jsou tedy vhodné takové suroviny, které obsahují rozložitelné organické látky a rostlinné živiny (FILIP J., 2006). Jednoduché vyjádření procesu kompostování se dá vyjádřit takto:

organické látky + O₂ + mikroorganismy → kompost + CO₂ + H₂O + teplo

Biochemickou degradaci mohou doprovázet kromě úniku aerobních mikroorganismů i jiné reakce, například oxidace nebo hydrolyza. Složení organismů podlejších se na tomto procesu není konstantní, ale je závislé na složení vstupního produktu a stupni humifikace. Pro efektivnost a rychlost aerobního procesu je důležité zajistit přísuv vzduchu, což je základní podmínkou procesu. Při kompostování probíhá stejně jako v půdě, ale lze ji technologicky ovládat. Proto lze kompostování definovat jako řízený proces, který zabezpečuje optimální podmínky potřebné pro rozvoj vládnoucích mikroorganismů a lze získat humusové látky rychleji a produktivněji oproti polním podmínkám (HEJTÁKOVÁ K., 2008). Výsledkem kompostování je kompost. Kompost je organický prostředek pro zlepšení půdy obsahující stabilizované organické látky a rostlinné živiny. Je získán řízeným biologickým rozkladem směsi sestávající zejména z rostlinných zbytků a mající deklarované kvalitativní znaky. Vlastnosti a kvalita kompostu závisí na vlastnostech a kvalitách vstupních surovin (PLÍVA P., 2006). Kompost je jedinečným zdrojem humusu a živin, jako například klad dusíku, vápníku, hořčíku, draslíku, jež rostlinám postupně uvolňuje. Také napomáhá zvyšovat biologickou aktivitu půdy, samočišticí schopnost půdy, výživnost půdy a také odolnost půdy vůči okyselení. Dále zlepšuje půdní strukturu a její jímavost pro vodu, vlivu rostlin stopovými prvky a stimulaci růstu rostlin. Dále pak zamezuje vyplavování živin do podzemních a povrchových vod a obsahuje organickou hmotu, která dokáže vázat těžké kovy (HORÁKOVÁ K., 2013, PLÍVA, 2006).

Zkráceně je tedy kompostování soubor biologických a biochemických procesů materiálu ve všech jeho fázích. Jednotlivé fáze kompostování se liší rozdílnou teplotou. Na teplotu v průběhu celého procesu má vliv velikost částic. Platí, že čím menší částice jsou, tím vyšší hodnoty dosahuje teplota. Podobně průběh teploty ovlivňuje i poměr C:N. Zde zase platí, že čím je poměr C:N vyšší, tím je teplota vyšší. Vysoká teplota je v procesu kompostování důležitá pro hygienizaci kompostu (zničení semen plevelů a zárodků chorob). Provzdušování a promíchávání kompostu je zajištěno ekopávaním. Cílem ekopávaní kompostu je především provzdušnění v celém profilu základky. Prosévání vzniklého kompostu se provádí za účelem oddělení kompostu od nevládnoucích prvků pomocí sít (TESÁKOVÁ M., 2010).



Obr 1: Sankey v diagram o Proces kompostování. (HEJTÁKOVÁ K., 2008)

1.2.1 Fáze kompostování

I. Fáze rozkladu - mineralizace

Rozkladná innost spo ívá v rozkladu organických surovin rostlinného i živo í-ného p vodu na jednoduché slou eniny p eváfn í minerálního charakteru. Mineralizace probíhá spí-e ve svrchních a lépe provzdu-n ných ástech základek, nefl v mén í provzdu-n ných partiích (ZEMÁNEK, 2001). Mineralizace je specifická rychlým r stem teploty. Teplota v základce dosahuje 60 ó 65 °C a následn í relativn í rychle klesá. Tato fáze je tedy specifická pro termofilní organismy, ti se podílejí na rozkladu složitých organických slou enin na slou eniny jednodu-í anorganického charakteru. Nejd íve se rozvíjejí mezofilní

mikroorganismy, které dosahují vrcholu aktivity při teplotách 20 - 30 °C. Rozkládají snadno odbouratelnou organickou hmotu. Jakmile se jejich činnost zvýší teplota na 45 °C, nastupují termofilní mikroorganismy. Ty mohou zvýšit teplotu až na 80 °C. Při těchto podmínkách se uplatní především inkóvé bakterie. Při případném vzestupu teplot nad 70 °C je nutno omezit, nebo při této teplotě již organismy hynou a prodlužuje se doba zrání kompostu. S touto biodegradací probíhá také chemická degradace reakce. V prvopočátku se rozkládají sacharidy, cukry, bílkoviny a později celulóza a další dřevní hmoty. Konečnými produkty tohoto rozkladu jsou voda, CO₂ a nitratový iont NO₃⁺. Pokud je v kompostu přebytek dusíku, může být uvolněn ve formě amoniaku. Objem hmoty relativně rychle klesá, což je způsobeno nejen zhutněním hmoty a odparem vody, ale zejména bilančním poklesem celkové hmotnosti z produkce oxidu uhličitého a jiných plyných zplodin (HEJTÁKOVÁ K., 2008). Celková ztráta může dosáhnout až 30 % z původního množství. Vzhled se zatím proměňuje, pach zůstává stejný jako na počátku. Vzhledem k tomu, že mikroorganismy nejsou schopny odbourávat organické kyseliny, rostou relativně zastoupení těchto kyselin a dochází k poklesu faktoru pH. Kompost v této fázi není schopen aplikace do půdy, protože nemá vlastnosti humusu. Dokonce může vykazovat náznaky fytotoxicity. Vzhledem k vysoké teplotě v první fázi procesu dochází k zániku hnilobných patogenních bakterií a vysoká teplota tělní klíivost semen = hygienizace kompostu. Pokud teplota dlouhodobě nevystoupí nad 40 °C, může být proces mineralizace považován za ukončený (ZEMÁNEK, 2001).

II. Fáze přeměny

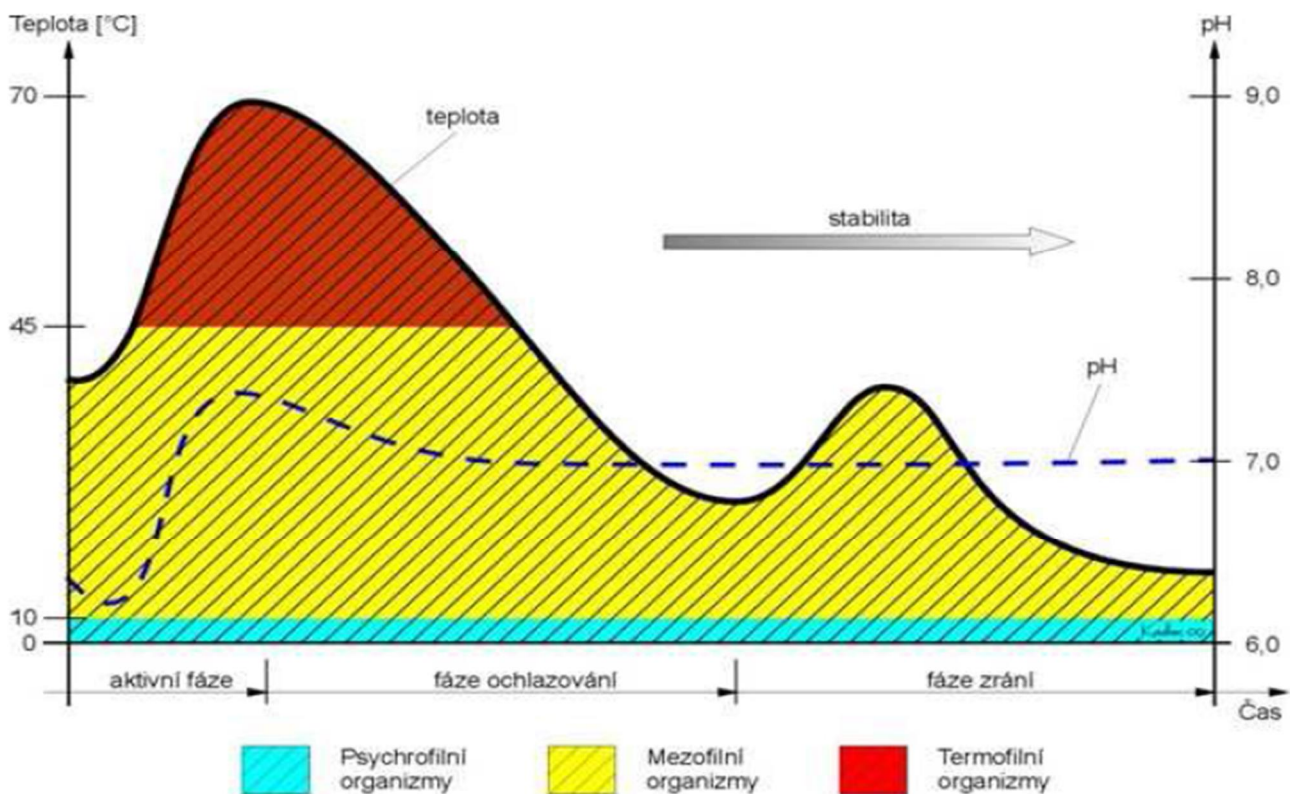
Ve druhé přechodné fázi nastává pozvolný pokles hodnoty teploty ze 40 °C na 25 °C. Termofilní bakterie jsou nahrazovány jinou skupinou mikroorganismů a plísňí nebo nižší formou hmyzu (HEJTÁKOVÁ K., 2008). V této fázi se stává období rozvoje a útlumu mikrobiální činnosti. Organické látky jsou postupně přeměňovány na humusové složky. Ty se váží na jílovité částice a přechází na stabilní formy odolné mikrobiálnímu rozkladu (ZEMÁNEK, 2001). Ve fázi přechodu se mění původní struktura, pach, vzhled a jednotlivé částice původních struktur se rozpadají. Kompost dostává hnědou barvu. Hmotnost se snižuje o 10 %. Sotva lze rozeznat původní skladbu kompostu, který již oproti první fázi nejeví známky fytotoxicity a jeho výluhy jsou hygienicky nezávadné. Na konci tohoto procesu je možné již kompost využít jako hnojivo (HEJTÁKOVÁ K., 2008).

III. Fáze dozrávání kompostu

Poslední fáze o fáze dozrávání o má za následky vyrovnání teploty s okolním prostředím. V dozrávací fázi jsou aktivní malí živočišné a hmyz (světlice, stonofky, flířky). Vznikají vazby mezi anorganickými a organickými látkami a vytváří se kvalitní a stabilní humus. Hmotnost hmoty v této fázi klesá jen zanedbatelně. Kompost ufl je prakticky vyžrálý (HEJTÁKOVÁ K., 2008).

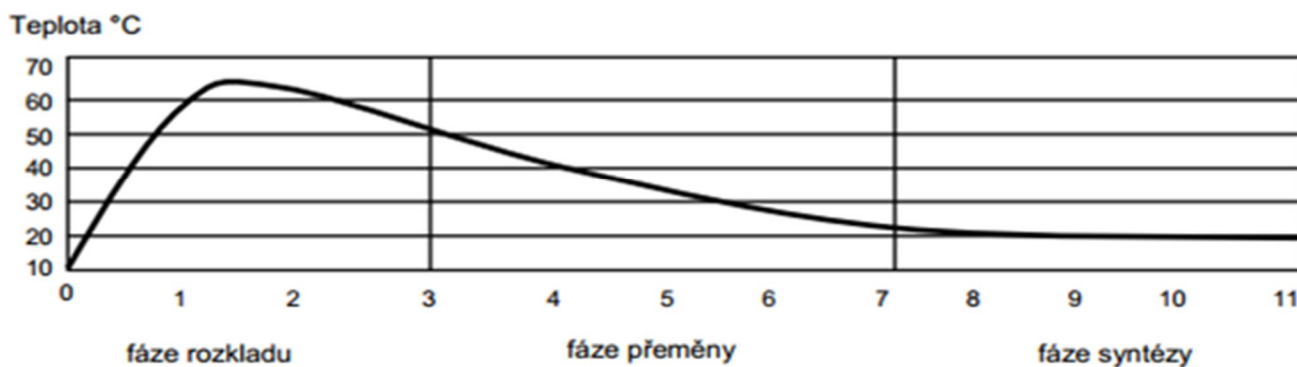
Celkové snížení hmotnosti od začátku do konce kompostování může dosáhnout až 40 %. Pokles objemu je je-t v t-í, protože dojde ke zhuštění materiálu. O délce jednotlivých fází rozhoduje surovinová skladba kompostu, podmínky při kompostování, ale i další faktory (například roční období). Dleflité je, že jakmile proběhne první fáze kompostování, materiál se do určité míry biologicky stabilizuje. Konec této části a stabilizace kompostu je zpravidla způsobena nedostatkem dusíku a vyerpáním snadno rozložitelných látek. Tuto fázi bychom mohli iniciovat pouze v t-ími zásahy, jako například dodáním dusíku nebo překopáním kompostu. Po překopání dojde ke krátkodobému nárstu teploty hmoty. Nárst, který následuje, ale obvykle nedosahuje přivodních vysokých teplot a trvá podstatně kratší dobu (ZEMÁNEK, 2001).

Při kompostování dochází k přirozené recyklaci, kdy se biologický materiál vrací opět na začátek biologického etze. Do 12 dnů od založení zakládky se musí teplota pohybovat v rozmezí od 60 až 65 °C. Při překročení teploty 65 °C v první fázi (mineralizaci) se musí zakládka provzdušnit, aby nedošlo k úhynu fládoucích organismů. Do 21 dnů pak nesmí teplota klesnout pod 55 °C. Po dvacátém prvním dnu se zakládka postupně ochlazuje pod teplotu 55 °C. Ve této fázi již postačí překopávání pravidelně jednou za 5 o 7 dnů. Ve fázi dozrávání se teplota již stabilizuje (HEJTÁKOVÁ K., 2008).



Obr 2: Průběh teploty při procesu kompostování. (VÁRKA J., 2001)

Jak již bylo zmíněno, průběh teploty v jednotlivých fázích kompostování je charakteristický průběh teplot v jednotlivých fázích kompostování, který znázorňuje následující obrázek. Na ose X je znázorněn časový interval v týdnech a na ose Y je znázorněno kolísání teploty (HORÁKOVÁ K., 2013).



