

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2015

IVETA KARHÁNKOVÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agonomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



**Biodegradabilní materiály a jejich vliv
na proces kompostování**

Diplomová práce

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Ing. Magdalena Vaverková, Ph.D.

Konzultant:

Ing. Simona Miškolci, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Iveta Karhánková

Brno 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autorka práce: **Bc. Iveta Karháňková**
Studijní program: **Zemědělské inženýrství**
Obor: **Agrobyznys**
Konzultant: **Ing. Simona Miškolci, Ph.D.**

Název tématu: **Biodegradabilní materiály a jejich vliv na proces kompostování**

Rozsah práce: **cca 50 stran + přílohy**

Zásady pro vypracování:

1. **Charakteristika obalových materiálu se zaměřením na biodegradabilní plasty.**
2. **Normativní prostředí související s biodegradabilními plasty.**
3. **Charakteristika procesu kompostování a vymezení potenciálních dopadů využívání biodegradabilních plastových obalů na tento proces.**
4. **Ekonomická analýza procesu kompostování, hodnocení nákladových a výnosových souvislostí zpracování biodegradabilních plastů a jeho vlivu na ekonomickou efektivnost kompostování.**
5. **Vyhodnocení společensko-ekonomických přínosů využívání biodegradabilních plastů pro výrobu obalů.**

Seznam odborné literatury:

1. RUDNIK, E. *Compostable Polymer Materials*. AE Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2008. 209 s. ISBN 978-0-08-045371-2.
2. ZEMÁNEK, P. *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. Praha: VUZT Praha, 2010. 112 s. ISBN 978-80-86884-52-3.
3. ZEMÁNEK, P. -- BURG, P. -- KOLLÁROVÁ, M. -- PLÍVA, P. a kol. *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. 1. vyd. Praha: VÚZT, 2010. 113 s. 1. ISBN 978-80-87091-06-7.
4. *ČSN EN 13432 Obaly - Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci - Zkušební schémata a kritéria hodnocení pro konečné přijetí obalu*. Praha: Český normalizační institut, 2001. 24 s.
5. *ČSN EN 14806 - Obaly - Předběžné hodnocení rozpadu obalových materiálů v modelových podmínkách kompostování v laboratorním měřítku*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006. 20 s.
6. NARAYAN, R. -- MURPHY, R. -- SONG, J. Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics. [online]. 2009. URL: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/subscriptions>.
7. VAVERKOVÁ, M. -- ADAMCOVÁ, D. -- KOTOVICOVÁ, J. -- TOMAN, F. Evaluation of biodegradability of plastics bags in composting conditions. *Ecological Chemistry and Engineering S*. 2013. ISSN 1898-6196.
8. ADAMCOVÁ, D. -- VAVERKOVÁ, M. -- TOMAN, F. Repeated research of biodegradability of plastics materials in real composting conditions. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2013. sv. 61, č. 6, s. 1557-1564. ISSN 1211-8516. URL: <http://dx.doi.org/10.11118/actaun201361061557>
9. VAVERKOVÁ, M. -- TOMAN, F. -- ADAMCOVÁ, D. -- KOTOVICOVÁ, J. Study of the biodegradability of degradable/biodegradable plastic material in a controlled composting environment. *Ecological Chemistry and Engineering S*. 2012. sv. 19, č. 3/2012, s. 347-358. ISSN 1898-6196. URL: <http://versita.metapress.com/content/h618153248r3/?p=e71c51255c894338bce8cd7acbf5ce13&pi=0>
10. DIAZ, L F. -- DE BERTOLDI, M. *Compost science and technology*. Boston, MA: Elsevier, 2007. 364 s. ISBN 978-0-08-043960-0.
11. UHLÍŘOVÁ, H. *Hodnocení provozu kompostárny*. Diplomová práce. Brno: MZLU v Brně, 2007. 81 s.
12. ZEMÁNEK, P. Zpracování organických zbytků kompostováním pro zlepšení půdní úrodnosti a ekologičtější hospodaření v krajině. In *Technická a technologická inovácia systémov pestování a zberu poľnohospodárskych kultúr*. Račkova dolina: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2000, s. 198. ISBN 80-7137-729-5.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci: *Biodegradabilní materiály a jejich vliv na proces kompostování* zpracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury.

Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

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

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

V Brně, dne.....

Podpis studenta.....

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce Mgr. Ing. Magdaleně Vaverkové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a všestrannou pomoc při vypracování této práce, dále Ing. Simoně Miškolci, Ph.D. za odbornou pomoc při vypracování dílčích částí této práce. Také pracovníkům kompostárny, kteří mi dali možnost provést pokus na jejich kompostárně. A v neposlední řadě, bych chtěla také poděkovat svým rodičům a přátelům za důvěru a podporu při mém studiu.

ABSTRAKT

Hlavním cílem diplomové práce je vyhodnocení ekonomické vlivu nerozložených biodegradabilních obalových plastů na proces kompostování. Dílčím cílem práce je charakteristika biodegradabilních obalových plastů. Nalezneme zde rozlišení biologicky rozložitelných obalů, z čeho se skládají, co se z nich vyrábí. Součástí tohoto teoretického celku je i nastínění normativního prostředí souvisejícího s biodegradabilními plasty a odpady a popis procesu kompostování. Následuje praktická část práce, která hodnotí nákladové a výnosové souvislosti zpracování biodegradabilních plastů na kompostárně a shrnuje ekonomickou efektivnost kompostování a dodatečných nákladů, vzniklých při kompostování špatně označených bioplastů. Poslední část práce řeší společensko-ekonomické přínosy biodegradabilních plastů pro výrobu obalů. Metodika práce je složena z teoretického přehledu dané problematiky a praktických výsledků, které se skládají z pokusu na kompostárně a z kalkulace procesu kompostování včetně a bez biodegradabilních plastů. Výsledkem práce je shrnutí přínosů biodegradabilních obalových plastů a jejich vlivu na proces kompostování.

KLÍČOVÁ SLOVA

Obalové materiály, biodegradabilní materiály, aplikace biodegradabilních materiálů, trh s bioplasty, ekonomika bioplastů, kompostování, analýza nákladů na proces kompostování, vliv nerozložitelných bioplastů na ekonomickou efektivnost kompostování, společensko-ekonomické přínosy biodegradabilních plastů.

ABSTRACT

The main aim of diploma thesis is to evaluate the economic effect of undecomposed biodegradable plastic packaging to the composting process. The operational objective is to characterize of biodegradable plastics packaging. We will find here resolution of biodegradable packaging, what they are made of and what can be produced from them. The theoretical part of this work also outlines a normative environment associated with biodegradable plastics and waste and describes the composting process. Following the practical part which evaluates cost and revenue relationships of processing biodegradable plastics in the compost plant and summarizes the economic efficiency of composting and also the additional costs originated from composting incorrectly marked bio-plastics. The last part of the work solves the socio-economic benefits of biodegradable plastics for production of packaging. The methodology of work is consists of a theoretical overview of the mentioned issues and practical results which consist of an experiment at a compost plant and calculation of the composting process including and excluding biodegradable plastics. The result of this work is to summarize benefits of biodegradable packaging plastics and their impact on composting.

KEY WORDS

Packaging materials, biodegradable materials, application of biodegradable materials, market for bioplastics, economy bioplastics, composting, analysis of the cost of the composting, process socio-economic benefits of biodegradable plastics.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	CÍL PRÁCE.....	12
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	13
3.1	Udržitelný rozvoj.....	13
3.1.1	Udržitelný rozvoj a bioplasty	13
3.1.2	Posuzování životního cyklu bioplastů.....	14
3.2	Vymezení a význam biodegradabilních plastů a možnosti jejich využití v obalové technice.....	15
3.2.1	Charakteristika obalových materiálů se zaměřením na biodegradabilní plasty.....	15
3.2.2	Členění biodegradabilních plastů	16
3.2.3	Přírodní biodegradabilní polymery	16
3.2.4	Polypeptidy přírodního původu.....	18
3.2.5	Další přírodní polymery	19
3.2.6	Biodegradabilní polymery z petrochemických zdrojů	20
3.2.7	Význam využívání biodegradabilních plastů	21
3.2.8	Přínosy a vlastnosti výrobků z bioplastů.....	22
3.2.9	Využití bioplastů v obalové a jiné technice	22
3.3	Normativní prostředí související s biodegradabilními plasty a s jejich následným odstraněním.....	23
3.3.1	Normativní úprava biodegradabilních plastů	23
3.3.2	Normativní úprava pro nakládání s biodegradabilními odpady po skončení jejich životnosti	26
3.3.3	Zpracování biodegradabilních odpadů, včetně bioplastů.....	27
3.4	Nakládání s odpadem v EU a mimo ni.....	30
3.5	Charakteristika procesu kompostování	32
3.5.1	Typy kompostování.....	35
3.5.2	Výstup z procesu kompostování	36
3.5.3	Využití výstupu z procesu kompostování	37
3.6	Dopady využívání biodegradabilních plastových obalů na proces kompostování.....	38
3.6.1	Vliv délky procesu na biodegradabilní obalové plasty	38
3.6.2	Vstupy obsahující biodegradabilní obalové plasty	38
3.7	Společensko-ekonomické přínosy biodegradabilních plastů a jejich zastoupení na trhu.....	39
4	MATERIÁL A METODIKA.....	42
4.1	Ověření rozložitelnosti biodegradabilních obalových plastů.....	43
4.1.1	Popis pokusu	44
4.2	Postup hodnocení vlivu nerozložených částí na ekonomickou efektivnost procesu kompostování metodou ekonomické analýzy	46
4.2.1	Standardní proces A	49
4.2.2	Standardní proces B	50

5	VÝSLEDKY.....	51
5.1	Rozložitelnost označených biodegradabilních obalů (tašek) v procesu kompostování.....	51
5.1.1	Vyhodnocení pokusu.....	51
5.1.2	Průběh počasí během trvání pokusu.....	52
5.2	Hodnocení vlivu nerozložených bioplastů na ekonomickou efektivnost procesu kompostování	53
5.2.1	Kalkulace přímých nákladů na kompostovací cyklus	53
5.2.2	Hodnocení vlivu nerozložených plastů na ekonomickou efektivnost kompostování	57
6	DISKUSE	59
7	ZÁVĚR.....	66
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ A SCHÉMAT	76
	SEZNAM TABULEK	77
	SEZNAM ZKRATEK	79
	SEZNAM PŘÍLOH.....	79
9	PŘÍLOHY	80

1 ÚVOD

Lidstvo využívá obalové materiály v různých podobách již po staletí. Zpočátku se používaly obaly ze dřeva (vědra) a tkanin (pytle), ale jak se postupně naše společnost vyvíjela, začaly být zpracovávány další materiály (sklo, kovy). Vědeckotechnický pokrok a zdokonalování technologií postupně rozšiřovalo spektrum obalových materiálů (lepidla a plasty) do podoby, jak je známe dnes.

Jedním z příkladů nových materiálů jsou biodegradabilní plasty, které se po ukončení životnosti odstraňují podobně jako klasický odpad, ale s tím rozdílem, že je možno je zkompostovat a formou hnojiva vrátit do půdy. Jejich výčet je zatím omezený, nejčastěji se vyrábí ze škrobu, kyseliny polymléčná a celulózy. Z těchto materiálů se dá vyrobit značné množství různých výrobků, které se dají využít stejně jako klasické materiály, které již známe.

Problémem biodegradabilních obalových plastů je zatím vysoká výrobní cena, ale někteří je již využívají např. formou odnosných tašek a po upotřebení do nich mohou vložit biologicky rozložitelný odpad z domácností. Tyto naplněné tašky se pak odevzdají do speciálních nádob, které se odvezou na kompostárnu, kde je pracovníci mohou využít v procesu. Pracovníci jsou, ale k těmto novým materiálům skeptičtí, protože díky špatnému a nejednoznačnému označování těchto bioplastů vhodných ke kompostování, může dojít za strany spotřebitele k jejich záměně s materiály, které se pouze za rozložitelné vydávají, a ty pak v procesu kompostování přetrvávají až do konce a pak se musí složitě oddělovat tříděním od výsledného kompostu.

Všemu by mohla pomoci změna legislativy ohledně přijímání odpadů, ale hlavně změna označování biodegradabilních plastů, potažmo kompostovatelných, aby bylo jednotné. Posléze informovat spotřebitele, co může dát do sběrných nádob pro kompostování a co ne. Tím by se vyřešila nedůvěra pracovníků kompostárny využívat tyto materiály.

Celkový blahobyt společnosti by se mohl zvýšit díky biodegradabilním plastům, protože by se zmenšilo množství biologicky rozložitelných odpadů, které by končily na skládce. Díky správným informacím by společnost věděla, jak poznat kompostovatelné bioplasty, do kterých by pak dávala biologicky rozložitelný odpad z domácností, a tím by se udržovalo i čistější životní prostředí. I díky tomu, že by se pak více využíval kompost namísto průmyslových hnojiv, která mohou kontaminovat již tak citlivé prostředí.

Dnešní společnost stále více spotřebovává neobnovitelné zdroje, které jsou pro ni zatím nepostradatelné, ale díky tomu, že jsou vyčerpatelné, je nutné je něčím nahrazovat, proto se hledají alternativní nové zdroje pro výrobu stejných produktů. I když se i při jejich výrobě neobnovitelné zdroje využívají, není to v takové míře, jak u klasických výrob. Důležité je, že si vstupní suroviny dokážeme vyrobit jako např. zemědělské plodiny, ze kterých můžeme získat látky, které jsou přírodě a člověku blízké, a které se dokáží např. v procesu kompostování rozložit na využitelné látky pro půdu. Takže životní cyklus těchto látek začíná i končí v půdě. Tím je to uzavřený koloběh a my udržujeme rovnováhu v přírodě.

Společnost může být sice k využívání biodegradabilních plastů nedůvěřivá, ale je lepší alespoň část využít na proces kompostování než takový odpad skládkovat, kde navíc mohou vznikat škodlivé látky při rozkladu.

I přes všechny názory jednou musí dojít ke změně přístupu společnosti k dané problematice, teď jen závisí, jak rychle k tomu dojde. V dnešní době je dobré začít zkoumat alternativy, dokud máme čas na experimenty a existují zásoby neobnovitelných surovin pro klasické využívání. I když bioplasty zatím nesplňují a nenaplnují veškeré nároky, které se od nich očekávají, je to krok správným směrem k lepší budoucnosti.

2 CÍL PRÁCE

Cílem předkládané diplomové práce je zpracovat přehled poznatků o charakteristikách a praktickém využití biodegradabilních obalových materiálů a vyhodnotit jejich vliv na proces kompostování.

Pro řešení byly v souladu se zadáním práce vymezeny následující dílčí cíle:

- Zpracovat přehled poznatků o charakteristikách biodegradabilních plastů, jejich významu a využití jako obalových materiálů.
- Popsat normativní prostředí související s biodegradabilními plasty a s jejich následným odstraněním.
- Charakterizovat proces kompostování a vymežit potenciální dopady využívání biodegradabilních obalových plastů na tento proces.
- Ověřit rozložitelnost biodegradabilních obalových plastů v reálném procesu kompostování a vyhodnotit možné dopady nerozložených plastů na ekonomickou efektivnost procesu kompostování.
- Shrnutí a diskuse společensko-ekonomických přínosů využívání biodegradabilních plastů pro výrobu obalů.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Teoretická část práce přináší celkový přehled o dané problematice biodegradabilních materiálů a jejich vlivu na proces kompostování. Definuje udržitelnost, charakterizuje biodegradabilní plasty, jejich využití a cenu, popisuje normativní prostředí biodegradabilních plastů a jejich odstranění po skončení životnosti, především procesem kompostování, kdy je možné, v rámci kompostu, je po rozložení vrátit do půdy, kde můžeme znovu vypěstovat vstupní suroviny na výrobu dalších bioplastů.

3.1 Udržitelný rozvoj

Udržitelný rozvoj je považován za převážně normativní a politický termín, který nemá plně objektivní základ, který by byl podložen nezávislým vědeckým poznáním. Má úzký vztah k lidským hodnotám, neboť se snaží o změnu těchto lidských hodnot.

Dle zákona č. 17/1992 Sb. o životním prostředí (ŽP), je *trvale udržitelný rozvoj společnosti takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.* (Miškolci, 2013)

Trvale udržitelný rozvoj je problémem multidimenzionálním, kdy ekonomický růst je jen jedním z jeho rozměrů, a to limitovaným dalšími dimenzemi v rovině technologické, ekologické, lidské a sociální. Získávání, transformace, přenášení a využívání informací na všech úrovních rozhodování je typickým rysem současného společenského rozvoje a základem přechodu k udržitelnému rozvoji. (Miškolci, 2013)

3.1.1 Udržitelný rozvoj a bioplasty

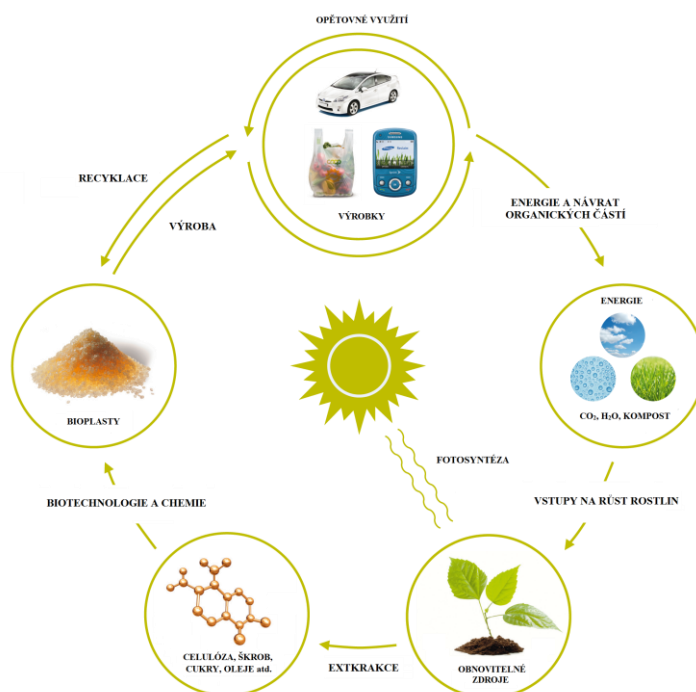
Udržitelný rozvoj současně a neoddělitelně zahrnuje ekonomickou prosperitu, ochranu ŽP a sociální spravedlnost. Což znamená, že firmy mají rozšířit svoji zodpovědnost o sociální a environmentální rozměr, udržitelnost je o tom, že výrobky vhodné pro dané trhy mají zároveň s jejich společenskými přínosy i snížit dopady na ŽP lépe než jiné alternativy, které jsou v dané době k dispozici. To znamená závazek k neustálému zlepšování, které by mělo vést k dalšímu snižování ekologické stopy dnešních produktů, výroby a použitých surovin. Což biodegradabilní plasty splňují. (Zeman, 2014)

3.1.2 Posuzování životního cyklu bioplastů

Princip udržitelného rozvoje v Evropě je důvodem pro zavedení uzavřeného ekonomického cyklu v Evropské unii (EU). Výrobky musí být vyráběny a používány způsobem vedoucím k zachování zdrojů a k jejich zpětnému využití.

Klíčovým nástrojem pro měření vlivů výrobků nebo služeb na ŽP, je posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment - LCA). Prostřednictvím LCA je možné vysvětlit všechny dopady na ŽP spojené s výrobkem nebo službou. To se vztahuje na všechny etapy v životě daného produktu z těžby zdrojů až ke konečnému odstranění. LCA je nástroj, který umožňuje měření a podávání zpráv o současných dopadech, alternativních scénářích a výsledcích řešení.

