

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Návrh inovace technologické linky na zpracování
biologicky rozložitelných odpadů**

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Autor práce: Bc. Petr Kundrlík

PRAHA 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Petr Kundrlík

Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

Návrh inovace technologické linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů

Název anglicky

The proposal of innovation of the technological line for processing of the biodegradable waste

Cíle práce

Seznámit se s problematikou zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů. Navrhnout inovaci technologické linky na zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů s technicko-ekonomickým posouzením.

Metodika

1. Metodika práce

1. Charakteristika problematiky zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů
2. Řešení inovačního stupně a změny dosavadního stavu
3. Výběr sledovaných parametrů technologické linky pro zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů
4. Ekonomické posouzení návrhu

2. Osnova práce

1. Úvod
 2. Cíl práce a metodika
 3. Charakteristika jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů
 4. Charakteristika výchozích podmínek vybrané technologické linky
 5. Návrh řešení a dosažené výsledky
 6. Závěr a diskuze
 7. Seznam literatury
 8. Přílohy
-

Doporučený rozsah práce

45 až 55 stran

Klíčová slova

odpad, odpadové hospodářství, kompostárna, technologická linka

Doporučené zdroje informací

FOTR, J. – SOUČEK, I.: Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů. Praha, Grada, 2011, 408 s., ISBN 978-80-247-3293-0

KURAŠ, M.: Odpady a jejich zpracování. Vydání 1., Ekonitor, Chrudim 2014, 343 s. ISBN 978-80-86832-80-7

MALATÁK, J. – VACULÍK, P.: Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství, zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, ISBN 978-80-213-1747-5

Příslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky, ČSN, oborové předpisy a odborné časopisy

ROUŠAR, I.: Projektové řízení technologických staveb. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. 255 s., ISBN 978-80-247-2602-1

Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, ve znění pozdějších předpisů
Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 2. 7. 2015

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2015

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 28. 12. 2015

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: *Návrh inovace technologické linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů* vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

.....
Petr Kundrlík

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Petru Vaculíkovi, Ph.D. a panu Bc. Liborovi Michvocíkovi, zaměstnanci firmy Technické služby města Příbrami, příspěvková organizace, za odborné rady při psaní této diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce pojednává o návrhu inovace technologické linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Práce popisuje současný stav používaných zařízení a technologií pro zpracování biologicky rozložitelných odpadů, především techniku pro kompostování a biologicky rozložitelné odpady samotné.

V diplomové práci byla měřena teplota kompostu v rámci kompostovací linky v Příbrami. Následuje vyhodnocení naměřených hodnot za účelem navržení inovace v procesu kompostování. V závěru této práce je představen nový článek linky a ekonomické hodnocení kompostárny.

Klíčová slova

Odpad, odpadové hospodářství, kompostárna, technologická linka

The proposal of innovation of the technological line for processing of the biodegradable waste

Abstract

The thesis deals with the proposal innovation of technological line for processing of the biodegradable waste. The thesis describes the actual state of the techniques and technologies for processing of the biodegradable waste, especially the technique of composting and biodegradable waste itself.

In this thesis measured temperature of the compost within the composting line in Příbram. Following evaluation of the measured values in order to design innovation in the composting process. In conclusion, this work presents a new part of line and economic evaluation of composting.

Key words

Waste, economi of waste, composting line, technological line

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce	2
3 Metodika práce	3
4 Charakteristika jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů	4
4.1 Základní pojmy a definice	4
4.2 Druhy biologicky rozložitelných odpadů	6
4.3 Kompostování.....	8
4.3.1 Preference a vlastnosti kompostovacího procesu	9
4.3.2 Princip kompostování	9
4.3.3 Optimální surovinová skladba zakládky	11
4.3.4 Postup kompostování.....	14
4.3.5 Technologie kompostování	17
4.3.6 Stroje a zařízení v kompostovacích linkách	23
4.3.7 Hodnocení kompostu.....	24
4.4 Anaerobní fermentace.....	25
4.4.1 Procesy anaerobní fermentace	26
4.4.2 Technologie anaerobní fermentace.....	27
5 Charakteristika výchozích podmínek vybrané technologické linky	29
5.1 Představení společnosti.....	29
5.2 Popis stávajícího stavu technologické linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů	30
5.2.1 Příjmová část	31
5.2.2 Zpracování biologicky rozložitelných materiálů	32
5.2.3 Expedice výsledného produktu.....	34
5.3 Popis překopávače kompostu ENERGREEN EPK 200	35
5.4 Popis drtiče dřevní hmoty CARAVAGGI BIO 235	36

6 Návrh řešení a dosažené výsledky	37
6.1 Vlastní měření.....	37
6.1.1 Sledované parametry stávající linky.....	37
6.1.2 Popis měření	38
6.1.3 Měření č.1 – zakládka č.1	40
6.1.4 Měření č.2 – zakládka č.2.1	42
6.1.5 Měření č.3 – zakládka č.2.2	44
6.1.6 Měření č.4 – zakládka č.4.1	46
6.1.7 Měření č.5 – zakládka č.4.2.....	48
6.2 Analýzy nedostatků stávající technologické linky	50
6.3 Návrh inovace.....	51
6.3.1 Požadavky pro výběrové řízení	51
6.3.2 Vlastní výběrové řízení.....	52
6.4 Popis vybraného bubnového třídíče	56
6.5 Přepočet pásového dopravníku.....	57
6.6 Ekonomické zhodnocení návrhu	61
7 Závěr	65
8 Seznam použité literatury	66
9 Seznam tabulek.....	70
10 Seznam obrázků.....	72
11 Seznam příloh	74



1 Úvod

Organické suroviny jsou nedílnou součástí života, jak ho známe a jejich zpracování na Zemi probíhá od vzniku první fauny a flóry. První takové zpracování biologicky rozložitelného materiálu si lze představit, jako napadanou hromadu porostu, které se vlivem mikroorganismů stala základním materiálem pro růst a vývoj dalších rostlin. V té době ale neexistoval žádný pojem biologicky rozložitelný odpad a také nebylo zprostředkovatele či důvodu, proč se touto tematikou zabývat.

Nicméně, v 21. století je nakládání s odpady jedno z nejdůležitějších a nejdiskutovanějších problematik světa. Veškerá výrobní i nevýrobní činnost současné společnosti je doprovázena vznikem odpadů. S rostoucím počtem obyvatel planety Země a tím i zvětšující se rozmanitostí produktů, se množství odpadu neustále zvyšuje. Ekologie a potřeby lidí jdou ne vždy stejným směrem. Důsledek tohoto počínání je možnost zahlcení přírody odpady, které by se odpadem vůbec stát neměly, a naopak by se mohli přírody vrátit.

Cílem této práce je navrzení inovace technologické linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů, které předchází praktické měření a zhodnocení nedostatků stávající linky.

V první části této práce je uvedeno seznámení s vybranými druhy biologicky rozložitelných odpadů, s vybranými technologiemi pro zpracování těchto odpadů, včetně podrobnějšího náhledu na problematiku kompostování. Druhá část představuje vybraný subjekt pro měření tj. Technické služby města Příbrami P.O. a popisuje stávající stav linky. Třetí část pojednává o vlastním měření sledovaných parametrů, jejich zhodnocení a návrh inovace s ekonomickým rozbořem situace.



2 Cíl práce

V této kapitole jsou uvedeny hlavní cíle práce, které byly následně v obsahu doplněny jen o související témata tak, aby vznikl ucelený a srozumitelný popis jejich řešení.

Cílem diplomové práce je seznámit se s problematikou zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů. Navrhnout inovaci technologické linky na zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů a technicko-ekonomickým posouzením.

Předmětem této diplomové práce je:

- seznámení s biologicky rozložitelnými odpady;
- obecný popis technologií pro zpracování biologicky rozložitelných odpadů;
- bližší popis technologie kompostování;
- charakteristika výchozích podmínek na zvolené lince;
- zpracování výsledků měření teploty kompostu;
- analýza nedostatků v procesu kompostování;
- návrh inovace s ekonomickým posouzením.



3 Metodika práce

V této kapitole je popsán způsob zpracování jednotlivých částí této diplomové práce.

Metodika diplomové práce je:

1. charakteristika problematiky zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů;
2. řešení inovačního stupně a změny dosavadního stavu;
3. výběr sledovaných parametrů technologické linky pro zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů;
4. ekonomické posouzení návrhu.

Při řešení byla zvolena následující metodika:

- charakteristika biologicky rozložitelných odpadů;
- popis aerobního zpracování organických materiálů a příslušných technologií;
- popis zařízení, které jsou využívány při kompostování;
- obecný popis hodnocení kompostu;
- základní charakteristika anaerobních technologií;
- charakteristika výchozích podmínek vybrané technologické linky;
- vlastní provedená měření a zjišťování;
- vyhodnocení měření;
- návrh řešení inovace;
- ekonomické zhodnocení provozu kompostárny;
- celkové zhodnocení a závěr.

4 Charakteristika jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů

Tato kapitola se zabývá charakteristikou jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při zpracování vybraných druhů biologicky rozložitelných odpadů, kterými jsou: 4.2 Druhy biologicky rozložitelných odpadů 4.3 Kompostování, 4.4 Anaerobní fermentace.

4.1 Základní pojmy a definice

Dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů jsou důležité pojmy definovány takto:

- **odpad** je „každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č.1 k tomuto zákonu. Příloha číslo 1 stanovuje katalog odpadů, který je seznamem odpadů a nebezpečných odpadů. Nebezpečný odpad je odpad, který obsahuje jednu nebo více nebezpečných látek uvedených v příloze č. 2 zákona o odpadech“;
- **biologicky rozložitelný odpad** „Jakýkoli odpad, který je schopen anaerobního nebo aerobního rozkladu (např. potraviny, odpad ze zeleně, papír)“;
- **nebezpečný odpad** je „odpad uvedený v Seznamu nebezpečných odpadů uvedeném v prováděcím právním předpise a jakýkoliv jiný odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 k tomuto zákonu“;
- **komunální odpad (KO)** je „veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání“;
- **nakládání s odpady** je „jejich shromažďování, soustředování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a odstraňování“;
- **zařízení** je „technické zařízení, místo, stavba nebo část stavby“;
- **skladování odpadů** je „přechodné umístění odpadů, které byly soustředěny (shromážděny, sesbírány, vykoupěny) do zařízení k tomu určeného a jejich ponechání v něm“;



- **sběrem odpadů** je „soustředování odpadů právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání od jiných subjektů za účelem jejich předání k dalšímu využití nebo odstranění“;
- **výkupem odpadů** je „sběr odpadů v případě, kdy odpady jsou právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání kupovány za sjednocenou cenu“;
- **energetickým využitím odpadů** je „použití odpadů hlavně způsobem obdobným jako paliva za účelem získání jejich energetického obsahu nebo jiným způsobem k výrobě energie“;
- **úpravou odpadů** je „každá činnost, která vede ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů (včetně jejich třídění) za účelem umožnění nebo usnadnění jejich dopravy, využití, odstraňování nebo za účelem snížení jejich objemu, případně snížení jejich nebezpečných vlastností“;
- **původce odpadů** je „právnická osoba, při jejíž činnosti vznikají odpady, nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, při jejíž podnikatelské činnosti vznikají odpady. Pro komunální odpady vznikající na území obce, které mají původ v činnosti fyzických osob, na něž se nevztahují povinnosti původce, se za původce odpadů považuje obec. Obec se stává původcem komunálních odpadů v okamžiku, kdy fyzická osoba odpady odloží na místě k tomu určeném; obec se současně stane vlastníkem těchto odpadů“;
- **oprávněná osoba** je „každá osoba, která je oprávněna k nakládání s odpady podle tohoto zákona nebo podle zvláštních právních předpisů“;
- **zařazování odpadu podle Katalogu odpadů** „Původce a oprávněná osoba jsou povinni pro účely nakládání s odpadem odpad zařadit podle Katalogu odpadů, který Ministerstvo životního prostředí vydá prováděcím právním předpisem“;
- **zařazování odpadu podle kategorií** „(1) Původce a oprávněná osoba jsou povinni pro účely nakládání s odpadem zařadit odpad do kategorie nebezpečných, je-li
 - a) uveden v Seznamu nebezpečných odpadů uvedeném v prováděcím právním předpise, nebo;
 - b) smíšen nebo znečištěn některou ze složek uvedených v Seznamu složek, které činí odpad nebezpečným, uvedeném v příloze č. 5 k tomuto zákonu, nebo;
 - c) smíšen nebo znečištěn některým z odpadů uvedeném v prováděcím právním předpise;(3) Směsný komunální odpad se nezařazuje do kategorie nebezpečných a původce a oprávněná osoba nejsou povinni s ním nakládat jako s nebezpečným, i když splňuje podmínky uvedené v odstavci 1 nebo 2“;



- **přednostní využití odpadů** „Každý má při své činnosti nebo v rozsahu své působnosti povinnost v mezích daných tímto zákonem zajistit přednostně využití odpadů před jejich odstraněním. Materiálové využití odpadů má přednost před jiným využitím odpadů.

Uložením na skládku mohou být odstraňovány pouze ty odpady, u nichž jiný způsob odstranění není dostupný nebo by přinášel vyšší riziko pro životní prostředí nebo riziko pro lidské zdraví, a pokud uložení odpadu na skládku neodporuje tomuto zákonu nebo prováděcím právním, předpisům“.

Pro dva následující pojmy neexistuje žádná specifická definice v platných právních předpisech. První pojem je definován podle Sirotková, 2013:

- **biologický odpad** „Biologicky rozložitelný odpad ze zahrad a veřejné zeleně, potravinářský a kuchyňský odpad z domácností, restaurací, stravovacích nebo maloobchodních zařízení a srovnatelný odpad ze zařízení potravinářského průmyslu“.

A druhý podle Kotoulová, 2000:

- **biologicky rozložitelným komunálním odpadem** „Se rozumí biologicky rozložitelný odpad obsažený v komunálním odpadu a v odpadu podobném komunálnímu“.

4.2 Druhy biologicky rozložitelných odpadů

Biologicky rozložitelné neboli biodegradabilní odpady jsou objemově a hmotnostně významnou skupinou odpadů, které v případě uložení na skládky ohrožuje složky životního prostředí skleníkovými plyny a škodlivými průsaky. Proto se s danou skupinou odpadů, jež je kompletně uvedena v Příloze 1, nakládá podle použitelnosti pro následující technologie:

- anaerobní fermentace;
- aerobní fermentace;
- alkoholová fermentace;
- pyrolýza;
- zplyňování;
- spalování;
- esterifikace biooleje (OCHODEK, 2007).

V roce 2014 bylo v ČR vyprodukováno 23 788 925 tun odpadu, nicméně pro tuto práci je důležitější produkce komunálního odpadu, jehož hmotnost za rok 2014 činí 3 260 581 tun a z toho 1 563 791 tun biologicky rozložitelných odpadů. Vývoj produkce komunálního odpadu s jeho složkami je obsažen v Příloze 2. Konkrétní skladba biologicky rozložitelných komunálních odpadů je uvedena v tab.1 (ČSÚ, 2015).

Tab. 1 Biologicky rozložitelné komunální odpady

č. dle katalogu odpadů	druh odpadu
20 01	Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
20 01 25	Jedlý olej a tuk
20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37
20 02	Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad
20 03	Ostatní komunální odpady
20 03 02	Odpad z tržišť
20 03 03	Uliční smetky
20 03 04	Kal ze septiků a žump
20 03 06	Odpad z čištění kanalizace

Zdroj: Vyhláška č. 381/2001 Sb. (Katalog odpadů)

Evropská unie přijímá celou řadu opatření, která vedou ke snížení ukládání biologicky rozložitelných odpadů na skládky, protože podíl organické složky v komunálním odpadu činí cca 48%, což není zanedbatelné množství. Jedním ze základních nástrojů je Směrnice EU 1999/31/ES o skládkách odpadu, která zakazuje volně ukládat biologicky rozložitelný odpad na skládky (BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÉ KOMUNÁLNÍ ODPADY, 2013).

Ukládání biologicky rozložitelného komunálního odpadu je omezeno podle směrnice, která byla implementována do Plánu odpadového hospodářství v roce 2003. Prognóza o snižování množství biologické složky v komunálním odpadu, která je podobná harmonogramu, jež je obsažen v Plánu odpadového hospodářství, je uvedena v tab.2 (BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÉ KOMUNÁLNÍ ODPADY, 2013).

Tab. 2 Prognóza produkce a nakládání s komunálními biodegradabilními odpady

	1999	2010	2013	2020	Poznámka
	[tis. t.rok ⁻¹]				
Prognóza produkce tuhých komunálních odpadů	3730	5135	5291	5673	Produkce 1995: 3.400
Z toho BRO	1.529	3081	3174	3403	1995: 1.394
Možnosti:					
Na skládky je možno uložit (BRO)		75% r. 1995 1.046	50% r. 1995 697	35% r. 1995 488	z produkce BRO 1995
Jinak nutno odstranit		2035	2477	2915	
Prognózovaný vývoj kapacit pro nakládání s odpady					
Recyklace papíru (nárůst)	380 (stav)	130	150	1 200	podklady EKO-KOM
Kompostování BRO (nárůst)	220	429	458	434	
Spalování směsného TKO (nárůst)	636	643	687	652	

Zdroj: (HABART, 2002)

4.3 Kompostování

Kompostování je aerobní biologický rozkladný proces, jehož účelem je co nejrychleji a nejehospodárněji rozložit původní organické látky. Důležitá je mikrobiální aktivita a přístup kyslíku. Cílem této přeměny je udělat z nestabilních organických látek, látku stabilní. Žádoucími vedlejšími účinky kompostování jsou zmenšení objemu, snížení hmotnosti a vlivem teploty, likvidace nežádoucích druhů mikroorganismů. Pro zajištění optimálního průběhu celého kompostovacího cyklu jsou důležité tyto podmínky:

- zvolit optimální technologie kompostování;
- správně skladovat a následně připravit suroviny před založením kompostu;
- určit fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti kompostovaných surovin;
- namíchat ideální recepturu zakládky vzhledem k vlastnostem vstupního materiálu;
- monitorovat průběh kompostovacího procesu;
- určit konec kompostovacího procesu tak, aby byl kompost zralý a stabilní;
- vytvořit optimální fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti kompostovaných surovin (PLÍVA, 2009).

4.3.1 Preference a vlastnosti kompostovacího procesu

Následující důvody potvrzují významnost kompostování v oboru zpracování biologicky rozložitelných odpadů:

- zmírnění produkce skleníkových plynů;
- redukce biologicky rozložitelných odpadů ukládaných na skládce a tím i šetření skládkovacího prostoru, snížení množství průsakových vod a množství methanu (MALAŤÁK - VACULÍK, 2008);
- vytvoření produktu, který lze finančně zhodnotit;
- poměr C:N má specifické vlastnosti – dusík se uvolňuje pomaleji a umožňuje rovnoměrnější a prospěšnější hnojení podle agrotechnických potřeb;
- vyžrálý kompost oproti hnoji či jiné nezpracované organické hmotě neztrácí důležité živiny (HEJÁTKOVÁ, 2007);
- kompostovací linka má minimální vliv na životní prostředí;
- zlepšuje mechanicko-chemické vlastnosti půdy;
- omezuje větrnou a vodní erozi půdy;
- zamezuje vzlínání vody z půdy;
- kompost likviduje původce rostlinných chorob a semena plevelů (KALINA, 1999);
- pro veřejnost je kompostování levný a legální způsob, jak se zbavit materiálu, který je potenciálem černé skládky (FLOWERDEN, 2011);
- kompost zastupuje funkci rašeliny, která je v zahradnictví využívána v hojné míře a je potřeba omezit nebo zastavit její těžbu (MALAŤÁK - VACULÍK, 2008).

4.3.2 Princip kompostování

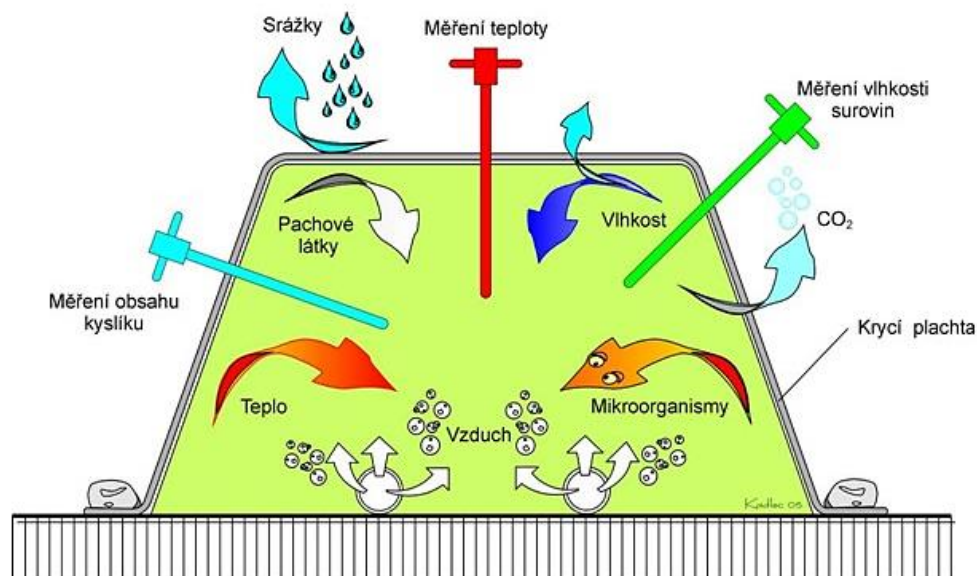
Kompostování je nejstarší a nepřírozenější proces, vedoucí ke zlepšení kvality půdy a ke hnojení. Často se znehodnocuje velké množství využitelného organického materiálu, ačkoli by jako kompost podporovaly úrodnost v našich zahradách a zároveň přenechávaly skládkovací místo pro materiál k tomu určený (KALINA, 1999).

Účelem kompostování je především transformace nestabilních organických surovin na stabilní surovinu (kompost). Vedlejším produktem je snížení objemu a hmotnosti, částečné odstranění vlhkosti a odstraňování nežádoucích mikroorganismů. Schématické shrnutí vstupů a výstupů při kompostování jsou zobrazeny na obr.1 (PLÍVA, 2009).