Obr 3: Průběh teplot v jednotlivých fázích kompostování. (JELÍNEK A., 2007)

1.2.2 Zásady při kompostování

- ✚ Vhodné chemické složení aby byly zachovány příznivé podmínky pro proces kompostování. Je důležité, aby byl zachován vhodný poměr mezi organickými a anorganickými látkami. Obsah lehce odbouratelných látek (bílkoviny, cukry) v organických složkách je důležitý pro průběh humifikace. Pokud je v této obsah anorganických látek, průběh humifikace bývá zpomalen (BRENDT A., 2008).
- ✚ Vhodná vlhkost kompostovatelný materiál obsahuje v průměru okolo 40 % vody. Pro daný proces je lepší raději nižší než vyšší vlhkost, kvůli úpravě materiálu. Při zvýšené vlhkosti se prodlužuje doba kompostování. Částečně se ale tato vlhkost přirozeně upraví volným odpařováním (BECHER T., 2013).
Nedostatek vlhkosti zase naopak přináší negativní vlivy na důležité hydrolytické reakce. Tím, když se materiál zahřívá na teplotu, která může vyvolat pyrolýzu a suchou destilaci materiálu nebo dokonce i samovznícení. Tyto procesy nejsou vhodné pro kvalitu kompostu, vzhledem k tomu, že podporují nadměrnou mineralizaci na úkor humifikace.
- ✚ Nadbytek vlhkosti přináší negativní vlivy, protože odpařovaná voda odvádí v této podíl energie vlivem výparného tepla. Kompost je tak ochlazován a je znesnadňována činnost termofilních organismů. Biologické procesy se mohou změnit na procesy kvasné. Vysoký obsah vody může způsobovat její vytlačování ze spodních vrstev zakládky. Vytlačovaná voda po extrahování látek ze zpracovaných materiálů může nepříjemně zapáchat a ohrožovat spodní vody (HEJTÁKOVÁ K., 2008).
- ✚ Shodná rychlost biodegradace směsí látek, které mají stejnou, či podobnou dobu rozkladu z hlediska zrání kompostu (BRENDT A., 2008).
- ✚ Vhodný poměr C:N poměr důležitý pro vytvoření optimálních podmínek pro rozvoj mikroorganismů, při kterém musí být obsah dusíku v rovnováze s obsahem uhlíku. Zdroj uhlíku a dusíku je nutný pro syntézu bílkovin, které jsou součástí buněk mikroorganismů, kde se zúčastní jejich metabolismu jako enzymy. Tento poměr udává rychlost rozkladu kompostovatelného materiálu. Ideální hodnota je u prvního kompostu 30 až 35 : 1, ve zralém kompostu 20 až 30 : 1. Je-li poměr C:N menší než 15 : 1 je rozklad rychlý a dusík se vytrácí ve formě amoniaku, což má za následek pokles produktivity tvorby humusových látek. Naopak při poměru nad 50 : 1 se hmota

rozkládá déle a dochází i k delšímu zrání. V následující tabulce jsou uvedeny údaje o poměru C:N u různých materiálů, které bývají využívány ke kompostování (HEJTÁKOVÁ K., 2008).

Tabulka 1: Hodnoty poměru C:N u materiálů používaných ke kompostování

MATERIÁL	C : N	MATERIÁL	C : N
Kůra	120:1	Dr. beffí trus	10:1
Piliny	500:1	Mořska	2:1
Odpad ze zahrad	40:1	Kejda skotu	10:1
Listí	50:1	Hnoj skotu	25:1
Posená tráva	20:1	Sláma (flito, oves)	60:1
Seno	35:1	Sláma (pšenice, ječmen)	100:1

Platí zde základní pravidlo:

Čím je starší, tmavší a dleevnatější materiál, tím je v něm obsaženo více uhlíku. Čím je materiál čerstvější a zelenější, tím obsahuje více dusíku.

- ✚ Obsah cizorodých látek podle vyhlášky č. 341/2008 Sb.
- ✚ Vhodná struktura materiálu je důležitá, aby složky kompostu byly dobře promíseny a podrceny. Tímto vytvoříme provzdušnitelnou strukturu, kterou tvoří velmi jemné složky, brání růstu mikroorganismů.
- ✚ Dostatečný přísuv vzduchu je vzhledem k tomu, že se jedná o aerobní proces, je důležitá dokonalá provzdušnitelná struktura materiálu. Organismy totiž vyžadují dostatečné množství kyslíku pro svůj metabolismus (HEJTÁKOVÁ K., 2008).

1.2.3 Kompost a jeho využití

Kompost je konečným produktem kompostovacího procesu. Je to univerzální statkové hnojivo, které obsahuje všechny druhy rostlinných flivin, humusové složky a produktové látky vytvořené edafonem (podzemními organismy). Zralost kompostu lze rozpoznat dle tmavé drobtovité hmoty bez zápachu, ve které nelze identifikovat strukturu původních částic. Použití kompostu je vhodné ke všem plodinám náročným na organické hnojení. Dávování 20000 g

1000 000 kg/ha, průměrná dávka je 30000 až 40000 kg/ha shodně jako u hnojení statkovým hnojem. Cykly hnojení na lehčích půdách jsou 2 až 3 roky a 3 až 4 roky na půdách těžších. Aplikace kompostu se provádí převážně na podzim, na lehčích půdách se kompost může aplikovat i na jaře. Zapravuje se do půdy orbou a nejlépe ihned po aplikaci z důvodu uvolnění dusíku (HEJTÁKOVÁ K., 2008).

Parametry kvalitního kompostu dle vyhlášky č. 341/2008 Sb.:

- ✚ Vlhkost 40 až 65 %
- ✚ Acidobazická reakce 6,0 až 8,5
- ✚ Minimální obsah organické hmoty 20 %
- ✚ Obsah organických látek v sušině 50 až 82 %
- ✚ Spalitelné látky v sušině vzorku min. 25 % hmotnosti
- ✚ Celkový dusík přepočtený na vysušený vzorek min. 0,6 % hmotnosti
- ✚ Poměr C:N min. 20 max. 30 : 1
- ✚ Obsah fosforu vyjádřený nejlépe 0,65 %
- ✚ Obsah draslíku vyjádřený nejlépe 1,25 %
- ✚ Obsah vápníku a hořčíku nad 4,5 %
- ✚ Nerozložitelné pevnosti max. 2,0 %
- ✚ Nesmí obsahovat bakterie rodu salmonella
- ✚ Obsah koliformních bakterií a enterokoků max. 10^3 KTJ (KTJ = kolonie tvořící jednotku v gramu kompostu) v kompostu

Z kompostu musí být odebrán alespoň jedenkrát za rok vzorek pro kontrolu toxických látek v laboratoři. Kompostem lze přehnojit ve stejnou zeleň i zemědělská půda. V tomto případě je třeba výsledný produkt registrovat dle zákona č. 156/1998 Sb. o hnojivech ve znění pozdějších právních předpisů. Doba zrání je pro registrované komposty podle normy SN 46 5735/1991 Průmyslové komposty po ukončení homogenizace min. 60 dní. Je nutné provést alespoň jednu překopávku. Doba mezi překopávkami nesmí být delší než 21 dní. Praxe ukazuje, že v první fázi kompostování je třeba překopávat téměř denně, případně jedenkrát do dvou dnů. Zakládky jsou vysoké 2 - 4 m. U kompostů s podezřením na obsah patogenních zárodků (např. bioodpady) musí teplota dosahovat minimálně 55 °C po dobu 21 dní. V ostatních případech musí teplota dosahovat teploty min. 45 °C po dobu alespoň 5 dní. Teplotu měříme v hloubce jednoho metru. Expedice kompostu je možná nejdříve

po 14 dnech od ukončení druhé p ekopávky, pokud je teplota nižší než 45 °C (KOTOULOVÁ Z., VÁCHA J., 2001).

Organické hnojení přispívá zejména ke stabilitě systému hospodaření na orných půdách po stránce vyrovnané uhlíkové bilance v rámci zemské soustavy. Organická hnojiva v etn kompostu jsou zdrojem základních živin (NPK), mikroživin pro výživu rostlin a v neposlední řadě i uhlíku, s jehož obsahem v sušině souvisí jejich kvalita. Čím vyšší je obsah organických látek v sušině hnojiva (kompostu), tím vyšší je zpravidla i uhlíková hodnota. Podle typu použité suroviny k výrobě se od sebe jednotlivé komposty liší též obsahem živin. Když je vysoký obsah živin, nemusí se pak aplikovat na pozemky pro jiné účely hnojiva, nebo se sníží jejich použité množství. To v konečném důsledku vede ke zvýšení výnosů a kvality produkce a úrodnosti půdy [ONLINE 4].

Kompost je nedocenitelný při rekultivacích a zúrodnění půdy, je výborně využitelný prakticky na každé zahradě. Hodí se téměř ke všem plodinám. Ocení jej především ovocné stromy, trávník, okrasné keře, květiny i zemědělské plodiny. Velmi prospívá především okurkám, cuketám a dýním, tyto rostliny se mohou pěstovat i přímo ve zrajícím kompostu. Kompost může přispět k rozvoji a rozkvětu většiny rostlin běžně pěstovaných v českých domácnostech [ONLINE 5].

1.2.4 Druhy kompostů

Komposty lze vyrábět ve dvou základních objektech – kompostárnách a na kompostovištích. Kompostárna je závod, plně vybavený stavebním a strojním zařízením. Kompostoviště je trvale zpevněná, vodohospodářsky zabezpečená plocha, umožňující kompostování jednoduchým způsobem, vybavená pouze nezbytně nutnou mechanizací k zakládání, osetí a expedici kompostu. Všechny ostatní objekty, používané pro výrobu kompostu, je třeba považovat za provizorní, z technologického hlediska jako nevhodné (HORÁKOVÁ K., 2013, FILIP J., 2006).

Komposty rozdělujeme na několik druhů :

- ✚ Podle místa, kde byly vyrobeny o statkové a prmyslové
- ✚ Podle doby zrání o krátkodobé a dlouhodobé
- ✚ Podle tvarování o krechtové a na p eorávku
- ✚ Speciální komposty

Velmi důležitým kritériem pro použití odpadů je obsah těžkých kovů v nich. Mezi nejčastěji se vyskytující patří As, Cd, Pb, Cr a jiné. Proto odpady, které mohou obsahovat tyto prvky - kaly, kaly z čistíren odpadních vod, rybníční bahno aj., používáme pro přípravu kompostů. Kvalitu kompostů lze zlepšovat minerálními hnojivy, zejména prmyslovými odpady apod. Během zrání je nezbytné komposty ošetřovat, prokalovat a přehazovat, aby se urychlil proces humifikace. Nesmí dojít k dlouhotrvající anaerobiozou a k poškození mikroflóry.

I. Komposty statkové

Statkové komposty se vyrábějí z klasických zemědělských surovin a odpadů v podmínkách zemědělských a zahradnických podniků. Kvalitu statkových kompostů lze vylepšovat minerálními hnojivy, především Ca^{2+} , P^{3-} a N^{3-} . Vyzrálý statkový kompost obsahuje kolem 60 % sušiny, 20 až 23 % organických látek, 0,5 až 1 % dusíku, 0,3 až 0,5 % fosforu, 0,2 až 0,5 % draslíku, 1- 1,5 % vápníku a 0,2 až 0,3 % hořčíku v sušině. Používá se ke vzhledu plodinám národním na organické hnojení (FILIP J., 2006). Plní funkci při obohacování půdy organickou hmotou vyrobenou v zemědělském podniku nebo při recyklaci fluvin (znovunavrácení do koloběhu). Zakládají se v zemědělském provozu ve formě krechtů. Zakládání probíhá obvykle na okraji pole v místě, kde je dobrá průstupnost i za nepříznivých podmínek. Zdrojem organické hmoty mohou být všechny organické odpady ze zemědělské výroby (sláma, makovina, škvárcovina, bramborová na, plevy, listí ze stromů, stábla luk, apod.), k nim se přidávají různé anorganické hmoty (zemina, kaly z čistíren odpadních vod, rybníční bahno, odpadní vápna, popely, apod.). Jako mikrobiální substrát se využívá moč, kde, případně j. K vápnění se využívá 1 až 3 % podíl CaCO_3 (HEJTÁKOVÁ K., 2008).

II. Komposty průmyslové

V současné době převládá výroba průmyslových kompostů, vyráběných velkovýrobní průmyslovou technologií, nejčastěji v kompostárnách, s využitím různých druhů odpadních mimozemních hnojivých hmot. Cílem je navrácení těchto látek do koloběhu v zemědělské výrobě a péči o životní prostředí. Surovinami jsou jednak přírodní zdroje (rašelina, kapucín, rybníkářské bahno, aj.), ale také městské a průmyslové odpadní látky s dostatečným obsahem organických látek a živin. Jedná se zejména o tuhé domovní nebo průmyslové odpady z potravinářského, masného průmyslu, odpady vznikající při zpracování vlny, saturovací kaly, popílky, prosevy, aj. Jako o kovací materiál slouží nejčastěji vyhnílé kanalizační kaly (HEJTÁKOVÁ K., 2008). Pro průmyslové komposty je typický nízký podíl klasických zemědělských surovin a odpadů a vyšší podíl různých kalů a odpadů z jiných průmyslových odvětví. Průmyslové komposty se z hlediska surovinné skladby vyrábějí dvěma způsoby:

- ✚ monotecnologický způsob výroby (kompost se vyrábí z 2 až 3 surovin)
- ✚ pestrá surovinová skladba (kompost se vyrábí z několika různých surovin z různých průmyslových odvětví)

III. Speciální komposty

Speciální komposty mají specifické biologické a fyzikálně-chemické vlastnosti, které odpovídají potřebám péče o zahradnických kultur. Jejich názvy jsou odvozeny od druhu organické hmoty, ze které jsou vyráběny (např. drnovka, rašelínovka, vesovka, í). Používají se hlavně v zahradnické výrobě (REICHLOVÁ E. a kol., 1996).

1.2.5 Možné způsoby realizace kompostování

Kompostování bioodpadů, odpadů ze zeleně a dalších biologicky rozložitelných odpadů se s ohledem na množství zpracovaného odpadu může provádět na následujících třech úrovních způsobu realizace.

- ✚ Domácí kompostování
- ✚ Komunitní kompostování
- ✚ Centrální kompostování

Na které dále uvedené metody kompostování jsou charakteristické pro určitý druh realizace kompostování (např. kompostování v kompostérech je typické pro domácí kompostování) nebo mohou být na které metody společné pro více druhů realizace kompostování (např. kompostování v pásových hromadách i s využitím flóral lze provádět na všech třech úrovních realizace kompostování). Domácí a komunitní kompostování je z pohledu zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech, ve znění pozdějších právních předpisů, vnímáno jako předcházení vzniku odpadů. Nevztahují se na ně tedy žádné právní povinnosti, což může být chápáno jako značná výhoda. Naopak je tomu u kompostování centrálního, které je dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech, ve znění pozdějších právních předpisů, považováno za nakládání s odpady. Provozovatel centrální kompostárny tedy plní povinnosti oprávněné osoby dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech a provádí cizích právních předpisů (JORDÁNKOVÁ K., 2014).