Cílem je podpořit, kvantifikovat, a doložit environmentální udržitelnost produktů. Je důležité, aby se LCA výrobku bral v úvahu, protože výrobky mohou mít zcela odlišné dopady na ŽP během jednotlivých fází jejich životního cyklu. Popis LCA zahrnuje analýzu kompletních systémů a zabráňuje zátěžím se přesouvat z jedné fáze životního cyklu do druhého, z jedné geografické oblasti do druhé, a z jedné složky životního prostředí do druhé. (Life Cycle Economy and Life Cycle Assessment, www.en.european-bioplastics.org, 2015) Ukázka LCA bioplastů je na obrázku číslo 1.



Obrázek 1 Životní cyklus bioplastů (Upraveno: Karhánková, I., zdroj: (Life Cycle Economy and Life Cycle Assessment, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

3.2 Vymezení a význam biodegradabilních plastů a možnosti jejich využití v obalové technice

Obaly jako prostředky na balení výrobků vyplňují prostor mezi výrobou a spotřebou produktu. Balení poskytuje produktu ochranu proti poškození, proti ztrátě užitné hodnoty a proti působení vnějších či vnitřních vlivů prostředí. Vytváří z baleného produktu užitečné jednotky na přepravu, skladování a manipulaci. (Zeman, 2005)

Dle zákona č. 477/2001 Sb. o obalech, ve znění pozdějších předpisů, je *obal charakterizován jako výrobek zhotovený z materiálu jakékoli povahy a určený k pojmutí, ochraně, manipulaci, dodávce, popřípadě prezentaci výrobku nebo výrobků určených spotřebiteli nebo jinému konečnému uživateli*. (Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech)

Z hlediska funkce lze obaly rozdělit na „prodejní“, „skupinové“ a „přepravní“, z hlediska četnosti jejich používání na obaly jednorázové nebo opakovaně využitelné a z hlediska materiálu, ze kterého jsou vyrobeny např. na obaly plastové, bioplastové, skleněné, papírové či kombinované. (MŽP, 2014)

Když obal přestane splňovat účel (skončí životní cyklus), pro který byl vytvořen, stává se z něj odpad. Mnohé obalové odpady jsou však velmi dobře využitelné, pokud mají možnost dále sloužit jako vstupní suroviny pro zpracování jiných výrobků, například dalších obalů nebo na výrobu kompostu, pokud se jedná o biodegradabilní materiály, včetně bioplastů. (MŽP, 2014)

3.2.1 Charakteristika obalových materiálů se zaměřením na biodegradabilní plasty

V dnešní době jsou pro výrobu obalů využívány plasty, které mají specifické vlastnosti, určité technologické parametry a jsou vyrobeny z klasických hmot. Zápornou vlastností těchto hmot vyrobených z fosilních zdrojů je dlouhá doba rozkladu. Z tohoto důvodu jsou pro obalové materiály používány biologicky rozložitelné plasty, které se rozkládají rychleji díky aditivům (přidatné látky) nebo speciálnímu složení. (Honzík, 2004)

Vlastnosti biopolymerů jsou obdobné jako u stávajících plastů. Často musí být nalezen kompromis mezi vlastnostmi obnovitelných surovin a zpracovatelskými vlastnostmi za využití různých aditiv. Podíl fosilních aditiv může činit až 50%. Využití bioplastů je široké, od obalů pro potraviny přes farmaceutický a medicínský průmysl až po autodíly, mobilní telefony, oblečení a obuv. (Nehasilová, 2012)

K biodegradabilním plastům patří rozdílné druhy materiálů. Obsáhlá skupina bioplastů zahrnuje materiály od přírodních z celulózy, škrobu atd. až po syntetické, kde jeden či více částí je vyráběno z biomasy (např. z kukuřice). Shodně se nazývají plasty s původem z biomasy a plasty, jejichž konečnou funkcí je biologická rozložitelnost. Zároveň existují biologicky neodbouratelné plasty z biomasy a biologicky odbouratelné plasty fosilního původu. Zastoupení biodegradabilních plastů je pouze 13% z biomasy, 12% je z fosilního původu a 75% má kombinovaný původ. Některé plně fosilní plasty jsou 100% biodegradabilní. (Abušinov, 2007)

3.2.2 Členění biodegradabilních plastů

Klasifikace biodegradabilních plastů není dosud v odborné literatuře jednotná, neboť je to nová dimenze v obalovém průmyslu. Mohou pocházet z různých zdrojů a mohou se různě dělit a kombinovat.

Z hlediska biodegradovatelnosti dělíme plasty na nebiodegradovatelné z petrochemických surovin, biodegradovatelné z petrochemických surovin, nebiodegradovatelné z obnovitelných surovin a biodegradovatelné z obnovitelných surovin. V užším smyslu se jako o biodegradabilních plastech mluví pouze o bioplastech z posledně uvedené skupiny. (Tichý, 2009)

❖ *Biologicky rozložitelné polymery z obnovitelných zdrojů*

Jsou to např.: kyselina polymléčná (PLA), polyhydroxyalkanoáty (PHA), termoplastické škroby (TPS), celulóza, chitosan, proteiny. (Rudnik, 2008)

❖ *Biologicky rozložitelné polymery z neobnovitelných ropných zdrojů*

Jsou to např.: polykaprolaktony (PCL), polyesteramidy (PEA), polyuretany, polyvinylalkoholy (PVA). (Rudnik, 2008)

3.2.3 Přírodní biodegradabilní polymery

Biopolymery jsou polymery vytvořené v přírodě během růstu organismů, proto jsou také označovány jako přírodní polymery. (Chandra et Rustgi, 1998)

3.2.3.1 ŠKROB (termoplastické škroby - TPS)

Škrob je polymerní polysacharid, který se vyskytuje přirozeně v rostlinách. Je složený z amylozy a amylopektinu, tvořený několika tisíci molekulami glukózy. (Chandra et Rustgi, 1998)

Škrob je konečný produkt fotosyntézy. Přírodní škroby obsahují 15-30% amylozy a 85-70% amylopektinu. (Rudnik, 2008) Mezi používané plodiny pro získávání škrobu patří kukuřice, pšenice, brambory, tapioka a rýže. (Crank et al., 2005)

❖ *Prodejní cena*

Aktuální průměrná cena za modifikovaných škrob se pohybuje od € 1,50 - € 3,00 za kg. Díky relativně nízkým nákladům na výrobu, je škrob atraktivní alternativou k polymerům vyrobených z petrochemických zdrojů. (Crank et al., 2005)

❖ *Aplikace*

Téměř 75% škrobu je používáno v obalové technice. (Crank et al., 2005) Hlavní použití je na filmy (pro zemědělství, např. mulčovací fólie), nákupní tašky, pytle na odpadky, dále tvárné výrobky (přístroje, brčka), podnosy a plniva do pneumatik. (Rudnik, 2008)

Fólie ze škrobu mají nízkou propustnost a jsou tak atraktivní materiály pro balení potravin. Mulčovací fólie jsou užitečné v zemědělství, neboť degradují na neškodné produkty, pokud jsou umístěny v kontaktu s půdními mikroorganismy. (Chandra et Rustgi, 1998)

3.2.3.2 CELULÓZA

Polysacharid celulóza byl poprvé izolován asi před 150 lety. Ve všech formách je celulóza velmi vysoce krystalická, je nestravitelná a nerozpustná ve vodě. Pro svou nerozpustnost je celulóza obvykle převedena do derivátů tak, aby byla zpracovatelná. (Chandra et Rustgi, 1998)

Celulóza je jednou z hlavních složek buněčné stěny rostlin a představuje hlavní část všech složek chemických buněk. Celulózové polymery jsou vyráběny chemickou modifikací přírodních celulóz. Hlavními zástupci jsou celofán (použitý pro fólie), acetát celulózy, estery derivátů (pro lití, lisování a filmy). Bavlněná vlákna a dřevo jsou primární suroviny pro výrobu průmyslově používané celulózy. (Crank et al., 2005)

Celulózové dřevě lze získat z mnoha zemědělských plodin, např.: cukrová třtina, čirok, kukuřičné stonky a stébla žita, pšenice, ovesa a rýže. (Rudnik, 2008)

❖ *Prodejní cena*

S ohledem na složité požadavky na zpracování celulózy, se pohybuje tržní cena v rozmezí od € 3,00 - € 4,00 za kg, tím je podstatně vyšší než u obalů na petrochemické bázi, obvykle používajících se jako jejich náhražky. (Crank et al., 2005)

❖ *Aplikace*

Vhodné využití nachází celulóza ve farmacii, v zemědělství, v kosmetice a v potravinářském průmyslu. Jako např. tenké povlaky, kontejnery, rukojeti, hračky, psací potřeby, elektrické izolační fólie, světla a pouzdra. (Rudnik, 2008)

3.2.3.3 CHITIN A CHITOSAN

Chitin je makromolekula nacházející se ve skořápkách krabů, humrů, krevet a hmyzu. Chitinová vlákna se používají pro výrobu umělé kůže a vstřebatelných stehů. Chitin je nerozpustný ve své přirozené formě, ale chitosan je rozpustný ve vodě. Tyto materiály jsou základní polysacharidy, jsou biokompatibilní, mají antimikrobiální účinky a schopnost absorbovat ionty těžkých kovů. (Chandra et Rustgi, 1998)

❖ *Aplikace*

Chitosan má využití v biomedicíně, v čištění odpadních vod, funkční membrány. Díky vynikajícím biologickým vlastnostem je biodegradovatelný v lidském těle, má biokompatibilní, imunologické a antibakteriální účinky, je vhodný pro hojení ran a našel aplikaci i jako podpůrný materiál pro tkáňové inženýrství. (Rudnik, 2008)

3.2.4 Polypeptidy přírodního původu

Bílkoviny využívající se jako biomateriály, jsou z velké části nerozpustné, proto jsou použity ve formě, ve které se nalézají v přírodě. (Chandra et Rustgi, 1998)

Proteiny pochází buď z rostlinného zdroje (např. lepek, sója, hrách a brambory) nebo z živočišného zdroje (např. kolagen (želatina), kasein, syrovátka). (Rudnik, 2008)

3.2.4.1 ŽELATINA

Želatina je ve vodě rozpustný, biologicky rozložitelný polymer s rozsáhlou škálou využití v průmyslu, ve farmacii a v biomedicíně. Používá se na povlaky a mikrokapsule pro různé léky a pro přípravu biologicky rozložitelných hydrogelů (flexibilní želatina, ve formě filmu je podobná umělé kůži, která může držet otevřené rány a chrání je před ztrátou tekutin a infekcí). (Chandra et Rustgi, 1998)

3.2.5 Další přírodní polymery

3.2.5.1 KYSELINA POLYMLÉČNÁ (PLA)

PLA je alifatický polyester vyrobený z obnovitelných zdrojů. PLA má vynikající fyzikální a mechanické vlastnosti, tím pádem je dobrým kandidátem pro náhradu za petrochemické termoplasty. Kyselina mléčná může být vyrobena anaerobní fermentací, buď čistá (např. z glukózy, laktózy) nebo znečištěná (např. ze škrobu, sirupu z melasy) za pomoci mikroorganismů, jako jsou bakterie či houby. (Crank et al., 2005)

Kyselina mléčná se nejčastěji získává fermentací škrobu a proces se zakončuje polymerizací. Kromě termoplastických škrobů jsou zatím PLA jedinými průmyslově vyráběnými biologicky odbouratelnými plasty ve větším množství. Vlastnosti se liší podle způsobu produkce. (Suková, 2009)

Kyselina mléčná se používá k tomu, aby vytvářela bioplast tvořený kyselinou polymléčnou (PLA - polylactic acid). Nevýhoda PLA je, že má nižší odolnost vůči vysokým teplotám než některé plasty na základě ropy. To vyřazuje PLA z využívání pro některé aplikace. (Vondrášková, 2010)

❖ *Prodejní cena*

Průměrná prodejní cena vzorků je € 3,40 za kg a při velkých objemech výroby jde cena na € 2,20 za kg. Pro srovnání cena polypropylenové (PP) fólie je za € 1,50 - € 2,50 za kg. (Crank et al., 2005)

❖ *Aplikace*

PLA se používá v potravinářském průmyslu (kelímky, tácky, láhve, obaly), v medicíně, sáčky, pytle a mnoho dalších. (Rudnik, 2008)

3.2.5.2 POLYHYDROXYALKANOÁTY (PHA)

Polyhydroxyalkanoáty jsou alifatické polyestery produkované pomocí fermentace z obnovitelných surovin. PHA se hromadí ve formě granulí v cytoplazmě buněk a slouží jako mikrobiální zásoba energie. (Crank et al., 2005)

Polyhydroxyalkanoáty jsou vyráběny z více možných zdrojů např.: z obnovitelných zdrojů (sacharóza, škrob, celulóza...), z fosilních zdrojů (metan, minerální oleje, hnědé uhlí, černé uhlí), z vedlejších produktů (melasa, syrovátka, glycerol) a dalších. (Rudnik, 2008)

❖ *Prodejní cena*

V průměru se ceny pohybují okolo € 10 - € 20 za kg. Cena PHA je v současné době mnohem vyšší, než u jiných biomateriálů, kvůli vysokým nákladům na suroviny, na zpracování (zejména čištění fermentačního prostředí) a malému objemu výroby. (Crank et al., 2005)

❖ *Aplikace*

Na trhu se využívají polyhydroxyalkanoáty pro balení na jedno použití, na spotřebiče, elektroniku, zboží dlouhodobé spotřeby, v zemědělství a na stabilizaci půdy a jako lepidla, barvy a nátěry a v automobilovém průmyslu. (Rudnik, 2008)

3.2.6 Biodegradabilní polymery z petrochemických zdrojů

3.2.6.1 POLYKAPROLAKTON (PCL)

Polykaprolakton (PCL) byl důkladně studován jako produkt vhodný pro biodegradaci. Tyto polyestery jsou snadno degradovatelné biologické systémy, ale jejich produkce byla omezena z důvodu relativně nízké molekulové hmotnosti a špatné fyzické odolnosti. (Chandra et Rustgi, 1998)

❖ *Aplikace*

Polykaprolakton byl rozpoznán jako biodegradabilní a netoxický materiál. Jeho vysoká propustnost a biokompatibilita dělá z PCL slibného kandidáta pro biomedicínské aplikace. PCL se používá také na výtuhy bot a zcela biologicky odbouratelné tašky, stehy a vlákna. Dále se používá na biodegradabilní láhve, řízené uvolňování pesticidů a hnojiv, netkané textilie, syntetické obvazy, ortopedické odlitky. (Rudnik, 2008)

3.2.6.2 POLYURETANY

Polyuretany jsou to univerzální plasty dostupné v různých formách, od pružné nebo pevné pěny, nátěry, lepidla a tmely. Polyuretany se skládají ze dvou složek, a to ze složky vyrobené z petrochemických surovin a z olejové složky na biobázi. Rostlinné oleje jsou získané z plodin, jako jsou řepka, sója, slunečnice a lněné semínko. (Crank et al., 2005)

❖ *Prodejní cena*

Tržní cena petrochemických verzí je v rozmezí od € 4,40 do € 5,40 za kg. Očekává se, že jejich verze na biobázi budou komerčně životaschopné, a to i za vyšší cenu, než jsou jejich petrochemické verze. Nicméně, bude to možné pouze na specializovaných trzích, kde se bude věnovat pozornost životnímu prostředí, udržitelnosti nebo jiným produktům na biobázi, aby se zdůvodnila rozdílnost v jejich ceně. (Crank et al., 2005)

❖ *Aplikace*

Polyuretany můžeme využít jako biomateriály v medicíně (cévy či katetry). Výběrem vhodných surovin je možné připravit biodegradabilní materiál, který se v lidském těle rozloží na netoxické produkty, které jsou z těla postupně vyloučeny. (Kupka, 2011)

3.2.7 Význam využívání biodegradabilních plastů

Producenti plastů, kteří vyrábějí po celá desetiletí své produkty z ropy, hledají nové alternativy kvůli zdražování a nedostupnosti vstupních surovin. Jednou z možných alternativ je vyrábět plasty z obnovitelných zdrojů. V poslední době se objevují na trhu produkty z biopolymerů. Např. mulčovací fólie, které používají zemědělci k potlačení plevelu. Na konci sezóny se zaorají a v půdě se rozloží. Domácnosti využívají rozložitelné sáčky a pytle na kuchyňský odpad. Ty se vloží do biologicky rozložitelného odpadu, který se dále kompostuje. (Beyers, 2010)

Bioplasty jsou efektivní a technologicky vyspělé materiály. Jsou schopné zlepšit rovnováhu mezi přínosem a vlivem na ŽP. Analýzy LCA ukazují, že bioplasty mohou snížit emise CO₂ o 30 až 70% ve srovnání s konvenčními plasty (v závislosti na materiálu a aplikaci). Využívání biomasy při výrobě bioplastů má jasnou výhodu: obnovitelnost a dostupnost. Omezené zásoby ropy mohou být uloženy a další dovoz ropy z nestabilních oblastí může být snížen. (Market, www.en.european-bioplastics.org, 2013)

3.2.7.1 POHLED NA BIODEGRADABILNÍ PLASTY

Biodegradovatelné plasty rozšiřují surovinovou základnu, mohou být ve formě pytlů využity ke shromažďování a kompostování organického odpadu, dále mohou být využity na jednorázové papírové pleny, na balení pro zeleninu a ovoce, na jednorázové nádoby a příbory v cateringu, v hotelích či na velkých hudebních a sportovních akcích, kde lze složení plastového odpadu poměrně dobře kontrolovat. (Dočkal, 2013)

3.2.7.2 VYUŽÍVANÉ BIOPLASTY NA TRHU

Výroba biodegradabilních plastů je dnes rovnoměrně rozdělena mezi Evropu, Severní a Jižní Ameriku a Asii, která ale mírně zaostává za ostatními. Na obaly a kelímky je využívána především kyselina polylactonová (PLA). Podobně je využíván i škrob na odnosné kompostovatelné tašky. Nejrozšířenějším organickým polymerem je celulóza získávaná z dřevní hmoty. (Dočkal, 2013)

3.2.8 Přínosy a vlastnosti výrobků z bioplastů

K přínosům bioplastových obalů patří hygienická hlediska (čistá manipulace, snížení hnilobných procesů a zápachů), snížení hmotnosti bioodpadu (menší poplatky za svoz a zpracování), zvýšení čistoty bioodpadu (bez nutnosti další manipulace před odevzdáním na kompostárnu), zvýšení výtěžnosti (zvýšení efektivity separace a snížení množství biodegradabilních odpadů ve směsném komunálním odpadu). (Hodek, 2004)

Plastové produkty z biopolymerů jsou odolné proti nárazům, mají dobrou odolnost vůči olejům a tukům, jsou vhodné pro styk s potravinami, jsou tuhé a flexibilní, vhodné také pro hluboké zmrazování, mohou být transparentní či neprůhledné, mají bariéru proti vodě a UV záření, dobře těsní. (Bioplast products, www.biosphere.eu, 2014)

3.2.9 Využití bioplastů v obalové a jiné technice

Obalový průmysl nejvíce ze všech odvětví využívá bioplastů. Díky svým fyzikálním vlastnostem jsou obalové polymery do značné míry ovlivněny chemickou strukturou, molekulovou hmotností a podmínkami při zpracování použitých polymerů. Fyzikální vlastnosti požadované na balení závisí na tom, co do obalu bude zabaleno, ale také na prostředí, ve kterém bude balení uloženo. (Chandra et Rustgi, 1998)

Např. teplé/studené potraviny a nápoje, suché/vlhké prostředí, nízká/vysoká teplota, mražené potraviny, skladovací a přepravní podmínky, odolnost proti vnějším vlivům atd. Bioplasty se díky svým vlastnostem dají výborně formovat do různých tvarů, velikostí a tloušťky obalů.