Zjednodušeně lze postup kompostování vyjádřit obecnou rovnicí:

organický materiál + O₂ → kompost + CO₂ + H₂O + teplo (PLÍVA, 2009).

Obr. 1 Schéma kompostovacího procesu



Zdroj: (VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZIVA OSTRAVA, 2014)

Všechny výše uvedené změny způsobují mikroorganismy, ty využívají vlastních somatických enzymatických systémů k rozkladu vyšší organické molekuly na jednodušší sloučeniny a jednoduché prvky. Důležitým hlediskem u této chemické reakce je rychlost rozkladu, tzn., v jakém rozsahu jsou reagující složky podle reakce změněny. Rozsah reakce je rozhodující pro hloubku rozkladu organických surovin neboli stupeň stabilizace (EPSTEIN, 1997).

Pro rozklad a přeměnu biologicky rozložitelného materiálu charakterizují zejména následující čtyři pochody:

- **tlení** – rozklad na přístupu vzduchu a za přítomnosti mikroorganismů;
- **kvašení** – fermentace – rozklad bez přístupu vzduchu, za účasti mikroorganismů;
- **hnití** – rozklad na omezeného přístupu vzduchu, podporované hnilobnými bakteriemi;
- **humifikace** – souhrnný a nejdůležitější postup. Dochází k přeměně vstupních surovin na tmavé látky. Celý děj lze rozdělit na rozklad dusíkatých organických sloučenin pomocí mikroorganismů a na rozklad bezdusíkatých organických sloučenin za přítomnosti mikrobů, plísní a bakterií (MALAŤÁK - VACULÍK, 2008).

4.3.3 Optimální surovinová skladba zakládky

V dalších kapitolách v čteně této, se práce zabývá pouze kompostováním v pásových hromadách na volné ploše, jež je předmětem diplomové práce. Jedinou výjimkou je kapitola 4.3.5 Technologie kompostování, kde jsou popsány metody intenzifikace procesu a alternativní možnosti kompostování.

Pravidlo kompostování říká, že téměř vše, co v přírodě vyrostlo, můžeme navrátit zpět v podobě kompostu. Některé odpady se nejprve musí pro kompostování připravit, ale jen menšina organických odpadů nelze použít vůbec. V podstatě lze tedy kompostovat vše, co by se časem samo v přírodě rozložilo, počínaje roztrhaným světrem, peřím z polštáře, až po zbytky jídla, slupky ze zeleniny a odpadem ze zahrad. Souhrn materiálů a jejich vlastností jsou obsaženy v Příloze 3 (FLOWERDEW, 2011).

Jedním ze základních předpokladů úspěšného procesu kompostování je optimální surovinová skladba zakládky. Ta označuje souhrn vstupních surovin, využitých při zakládání hromady. Vlastnosti konečného produktu a kompostovací proces samotný je ovlivnitelný zejména zastoupením jednotlivých materiálů (ZEMÁNEK, 2010).

Optimalizací procentuálního obsahu jednotlivých složek řídíme i konečné využití kompostu. Hmotnostní poměry konkrétních látek, které vložíme do kompostovací zakládky, nazýváme receptura zakládky (ZEMÁNEK, 2010).

Receptura zakládky vychází z požadavku vlhkosti a optimálního poměru C:N, tedy poměru uhlíku a dusíku. Vlhkostí se rozumí obsah vody v celkovém množství zakládky. Vlhkost počátečního materiálu by měla být v rozsahu 50÷60% a konečný produkt by měl ideálně mít 60% vlhkosti. Poměrem C:N je dána rychlost rozkladu biologicky rozložitelných materiálů, ale také tvorba humusových látek a výsledná kvalita kompostu. K dosažení požadovaného cíle tj. poměr C:N 30:1, je potřeba zakládat hromady s počáteční hodnotou C:N 20÷40:1 (PLÍVA, 2009).

V praxi se vlhkost a poměr C:N běžně odhadují, podle zkušeností příslušného pracovníka. Vzhledem k důležitosti surovinové skladby pro celý proces kompostování, se zdá být tento postup nevhodný, protože může zavádět systematickou chybu hned v počátcích celého procesu (PLÍVA, 2009).

Pro přesnou recepturu zakládky existují dva způsoby. Prvním způsobem je využití nových chytrých technologií, například programu KOMPOST. Tento program má vlastní databázi organických materiálů s jejich vlastnostmi. Program je neustále aktualizován, můžeme do něj libovolně přidávat materiály anebo ho přizpůsobit místním individuálním podmínkám (SLEJŠKA, 2006).

Druhým způsobem určení ideální skladby počátečního materiálu je manuální klasické počítání s využitím přílohy č. 3, například podle publikace *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše, Plíva P. a kol., 2009*:

a) Výpočet poměru C:N

Za předpokladu známé hodnoty uhlíku a dusíku pro suroviny, které chceme zařadit do receptury zakládky, použijeme následující jednoduchý vztah (4.1):

$$C:N = \frac{\% C}{\% N} \quad (4.1)$$

Kde: **C** – procentuální obsah uhlíku v sušině (%)

N – procentuální obsah dusíku v sušině (%)

Vztah (1.1) lze modifikovat podle požadované hledané veličiny.

V praxi ovšem téměř nikdy nekombinujeme pouze dvě složky. Proto musíme využívat složitějšího vztah (4.2), pro stanovení poměru C:N u většího počtu surovin:

$$C:N = \frac{\sum_{i=1}^n \% C_i * W_i * (1 - M_i)}{\sum_{i=1}^n \% N_i * W_i * (1 - M_i)} \quad (4.2)$$

Kde: **C_i** – procentuální obsah uhlíku v sušině i-té suroviny (%)

N_i – procentuální obsah dusíku v sušině i-té suroviny (%)

W_i – množství i-té suroviny (kg)

M_i – hodnota vlhkosti i-té suroviny (%)

b) Výpočet vlhkosti

Před samotným výpočtem je potřeba zkoumaný vzorek upravit a to ve třech následujících krocích:

1. naváží se 10g čerstvého materiálu a rozprostře se na misku;
2. miska s materiálem se umístí do pece a suší se po dobu 24 hodin při teplotě 105°C;

3. vysušený materiál se zváží a výsledek se dosadí do následujícího vztahu (4.3).

$$V_n = \frac{(m_c - m_s)}{m_c} * 100 \quad (4.3)$$

Kde: V_n – vlhkost suroviny (%)

m_c – hmotnost čerstvého materiálu (g)

m_s – hmotnost vysušeného materiálu (g)

Pro určení vlhkosti platí též, že v praxi se používají zakládky, které se skládají z více rozdílných surovin, pro tuto situaci existuje vztah (4.4) pro větší počet surovin ve směsi.

$$V_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i * V_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (4.4)$$

Kde: V_c – celková vlhkost suroviny (%)

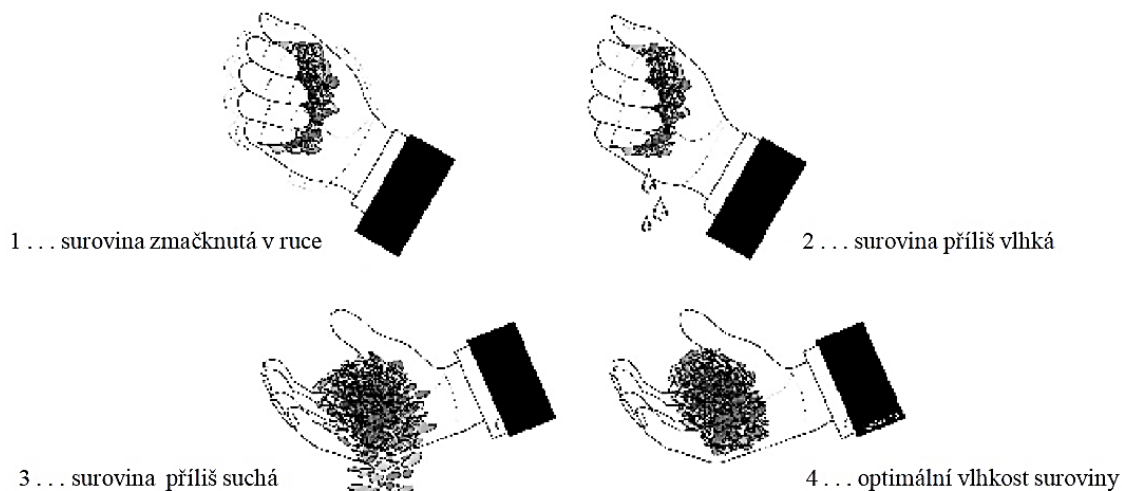
m_i – hmotnost i-té suroviny (g)

V_i – vlhkost i-té suroviny (g)

c) Orientační zkouška vlhkosti

Vlhkost by se měla určovat podle předešlého bodu **b) výpočet vlhkost**, ovšem v praxi se spíše využívá méně přesný ale poměrně účinný a rychlý způsob tzv. pěstní zkouška viz obr.2. Jde o pouze o orientační zkoušku, při které se kompost pevně zmačká v ruce a optimální vlhkost značí, že se mezi prsty neobjeví voda. Po otevření pěsti by měl materiál zůstat pohromadě. Rozsypání by značilo příliš suchý kompost.

Obr. 2 Orientační zkouška vlhkosti



Zdroj: (PLÍVA, 2006).

4.3.4 Postup kompostování

Založení hromady

Založení nové zakládky by mělo být jednou z nejsledovanějších záležitostí, protože jakmile podceníme přípravu a to platí nejen pro kompostování, celý průběh a výsledný produkt nemusí mít námi požadované atributy.

Kvůli kontrole lze rozdělit založení na čtyři základní body:

- **výběr vstupních surovin** – tento bod se řídí především ročním obdobím a konkrétními surovinami v dané lokalitě. Pro nejlepší možný postup kompostování je dobré dodržovat požadavky na výchozí materiál, jež je popsán v kapitole 4.3.4 Výchozí materiál ke kompostování;
- **příprava vstupní suroviny** – problematice se též věnuji v následující kapitole. Obecně lze říct, že jde hlavně o dosažení ideální velikosti frakce, o rovnováhu živin a o obsah vlhkosti;
- **skladování** – kompostárny bývají vybaveny úložnými prostory pro konkrétní druhy surovin, které se v dané lokalitě nacházejí. Samozřejmě, že nelze oddělovat úplně každou samostatnou složku, ale je dobré materiál rozdělit například na trávu, dřevo, listí apod. Podmínkou skladování je nízká vlhkost surovin, ovšem v kompostárnách pod širým nebem je tento problém odkázán pouze na počasí;
- **správné založení kompostu** – bod úzce související s prvním bodem **výběr vstupní suroviny**. Opět je jedná o vytvoření optimální surovinové skladby, ale také o vytvoření určitého tvaru figury. Tvar figury záleží hlavně na stroji, který na kompostárně disponuje a s jejímž pomocí se bude celý proces řídit, a sice překopávač. Podle něj bude mít figura tvar trojúhelníku nebo lichoběžníku, též se podle něj řídí rozměry, jak do výšky, tak do šířky. Dalšími důležitými parametry jsou poloměr otáčení stroje a další rozměry, jež jsou uvedeny v pracovním manuálu stroje (PLÍVA, 2009).

Průběh kompostovacího procesu

Průběh a hlavně také délka periody kompostování je závislá na mnoha faktorech, počínaje surovinou skladbou a jejími vlastnostmi, přes podnební podmínky a zvolenou technologii kompostování, až po zamýšlené použití výsledného produktu. V případě použití kompostu pro zvýšení obsahu živin zemědělské půdy se ještě nehotový kompost přepraví na

pole, kde dozraje a zapraví se do půdy. Dobře zralý kompost má zase více minerálních látek (PLÍVA, 2009).

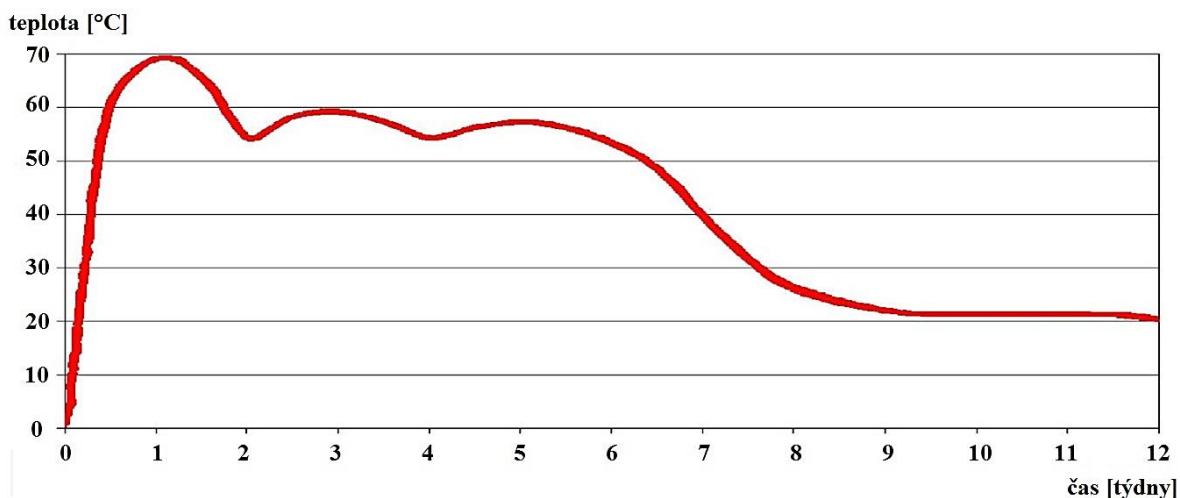
Pro úspěšný průběh a konec celého kompostovacího procesu je možné sledovat následující hodnoty:

- teplota;
- vlhkost;
- obsah kyslíku;
- stabilita a zralost kompostu;
- mikrobiologické hodnocení;
- chemické hodnocení (PLÍVA, 2009).

Fáze kompostovacího procesu

Mikroorganismy, které zapříčiňují rozklad biologicky rozložitelných materiálů, jsou jako většina živočichů závislé na kyslíku a též potřebují odvod oxidu uhličitého, který produkují. Proto je vhodné, aby byla celá kompostovací hromada homogenní, porézní a kyprá. Po založení nové kompostovací figury probíhá zjevný nárůst teploty, což signalizuje vhodné podmínky pro rozmnožení mikroorganismů a nastartování celého procesu. Každý samotný proces je individuální, s ohledem na již zmíněné vlivy, ale i přesto se kompostovací proces dělí na tři teoretické fáze, jejichž průběh teplot je na obr.3 (MALAŤÁK - VACULÍK, 2008).

Obr. 3 Průběh teploty při kompostování v pásových hromadách



Zdroj: (KOLLÁROVÁ, 2008)

1. **Fáze rozkladu** – fáze trvající tři až čtyři týdny. Mikroorganismy a houby rozkládají jednodušší sloučeniny (cukry, škrob, atd.). Charakteristickým znakem této fáze je intenzivní provzdušňování a nárůst teploty na 50÷70°C;
2. **Fáze přeměny** – časově se pohybuje od čtvrtého po osmý, případně i desátý týden. Materiál se mění na stejnoměrnou (hnědou) barvu a drobkovitou strukturu. Charakteristická je i vůně po lesní zemině. Teplota klesne na 40÷45°C;
3. **Fáze syntézy (zralosti)** – teplota stále klesá až na teplotu okolí. Struktura je stále zemitější. Změna na „trvalý humus“, který má výbornou účinnost (KÁRA, 2002).

Dvě následující tabulky jsou důležité pro celkový průběh kompostování. V tab.3 jsou zobrazeny druhy mikroorganismů a při kterých teplotách se v procesu kompostování vyskytují.

Tab. 3 Rozsahy teplot podle spektra převládajících druhů mikroorganismů

Psychrofilní rozsah	-4 až 20°C	Bakterie a plísně
Mezofilní rozsah	15 až 42°C	Bakterie a aktinomycey
Termofilní rozsah	45 až 75°C	Bakterie a mezofyly

Zdroj: (HEJÁTKOVÁ, 2007)

Tab.4 ukazuje, jakých teplot musíme při kompostování dosáhnout, pro zdárný průběh a pro následné dobré výsledky rozboru konečného produktu.

Tab. 4 Optimální teplotní rozsahy podle specifikace kompostovacího procesu

Specifikace procesu	Teplotní rozsah
Hygienizace	55°C
Postup rozkladu, začátek rozkládání ligninu a humifikace	45 až 55°C
Mikrobiální diverzita + rozkládání mikrobiální organické hmoty, rozkládání a humifikace ligninu	35 až 40°C

Zdroj: (HEJÁTKOVÁ, 2007)

4.3.5 Technologie kompostování

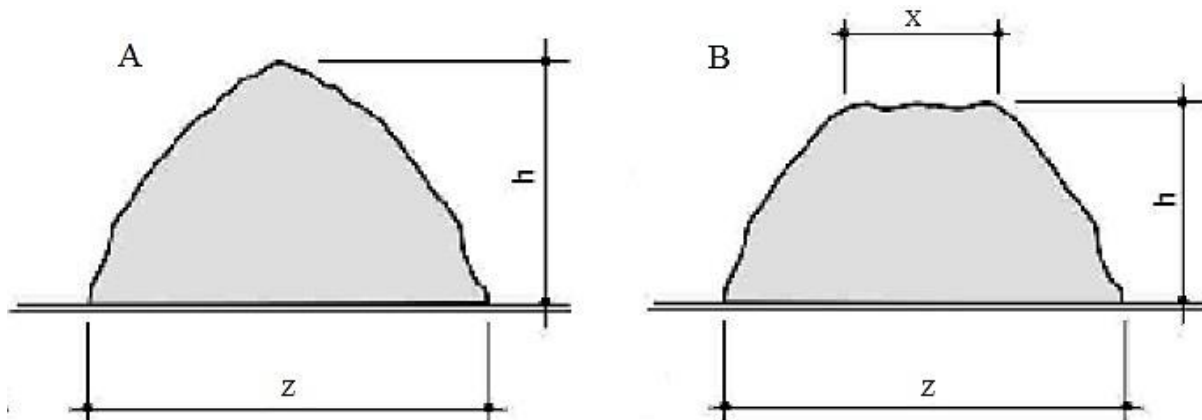
Pro zpracování biologicky rozložitelných odpadů je v současné době velké množství alternativ. Z technologického hlediska lze kompostování rozdělit do tří skupin:

- „**Low-tech**“ – kompostování na hromadách bez nucené aerace;
- „**Mid-tech**“ – kompostování na hromadách s provzdušňováním;
- „**High-tech**“ – kompostovací boxy/vaky, věžové a tunelové bioreaktory (MALAŤÁK - VACULÍK, 2008).

Kompostování na hromadách bez nucené aerace – technologie, která se nejvíce využívá, pro svou jednoduchost, menší pořizovací a provozní náklady, letité zkušenosti a možnost poměrně vysoké mechanizace.

Zakládky jsou tvarovány do trojúhelníkových či do lichoběžníkových hromad viz obr.4. Tvar záleží hlavně na vybavenosti kompostárny, ovšem oba průřezy mají své výhody a nevýhody.

Obr. 4 Tvary průřezu hromady



Vysvětlivky: A-trojúhelníkový průřez, B-lichoběžníkový průřez, z-šířka hromady, h-výška hromady, x-šířka horní hrany hromady

Zdroj: (PLÍVA, 2006)

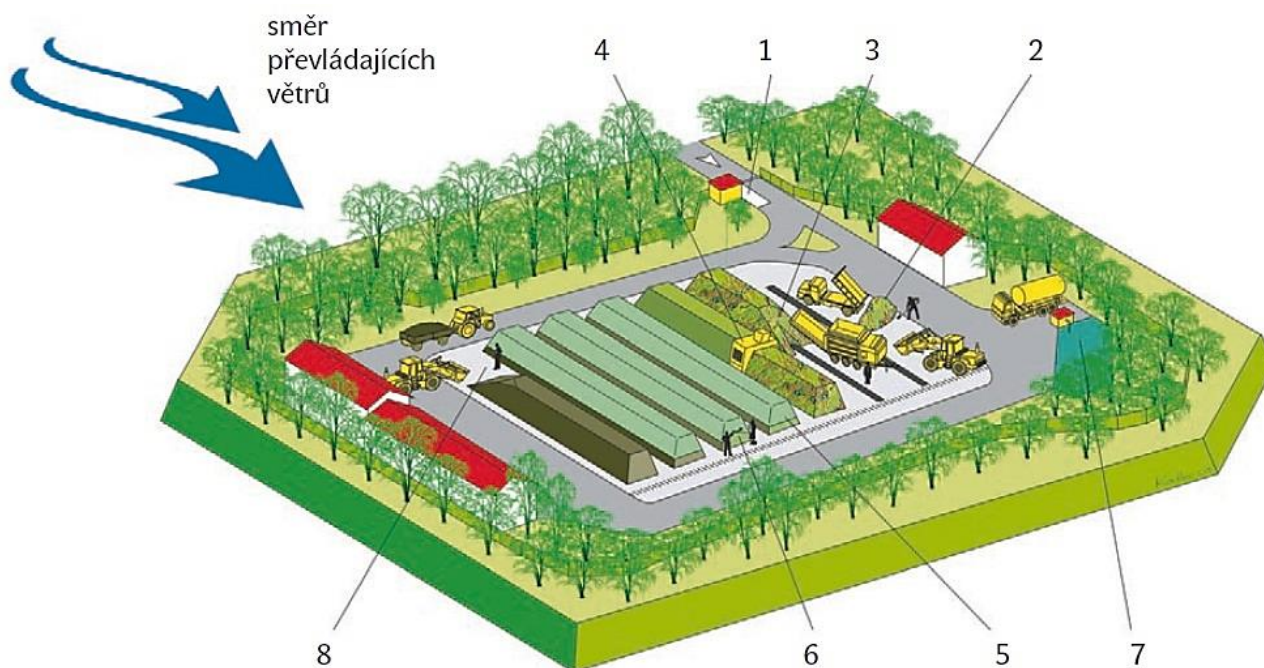
Průřez trojúhelníkového tvaru má lepší „stékavost“ proti dešťové vodě, ale voda při stékání odebírá materiál a znehodnocuje tak homogenizaci surovin. Svým tvarem také částečně zamezuje přehřívání a zlepšuje ventilační účinek. Šířka hromady se pohybuje od 2 do 4m a výška od 1m do 3,6m.