I. Domácí kompostování

Jedná se o činnost omezování množství odpadů ze zahrad a kuchyňského odpadu ve směsném komunálním odpadu v rámci rodinných domů a jejich zahrad. Je to jednoduchý způsob, jak omezit podíl odpadů ze zahrad a kuchyňského bioodpadu ve směsném tuhém domovním odpadu. Je výhodné spojit domácí kompostování odpadů ze zahrady s kompostováním odděleně sbíraného domovního bioodpadu. Domácí kompostování je možno organizovat v kompostových zákládkách v boxech i v kompostérech. Domácímu kompostování obě země Evropské unie věnují stejnou péči jako ostatním zahrádkářským činnostem. Při tom úspěšně uplatňují nejrozšířenější podporné prostředky zejména kompostové startéry pro urychlení kompostování, nebo různé dynamické postikové substance pro zintenzivnění fermentačního procesu a zvýšení agronomické účinnosti kompostu (VÁRKA J., 2002). Domácí kompostování

je podporováno zejména prostřednictvím informačních kampaní a finančních výhod (příspěvek na kompostér, nízké poplatky za odvoz KO atd.) (JORDÁNKOVÁ K., 2014).

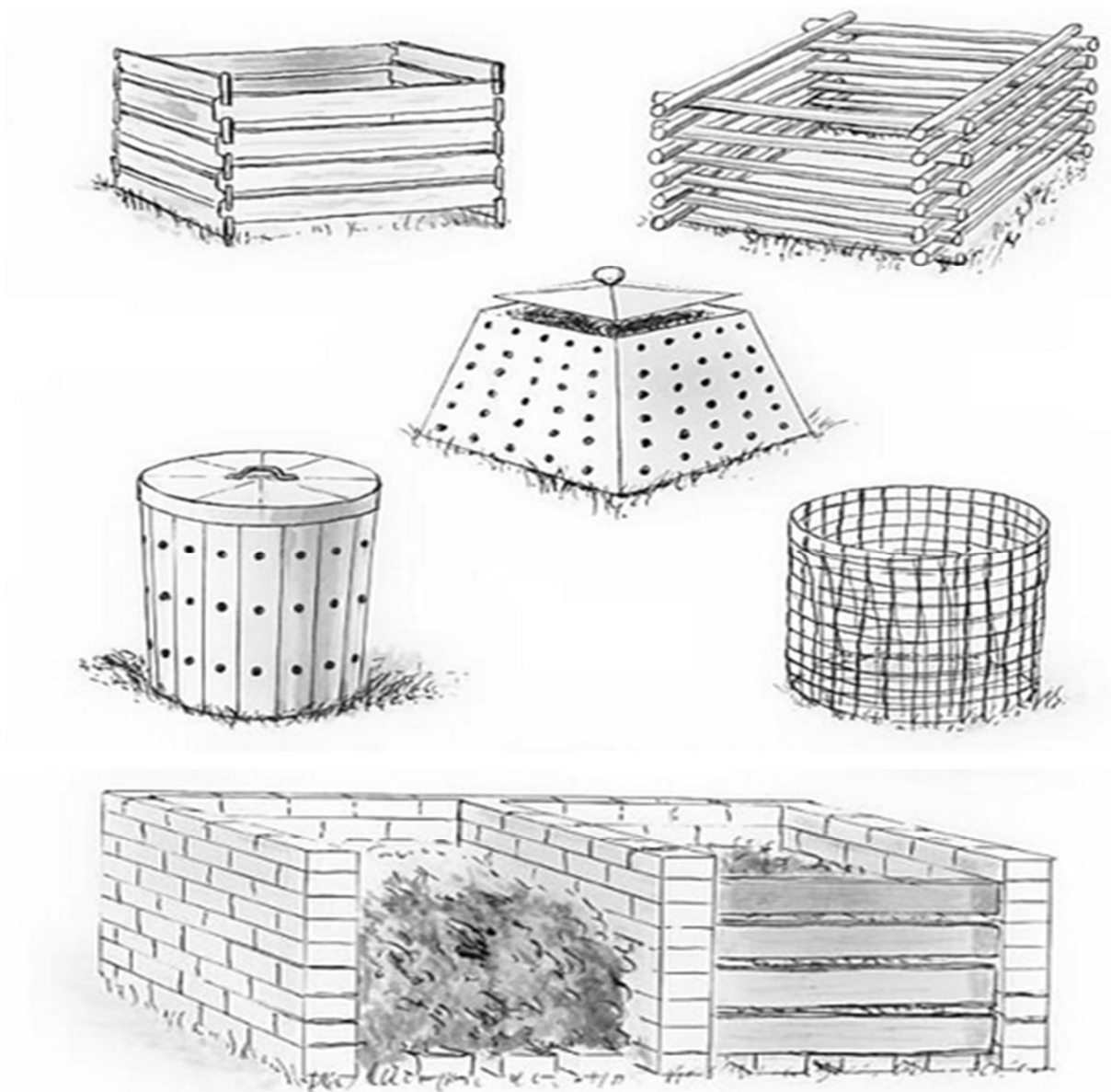
a) Kompostování v základce (kompostování na hromadě)

Tento způsob se využívá zpravidla tam, kde se produkuje velké množství surovin ke kompostování. Základka bývá umístěna na zastíněném místě zahrady s dobrým přístupem, vysoká 1 až 1,5 metru, optimální šířka u země je 2 metry, délka je libovolná (JORDÁNKOVÁ K., 2014). Je vhodné základku pravidelně promíchávat a po dosažení výšky ji překompat. Dlehlitě je dobré promíchání jednotlivých surovin (v kypřem stavu) ke kompostování. Obdobně doporučené vrstvení různých materiálů není vhodné. V průběhu roku se přidávají další bioodpady a po 3 až 6 měsících se kompost překompává. Kompost je po 9 až 12 měsících stabilizovaný a vhodný pro použití. Zvlhování zrajícího kompostu je vhodné například překompávkách. Pro lepší provzdušnění kompostu je dobré do něj umístit ventilaci například pomocí kulatin. Při tomto druhu kompostování je zapotřebí jen jednoduchého nářadí. Pokud je dodržena správná postup, není třeba uhlívat žádných podpůrných prostředků. Materiál může být obohatěn chlévským hnojem nebo kompostem (stačí jedna lopata hmoty na hromadu) (VÁCHA J., 2002). V oblastech bohatých na srážky, nebo během dlouhého období deště je vhodné hromadu dostatečně zakrýt fóliemi, nebo rohožemi, abychom zabránili zamokření.

Den až dva po založení se kompostovaná hmota zahřeje na teplotu přesahující 50 °C. Fáze mineralizace trvá několik dní až týdnů. Teplota v tomto období po překompení maxima plynule klesá. Hromada klesá na polovinu původní výšky. V důsledku sedání materiálu obsahuje hromada stále méně vzduchu. Kromě toho se mohou vytvářet různé vlhkostní zóny. Proto hromadu překompujeme. Při překompování materiál znovu promícháme. Při správném dodržení postupu je možné již po několika měsících kompost použít (KALINA M., 2004).

b) Kompostování v boxech

Boxy jsou zhotoveny z nejrůznějších materiálů: prkna, kulatiny, pletivo, cihly, apod. Usnadní práci s tvarováním figury, která bývá také do výšky až 1,5 metru. Boxy jsou bez dna z důvodu umožnění vstupu organismů - například fíflů. Technologie je stejná jako u kompostování v základce. Vhodné je použít těch boxů, které jsou naplněny materiálem v různé fázi zrání kompostu (VÁCHA J., 1994). Kompostování v boxech se doporučuje tam, kde je k dispozici méně místa, nebo tam kde je k dispozici méně množství surovin ke kompostování. Kompostování v boxech má výhodu, že termofilní fáze může probíhat již při množství 1 m³ surovin ke kompostování.

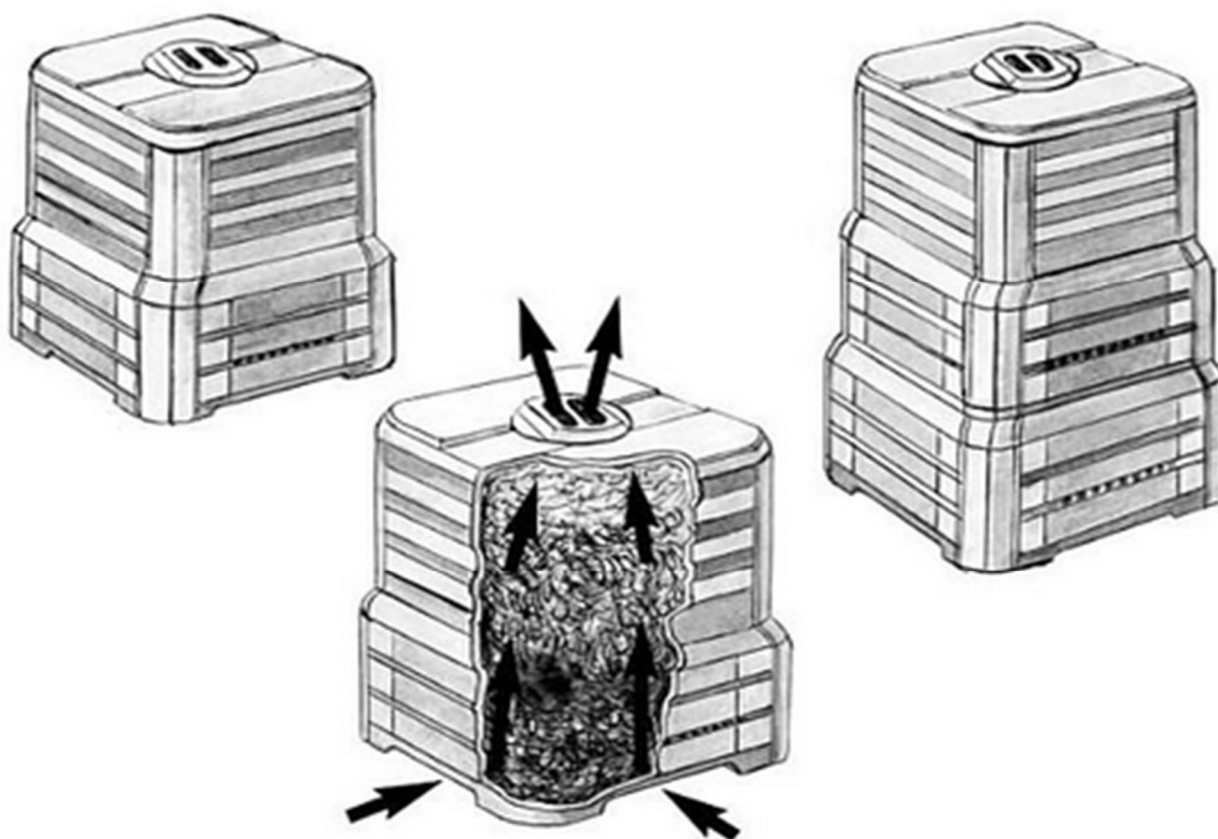


Obr 4: Typy boxů pro domácí kompostování (KALINA M., 2004)

Ve sborných zásobnících by neměly být suroviny ke kompostování déle než dva měsíce. To by se mělo zohlednit při plánování velikosti boxu, aby byl při zalození kompostu plný. Ve sporném případě bychom si mohli vybudovat raději menší box. Při plnění boxu s nahromaděnými surovinami (zalození kompostu) platí stejné zásady jako při kompostování v základce – dbáme na dobré promíchání a plnění látkami v kyprém stavu a také na regulaci vlhkosti. Je dobré položit na box desku, i jejíž n jak podobně zatížit, aby při silných deštových srážkách nebyl kompost příliš vlhký (KALINA M., 2004).

c) Kompostování v kompostérech

Bohatě dostupné kompostéry jsou zhotoveny z recyklovaného polyetylenu, mají různé konstrukce a různé objemy. Objem se pohybuje v rozmezí 240 až 400 dm³ u menších typů nádob a 800 - 900 dm³ u větších typů nádob. Na které kompostéry se plní vrchními i bočními otvory, jsou bez dna i s rotem na dně nádoby. V traci soustava vyvolává komínového efektu (KOTOULOVÁ Z., VÁCHA J., 2001).



Obr 5: Cirkulace vzduchu v kompostéru (KALINA M., 2004)

d) Vermikompostování

Vermikompostování, neboli kompostování s využitím řířál, je specifická metoda výroby kompostu za využití červeného kalifornského hybrida řířál *Eisenia foetida*, který se vyznačuje vysokou produktivitou a plodností. Dospělý jedinec spotřebuje denně stejné množství krmiva, kolik sám váží. Princip výroby kompostu, v tomto případě tzv. biohumusu, je založen na schopnosti řířál přeměňovat v trávicím traktu přijaté organické látky, z nichž pouze 40 % využívají pro svůj metabolismus a 60 % pro tvorbu biohumusu. Je ale nutné zabezpečit jim optimální podmínky, jako jsou například: teplota 19 až 22 °C, vlhkost substrátu 78 až 82 %, pH 6 až 8. řířály se nejvíce pohybují ve vrstvách s dostatkem kyslíku, nesnášejí přímé sluneční světlo a silný vítr. Jsou také velmi citlivé na pesticidy (FILIP J., 2006). Takto zpracováváný kompost dosahuje vyššího stupně přeměny organické hmoty. Kompost obsahuje jako nejčastější složky řířálí výkaly. Tento druh kompostování se realizuje pomocí fólie se založeným nízkým záhonem, pomocí polypropylenového kontejneru nebo v uzavřeném stáří kompostu 2 až 3 m síce (KOTOULOVÁ Z., VÁŘA J., 2001). Krmivo nesmí obsahovat nadměrné množství pavku a bílkovin. Pokud by krmivo obsahovalo více jak 45 % bílkovin, řířály uhynou. Jejich nejvhodnějším krmivem a jejich přirozeným prostředím je překompostovaná směs hnoje, slámy, pilin, kory, kejdy, papíru atd. (VÁŘA J., 1994). Stále více oblíbené je například kompostování v dřevěných bednách. Naopak je tomu u řířál, od jejichž využití se spíše ustupuje. Některé dřevěné bedny jsou obecně náchylné na podmínky prostředí, řířály a jejich použití je tedy výhodnější. (FILIP J., 2006).