Aplikace těchto plastů je různorodá od obalů potravin až po doplňky v automobilovém průmyslu. U potravin např.: fólie a tácky na sušenky, ovoce, zeleninu a maso, sítky pro ovoce, podnosy a mísy pro rychlé občerstvení, papírové tašky na chleba. Spotřební zboží např.: hygienické výrobky (pleny, bavlněné tampony), oblečení (trička, ponožky, deky), pouzdra, CD, počítačové klávesy, malé součásti notebooků a automobilové interiéry, včetně hlav vložek a čalounění. (Rudnik, 2008)

3.3 Normativní prostředí související s biodegradabilními plasty a s jejich následným odstraněním

Současné tendence spotřeby míří ke zvýšenému využívání přírodních zdrojů, kam zahrnujeme biodegradabilní obalové plasty i odpady z nich. Stát utváří normativní prostředí prostřednictvím zákonů, norem a standardů. Jak bioplasty, tak i odpady z nich podléhají různým zákonům a normám, které upravují nakládání s nimi.

3.3.1 Normativní úprava biodegradabilních plastů

Normy vztahující se k biodegradabilním obalovým plastům v ČR, převzaté z EU, neupravují celou problematiku využívání bioplastů a jejich označování. I když už na trhu existují volně prodejné biodegradabilní plastové produkty, tak díky nejednotné legislativě z hlediska jejich označování, je spotřebitel nemusí umět správně rozpoznat a využívat, tím spíše je pak řádně odstranit. Proto je důležité biodegradabilní plasty zahrnout i do legislativy odpadového hospodářství, které by definovalo, jakým způsobem je správně odstranit.

3.3.1.1 CERTIFIKACE A OZNAČOVÁNÍ BIODEGRADABILNÍCH PLASTŮ

❖ *Standardizace*

Standardizace je snaha průmyslových subjektů definovat kritéria pro popis produktů a služeb. Cílem je zmírnit hospodářskou soutěž a obchodní růst o překonávání překážek, které vyplývají z nejasných nebo nekompatibilních specifikací. Použití norem je dobrovolné. Standardy určují jak provést měření biologické rozložitelnosti nebo obnovitelnosti daného materiálu, nebo jaká musí být splněna kritéria. Výrobek, který splňuje tyto požadavky, může být standardizován dle dané normy. (Standards, certification and labelling, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

❖ *Certifikace*

Nezávislý orgán kontroluje, zda jsou splněny požadavky stanovené v normě. A uděluje produktům příslušnou certifikaci a logo, které se na tyto produkty používá. (Standards, certification and labelling, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

Tvrzení, že je produkt kompostovatelný nebo kolik obsahuje obnovitelných zdrojů je obecně pro spotřebitele obtížné ověřit. Certifikace odkazuje na normy a spotřebitelům to dává najevo označením. (Certification, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

❖ *Označení*

Certifikovaný výrobek může nést značku kvality (logo). Po úspěšné certifikaci je konkrétní výrobek vhodný k označení příslušnou značkou. (Standards, certification and labelling, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

Vzhledem k podobnému vzhledu bioplastových produktů a běžných plastových výrobků nemohou být snadno odlišeny. Využití nezávislých a mezinárodně uznávaných štítků značení bioplastových produktů je důležité, proto aby spotřebitelé dostávali průhledné a správné informace, a aby zajistily pozitivní obraz bioplastů.

Cíle a výhody označování výrobků z bioplastů:

- umožňující identifikaci výrobku ze strany uživatelů/spotřebitelů
- povolení a usnadnění řádného třídění do sběru a následného využívání odpadů
- zajištění kvality produktu. (Labelling, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

3.3.1.2 CERTIFIKACE KOMPOSTOVATELNÝCH PLASTŮ

Pokud bioplasty prokáží svou kompostovatelnost v souladu s mezinárodními normami, mohou být zpracovány v průmyslových kompostárnách. Výrobky z plastu mohou poskytnout důkaz o jejich kompostovatelnosti tím, že plní normu ČSN EN 13432 nebo EN 14995. Tyto dva standardy definují technické specifikace pro kompostovatelné produkty z bioplastů:

❖ *ČSN EN 13432 Obaly*

Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci. Navazuje na evropskou směrnici o obalech a obalových odpadech (94/62/ES).

❖ *ČSN EN 14995 Plasty*

Vyhodnocení kompostovatelnosti. Rozšiřuje rozsah plastů při použití v neobalových aplikacích. Norma ČSN EN 13432 platí, když se plasty používají pro balení. (Standardization, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

Bioplasty, které jsou kompostovatelné, jsou certifikované podle normy ČSN EN 13432 a označují se symbolem „klíčku“ nebo symbolem „OK compost“ viz obrázek č. 2. Certifikace deklaruje, že v experimentálních podmínkách dojde v průběhu 6 až 12 týdnů k jejich rozsáhlé degradaci - rozložení. U kompostovatelných bioplastů probíhá bakteriální rozklad, při němž vzniká kromě vody a CO₂ vzniká také biomasa, která se využívá ke hnojení – kompost. (Nehasilová, 2012)



Obrázek 2 Druhy certifikací a norem (Vytvořeno: Karháňková, I., Zdroj: Certified – The compostability of ecoflex, 2013)

Symbol „klíčku“ (obrázek číslo 3), který je využíván pro kompostovatelné bioplasty, je běžně již zavedený v Belgii, Švýcarsku, Německu, Nizozemsku, Polsku a ve Spojeném království. (Compostability label, www.en.european-bioplastics.org, 2015)



compostable
Obrázek 3 Symbol „klíčku“ pro kompostovatelné bioplasty (Compostability label, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

between 20 and 40 % Biobased	between 40 and 60 % Biobased	between 60 and 80 % Biobased	more than 80 % Biobased

Obrázek 4 Symbol bioplastů na biobázi „OK compost“ (Biobased label, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

Symbol bioplastů na biobázi „OK compost“ (obrázek číslo 4) v současné době není povinné jeho označení, které vyžaduje, aby výrobci zveřejnit zastoupení biobázi ve svých produktech. Výrobci mohou samozřejmě poskytnout tyto informace spotřebitelům na dobrovolně, a tím doložit své marketingové tvrzení. (Biobased label, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

3.3.1.3 NORMY V ČESKÉ REPUBLICE PRO OBALOVÉ PLASTY, VČETNĚ BIODEGRADABILNÍCH

- a) ČSN EN 13193 *Obaly* - Obaly a životní prostředí – Terminologie,
- b) ČSN EN 13427 *Obaly* - Požadavky na používání evropských norem pro obaly a odpady z obalů,
- c) ČSN EN 13432 *Obaly* - Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci - Zkušební schéma a kritéria hodnocení pro konečné přijetí obalu,
- d) ČSN EN 13437 - *Recyklace obalů a obalových materiálů* - Kritéria recyklačních metod - Popis recyklačních procesů a diagramy materiálových toků,
- e) ČSN CR 13686 *Obaly* - Optimalizace energetického využití odpadů z obalů,
- f) ČSN EN 14045 *Obaly* - Hodnocení rozpadu obalových materiálů pomocí prakticky zaměřených zkoušek při definovaných podmínkách kompostování,
- g) ČSN EN 14806 *Obaly* - Předběžné hodnocení rozpadu obalových materiálů v modelových podmínkách kompostování v laboratorním měřítku,
- h) ČSN EN ISO 20200 *Plasty* - Stanovení stupně rozkladu plastů za simulovaných podmínek kompostování v laboratorním měřítku,
- i) ČSN 77 0020 - *Balení*. Všeobecné požadavky na obaly,
- j) ČSN 77 0052-2 *Obaly - Odpady z obalů* - Část 2: Identifikační značení obalů pro následné využití odpadu z obalů,
- k) ČSN 77 0053 - *Obaly - Odpady z obalů* - Pokyny a informace o nakládání s použitým obalem. (České technické normy)

3.3.2 Normativní úprava pro nakládání s biodegradabilními odpady po skončení jejich životnosti

Dle zákona o odpadech je *zpracování odpadů každá činnost, která vede ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů (včetně jejich třídění) s cílem usnadnění jejich dopravy, využití, odstraňování nebo s cílem snížit jejich objem, popřípadě snížit jejich nebezpečné vlastnosti.* (Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech)

Hlavní nástroje odpadového hospodářství jsou definovány v zákonu o odpadech č. 185/2001 Sb. a v navazujících předpisech v podobě práv a povinností původců odpadů, oprávněných osob, orgánů státní správy a samosprávy. (Realizační program pro biologicky rozložitelné odpady, www.biom.cz, 2004)

Státní správu v odpadovém hospodářství vykonávají ministerstvo, inspekce, celní orgány, krajské úřady a v přenesené působnosti i obce. (Realizační program pro biologicky rozložitelné odpady, www.biom.cz, 2004)

Nástroje pro regulaci výroby kompostů na kompostárnách:

- ČSN 465735 *Průmyslové komposty*,
- *Zákon o hnojivech* č. 156/1998 Sb. ve znění *Zákona* č. 308/2000 Sb.,
- *Zákon o odpadech* č. 185/2001 Sb.,
- Vyhláška MŽP č. 383/2001 Sb. *o podrobnostech nakládání s odpady*,
- Vyhláška MZe č. 474/2000 Sb. *o stanovení požadavků na hnojiva*,
- Vyhláška MZe č. 475/2000 Sb., kterou se mění vyhláška MZe č. 273/1998 Sb. *o odběrech a chemických odběrech vzorků hnojiv*,
- Vyhláška MZe č. 476/2000 Sb., kterou se mění vyhláška MZe č. 274/1998 Sb. *o skladování a způsobu používání hnojiv* a ve znění vyhlášky MZe č. 473/2002 Sb. (Pastorek, 2004)

3.3.3 Zpracování biodegradabilních odpadů, včetně bioplastů

Problém moderní společnosti je vznik a odstranění odpadů. Rozsáhlé využívání hygienicky nezávadných balicích materiálů umožňuje prodej zdravotně nezávadných potravin, ale tím pádem vzniká významné množství odpadů, které zatěžují ŽP. Jednou z možných cest jak snížit celkovou zátěž je odpady sbírat, třídít je a zajistit jejich zpracování nebo vyvíjet díky novým technologiím šetrnější materiály pro výrobu produktů, a tomu by bioplasty odpovídaly. (Presová et al., 2009)

Odpady a nakládání s nimi patří mezi rostoucí ekologické problémy. Odpady jako nechtěné produkty ekonomického systému, jsou neupotřebitelné zbytky produktů, znehodnocené výrobky či obaly, které je potřebné odstranit z hygienických, ekologických, estetických nebo funkčních důvodů. (Zeman, 2005)

Způsoby zneškodňování odpadů a čas nutný pro odbourávání je velmi důležitým faktorem při vývoji biologicky rozložitelných plastů. Aktuální biodegradabilní polymery jsou navrženy tak, aby degradovaly buď biologicky, nebo chemicky. Environmentální zákony a předpisy a požadavky zákazníků na ekologicky šetrné výrobky začínají mít vliv na použití rozložitelných polymerů. (Sharma, 2009)

3.3.3.1 SPECIFICKÉ POŽADAVKY NA ZHODNOTITELNÉ OBALY

a) Obaly zhodnotitelné formou recyklace materiálu dle směrnice 94/62/94

Obaly se musí vyrábět způsobem, který umožní recyklaci určitého podílu hmotnosti použitých materiálů k výrobě výrobků za dodržení platných norem. Velikost tohoto podílu se může různit v závislosti na druhu materiálu, z něhož se obal skládá.

b) Obaly zhodnotitelné formou energetického využití dle směrnice 94/62/94

Odpad z obalů určený k energetickému využití musí mít určitou minimální hodnotu výhřevnosti umožňující optimalizaci energetického využití.

c) Obaly zhodnotitelné formou kompostování dle směrnice 94/62/94

Odpad z obalů určený ke kompostování musí mít takovou schopnost biologického rozkladu, která by nebránila jeho oddělenému sběru a kompostovacímu procesu.

d) Biologicky rozložitelné (biodegradabilní) obaly dle směrnice 94/62/94

Biologicky rozložitelné (biodegradabilní) obaly musí být takové povahy, aby byly schopné se podrobit fyzikálnímu, chemickému, tepelnému či biologickému rozkladu, umožňujícímu, aby se převážná část vzniklého kompostu nakonec rozložila na oxid uhličitý, biomasu a vodu. (Směrnice Evropského parlamentu a Rady ES 94/62 ze dne 20. prosince 1994 o obalech a obalových odpadech)

3.3.3.2 POPIS VYBRANÝCH DRUHŮ NAKLÁDÁNÍ S ODPADEM Z BIODEGRADABILNÍCH OBALOVÝCH PLASTŮ

❖ **Recyklace**

Recyklace odpadů reprezentuje strategii šetřící přírodní zdroje a snižující celkovou zátěž ŽP. Zároveň umožňuje zvyšovat zdroje k dalšímu použití, dosahovat úspory surovin, které by musely být vynaloženy na obalové materiály a tím snižovat celospolečenské náklady na pořizování prvotních surovin. (Presová et al., 2009)

Existují ale obavy, že bioplasty mohou poškodit stávající recyklační projekty. Klasické nápojové obaly lze snadno identifikovat, a proto vytvoření recyklační infrastruktury je poměrně úspěšné. Spotřebitel, ale nedokáže rozlišit různé typy od sebe (co je rozložitelné a co není) a správně je zatřídit, neboť není ucelené označování obalů. Problém by mohl být překonán tím, že se zajistí ucelené popisy obalů nebo investováním do vhodných třídících technologií. Nicméně, první směr je nespolehlivý a druhý nákladný. (Bioplastic, www.dutchsustainablecommunities.com, 2009)

❖ *Spalování*

Při spalování netříděného (směsného) komunálního odpadu nedochází k jeho opětovnému využití, ale je pouze využit jeho energetický potenciál. Odpad je přeměněn do jiné formy a nakonec skládkován ve formě popelu. Spalování komunálního odpadu je investičně i provozně náročné a v neposlední řadě i náročné na technologie – zařízení na snižování vypouštěných emisí. (Tarant et Malá, 2003)

Při spalování nevyužijeme potenciál biodegradovatelných plastů vrátit přírodní látky ve formě kompostu do půdy. Tudíž je to neekonomické a společensky neudržitelné, což odporuje hlavní definici trvalé udržitelnosti.

❖ *Anaerobní digesce*

Anaerobní digesce je řízený a kontrolovaný mikrobiální rozklad organických látek bez přístupu vzduchu za vzniku bioplynu a digestátu. (Vyhláška č. 341/2008 Sb. ze dne 26. srpna 2008 o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady)

Technologie anaerobní digesce biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) poskytuje lepší hygienizaci odpadu, než jaké je dosahováno aerobním kompostováním a jejím výsledkem není jen hnojivo, ale i vyprodukovaný bioplyn, který poskytuje další zdroj energie. Investiční a provozní náklady jsou cca o 50% vyšší než u kompostování. (Tarant et Malá, 2003)

V procesu anaerobní digesce se mohou vyskytovat jiné druhy bakterií než v procesu aerobního kompostování, to mohlo mít negativní vliv na rozklad bioplastů.

❖ *Biodegradace a kompostování bioplastů*

Termín biologicky odbouratelný líčí proces, během kterého mikroorganismy, které jsou k dispozici v prostředí, převádí materiály na přírodní látky, jako jsou voda, CO₂, dusík. Proces biodegradace závisí na okolních podmínkách prostředí (např. umístění nebo teplota), na materiálu a na aplikaci. (Bioplast products, www.biosphere.eu, 2013)

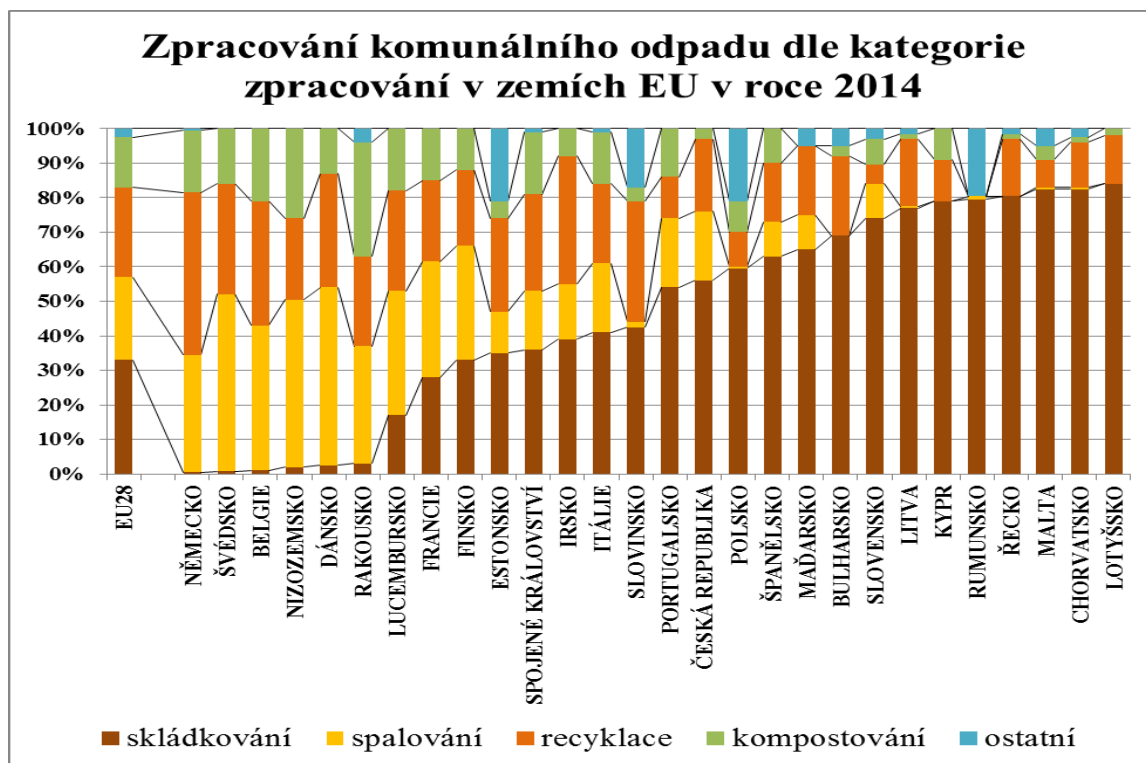
Biologický rozklad je ale mnohdy doprovázen řadou více či méně nepříjemných jevů, např. tvorbou zápachu, uvolňováním tepla, produkcí metanu a oxidu uhličitého, vznikem látek toxických pro rostliny, případně i opětovným rozvojem patogenních mikroorganismů. (Váňa, 2002)

Kompostování je řízený proces, který zabezpečuje optimální podmínky potřebné pro rozvoj žádoucích mikroorganismů a lze jím získat humusové látky rychleji a produktivněji než v polních podmínkách. (Kára et al., 2002)

3.4 Nakládání s odpadem v EU a mimo ni

V oblasti nakládání s komunálním a biologickým odpadem existují mezi členskými státy velké rozdíly (obrázek č. 5), proto rozlišujeme tři hlavní přístupy členských zemí k této problematice:

- Země, které hlavně využívají *spalování*, aby se snížilo množství odpadu na skládkách, a které mají současně vysokou úroveň využití materiálu a vyvinuté strategie na podporu biologického zpracování odpadu (Dánsko, Švédsko, Belgie, Nizozemsko, Lucembursko, Francie),
- Země s vysokou mírou využití materiálu (*recyklace*) a s nízkou mírou spalování (Německo, Rakousko, Španělsko a Itálie – a zároveň rychle rozvíjejí své kapacity pro kompostování a mechanicko-biologické zpracování, nejvíce Rakousko a Německo),
- Země využívající skládky (*skládkování*), přičemž snížení množství odpadu na skládkách zůstává velkou výzvou kvůli nedostatku kapacity: řada nových členských států. (Zelená kniha o nakládání s biologickým odpadem v Evropské unii, 2008)



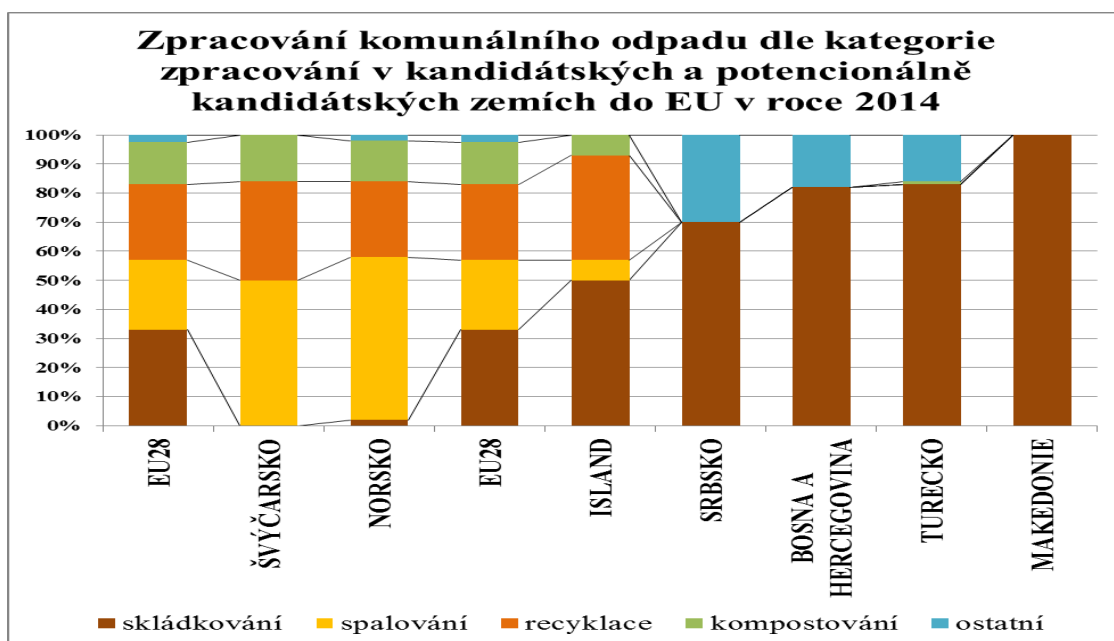
Obrázek 5 Zpracování komunálního odpadu dle kategorie zpracování v zemích EU v roce 2014 (Vytvořeno: Karhánková, I., Zdroj: Municipal waste treated in 2014 by country and treatment category sorted by landfilling 2014, 2014)

Pro srovnání v ČR převažuje nad 50% skládkování, za ním spalování a recyklace se zhruba 40% a kompostování pak jen asi do 10% zpracování komunálního odpadu.

V EU převažuje hlavně *skládkování* (30 až 50% v průměru), ale díky vnitrostátním politikám a směrnícím vyžadujícím snížení množství biologického odpadu na skládkách tento průměr klesá. (Zelená kniha o nakládání s biologickým odpadem v Evropské unii, 2008)

Spalování dosahuje v průměru 20 až 30%, nejvíce se spaluje v Švédsku a Dánsku. V obou zemích se spalování provádí kombinovanou výrobou elektřiny a tepla s kondenzací spalin, což vede k vysoké účinnosti a k vysokému využití čisté energie. (Zelená kniha o nakládání s biologickým odpadem v Evropské unii, 2008)

Recyklování (20 až 30% v průměru) je nejvíce využíváné ve Švédsku a v Německu. *Kompostování* dosahuje v průměru asi 10 až 20%, nejvíce Rakousko, Nizozemsko a Itálie. *Ostatní technologie* na odstranění odpadu jsou v průměru zastoupeny asi do 5%.



Obrázek 6 Zpracování komunálního odpadu dle kategorie zpracování v kandidátských a potencionálně kandidátských zemích do EU v roce 2014 (Vytvořeno: Karhánková, I., Zdroj: Municipal waste treated in 2014 by country and treatment category sorted by landfilling 2014, 2014)

Kandidátské země a potencionálně kandidátské země (obrázek č. 6) využívají hlavně skládkování a snížení množství biologicky rozložitelného odpadu na skládkách bude pro ně nemalou výzvou. (Zelená kniha o nakládání s biologickým odpadem v Evropské unii, 2008)

U Švýcarska a Norska převažuje spalování, skládkování skoro není vůbec zastoupené. Zbytek technologií je zastoupen v průměru rovnoměrně a ostatní technologie tvoří malé procento zastoupení.

3.5 Charakteristika procesu kompostování

Kompostování je účinná metoda využití biologicky rozložitelných odpadů k výrobě organického hnojiva (kompostu). Přeměnu organické hmoty odpadů zabezpečují hlavně aerobní mikroorganismy. Doba zrání trvá min. 60 dní, optimálně 90 dní. (Váňa, 2002)

Procesem kompostování vracíme energii zpět do půdy, aby mohla být znovu použita pro růst rostlin, a vytvořeny optimální podmínky pro produkci kyslíku. Zvyšování obsahu organické hmoty znamená i větší schopnost vázat v půdě emise uhlíku. (Šrefl, 2002)

Kompostování je z celospolečenského hlediska nejpřirozenější a ekologicky nejvhodnější forma přeměny a zhodnocení organického odpadového materiálu a z hlediska biodegradabilních plastů je to pro ně nejvhodnější proces na jejich odstranění. (Kára et al., 2002)

❖ *Základní způsoby výroby kompostů*

- *kompostování na volné ploše* (kompostování v pásových hromadách nebo kompostování v plošných hromadách),
- *intenzivní kompostování* (kompostování v biofermentorech, v boxech nebo kompostování ve žlabech (v kretech)),
- *kompostování ve vacích*,
- *vermikompostování* (za pomoci žížal). (Plíva a Marešová, 2009)

Hlavní podmínky pro optimalizaci průběhu celého procesu: volba správného surovinového složení zakládky kompostu, sledování procesních podmínek atd. (Plíva a Marešová, 2009)

❖ *Fáze při tvorbě kompostu*

1. *Fáze rozkladu*

Trvá asi 3 - 4 týdny, dochází zde k intenzivnímu rozvoji bakterií a plísní za současné degradace lehce rozložitelných látek (cukry, škroby, bílkoviny), které jsou vázány v organické hmotě, se uvolňují a zčásti přecházejí do původní minerální formy. Teplota zakládky v této fázi procesu stoupá na 50 – 70 °C.

2. *Fáze přeměny*

Trvá od 4. až do 10. týdne, kdy se nadále rozvíjejí bakterie. V této fázi jsou odbourávány obtížněji rozložitelné organické látky (celulóza a lignin) a současně jsou mineralizované živiny zapracovány do komplexu humusových látek. Dochází k poklesu teplot. Kompost získává stejnoměrně hnědou barvu, drobtovitou strukturu.

3. *Fáze dozrávání*

Dochází vlivem mikroflóry ke stabilizaci organických látek – teplota kompostu se postupně stabilizuje, hmota je homogenní, bez zápachu. (Vendolský et al., 2008 + Kára et al., 2002)

❖ *Sledování podmínek při procesu kompostování*

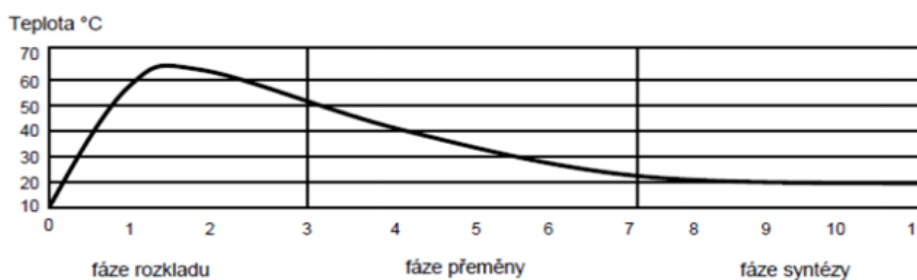
Zabezpečení optimálních podmínek je základní podmínkou pro správný průběh kompostovacího procesu a dosažení požadované kvality výsledného produktu. Proto je nutné monitorování aktuálních hodnot fyzikálních, mikrobiologických a chemických vlastností zpracovávaných surovin, a na základě znalostí včas provádět vhodné zásahy do kompostovacího procesu a udržovat ho v optimálních podmínkách. (Plíva et Marešová, 2009)

Např. optimální teplotní průběh kompostovacího procesu můžeme vidět na obrázku číslo 7. Mezi nejčastěji zjišťované hodnoty patří:

- měření teploty a vlhkosti kompostu, stanovení stability a zralosti kompostu,
- chemické, mikrobiální a fyzikální hodnocení kompostu. (Plíva et Marešová, 2009)

❖ *Optimální teplotní průběh kompostovacího procesu*

Teplota kompostu se měří ve středu výšky zakládky v min. hloubce 1 m od povrchu zakládky v intervalech umožňujících sledovat průběh zrání. (Váňa, 2002)



Obrázek 7 Optimální teplotní průběh kompostovacího procesu (Upraveno: Karhánková, I., Zdroj: Hejátková, 2007)

❖ Schéma výroby kompostu v průmyslové kompostárně

Na schématu číslo 1 je ukázka provozní linky na průmyslové kompostárně, je zde ukázán postup procesu a využití mechanických prostředků.

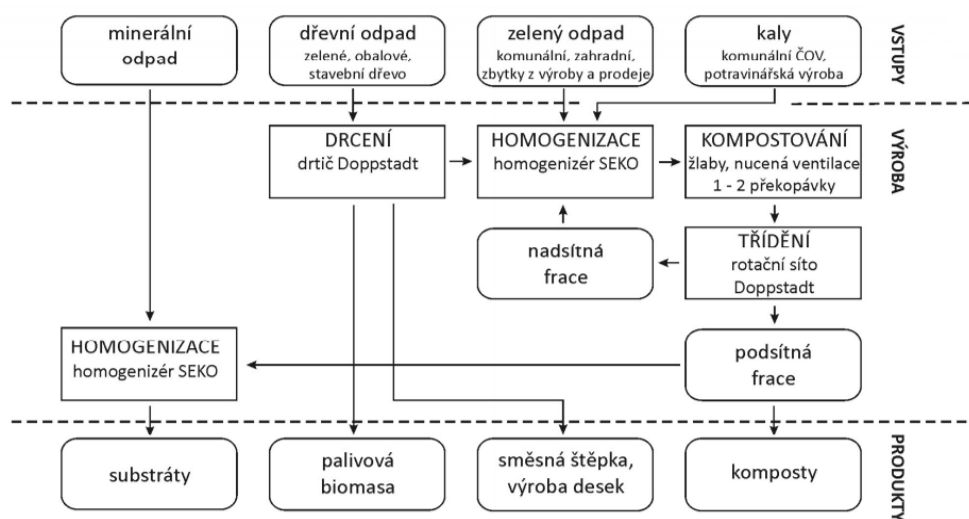


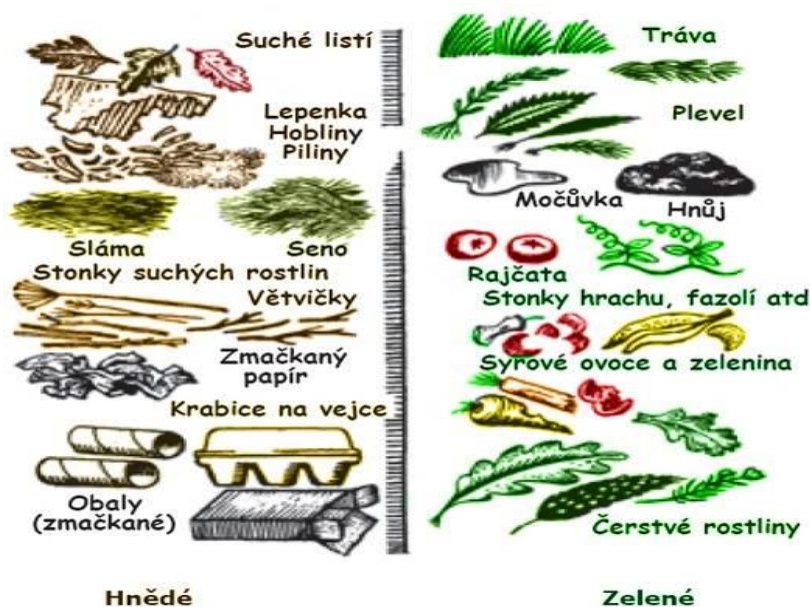
Schéma 1 Technologické schéma výroby kompostu (Upraveno: Karhánková, I., zdroj: Chudárek, 2012)

❖ Míchání kompostu

Průběh kompostování závisí na správném namíchání surovin, které chceme kompostovat, a ve správném poměru.

V principu existují dva typy: (Scott, 2006)

- Zelené: vlhké, měkké suroviny (bohaté na dusík), obr. č. 8
- Hnědé: suché, tvrdší, savé suroviny (bohaté na uhlík) obr. č. 8



Obrázek 8 Hnědé a zelené vstupy do kompostování (Zdroj: Scott, 2006)

❖ *Odhad ztrát v průběhu kompostovacího procesu*

U kompostů z biologicky rozložitelného odpadu (BRO) dosahují hmotností ztráty v průběhu zrání zakládky 30-50% celkové hmotnosti zakládky. Nižší hodnoty můžeme očekávat u zakládek s vyšším podílem zeminy, bahna, kalů atd., vyšší hodnoty můžeme očekávat u zakládek s převahou travní hmoty, listí, odpadů ze zeleniny, atd. Z tohoto množství je to zhruba ztráta 75% vody a 25% organických látek. (Zemánek et al., 2010)

❖ *Faktory ovlivňující výslednou kvalitu kompostu*

Mezi hlavní faktory ovlivňující výslednou kvalitu kompostu patří hlavně poměr C:N, vlhkost kompostovaného materiálu, teplota v průběhu zrání, pH, přístup vzduchu, zrnitost a homogenita materiálu. (Banout, 2002) Více v tabulce č. 1.

Tabulka 1 Optimální hodnoty operačních parametrů pro kompostování (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: Banout, 2002)

Parametry	Přípustné hodnoty	Optimální hodnoty
<i>Poměr C:N</i>	20:1 - 40:1	30:1 - 35:1
<i>Vlhkost v %</i>	40 - 65 %	50 - 60 %
<i>pH</i>	5,5 - 9	6,5 - 8,5

3.5.1 Typy kompostování

- a) *výrobce domácích kompostů* (fyzické osoby, které neuvádějí svůj výrobek na trh),
- b) *komunitní a faremní výrobce kompostů* (mohou, ale nemusí uvádět produkt na trh),
- c) *výrobce průmyslových kompostů* (podnikatelské subjekty, které uvádějí produkt na trh za účelem dosažení zisku). (Pastorek, 2004)

a) *Domácí kompostování*

Probíhá na zahrádkách např. v zahradních kompostérech. K jeho dostatečnému rozšíření je třeba provést cílenou propagační kampaň a podpořit ji i různými druhy motivačních prvků. Pokud se takový program doplní o ekonomickou motivaci (např. snížení poplatků za odvoz a likvidaci odpadu pro domácnosti, které kompostují) lze dosáhnout výrazného snížení produkce smíšeného komunálního odpadu. (Moňok, 2003)

b) *Komunitní kompostování*

Může být provozováno např. pro skupinu domů, zahrádkáři, menší obcí apod. U tohoto systému se určí vyškolená odpovědná osoba, která se o kompost stará. (Moňok, 2003)

Zavádění se obvykle děje z důvodů snížení zátěže životního prostředí. Poté však obvykle následuje rozvoj kompostování z důvodů ekonomických. (Slejška, 2001)

c) Komunální (průmyslové) kompostování

Proces je většinou plně mechanizovaný a probíhá na hromadách nebo v bioreaktorech. Při tomto typu kompostování je třeba zajistit oddělený sběr biologického odpadu u zdroje a jeho pravidelný odvoz na kompostárnu. Je nutná mechanizace na drcení, překopávání a prosévání kompostu. Kapacita může být dle potřeby od tisíce až do několika desítek tisíc tun zpracovaného bioodpadu za rok. (Moňok, 2003)

Na průmyslové kompostárny jsou kladeny požadavky na registraci kompostu, kvůli jeho prodeji dle zákona o hnojivech č. 156/1998 Sb. Pro registrované komposty doba zrání po ukončení homogenizace (homogenizační překopávka) trvá min. 60 dní, optimálně 90 dní. Během doby zrání je nutno kompost min. jednou překopat. Interval mezi první a druhou překopávkou musí být větší než 21 dnů s výjimkou ověřených technologií, kde může být doba kratší. Výška zakládek musí být od 2 - 4 m. U kompostů vyráběných např. z kalů musí kompost v procesu zrání dosáhnout min. teploty 55 °C po dobu 21 dnů a u ostatních kompostů teploty 45 °C po dobu 5 dnů. Průmyslový kompost je možné expedovat nejdříve 14 dní po skončení druhé překopávky, jestliže je jeho teplota nižší než 45 °C. (Váňa, 2002)

Stavební náklady na kompostárnu o kapacitě 20 tis. t/rok BRO představují cca 15 mil. Kč. Strojní investiční náklady (nakladač, drtič, homogenizér, rotační síto) činí min. 8 mil. Kč. Celkové investiční náklady se tak pohybují na úrovni min. 23 mil. Kč na kompostárnu s kapacitou 20 tis. t. (Tarant et Malá, 2003)

3.5.2 Výstup z procesu kompostování

Výsledným produktem procesu kompostování je kompost, který je dále využitelný pro hnojení. Jeho tržní cena je obvykle odvozována od ceny živin v minerálních hnojivech. Využívání kompostu je důležité z hlediska kladného vlivu na fyzikální a chemické vlastnosti půdy. (Šrefl, 2012)

Kompost ve smyslu zákona o hnojivech č. 308/2000 Sb. je považován za hnojivo se všemi právními důsledky, a to i tehdy, když jeho majoritní složkou je statkové hnojivo. Výroba kompostu se zákonem o hnojivech řídí v případě, kdy je kompost vyráběn a uváděn na trh. (Pastorek, 2004)

Výroba kompostu je regulována normou ČSN 465735 Průmyslové komposty. Podle normy musí být průmyslový kompost hnědá, šedočerná až černá homogenní hmota, drobtovitá až hrudkovité struktury bez nerozpojitelných částic. Nesmí vykazovat pachy svědčící o přítomnosti nežádoucích látek. (Váňa, 2002)

3.5.3 Využití výstupu z procesu kompostování

Dle Šrefla (2012) kompost zlepšuje zpracovatelnost půdy, zvyšuje sorpční schopnosti lehčích půd, nakypřuje utužené a těžké půdy, může redukovat choroby rostlin i působení škůdců, snižuje kyselost půd a stabilizuje hodnotu pH, zvyšuje vodní jímavost a vodní kapacitu, snižuje vodní erozi na svazích, snižuje spotřebu vody, zabraňuje vysychání půd, dlouhodobě zabezpečuje rostliny důležitými živinami, zvyšuje vzcházivost osiv i sadby, regeneruje narušené půdy a podporuje život v půdě. Zlepšená vodní jímavost půdy zlepšuje zpracovatelnost půdy a snižuje spotřebu energie při jejím obdělávání.