Lichoběžníkový průřez má stabilnější průběh teploty, z důvodu většího objemu na ploše. Další výhodou je dobrá aplikace tekuté složky, ale při velkých deštích se tato vlastnost stává nevýhodou, hromada udržuje příliš velké množství vody a je následně nutné technologii vylepšit například o kompostovací textilii. Šířka hromady je v rozmezí od 3m do 7,4m a výška od 1,5 do 3,3m.

Plochy pro kompostování musí být zabezpečeny proti povrchové a podzemní vodě, většinou otevřenou jímkou, z níž se dodává tekutá složka při vlhčení hromad.

Neřízeným kompostováním v pásových hromadách, jako je znázorněno na obr.5, docílíme konečného produktu za tři až šest, někdy i dvanáct týdnů. Záleží hlavně na surovinové skladbě a na daných podnebních podmínkách. Doba kompostování lze zkrátit pomocí intenzifikace, jako je například již zmíněná kompostovací textilie, aplikace biotechnologických přípravků, nucené provzdušňování či kompostování v halách.

Obr. 5 Kompostování v pásových hromadách na volné ploše

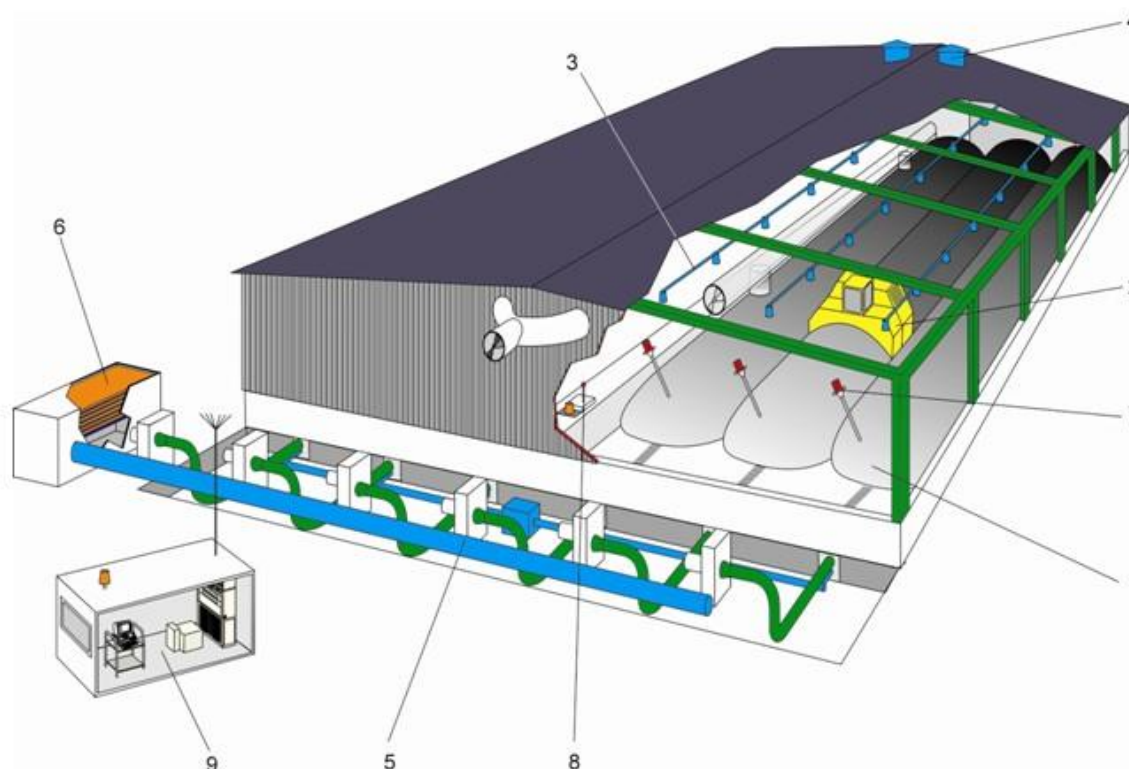


Vysvětlivky: 1-mostová váha, 2-zabezpečená plocha, 3-zakládání hromady pomocí čelního nakladače, 4-překopávač, 5-kompostovací textilie, 6-měření teploty v průběhu kompostování, 7-jímka, 8-expedice hotového produktu.

Zdroj: (PLÍVA, 2009)

Kompostování na hromadách s provzdušňováním – pomocí řízení přísunu vzduchu do zakládky se může celý cyklus urychlit. Současně se lépe řídí jednotlivé fáze kompostování. Kvůli minimalizaci zápachu je v lince aplikován biofiltr. Dalším nutným vybavením, oproti kompostování bez nucené aerace, je vzduchové potrubí, ventilátor a pro lepší kontrolu procesu počítačový systém s příslušným softwarem. Pro zvýšení intenzifikace celého procesu je vhodné využívat krytých kompostovacích ploch jako například na obr.6.

Obr. 6 Kompostování v uzavřeném zařízení



Vysvětlivky: 1-pásová hromada, 2-překopávání kompostu, 3-regulace vlhkosti surovin, 4-větrací šachta, 5-vzduchotechnické rozvody, 6-biofiltr, 7-měření teploty, 8-měření obsahu vzdušného kyslíku, 9-velín a administrativní prostor.

Zdroj: (VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZIVA OSTRAVA, 2014)

Kompostovací boxy – kompostování se provádí v kovových nebo plastových kontejnerech viz obr.7, o objemu 10 m³ nebo 50m³. Menší velikost boxu je pro mobilní využití a větší pro stacionární. Jedná se o vsázkový režim s nucenou aerací. Výhodou je možnost přemístění kontejnerů a úspora místa. Nevýhodou je horší vizuální kontrolovatelnost procesu.

Obr. 7 Kompostovací mobilní box



Zdroj: (VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZIVA OSTRAVA, 2014)

Kompostovací vaky – technologie téměř shodná s kompostováním v pásových hromadách na volné ploše, akorát že je zakládka uložena v polyethylenových vacích, jež jsou využívány v krmivářství.

Obr. 8 Kompostovací stroj



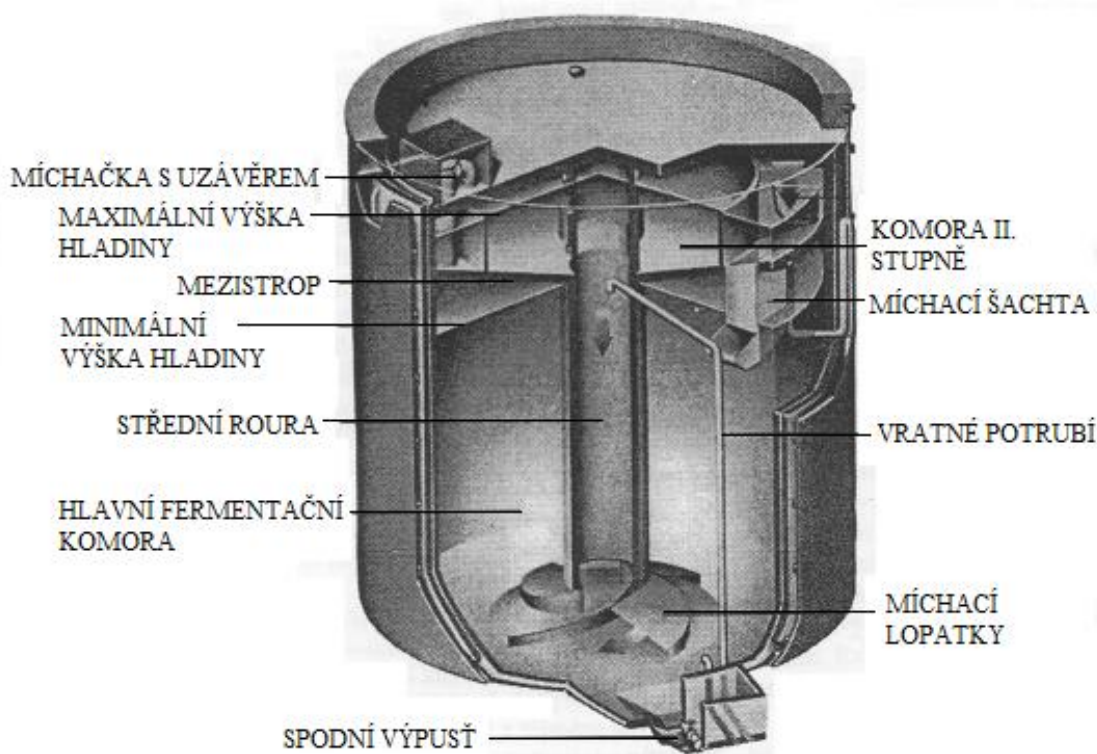
Zdroj: (PLÍVA, 2011)

Plnění vaků se provádí pomocí speciálního stroje viz obr.8, který materiál smíchá a následně jej přemístí do vaku. Při plnění se musí dbát na provzdušňovací hadici, která je do vaku posouvána současně s materiálem. Díky této hadici se kompost nemusí překopávat (PLÍVA, 2011).

Věžové a tunelové bioreaktory – věžový bioreaktor je válcová nádoba o průměru cca 10m a výšce 7m. Celý jeho mechanismus se nachází na dně válce. Mechanismus zajišťuje míchání a zároveň vyprazdňování. Plněn je většinou ze shora pásovým dopravníkem.

Tunelový bioreaktor má obdélníkový průřez a stejně jako ve věžovém se mechanismus nachází na dně nádoby viz obr.9. Výhodou oproti věžovému je možnost kontinuálního zpracování organického materiálu.

Obr. 9 Kombinovaný bioreaktor systém ENTEC



Zdroj: (VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZIVA OSTRAVA, 2014)

Po 10 až 14 dnech z bioreaktorů vychází částečně fermentovaný materiál. Další dozrávání je prováděno na zakládce po dobu minimálně jednoho měsíce. Výhodou bioreaktorů je snížení doby pro dosažení stability o 2 až 3 týdny, automatizace procesu a čištění možného zápachu přes biofiltr (SLEJŠKA, 2004).

Vermikompostování – vermikompost je označení pro kompost, který vzniká při přepracování organického materiálu žížalami (nejčastěji jde o žížaly kalifornské). Předností vermikompostu je značná vodní kapacita a velký počet mikroorganismů, kteří pozitivně ovlivňují růst rostlin. Nejúčinnější je výluh, který se extrahuje během kompostování (KALINA, 1999).

Obr. 10 Vermikompostování



Zdroj: (HANČ, 2013)

Samotné vermikompostování je náročné na prostor (viz obr.10), protože vrstva kompostovaného materiálu nesmí přesáhnout 60cm. Poklad bývá vybetonován, nebo je pokrytý silnou fólií (KALINA, 1999).

Pro úspěšný proces se materiál vrstvý v časových intervalech, aby měli žížaly stálý přísun „čerstvých“ surovin. Dobré je také občas přidat vrstvu zvlhčených novinových papírů nebo například chleba, pro lepší činnost žížal.

Po 3 až 4 týdnech lze odebrat horní vrstvu výsledného produktu (cca 10cm), díky tomu, že žížaly v materiálu míří směrem dolů. Při takovémto tempu je možné změnit organický materiál na kompost za 3 měsíce. Poslední vrstva se však musí nechat, protože je plná dospělých žížal a jejich mláďat. Tato vrstva se využije pro založení nového kompostu (KALINA, 1999).

4.3.6 Stroje a zařízení v kompostovacích linkách

V kompostovacích linkách se využívají klasické univerzální stroje, jako jsou například čelní nakladače, kalová čerpadla, drtiče a štěpkovače, ale i stroje speciálně vyrobené pro potřeby kompostárny, což jsou překopávače a prosévače kompostu.

Překopávače kompostu – stroje, které mají velmi malou jezdovou rychlost (do 1 km.h⁻¹). Podmínka malé rychlosti je splněna speciální redukční převodovkou, tedy v případě přípojného zařízení za traktor, samojízdné překopávače mají malou jezdovou rychlost danou výrobou.

Překopávače slouží k homogenizaci a provzdušňování kompostu. Na trhu je poměrně velká škála výrobců, příkladem je česká firma Ostratický, která vyrábí spíše stroje pro menší kompostárny. Oproti tomu se německá firma BACKHUS GmbH, jejíž produkt je zobrazen na obr.11, zabývá stroji pro velké kompostovací subjekty (MALAŤÁK - VACULÍK, 2008).

Obr. 11 Samojízdný překopávač A 55 od firmy BACKHUS GmbH



Zdroj: (BACKHUS, 2015)

Prosévač kompostu – slouží k rozdělení konečného produktu na jednotlivé frakce.

Prosévače, nejčastěji bubnové, se řadí podle prosetých metrů krychlových za hodinu. Jako příklad volím opět zástupce od firmy Ostratický a produkt americké firmy Peterson, jejíž gigantický stroj je na obr.12.

Obr. 12 Mobilní třídič kompostu DS6162 DECK SCREEN



Zdroj: (PETERSON, 2016)

4.3.7 Hodnocení kompostu

Kvalita a hygienická nezávadnost výsledného produktu je hodnocena na základě biologické stability, mikrobiologických a agrochemických vlastností. Následující testy jsou určující pro kvalitu kompostu, ovšem zkušený pracovník či profesionál může poznat kvalitu podle vizuálního vjemu. Zralý kompost by měl mít tmavě hnědou barvu, téměř neurčitelné prvotní složení a „lesní“ vůni.

- **Test fytoxicity** – známý také jako **Řeřichový test**. Tato metoda vyhodnocuje intenzitu rozkladu či zralost výsledného produktu. Princip testování je na základě klíčivosti citlivé rostliny (řeřichy seté), jejíž semínka na „špatném“ kompostu nevyklíčí a neporostou. Test je dobré aplikovat víckrát a to hlavně při nové zakládce s malými zkušenostmi (HEJÁTKOVÁ, 2007).
- **Mikrobiologické hodnocení kompostu** – na základě výskytu indikátorových mikroorganismů viz tab.5 se vyhodnotí správný postup kompostovacího procesu. Podle množství mikroorganismů ve vzorku se určuje účinnost hygienizace (HEJÁTKOVÁ, 2007).

Tab. 5 Mikrobiologická kritéria – jakostní znaky kompostu

Kompost	Přípustné množství KTJ v 1 gramu kompostu		
	Termotolerantní koliformní bakterie	Enterokoky	Salmonella
Kompost volně ložený	< 10 ³	< 10 ³	nestanovuje se
Kompost balený	102	102	negativní nález

Poznámky: KTJ – kolonie tvořící jednotky

Zdroj: (HEJÁTKOVÁ, 2007).

- **Agrochemické hodnocení kompostu** – po laboratorních rozbořech je vzorek hodnocen podle tabulky z ČSN 46 5735 „Průmyslové komposty“ viz tab.6.

Tab. 6 Znaky jakosti průmyslového kompostu

Znak jakosti	Hodnota
Vlhkost (%)	od zjištěné hodnoty spalitelných látek do jejího dvojnásobku, avšak min. 40,0 a max. 65,0
Spalitelné látky ve vysušeném vzorku (%)	min. 25,0
Celkový dusík jako N přepočtený na vysušený vzorek (%)	min. 0,60
Poměr C:N (-)	max. 30:1
Hodnota pH (-)	od 6,0 do 8,5
Nerozložitelné příměsi (%)	max. 2,0
Homogenita celku (relativní %)	±30

Zdroj: ČSN 46 5735 „Průmyslové komposty“

4.4 Anaerobní fermentace

Fermentace má pro zpracování biologicky rozložitelných odpadů rovněž nezanedbatelný význam, jako kompostování. Jinak také kvašení, anaerobní zpracování, či fermentační technologie bez přístupu vzduchu. Oproti kompostování je tato technologie náročnější, hlavně co se týče stavebního a technologického vybavení. Výsledný produkt se také liší, při fermentaci získáme bioplyn a stabilizovaný organický materiál. Bioplyn lze využít pro výrobu elektrické energie a s využitím kogeneračních a trigeneračních jednotek i teplo a chlad (MALAŤÁK - VACULÍK, 2008).

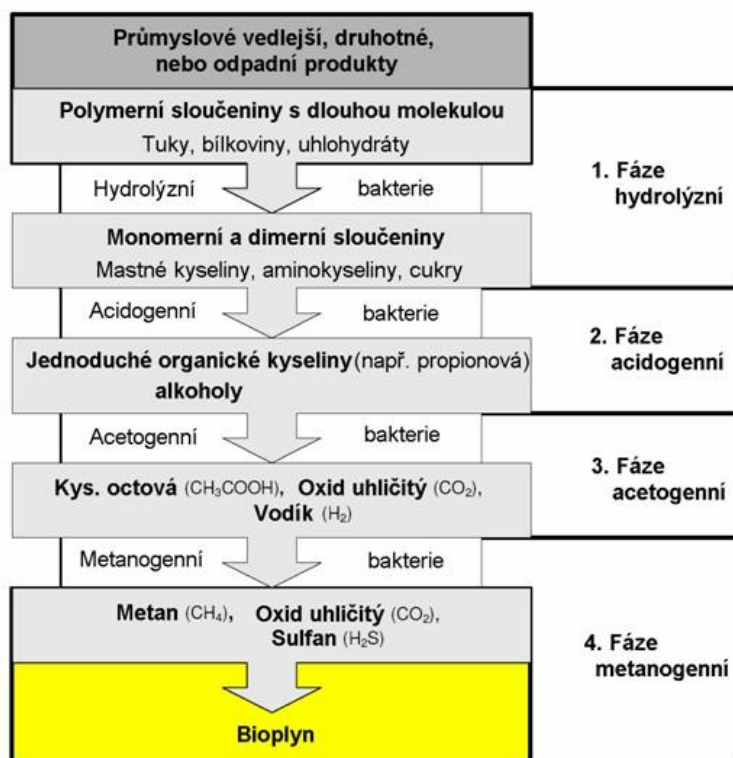
Při anaerobním zpracování biologicky rozložitelných materiálů je důležitý kontinuální přísun surovin. Nastartování celého procesu je zdlouhavé a dochází při to ke ztrátám energie. Proto je tento způsob vhodnější pro zemědělské podniky, či pro zpracování průmyslových odpadů, kde podmínku neustálého přísunu materiálu dodržíme snadněji.

S tím souvisí i vhodnost materiálu pro fermentaci. Vhodné jsou zejména exkrementy hospodářských zvířat, pro svoje složení, ideální množství vody a také jejich množství, co se objemu týče. V živočišné výrobě jsou různé druhy původců této suroviny. Například skot produkuje opravdu velké množství materiálu, ale díky svému unikátnímu zažívacímu ústrojí jsou organické suroviny více rozloženy a klesá jejich energetický potenciál. Nejvyšší energetický potenciál mají exkrementy produkované drůbeží, ale těch je podstatně menší množství ke zpracování (MALAŤÁK - VACULÍK, 2008).

4.4.1 Procesy anaerobní fermentace

Anaerobní metanová fermentace organických materiálů neboli **metanizace**, je souhrn událostí, které za pomoci mikroorganismů postupně rozkládají organické materiály bez přístupu vzduchu. Tento děj probíhá buď samovolně v přírodě, nebo za přispění lidské práce. Výsledným produktem metanizace jsou plyny (metan, oxid uhličitý, vodík, dusík a sirovodík) a pevné látky (rozložený a nerozložený organický materiál) (DOHÁNYOS, 2008).

Obr. 13 Fáze vývinu bioplynu



Zdroj:(ACTIONAPPS – ECONNECT, 2016)

Metanizace je tedy kompletní shrnutí několika dílčích, na sebe navazujících dějů viz obr.13. Na každém z nich se podílí různé druhy mikroorganismů a to znamená, že jedna konkrétní kultura ovlivňuje druhou. Mezi prvotní surovinou a výsledným produktem je dlouhá cesta rozdělená na čtyři dílčí pochody:

- **Hydrolýza** – proces na začátku řetězce. Rozkládají se makromolekulární látky, polysacharidy, lipidy a proteiny na látky nízkomolekulární. Tyto látky jsou schopné, na rozdíl od makromolekulárních látek, transportovat se dovnitř buňky a dále se rozkládat (MALAŤÁK - VACULÍK, 2008);
- **Acidogeneze** – druhá fáze, při které se produkty hydrolýzy dále rozkládají na jednodušší organické látky (těkavé organické kyseliny, alkoholy, oxid uhličitý a vodík). Fermentací za nízkého parciálního tlaku vodíku vzniká kyselina octová, vodík a oxid uhličitý. Při zvýšeném tlaku vznikají vyšší organické kyseliny, kyselina mléčná, valerová, etanol atd. (DOHÁNYOS, 2008);
- **Acetogeneze** – jinak také **syntrofní acidogeneze**. Název odvozen od tzv. syntrofních bakterií, jež jsou velice podstatné při celém procesu. Při této fázi se oxidují produkty acidogeneze. Přeměnou vzniká vodík, oxid uhličitý a kyselina octová (MALAŤÁK - VACULÍK, 2008);
- **Metanogeneze** – poslední fáze celého řetězce. Za přítomnosti metanogenních acetotrofních bakterií, které produkty acetogeneze, především kyselinu octovou, rozkládají na metan a oxid uhličitý. Další bakterie (metanogenní) zpracovávají vodík a oxid uhličitý na metan (PASTOREK, 2008).