II. Komunitní kompostování

Komunitní kompostování je kompostování, na kterém se podílí skupina lidí (komunita, domovní blok, zahrádkářská kolonie) s cílem využít svůj vlastní bioodpad a získaný kompost využít co nejbližší místa vzniku. Jedná se o systém třídění a zpracování bioodpadu v rámci sídliště, škol, ekologických středisek pro mládež, zahrádkářských kolonií atd. Vytříděný bioodpad je předán na kompostoviště, které slouží pro službu komunit. Výroba kompostu je zpravidla v nákladu 10 až 20 tisíc Kč ročně. Velmi důležitá je informovanost členů o třídění odpadu a existence provozního řádu. Kompostoviště slouží jen ústředním a pro ostatní je uzavřeno. O výsledný kompost se dělí také jen ústředníci komunitního kompostování a je využíván pro zelené plochy, květinové záhony, substráty pro hrnkové a truhlíkové květiny. O společné zařízení se starají správci domů nebo jejich obyvatelé. Výhodou pro členy komunity využívající společné zařízení je snížení nákladů na pořízení jednotlivých částí

za ízení. Nevýhodou je jejich společné vlastnění a rozdělení nákladů na údržbu. Problémem může být také zhoršená čistota a kvalita vytištěného bioodpadu oproti domácímu kompostování. Kompostování ve veřejném případě probíhá pomocí zakládek nebo boxů. Může se použít velký kompostér nebo biofermentor s řízenou aerací. Komunitní kompostéry jsou vhodným řešením pro místa, kde kompostování probíhá na veřejném prostranství. Uzavřený kompostér by měl být také zabezpečen proti potkáním a jiným hlodavcům, kteří by případně mohli proniknout k odpadu. Kompostér by měl být umístěn na zastíněném místě blízko obytných budov, například ve stejných podmínkách, jako nádoby s odpadem, kvůli případným pachům. Pěkopávání se realizuje pomocí pěkopávy nebo lze pěkopávat ručně (KOTOULOVÁ Z. a VÁVROVÁ J., 2001). Komunitní kompostování je vhodnější oproti skládkování odpadu, protože organické složky komunitního odpadu mohou z důvodu objemu během skládkování narůstat množství skládky a následně způsobit únik toxických výfuků do spodní vody. Omezením bioodpadů se tak nejen sníží náklady za svoz a likvidaci odpadu, ale mimo jiné ulehčí nakládání s odpady bezpením. Vhodná je podpora komunitního kompostování obecním úřadem, který může provést průzkum a na základě výsledků rozhodne, zda musí kompostování předcházet informační kampaň. Informační kampaň se týká všech veřejných kategorií obyvatel obce. Obsahuje informace o tom, jak kompostovat, o dosažených výsledcích a veřejné rady. Vhodnou podporou obce jsou finanční odměny pro organizátory komunitního kompostování, sleva na poplatku za odpady pro domácnosti, odměna pro organizátory kompostování, odměna pro domácnosti, které kompostují, zapůjčení kompostéru. Finanční odměna se také může odvíjet od množství vyprodukovaného kompostu. Obec se díky komunitnímu kompostování sníží náklady na svoz a likvidaci části odpadu. Obec může podpořit komunitní kompostování prostřednictvím zapůjčení pěkopávy, drtiče, pěkopávy, apod. svým obyvatelům (KROPÁEK, I. a VÁVROVÁ, V., 2008).

Komunitní kompostování definuje novela zákona o odpadech 314/2006 Sb. v paragrafu 10a:

Pro účely této části zákona se rozumí

- ☞ komunitním kompostováním - systém sběru a shromáždění rostlinných zbytků z údržby zeleně a zahrad na území obce, jejich úprava a následné zpracování na zelený kompost,
- ☞ zeleným kompostem - substrát vzniklý kompostováním rostlinných zbytků
- ☞ veřejnou zelení - parky, lesoparky, sportoviště, dětská hřiště a veřejně přístupné travnaté plochy v intravilánu obce

1. 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.
2. Úprava a kompostování zelených zbytků musí být provozovány tak, aby nedošlo k narušení složení životního prostředí nad míru stanovenou zvláštními právními předpisy. Kompostovací proces musí být řízen tak, aby byl zajištěn aerobní mikrobiální rozklad organické hmoty bez vzniku zápachu a emisí metanu.
3. Jiné využití zeleného kompostu, než je uvedeno v odstavci 2, je možné pouze za splnění podmínek stanovených zvláštními právními předpisy (SLEJTKA A., 2007).

III. Centrální kompostování

Centrální kompostování je průmyslové a zemědělské kompostování, které organizuje obec, obecní podniky i soukromé subjekty. Zajišťuje se na kompostovišti (s produkcí kompostu 50 až 500 tisíc kg kompostu za rok) nebo na kompostárně (s produkcí kompostu min. 500 tisíc kg ročně). Na těchto zařízeních se provádí kompostování většinou na kompostových základkách nebo v biofermentorech. Tyto centrální zařízení bývají tradičně označovány jako průmyslové kompostárny a způsob výroby kompostu je usmírněn platnou SN 465735 "Průmyslové komposty". Vhodné je, aby byla kompostárna doplněna malým sbírným dvorem, nebo pro obecně je výhodné, aby při dovážení odpadů ze zahrad na kompostárnu zároveň dováželi i vyřazené zařízení z domácnosti včetně oddělených shromážděných nebezpečných složek komunálního odpadu a nazpět piváři komposty a substráty pro svou zahradu (VÁRKA A J., 2002). Centrální kompostování je finančně náročné. Investiční náklady jsou majoritní složkou všech nákladů. Mechanizace, která představuje jednoválcovou stroje, vytváří neúměrně fixní náklady. Nižší náklady jsou při použití univerzálních mechanizačních prostředků. Tyto prostředky však neodvádí tak kvalitní práci jako jednoválcové stroje. Výhodné (oproti nákupu vlastní mechanizace) jsou mobilní technologické linky, které se přepravují od kompostárny ke kompostárně a provádějí v dohodnutých intervalech třídění, pérování, prosévání atd. Možností je také srušení

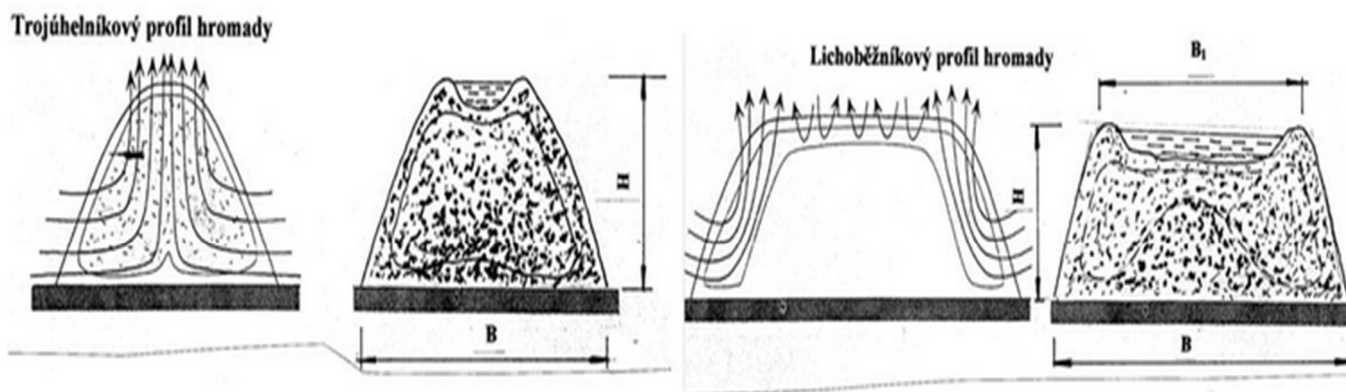
n kolika kompostáren v rámci regionu nebo provoz n kolika kompostáren jedním subjektem (JORDÁNKOVÁ K., 2014).

Při kompostování je třeba dodržovat vyhlášku č. 6/1977 Sb. "o ochraně jakosti povrchových a podzemních vod, podle které jsou aerobně stabilizované komposty n které kompostované odpady považovány za látky ohrožující jakost nebo zdravotní nezávadnost vod. Kompostoviště nebo kompostárny musí být zabezpečeny nepropustnou úpravou proti riziku úniku závadných látek do půdy nebo do vod a zároveň musí zabránit nechtěnému smísení látek se srážkovými vodami. Výrobní plochy kompostárny musí být nepropustné a musí být chráněny proti vniknutí povrchových srážkových vod obrubníky a musí být konstruovány tak, aby umožnily odvod srážkových vod a splach z kompostu do podzemní nebo nadzemní jímky odpovídající kapacity. Jelikož vodohospodářsky zabezpečená kompostárna je investičně nákladná (1 m² vyjde cca na 3000 Kč), tak se dnes pro kompostování odpadů často využívají vodohospodářsky zabezpečené silážní fláby, hnojiště a zemědělská sloviště a ve městech též areály bývalých uhelných skladů. Rekonstrukce těchto zařízení na kompostárny probíhá s minimálními úpravami (VÁCHA J., 2002).

a) Kompostování na volné ploše

Kompostování na volné ploše bývá rozdělováno na:

- ✚ kompostování v pásových hromadách (v kretech)
- ✚ kompostování v plošných hromadách



Obr 6: Nejast j-í tvary zakládek kompostu (MACH P., 2008)

1. Kompostování na volné ploše v pásových zakládkách je nejefektivnějším způsobem. Hlavní postup pro efektivní úpravy pro kompostování v kretech je drcení a míchání odpadu. Nejvhodnějším tvarem kretu je lichoběžník (optimální šířka 3 až 6 metrů, optimální výška až 2,5 metru). Důležité je, aby během zrání kompostu (až několik měsíců) byl kompost pravidelně ekopáván.
2. Kompostování na volné ploše v plošných hromadách je zase nejstarší kompostovací technologií z důvodu neexistence vhodné mechanizace pro zakládání pásových hromad. Kompost se zakládal vrstevně do výšky 0,5 m a pravidelně se pluhem (byl zapravován do země jako při orbě). Dnes je tento způsob využíván hlavně ve velkých kompostárnách a to až do výšky 5 m, pravidelně je pak speciálním způsobem ekopáváno (PLÍVA P. a KOLLÁROVÁ M., 2010).

b) Kompostování v bioreaktorech

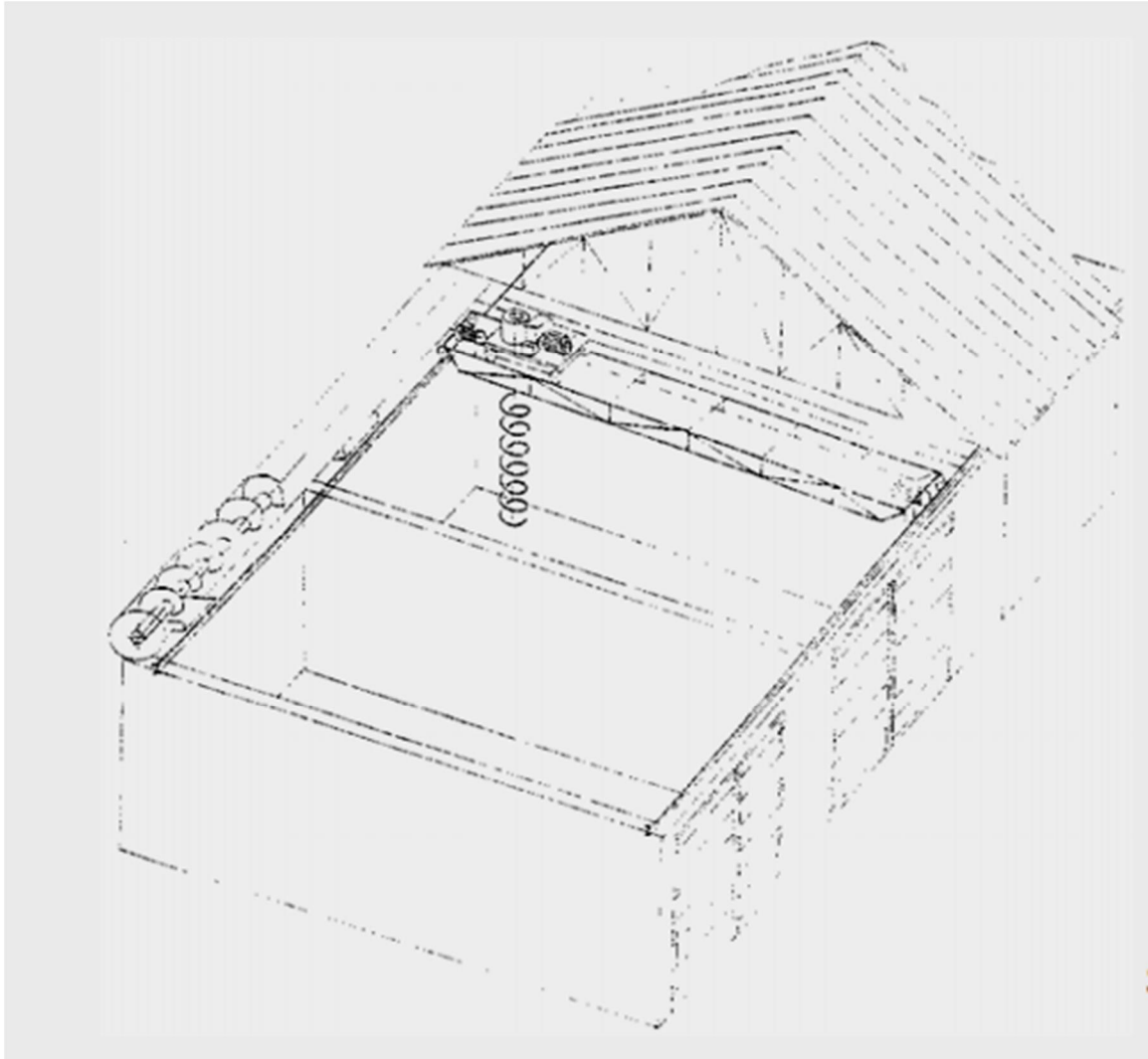
Kompostování v bioreaktorech je kompostování v řízených podmínkách. Výhodou tohoto kompostování je, že slouží ke zpracování mnohem většího podílu tekutých odpadů. Bioreaktory jsou zpravidla kontinuální. Kompostovací cyklus trvá 5 až 7 dní při teplotě 55 °C a za přítomnosti vzduchu. Následně je třeba kompost nechat dozrát cca 1 měsíc. Rychlá péče na biologických materiálech sebou přináší ale značné energetické a provozní náklady (TESA OVÁ M. a SZOSTKOVÁ M., 2010). Proces probíhá v tepelně izolovaných boxech, kontejnerech, tunelech, v říčních nebo bubnech. Bubnové typy bioreaktorů umožňují zároveň dokonalé míchání materiálů. Výhodou tunelových (například typ BAV) a vlnových bioreaktorů je

v jejich kontinuálním provozu, kde z jedné strany jsou průběžně plněny a z druhé strany vychází po 10 - 14 dnech zfermentovaný substrát. Nejrozšířenější typ bioreaktoru je tepelně izolovaný box a kontejner s dobou fermentace 6 - 10 dnů s průběžným provzdušňováním substrátu dmychadly, s regulací teploty a s biofiltry na vstupu odpadních plynů. Výstavba betonových stacionárních bioreaktorů se ale neosvědčila a je nahrazována mobilními formami na bázi kontejnerů. Ve srovnání s klasickým kompostováním má kompostování v bioreaktorech následující výhody:

- ✚ výrazné urychlení procesu fermentace
- ✚ výrazné omezení plochy potřebné pro kompostování
- ✚ devitalizace semen plevelů a patogenních mikroorganismů v celém objemu fermentovaného materiálu
- ✚ omezení nepříznivých vlivů kompostování na prostředí a snížení rizika znečištění vody a ovzdušší
- ✚ omezení vlivu povětrnostních podmínek na průběh fermentačního procesu
- ✚ plně automatizovaný provoz (VÁCHA J., 2000)

c) Kompostování v boxech

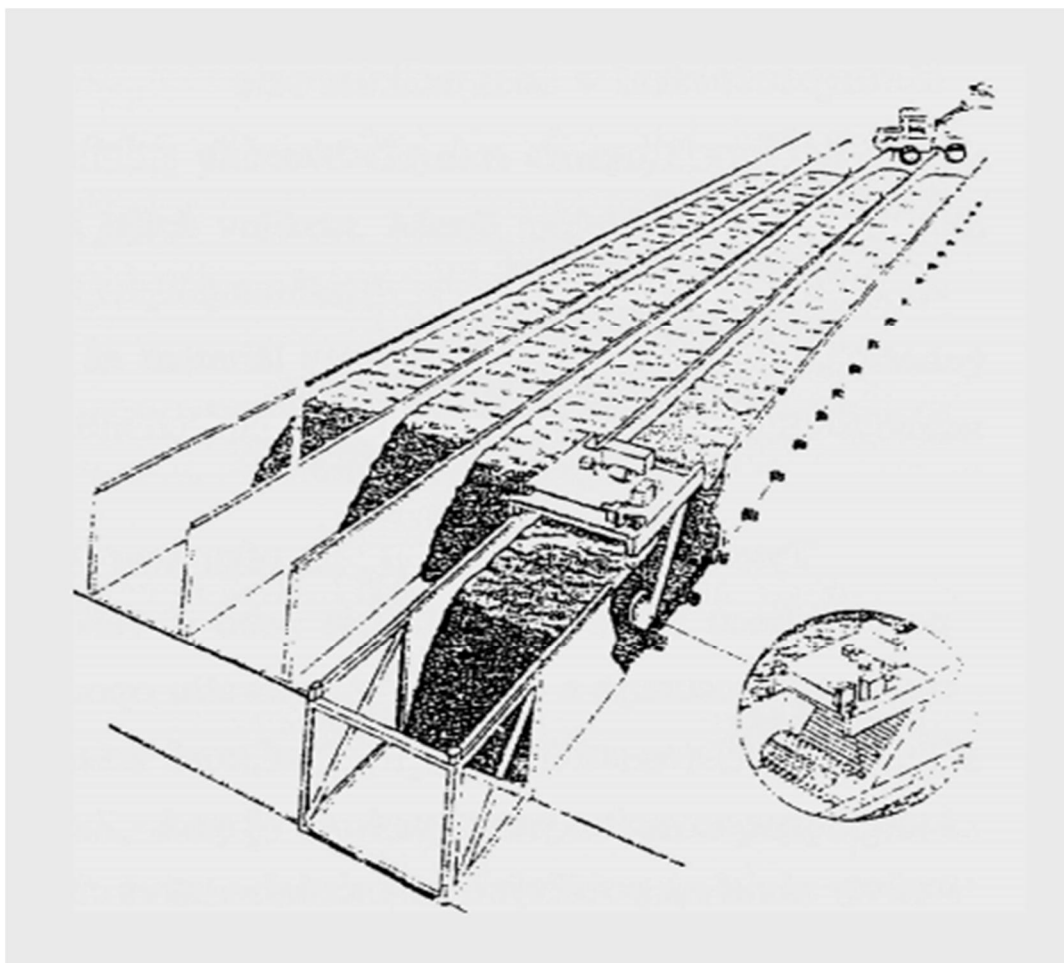
Kompostování v boxech je charakterizováno dobrou možností řízení kompostovacího procesu, zachycením praskavých vod a plynů. Nejčastěji tato metoda využívá kontejner o objemu 30 až 100 m³. Doporučuje se kompost nechat dozrát v pásových hromadách (JORDÁNKOVÁ K., 2014). Polouzavřená kompostovací zařízení v boxech by měla být umístěna pod střešou z důvodu ochrany základky před převlhčením deštěm. Boxy z betonových monolitických desek mají délku 10 až 12 m, šířku 3 až 4 m a výšku 2,5 až 3 m. Vložený do každého boxu je otevíratelný. Součástí systému je zavlažovací zařízení, které zabezpečuje potřebnou vlhkost. Provzdušňování materiálu zajišťují ventilátory, které vhánějí vzduch přes roty na dně boxu. Pěchovací zařízení je nesené na jeřábové kočce a zasáhne snadno kterékoliv místo v každém boxu. Pracovní orgán pěchovává a jeřábovice opatřená trny, které zabezpečují průběžnou mechanickou destrukci částic. Doba kompostování v 1 boxu trvá 2 až 4 měsíce (MACH P., 2008).



Obr 7: Schéma kompostovacího zařízení pro kompostování v boxech (MACH P., 2008)

d) Kompostování ve žlabech

Kompostování ve flabech je řízené kompostování s intenzivním provzdušňováním. Provzdušňování usnadňuje a urychluje celý proces přeměny látek. Kompostovací prostory mají tvar flab, zaplněných kompostem. Nad těmito flabami se pohybuje pékopačací mechanismus. Některé přijímací bunkry umožňují míchání různých surovin a optimalizaci zakládky. Zaváděcí zařízení není pojízdné a je umístěno na jednom konci flabu. Zavádění kompostu se provádí jednou až dvakrát denně. Nad flabem se pohybuje mobilní provzdušňovací a homogenizační zařízení. flaby bývají 2,8 až 3,0 m široké a 2,5 až 4,5 m vysoké (MACH P., 2008).



Obr 8: Schéma kompostovacího zařízení s využitím kompostovacích flab (MACH P., 2008)

IV. Ostatní, netradiční způsoby kompostování

Kompostování ve vácích (Ag Bag) - kompostovaný materiál je namíchán a uložten do vaku, kde je také provzdušňován. Po 8 týdnech se kompost vyndá z vaku a 4 týdny dozrává. Kompost je ve vaku chráněn před povtrnostními vlivy, nemusí se zavlažovat, nemusí se chránit před vzdušnou vlhkostí. Z vaku by nemlo nic neunikat a materiál by neml zapáchat. Při plnění materiálem je do vaku dána perforovaná hadice, kterou se následně do vaku vhání vzduch. Na několika místech se na vak umístí ventil pro měnění funkčnosti procesu (JORDÁNKOVÁ K., 2014).

1.2.6 Situace v ČR

Kompostování na území České republiky má jednu z nejstarších tradic v Evropě, nebo první kompostárna s řízenou technologií u nás byla uvedena do provozu v roce 1912. Od té doby byl nepřetržitý rozvoj kompostování až do roku 1987, kdy se na území České republiky vyrobilo téměř 2500 mil. kg kompostu s významným zastoupením komunálních a průmyslových bioodpadů a stíreňských kalů v surovinové skladbě kompostu. Teprve po roce 1989, kdy kompostování odpadů ztratilo státní dotační podporu, se výroba kompostu minimalizovala na roční množství 200 - 400 mil. kg. Vyráběné komposty v tomto období byly využívány především při rekultivacích a při zakládání a údržbě zeleně. V minulosti bylo kompostování považováno za deficitní z hlediska udržení úrodnosti zemědělské půdy s cílem dosažení soběstačnosti státu ve výrobě potravin. V podmínkách restrukturalizace zemědělství a souasně agrární politiky není zájem zemědělského resortu o podporu kompostování. Kompostování však zůstává významným nástrojem v odpadovém hospodářství a při uplatnění legislativy odpadů jeho význam a podpora z resortu životního prostředí stoupá. Právní úprava odpadového hospodářství (zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změnách některých dalších zákonů) přibližuje Směrnicí rady 99/31/EC "o skládkování odpadů". Jedním z požadavků Plánu odpadového hospodářství ČR je omezení množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů ukládaných na skládky (VÁ A J., 2002). To lze řešit právě kompostováním biologicky rozložitelných odpadů. V současné době ale není v tuzemsku zařízením kompostáren problém s odběrem hotového kompostu.

1.2.7 Legislativa

Kompostárna je zařízením k využívání odpadů a lze ji provozovat pouze se souhlasem příslušného krajského úřadu, který souasně obsahuje i souhlas s provozním řádem kompostárny. Ukládání souhlasu může úřad vázat na podmínky. Obsah provozního řádu je dán Přílohou č. 1 vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Z pohledu vyhlášky 6/1977 Sb. o ochraně jakosti povrchových a podzemních vod jsou aerobně stabilizované komposty závadnou látkou ohrožující jakost a zdravotní nezávadnost vod. Lze tedy provozovat jen vodohospodářsky zabezpečené kompostárny. Uvádění kompostu do oběhu prodejem a užíváním kompostu na zemědělskou půdu spadá pod zákon č. 308/2000 Sb., o hnojivech. Způsob výroby kompostu na kompostárně je usmírněn platnou

normou SN 465735 "Pr myslové komposty". Závaznost této normy je jen v n kterých bodech. Podle SN 465735 musí být pr myslový kompost hn dá, –edo erná afl erná homogenní hmota, drobtovitá afl hrudkovité struktury bez nerozpojitelných ástic. Nesmí vykazovat pachy sv d ící o p ítomnosti neřádoucích látek. Závazný je pofladavek SN na nejvy—í p ípustné mnořství sledovaných látek v kompostovatelných odpadech. Dal—í ustanovení SN jsou závazné pouze p i výrob registrovaného pr myslového kompostu. Jde zejména o pofladované jakostní znaky s výjimkou znaku homogenity (VÁ A J., 2002).

Základní p ehled legislativy, která se týká kompostování a bioodpad :

- ✚ **Zákon . 185/2001 Sb. o odpadech, ve zn ní pozd j—ích p edpis**
- ✚ Vyhlá-ka . 474/2000 Sb., o stanovení pofladavk na hnojiva, ve zn ní pozd j—ích p edpis
- ✚ Vyhlá-ka . 381/2001 Sb. šKatalog odpad ,õ ve zn ní pozd j—ích p edpis
- ✚ Vyhlá-ka . 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve zn ní pozd j—ích p edpis
- ✚ Zákon . 254/2001 Sb., o vodách a o zm n n kterých zákon (vodní zákon), ve zn ní pozd j—ích p edpis
- ✚ Vyhlá-ka . 299/2003 Sb., o opat eních pro p edcházení a zdolávání nákaz a nemocí p enosných ze zví at na lov ka, ve zn ní pozd j—ích p edpis
- ✚ Vyhlá-ka . 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadu na skládky a jejich vyuffívání na povrchu terénu, ve zn ní pozd j—ích p edpis
- ✚ Vyhlá-ka 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozlořitelnými odpady, ve zn ní pozd j—ích p edpis
- ✚ Na ízení vlády . 197/2003 Sb., o plánu odpadového hospodá ství R, ve zn ní pozd j—ích p edpis
- ✚ Na ízení evropského parlamentu a rady (ES) . 1069/2009, ze dne 21. íjna 2009 o hygienických pravidlech pro vedlej—í produkty řivo i—ného p vodu a získané produkty, které nejsou ur eny k lidské spot eb , ve zn ní pozd j—ích p edpis
- ✚ Sm rnice EU . 1999/31/ES o skládkách odpad , ve zn ní pozd j—ích p edpis [ONLINE 6]

Z Plánu odpadového hospodá ství pro eskou republiku vyplívá, ře biologicky rozlořitelný podíl komunálního odpadu, který je ukládán na skládky, musí být postupn omezován

v souladu s harmonogramem, který je stanoven v Plánu odpadového hospodářství ČR a kraj (Nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o plánu odpadového hospodářství České republiky). Cílem bylo snížit tento podíl do roku 2010 na 75 %, do roku 2013 pak na 50 % a do roku 2020 bude třeba snížit podíl biologicky rozložitelného komunálního odpadu ukládaného na skládky na 35 % celkového množství (hmotnosti) biologicky rozložitelného komunálního odpadu vzniklého v roce 1995. Biodepad je v současné době ukládán na skládky jako část směsného komunálního odpadu, kde BRKO tvoří cca 40 až 50 % hmotnosti odpadu [ONLINE 6]. Ze směrnice č. 1999/31/ES o skládkách odpadů pro ČR dále vyplývala možnost oddálení splnění stanovených cílů o tyto roky. Možnost se týkala států, které v r. 1995 ukládaly na skládky více než 80 % komunálního odpadu. Této možnosti ČR využila a stanovila si cíle uvedeny výše. Českým státům bylo ukládáno vypracovat strategii opatření, které povedou k omezení ukládání BRO na skládky. Jedná se především o kompostování, výrobu bioplynu nebo zhodnocení surovin a energie. Omezení ukládání tohoto druhu odpadu na skládky by mohlo především řešit problém se snížením tvorby metanu ze skládek, zmírní globálního oteplování v důsledku skleníkového efektu (JORDÁNKOVÁ K., 2014).

1.2.8. Procesy na kompostárně

Při kompostování dochází k mnoha procesům, jako například (ENVIPROJEKT, 2008):

- ✚ Svážení a skladování surovin
- ✚ Příprava surovin (např. rozmělnění)
- ✚ Ukládání surovin do zakládky (vrstvením různých surovin) a tvarování kompostovacích hromad (trojúhelníkový i lichoběžníkový tvar)
- ✚ Překopávání kompostu
- ✚ Sledování kompostovacího procesu (monitorování, teplota, vlhkost,..)
- ✚ Ukončení kompostování (hodnocení znaků stabilizace prvního kompostu)
- ✚ Zpracování hotového kompostu (prosetí kompostu)
- ✚ Expedice kompostu
- ✚ Využití kompostu

Dále se v práci budeme zabírat především bodem zpracování hotového kompostu, tedy prosetí kompostu a zpracování nadsítné sloflky.

Pro konečnou úpravu kompostu je nutné kompost prosít. Může se využít malé síto (kater) s ručním prohazováním, případně mechanizace (vibrační rovinné síto, rotační válcové síto apod.). Následně složka je následně vrácena opět do kompostovacího procesu, nežádoucí příměsi (plasty, sklo, kovy apod.) jsou odstraněny.

V následující kapitole je popsáno, jak tento proces probíhá na různých kompostárnách.

2 MATERIÁL A METODIKA

2.1 Zpracování kompostu a nadsítné složky na kompostárnách

Informace o zpracovávání zralého kompostu a nakládání s nadsítnou složkou byly postupně získávány za pomoci internetu, telefonát, email nebo osobních návštěv různých kompostáren. U většiny dotázaných kompostáren se podařilo získat alespoň základní informace o nakládání se zralým kompostem a nadsítnou frakcí.

2.1.1 Kompostárna Rapotín

Kompostárna v Rapotíně zpracovává ročně 15 000 000 kg BRO. Zralý kompost je přesíván pomocí bubnového síta. Nadsítná složka, tedy zralý kompost, je následně ukládána do prostoru slouflicího jako mezisklad, odkud je následně odebírána k distribuci. V meziskladu může kompost ještě případně dozrát, nebo být upravován podle nárok odběratele. Nadsítná složka je hrubě vyčištěna od větších minerálních a plastických, případně dalších cizích látek a následně je navrácena na začátek kompostovacího procesu.

Množství nadsítné složky na kompostárně Rapotíně je za normálních podmínek 15 až 20 %. Pokud jsou pracovníci kompostárny nuceni naplnit kapacitní dlevod přesívat kompost i za nevhodných podmínek (například vysoká vlhkost kompostu) vzniká nadsítné složky více, a to až 40 - 50 %.