Z environmentálního pohledu je působení kompostu ve vztahu k půdě kladné a ve srovnání s jinými technologiemi zpracování biomasy má kompostování podstatně lepší efekty než např. technologie výroby bioplynu. Kvalitní půda s dostatkem organické hmoty je schopna poskytovat ekosystémové služby. (Šrefl, 2012)

Více informací doplňuje tabulka číslo 2, kde se srovnává výhody a nevýhody kompostu a minerálních hnojiv.

Tabulka 2 Výhody a nevýhody při využívání kompostu v porovnání s minerálními hnojivy (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: Tarant et Malá, 2003)

Materiál	Výhody	Nevýhody
Kompost	Zlepšuje strukturu půdy	Menší zdroj živin
	Omezuje erozi	Rovnoměrná aplikace může být náročná
	Dodává širokou řadu živin	Vysoký poměr C:N může obírat půdu o N
	Zvyšuje aktivitu (a přítomnost) mikroorganismů v půdě	
Minerální hnojiva	Výhodná aplikace	Snadno rozpustná
	Nižší náklady na transport a manipulaci	Nadměrné používání může vést k porušení struktury půdy
	Rychlá odezva v úrodnosti	Dodává pouze hlavní živiny

V tabulce číslo 3 je ukázáno využití kompostu v různých odvětvích.

Tabulka 3 Odhad uplatnění kompostů ve vybraných segmentech trhu v EU (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: Šrefl, 2002)

Odhadovaná oblast využití kompostu	Podíl z celkové produkce
<i>Výroba rostlinná</i>	54%
<i>Krajinotvorba</i>	10%
<i>Rekultivace</i>	15%
<i>Aplikace speciální</i>	2%
<i>Výroba profesionálních substrátů</i>	14%
<i>Zahradnictví - hobby</i>	5%
Celkem	100%

3.6 Dopady využívání biodegradabilních plastových obalů na proces kompostování

Dopady využívání biodegradabilních plastových obalů na proces kompostování mají vliv na jejich využití v tomto procesu. Kompostárna odpad obsahující bioplasty nemusí odebírat kvůli těmto dopadům. Proto je tyto dopady nutno definovat, najít jejich vhodné řešení a tím je eliminovat.

3.6.1 Vliv délky procesu na biodegradabilní obalové plasty

Dle normy ČSN 13432 Obaly - Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci je nutnost rozložení kompostovatelných plastů do 12 týdnů (84 dní) z více než 90%, tím může vyvstat problém pro kompostárny pro registrované komposty.

Proces kompostování trvá min. 60 dní, optimálně 90 dní, ale bioplasty se musí rozložit do 84 dní, takže proces musí trvat min. 84 dní, a nemůžeme ho zkrátit. Dřívější rozklad norma negarantuje, takže by se mohlo stát, že pokud by kompostárna ukončila proces dříve, nemusely by se všechny bioplasty rozložit včas a tím by vyvstaly dodatečné náklady na jejich vrácení zpět do procesu nebo na jejich odstranění. (Váňa, 2002)

Řešením tohoto dopadu je neukončovat v průmyslových kompostárnách proces kompostování dříve a využívat optimální délku 90 dní, tím by se mělo zaručit správnému rozložení bioplastů označených jako kompostovatelné.

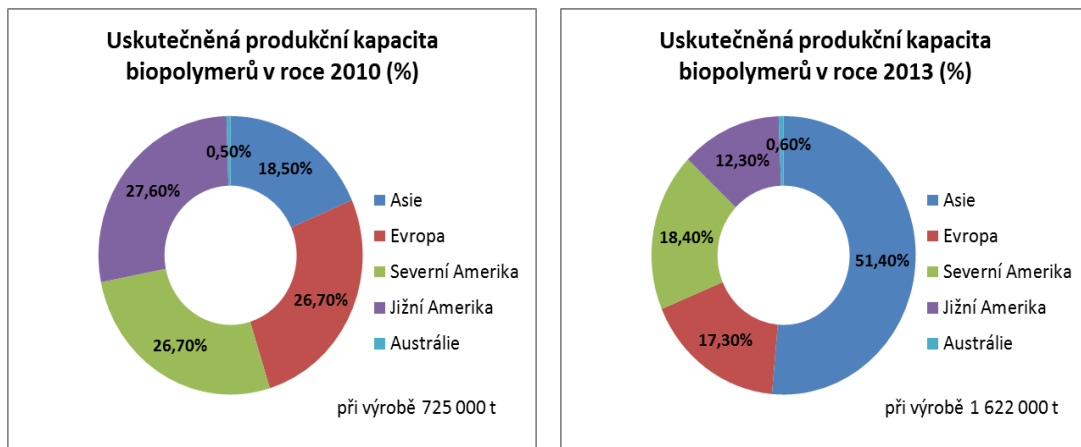
3.6.2 Vstupy obsahující biodegradabilní obalové plasty

Dalším dopadem, který může ovlivnit proces kompostování, je využití nesprávně označeného bioplastového obalového odpadu, který může zvýšit náklady na proces nebo kontaminovat výsledný kompost aditivou, které by mohly být obsaženy v biodegradovatelných plastech (část z biomasy a část z petrochemických surovin), umožňující jejich lepší rozložitelnost. Pokud by došlo ke kontaminaci, pak by byl výsledný produkt nevyužitelný a musel by být předepsaným způsobem odstraněn. Řešením tohoto problému by mohla být změna legislativy z hlediska označování bioplastů a uvádění složení na obalu pro lepší informovanost pro spotřebitele a pro kompostárny. Ukázka zvýšení nákladů v kapitole Výsledky – Analýza nákladů na proces kompostování.

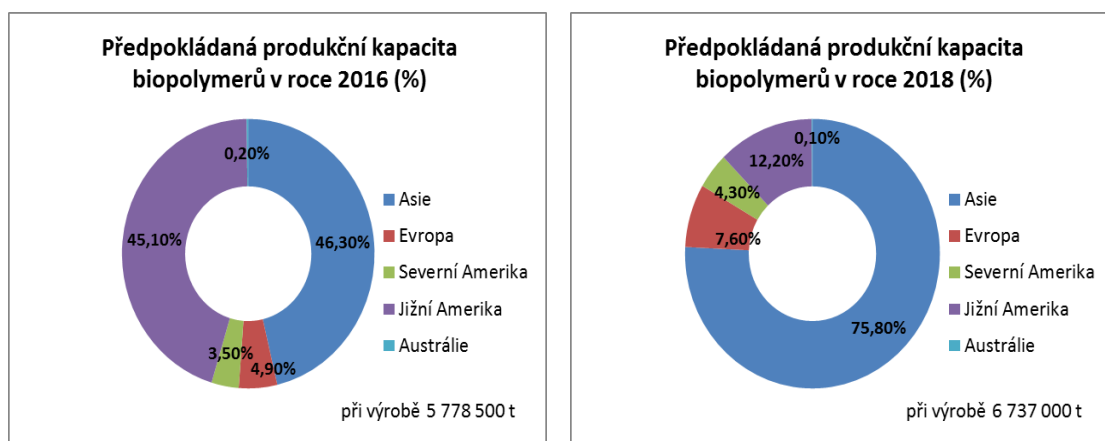
3.7 Společensko-ekonomické přínosy biodegradabilních plastů a jejich zastoupení na trhu

Biodegradabilní plasty podporují udržitelnost prostředí pro budoucí generace, mohou přispívat k šetrnému hospodaření s neobnovitelnými zdroji a snižování podílu klasických plastových odpadů na skládkách a ve spalovnách. V současné době jde o rozvíjející se odvětví s potenciálem tvorby pracovních míst.

V ČR ještě nejsou tyto plasty příliš dostupné a svojí vysokou prodejní cenou mnoho spotřebitelů odrazují. Z hlediska globální produkce bioplastů je to s produkční kapacitou lepší, zejména v Asii, kde je produkční kapacita přes 50% z celkové produkční kapacity, za ní následuje Amerika, a pak až Evropa. Více informací na obrázcích číslo 9 a 10.



Obrázek 9 Současná produkce biopolymerů dle umístění produkční kapacity v letech 2010 a 2013 (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: a - Global production capacity by region 2010, www.en.european-bioplastics.org, 2010, b - Europe and beyond, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

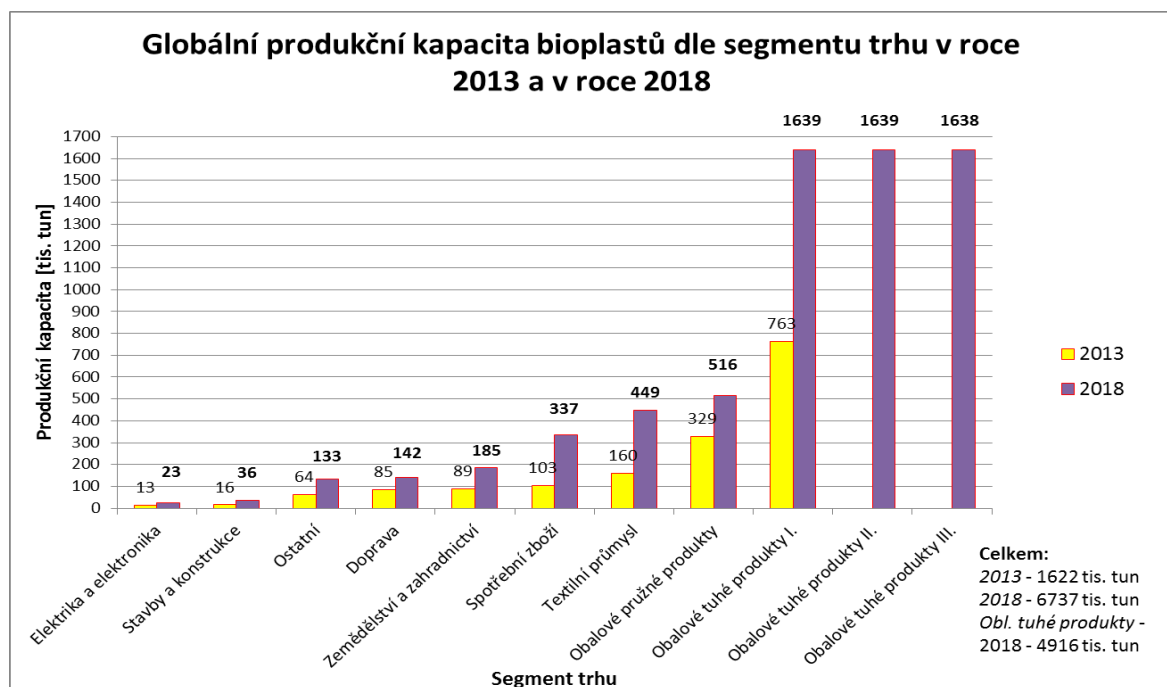


Obrázek 10 Předpokládaná produkce biopolymerů dle umístění produkční kapacity v letech 2016 a 2018 (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: Labelling logos charts, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

S ohledem na regionální kapacity se hlavním produkčním centrem stává Asie. V současné době většina plánovaných projektů je realizována v Thajsku, Indii a Číně. Odhaduje se, že do roku 2018 bude v Asii produkováno až 75% bioplastů. (Europe and beyond, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

Ve srovnání: v Evropě v čele výzkumu a vývoje zůstane jen zhruba 8% výrobních kapacit. Kromě toho ostatní regiony světa, jako jsou USA a Asie investují do opatření na uvádění produktů z bioplastů na trh, což má za následek rychlejší vývoj trhu než v Evropě. (Europe and beyond, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

Na obrázku číslo 11 lze vidět detailní rozdělení bioplastů dle segmentu trhu. Největší zastoupení biodegradabilních plastů je v obalovém průmyslu, ostatní segmenty za obaly zaostávají, např. textilní průmysl a spotřební zboží.

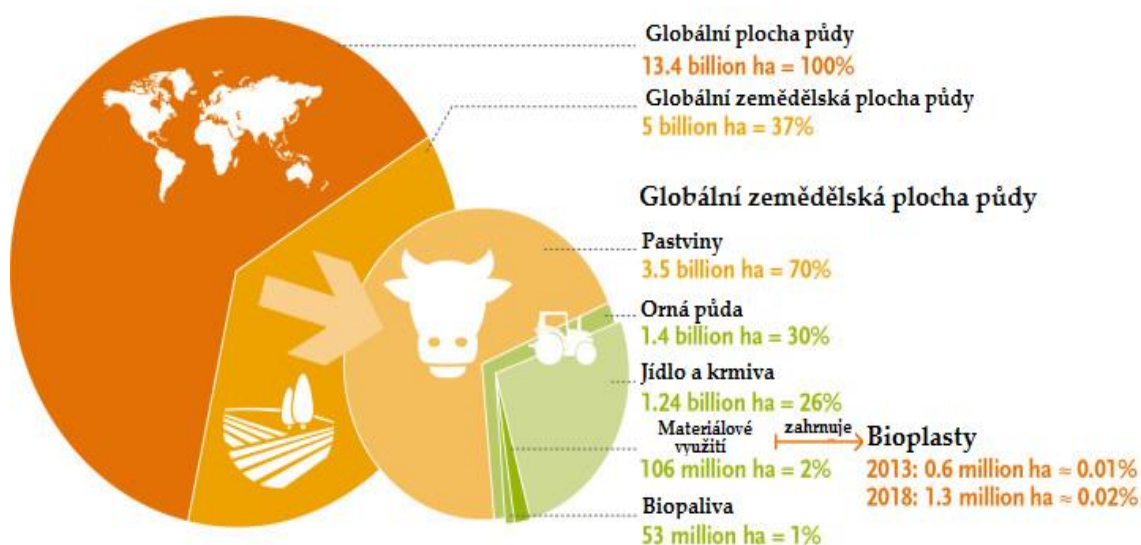


Obrázek 11 Globální produkční kapacita bioplastů dle segmentu trhu v letech 2013 a 2018 (Vytvořeno: Karháňková, I., Zdroj: Labelling logos charts, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

Na spotřebě fosilních zdrojů (ropy) se biodegradabilní polymery podílejí pouze 4 %. Biodegradabilní plasty proto nemají na vyčerpávání ropy zásadní vliv, na druhé straně však při současných technologiích nemohou nahradit ostatní plasty- (Dočkal, 2013)

V roce 2013 byly globální kapacity pro výrobu bioplastů zhruba 1 622 tis. tun. To se promítá do zhruba 600 tis. ha půdy. Plocha požadovaná pro zajištění surovin pro výrobu bioplastů je odhadována na 0,01% celosvětové zemědělské plochy. Za předpokladu, že i nadále poroste výroba bioplastů, lze očekávat, že v roce 2018 při výrobní kapacitě 6737 tis. tun bioplastů vzroste potřeba půdy zhruba na 1 300 tis. ha, což odpovídá asi přibližně 0,02% celosvětové zemědělské plochy. (Land use - www.en.european-bioplastics.org, 2015) Více na obrázku číslo 12.

Půda využívaná pro produkci surovin na výrobu bioplastů 2013 a 2018



Obrázek 12 Půda využívaná pro produkci surovin na výrobu bioplastů v letech 2013 a 2018
(Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: Land use - www.en.european-bioplastics.org, 2015)

Z hlediska nároků na využití zemědělské půdy biodegradabilních plasty konkurují jiným, zejména potravinářským způsobům využití. Do budoucna je proto vhodné rozvíjet technologie, které umožní vyrábět bioplasty za pomoci využití zbytků potravin, zbytků z potravinářského a jiného průmyslu a tím snížit přímý tlak na využití zemědělské půdy. (Land use - www.en.european-bioplastics.org, 2015)

4 MATERIÁL A METODIKA

Postup řešení diplomové práce byl stanoven tak, aby byly získány objektivní a komplexní informace o možnostech využití biodegradabilních plastů a jejich společensko-ekonomických přínosech. Předmětem analýzy v této práci byl problém nedokonalého rozložení biodegradabilních obalových plastů v procesu kompostování (související s nesprávným označováním) a jeho vliv na efektivnost procesu kompostování. Metodický postup byl vymezen v návaznosti na stanovené dílčí cíle.

Práce je členěna do dvou částí:

a) Teoretická část

Literární rešerše zaměřená na přehled poznatků o charakteristikách biodegradabilních plastů, jejich významu a využití jako obalových materiálů, popis normativního prostředí souvisejícího s biodegradabilními plasty a s jejich následným nakládáním, základních charakteristik procesu kompostování a možného vlivu využívání biodegradabilních obalových plastů na tento proces.

Tyto informace byly zpracovávány prostřednictvím studia odborné literatury, metodami analýzy a syntézy a komparace dostupných poznatků a informací.

Vzhledem k tomu, že problematika biodegradabilních plastů je v ČR nové téma, bylo nutné využívat kromě standardních zdrojů odborné literatury také aktuálních internetových zdrojů. V práci jsou využity informace z české i zahraniční odborné literatury uvedené v seznamu literatury a internetové zdroje – především z ověřených webových stránek Evropské asociace pro bioplasty (en.european-bioplastics.org), databáze Science Direct (sciencedirect.com) atd.

b) Praktická část

Tato část práce je zaměřena na analýzu problému nedokonalého rozložení biodegradabilních obalových plastů (související s nesprávným označováním) a jeho vliv na efektivnost procesu kompostování. Pro řešení byla využita primární i sekundární data. Primární informace byly získávány metodou pokusu, pozorováním a expertním odhadem. Sekundární informace byly získány z dostupných zdrojů podobné tematiky. Postup řešení byl rozdělen do dvou fází:

- 1. fáze:** Ověření rozložitelnosti označených biodegradabilních obalových plastů (tašek) v procesu kompostování metodou pokusu
- 2. fáze:** Hodnocení vlivu nerozložených bioplastů na ekonomickou efektivnost procesu kompostování metodou ekonomické analýzy

4.1 Ověření rozložitelnosti biodegradabilních obalových plastů

Pro pokus byly vybrány vzorky z biodegradovatelných plastů s různým značením, protože je diskutována jejich rozložitelnost v procesu kompostování. Díky jejich nejednotnému označování končí většinou ve spalovnách nebo na skládkách, kde nevyužijí svůj potenciál – biologickou rozložitelnost. Tento pokus má prokázat jejich rozložitelnost v kompostovacím procesu. A výsledky potom využít pro ekonomickou analýzu nákladů na jejich odstraňování v procesu kompostování.

Výzkum je založen na metodice ověření rozložitelnosti v podmínkách průmyslové kompostárny. Využito bylo čtyř vzorků (obrázky č. 13, 14, 15 a 16) – dva z nich jsou certifikací udávány jako kompostovatelné a dva mají pouze označení jako rozložitelné.

Hlavním cílem pokusu je ověření rozložitelnosti biodegradabilních plastů v procesu kompostování. Dílčím cílem pokusu je také zjištění, jak se bude chovat biologicky rozložitelný odpad (BRO) např. z domácností, který je vložen do vzorků bioplastových tašek, v podmínkách průmyslové kompostárny.