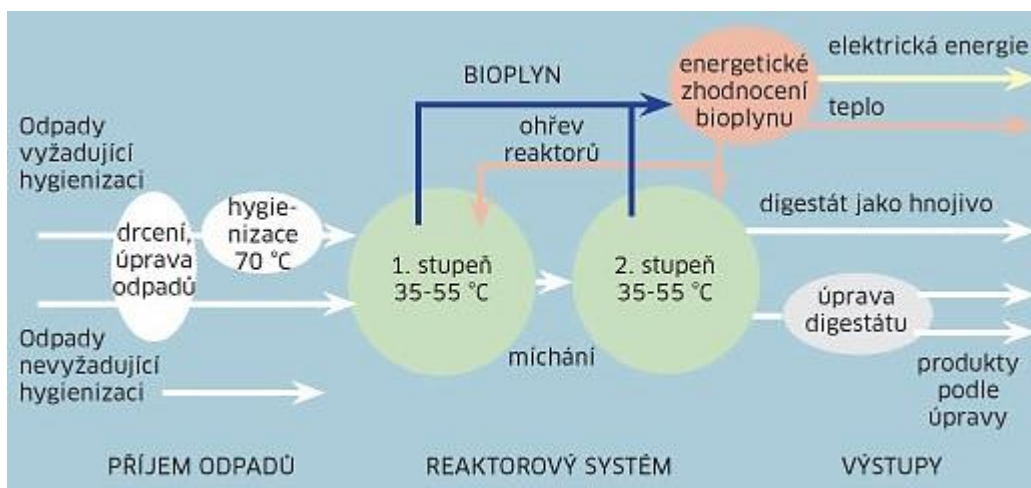
4.4.2 Technologie anaerobní fermentace

Technologii anaerobní fermentace se rozděluje podle podílu sušiny ve vstupním materiálu a to na mokrou a suchou.

a) Technologie mokré fermentace – tato technologie je v ČR nejpoužívanější. Ve vsázce je obsah sušiny menší než 12%. Mokrý technologie probíhá v uzavřených bioreaktorech bez přístupu vzduchu. Tyto velkokapacitní nádoby jsou zahřívány na 35÷55°C a míchány. Celá linka je složena ze čtyř základních částí:

- příjmový systém;
- fermentační systém;
- energetické využití bioplynu;
- uskladnění fermentátu (viz obr.14) (BIOPROFIT, 2007).

Obr. 14 Schéma dvoustupňové mokré fermentace

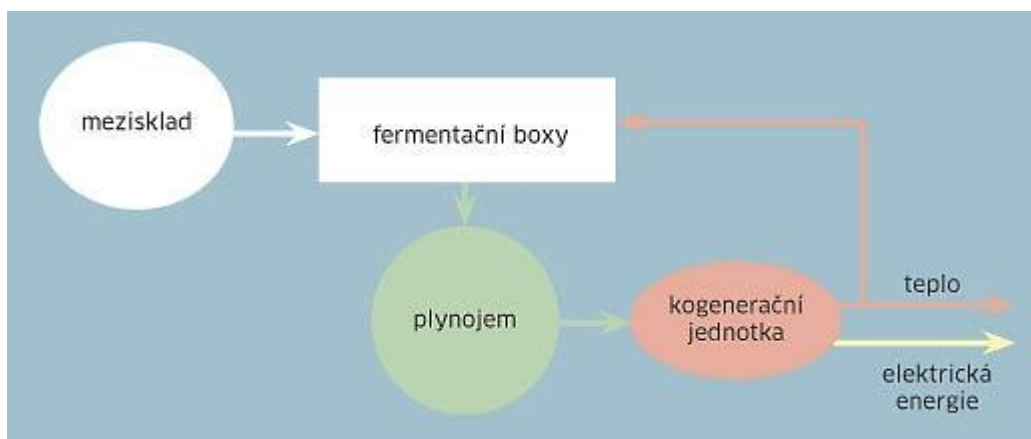


Zdroj: (ŠKORVAN, 2012)

b) **Technologie suché fermentace** – vstupní surovina má obsah sušiny 30÷35%. Většinou jsou aplikovány mezofilní bakterie, a proto se teplota pohybuje kolem 38°C. Suchá technologie se zejména využívá ve dvou variantách:

- **diskontinuální** – tedy technologie vsázková. Linka se skládá z několika reakčních komor a meziskladu (viz obr.15). Přeprava materiálu mezi komorami je většinou zajištěna klasickou manipulační technikou. Celý proces je řízen dávkováním procesní tekutiny. Doba vyprázdnění a naplnění komory trvá přibližně 3 dny a samotný proces fermentace, z jež se produkuje bioplyn 24÷27 dní;
- **kontinuální** – pro svojí vysokou investiční a provozní náročnost jsou zřizovány zejména v podnicích, které využívají, jako prvotní surovinu, například tříděný komunální odpad. Technologie využívá ležatých, válcových i komorových fermentorů, kde se surovina pomalu promíchává (BIOPROFIT, 2007).

Obr. 15 Schéma suché fermentace, tzv. garážové uspořádání



Zdroj: (ŠKORVAN, 2012)

5 Charakteristika výchozích podmínek vybrané technologické linky

Následující kapitola se věnuje představení společnosti, která vlastní vybranou technologickou linku. Popisuje stávající technologickou linku na zpracování biologicky rozložitelných komunálních odpadů. Seznamuje s technickými parametry neseného překopávače a drtiče biologicky rozložitelných odpadů.

5.1 Představení společnosti

Linku na zpracování biologicky rozložitelných odpadů provozuje společnost Technické služby města Příbrami P.O. Ta dohlíží na nakládání s odpady pro obyvatele města Příbrami, 9 integrovaných obcí a dalších 45 obcí v okolí od roku 1960. Svozová oblast je vizualizována v Příloze 4 a spádové oblasti a jejich počet obyvatel je uveden v tab.7.

Tab. 7 Obce s příslušným počtem obyvatel k 3. 7. 2006

Název obce	Počet obyvatel	Název obce	Počet obyvatel
Těchařovice	43	Pečice	369
Zdenice	127	Bukovany	85
Starosedlecký Hrádek	136	Kozárovice	352
Háje	346	Vrančice	140
Narysov	236	Pičín	538
Třebsko	221	Kotenčice	198
Modřovice	55	Dlouhá Lhota	331
Lešetice	94	Drásov	392
Obory	251	Sádek	225
Dolní Hbity	873	Drahlín	547
Jablonná	332	Obecnice	1 231
Zduchovice	291	Příbram	33 160
Solenice	402	Dubno	232
Smolotely	234	Dubenec	266
Bohostice	227	Višňová	666
Radětice	142	Cetyně	152
Celkový počet obyvatel		42 894	

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2016)

V roce 2015 bylo ve svozové oblasti Technických služeb města Příbrami P.O. vyprodukováno celkem 10 521 tun komunálního odpadu. Jednotlivé složky separovaného sběru odpadů jsou uvedeny v tab.8.

Tab. 8 Separované komodity a jejich hmotnosti za rok 2015

Komodita	Hmotnost (t)
papír	454
plast	302
sklo	307
nápojový karton	12
kov	20
textil	148
nebezpečné odpady	32
biologicky rozložitelný odpad	1414

Zdroj:(ARCHIV AUTORA, 2016) + (ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015)

5.2 Popis stávajícího stavu technologické linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů

Kompostárna byla vybudována v roce 2015, jak součást sběrného dvora na tříděný odpad. Výhodou tohoto řešení je vytíženost pracovníků a techniky na jednom místě. Samotný objekt stojí v Mlynářské ulici v Příbrami, což je rovněž výhodné, vzhledem k tomu, že se jedná o průmyslovou oblast a první bytová jednotka je minimálně jeden kilometr daleko.

Projekt byl vybudován díky poskytnuté dotaci v rámci Operačního programu Životního prostředí. Celkové výdaje na výstavbu činily přibližně 4,6 mil. Kč. Předmětem objektu byla výstavba zpevněných ploch, instalace prvků ochrany areálu před nepovoleným vniknutím, realizace jímky pro zachyt znečištěné vody a výstavba osvětlení (situační plán kompostárny viz Příloha 5). V projektu byly též započítány stroje potřebné k výkonu práce (nesený překopávač a drtič biologicky rozložitelného odpadu (ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015).

5.2.1 Příjmová část

Linka na zpracování biologicky rozložitelných odpadů je navržena pro shromažďování rostlinných zbytků z údržby zeleně veřejných prostranství, hřbitovů, hřišť a zahrad (viz tab.9), vznikajících ve svozové oblasti společnosti a dále jejich úpravou a následné zpracování na kompost. Kompostárna je navržena na kapacitu do 1 500 t.rok⁻¹ zpracovaného materiálu. (ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015).

Provozní řád kompostárny uvádí, které odpady se do procesu kompostování nepřijímají: „Některé odpady, přestože se jedná o odpady uvedené ve vyhl. č. 341/2008 Sb., o podmínkách nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, nebo ve výše uvedeném seznamu, avšak obsahující v podstatném množství součásti:

- jejichž úprava pro kompostování by byla časově nebo ekonomicky neúměrně náročná,
- které mohou ohrožovat bezpečnost a zdraví pracovníku při manipulaci se zpracovávaným odpadem,
- které znemožňují požadovanou biologickou přeměnu odpadu během procesu kompostování,
- nebo které mohou ohrozit konečnou kvalitu zpracovávaného kompostu, nemohou být na kompostárnu přijaty. Jedná se zejména o dřevěné odpady (kat.č.:15 01 03, 17 02 01), pokud obsahují vyšší procento kovových částí (hřebíky, kovové pásy, kování apod.), obalové odpady s obsahem nerozložitelných syntetických obalových nebo spojovacích materiálů (kat. č. 15 01 01, 15 01 03, 19 12 01) a odpady textilní s obsahem nerozložitelných syntetických vláken (kat. č., 20 01 11). U těchto odpadů bude pro každou jednotlivou dodávku při příjmu proveden zápis do provozního deníku se zdůvodněním, proč nebyl odpad přijat“. Vzor provozního deníku je obsažen v příloze č. 6.

Tab. 9 Seznam shromažďovaných a přijímaných druhů biologicky rozložitelných odpadů

Kód odpadu	Název odpadu
02 01 01	Kaly z praní a čištění ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví....
02 01 03	Odpad z rostlinných pletiv
02 01 07	Odpad z lesnictví
02 03 04	Suroviny (z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin...) nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
03 01 01	Odpadní kůra a korek
03 01 05	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo...neuvečené pod č. 03 01 04 (tj. pokud neobsahuje nebezpečné látky)
03 03 01	Odpadní kůra a dřevo
15 01 01	Papírové a lepenkové obaly
15 01 03	Dřevěné obaly (drcené)
17 02 01	Dřevo (drcené)
19 08 05	Kaly z čištění komunálních odpadních vod
19 12 01	Papír a lepenka
19 12 07	Dřevo neuvečené pod č. 19 12 06 (tj. pokud neobsahuje nebezpečné látky)
20 01 11	Textilní materiály (rozcupované)
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad
20 02 02	Zemina a kamení
20 03 07	Objemný odpad (drcené dřevo)

Zdroj: (ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015)

Při převzetí odpadu provede pověřený pracovník následující úkony:

- vizuální kontrola biologicky rozložitelného odpadu;
- zaznamenání množství (pomocí váhy, jež je součástí sběrného dvoru) a charakteristik odpadu (kód odpadu, kategorii, původ, datum dodávky, totožnost dodavatele);
- namátková kontrola pro ověření shody;
- zápis do provozního deníku (viz Příloha 6);
- převzetí karty o kvalitě odpadu (viz Příloha 7) (ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015).

5.2.2 Zpracování biologicky rozložitelných materiálů

Samotná technologie je shodná s předchozími teoretickými kapitolami. V této kapitole bude již zmíněná technologie popsána s konkrétními čísly v dané lokalitě.

Biologicky rozložitelný materiál je aplikován v pásových hromadách na volné ploše. O délce zakládky 20m, šířce do 2m a výšce do 1,5m. Kvůli stabilizaci je hlídána teplota hromady viz tab.10. Dalšími parametry jsou vlhkost (50÷60%), pH (6,5÷8), obsah kyslíku (min. 6%) a poměr C:N (25÷30:1) (ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015).

Tab. 10 Teplotní režimy při kompostování

Kompostování	Odpady ze zahrad a zeleně, zbytková biomasa ze zemědělství	≥45°C, 10 dní
Kompostování	Biologicky rozložitelné odpady	≥55°C, 21 dní ≥65 °C, 5 dní

Zdroj: (ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015)

Postup při kompostování je následující:

1. Po přejímce je materiál dopraven na manipulační plochu, kde se roztřídí a dále se používá podle uvážení obsluhy. Kvůli absenci prosévače kompostu jsou při každé možnosti ručně odstraňovány suroviny, které jsou nevhodné pro kompostování;
2. Některé materiály je potřeba upravit pomocí štěpkovače na menší frakci;
3. Založení figury pomocí čelního nakladače. Po založení probíhá kontrola teploty, první týden téměř denně a po 8. dnu se intervaly zvětšují. Při poklesu teploty se kompost překopává nebo je vlhčen. Naopak při přebytku vlhkosti je do zakládky přidáván karton;
4. Trvalý pokles teploty po 2. až 3. týdnu signalizuje fázi přeměny (viz kapitola 4.3.3). Od této chvíle je kompost považován za stabilizovaný, pokud ovšem splňuje požadavky výsledného produktu;
5. Před expedicí je kompost překopán a opět proběhne ruční přetřídění nekompostovatelných surovin (ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015) (MICHVOCÍK, 2016).

Vlivem nepředvídatelného počasí je občas potřeba zásah, který není zrovna podle předcházejícího postupu. Při velkých deštích jsou kompostovací hromady zakrývány plachtou. Také se stane, že celá hromada „vyhasne“, po té je zapravena do nové zakládky, kde zvyšuje rychlost celého procesu. Kvůli případnému přemnožení much a dalšího hmyzu je odpad z domácností (zbytky ovoce atd.) zapravován dovnitř hromady (MICHVOCÍK, 2016).

5.2.3 Expedice výsledného produktu

Po dokončení procesu kompostování je celá figura přepravena je jednu velkou hromadu (viz obr.16), kde dozrává a občas je překopána pomocí čelního nakladače, dokud se nedostane na teplotu blížíící se okolní teplotě. Poslední cestou již výsledného kompostu je cesta před bránu sběrného dvoru, kde je volně ložená pro potřeby místních obyvatel a pro potřeby Technických služeb města Příbrami P.O. (MICHVOCÍK, 2016).

Obr. 16 Velká hromada pro dozrávání kompostu



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2016)

V provozním řádu kompostárny je definován výsledný produkt a vzorkování výstupů následovně: „Výsledným produktem kompostování je rekultivační kompost zařazený do 2. skupiny třídy II dle Přílohy č. 6 k vyhlášce č. 341/2008 Sb.

Četnost kontroly výstupů je stanovena na 2x ročně. V případě, že plánovaná produkce kompostu překročí 100t za kalendářní rok, stanovuje se četnost kontroly výstupů na 4x ročně.

Vzorkování je zajištěno tak, aby odebrané vzorky byly reprezentativní pro celou výrobní šarži, kterou se rozumí definované množství kompostu z jedné zakládky mající po skončení kompostovacího procesu shodné jakostní znaky dle tabulky níže“. Tabulka je shodná s již uvedenou tab.6.

5.3 Popis překopávače kompostu ENERGREEN EPK 200

Překopávač kompostu ENERGREEN EPK 200 (viz obr.17) je produktem české firmy ENERGREEN PROJEKT s.r.o. Do kompostárny byl pořízen pro svou spolehlivost a letitou zkušenost v konkurenčních podnicích. Jedná se o nesený typ překopávače pro střední a malé traktory. Stroj je uchycený do tříbodového závěsu traktoru. Pro převod mechanického pohybu slouží kloubová hřídel, ta též umožňuje složení překopávače do transportní polohy.

Obr. 17 Překopávač kompostu ENERGREEN EPK 200



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2016)

Pro případnou rozdílnou výšku zakládky je překopávač vybaven nastavitelným bočním kolem. Nutností je „plazivá“ rychlost traktoru (maximálně $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Minimální výkon traktoru činní 50 HP a otáčky vývodového hřídel $540 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$, další technické specifikace jsou uvedeny v tab.11 (ENERGREEN, 2014).

Tab. 11 Technická specifikace překopávače kompostu ENERGREEN EPK 200

Parametr	Jednotka	Hodnota
Pracovní šířka zakládky	mm	2000
Výška zakládky	mm	1500
Míchací rotor	typ	lopatka s břity
Průměr rotoru	mm	500
Lopatky s vyměnitelnými břity	ks	24
Pohon od PTO traktoru	PS	min. 50
Jištění překopávače	typ	třecí spojka
Uchycení pro traktor	kat.	I/II
Hmotnost stroje	kg	460

Zdroj: (ENERGREEN, 2014)

5.4 Popis drtiče dřevní hmoty CARAVAGGI BIO 235

Drtič dřevní hmoty je zařízení opět poháněné traktorem (vývodový hřídel), za který je připojen. Stroj je produktem italské firmy Caravaggi S.r.l. Drtíci ústrojí je kombinací disku a kladívkového šrotovníku s následným vyfukováním podrcené hmoty přes vyfukovací komín s ústím ve výšce cca 2 m a možností natáčení o 360°. Technické parametry jsou uvedeny v tab.12 a ilustrační foto na obr.18 (CARAVAGGI, 2014).

Tab. 12 Technická specifikace drtiče dřevní hmoty CARAVAGGI BIO 235

Parametr	Hodnota	Parametr	Hodnota
Max. průměr hmoty	130 mm	Počet nožů / protiostrů	2 / 1 ks
Vkládací válce	1 ks	Pohonná jednotka	30÷50 PS / 540 ot.min ⁻¹
Pohon válce	hydraulicky	Bezpečnostní zařízení	na přání
Vstupní otvor	180 x 350 mm	Pracovní výkon	9÷11
Vkládací násypka	920 x 370 mm	Připojení / podvozek	oje / podvozek 2 kola
Výška násypky	1030 mm	Rozměry stroje max.	2800 x 1280 x 2230 mm
Nožový disk	690 x 60 mm	Hmotnost orientační	690 kg

Zdroj: (CARAVAGGI, 2014) + (ARCHIV AUTORA, 2016)

Obr. 18 Drtič dřevní hmoty CARAVAGGI BIO 235



Zdroj: (CARAVAGGI, 2014)

6 Návrh řešení a dosažené výsledky

Na základě vybraných sledovaných parametrů a jejich změřených u stávající technologické linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů, jež je popsána v kapitole 5, jsou stanoveny požadavky na inovaci linky. V následující kapitole je popsán výběr zařízení a průběh výběrového řízení. Dále je zde seznámení s inovovanou linkou a posouzení jejího technicko-ekonomického návrhu.

6.1 Vlastní měření

Tato podkapitola seznamuje s postupem měření u jednotlivých vzorků, s dílčími výsledky a celkovou analýzou nedostatků.

6.1.1 Sledované parametry stávající linky

Pro zjištění průběhu kompostovacího procesu proběhlo měření, které zaznamenávalo parametr pro kompostovací proces nejtypičtější, a sice měření teploty kompostu. Tento parametr je poměrně snadno zjistitelný a přímo ukazuje na zralost kompostu. Je též základní podmínkou pro správný průběh celého procesu. Od začátku bylo zřejmé, že změna celé linky nebude potřeba, protože linka je nově vybudována, podle požadavků právních předpisů i provozovatele. Ale po první vizuální kontrole hotového produktu (viz obr.19) byly patrné nedostatky, jež bude nutné následně eliminovat.

Obr. 19 Nedokonalý výsledný produkt



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

6.1.2 Popis měření

Měření probíhalo na stávající technologické lince od 7. 5. 2015 do 24. 8. 2015. Vstupním materiálem byl biologicky rozložitelný komunální odpad ze svozové oblasti Technických služeb města Příbrami P.O. Pro měření byl použit tyčový teploměr WILE TEMP s délkou tyče 150 cm (viz obr.20). Měřicí rozsah přístroje je od -15°C do $+70^{\circ}\text{C}$.

Obr. 20 Zemědělský tyčový teploměr 150 cm – WILE TEMP

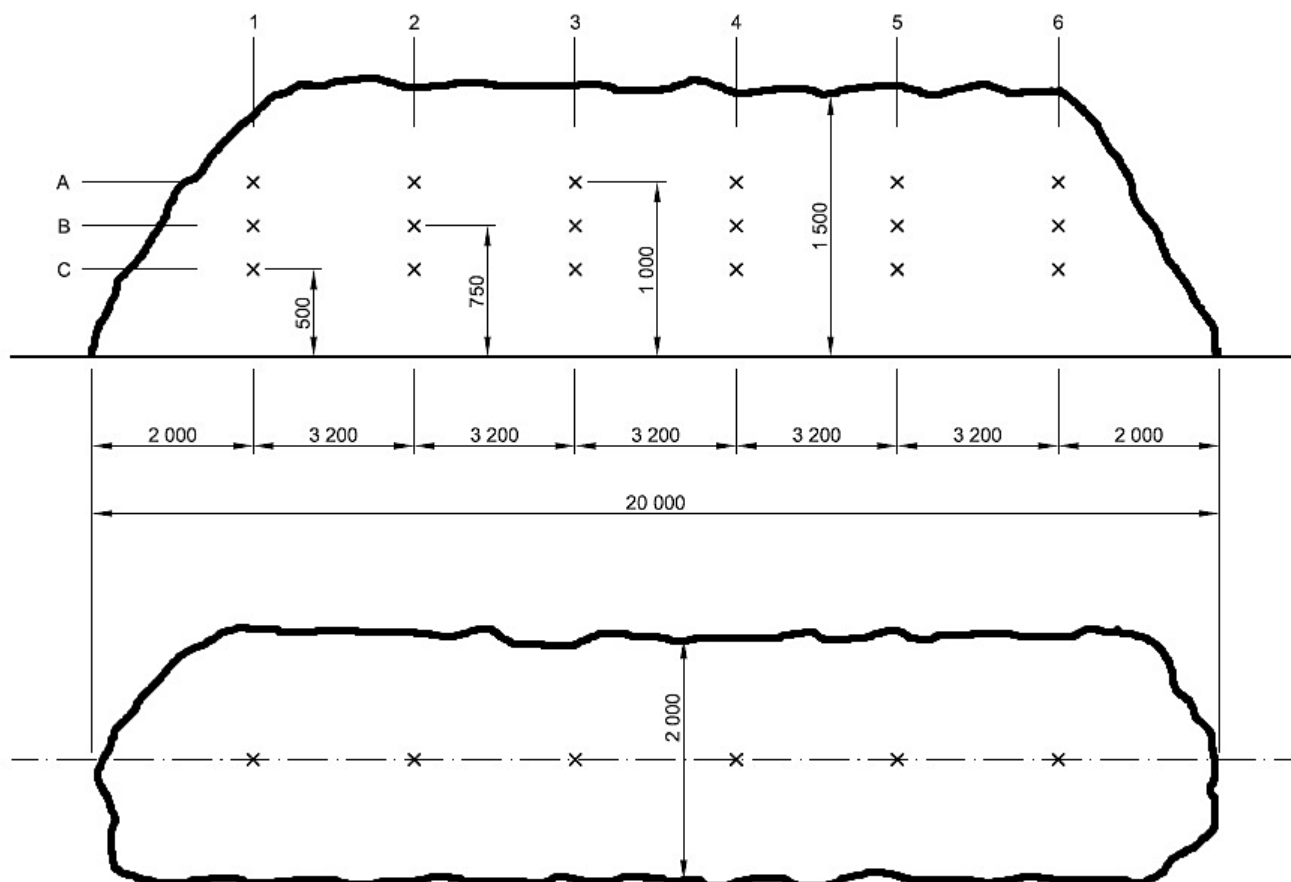


Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Postup měření:

1. **Určení měřících míst** – měřící místa byla určena podle publikace *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*, Plíva P. a kol., 2009. Schéma měřících míst je znázorněno na obr.21.