2.1.2 Kompostárna Zábřeh

Provoz kompostárny v Zábřehu v Olomouckém kraji zajišťuje firma EKO servis Zábřeh s.r.o. Kompostárna funguje od roku 2009 a zpracovává bioodpad z domácností a veškeré zelenou novou technologií do plastových vaků. V současné době je kompostárna schopná zpracovat cca 900 000 kg odpadu ročně a jejím produktem je certifikovaný šAgrokompost. Kompostovaný materiál má jen dvě složky – trávu a domovní odpady. Ty jsou rozdrčeny a smíchány v drtícím/míchacím vozu a poté je smíchaný materiál pomocí kompostovacího lisu dávkován do vaků. Zároveň s materiálem jsou do vaku vkládány pomocí kompostovacího lisu i perforované provzdušovací hadice, které zajišťují průvod vzduchu. Po naplnění jsou do vaku probodnuty díry, které slouží jako odvod přebytečného vzduchu z vaku. Kompostování ve vaku trvá zhruba 3 měsíce, poté kompost 1 měsíc dozrává na hromadě.

Následně je kompost přesíván. Nadsítná složka je vrácena na začátek procesu jako zdroj potravních mikroorganismů pro kompostovací proces.

Na této kompostárně z 1000 kg kompostu vzniká cca 100 kg nadsítného materiálu. Tento materiál je dán zpět na zpracování a znovu jej zkompostují. Průměrně zde tedy vzniká 10 % nadsítné složky.



Obr 9: Kompostárna v Záběhu o kompostování ve vacích (WWW.EKOZABREH.CZ)

2.1.3 Kompostárna Otrokovice

Množství zpracovaného odpadu na otrokovické kompostárně je maximálně 1 000 000 kg ročně, množství vyrobeného kompostu činí asi 450 000 kg ročně. Kompostárnu v Otrokovicích provozují Technické služby Otrokovice s.r.o. Zpracovávají zde především odpady z údržby zeleně. Kompostování se uskutečňuje v polouzavřených boxech. Vyprodukovaný kompost je využíván pouze pro vlastní potřeby. Kompostovací proces v boxu trvá cca 5 týdnů, během kterých je kompost 2x překopán. Po 5 týdnech je kompost z boxu vyvezen a 6 měsíců dozrívá na hromadě. Během dozrívání je kompost ještě 2x překopán. Po dozrání je kompost pomocí prosévání přesíván. Nadsítná složka se vrací 1x do kompostovacího procesu. Poté je odvážena na skládku, kde je zpracována jako odpad.

Na této kompostárně průměrně vzniká 20 % nadsítné složky.

2.1.4 Kompostárna Bludov

Kompostárna Bludov zpracovává ročně 1 000 000 kg odpadu a produkuje cca 300 000 - 450 000 kg kompostu. Kompost je využíván k vlastní potřebě.

Na kompostárně v Bludově při procesu kompostování nevzniká nadsítná složka. Jsou zde kladeny nároky na kvalitu vstupních materiálů. Kompost zde není přesíván, protože využití

kompostu je k vlastní potřebě (včetně na zem dle potřeby), tak nejsou na jeho kvalitu vyžadovány takové nároky jako na ostatních dotazovaných kompostárnách.

2.1.5 Kompostárna Slavkov u Brna

O provoz této kompostárny se starají Technické služby Slavkov u Brna. Kompostárna byla uvedena do provozu v roce 2009. Kompostování je prováděno v pásových hromadách na volné ploše. Množství zpracovaného odpadu je maximálně 950 000 kg ročně. Kompostování se zde uskutečňuje v trojúhelníkových hromadách. Zralý kompost je uskladněn v areálu kompostárny na zpevněné ploše. Kompostovaným materiálem jsou odpady z údržby zeleně města a biologicky rozložitelné odpady vytídné obcí Slavkova. Materiál je vytídněn, podrcen a promíchán v drtiči/míchači. Na této kompostárně jsou tudíž nevhodné nevhodné materiály z odpadu/kompostu již při odebírání odpadu od občanů (Odebírání odpadu probíhá pomocí přesypávání pytlíků a nádob na BRKO vytídněného odpadu do sběrného vozu.). Dále jsou nevhodné materiály vybírány z odpadu/kompostu na kompostárně při zakládání hromad a také při zrání kompostu a při jeho pékávání. Odebírány jsou materiály jako kamení, plasty, větší kusy dřeva, různé předměty, apod. Následně složku zde tvoří zejména dřevěná kůra a kůlky. Vytídněné dřevěné kůry na kompostárně je následně vyfukováno jako palivové dřevě. Tato kompostárna patří k nejlepším v ČR. Jejím produktem je velmi kvalitní kompost a jako jedna z mála kompostáren nemá problémy s jeho odběrem.

Na této kompostárně vzniká cca 15 % násánné složky, která je navracena do kompostovacího procesu.



Obr 10: Kompostárna Slavkov u Brna (foto: Radoslav Lánský, ředitel technických služeb Slavkov)



Obr 11: Vytídněné dřevěné kůry ve slavkovské kompostárně (foto: Radoslav Lánský, ředitel technických služeb Slavkov)

2.1.6 Centrální kompostárna Brno

Centrální kompostárnu Brno vlastní a provozuje od roku 2009 společnost SITA CZ a.s. Kompostárna je certifikována dle ISO 9001, ISO 14001 a OHSAS 18001. Kompostování se provádí v betonových flabelech. Brněnská kompostárna je schopná zpracovat až 70 mil. kg BRO ročně. Certifikované komposty mají obchodní název šedý drak (kompost, jeho složkou jsou i kaly z OV), zelený drak (kompost pouze z rostlinných odpadů) a šedý drak (substrát, vzniklý smícháním kompostu a zeminy). Celková plocha kompostárny je 21 200 m². Celý prostor tvoří zpevněná plocha. Kompostovány jsou pouze biologicky rozložitelné odpady. Do kompostu se vyfukují pouze deky bez píků (včetně nelepěných palet), které se drtí na frakci o velikosti 5 cm. Kompostování se uskutečňuje bez přepokávání pouze s provzdušňováním. Ventilátory jsou samostatné pro každý z boxů a jsou používány na 1 hodinu denně. Zavlažování je prováděno dle potřeby, na základě měření vlhkosti kompostu (vlhkoměr). Celková doba kompostování je 6 měsíců. Po skončení celého procesu je kompost přesíván na bubnovém síti, nadsítná frakce je znovu vyfukována během dalšího kompostovacího procesu. Hotový kompost je skladován na ploše volně ložený.

Množství nadsítné složky je zde různé, záleží samozřejmě na přísadách a materiálech, které vstupují do kompostovacího procesu. Průměr je to asi okolo 35 %.

2.1.7 Zahraniční kompostárny

Následně zmíněné kompostárny se nachází v Itálii v provincii Miláno.

Kompostárna Berco s.r.o.

Kompostárna Berco zpracovává ročně 20 mil. kg kuchyňských odpadů, 40 mil. kg zahradních odpadů a dalších 200 mil. kg různých materiálů nakupuje a připravuje z nich rozlišené přestílkové substráty. Po ukončení kompostovacího procesu je kompost přesíván na vibračním síti, které má oproti bubnovému tu výhodu, že se neucpává. Nejprve jde kompost na síť s okem 40 mm. Nadsítná frakce jde na vzduchový třídič. Nadsítná frakce je dále tříděna na síť s okem 20 mm. Nadsítná frakce se společně s nadsítnou frakcí z předchozího třídění vrací na začátek procesu jako zdroj mikroflóry. Nadsítná frakce je uložena do meziskladu. Před distribucí i smícháním do rozlišených substrátů je tříděna na síť s průměrem oka 10 mm

Kompostárna FerGEO

Kapacita kompostárny FerGEO S.r.o. je 12 mil. kg za rok. Zelený odpad je po převozu na kompostárnu ukládán na volné ploše a následně drcen. Kuchyňský odpad je převozen do haly, kde je i následně pomocí elních nakladačů promícháván s rozdrčeným zeleným odpadem v poměru 1:1. Kompostové hromady jsou zakryty polopropustnou textilií, její hlavní funkce je eliminace zápachu a udržení vlhkosti. Zatímco vzduch přes textilií prochází, tak vlhkost se na její vnitřní straně sráží a zachytává v sobě zápačné látky, které buď se dostanou zpátky do kompostu, nebo v této vrstvě biodegradují. Zralý kompost je sítován na tři frakce:

- ✚ Výmet, který posílají na skládku, jelikož jde zejména o plasty, tak by bylo vhodné jej posílat na suchou stabilizaci, kde by z něj bylo vyrobeno RDF. Protože tato frakce představuje pouze asi dvě procenta, tak firmu provozující kompostárnu zatím poplatky za ukládání odpadu na skládku moc nezatíží.
- ✚ Střední nadsítná frakce je přidávána na zátku technologie do surovinové skladby.
- ✚ Kompost (síto s průměrem oka 12 mm) (VÁŘA J., 2002*).

Celá předcházející kapitola 2.1 pojednávala o tom, jak různé náhodně vybrané kompostárny nakládají s nadsítnou slofkou. Téměř ve všech případech byla nadsítná slofka navracena zpět do kompostovacího procesu. Někde byla před navrácením do procesu ještě vyčištěna od neřádných a nerozložitelných příměsí. V některých případech bylo pak s nadsítnou slofkou, která byla již několikrát navracena do procesu, nebo měla vysoký podíl neřádných příměsí, zacházeno jako s odpadem.

2.2 Postup měření

Nejdříve byly shromážděny informace o nakládání s nadsítnou slofkou na různých kompostárnách. Teprve potom bylo započato měření. Každé měření začínalo odebráním vzorku nadsítné slofky do plastových nádob o objemu 13 dm³ (kbelík) na Centrální kompostárnu v Brně a.s. Vzorky byly odebírány od listopadu 2014 do března 2015. Hmotnost vzorku byla určena pomocí digitální váhy a jeho objem byl určen dle objemu nádob s ryskami. Následně byl vzorek převezen do laboratoře - sušárna Q4.02 Ústavu aplikované

a krajinné ekologie. Tam byl vzorek ru n vyt íd n dle materiálového charakteru jeho jednotlivých sloflek. Tyto slofky se t ídily do ur ených nádob. Vyt íd no bylo: d evo, kameny, zemina a ostatní materiály (kov, plasty, sklo atd.). U t chto sloflek byly ur eny hmotnost a objem. Po celou dobu práce, bylo dbáno na bezpe nost nap . poufítím ochranných rukavic.

Následn se v-echny vyt íd né slofky nasypaly do kád o objemu 80 dm³ a promíchaly se. Do kád byla poté p ídána studená voda, jejíf hladina p esahovala nejvy—í vrchol nasýpaného vzorku v kádi. Takto p ípravená suspenze se nechala odstát. Následn bylo z hladiny pomocí síta odebráno d evo. Odebraná slofka d eva byla op t zváflena na digitální váze a byl zji-t n její objem.

2.3 Odebírání vzorku nadsítné složky

Pro zji-t ní slofení nadsítné slofky a také pro ov ení ú innosti navrhovaného zp sobu odlou ení d eva z nadsítné frakce bylo t eba n kolikrát odebrat vzorek nadsítné frakce. To umofnila centrální brn nská kompostárna, kde bylo mofné vzorky kdykoli odebrat. Vzorky se odebíraly ve flabu, kde byla umíst na pouze nadsítná slofka. P ed odebíráním vzork se muselo v-e p ichystat ó p ípravit digitální váhu, zváflet prázdné nádoby a v-e zapsat. Odb r byl provád n pomocí lopatek a zahradnických rý . Odebraná hmota byla ukládána do plastových nádob, které byly váfeny, dokud se nedosáhlo pofladované hmotnosti vzorku (10 kg). Vzorky byly odebírány v r zných ástech hromady postupn od okraje sm rem k jejímu st edu a v r zných vý-kách hromady. Takto odebrané vzorky byly pak p evezeny na univerzitu, kde byly analyzovány v laborato i.

V laborato i se nádoby se vzorky op t p eváfily a p ichystaly se prázdné nádoby, do kterých byly pak ru n vyt íd ny r zné slofky nadsítné frakce (zemina, d evo, kameny, ostatní). Na konci t íd ní byla nádoba, ve které se dovezl vzorek z kompostárny zcela prázdná. Nádoby s vyt íd nými slofkami nadsítné frakce byly následn zváfeny, aby mohlo být vypo ítáno procentuální zastoupení jednotlivých sloflek. Poté byl obsah ve v-ech nádobách co nejvíce zhutn n a byla ode tena hodnota objemu. Následn byl obsah v-ech nádob vysypán do kád . Obsah kád se ádn promíchal, zalil studenou vodou a nechal se odstát (min. 10 minut). Dále bylo z hladiny pomocí síta odebráno d evo, p ípadn byla suspenze uvnit kád je-t promíchána, aby d evo vyplavalo na hladinu. Odebrané d evo z hladiny

se op t zvářilo na digitální váze, bylo nap chováno do nádoby a dle nádoby se známým objemem byl ur en jeho objem a porovnán s výsledky ru n vyt íd né d evní slofkky.

3 VÝSLEDKY

3.1 Množství nadsítného materiálu

Mnořství nadsítné frakce závisí na následujících faktorech:

- ✚ Technologie kompostování ó kařdá technologie má ur íté pořádky na zpracování materiálu na vstupu (velikost po drcení)
- ✚ Objem d evní hmoty v základce
- ✚ Kvalita a sloření vstupních surovin
- ✚ Vlhkost prosévaného kompostu
- ✚ Hrubost/jemnost výsledného kompostu (velikost ok na sítu)
- ✚ Výkonnost síta

V závislosti na vý-e uvedených podmínkách se množství nadsítné frakce m ře pohybovat v rozmezí 10 ó 50 % z celkového objemu.

Pro v t-í p ehlednost je uvedeno pr m řné množství nadsítné frakce (v % objemu z celkového množství produkce kompostu) vznikající na dotazovaných kompostárnách z kapitoly 2.1 *Zpracování kompostu a nadsítné slofkky na kompostárnách* v následující tabulce.

Tabulka 2: Mnořství nadsítné frakce

Kompostárna	Mnořství zpracovávaného BRO za rok [kg]	Pr m řné množství nadsítné slofkky v %
Rapotín	15 000 000	15 - 20
Záb eh	900 000	10
Otrokovice	1 000 000	20
Bludov	1 000 000	-
Slavkov u Brna	950 000	15
Centrální kompostárna Brno	70 000 000	35

3.2 Suchá metoda

Suchá metoda představovala ruční třídění jednotlivých slofků nadsítné frakce a určení hmotnosti a objemu každé ze slofků. Nadsítná frakce byla roztržena na slofků zemina (kompost), dřev, kamení a ostatní. Slofka ostatní obsahovala především plasty, kovy, sklo, textilie a další cizorodé materiály. Následně bylo z výsledků spočítáno průměrné zastoupení každé ze slofků v nadsítné frakci. Z těchto výsledků byl vytvořen koláčový graf pro větší přehlednost výsledků.