Obrázek 13 Vzorek č. 1 – certifikací udávány jako 100% kompostovatelný (Zdroj: Karhánková, I.)



Obrázek 14 Vzorek č. 2 – označení 100% rozložitelný materiál (Zdroj: Karhánková, I.)



Obrázek 15 Vzorek č. 3 – certifikací udávány jako 100% kompostovatelný (Zdroj: Karhánková, I.)



Obrázek 16 Vzorek č. 4 – označení 100% rozložitelný materiál (Zdroj: Karhánková, I.)

4.1.1 Popis pokusu

Pokus probíhal na průmyslové kompostárně za využití biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) a tašek. Do vzorků bylo vloženo 2 kg BRKO a po ukončení procesu kompostování se sledovala rozložitelnost biodegradabilních plastů a BRKO. BRKO byl složen z ovoce, zeleniny a pečiva.

Naplněné vzorky byly vloženy do kompostovací zakládky v krechtu (obrázek č. 17 a 18), kde zůstaly po celý proces kompostování. Místo uložení bylo označeno a po ukončení procesu byly vzorky vyhodnoceny. Informace o pokusu a výsledcích se nacházejí v kapitole Výsledky. Pro tento pokus se kompostovací zakládka nepřekopávala. Struktura metodiky pokusu viz schéma číslo 2.

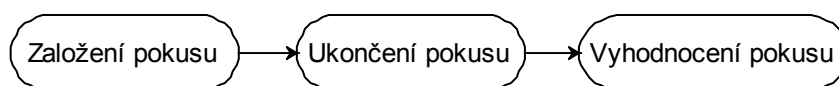
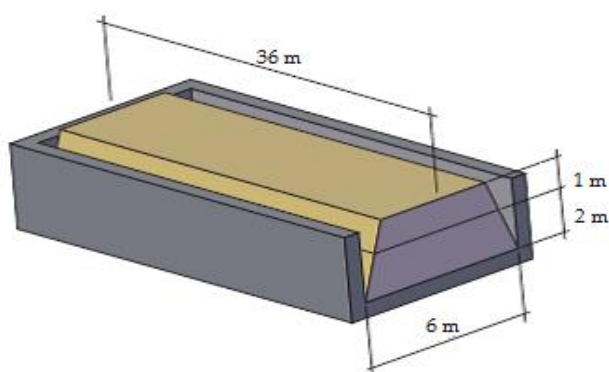


Schéma 2 Struktura metodiky pokusu (Vytvořeno: Karhánková, I.)



Obrázek 17 Kompostovací krecht na průmyslové kompostárně (Upraveno: Karhánková, I., Zdroj: Vaverková et al., 2014)



Obrázek 18 Kompostovací krecht, ve kterém probíhal pokus (Zdroj: Karhánková, I.)

❖ *Založení pokusu*

Pokus byl založen na průmyslové kompostárně. Při pokusu se postupovalo dle metodiky ověření rozložitelnosti tašek naplněných 2 kg BRKO. V průběhu pokusu byla pořizována podrobná fotodokumentace, viz obrázky číslo 19 a 20.



Obrázek 19 Založení pokusu (Zdroj: Karhánková, I.)



Obrázek 20 Naplněné tašky 2 kg BRO a váha, kterou se vážilo (Zdroj: Karhánková, I.)

❖ *Ukončení pokusu*

Po uplynutí určeného období byl pokus ukončen. Vzorky, které byly nalezeny, se vyberou z kompostovací zakládky a byla provedena jejich fotodokumentace a zvažení. A poté následovalo vyhodnocení pokusu.

❖ *Vyhodnocení pokusu*

Vyhodnocení pokusu spočívalo ve stanovení míry rozložení vzorků a jejich váhových úbytků a také určení změn BRO vložených do zkoumaných vzorků. Kritéria pro zhodnocení rozložitelnosti v tabulce číslo 4.

Tabulka 4 Kritéria rozložitelnosti dle normy ČSN EN 13432 *Obaly* - Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci (Vytvořeno: Karhánková, I.)

Název položky	Biologicky rozložitelné	Biologicky nerozložitelné
<i>Procento rozložení [%]</i>	100% - 90%	80% - 0%

4.2 Postup hodnocení vlivu nerozložených částí na ekonomickou efektivnost procesu kompostování metodou ekonomické analýzy

Postup ekonomické analýzy v návaznosti na výsledky pokusu byl zaměřen na hodnocení nákladových souvislostí vlivu nerozložených plastů na proces kompostování. Nákladové souvislosti byly vyhodnocovány s využitím kalkulace přímých nákladů modelového procesu kompostování ve dvou scénářích:

- Standardní proces kompostování A bez přítomnosti nerozložených bioplastů
- Standardní proces kompostování B s přítomností nerozložených zbytků bioplastů

Výnosové souvislosti a celkový vliv na ekonomickou efektivnost kompostování jsou hodnoceny kvalitativně na základě sekundárních dat (primární data nebyla kompostárnou poskytnuta).

Náklady jsou kalkulovány na jeden kompostovací cyklus, tj. 90 dní a zahrnuje metody na vyčíslení přímých provozních nákladů na standardizovaný (dle normy pro průmyslové komposty ČSN 465735 a dle zákona o hnojivech č. 156/1998 Sb.) proces kompostování ve scénáři A a B. Kalkulační jednicí je 1 tuna kompostu.

V důsledku omezené dostupnosti dat je ekonomická analýza zpracována kombinací primárních a sekundárních dat. Zdrojem sekundárních informací byly normativy a odborná literatura, expertní odhady pracovníků kompostárny a data srovnatelných firem, zabývajících se technikou pro kompostování a procesem kompostování. V důsledku nedostatku primárních dat z kompostárny je kalkulace utvořena na modelový příklad procesu kompostování. Odkaz na podrobnější výpočty a schéma výroby kompostu je v části PŘÍLOHY č. 2 a 3.

Potenciální vliv nerozložených plastů na ekonomickou efektivnost procesu kompostování je vyjádřen prostřednictvím rozdílu kalkulovaných přímých nákladů pro modelový proces A a modelový proces B.

Analýza kalkulace nákladů zahrnuje operace využívané při kompostování, na podrobnější informace odkazuje část Přílohy č. 2 a 3 a kapitoly 3.5 Charakteristika procesu kompostování a 3.6 Dopady využívání biodegradabilních plastových obalů.

Náklady na procesy modelové procesy A i B byly kalkulovány ve struktuře podle Káry et al. (2002) a Zemánka (2010):

1. *náklady na svoz surovin, na obsluhu kompostárny,*
2. *náklady na manipulaci se vstupním materiálem a výstupním materiálem,*
3. *náklady na provoz strojů na úpravu materiálů, založení kompostu, úpravu profilu, překopávání, třídění atd. (Kára et al., 2002)*

1) Náklady na svoz surovin

Dle Zemánka (2010) náklady na dopravu surovin jsou sledovanou položkou a jejich vyčíslení vychází z přepravních vzdáleností a sazeb za 1 km jízdy. Při jejich stanovení byly využity dopravní vzdálenosti přepravované suroviny, znalosti ložného objemu svozového prostředku a objemové hmotnosti příslušného materiálu. Přepravní náklady v Kč/m³ jsou dány přepravovaným množstvím materiálu při jedné jízdě, vzdáleností, cenou jednoho km přepravy a nakládka/vykládka surovin.

2) Náklady na provoz strojů

Dle Zemánka (2010) náklady na provoz strojů zahrnují veškeré položky spojené s navážením materiálů, nakládáním, homogenizací, překopáváním, drcením a separací. Pořizovací náklady strojů se zde promítají do stálých nákladů, skrze odpisy. Náklady na mechanizační prostředky zahrnují náklady na opravy a náklady na pohonné hmoty a energii, včetně mzdových nákladů pracovníků. Vyčíslení těchto nákladových položek vychází ze spotřeby času a z hodinových nákladů na příslušný stroj.

3) Náklady na mzdy pracovníků

Dle Zemánka (2010) náklady na mzdy jsou stanoveny podle spotřeby času na jednotlivé pracovní operace dle zjištěných dostupných dat.

❖ *Využití zdroje dat v kalkulaci nákladů*

Vstupy do procesu jsou brány z okolí kompostárny. Většina pochází z údržby městské zeleně, BRKO z přilehlé městské části a obchodů v okolí, kaly z nejbližší dostupného zdroje, hodnoty brány dle umístění z mapy.cz. Pro tyto procesy A i B je uvažováno se ztrátou 40% výstupů po procesu kompostování, standardní rozsah je 30-50%. Dle zkušeností pracovníka kompostárny je při třídění výstupů dělení frakcí zhruba v poměru 40:60 (nadsítná: podsítná), ale může se lišit dle zastoupení vstupů, ale v práci se počítá dle zkušeností pracovníka kompostárny. (Pracovní kompostárny, 2014)

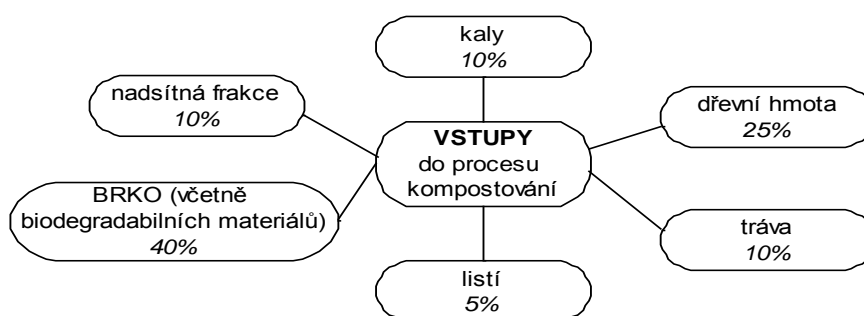


Schéma 3 Vstupy do procesu kompostování v kalkulaci nákladů (Vytvořeno: Karháňková, I., zdroj: pracovník kompostárny, 2014)

Jalovecký et al. (2012) říká, že ze zkušeností s tříděním v obcích se ukazuje, že podíl plastových nečistot v navezeném BRKO je max. 1%, tj. asi 1 tuna nerozložitelných plastů ze vstupů 120 t BRKO do procesu.

Nadsítná frakce se z předchozího procesu kompostování po třídění vrací na začátek procesu jako zdroj mikroflóry. (Slejška et Grygara, 2003) V kalkulaci je uvažována tato metoda a určité procento je do vstupů přidáno.

Pro proces kompostování je použito standardního vybavení kompostárny, v kalkulaci se využily stroje: Traktoru John Deere 6430, Čelní kolový nakladač JCB 541-70 Agri, Drtič DOPPSTADT AK 430 Profi, Bubnový třídič DOPPSTADT SM 518, Homogenizér SAM 5600/200. (Databáze kompostáren v ČR – Brno, 2013) V kalkulaci se s nimi uvažuje jako s nově pořízenými, a jsou rozpočítány náklady na jejich pořízení do nákladů na stroje.

Ze zkušeností s tříděním v obcích se ukazuje, že podíl plastových nečistot v navezeném BRKO je max. 1%, tj. asi 1 tuna nerozložitelných plastů ze vstupů 120 t BRKO do procesu. (Jalovecký et al., 2012) Důležité pro vyčíslení obsahu bioplastů v odpadu. Podrobný postup a výpočty analýzy nákladů v práci je uveden v kapitole Přílohy č. 3.

4.2.1 Standardní proces A

Standardní proces A zahrnuje kompostování s využitím základních vstupů nebo netypických vstupů v podobě biodegradovatelných plastů, přesněji 100% kompostovatelné plasty. Tyto plasty mají speciální certifikace, jež je odlišuje od materiálů označených jako pouze rozložitelné. Podrobný popis ve schématu číslo 4.

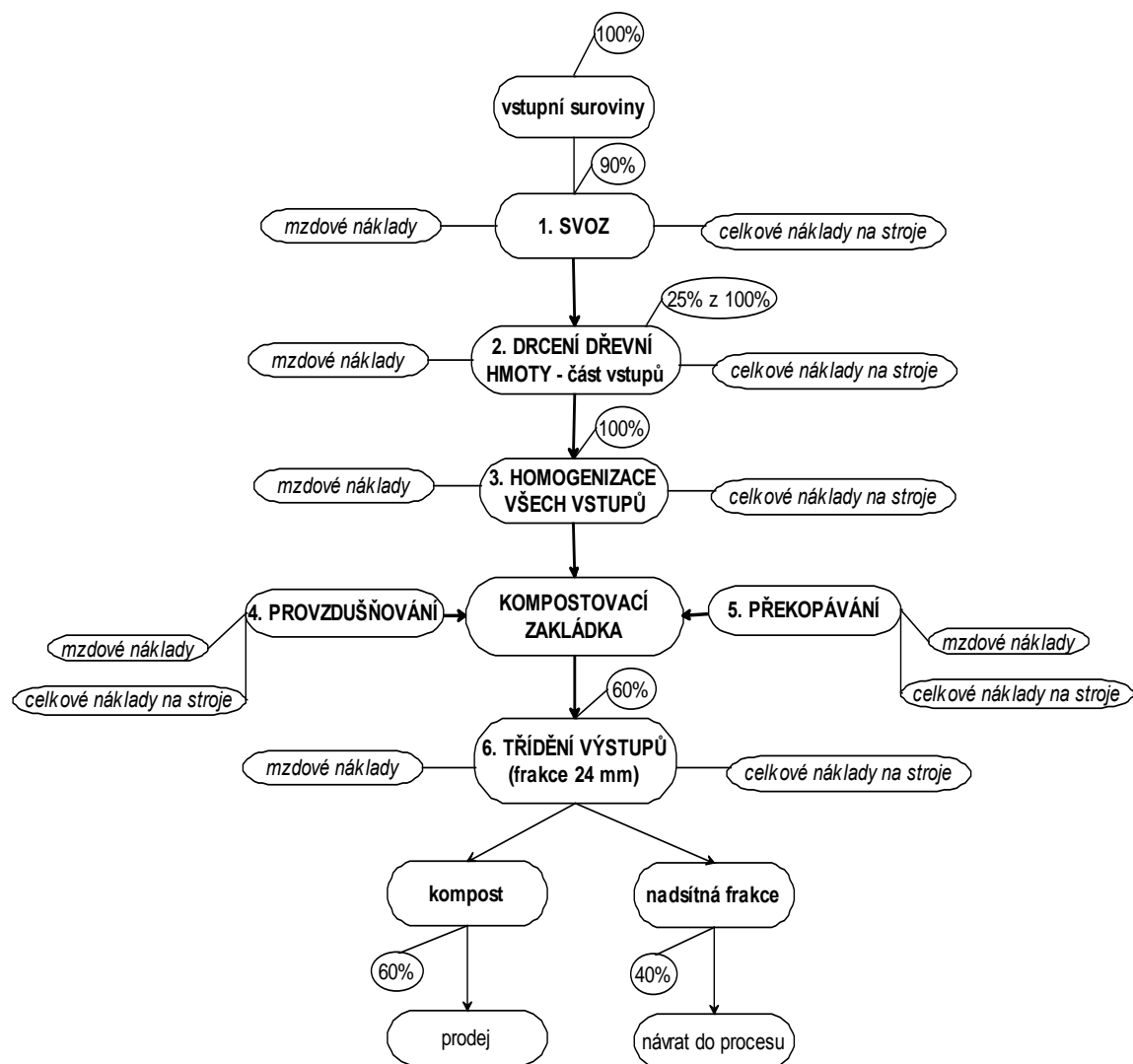


Schéma 4 Popis standardního procesu A pro účely kalkulace nákladů (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: pracovník kompostárny, 2014)

Tato analýza zahrnuje náklady na proces kompostování, kdy kompostárně nevzniknou dodatečné náklady na tento proces, je to standardní vyčíslení přímých nákladů na proces. Více informací v Příloze č. 3.

4.2.2 Standardní proces B

Standardní proces B zahrnuje kompostování s biodegradabilními plasty označenými jako 100% rozložitelné, které se ale nerozloží. Tyto plasty nemají řádnou certifikaci, jen pouhé označení o rozložitelnosti. Podrobný popis ve schématu číslo 5.

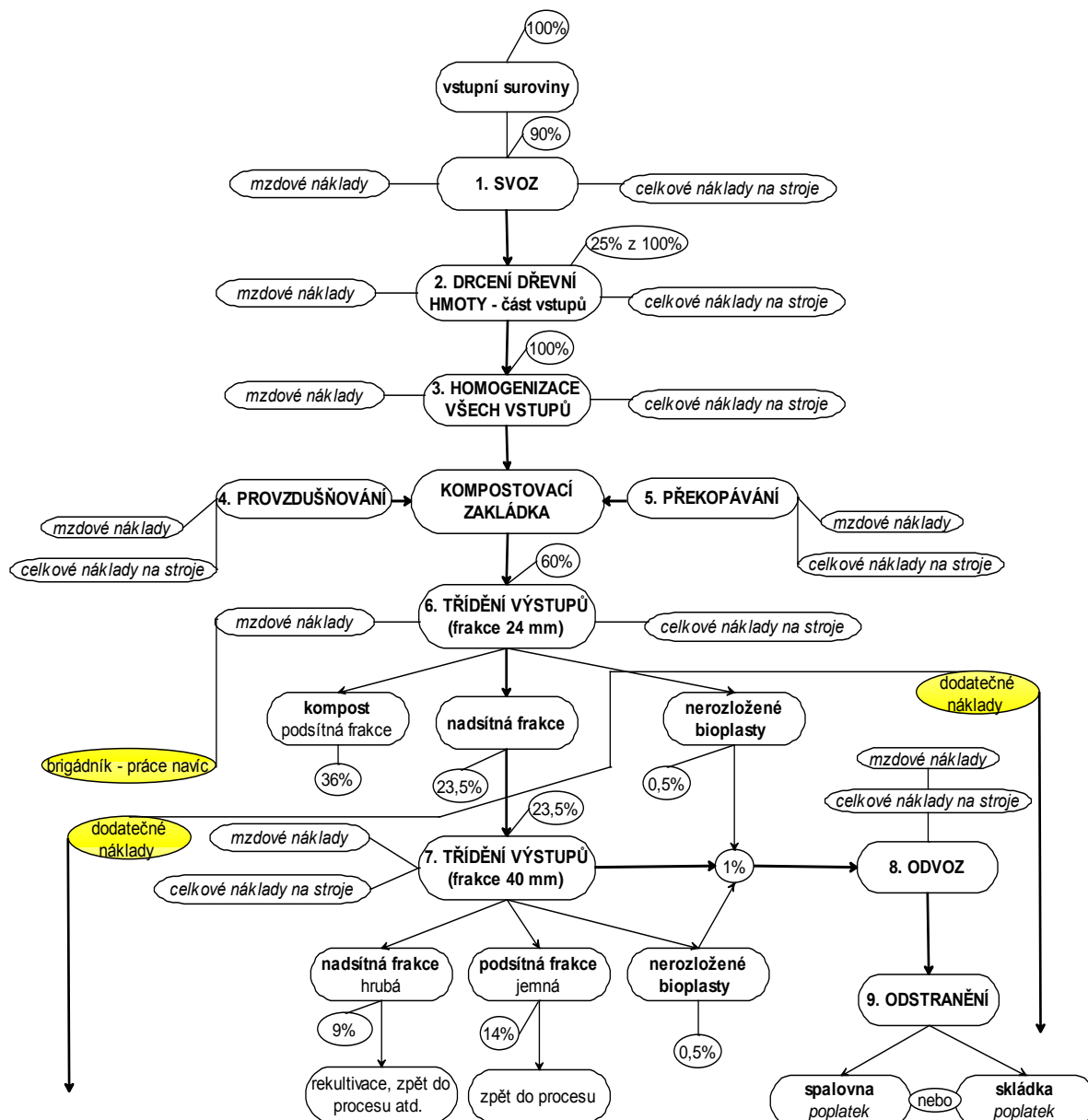


Schéma 5 Popis standardního procesu B pro účely kalkulace nákladů (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: pracovník kompostárny, 2014)

Tato analýza zahrnuje náklady, které musí kompostárna vynaložit navíc na odstranění nerozložitelných bioplastů, které nejsou řádně označené a pracovníci kompostárny dopředu nepoznají, jaké složení biodegradabilních plastů se nachází ve vstupech do procesu kompostování. Analýza je zpracována formou kalkulace nákladů, která se využívala už při výpočtu klasického procesu kompostování. Více informací v Příloze č. 3.