Obr. 21 Schéma měřících míst



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

2. Použití teploměru

- na základce byla naznačena místa pro vpich teploměru;
- vpich se provádí kolmo k povrchu hromady tak, aby mířil do jejího středu;
- teploměr se zastaví v definovaném úseku a odečítá se ustálená hodnota, ta se zapíše do připravené tabulky;
- s vedením vpichu pokračuje až na poslední definované místo, vždy je nutné nechat teplotu ustálit a zapsat hodnotu.

3. **Záznam dat** – po dokončení měření je potřeba zkontrolovat, jestli jsou všechny potřebné údaje v tabulce a dopsat ostatní důležité parametry.

6.1.3 Měření č.1 – zakládka č.1

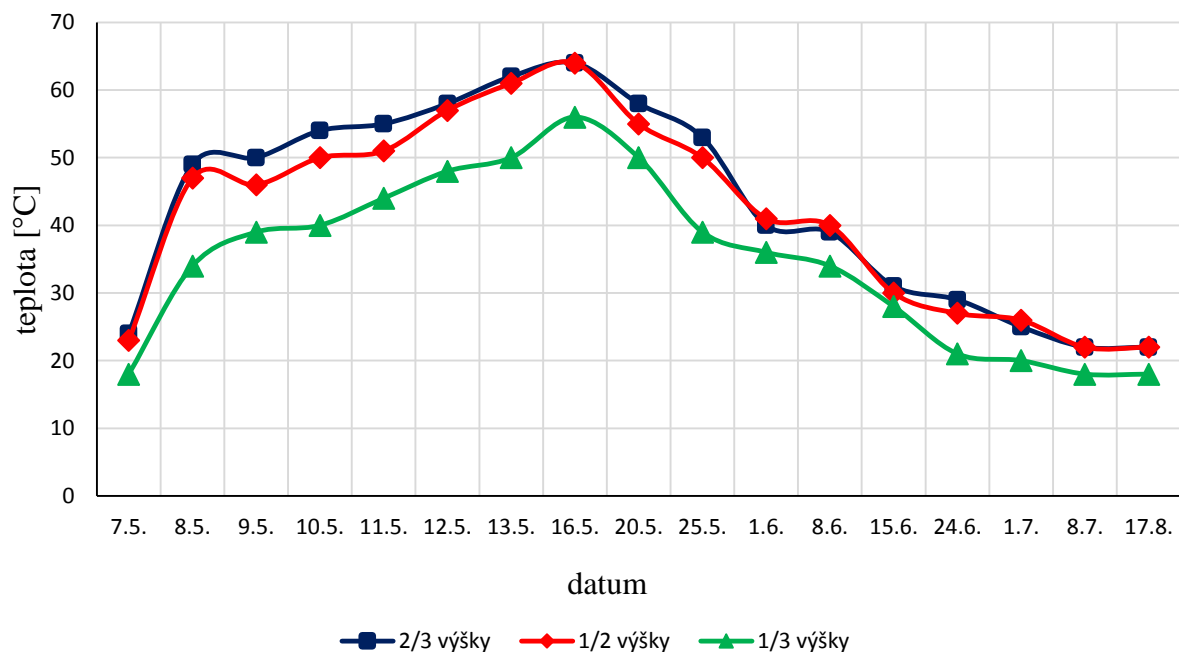
Zakládka byla založena 7. 5. 2015, jedná se o vůbec první zakládku v roce 2015. V surovinové skladbě převládala tráva z právě posekaných pozemků města Příbrami. Dalšími surovinami byly odpad z domácností a dřevní štěpka.

Tab. 13 Naměřené hodnoty teploty na zakládce č.1

Zakládka č.: 1		založena dne: 7.5. 2015					materiál: tráva, štěpka					ukončeno dne: 17. 8. 2015						
		Datum																
		7.5.	8.5.	9.5.	10.5.	11.5.	12.5.	13.5.	16.5.	20.5.	25.5.	1.6.	8.6.	15.6.	24.6.	1.7.	8.7.	17.8.
		Den zrání zakládky																
Měřicí místo	Výška měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	10.	14.	19.	26.	33.	40.	49.	56.	63.	72.
		Teplota zakládky v 9.15h v (°C)																
1	A (2/3)	20	43	44	46	45	52	54	57	56	47	35	34	29	25	23	19	20
	B (1/2)	24	45	46	48	50	57	61	58	57	49	42	39	31	26	25	22	23
	C (1/3)	17	30	38	30	38	46	48	52	50	32	32	35	26	19	18	17	17
2	A (2/3)	24	52	53	59	61	63	66	65	60	57	39	42	32	31	31	22	25
	B (1/2)	22	46	46	52	54	55	61	68	56	49	41	40	30	28	26	23	21
	C (1/3)	18	35	39	43	45	48	49	57	49	43	36	34	28	22	23	18	19
3	A (2/3)	25	51	52	54	56	60	66	67	59	57	45	43	33	30	25	22	23
	B (1/2)	21	44	43	46	48	56	59	64	55	54	42	39	30	27	26	23	22
	C (1/3)	18	37	40	37	40	49	48	58	53	48	39	34	29	21	20	19	17
4	A (2/3)	23	50	49	59	62	63	64	69	58	54	44	42	31	31	26	24	22
	B (1/2)	23	48	45	54	53	58	61	66	54	46	40	40	28	29	24	23	23
	C (1/3)	19	33	39	48	51	51	52	60	50	37	40	34	26	24	19	19	17
5	A (2/3)	30	54	55	57	59	60	63	68	60	59	41	37	32	31	24	23	22
	B (1/2)	22	49	48	49	51	61	65	68	52	52	39	42	30	29	28	20	19
	C (1/3)	18	39	40	47	50	52	55	57	51	43	38	33	28	21	22	19	18
6	A (2/3)	22	44	46	47	47	52	59	58	54	46	37	37	30	26	22	20	19
	B (1/2)	27	47	48	49	50	54	58	58	56	48	39	38	31	25	24	22	22
	C (1/3)	19	32	40	32	39	44	46	54	48	30	33	34	28	19	20	18	17
Průměrná teplota		22	43	45	48	50	55	58	61	54	47	39	38	30	26	24	21	21
		Překopáno (P), zvhčováno (Z), převoz k dozrání (D), expedice E																
								P			P+Z		Z	P		P	D	E
		Počasí - jasno (J), zataženo (Z), déšť (D), sněžení (S) + teplota v °C																
		J	Z	Z	J	J	J	Z	J	Z	J	Z	J	Z	J	J	J	J
		18	15	13	16	20	25	18	20	16	20	20	34	25	18	25	24	36

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Obr. 22 Měření č.1 – průběh teplot v jednotlivých výškách hromady



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Vyhodnocení měření č.1

V grafu jsou znázorněny průměrné teploty zakládky v jednotlivých výškách hromady v závislosti na čase. Průběh grafu je bez větších výkyvů, i přes to, že v sedmém dnu zráni byla hromada překopána a současně se do ní byly přidány 4 m³ dřevní štěpky (viz obr.23).

Obr. 23 Přidávání dřevní štěpky do zakládky



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Vizuálně graf nevypadá zrovna jako ideální (viz obr.3), ale po bližším prozkoumání je jisté, že jde pouze o iluzi zkreslenou dělením vodorovné osy. Po uběhnutí doby jednoho týdne je teplota na nejvyšší hodnotě a po čtvrtém týdnu teplota klesá pod 50°C.

Zakládka č.1 se dá tedy hodnotit, jako velmi dobrá. Tento výsledek lze vysvětlit poměrnou stabilitou počasí v daném období a rovněž využitím vhodných surovin, jež byly do hromady zamíchány.

6.1.4 Měření č.2 – zakládka č.2.1

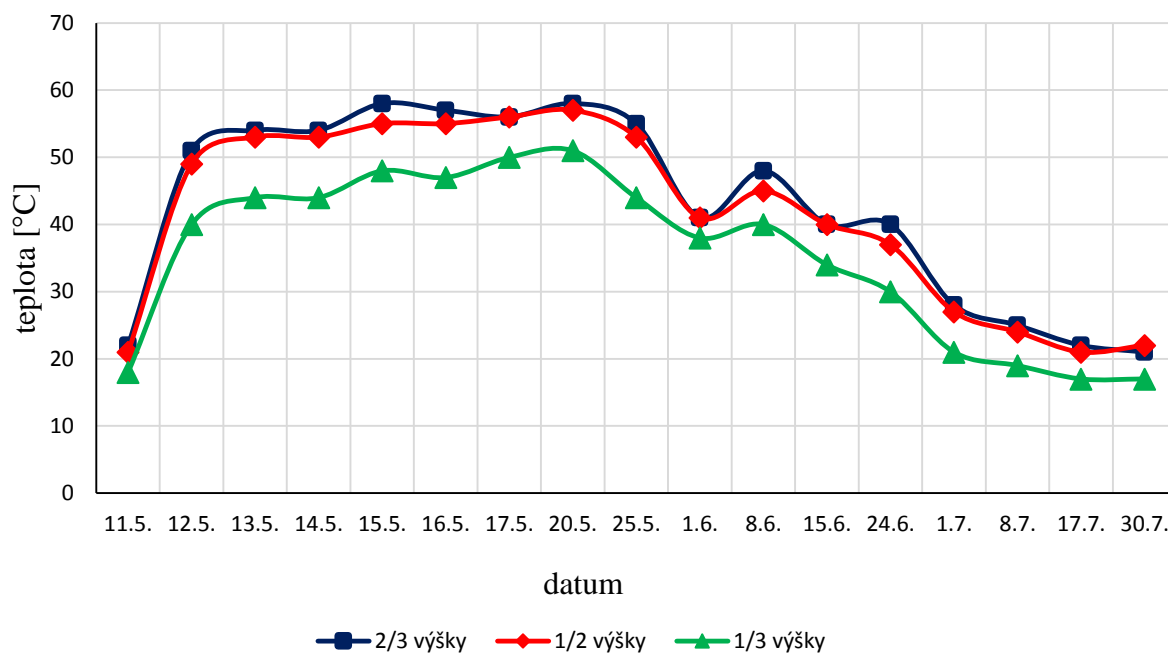
Tab. 14 Naměřené hodnoty teploty na zakládce č.2.1

Zakládka č.: 2.1		založena dne: 11.5. 2015					materiál: tráva, štěpka					ukončeno dne: 30. 7. 2015						
		Datum																
		11.5.	12.5.	13.5.	14.5.	15.5.	16.5.	17.5.	20.5.	25.5.	1.6.	8.6.	15.6.	24.6.	1.7.	8.7.	17.7.	30.7.
		Den zrání zakládky																
Měřicí místo	Výška měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	10.	14.	19.	26.	33.	40.	49.	56.	63.	76.
		Teplota zakládky v 9.15h v (°C)																
1	A (2/3)	19	42	48	47	52	53	53	52	50	35	44	36	34	25	22	18	18
	B (1/2)	22	46	52	52	54	54	56	58	52	42	46	40	39	26	24	22	23
	C (1/3)	17	30	37	38	46	48	49	49	42	36	38	35	29	19	17	15	17
2	A (2/3)	24	55	59	60	59	59	58	60	57	39	50	42	41	31	24	22	22
	B (1/2)	19	52	53	54	56	55	57	58	52	41	42	39	38	28	21	19	21
	C (1/3)	18	43	45	44	49	46	49	51	43	36	40	34	31	22	19	17	17
3	A (2/3)	25	52	55	54	61	59	60	62	58	45	48	41	43	30	26	24	23
	B (1/2)	21	46	53	54	57	58	58	58	51	42	44	38	34	27	24	21	22
	C (1/3)	18	37	44	46	49	50	52	53	44	39	40	33	30	21	19	18	17
4	A (2/3)	24	56	58	56	60	60	56	61	59	44	49	42	44	31	25	23	22
	B (1/2)	21	53	55	51	56	56	55	55	53	40	45	40	36	29	24	20	23
	C (1/3)	19	48	48	49	50	49	50	51	46	40	43	34	29	24	20	17	17
5	A (2/3)	23	55	59	57	59	60	59	59	58	41	50	44	42	31	31	26	24
	B (1/2)	19	49	52	53	56	55	57	56	54	39	46	42	38	29	26	22	19
	C (1/3)	17	47	48	49	49	48	52	51	45	38	39	33	28	21	18	16	18
6	A (2/3)	19	43	47	48	54	52	52	54	49	41	47	37	35	22	21	19	19
	B (1/2)	23	49	52	53	51	50	55	56	53	39	46	38	38	25	23	20	22
	C (1/3)	18	32	41	38	42	43	48	51	44	38	40	34	30	18	18	16	17
Průměrná teplota		20	46	50	50	53	53	54	55	51	40	44	38	36	26	22	20	20
		Překopáno (P), zvhčováno (Z), převoz k dozrání (D), expedice E																
					P			P+Z			P+Z		Z	P		P	D+Z	E
		Počasí - jasno (J), zataženo (Z), déšť (D), sněžení (S) + teplota v °C																
		J	J	Z	Z	Z	J	J	Z	J	Z	J	Z	J	J	J	J	J
		20	25	18	19	18	20	20	16	20	20	34	25	18	25	24	36	34

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Zakládka byla založena 11. 5. 2015. V surovinové skladbě převládala opět tráva z posekaných pozemků města Příbrami. Dalšími surovinami byly odpad z domácností a dřevní štěpka.

Obr. 24 Měření č.2 – průběh teplot v jednotlivých výškách hromady



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Vyhodnocení měření č.2

Měření č.2 bylo prováděno prakticky ve stejném období, tedy i za stejných venkovních teplot, ale hned je patrný rozdíl v průběhu kompostování. Teplota se poměrně dlouho držela nad 50°C, ale na stabilizační teplotu pro biologicky rozložitelný odpad to bylo stále málo. Nepomohlo ani zvlhčování, či přimíchání celé „nepovedené“ zakládky č.3., Nicméně zakládka byla z 80% složena pouze z odpadu ze zahrad a zeleně, a proto se dá zakládka a celý její proces uznat na vyhovující.

6.1.5 Měření č.3 – zakládka č.2.2

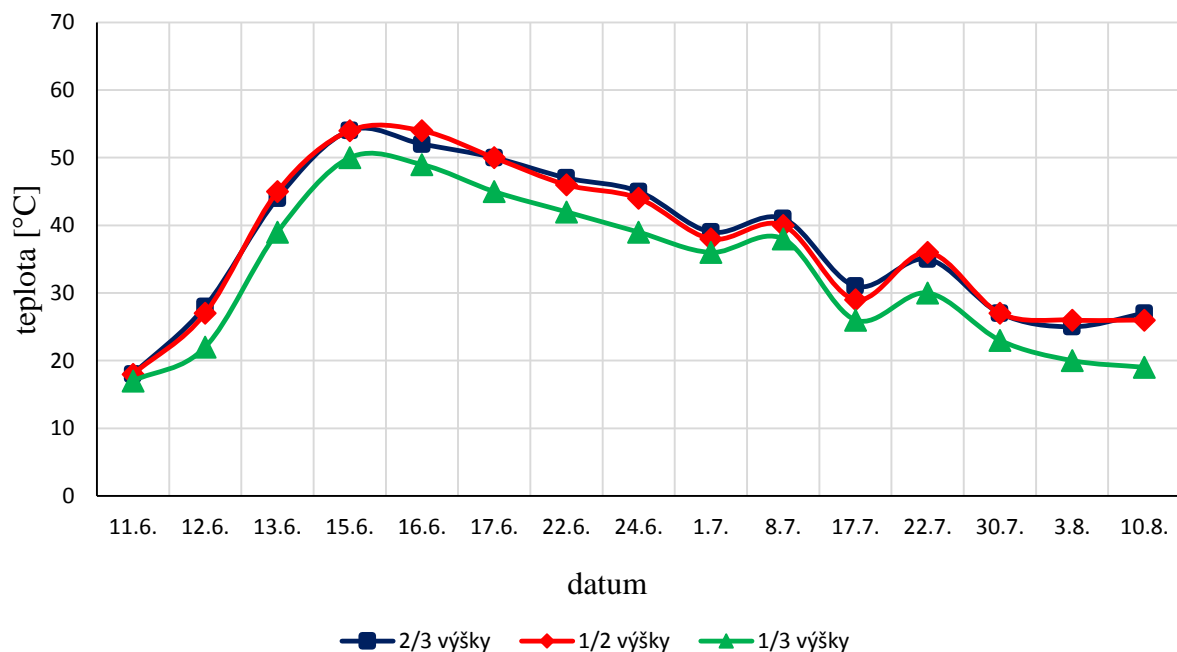
Už založení zakládky doprovázelo velké sucho a tropické teploty. Dovezené suroviny byly vyschlé a bylo zřejmé, že bude zapotřebí zakládku prolívat vodou. Jedním z hlavních důvodů příliš suchého materiálu byla skladová část, kde se suroviny uchovávají před založením do zakládky. Celý tento prostor je vyasfaltován pro lepší manipulaci s materiálem, ale v takovémto počasí se černá plocha stává nevýhodou.

Tab. 15 Naměřené hodnoty teploty na zakládce č.2.2

Zakládka č.: 2.2		založena dne: 11.6. 2015					materiál: tráva, štěpka					ukončeno dne: 11. 8. 2015						
		Datum																
		11.6.	12.6.	13.6.	15.6.	16.6.	17.6.	22.6.	24.6.	1.7.	8.7.	17.7.	22.7.	30.7.	3.8.	10.8.		
		Den zrání zakládky																
Měřicí místo	Výška měření	1.	2.	3.	5.	6.	7.	12.	14.	22.	30.	39.	44.	52.	56.	63.		
		Teplota zakládky v 9.15h v (°C)																
1	A (2/3)	19	27	40	50	49	47	44	41	35	35	24	34	26	22	21		
	B (1/2)	16	25	48	54	54	50	48	40	38	38	28	30	24	24	21		
	C (1/3)	15	20	39	48	48	46	44	39	35	36	22	26	22	20	17		
2	A (2/3)	18	30	45	51	51	49	46	42	37	39	30	36	28	24	31		
	B (1/2)	17	28	42	54	55	51	48	46	38	41	32	38	29	28	28		
	C (1/3)	18	22	37	50	51	46	42	37	33	36	29	32	22	22	20		
3	A (2/3)	17	28	48	57	55	55	51	49	42	45	33	34	26	26	28		
	B (1/2)	24	29	46	54	55	51	47	46	40	42	31	38	28	24	26		
	C (1/3)	16	22	40	51	50	48	42	40	39	39	29	29	26	19	18		
4	A (2/3)	18	26	47	56	55	53	46	44	42	44	36	40	30	25	31		
	B (1/2)	18	30	46	53	53	49	44	43	38	40	30	36	24	26	29		
	C (1/3)	17	20	44	48	49	44	40	39	38	40	28	31	22	20	19		
5	A (2/3)	18	27	45	56	54	50	48	48	39	41	34	36	29	31	26		
	B (1/2)	17	28	44	54	53	49	46	45	39	39	31	38	28	26	29		
	C (1/3)	18	24	35	51	48	46	44	42	36	38	27	32	24	23	21		
6	A (2/3)	15	27	39	52	50	46	45	45	37	41	28	32	25	23	22		
	B (1/2)	16	24	42	56	54	49	44	42	36	39	24	33	26	25	23		
	C (1/3)	17	22	40	51	48	42	37	38	32	38	23	29	22	18	18		
Průměrná teplota		17	26	43	53	52	48	45	43	37	40	29	34	26	24	24		
		Překopáno (P), zvhčováno (Z), převoz k dozrání (D), expedice E																
			Z		P+Z		Z	P+Z			P+Z		Z		Z	Z	D+Z	E
		Počasí - jasno (J), zataženo (Z), déšť (D), sněžení (S) + teplota v °C																
		Z	J	J	Z	J	Z	Z	J	J	J	J	J	J	J	J		
		28	35	32	25	26	24	20	18	25	24	36	40	34	33	44		

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Obr. 25 Měření č.3 – průběh teplot v jednotlivých výškách hromady



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Vyhodnocení měření č.3

Při pohledu na graf se křivka tvarem podobá ideálnímu průběhu teplot, ovšem nízké teploty naznačují, že něco není v pořádku. Od 17. 7. 2015 do 14. 8. 2015 byly extrémní horka, na asfaltové ploše se teplota přes den pohyboval kolem 50°C.

Obr. 26 Zvlhčování a pohled na hromadu 2.2



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Kompostovaný materiál neprošel hygienizací i přes stálé zvlhčování (viz obr.26). Šedesátý třetí den byla zakládka rozdělena na půl a byla zamíchána do ostatních hromad. Dále už se teplota na zakládce 2.2 nesledovala a celá zakládka byla prohlášena za neúspěšnou.