3.3 Složení nadsítné frakce

Pomocí laboratorního experimentu bylo zjištěno složení nadsítné slofků a procentuální zastoupení jednotlivých slofků. Vzorek nadsítné slofků měl vždy hmotnost 10 kg a byl tříděn ručně, tedy suchou metodou. Vzorky byly odebírány na Centrální brněnské kompostárně v rozmezí od 10. 11. 2014 do 20. 3. 2015.

Tabulka 3: Výsledky suché metody - složení nadsítné frakce

Měření . 1				
Hmotnost vzorku 10 kg		Objem vzorku 13,0 dm ³		
Slofka	Zemina	Dřev	Kamení	Ostatní
Hmotnost [kg]	6,470	0,965	1,970	0,605
Objem [dm ³]	6,7	3,5	2,0	0,8
Hmotnostní podíl v %	64	10	20	6
Měření . 2				
Hmotnost vzorku 10 kg		Objem vzorku 11,0 dm ³		
Slofka	Zemina	Dřev	Kamení	Ostatní
Hmotnost [kg]	8,142	1,065	0,690	0,110
Objem [dm ³]	7,5	2,5	0,5	0,5
Hmotnostní podíl v %	81	11	7	1

M ení . 3

Hmotnost vzorku 10 kg		Objem vzorku 11,5 dm ³		
Slofka	Zemina	D evo	Kamení	Ostatní
Hmotnost [kg]	7,362	1,421	0,615	0,612
Objem [dm ³]	7,1	3,2	0,5	0,7
Hmotnostní podíl v %	74	14	6	6

M ení . 4

Hmotnost vzorku 10 kg		Objem vzorku 12,0 dm ³		
Slofka	Zemina	D evo	Kamení	Ostatní
Hmotnost [kg]	6,831	1,815	1,128	0,227
Objem [dm ³]	7,0	3,2	1,5	0,3
Hmotnostní podíl v %	69	18	11	2

M ení . 5

Hmotnost vzorku 10 kg		Objem vzorku 11,5 dm ³		
Slofka	Zemina	D evo	Kamení	Ostatní
Hmotnost [kg]	7,131	1,429	1,205	0,235
Objem [dm ³]	7,0	3,1	1,0	0,4
Hmotnostní podíl v %	71	15	12	2

M ení . 6

Hmotnost vzorku 10 kg		Objem vzorku 12,0 dm ³		
Slofka	Zemina	D evo	Kamení	Ostatní
Hmotnost [kg]	6,577	1,915	0,684	0,824
Objem [dm ³]	6,8	3,4	0,7	1,1
Hmotnostní podíl v %	66	19	7	8

M ení . 7

Hmotnost vzorku 10 kg		Objem vzorku 12,0 dm ³		
Slofka	Zemina	D evo	Kamení	Ostatní
Hmotnost [kg]	8,102	0,908	0,745	0,245
Objem [dm ³]	7,8	2,9	0,7	0,6
Hmotnostní podíl v %	81	9	8	2

M ení . 8

Hmotnost vzorku 10 kg		Objem vzorku 11,0 dm ³		
Slofka	Zemina	D evo	Kamení	Ostatní
Hmotnost [kg]	6,826	1,512	1,224	0,438
Objem [dm ³]	7,0	3,0	0,7	0,3
Hmotnostní podíl v %	68	15	12	5

M ení . 9

Hmotnost vzorku 10 kg		Objem vzorku 11,5 dm ³		
Slofka	Zemina	D evo	Kamení	Ostatní
Hmotnost [kg]	7,794	1,051	0,625	0,530
Objem [dm ³]	7,8	2,6	0,5	0,6
Hmotnostní podíl v %	78	11	6	5

M ení . 10

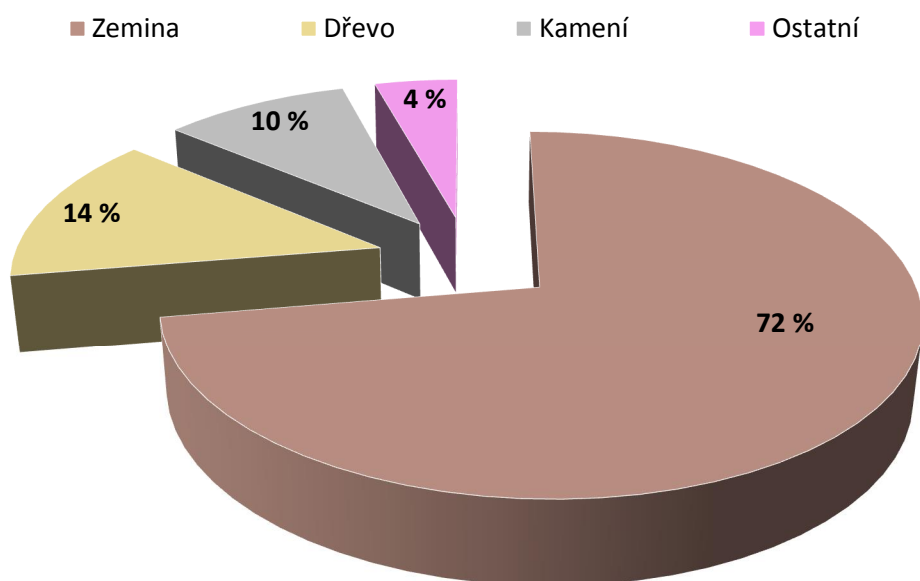
Hmotnost vzorku 10 kg		Objem vzorku 12,0 dm ³		
Slofka	Zemina	D evo	Kamení	Ostatní
Hmotnost [kg]	7,233	1,492	0,714	0,561
Objem [dm ³]	7,0	3,2	0,5	0,8
Hmotnostní podíl v %	72	15	7	6

Objemy stejných hmotností se lišily, především kvůli rozdílné vlhkosti vzorků a také díky rozdílnému složení každého vzorku. U slofků ostatních hrálo v závislosti na objemu velkou roli právě složení této vybrané slofky. Pokud slofka obsahovala v této plastu, objem byl vyšší, než kdyby se v obsahu této slofky nacházely kovy nebo sklo.

Průměrné složení nadsítné frakce:

Zemina: 72,4 %; D evo: 13,7 %; Kamení: 9,6 %; Ostatní: 4,3 %

Průměrné složení nadsítné frakce



Graf 1: Průměrné složení nadsítné frakce

Experiment měl celkem deset měření a během nich bylo vytříbeno přesně 100 kg nadsítné sloflky. Z celkových 100 kg nadsítné sloflky bylo vyseparováno suchou metodou 13,573 kg dřeva o celkovém objemu 30,6 dm³.

3.4 Mokr metoda

Mokrou metodou bylo vyseparováno dřeva z nadstn frakce. U vyseparovaného dřeva byly určeny hmotnost a objem. Následně bylo z výsledků spočítáno prmrn zastoupen dřeva v nadstn frakci. Z těchto výpočtů byl vytvořen graf pro vtpehlednost výsledků.

Každ men vzorek nadstn slofky měl vfdy hmotnost 10 kg. Vzorky byly odebírány na Centaln brnnsk kompostárně v rozmezí od 10. 11. 2014 do 20. 3. 2015. Jedn se o stejn vzorky jako u metody such. Vytidn vzorek suchou metodou byl totf vfdy nsledn opt smíchán v kdi a připraven na vytidn metodou mokrou. Výsledky obou metod jsou tak snadno srovnateln.

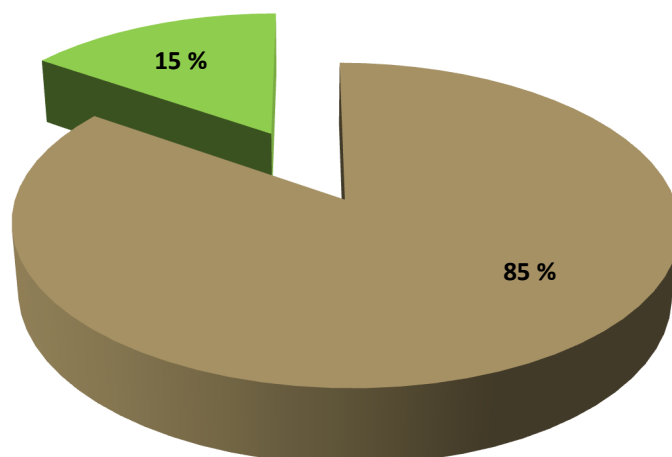
Tabulka 4: Výsledky mokr metody o podíl dřeva v nadstn frakci

slo men	Objem vzorku [dm ³]	Objem dřeva [dm ³]	Hmotnost dřeva [kg]	Hmotnostní podíl v %
1	13,0	3,7	1,050	11
2	11,0	2,5	1,103	11
3	11,5	3,5	1,584	16
4	12,0	3,3	1,973	20
5	11,5	3,6	1,756	18
6	12,0	3,8	2,080	21
7	12,0	3,0	1,006	10
8	11,0	3,0	1,621	16
9	11,5	2,9	1,389	14
10	12,0	3,7	1,688	17

Mokrou metodou bylo vytizeno 100 kg nadstn frakce, z ní bylo vyseparováno 15,250 kg dřeva o tedy obsah dřeva byl 15 % . Protofe dřeva bylo u mokr metody minimln 10 minut namoen ve vodě, mlo vt hmotnost nef u metody such. Proto byl men i objem vzorka a hodnoty namench hmotností sloufily sp-e ke kontrole. Celkov objem všech vzorků měl 117,5 dm³. Celkov objem vyseparovaného dřeva mokrou metodouinil 33,0 dm³.

Hmotnostní podíl dřeva v nadsítné frakci

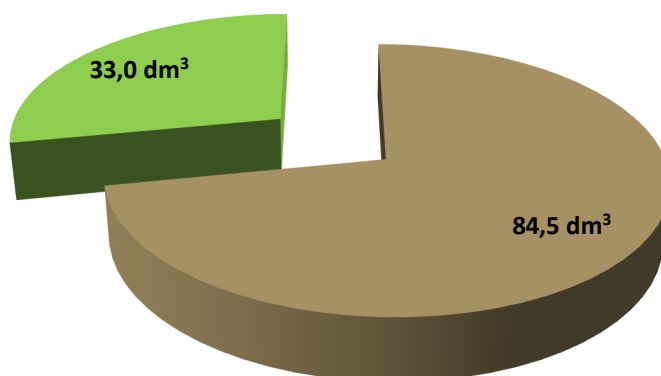
■ vyseparovaná nadsítná frakce ■ vyseparované dřevo



Graf 2: Podíl vyseparovaného dřeva z nadsítné frakce mokrou metodou

Objem dřeva v nadsítné frakci

■ vyseparovaná nadsítná frakce ■ dřevo



Graf 3: Objem vyseparovaného dřeva z nadsítné frakce mokrou metodou

4 DISKUZE

Pro porovnání této práce nebyla nalezena žádná podobná studie, proto jsou v této kapitole srovnávány různé metody separace dřeva z nadsítné frakce, které jsou v práci popsány a byly experimentálně ověřeny. Dále jsou zde shrnuty výhody a nevýhody těchto metod v přehledné tabulce. Také je zde popsána suchá metoda separace dřeva, kterou provedli na Centrální kompostárně Brno. Tato metoda však nemohla být pro tuto diplomovou práci z technických důvodů znovu ověřena. V podkapitole 4.3 se práce zabývá využitím všech složek nadsítné frakce, aby tento materiál nekončil na skládkách. Využití nadsítné složky by mohlo přinést kompostárnám finanční zisk a ušetřit náklady za skládkování odpadu.

4.1 Srovnání mokré a suché metody

Vyseparování dřeva z nadsítné frakce se podařilo pomocí obou použitých metod. Celkem bylo třeba oddělit 100 kg nadsítné složky. Suchou metodou se podařilo vyseparovat 13,6 kg dřeva o objemu 30,6 dm³. Mokrou metodou se podařilo oddělit 15,3 kg dřeva o objemu 33 dm³. Rozdíl v hmotnosti vyseparovaného dřeva byl zčásti způsoben i tím, že dřevo separované mokrou metodou mělo vyšší obsah vody, kterou během separování mohlo absorbovat. Proto je vhodné srovnávat objem vyseparovaného dřeva a hodnoty hmotností uhlíkat pouze pro kontrolu. Mokrou metodou bylo získáno o 2,4 dm³ dřeva víc. Navíc mokrá metoda byla časově méně náročná než suchá, ale nelze ji použít na všech kompostovacích zařízeních, protože některé kompostárny nedisponují pro tuto metodu potřebným zdrojem vody.

Suchá metoda oddělení dřeva je vhodná zejména pro kompostárny o menší produkci kompostu. Suchou metodou jsou navíc vytvářeny všechny složky nadsítné frakce, které mohou být následně využity. Suchá metoda je časově méně náročná, ale není příliš zvýšená vlhkost nadsítné frakce, tak jako u mokré metody. Časová náročnost suché metody lze snížit například použitím vzduchového tělesa plastového, tak jako na kompostárně Berco s.r.o. (kapitola 2.1.7). Pro lepší přehlednost výhod a nevýhod jednotlivých metod byla vytvořena následující tabulka 5.

Tabulka 5: Výhody a nevýhody suché a mokré metody

Výhody / nevýhody	Suchá metoda	Mokrý metoda
Pracovní náročnost	-	+
Efektivnost vytížení nadsítné frakce	+	-
Změna struktury tělného materiálu	+	-
Náročnost na vybavení	+	-
Efektivnost separace deřevy	-	+
Pracovní náročnost	-	+
Velkokapacitní kompostárny	-	+
Možnosti dalšího využití nadsítné frakce	+	-

K mokré metodě je potřebný zdroj vody, do které se nadsítná složka po částech nasype. Čím menší část, tím účinnější vytížení deřevy. Se deřevou vyplavaly i nějaké (zanedbatelné množství) plasty. Je vhodné vyseparované deřevě dotídnit (pomocí síta, vzduchu, ručně). Stejně tak by bylo vhodné dotídnit i zbylou nadsítnou složku, což zůstala ve vodě v kádli. Voda bude lehce oddělitelná pomocí oděrpání přes jemné síto. Zbylý materiál může být vytížen bu ručně, nebo pomocí sít (bubnové, vibrační), je ale nutné, pro dosažení dobrých výsledků, přesít jej minimálně dvakrát, lépe třikrát. Znečištěná voda oděrpaná z kádli může být pouřita k závlahám kompostových základek. Pokud by tedy byla mokrá metoda (separace deřevy vyplavením) doplněna ještě o dotídnění ručně nebo na sítích, mohly by být využity stejně jako u suché metody všechny složky nadsítné frakce, kompostování by tak bylo téměř bezodpadovým procesem. U velkokapacitních kompostáren by tedy nejlepší metodou mohlo být spojení právě mokré a suché metody.