5 VÝSLEDKY

Praktická část přináší vyhodnocení výsledků z pokusné a analytické části práce, definované v předem stanovené metodice dle zadaných dílčích cílů.

5.1 Rozložitelnost označených biodegradabilních obalů (tašek) v procesu kompostování

Cílem pokusu bylo ověření rozkladu obalových plastů (tašek) dostupných na evropském trhu. Postupovalo se předem stanovenou metodikou. Časový harmonogram průběhu pokusu je uveden v tabulce č. 7.

Tabulka 5 Časový harmonogramu pokusu (Vytvořeno: Karhánková, I.)

Den	Datum	Činnost
0	18. 06. 2014	Založení pokusu
90	16. 09. 2014	Neúspěšné ukončení pokusu
103	29. 09. 2014	Ukončení pokusu

5.1.1 Vyhodnocení pokusu

Vyhodnocením pokusu bylo zjištění míry rozložení vzorků a váhových úbytků a také určení změn BRKO vložených do zkoumaných vzorků

Pokus byl ukončen 29. 09. 2014 po 103 dnech kompostování. Během pokusu se 100% kompostovatelné tašky dle certifikace (vzorek číslo 1 a 3) v reálných podmínkách průmyslové kompostárny rozložily (ze 100-90%) a veškerý obsažený BRKO byl také rozložen, tzn., že se nenašly žádné zbytky vzorků pro zvážení. Vzorky č. 2 a 4 (dle označení výrobcem 100% rozložitelné tašky) nevykazovaly změny oproti původnímu stavu (změna barevnosti, spečení, menší pevnost materiálu), zde se váha zmenšila na 0,5 kg, ale spíše při procesu došlo k protržení těchto tašek a došlo tím k vytečení obsahu do kompostu. Ukázka výsledku na obrázcích číslo 21 a 22.



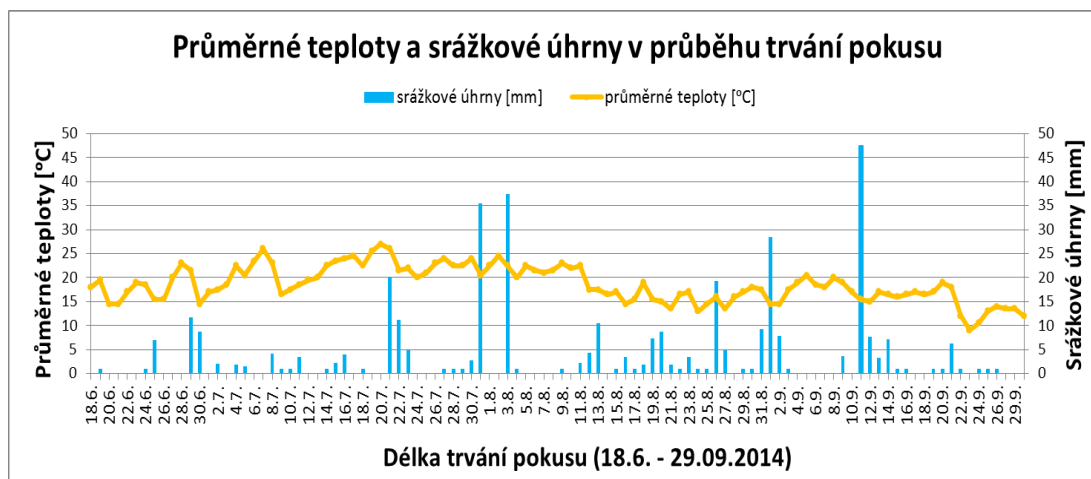
Obrázek 21 Vzorky č. 1 a 3 k nalezení na místě nebyly – srovnání před a po procesu kompostování (Zdroj: Karhánková, I.)



Obrázek 22 Vzorek číslo 2 a 4 před a po nerozložení (Zdroj: Karhánková, I.)

5.1.2 Průběh počasí během trvání pokusu

Během trvání pokusu byly průměrné teploty v rozmezí od 9 °C do 27 °C a množství srážek od 1 do 47 mm. Podrobný průběh počasí je vidět na obrázku číslo 23.



Obrázek 23 Graf zobrazuje nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu trvání pokusu (Vytvořeno: Karhánková, I., Zdroj: Měsíční statistiky, 2014)

Na začátku pokusu nedostatek srážek a vyšší teploty mohly ovlivnit proces kompostování, tím že mohla být malá aktivita mikroflóry nebo mohla být zakládka suchá. Ke konci byl dostatek srážek a nízké teploty, což také mohlo ovlivnit proces kompostování, hlavně rozvoj např. plísní, jiné mikroflóry, došlo k přemokření zakládky.

5.2 Hodnocení vlivu nerozložených bioplastů na ekonomickou efektivnost procesu kompostování

Hodnocení nákladových a výnosových souvislostí zpracování biodegradabilních plastů hraje důležitou roli pro rozhodování pracovníků kompostárny, zda je budou využívat při procesu kompostování. Z hlediska využití nesprávných bioplastů, které se nerozloží, tak je musí kompostárna na svoje dodatečné náklady odstranit, ale z hlediska výnosů se prodejní cena kompostu nemusí změnit, ať použijeme biodegradabilní plasty nebo ne.

5.2.1 Kalkulace přímých nákladů na kompostovací cyklus

5.2.1.1 VÝSTUPY Z PROCESU VE STANDARDNÍM PROCESU A i B

Podrobný popis výstupů v procesu A v tabulce číslo 6, v procesu B v tabulce č. 7 a v tabulce č. 8 je shrnutí.

Tabulka 6 Výpočet výstupů ve standardním procesu A pro kalkulaci (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

Název položky		Výchozí hmotnost ze vstupů [t]	Výchozí hmotnost ze vstupů [%]	Zastoupení výstupů [%]	Zastoupení výstupů [m ³]	Počet tun daných výstupů [t]
Standardní proces A	<i>Celkové množství nadsítné (nad 24 mm)¹⁾</i>	172	60	24	120	69
	<i>Celkové množství jemného kompostu (pod 24 mm)¹⁾</i>	172	60	36	180	103
Celkem		x	x	60%	300 m³	172 tun

Tabulka 7 Výpočet výstupů ve standardním procesu B pro kalkulaci (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

Název položky		Výchozí hmotnost ze vstupů [t]	Výchozí hmotnost ze vstupů [%]	Zastoupení výstupů [%]	Zastoupení výstupů [m ³]	Počet tun daných výstupů [t]
Standardní proces B	<i>Celkové množství hrubé nadsítné (nad 40 mm)</i>	172	60	9	47	27
	<i>Celkové množství jemné nadsítné (pod 40 mm nad 24mm)</i>	172	60	14	71	41
	<i>Nerozložené plasty²⁾</i>	172	60	1	2	1
	<i>Kompost¹⁾</i>	172	60	36	180	103
Celkem		x	x	60%	300 m³	172 tun

Tabulka 8 Výstupy z procesu ve standardním procesu A a B (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

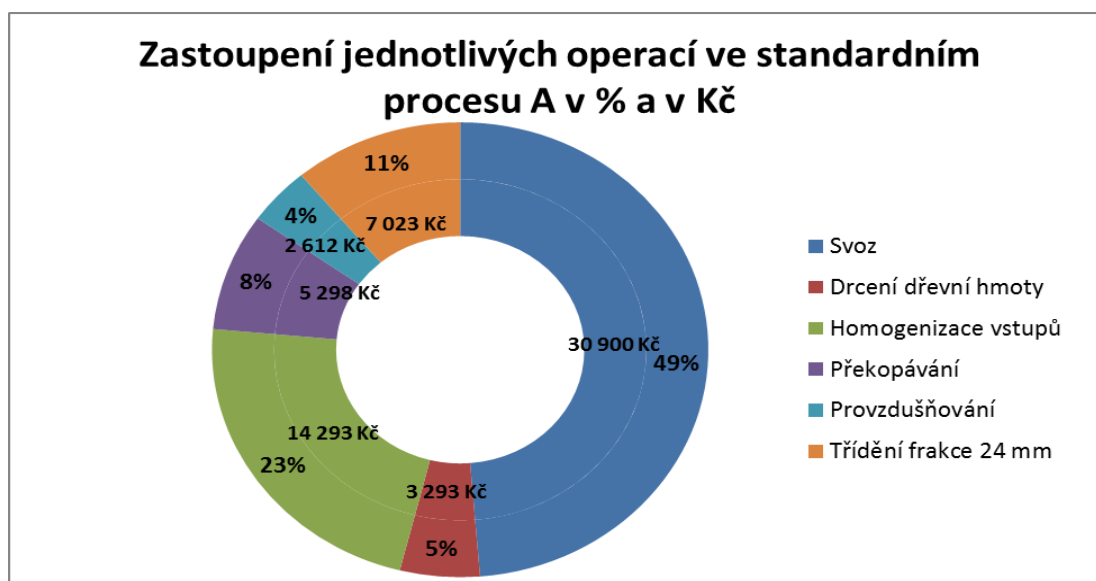
Název položky	Vstupy [t]	Výstupy [t]	Jemný kompost [t]	Nadsítná [t]	Nerozložené plasty [t]
<i>Standardní proces A</i>	286	172	103	69	x
<i>Standardní proces B</i>	286	172	103	68	1

5.2.1.2 CELKOVÉ NÁKLADY NA STANDARDNÍ PROCES A

Celkové přímé náklady na jeden kompostovací cyklus ve standardním procesu A byly vyčísleny na 63 419 Kč. Zahrnují základní operace, které jsou uvedeny v tabulce číslo 9 a na obrázku číslo 24. Největší podíl z hlediska druhu nákladů tvoří náklady na stroje a zařízení (83%). Z hlediska nákladů na jednotlivé operace je dosahováno nejvyšších hodnot u svozu (49%) a homogenizace vstupů (23%) a třídění výstupů (11%).

Tabulka 9 Celkové náklady na standardní proces A (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

Název položky	Náklady na stroje [Kč]	Náklady na práci [Kč]	Náklady na provoz strojů [Kč]	Celkové náklady [Kč]
<i>Svoz</i>	18 050 Kč	4 850 Kč	8 000 Kč	30 900 Kč
<i>Drcení dřevní hmoty</i>	1 452 Kč	191 Kč	1 650 Kč	3 293 Kč
<i>Homogenizace vstupů</i>	5 643 Kč	900 Kč	7 750 Kč	14 293 Kč
<i>Překopávání</i>	3 010 Kč	1 088 Kč	1 200 Kč	5 298 Kč
<i>Provzdušňování</i>	962 Kč	1 650 Kč	0 Kč	2 612 Kč
<i>Třídění frakce 24 mm</i>	3 198 Kč	450 Kč	3 375 Kč	7 023 Kč
Celkem [Kč]	32 315 Kč	9 129 Kč	21 975 Kč	63 419 Kč



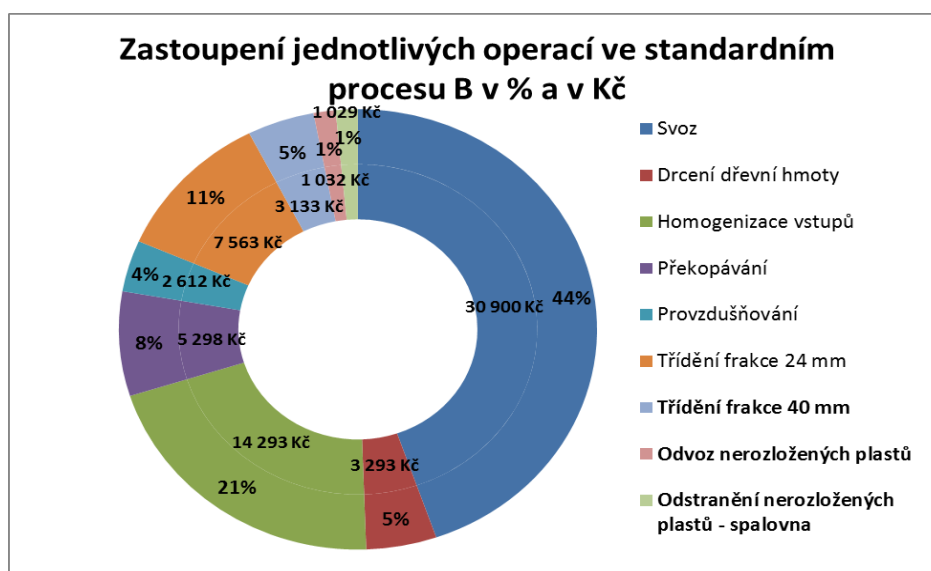
Obrázek 24 Zastoupení jednotlivých operací ve standardním procesu A kompostování v % a v Kč (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

5.2.1.3 CELKOVÉ NÁKLADY NA STANDARDNÍ PROCES B

Celkové přímé náklady na jeden kompostovací cyklus ve standardním procesu B byly vyčísleny na 69 153 Kč. Zahrnují základní operace, které jsou uvedeny v tabulce číslo 10 a na obrázku číslo 25. Největší podíl z hlediska druhu nákladů tvoří náklady na stroje a zařízení (81%). Z hlediska nákladů na jednotlivé operace je dosahováno nejvyšších hodnot u svozu (44%) a v důsledku zvýšení nákladů na ostatní operace poklesl podíl na homogenizaci vstupů na 21% a na třídění výstupů na 16%.

Tabulka 10 Celkové náklady na standardní proces B (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

Název položky	Náklady na stroje [Kč]	Náklady na práci [Kč]	Náklady na provoz strojů [Kč]	Celkové náklady [Kč]
<i>Svoz</i>	18 050 Kč	4 850 Kč	8 000 Kč	30 900 Kč
<i>Drcení dřevní hmoty</i>	1 452 Kč	191 Kč	1 650 Kč	3 293 Kč
<i>Homogenizace vstupů</i>	5 643 Kč	900 Kč	7 750 Kč	14 293 Kč
<i>Překopávání</i>	3 010 Kč	1 088 Kč	1 200 Kč	5 298 Kč
<i>Provzdušňování</i>	962 Kč	1 650 Kč	0 Kč	2 612 Kč
<i>Třídění frakce 24 mm</i>	3 198 Kč	990 Kč	3 375 Kč	7 563 Kč
<i>Třídění frakce 40 mm</i>	1 317 Kč	416 Kč	1 400 Kč	3 133 Kč
<i>Odvoz nerozložených plastů</i>	624 Kč	208 Kč	200 Kč	1 032 Kč
Celkem [Kč]	34 256 Kč	10 293 Kč	23 575 Kč	68 124 Kč
<i>Odstranění nerozložených plastů - spalovna</i>	x	x	x	1 029 Kč
Celkem [Kč] se spalovnou	x	x	x	69 153 Kč



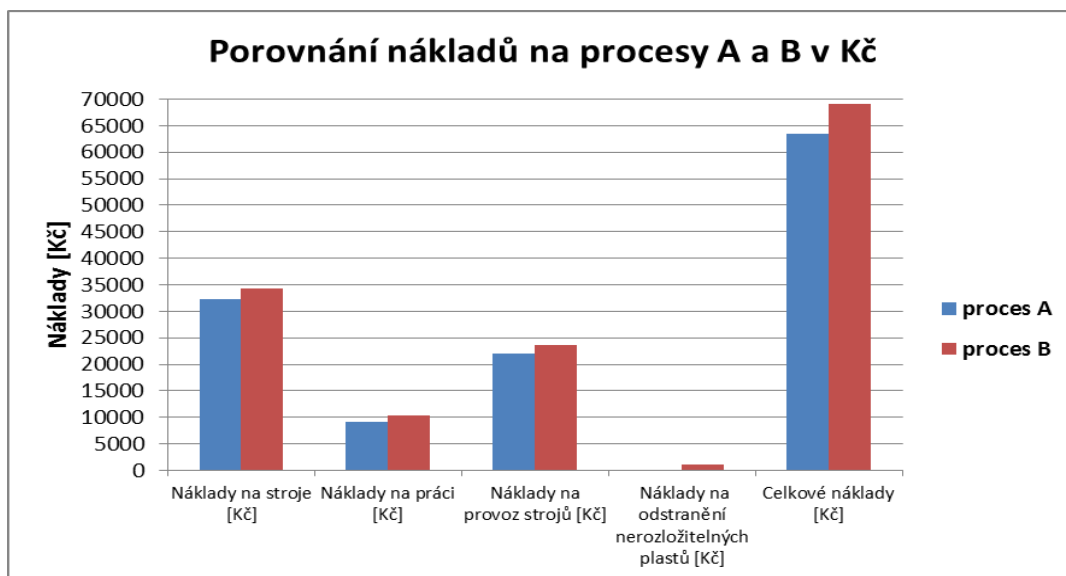
Obrázek 25 Zastoupení jednotlivých operací kompostování ve standardním procesu B v % a v Kč (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

5.2.1.4 VYHODNOCENÍ VLIVU NEROZLOŽENÝCH PLASTŮ NA PŘÍMÉ NÁKLADY PROCESU KOMPOSTOVÁNÍ

Celkové přímé náklady vyčíslené pro modelové procesy A a B jsou komparovány v tabulce č. 10 a obrázku č. 26. V důsledku dodatečných pracovních operací v procesu, které souvisí s nakládáním s nerozloženými bioplasty, došlo ke zvýšení přímých nákladů o 5 734 Kč na jeden kompostovací cyklus (9% zvýšení přímých nákladů).