6.1.6 Měření č.4 – zakládka č.4.1

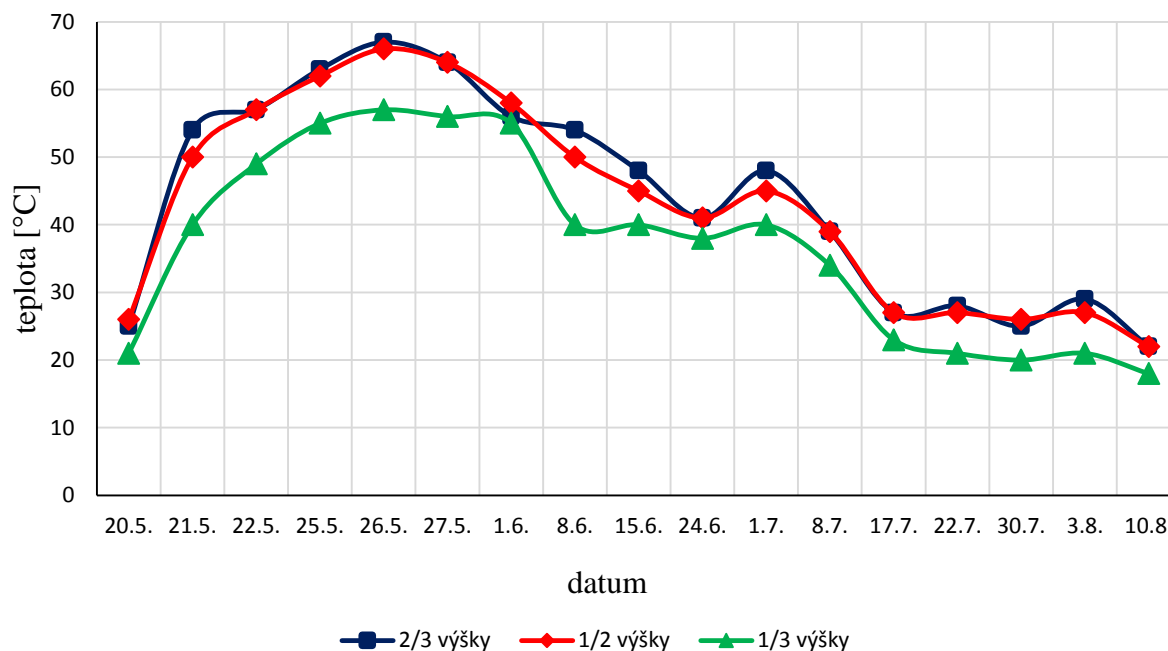
Tab. 16 Naměřené hodnoty teploty na zakládce č.4.1

Zakládka č.: 4.1		založena dne: 20.5. 2015					materiál: tráva, štěpka					ukončeno dne: 10. 8. 2015						
		Datum																
		20.5.	21.5.	22.5.	25.5.	26.5.	27.5.	1.6.	8.6.	15.6.	24.6.	1.7.	8.7.	17.7.	22.7.	30.7.	3.8.	10.8.
		Den zrání zakládky																
Měřicí místo	Výška měření	1.	2.	3.	6.	7.	8.	13.	20.	21.	30.	38.	45.	54.	59.	67.	71.	78.
		Teplota zakládky v 9.15h v (°C)																
1	A (2/3)	21	46	53	56	62	58	53	47	46	35	44	36	26	25	22	25	20
	B (1/2)	28	48	58	60	64	58	56	49	48	42	46	39	24	26	24	26	23
	C (1/3)	22	30	48	54	56	54	59	32	40	36	38	35	22	19	20	22	17
2	A (2/3)	26	59	59	66	70	68	58	57	50	39	50	39	28	31	24	31	25
	B (1/2)	25	52	58	59	68	68	57	49	46	41	42	36	29	28	28	29	21
	C (1/3)	20	43	49	51	59	57	56	47	39	36	40	34	22	22	22	21	19
3	A (2/3)	25	54	57	68	71	69	60	59	49	45	48	40	26	30	26	30	23
	B (1/2)	28	46	59	62	67	66	58	54	45	42	44	36	28	27	24	24	22
	C (1/3)	18	37	52	53	59	60	56	48	43	39	40	33	26	21	19	22	17
4	A (2/3)	25	59	60	65	70	67	56	54	48	44	49	42	30	31	25	30	22
	B (1/2)	23	54	58	62	69	64	61	46	44	40	45	40	24	29	26	27	23
	C (1/3)	22	48	48	58	57	58	52	37	40	40	43	34	22	24	20	21	17
5	A (2/3)	30	57	59	64	69	65	59	59	50	41	50	37	29	31	31	32	24
	B (1/2)	22	49	56	67	66	68	59	52	42	39	46	42	28	29	26	29	19
	C (1/3)	26	47	50	59	59	57	55	43	41	38	39	33	24	21	23	22	18
6	A (2/3)	22	47	54	58	60	57	52	46	44	41	47	37	25	22	23	25	19
	B (1/2)	27	49	55	61	61	58	58	48	46	39	46	38	26	25	25	26	22
	C (1/3)	19	32	49	54	54	52	54	30	38	38	40	34	22	18	18	19	17
Průměrná teplota		24	48	55	60	63	61	57	48	44	40	44	37	26	26	24	26	20
		Překopáno (P), zvlhčováno (Z), převoz k dozrání (D), expedice E																
					P+Z		Z	P+Z			P+Z		Z		Z	Z	D+Z	E
		Počasí - jasno (J), zataženo (Z), déšť (D), sněžení (S) + teplota v °C																
		Z	Z	J	J	D	Z	Z	J	Z	J	J	J	J	J	J	J	J
		16	17	24	20	10	20	20	34	25	18	25	24	36	40	34	33	44

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Hromada č.4.1 byla založena 20. května 2015 a opět do ní byly vmíchány odpady z údržby zeleně, odpady z domácností a dřevní štěpka.

Obr. 27 Měření č.4 – průběh teplot v jednotlivých výškách hromady



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Vyhodnocení měření č.4

Měření č.4 se jeví, jako jedno z nejpovedenějších. Průběh teploty je téměř ideální, bez větších výkyvů. I přesto, že byla doba celého procesu, při porovnání s ostatními měřeními, nejdelší, byl získán kvalitní výchozí produkt.

V šestý den zrání byla přidána dřevní štěpka a třináctý den byla přimíchána ¼ nepovedené zakládky č.2.2. Proces zrání se také nevyhnul tropickým teplotám, které provázely celé léto 2015, ale správným úsudkem obsluhy se podařilo zakládku dovést do konce. Z tab.16 je patrné časně zvlhčování a překopávání, to posloužilo, jako jediná možná obrana proti přehřátému okolnímu asfaltu.

Z důvodů výše uvedených argumentů lze zakládku č.2.2 uznat za velmi dobrou.

6.1.7 Měření č.5 – zakládka č.4.2

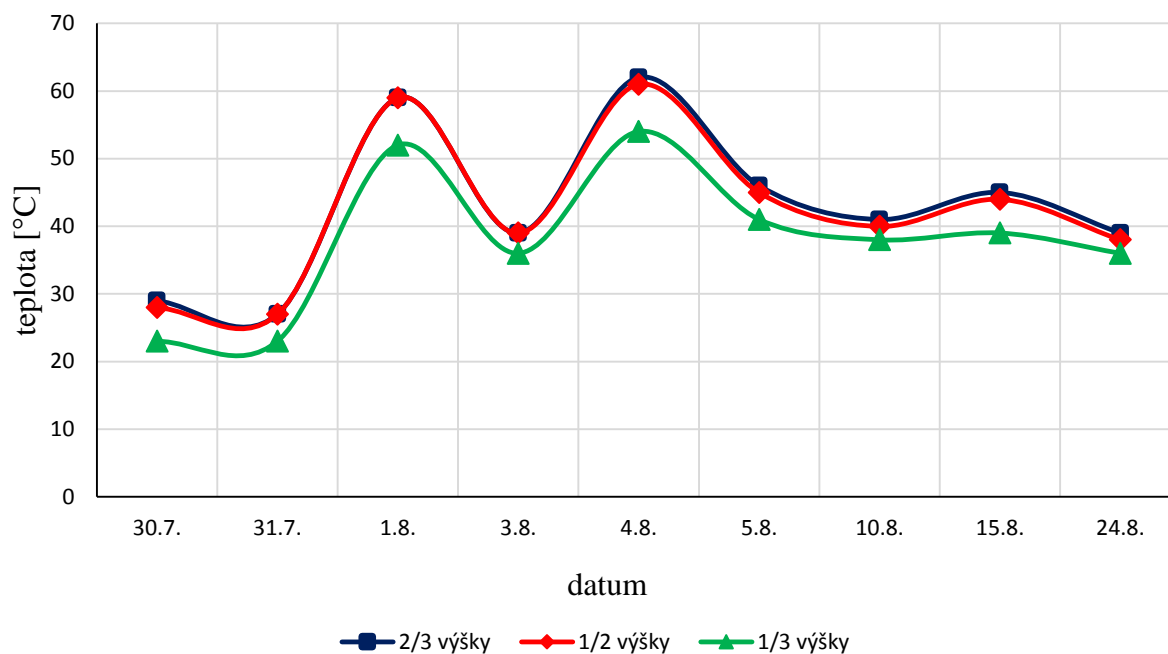
Hromada byla založena 30. 7. 2015, tedy v období teplotních rekordů. Na asfaltové ploše se přes den pohybuje teplota kolem 55°C. Obsluha oprávněně zvažovala, zda materiál vůbec založit do figury, ale vzhledem k přeplněnému meziskladu nebyla jiná možnost.

Tab. 17 Naměřené hodnoty teploty na zakládce č.4.2

Zakládka č.: 4.2		založena dne: 30.7. 2015					materiál: tráva, štěpka					ukončeno dne: 24. 8. 2015				
		Datum														
		30.7.	31.7.	1.8.	3.8.	4.8.	5.8.	10.8.	15.8.	24.8.						
		Den zrání zakládky														
Měřící místo	Výška měření	1.	2.	3.	5.	6.	7.	12.	17.	26.						
		Teplota zakládky v 9.15h v (°C)														
1	A (2/3)	27	26	55	35	56	39	41	41	37						
	B (1/2)	25	24	58	42	57	42	39	40	36						
	C (1/3)	20	22	49	35	50	40	38	39	32						
2	A (2/3)	30	28	60	37	64	45	41	42	39						
	B (1/2)	28	29	62	38	61	44	42	46	39						
	C (1/3)	24	22	51	33	54	37	38	37	36						
3	A (2/3)	28	26	62	42	68	48	44	49	42						
	B (1/2)	29	28	59	40	60	45	40	46	38						
	C (1/3)	26	26	55	39	58	46	40	40	38						
4	A (2/3)	32	30	61	42	62	49	45	44	42						
	B (1/2)	30	24	59	38	65	46	42	43	40						
	C (1/3)	20	22	54	38	58	42	39	39	39						
5	A (2/3)	30	29	64	39	67	52	39	48	37						
	B (1/2)	29	28	58	39	62	42	41	45	38						
	C (1/3)	24	24	54	36	56	39	36	42	33						
6	A (2/3)	27	25	54	37	56	40	35	45	35						
	B (1/2)	28	26	58	36	59	49	38	42	38						
	C (1/3)	22	22	47	32	49	39	36	38	35						
Průměrná teplota		27	26	57	38	59	44	40	43	37						
		Překopáno (P), zvhčováno (Z), převoz k dozrání (D), expedice E														
			Z		P+Z		Z	P+Z								
		Počasí - jasno (J), zataženo (Z), déšť (D), sněžení (S) + teplota v °C														
		J	J	J	J	J	J	J	J	J						
		30	30	29	33	40	40	44	30	30						

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Obr. 28 Měření č.5 – průběh teplot v jednotlivých výškách hromady



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Vyhodnocení měření č.5:

Možná trošku nešťastně byly 5. den do zakládky přidány piliny, ale i bez nich hromada příliš rychle vysychá a nedaří se nastartovat proces. Teplota příliš kolísá a rozhodně nesplňuje podmínky hygienizace.

Šestadvacátý den obsluha vzdává další pokusy o nastartování a hromada je použita s nově založenou zakládkou 6.2 založenou 24. 8. 2015.

Zakládka byla tedy vyhodnocena, jako nedostatečná, ale jelikož byla kompostárna první rok v provozu, jsou nashromážděná data brána, jako poučná do dalších let.

6.2 Analýzy nedostatků stávající technologické linky

Kompostárna je navržena na zpracování 1 500 tun biologicky rozložitelných odpadů ročně. Takovéto množství surového materiálu se opravdu na kompostárnu dostalo, ale vše se nepodařilo zpracovat. Z měření vyplívá, že největší slabinou je počasí, ale zastřešení nebo jiná podobná úprava, kvůli finanční situaci nepřipadá v úvahu.

Proto se dále práce zaměřuje na další velkou slabinu, a sice zrychlení celého procesu s použitím vyššího stupně mechanizace. Konkrétněji se jedná o prosévací zařízení (bubnový třídící kompostu), protože během celého procesu je nutné manuálně oddělovat materiál, který není vhodný ke kompostování (viz obr.29). Manuální práce nemá potřebné kvality a podstatně zdržuje obsluhu a to se projevuje hlavně na výsledném produktu a na jeho množství.

Obr. 29 Nevhodné suroviny ke kompostování v komunálním odpadu



Zdroj: (ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015)

6.3 Návrh inovace

V této podkapitole je popsán výběr nového stroje na prosévání kompostu, požadavky na výběrové řízení a jeho průběh. Kapitola také seznamuje se základními technickými parametry vybraných strojů.

6.3.1 Požadavky pro výběrové řízení

Na základě zjištěných nedostatků, které jsou popsány v kapitole 6.2, bylo rozhodnuto provést inovaci linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Proběhl průzkum trhu a na základě požadavků se rozhodovalo o novém stroji.

Požadavky byly určeny po konzultaci s vedením Technických služeb města Příbrami P.O. a s obsluhou kompostárny následovně:

- podvozek – jednoosý centrální přívěs schválený pro provoz v EU, ABS, včetně osvětlení a brzd pro provoz na komunikacích;
- opěrná noha a přípojné oko 40 mm dle DIN;
- spalovací motor nejméně 21 kW, počet válců 3, objem nádrže nejméně 75 l;
- elektronické sledování motoru s funkcí odpojení;
- výstražný maják oranžový;
- násypka o objemu alespoň 2 m³ s přizpůsobivým pohonem násypkového pásu;
- výška hrany násypky méně než 2,7 m;
- třídící buben o průměru nejméně 1,5 m, délce minimálně 2,8 m a vnitřní ploše nejméně 12 m³;
- požadovaná tloušťka stěny bubnu nejméně 8 mm, okatost 80÷100 mm;
- otáčky bubnu do 23 ot..min⁻¹;
- šířka dopravního pásu nejméně 550 mm;
- délka podsítného pásu nejméně 4 m a šířka nejméně 550 mm;
- délka nadsítného pásu nejméně 3,2 m a šířka nejméně 550 mm;
- třídící výkon nejméně 35 m³.hod⁻¹ (ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015).

6.3.2 Vlastní výběrové řízení

Průzkum trhu byl složitější, než se předpokládalo. Existuje opravdu velké množství výrobců, ovšem většina se soustředí na tržní segment velkých podniků. Hledalo se i mezi tuzemskými výrobci, ovšem bezúspěšně. Nakonec se vybíralo mezi třemi stroji od zahraničních výrobců. Dva první stroje splňují většinu požadovaných vlastností a třetí zařízení ho nepatrně přesahuje. Jedná se o ty to stroje:

- SEKO – Separator 50 MD;
- Terra Select – Trommelscreen T3;
- Pezzolato – L 3000.

SEKO – Separator 50 MD

Firma SEKO je Italského původu. Pohybuje se na trhu přes 40 let a našla si místo i u českých distributorů. Jedná se o mobilní bubnový třídíč, který se hodí pro práci s vlhkým i suchým materiálem, což je pro danou oblast využití dobré.

Obr. 30 Bubnový třídíč SEKO – Separator 50 MD



Zdroj: (FAGUS, 2015)

Výhodou tohoto stroje je snadná výměna síta, na kterou není potřeba specializovaný pracovník. Samozřejmostí je odlučování feromagnetických kovů a lehkých materiálů. Technické parametry jsou uvedeny v tab.18.

Tab. 18 Základní technické parametry SEKO – Separator 50 MD

parametr	hodnota	parametr	hodnota
délka	7695 mm	průměr bubnu	1 800 mm
výška	3 080 mm	okatosť	8÷90 mm
šířka	2 550 mm	otáčky	do 23 ot..min ⁻¹
objem násypky	1,6 m ³	výkon	34 kW
nakládací výška	2 487 mm	hmotnosť	6 500 kg
délka bubnu	2 550 mm	třídící výkon	do 50 m ³ .hod ⁻¹

Zdroj: (FAGUS, 2015) + (ARCHIV AUTORA, 2015)

Terra Select – Trommelscreen T3

O dobré kvalitě výrobků německé firmy Terra Select vypovídá i fakt, že první prosévací zařízení sestrojili v roce 1975. V ČR je tato firma poměrně dobře zavedená svými výrobky v oblasti zpracování biologicky rozložitelných materiálů.

Obr. 31 Bubnový třídíč Terra Select – Trommelscreen T3 (1)



Zdroj: (TERRA SELECT, 2010)

Tab. 19 Základní technické parametry Terra Select – Trommelscreen T3

parametr	hodnota	parametr	hodnota
délka	9 500 mm	průměr bubnu	1 600 mm
výška	3 950 mm	okatosť	80 mm
šířka	2 255 mm	otáčky	do 23 ot..min ⁻¹
objem násypky	2,5 m ³	výkon	23 kW
nakládací výška	2 450 mm	hmotnost	7 000 kg
délka bubnu	3 000 mm	třídící výkon	do 60 m ³ .hod ⁻¹

Zdroj: (VOSTING, 2015) + (ARCHIV AUTORA, 2015)

Pezzolato – L 3000

Posledním typem prosévacího zařízení je stroj od Italské firmy Pezzolato. Firma je též známa se svými výrobky v oblasti biologicky zpracovatelných materiálů. Představovaný stroj sice převyšuje některé potřebné parametry, ale také stojí za povšimnutí. Jako u prvního stroje je výhoda v možnosti změny síta. V tomto případě prý stačí pouze jeden proškolený člověk na celou montáž.

Obr. 32 Bubnový třídící Pezzolato – L 3000



Zdroj: (SOME, 2014)

Tab. 20 Základní technické parametry Pezzolato – L 3000

parametr	hodnota	parametr	hodnota
délka	8 800 mm	průměr bubnu	1 800 mm
výška	2 900 mm	okatosť	20÷90 mm
šířka	2 200 mm	otáčky	do 23 ot..min ⁻¹
objem násypky	2,52 m ³	výkon	38 kW
nakládací výška	2 500 mm	hmotnosť	5 500 kg
délka bubnu	3 500 mm	třídící výkon	20÷40 m ³ .hod ⁻¹

Zdroj: (SOME, 2014) + (ARCHIV AUTORA, 2015)

Hodnocení podle stanovených specifikací

Tab. 21 Hodnocení podle stanovených specifikací

specifikace	SEKO Separator 50 MD	Terra Select Trommelscreen T3	Pezzolato L 3000
objem násypky	*	***	***
nakládací výška	**	**	**
rozměry	***	**	**
průměr bubnu	**	**	**
okatosť	**	**	**
výkon	***	**	***
třídící výkon	**	***	**
cena	**	**	*

Vysvětlivky: *** - velmi dobré, ** - dostatečné, * - nedostatečné

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Vyhodnocení vybraného zařízení

Na základě vyhodnocení poskytnutých údajů (viz tab.21) od výrobců a distributorů a po konzultacích s osobami, které se pohybují v oblasti zpracování biologicky rozložitelných odpadů, byl vybrán produkt od firmy Terra Select typ T3. Zařízení bylo také vybráno pro dobrou dostupnost autorizovaného servisu.

6.4 Popis vybraného bubnového tříděče

Vybraný bubnový tříděč T3 od firmy Terra Select GMBH je pro menší podniky, které se zabývají zpracováním biologicky rozložitelných odpadů, ideální. Hlavní předností je poměr cena – výkon. Zařízení je moderní se všemi důležitými prvky, jako například čistící kartáč na údržbu bubnu, regulátor otáček, možnost výměny bubnového síta apod.

Obr. 33 Bubnový tříděč Terra Select – Trommelscreen T3 (2)



Zdroj: (TERRA SELECT, 2010)

Výrobce je dobře znám na českém trhu i pro dobrou dostupnost servisu. Originální díly se posílají z Německa, takže ani jejich doprava není finančně znevýhodněna. V tab.22 jsou uvedeny bližší technické specifikace. Celé zařízení je poháněno naftovým motorem Perkins. Podvozek jako jednoosý centrální přívěs podle StVZO a ABS (VOSTING, 2015).

Tab. 22 Technické specifikace bubnového tříděče T3

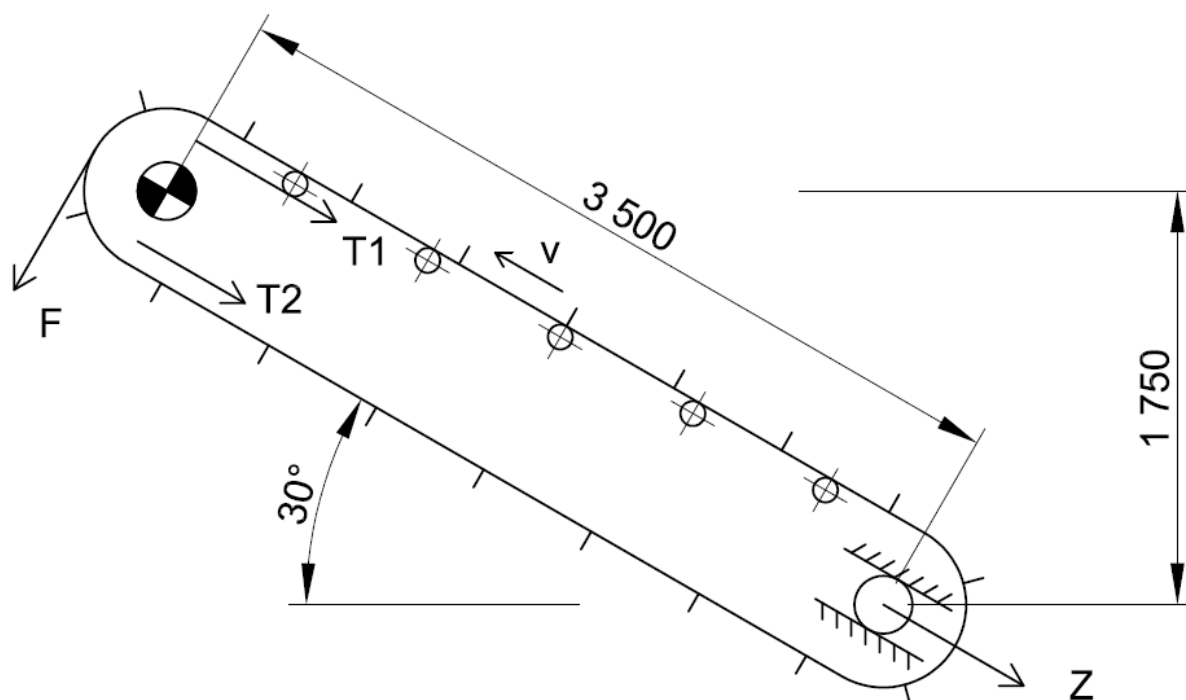
parametry		hodnota	parametry		hodnota
rozměry	délka	9 500 mm	třídící buben	délka	3 000 mm
	výška	3 950 mm		průměr	1 600 mm
	šířka	2 550 mm		plocha	15 m ²
násypka	objem	2,5 m ³		tloušťka	6÷12 mm
	nakládací výška	2 450 mm		okatosť	80 mm
	nakládací šířka	2 830 mm		otáčky	< 23 ot.min ⁻¹
	nakládací hloubka	1 400 mm		pohon	výkon
	šířka pásu	1 000 mm	objem		1,5 l
vynášecí pásy	podsítný	3,5 x 0,6 m	válce		3
	nadsítný	3,9 x 0,6 m	nádrž	80 l	
hmotnost		7 000 kg	třídící výkon		20÷50 m ³ .h ⁻¹

Zdroj: (VOSTING, 2015) + (ARCHIV AUTORA, 2015)

6.5 Přepočet pásového dopravníku

V této podkapitole bude přepočten pásový dopravník, který odvádí podsítnou frakci od bubnového síta. Celý výpočet bude realizován podle učebnice *Dopravní a manipulační stroje, Ďurkovič, 1995*.