4.2 Separace dřeva na Centrální kompostárně Brno a.s.

Na Centrální kompostárně Brno a.s. není vhodný zdroj vody pro uskutečnění mokré metody. Zaměstnanci kompostárny tak vyzkoušeli oddělení dřeva z nadsítné frakce suchou metodou pomocí bubnového síta (separátoru). Separátor využívá poháněného rotujícího válcového síta se čtvercovými i kruhovými otvory. Pracuje na principu mírného uklonění válcových sít, umístěných na otočných rolkách. Průchod materiálu je plynulý. Materiál je do určité výšky unášen po obvodu síta a potom vlivem vlastní gravitace padá a proces se opakuje. Na bubnovém sítu je možné též jít zároveň na několik frakcí. Tímto způsobem byla nadsítná složka třikrát přeseťa. Výsledkem bylo oddělení kamení a dřeva o velikosti frakce. Malé částice dřeva zůstaly v nadsítné složce, ale po zpracování nadsítné složky opět do kompostovacího procesu byly téměř rozloženy. Tato metoda by mohla být také vhodná pro separaci dřeva. Pracovníci kompostárny ji ale dále nepoužívají, protože její provoz je nákladný a promítl by se do cen zde produkovaného kompostu.

Ještě by mohlo být využito vyseparovaného dřeva a kamení. Ideální by bylo takto přeseť nadsítnou složku ještě jednou a využít všechny její složky. Tím by se snížily náklady kompostárny za skládkování i jiné odstranění odpadu.

4.3 Využití nadsítné složky

Nadsítná složka obsahuje průměrně (viz kapitola 3.3 *Složení nadsítné frakce*) cca 72 % zeminy (kompostu), 14 % dřeva, 10 % kamení a 4 % ostatních materiálů, jako jsou kovy, sklo, plasty, apod. Pokud by byla nadsítná složka vytřídněna (suchou metodou, případně mokrou metodou a následně dotřídněna), tyto materiály by mohly být opět využity. Kompostárny by vhodným využitím jednotlivých složek získat i další příjmy. Nyní je běžnou praxí, že je nadsítná složka buď navracena do kompostovacího procesu, nebo zpracovávána jako odpad na jiném zařízení. Velmi často se tak objevuje na skládkách.

V následující tabulce 6 je uvedeno několik návrhů na vhodný způsob využití pro každou ze složek nadsítné frakce.

Tabulka 6: Vyuffití nadsítné frakce

Slofka nadsítné frakce	Zp sob vyuffití 1	Zp sob vyuffití 2	Zp sob vyuffití 3
Zemina	zp t do kompostovacího procesu (zdroj mikrofauny)	rekultivace skládek	zralý kompost
D evo	-t pka, pelety, palivové d evo	drcené k rostlinám (jako drcená k ra)	d evot íska
Kamení	drcený kámen (-t rk, -otolina, í)	hutn ní podlofí, stavební materiál (stavebnictví)	zahradnictví
Sklo	recyklace	skelná vata	sklen né drt
Plasty	recyklace	plastové p ny (stavebnictví)	Stavební materiál (tvárnice, plotové lat)

5 ZÁVĚR

Diplomová práce se týkala posouzení možnosti separace d e va z nadsítné frakce, která vzniká na kompostárnách p i p esívání zralého kompostu. Nadsítné frakce vzniká na kompostárnách p r m r n (p r m r je odvozen z množství nadsítné frakce na dotazovaných kompostárnách) okolo 20 % (objemu) z produkce kompostu. Množství nadsítné frakce je ale závislé na mnoha faktorech, a tak za nep íznivých podmínek (nap . p i vysoké vlhkosti p esívaného kompostu) m ě vzniká nadsítné frakce aš 50 % z produkce kompostu.

Výstupem diplomové práce jsou dv ě metody separace d e va z nadsítné frakce a to metoda suchá a metoda mokrá. Ob ě tyto metody byly experimentáln ě ov ěny.

Z výsledk ě lze vy íst, ě pomocí mokré metody bylo vyseparováno o 2,4 dm³ více d e va neš metodou suchou. Celkem bylo provedeno 10 m ění, b ěhem kterých bylo vyt íd no 100 kg nadsítné sloflky. Suchou metodou se poda ilo vyseparovat 13,6 kg d e va o objemu 30,6 dm³. Mokrou metodou se poda ilo odd lit 15,3 kg d e va o objemu 33 dm³. Rozdíl v hmotnosti vyseparovaného d e va byl z ásti zp soben í tím, ě d e vo separované mokrou metodou m lo vyší obsah vody, kterou b ěhem separování mohlo absorbovat. Proto je vhodn ěí srovnávat objem vyseparovaného d e va. Nam ěné hmotnosti slouflily pouze orienta n ě ke kontrole. Rozdíly v ú innosti t chto metod nejsou p íli- velké (Rozdíl byl, dle výsledk ě, v objemu a v hmotnosti vyseparovaného d e va mokrou a suchou metodou cca 1 - 2 %.). Každá metoda má své výhody a také svá úskalí. Mokrá metoda je obecn ě vhodn ěí pro kompostárny s produkcí velkého množství kompostu a suchá metoda je vhodn ěí spí- e pro menší kompostovací za ízení.

Výhodné by bylo slou ění obou metod, nebo by se omezila ásová náro nost suché metody a zároveň by byla nadsítná frakce vyt íd na na v- echny její sloflky, které je možn ě dále vyuffít. Vyuffítím nadsítné frakce by se kompostárnám mohly sníffít náklady za sládkování odpadu. P i vhodném vyuffítí sloflk nadsítné frakce by dokonce mohly kompostovací za ízení získat nové finan ní zdroje. Je mnoho možností pro další vyuffítí nadsítné frakce, proto by bylo nevhodné, aby dále tento materiál kon il na skládkách odpadu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- ALTMANN V., 2010, *Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady*. Biom.cz, [online]. 2010-05-11 [cit. 2014-12-16]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-biologicky-rozlozitelnymi-odpady>>., ISSN 1801-2655
- BECHER T., 2013, *Beurteilung vier verschiedener Kompostierungsverfahren*, Landbauschule Dottenfelderhof, [online]. 2013-08-12 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.dottenfelderhof.de/fileadmin/images/downloads/Jahresarbeit%20Thorben%20Becher.pdf>>.
- BRENDT A., 2008, *Ökosoziale Marktwirtschaft*, Norderstedt Germany, Deutsche Bibliothek, www.dnb.de [online]. 2013-03-12 [cit. 2015-04-05]. Dostupné z WWW: <<https://books.google.cz/books?id=fDVmoxXIFyYC&pg=PA5&lpg=Prinzipien+der+Kompostierung&source=bl&ots=20Kompostierung&f=false>>., ISBN 978-3-640-30537-7
- ENVIPROJEKT, 2008, *Jednoduchý návod ke kompostování*, Zlín, ENVIprojekt s.r.o., Ploha . 1, 3s.
- FILIP J. (ed.), 2006, *Odpadové hospodářství*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 116s. ISBN 80-7157-608-5
- FILIP J., ORAL J., 2005, *Odpadové hospodářství II*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 75s. ISBN 80-7157-682-4
- JELÍNEK A. (ed.), 2007, *Kompostování pěstebné nebo travní biomasy*. 1. vydání Náměstek nad Oslavou ZERA, 76s. ISBN 80-903548-6-6
- JORDÁNKOVÁ K., 2014, *Možnosti kompostování biologicky rozložitelných komunálních odpadů v Adamově*, diplomová práce. Brno: MZLU v Brně, 72 s.
- HEBÍČEK J. (ed.), 2009, *Integrovaný systém nakládání s odpady na regionální úrovni*. 1. vydání Brno: Litera. 202 s. ISBN 978-80-85763-54-6
- HEJTÁKOVÁ K., 2008, *Řešení bioodpadu v regionu*, 1. vydání, Zemědělská a ekologická regionální agentura, Náměstek nad Oslavou, 60s. ISBN 80-903548-8-2

- HORÁ KOVÁ K., 2013, *Stanovení množství travní biomasy vyrostlé na zahradě v dané lokalitě za vegetační období*, bakalářská práce, Brno: MZLU v Brně, 55 s.
- KALINA M., 2004, *Kompostování a péče o půdu*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 116 s. ISBN 80-247-0907-4
- KOLÁŘ L., KUFIEL S., 2000, *Odpadové hospodářství*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 193 s. ISBN 80-7040-449-3.
- KOTOULOVÁ Z. a VÁCHA J., 2001, *Průručka pro nakládání s komunálním bioodpadem*, Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 69s. ISBN 80-7212-201-0.
- KROPÁEK, I. a VÁVROVÁ, V., 2008, *Jak na bioodpad?*, Manuál pro kompostování v obci. Brno: Hnutí Duha, 14 s. ISBN 978-80-86834-27-6.
- MACH P., 2008, *Kompostování*, Technika pro odpadové hospodářství. www.mendelu.cz [online]. 2008-09-29 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z WWW: <<https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/2062/Knihovna%20k%20projektu/Technika%20pro%20odpadove%20hospodarstvi%20-%20Kompostovani.pdf>>.
- PLÍVA P. (ed.), 2006, *Zakládání, probíhání a řízení kompostovacího procesu*, Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. [cit.2015-10-1]. Dostupné z WWW: <http://212.71.135.254/vuzt/poraden/prirucky/p2006_01.pdf>. ISSN 80-86994-11-2
- PLÍVA P. a KOLLÁROVÁ M.,2010, *Composting at open area*, www.vuzt.cz [online]. 2010-03-11 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://svt.pi.gin.cz/vuztweb/doc/clanky/zivotniprostredi/VUZT14Kompost.pdf?menuid=150>>. 23 s.
- REICHLOVÁ E., VÁCHA J., JANOVSÝ J., 1996, *Hodnocení testu zralosti kompostu*. Rostlinná výroba, ro. 42, č. 2, 79-82 s.
- SLEJČKA A., 2007, *Komunitní kompostování v obcích podle zákona o odpadech*. Biom.cz [online]. 2007-10-24 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/komunitni-kompostovani-v-obcich-podle-zakona-o-odpadech>>. ISSN: 1801-2655.

TESA OVÁ M. a SZOSTKOVÁ M., 2010, *Biologické zpracování odpad* , MZLU Brno, Ediční středisko Mendelovy univerzity v Brně . ISBN 978-80-7375-420-4.

VÁŘA J., 1994, *Výroba a využití kompostů v zemědělství*. 1. Vydání Praha: Institut výchovy a vzdělání Ministerstva zemědělství . R. 40 s. ISBN 80-7105-075-x.

VÁŘA J., 2000, *Ekologické aspekty výroby kompostů* , strary.biom.cz [online]. 2000-08-22 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://stary.biom.cz/mag/20.html>>.

VÁŘA J., 2001, *Využití travní fytomasy k výrobě kompostů* . Biom.cz [online]. 2001-11-06 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-travni-fytomasy-k-vyrobe-kompostu>>. ISSN: 1801-2655.

VÁŘA J., 2002, *Kompostování odpadů* . Biom.cz [online]. 2002-01-14 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>>. ISSN: 1801-

VÁŘA J., 2002*, *Vzorové příklady nakládání s biologicky rozložitelnými odpady*. Biom.cz [online]. 2002-30-09 [cit. 2015-20-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/rp-bro/15.pdf>>. 11 s.

ZEMÁNEK, P., 2001, *Speciální mechanizace - mechanizace pro kompostování*. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně , 114 s. ISBN 80-7157-561-5.

[ONLINE 1]: www.mzp.cz [online]. 2015-1-1 [cit. 2015-2-09]. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/\\$file/Zakon_185_2001.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/$file/Zakon_185_2001.pdf)>.

[ONLINE 2]: www.inisoft.cz [online]. 2001 [cit. 2015-2-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.inisoft.cz/strana/zakon-185-2001-sb>>.

[ONLINE 3]: www.inisoft.cz [online]. 2001 [cit. 2015-2-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.inisoft.cz/strana/vyhlaska-341-2008-p3>>.

[ONLINE 4]: www.agroweb.cz [online]. 2013-2-10 [cit. 2015-3-07]. Dostupné z WWW: <http://www.agroweb.cz/Priklady-dobre-praxe-vyuziti-kompostu__s1659x59005.html>.

[ONLINE 5]: www.kompostuj.cz [online]. 2011-4-17 [cit. 2015-3-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.kompostuj.cz/vime-jak/jak-vyrabet-kompost/jak-vyuzit-kompost/>>.

[ONLINE 6]: www.kompostuj.cz [online]. 2013-10-1 [cit. 2015-03-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.kompostuj.cz/vime-jak/legislativa/>>.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hodnoty poměru C:N u materiálů používaných ke kompostování	22
Tabulka 2: Množství nadsítné frakce	49
Tabulka 3: Výsledky suché metody - složení nadsítné frakce	50
Tabulka 4: Výsledky mokré metody o podíl d e va v nadsítné frakci	54
Tabulka 5: Výhody a nevýhody suché a mokré metody	57
Tabulka 6: Vyuffití nadsítné frakce	59

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Průměrné složení nadsítné frakce	53
Graf 2: Podíl vyseparovaného d e va z nadsítné frakce mokrou metodou	55
Graf 3: Objem vyseparovaného d e va z nadsítné frakce mokrou metodou	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr 1: Sankey v diagram o Proces kompostování.	17
Obr 2: Průběh teploty p i procesu kompostování.....	20
Obr 3: Průběh teplot v jednotlivých fázích kompostování.	20
Obr 4: Typy boxů pro domácí kompostování	29
Obr 5: Cirkulace vzduchu v kompostéru	30
Obr 6: Nejastější tvary zakládek kompostu	35
Obr 7: Schéma kompostovacího zařízení pro kompostování v boxech	37
Obr 8: Schéma kompostovacího zařízení s vyuffitím kompostovacích flabů	38
Obr 9: Kompostárna v Záběhu o kompostování ve vacích	44
Obr 10: Kompostárna Slavkov u Brna	45
Obr 11: Vytídné d e vo ve slavkovské kompostárně	45

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 a 2: Odběr vzorků	67
Příloha 3: Odebraný vzorek nadsítové frakce na digitální váze.....	68
Příloha 4: Ruční třídění vzorku v laboratoři	68
Příloha 5: Vytřídění devalu suchou metodou	69
Příloha 6: Vzorek nadsítové sloflky v kádli s vodou	69
Příloha 7: Odloučené devalo mokrou metodou	69
Příloha 8: Kompostové zakládky na kompostárně ve Slavkově	70
Příloha 9: Přesívání kompostu v kompostárně Slavkov	70
Příloha 10: Nadsítová sloflka v kompostárně Slavkov	71

6 PŘÍLOHY

Příloha 1 a 2: Odběr vzorků



Příloha 3: Odebraný vzorek nadsítné frakce na digitální váze



Příloha 4: Ruční třídění vzorku v laboratoři



Příloha 5: Vytřídnění dřeva suchou metodou



Příloha 6: Vzorek nadsítné slofky v kádi s vodou



Příloha 7: Odloučené dřevě mokrou metodou



P íloha 8: Kompostové zakládky na kompostárn ve Slavkov



P íloha 9: P esívání kompostu v kompostárn Slavkov



P íloha 10: Nadsítná slofka v kompostárn Slavkov