Obr. 34 Pásový dopravník



Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Tab. 23 Technické specifikace pásového dopravníku

parametr	jednotka	hodnota
délka	mm	3 500
šířka	mm	600
sklon	°	30
objemová hmotnost	kg.m ⁻³	685
hmotnostní výkon přiváděného materiálu	kg.s ⁻¹	6,85
sypaný úhel	°	30
rychlost pásu	m.s ⁻¹	3

Zdroj: (VOSTING, 2015) + (ARCHIV AUTORA, 2015)

**Určení rozměrů:****- průřez dopravovaného materiálu (6.1)**

$$Q_m = S \cdot v \cdot \rho_v \cdot \psi_c \Rightarrow S = \frac{Q_m}{v \cdot \rho_v \cdot \psi_c} = \frac{6,85}{3 \cdot 685 \cdot 0,75} = 0,004 \text{ m}^2 \quad (6.1)$$

Kde: ψ_c – součinitel respektující sklon dopravníku (pro sklon 30° je $\psi_c = 0,75$);

v – rychlost pásu;

ρ_v – objemová hmotnost materiálu;

Q_m – hmotnostní výkon přiváděného materiálu.

Navrhovaný pás je uvažován pouze s jednoválečkovou stolicí.

- šířka pásu (6.2)

$$S = \frac{1}{6} b^2 \cdot \text{tg} \beta \Rightarrow b = \sqrt{\frac{6 \cdot S}{\text{tg} \beta}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,004}{\text{tg} 30}} = 0,760 \text{ m} = 760 \text{ mm} \quad (6.2)$$

- skutečná šířka pásu (6.3)

$$B^* = \frac{b}{0,8} = \frac{760}{0,8} = 950 \text{ mm} \Rightarrow \text{volíme pás } B = 1000 \text{ mm} \quad (6.3)$$

Pro další výpočty byl zvolen typ pásu PX2003:

- počet nosných vložek – $i = 2$;
- tloušťka vrstvy – $t_s = 1 \text{ mm}$;
- hmotnost pásu – $m_p = 10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$;
- dovolené namáhání – $P_d = 80 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$.

- průměr bubnu (6.4)

$$D = k \cdot i \cdot t_s = 150 \cdot 2 \cdot 1 = 300 \text{ mm} \quad (6.4)$$

Kde: k – koeficient v rozmezí 125 až 150 (volíme 150);

i – počet nosných vložek (v tomto případě 2);

t_s – tloušťka nosné vložky (pro tento pás 1 mm).

Určení počtu válečků:

Rozteč válečků se volí podle šířky pásu, ložného profilu a druhu materiálu. Pro další výpočty je zvolena rozteč 750 mm, která odpovídá 5 válečkům na zatížené větvi. Nezatížená větev nebude vybavena válečky, protože se jedná o profilovaný pás.

Výpočet hlavních odporů (6.5):

$$O_H = \mu \cdot L \cdot g \cdot [(q_1 + q_2) \cdot \cos \delta + q_{rh} + q_{rd}]$$
$$O_H = 0,026 \cdot 3,5 \cdot 9,81 \cdot [(2,28 + 10) \cdot \cos 30 + 10 \cdot \cos 30 + 5 + 3] \doteq 24 \text{ N} \quad (6.5)$$

Kde: μ – globální součinitel tření:

$$\mu = \mu_1 \cdot k_1 = 0,02 \cdot 1,3 = 0,026 \quad (\mu_1 - \text{součinitel tření při } 20^\circ\text{C}; \quad k_1 - \text{součinitel respektující vliv teploty, pro teplotu } -20^\circ\text{C je } k_1 = 1,3); \quad (6.6)$$

$$g - \text{gravitační zrychlení} \quad (g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2});$$

q_1 – hmotnost materiálu na 1m běžné délky:

$$q_1 = Q_m / v = 6,85 / 3 = 2,28 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}; \quad (6.7)$$

q_2 – hmotnost pásu na 1m běžné délky:

$$q_2 = m_p \cdot B = 10 \cdot 1 = 10 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}; \quad (6.8)$$

q_{rh} – hmotnost rotujících částí válečků horní stolice: (6.9)

$$q_{rh} = (m_r \cdot n_h) / L = 3,5 \cdot 5 / 3,5 = 5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1} \quad (m_r - \text{hmotnost rotujících částí});$$

q_{rd} – hmotnost rotujících částí válečků dolní stolice (6.10)

$$q_{rd} = (m_r \cdot n_d) / L = 3,5 \cdot 3 / 3,5 = 3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}.$$

Výpočet vedlejších odporů (6.11):

$$O_v = O_{v1} + O_{v2} = 200 + 75 = 275 \text{ N} \quad (6.11)$$

Kde: O_{v1} – odpor vlivem ohybu pásu přes bubny

$$O_{v1} = 100 \cdot Z_b = 100 \cdot 2 = 200 \text{ N} \quad (Z_b - \text{počet bubnů} - 2); \quad (6.12)$$

O_{v2} – odpor vlivem čepového tření v ložiskách nepoháněných bubnů

$$O_{v2} = 75 \cdot Z_{bn} = 75 \cdot 1 = 75 \text{ N} \quad (Z_{bn} - \text{počet nepoháněných bubnů} - 1). \quad (6.13)$$

Výpočet přídatných odporů:

U dopravníku není potřeba další zařízení na vykládání, a proto lze použít vztah (6.14).

$$O_p = q_1 \cdot g \cdot H = 2,28 \cdot 9,81 \cdot 1,75 \doteq 39 \text{ N} \quad (6.14)$$

Kde: H – dopravní výška (H = 1,75 m)

Výpočet celkového odporu (6.15):

$$F = O_H + O_V + O_p = 24 + 275 + 39 = 338 \text{ N} \quad (6.15)$$

Výpočet příkonu elektromotoru (6.16):

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta} = \frac{0,338 \cdot 3}{0,7} \doteq 1,45 \text{ kW} \quad (6.16)$$

Kde: η – účinnost elektromotoru ($\eta = 70 \%$).

Kontrola pásu:

Pro kontrolu horní a spodní větve, se musí nejprve spočítat velikosti jejich tahových sil.

- Tahová síla sbíhající větve (6.17)

$$T_2 = \frac{F}{e^{f\alpha} - 1} = \frac{338}{e^{0,2 \cdot \pi} - 1} \doteq 387 \text{ N} \quad (6.17)$$

Kde: f – součinitel tření pásu o buben (ocelový hladký vlhký – f = 0,2);

α – úhel opásání bubnu ($\alpha = 180^\circ$).

- tahová síla nabíhající větve (6.18)

$$T_1 = F + T_2 = 338 + 387 = 725 \text{ N} \quad (6.18)$$

- Síla pro dovolené namáhání (6.19)

$$T_d = B \cdot P_d = 1000 \cdot 80 = 80000 \text{ N} = 80 \text{ kN} \quad (6.19)$$

- Podmínka namáhání (6.20)

$$T_1 < T_d \quad \text{neboli} \quad 725 < 80000 \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (6.20)$$

Velikost napínací síly:**- Hlavní odpory v dolní větvi (6.21)**

$$O_{HD} = \mu \cdot L \cdot g \cdot (q_2 \cdot \cos \delta + q_{rd}) = (0,026 \cdot 3,5 \cdot 9,81 \cdot (10 \cdot \cos 30 + 3)) \doteq 10 \text{ N} \quad (6.21)$$

- Výpočet napínací síly (6.22)

$$Z = 2 \cdot (T_2 + O_{HD} - q_2 \cdot g \cdot H) = 2 \cdot (387 + 10 - 10 \cdot 9,81 \cdot 3,5) \doteq 107 \text{ N} \quad (6.22)$$

Zhodnocení přepočtu pásového dopravníku

Vypočtená hodnota minimálního výkonu hnacího motoru pásového dopravníku je skoro o polovinu menší než u dopravníku, který je součástí zařízení. Menší výkon motoru by měl ušetřit elektrickou energii, ale možná má předimenzování své důvody. Výrobce například počítá s možnými výkyvy a předchází tak zahlcení dopravníku.

Dalším poměrně větším rozdílem je šíře navrženého a skutečného pásu. Použitý dopravník je o 40cm užší a to je možná taky jeden z důvodů výkonnějšího motoru. Užším dopravníkem šetříme délku celého zařízení, které je už tak značné.

Porovnáním navrženého a skutečného dopravníku vyplývá, že ideální použitý pásový dopravník by měl být stejné šíře, ale mohl by mít o něco nižší výkon. Ovšem rovněž záleží na konkrétním dodavateli pásových dopravníků. Určitě se vyplatí, z finančního hlediska, vzít dopravník, který je ve stálé nabídce, než si nechat vyrobit dopravník na zakázku.

6.6 Ekonomické zhodnocení návrhu

Ekonomika provozu linka na zpracování biologicky rozložitelných materiálů bude vždy ovlivněna především náklady na svoz, úpravu materiálu a náklady na řízení kompostovacího procesu. Výpočet nákladů je velice důležitý hlavně v případě zpracování surovin, které lze využít jiným způsobem (sláma, seno, apod.) (ZEMÁNEK, 2010).

Následující výpočty a úvahy budou realizovány podle publikace *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování, Zemánek Pavel a kol., 2010*:

Objektivním kritériem pro ekonomické hodnocení jsou náklady na 1 tunu vyrobeného kompostu a cena 1 tuny daného kompostu na trhu. Ovšem kompostárna řešená v této diplomové práci nemůže 5 let vyvíjet komerční činnost, kvůli podmínkám pro poskytnutí dotací EU. Proto bude využito kritérium, náklady na jednu tunu kompostu.

Pro stanovení nákladů na 1 tunu kompostu je třeba uvažovat s následujícími nákladovými položkami:

- náklady na odpisy;
- náklady na svoz surovin;
- náklady na provoz zařízení v kompostovací lince;
- náklady na mzdy pracovníků.

Všechny následující ceny jsou uvedeny včetně DPH.

Tab. 24 Náklady na odpisy

nákladová položka	pořizovací cena [Kč]	doba odepisování [roky]	roční náklady [Kč.r ⁻¹]
zpevněné plochy	5 079 000	30	169 300
překopávač	170 000	25	6 800
čelní nakladač	850 000	25	34 000
Náklady celkem			210 100

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Tab. 25 Náklady na svoz surovin

nákl. na 1 jízdu [Kč]	hmotnost nákladu [t]	přepravní náklady [Kč.t ⁻¹]	přepravované množství [t]	náklady [Kč]
120	0,9	134	1840	246 560

Poznámka: náklady na 1 jízdu jsou vypočítány z přepravované vzdálenosti a sazby za 1km.

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Tab. 26 Náklady na provoz zařízení v kompostovací lince

operace	množství [t]	sazba [Kč.h ⁻¹]	potřeba času [h]	provozní náklady [Kč]
štěpkování	300	400	180	72 000
překopávání	8 100	480	160	76 800
manipulace	8 100	440	80	35 200
celkové náklady				184 000

Poznámka: množství překopávaného materiálu je vypočítáno z průměrného počtu zapojení stroje do jednoho cyklu, objemové hmotnosti a výkonosti zařízení.

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Tab. 27 Náklady na mzdy pracovníků

potřeba času [h]	hodinová sazba [Kč.h ⁻¹]	celkové náklady [Kč]
420	136	57 120

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Tab. 28 Celkové náklady kompostárny

položka	roční náklady [Kč.r ⁻¹]
náklady na odpisy	210 100
náklady na svoz surovin	246 560
náklady na provoz zařízení v kompostovací lince	184 000
náklady na mzdy pracovníků	57 120
celkové náklady	697 780

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Tab. 29 Celkové náklady vztahované na jednu tunu kompostu

celková produkce kompostu [t]	celkové náklady [Kč]	náklady [Kč.t ⁻¹]
1 414	697 780	494

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

S použitím nového zařízení zajistí stoupnou celkové náklady na jednu tunu kompostu. Ale předpokladem je dobrý vliv na kvalitu a též kvantitu výsledného produktu. Linka by měla vyprodukovat 1500 tun kompostu ročně a to by s přidaným stupněm mechanizace neměl být problém.

Tab. 30 Náklady na odpisy nového zařízení

nákladová položka	pořizovací cena [Kč]	doba odepisování [roky]	roční náklady [Kč.r ⁻¹]
bubnový třídič	2 013 990	30	67 133

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Tab. 31 Náklady po zařazení nového zařízení do procesu

operace	množství [t]	sazba [Kč.h ⁻¹]	potřeba času [h]	provozní náklady [Kč]
třídění	1 600	600	100	60 000
roční odpis				67 133
dosavadní celkové náklady				697 780
celkové náklady				824 913

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Tab. 32 Celkové náklady vztahované na jednu tunu kompostu po inovaci

celková produkce kompostu [t]	celkové náklady [Kč]	náklady [Kč.t ⁻¹]
1 500	824 913	549

Zdroj: (ARCHIV AUTORA, 2015)

Z předcházejících tabulek lze vyčíst nárůst nákladů po inovaci cca 55,- za tunu kompostu. Prognóza je taková, že po uplynutí pěti let, kdy může kompostárna začít „vydělávat“, bude při udržení současné ceny kompostu (400 ÷ 1000 Kč.t⁻¹) zisková a díky novému článku, by se měla navýšit poptávka právě po zboží z této linky.

Výpočet doby návratnosti a rentability

- Výpočet průměrného cash flow (6.23) bude vypočítáno z rozdílu průměrných ročních nákladů před a po zapojení nového prvku do technologické linky.

$$\emptyset CF = 824\,913 - 697\,780 = 127\,133, - \quad (6.23)$$

- Doba návratnosti bude počítána z investičních nákladů a průměrného cash flow (6.24)

$$\frac{\text{invest. nákl.}}{\emptyset CF} = \frac{2\,013\,990}{127\,133} \doteq 16 \text{ let} \quad (6.24)$$

- Rentabilita (obrácená hodnota doby návratnosti) (6.25)

$$\frac{\emptyset CF}{\text{invest. nákl.}} = 0,06 \quad (6.25)$$

Doba návratnosti bubnového tříděče vychází na 16 let a rentabilita uvádí, že za každou investovanou korunu bude zisk 1,06,-.

7 Závěr

Nakládání s odpady je a bude stálé téma, které dává podnět k zamyšlení mnoha a mnoha odborníkům ale i obyčejným lidem, kterým není životní prostředí lhostejné.

V zadání této práce byl požadován návrh inovace technologické linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Biologicky rozložitelné odpady jsou stále podstatně zastoupeny mezi složkami komunálního odpadu. Proto byly zařazeny do první části práce i s konkrétními čísly podle právních předpisů. V další části, se práce věnuje podrobnému popisu technologie kompostování. Od optimálních surovin pro zakládku, přes samotný princip kompostování, postup v technologické lince, fáze zralosti kompostu, až po jednotlivé způsoby a zařízení používané při kompostování a hodnocení výsledného produktu. Další část se zabývá obecnými principy a technologiemi anaerobní fermentace.

Pátou kapitolou začíná praktická část diplomové práce. Zde je charakterizována vybraná technologická linka na zpracování biologicky rozložitelných materiálů, ve zvolené svozové oblasti firmy Technické služby města Příbrami, příspěvková organizace. Lokalita byla zvolena pro znalost situace z vlastní perspektivy a pro dobrou dostupnost informací poskytovaných zaměstnanci. Technologie kompostování v pásových hromadách na volné ploše byla vybrána pro největší zastoupení v oblasti kompostování, na území České republiky.

Po charakteristice zvolené lokality následuje popis samotné linky i konkrétní metody aplikované na místní podmínky. V další části následuje seznámení s postupem vlastního měření sledovaného parametru, konkrétně teploty v jednotlivých částech zakládky.

Měření probíhalo v letním období 2015 a i přes tropické teploty se podařilo objektivně hodnotit jednotlivé výsledky uvedené v příložených tabulkách. Při pozorování a měření daných parametrů byl zjištěn nedostatek v problematice čistoty či kvality výsledného produktu. Proto je dále řešena oblast třídění kompostu na jednotlivé frakce, která byla do současnosti prováděna pouze manuálně, bez uspokojivých výsledků.

V závěru práce je vybrán vyšší stupeň mechanizace (bubnový třídič kompostu). Celá linka je poté ekonomicky zhodnocena. Výsledným předpokladem je doba návratnosti nového zařízení do šestnácti let.

8 Seznam použité literatury

Tištěná forma:

ĐURKOVIČ, Oto. Dopravní a manipulační stroje. 1. vyd. Praha: Vysoká škola zemědělská, Technická fakulta, 1995. ISBN 80-213-0134-1.

EPSTEIN, E. The Science of Composting. Technomic Publishing Co INC, Pennsylvania, 1997. ISBN No. 1-56676-478-5.

FLOWERDEW, Bob. Kompost. Vyd. 1. Přeložil Jitka Michálková. V Praze: Metafora, 2011. ISBN 978-80-7359-274-5.

HEJÁTKOVÁ, K. – DVORSKÁ, I. – JALOVECKÝ, J. – KOHOUTEK, A. – KOLLÁROVÁ, M. – MIČÁNKOVÁ, K. – PLÍVA, P. – VALENTOVÁ, L. – VORLÍČEK, Z. 2007. Kompostování přebytečné travní biomasy. Metodická pomůcka. ZERA, Náměšť nad Oslavou. 76 s, ISBN 80-903548-6-6 Dostupné také z <http://eagri.cz/public/web/file/26930/Kompostovani_prebytecne_travni_biomasy.pdf>.

KALINA, M. Kompostování a péče o půdu. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. 112 s. ISBN 80-7169-697-8.

KOLLÁROVÁ, M. – ALTMANN, V. – JELÍNEK, A. – PLÍVA P. Zásady pro zpracování zbytkové biomasy z údržby TTP. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008. ISBN 978-80-86884-32-5.

KOTOULOVÁ, Z. 2000. Situační zpráva o biologicky rozložitelných odpadech v ČR. Praha: SLEEKO, 2000.

MALAŤÁK, Jan a Petr VACULÍK. Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství: zpracování biologicky rozložitelných odpadů. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1747-5.

OCHODEK, T. – KOLONIČNÝ, J. – BRANC, M. Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007. 30 s. ISBN 978-80-248-1426-1.

PLÍVA, Petr. Kompostování v pásových hromadách na volné ploše. Vyd. 1. Praha: Profi Press, 2009. 136 s. ISBN 978-80-86726-32-8.



PLÍVA, Petr. Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2006. ISBN 80-86884-11-2.

VÁŇA, J. Výroba a využití kompostů v zemědělství. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělání MZe ČR, 1994. 40 s. ISBN 80-7105-075-x.

ZEMÁNEK, Pavel a kol. Biologicky rozložitelné odpady a kompostování. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. ISBN 978-80-86884-52-3.

Právní předpisy:

ČSN 46 5735 (Průmyslové komposty).

Směrnice Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů.

Vyhláška č. 381/2001 Sb. (Katalog odpadů).

Vyhláška č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady.

Zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

Ústní sdělení:

MICHVOCÍK, L. *Ústní sdělení*. (2016-02-26).

Webové zdroje:

BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÉ KOMUNÁLNÍ ODPADY. Kompostuj.cz [online]. 2013 [cit. 2016-02-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.kompostuj.cz/vime-jak/legislativa/biologicky-rozlozitelne-komunalni-odpady/>>.

BIOPROFIT. Anaerobní technologie. [online]. Vystaveno 2007 [cit. 2016 -3 - 8]. Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm.

ČSÚ: Produkce, využití a odstranění odpadů – 2014 [online]. 2015-10-31 [cit. 2016-03-19]. Dostupné z WWW: <<https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2014>>.

DOHÁNYOS, Michal: Anaerobní reaktor není černou skřínkou - teoretické základy anaerobní fermentace. Biom.cz [online]. 2008-11-17 [cit. 2016-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>>. ISSN: 1801-2655.

HABART, Jan, SLEJŠKA, Antonín: Toky komunálních biodegradabilních odpadů v ČR. Biom.cz [online]. 2002-05-29 [cit. 2016-03-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/toky-komunalnich-biodegradabilnich-odpadu-v-cr>>. ISSN: 1801-2655.

KÁRA, Jaroslav, PASTOREK, Zdeněk, JELÍNEK, Antonín: Kompostování zbytkové biomasy. Biom.cz [online]. 2002-01-31 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.

MACOUREK, Michal: Optimalizace surovinové skladby při kompostování zbytkové biomasy. Biom.cz [online]. 2002-03-11 [cit. 2016-02-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/optimalizace-surovinove-skladby-pri-kompostovani-zbytkove-biomasy-2>>. ISSN: 1801-2655.

PASTOREK, Zdeněk: Bioplyn – užitečný zdroj energie nebo riskantní způsob podnikání. Biom.cz [online]. 2008-07-14 [cit. 2016-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-uzitecny-zdroj-energie-nebo-riskantni-zpusob-podnikani>>. ISSN: 1801-2655.

PLÍVA, Petr: Kompostování ve vaku – I. Komunalweb.cz [online]. 2011-03-06 [cit. 2016-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://komunalweb.cz/kompostovani-ve-vaku-i/>>.

SIROTKOVÁ, D. – VOLOŠINOVÁ, D. Využití biologicky rozložitelných odpadů. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v. v. i. [online]. 2013 [cit. 2016-03-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.zeraagency.eu/dokumenty/008008001001/sirotkova.pdf>>.

SLEJŠKA, Antonín, VÁŇA, Jaroslav, HONZÍK, Roman: Expertní systém pro organické hnojení na zemědělské půdě : Jak určím optimální surovinovou skladbu kompostu?. Biom.cz [online]. 2006-11-09 [cit. 2016-02-26]. Dostupné z WWW: <<http://expert.biom.cz/oh-zem.stm>>. ISSN: 1801-2655.

SLEJŠKA, Antonín, VÁŇA, Jaroslav: Možnosti využití BRKO prostřednictvím kompostování a anaerobní digesce. Biom.cz [online]. 2004-01-26 [cit. 2016-03-17]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-brko-prostrednictvim-kompostovani-a-anaerobni-digesce>>. ISSN: 1801-2655.

**Zdroje k obrázkům:**

ACTIONAPPS – ECONNECT: Fáze výroby bioplynu. [online] 2016 Dostupné z WWW: <http://aa.ecn.cz/img_upload/9dde8a86bc39c815ad93f4e52cbe3ebf/petrikova_faze_vyroby_bioplynu.jpg>.

BACKHUS: BACKHUS A55 [online] 2015 Dostupné z WWW: <<http://www.backhus.com/files/backhus-a55.png>>.

CARAVAGGI: Biotrituratore Bio 235. Caravaggi.com [online]. 2014. Dostupné z WWW: <<http://www.caravaggi.com/wp-content/uploads/2014/01/S-Bio235.pdf>>.

ENERGREEN: Překopávače model NPK. Energreen.eu [online]. 2014. Dostupné z WWW: <http://www.energgreen.eu/technika/33_prekopavace.html>.

FAGUS: Bubnové třídíče, síta a separátory SEKO. Faguspraha.cz [online]. 2015. Dostupné z WWW: <<http://www.faguspraha.cz/zemedelska-technika/komunalni-technika-seko/bubnove-tridicesita-a-separatory-seko-.htm>>.

HANČ, Aleš: Biologické zpracování. [prezentace]. 2013. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.

PETERSON: DS6162 DECK SCREEN. [online] 2016 Dostupné z WWW: <<http://www.petersoncorp.com/wp-content/uploads/t3-slideshow3.jpg>>.

SOME: Řada L – bubnové třídíče PEZZOLATO. Somejh.cz [online]. 2014. Dostupné z WWW: <<http://www.somejh.cz/rada-l-bubnove-tridice-pezzolato-z601.html>>.

ŠKORVAN Ondřej: Suchou nebo mokrou fermentaci? Odpady – online.cz [online]. 2012-02-15. Dostupné z WWW: <<http://odpady-online.cz/suchou-nebo-mokrou-fermentaci/>>.

TERRA SELECT: Trommelscreen T3. Terra Select.de [online]. 2010. Dostupné z WWW: <<http://www.terra-select.de/en/products/trommelscreens/t3>>.

VOSTING: Bubnový překopávač T3. Vosting.cz [online]. 2015. Dostupné z WWW: <<http://www.vosting.cz/t3>>.

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZIVA OSTRAVA: Biologické metody zpracování odpadů. [online] 2014 Dostupné z WWW: <http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Organizace_kompostovani.html>.



9 Seznam tabulek

- tab. 1 Biologicky rozložitelné komunální odpady
- tab. 2 Prognóza produkce a nakládání s komunálními biodegradabilními odpady
- tab. 3 Rozsahy teplot podle spektra převládajících druhů mikroorganismů
- tab. 4 Optimální teplotní rozsahy podle specifikace kompostovacího procesu
- tab. 5 Mikrobiologická kritéria – jakostní znaky kompostu
- tab. 6 Znaky jakosti průmyslového kompostu
- tab. 7 Obce s příslušným počtem obyvatel k 3. 7. 2006
- tab. 8 Separované komodity a jejich hmotnosti za rok 2015
- tab. 9 Seznam shromažďovaných a přijímaných druhů biologicky rozložitelných odpadů.
- tab. 10 Teplotní režimy při kompostování
- tab. 11 Technická specifikace překopávače kompostu ENERGREEN EPK 200
- tab. 12 Technická specifikace drtiče dřevní hmoty CARAVAGGI BIO 235
- tab. 13 Naměřené hodnoty teploty na zakládce č.1
- tab. 14 Naměřené hodnoty teploty na zakládce č.2.1
- tab. 15 Naměřené hodnoty teploty na zakládce č.2.2
- tab. 16 Naměřené hodnoty teploty na zakládce č.4.1
- tab. 17 Naměřené hodnoty teploty na zakládce č.4.2
- tab. 18 Základní technické parametry SEKO – Separator 50 MD
- tab. 19 Základní technické parametry Terra Select – Trommelscreen T3
- tab. 20 Základní technické parametry Pezzolato – L 3000
- tab. 21 Hodnocení podle stanovených specifikací
- tab. 22 Technické specifikace bubnového třídiče T3
- tab. 23 Technické specifikace pásového dopravníku
- tab. 24 Náklady na odpisy



tab. 25 Náklady na svoz surovin

tab. 26 Náklady na provoz zařízení v kompostovací lince

tab. 27 Náklady na mzdy pracovníků

tab. 28 Celkové náklady kompostárny

tab. 29 Celkové náklady vztažené na jednu tunu kompostu

tab. 30 Náklady na odpisy nového zařízení

tab. 31 Náklady po zařazení nového zařízení do procesu

tab. 32 Celkové náklady vztažené na jednu tunu kompostu po inovaci

10 Seznam obrázků

- obr. 1 Schéma kompostovacího procesu
- obr. 2 Orientační zkouška vlhkosti
- obr. 3 Průběh teploty při kompostování v pásových hromadách
- obr. 4 Tvary průřezu hromady
- obr. 5 Kompostování v pásových hromadách na volné ploše
- obr. 6 Kompostování v uzavřeném zařízení
- obr. 7 Kompostovací mobilní box
- obr. 8 Kompostovací stroj
- obr. 9 Kombinovaný bioreaktor systém ENTEC
- obr. 10 Vermikompostování
- obr. 11 Samojízdný překopávač A 55 od firmy BACKHUS GmbH
- obr. 12 Mobilní třídič kompostu DS6162 DECK SCREEN
- obr. 13 Fáze vývinu bioplynu
- obr. 14 Schéma dvoustupňové mokré fermentace
- obr. 15 Schéma suché fermentace, tzv. garážové uspořádání
- obr. 16 Velká hromada pro dozrávání kompostu
- obr. 17 Překopávač kompostu ENERGREEN EPK 200
- obr. 18 Drtič dřevní hmoty CARAVAGGI BIO 235
- obr. 19 Nedokonalý výsledný produkt
- obr. 20 Zemědělský tyčový teploměr 150 cm – WILE TEMP
- obr. 21 Schéma měřících míst
- obr. 22 Měření č.1 – průběh teplot v jednotlivých výškách hromady
- obr. 23 Přidávání dřevní štěpky do zakládky
- obr. 24 Měření č.2 – průběh teplot v jednotlivých výškách hromady



obr. 25 Měření č.3 – průběh teplot v jednotlivých výškách hromady

obr. 26 Zvlhčování a pohled na hromadu 2.2

obr. 27 Měření č.4 – průběh teplot v jednotlivých výškách hromady

obr. 28 Měření č.5 – průběh teplot v jednotlivých výškách hromady

obr. 29 Nevhodné suroviny ke kompostování v komunálním odpadu

obr. 30 Bubnový třidič SEKO – Separator 50 MD

obr. 31 Bubnový třidič Terra Select – Trommelscreen T3 (1)

obr. 32 Bubnový třidič Pezzolato – L 3000

obr. 33 Bubnový třidič Terra Select – Trommelscreen T3 (2)

obr. 34 Pásový dopravník



11 Seznam příloh

příloha 1: Biologicky rozložitelné odpady

příloha 2: Produkce komunálních odpadů 2002 až 2014

příloha 3: Vlhkost, organická hmota a živiny v hmotách vhodných do kompostu

příloha 4: Svozová oblast pro Technické služby města Příbrami P.O.

příloha 5: Situační plán kompostárny

příloha 6: Provozní deník kompostárny

příloha 7: Karta kvality odpadu

**Příloha 1: Biologicky rozložitelné odpady**

č. dle katalogu odpadů	druh odpadu
02 01	Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství
02 01 01	Kaly z praní a z čištění
02 01 02	Odpad živočišných tkání
02 01 03	Odpad rostlinných pletiv
02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady, soustředované odděleně a zpracovávané mimo místo vzniku
02 01 07	Odpady z lesnictví
02 02	Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu
02 02 01	Kaly z praní a z čištění
02 02 02	Odpad živočišných tkání
02 02 03	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 02 04	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 03	Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy
02 03 01	Kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace
02 03 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 03 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 04	Odpady z výroby cukru
02 04 01	Zemina z čištění a praní řepy
02 04 02	Uhlíčitán vápenatý nevyhovující jakosti
02 04 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 05	Odpady z mlékářského průmyslu
02 05 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 05 02	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 06	Odpady z pekáren a výroby cukrovinek
02 06 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 06 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 07	Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kaka)
02 07 01	Odpad z praní, čištění a mechanického zpracování surovin
02 07 02	Odpad z destilace lihovin
02 07 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 07 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
03 01	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek a nábytku
03 01 01	Odpadní kůra a korek
03 01 05	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy, neuvedené pod číslem 03 01 04
03 03	Odpad z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky
03 03 01	Odpadní kůra a dřevo
03 03 02	Kaly zeleného louhu (ze zpracování černého louhu)
03 03 05	Kaly z odstraňování tiskařské černi při recyklaci papíru



03 03 07	Mechanicky oddělený výmět z rozvláknování odpadního papíru a lepenky
03 03 08	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci
03 03 09	Odpadní kaustifikační kal
03 03 10	Výměťová vlákna, kaly z mechanického oddělování obsahující vlákna, výplně a povrchové vrstvy z mechanického třídění
03 03 11	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod 03 03 10
04 01	Odpady z kožedělného a kožešnického průmyslu
04 01 01	Odpadní kličovka a štípenka
04 01 06	Kaly obsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
04 01 07	Kaly neobsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
04 02	Odpady z textilního průmyslu
04 02 10	Organické hmoty z přírodních produktů (např. tuk, vosk)
04 02 20	Ostatní kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod číslem 04 02 19
04 02 21	Odpady z nezpracovaných textilních vláken
04 02 22	Odpady ze zpracovaných textilních vláken
10 01	Odpady z elektráren a jiných spalovacích zařízení
10 01 03	Popílek ze spalování rašeliny a neošetřeného dřeva
10 13	Odpady z výroby cementu, vápna a sádry a předmětů a výrobků z nich vyráběných
10 13 04	Odpady z kalcinace a hašení vápna
10 13 06	Úlet a prach (kromě odpadů uvedených pod čísly 10 13 12 a 10 13 13)
15 01	Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)
15 01 01	Papírové a lepenkové obaly
15 01 03	Dřevěné obaly
17 02	Dřevo, sklo, plasty
17 02 01	Dřevo
19 05	Odpady z aerobního zpracování pevných odpadů
19 05 03	Kompost nevyhovující jakosti
19 06	Odpady z anaerobního zpracování odpadu
19 06 04	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování komunálního odpadu
19 06 05	Extrakty z anaerobního zpracování odpadů živočišného a rostlinného původu
19 06 06	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování živočišného a rostlinného odpadu
19 08	Odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené
19 08 05	Kaly z čištění komunálních odpadních vod
19 08 12	Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 11
19 08 14	Kaly z jiných způsobů čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 13
19 09	Odpady z výroby vody pro spotřebu lidí nebo vody pro průmyslové účely
19 09 01	Pevné odpady z primárního čištění
19 09 02	Kaly z čiření vody
19 12	Odpady z úpravy odpadů jinde neuvedené (např. třídění, drcení, lisování, peletizace)
19 12 01	Papír a lepenka
19 12 07	Dřevo neuvedené pod číslem 19 12 06

Zdroj: Vyhláška č. 381/2001 Sb. (Katalog odpadů).

Příloha 2: Produkce komunálních odpadů 2002 až 2014

	2002	2011	2012	2013	2014
Produkce komunálních odpadů celkem	2 845 077	3 357 877	3 232 643	3 228 232	3 260 581
z toho:					
běžný svoz	2 121 953	2 446 597	2 195 867	2 139 595	2 092 967
svoz objemného odpadu	290 186	361 592	312 708	317 161	307 515
odpady z komunálních služeb	266 482	66 204	56 574	52 034	63 540
odděleně sbírané složky	166 456	483 483	448 088	448 428	467 390
z toho:					
papír	-	158 348	147 975	145 012	147 099
sklo	-	120 358	112 872	114 062	114 200
plasty	-	102 772	100 703	105 235	109 147
kovy	-	53 164	40 841	37 461	44 269
z toho:					
biologicky rozložitelný odpad	-	1 645 704	1 505 699	1 518 784	1 563 791

Poznámka: hmotnosti jsou uvedeny v tunách

Zdroj: ČSÚ.

Příloha 3: Vlhkost, organická hmota a živiny v hmotách vhodných do kompostu

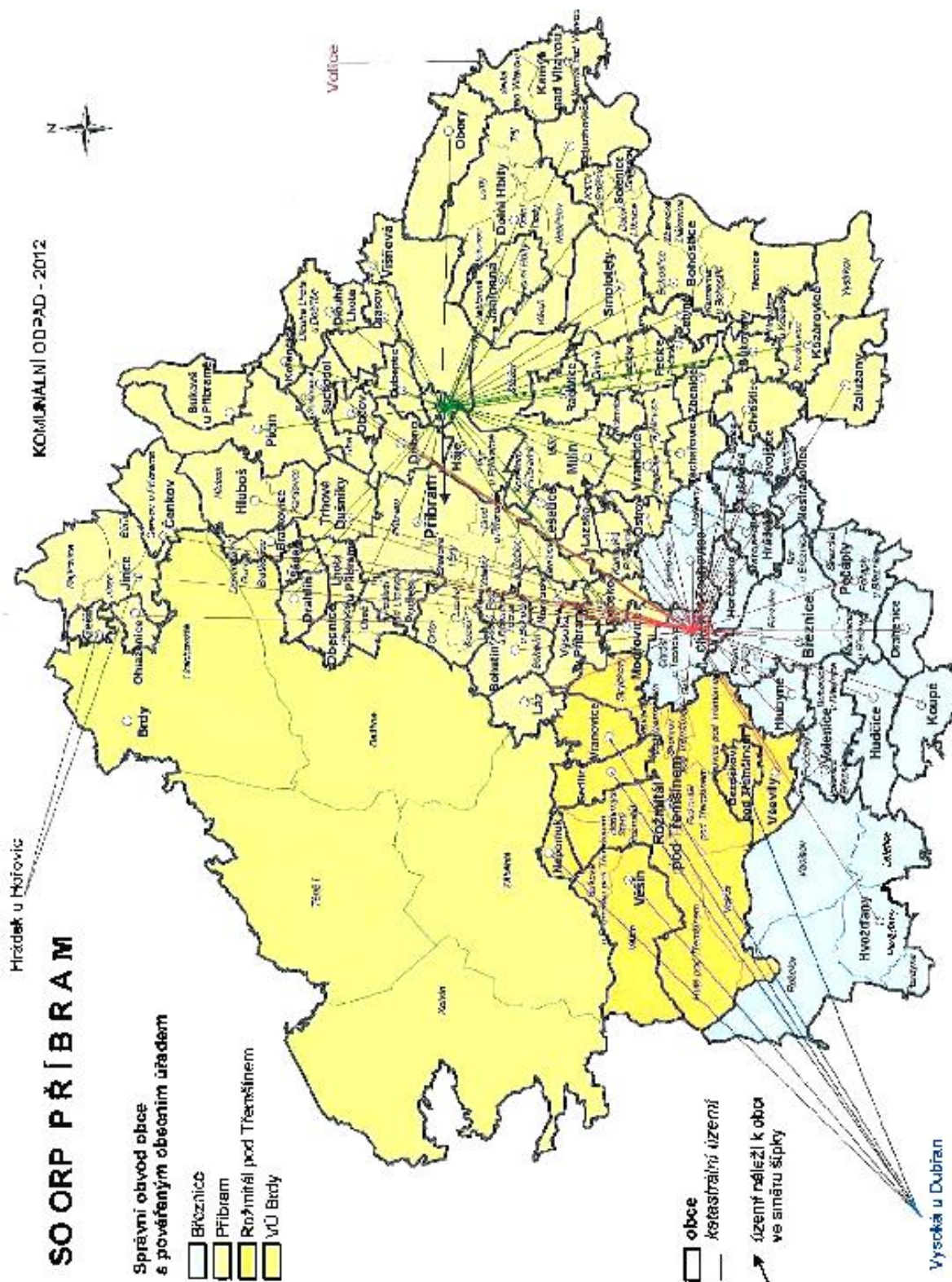
Hmota	Vlhkost	Org. látky	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
chlév.mrva skot	75 - 82	78 - 85	1,8 - 2,4	1,1 - 1,4	2,5 - 2,9	2,0 - 2,4	0,4 - 0,7
chlév.mrva koně	68 - 73	86 - 92	1,9 - 2,5	1,0 - 1,3	1,9 - 2,3	1,1 - 1,3	0,2 - 0,5
chlév.mrva ovce	65 - 70	88 - 96	2,5 - 3,0	0,7 - 1,0	2,0 - 2,3	0,8 - 1,1	0,1 - 0,4
močůvka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

Poznámky: jednotky - vlhkost (%), organická hmota a živiny (% sušiny);

(údaje v původní hmotě jsou označeny hvězdičkou).

Zdroj: (VÁŇA, 1994)

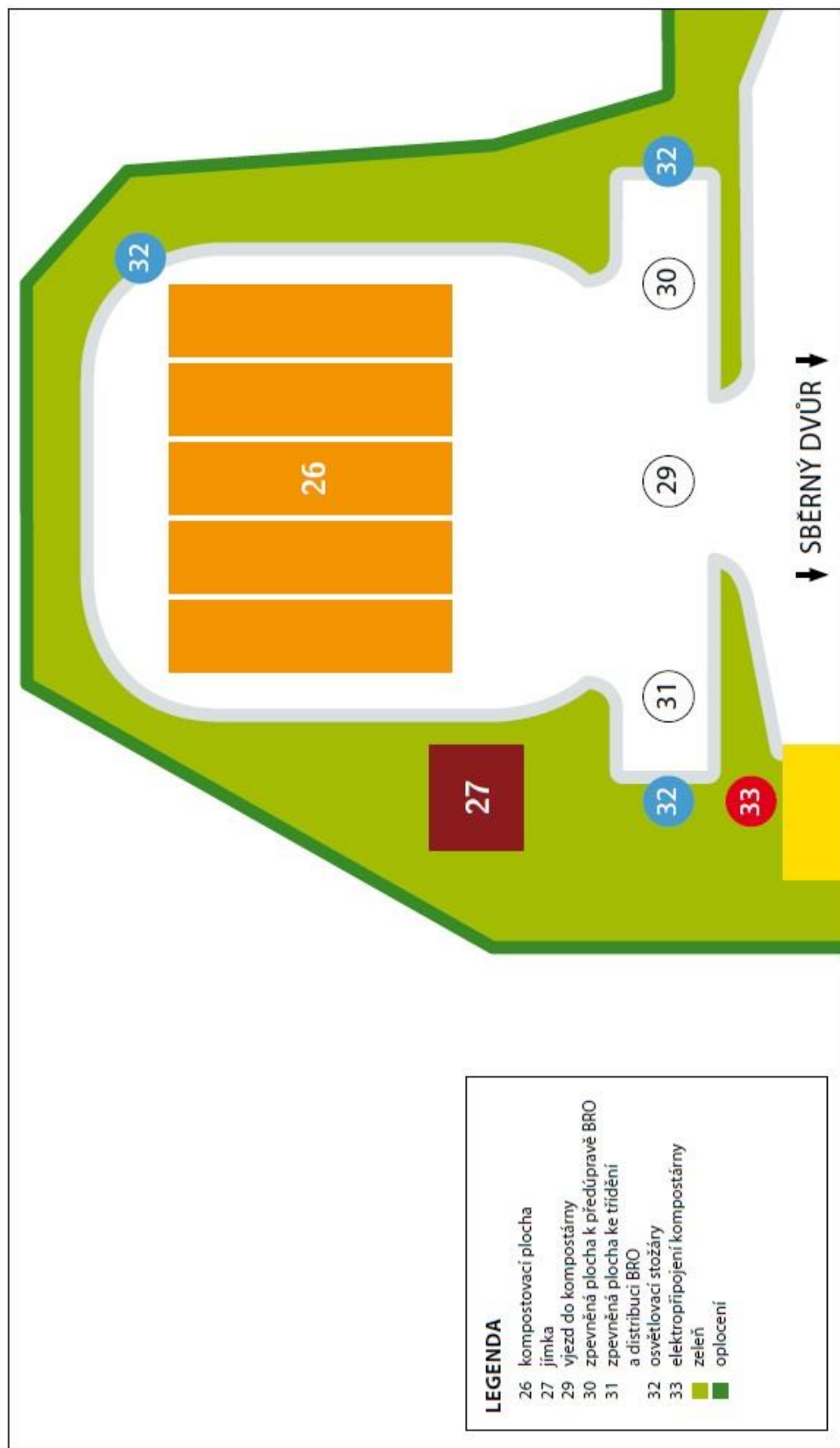
Příloha 4: Svozová oblast pro Technické služby města Příbrami P.O.



Poznámka: svozová oblast pro danou lokalitu je značena zelenými odkazovými čarami.

Zdroj: (ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015)

Příloha 5: Situační plán kompostárny



Zdroj: ARCHIV TS MĚSTA PŘÍBRAMI P.O., 2015)