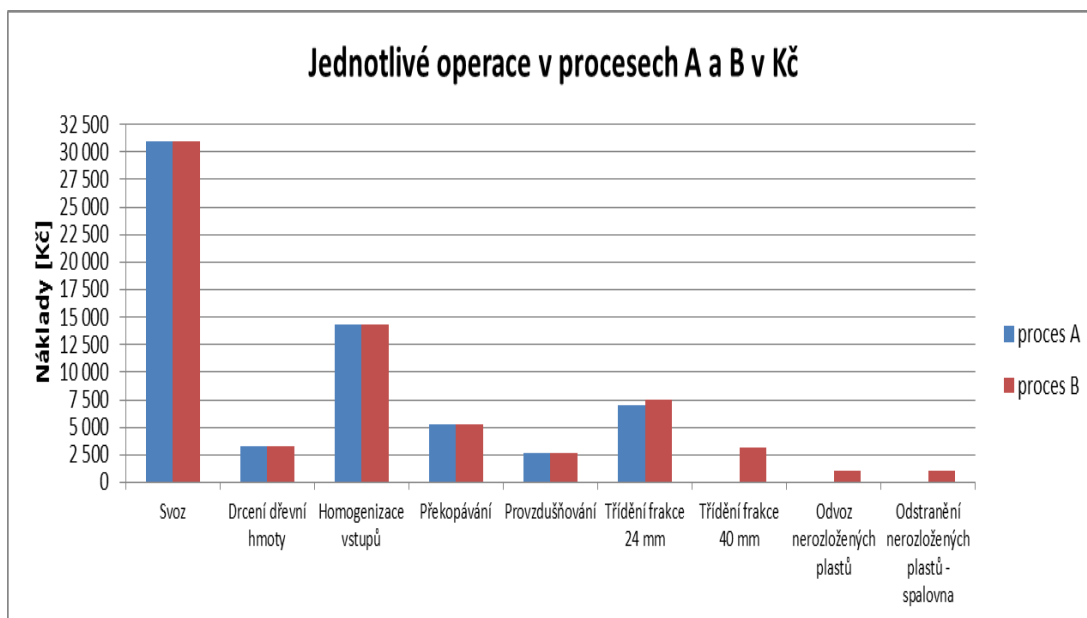
Tabulka 11 Celkové přímé náklady na procesy A a B (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

Název položky	Náklady na stroje [Kč]	Náklady na práci [Kč]	Náklady na provoz strojů [Kč]	Náklady na odstranění nerozložitelných plastů [Kč]	Celkové náklady [Kč]
<i>Standardní proces A</i>	32 315 Kč	9 129 Kč	21 975 Kč	0 Kč	63 419 Kč
<i>Standardní proces B</i>	34 256 Kč	10 293 Kč	23 575 Kč	1 029 Kč	69 153 Kč



Obrázek 26 Porovnání celkových nákladů na kompostování v procesu A a B (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

U procesu B jsou navíc vynaloženy náklady na dotřídění nerozložených bioplastů, náklady na odvoz a jejich následné odstranění ve spalovně. Třídění u procesu A je 7 023 Kč a u procesu B 10 696 Kč, rozdíl je 3 673 Kč, celkové navýšení je 7%. Odvoz u procesu B je 1 032 Kč a odstranění na spalovně je 1 029 Kč, to je 2 061 Kč, což tvoří 2% celkových nákladů na proces B, které se u procesu A nevyskytují. Celkový rozdíl procesu A a B je 9%. Navýšení tvoří 5 734 Kč, z toho 64% dotřizování a 36% odvoz a odstranění nerozložených bioplastů ve spalovně. Více na obrázku č. 26 a 27.



Obrázek 27 Vyčíslení jednotlivých nákladů na operace v procesu A a B (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

Tabulka 12 Celkové náklady na procesy a kalkulační jednici (1 tunu jemného kompostu).
(Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

Název položky	Standardní proces A	Standardní proces B
<i>Celkové náklady na 1 kompostovací proces [Kč]</i>	63 419 Kč	69 153 Kč
<i>Náklady na 1 tunu vstupů při kapacitě 286 tun/1 cyklus [Kč]</i>	223 Kč	242 Kč
<i>Náklady na 1 tunu výstupů při kapacitě 172 tun/1 cyklus [Kč]</i>	369 Kč	402 Kč
<i>Náklady na 1 tunu jemného kompostu při kapacitě 103 tun/1 cyklus [Kč]</i>	616 Kč	671 Kč
Celkové náklady na 1 tunu jemného kompostu [Kč]	616 Kč	671 Kč

V tabulce číslo 13 a 14 jsou vidět náklady na 1 tunu jemného kompostu. Náklady na 1 tunu kompostu se pohybují v rozmezí 616 až 671 Kč.

Tabulka 13 Celkové náklady na 1 tunu jemného kompostu (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci)

Název položky	Celkové náklady na 1 kompostovací proces [Kč]	Celkové náklady na 1 tunu jemného kompostu [Kč]
<i>Standardní proces A</i>	63 419 Kč	616 Kč
<i>Standardní proces B</i>	69 153 Kč	671

5.2.2 Hodnocení vlivu nerozložených plastů na ekonomickou efektivnost kompostování

Ekonomickou efektivnost procesu kompostování může ovlivnit řada faktorů, ať už přímých nebo nepřímých jako např. stát a jeho zákony, problémy s občany, se svozem, s prodejem kompostu, s neplaticími zákazníky atd. Tyto faktory ovlivňují ekonomickou efektivnost procesu kompostování prostřednictvím jejich vlivu na náklady a výnosy.

Dodatečné náklady na vytřídění nerozložitelných biodegradabilních obalů mají negativní vliv na ekonomickou efektivnost kompostování. Z kalkulace přímých (variabilních) nákladů vyplývá odhadované zvýšení nákladů na jeden kompostovací cyklus o 9%, což činí při produkci 103 t kompostu 5 665 Kč, tj. přibližně 55 Kč/tunu kompostu. Na jednu tunu kompostu je to rozdíl 9% asi 55 Kč, což při produkci 103 tun kompostu je 5 665 Kč.

Tabulka 14 Obvyklé ceny kompostu a velikosti rozličných odbytišť EU (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: Tarant et Malá, 2003)

Název položky	Odběratelé	Velikost odběru na trhu	Cena (Kč/t)	Dělení dle využití
Vysoce kvalitní kompost	Zahradnictví/skleníky	M	600 – 1 200 Kč	<i>Vysoká cena</i>
	Sadovnictví	L	300 – 600 Kč	
	Sportoviště	S	450 – 1 200 Kč	
	Pěstitelství	S	300 – 900 Kč	
	Terénní úpravy	M	300 – 450 Kč	
	Zahrádkářství	L	150 – 600 Kč	
	Bio farmy	M	60 – 180 Kč	<i>Velký objem</i>
	Vinařství a sadovnictví	M	30 – 180 Kč	
	Kultivace půd	S	0 – 120 Kč	
	Zemědělství	XXL	0 – 9 Kč	

Cena za tunu kompostu se pohybuje v EU v rozmezí od 0 Kč do 1 200 Kč. (Tarant et Malá, 2003) Podrobněji v tabulce č. 15. Dle expertního odhadu pracovníka kompostárny (2014) se prodej kompostu v ČR pohybuje od 300 do 1 000 Kč/t, v průměru asi okolo 650 Kč/t. Závisí ale na kvalitě kompostu a odebíraném množství, čím je menší, tím je cena vyšší. Často se stává, že aby kompost prodaly, musí jít s cenou ještě níže, pod výrobní náklady, a to je pak větší ztráta.

Tabulka 15 Příspěvek na úhradu nákladů a tvorbu zisku na standardní proces A a B na jeden kompostovací cyklus (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: kalkulace nákladů v práci a pracovník kompostárny, 2014)

Název položky	Náklady na výrobu 1 tuny kompostu [Kč/t]	Prodej kompostu [Kč/t]	Rozdíl [Kč/t]	Celkový zisk/ztráta Na 103 tun kompostu [Kč]
<i>Standardní proces A</i>	616 Kč	650 Kč	34 Kč	3 502
<i>Standardní proces B</i>	671 Kč	650 Kč	-21 Kč	-2 163

Vývoj v oblasti odpadového hospodářství však stále více ukazuje, že díky vysokým vstupním nákladům mohou v ekonomickém hodnocení výnosy dosahovat i záporných hodnot. (Zemánek, 2010)

V tabulce číslo 16 jsou vyjádřeny odhadované příspěvky z prodeje kompostu na úhradu nákladů a tvorbu zisku na jeden kompostovací cyklus.

Porovnáme-li kalkulované přímé variabilní náklady a odhadované průměrné prodejní ceny kompostu je možno konstatovat, že nesprávné značení biodegradabilních obalových materiálů vede ke snížení ekonomické efektivity procesu kompostování – průměrné prodejní ceny kompostu nepokrývají kalkulované přímé náklady produkce tuny kompostu, které je nezbytné financovat z poplatků za odstranění odpadu či dotačních titulů.

6 DISKUSE

Informace a výsledky získané v teoretické i praktické části práci jsou v této kapitole porovnány s obdobnými informacemi z dostupné literatury.

Jelikož jsou biodegradabilní plasty novou problematikou, tak neznáme všechny jejich vlivy a dopady, ale na druhou stranu se o bioplasty zajímají velké nadnárodní korporace, které výrobky z bioplastů využívají pro svou propagaci zeleného managementu, což je lákavé pro ekologicky smýšlející spotřebitele. Bioplasty se především vyrábějí v Asii, která je bere jako potenciální náhradu klasických plastů a do budoucna se bude snažit konkurovat dražším verzím na evropském trhu.

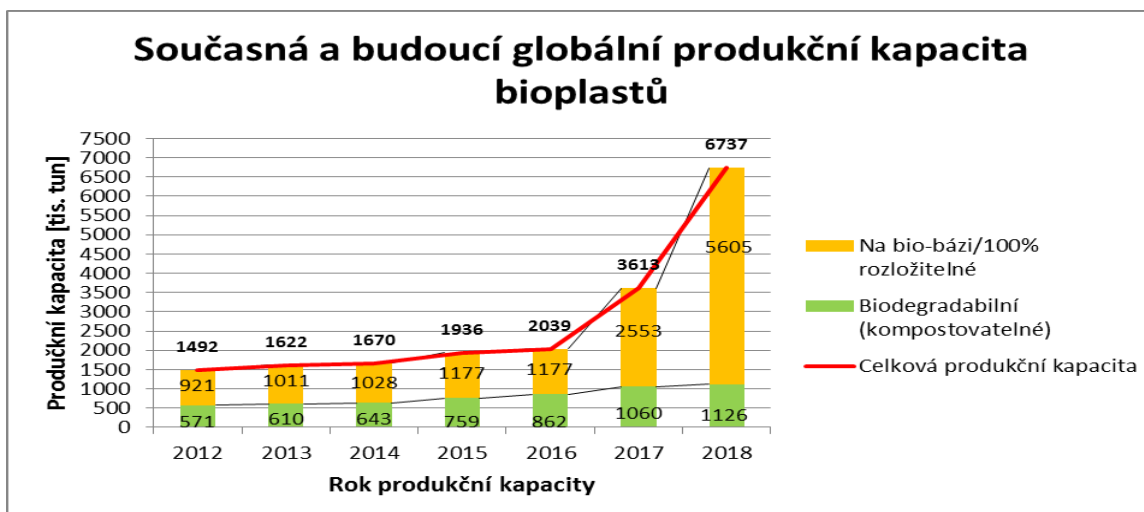
Cílem a úkolem dnešních biodegradabilních plastů je postupovat směrem k udržitelnému hospodářství, které biologicky rozložitelné odpady, kam upotřebené bioplastové obaly patří, využívá jako zdroje pro další vývoj ekonomiky a udržitelného rozvoje. Bioplasty mají potenciál biologické rozložitelnosti, díky tomu se budou moci přirozeně odstraňovat procesem kompostování.

Dle Dočkala (2013) je rozumné používání těchto plastů pro specifické účely se zohledněním ekologických dopadů celého jejich LCA. Pokud mají biodegradabilní plasty na trhu dominovat, bude ale muset jejich degradace zohledňovat různé požadavky na trvanlivost obalu či jiného výrobku, nutné je rovněž jejich lepší třídění.

Biodegradabilní plasty podléhají legislativním normám, které musejí splňovat, pokud chtějí být biologicky rozložitelné v procesu kompostování, kde je kladen důraz na dobu rozkladu.

Dle zjištěných poznatků je u biodegradabilních obalových plastů problém jejich nejednotného označování, které by měla legislativa lépe upravovat. Spotřebitel nemůže rozeznat od sebe různé druhy bioplastů, a tedy s nimi nemůže řádně naložit po skončení jejich životnosti. Pokud se nesprávně označené bioplasty v kompostovací základce nerozloží, tak dle zjištěných výsledků z ekonomické analýzy, vzniknou kompostárně dodatečné náklady tvořící 9%.

Jak je patrné z obrázku číslo 28 na světovém trhu jsou nejvíce dostupné 100% rozložitelné plasty na biobázi, které jsou z části tvořeny z biomasy a z části z petrochemických surovin a doplněné aditivou pro rychlejší rozklad. Tyto plasty jsou nevhodné pro proces kompostování, protože se v kompostovacím procesu nemusí rozložit. V menším zastoupení jsou na trhu i kompostovatelné, jejichž počet roste s počtem růstu odběrných nádob a míst, kde se dají zkompostovat.

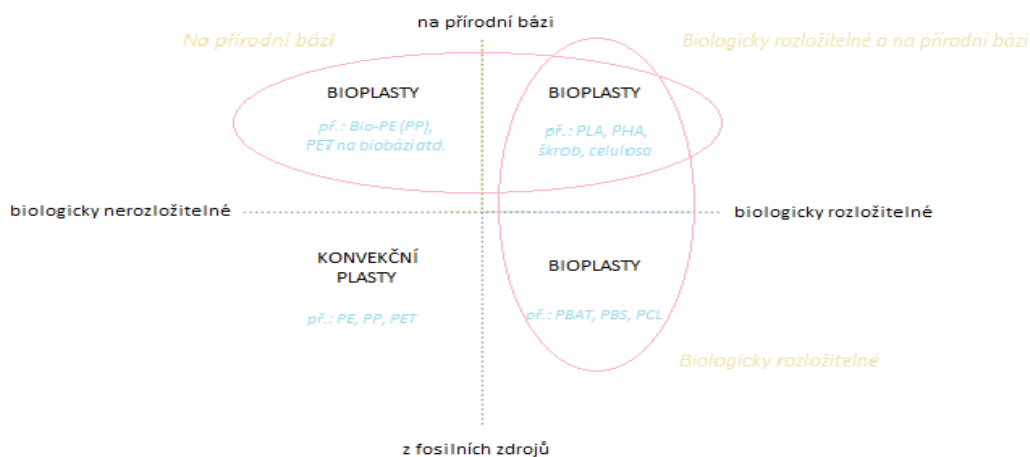


Obrázek 28 Současná a budoucí globální produkční kapacita bioplastů (Vytvořeno: Karhánková, I., Zdroj: Market, www.en.european-bioplastics.org, 2013)

V dnešní době vzniká nadprodukce odpadů, zvláště toho plastového, který končí na skládkách. Toto množství je nutné snižovat a orientovat se na biologicky rozložitelné odpady, které se dají kompostovat. Biodegradabilní plasty řeší obojí, snižují plastový odpad uložený na skládkách a zvyšují jeho využívání na kompostárně. Po procesu vzniká kompost, který může být využit ke hnojení půdy.

Plastové sáčky a jiné výrobky, vyrobené z polyetyleny (PE) se objevují na trhu s tvrzením, že jsou rozložitelné, oxobiodegradabilní nebo někdy i kompostovatelné. Oxobiodegradabilní plasty jsou založeny na přísadách, které urychlují degradaci materiálu, ale nemusí se rozložit za danou dobu, kterou stanovuje norma. (Oxobiodegradable plastics, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

Pro kompostárnu jsou vhodné jen bioplasty biologicky rozložitelné a na přírodní bázi, jak můžeme vidět na obrázku č. 29. Je zde také vidět kolik různých druhů bioplastů je, a jen díky správnému označování je můžeme od sebe správně rozeznat.



Obrázek 29 Rozdělení materiálů a jejich příklady (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: Philp et al., 2012)

Nesprávné označování bioplastů může kompostárně navýšit celkové náklady na kompostovací proces dle provedené analýzy přímých nákladů asi o 9% na jeden kompostovací cyklus.

Z analýzy je možno konstatovat, že kompostování v dnešní době může být až ztrátové. Kompostovací proces je náročný na náklady na techniku a technické operace, bez kterých nelze vyprodukovat hotový kompost, jedná se např. o svoz surovin (specializované dopravní prostředky), jejich homogenizaci (homogenizér) a následné třídění (třídíč), nehledě ani na vysoké investiční a stavební náklady na kompostárnu.

Kompostárna také musí jít často pod své náklady, aby kompost vůbec prodala, neboť se o něj v ČR nejeví moc zájem. (Slejška, 2003)

Kompost v ČR např. využívají obce pro hnojení městské zeleně, odkud se dováží některé vstupy pro kompostování nebo zahradnictví, které kompost využívají v rámci substrátu. Zemědělci o kompost zájem moc nejeví, je to drahá investice do půdy, řeší spíše krátkodobé cíle a to zisk, a ne z dlouhodobého hlediska pro ochranu půdy. Pokud mají zemědělci půdu pronajatou, nemají ani důvod dávat kompost do půdy, protože se to projeví až s časem a ne hned, jak s průmyslovými hnojivy. (Boříková, 2014)

Ale i přes to, že je kompostování nákladný proces, který se nemusí vyplatit, se nevyčísľují přínosy tohoto procesu, jako jsou např. snižování podílu BRKO na skládkách a ve spalovnách, snížení produkce metanu na skládkách, přínos pro ŽP, kompost je využitelný jako organické hnojivo do půdy, které zlepšuje její vlastnosti.

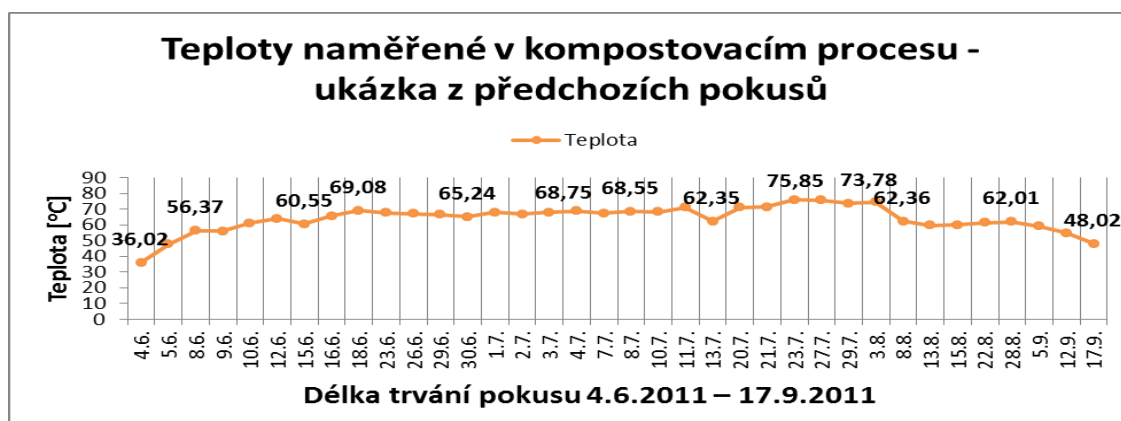
V odborné literatuře existují kladné i záporné názory na rozložitelnost biodegradabilních plastů. Z předchozích pokusů v letech 2011 až 2014 se vzorky označené jako 100% kompostovatelné rozložily a s označením 100% rozložitelné zůstaly jen s malými změnami stejné.

V roce 2012 byl proveden obdobný pokus se sedmi odnosnými taškami, dostupnými na evropském trhu (obrázek č. 30). Čtyři z nich (ze škrobu, PLA a směsí dalších materiálů) byly označeny jako „kompostovatelné“. Po 90 dnech kompostování na kompostárně se z více než 90%, požadovaných normou, rozložily čtyři tašky označené jako kompostovatelné a u tří tašek označených jako „rozložitelné“ došlo jen k částečnému rozložení. (Dočkal, 2013) Pokud tento pokus porovnáme s pokusem v této práci, tak oba přinesly podobné výsledky z hlediska rozložitelnosti bioplastových obalů.



Obrázek 30 Ukázka z předchozího pokusu z roku 2012 před a po procesu (Zdroj: Karhánková, I.)

Dle normy pro průmyslové komposty musí projít zakládka teplotami nad 45 °C po dobu 5 dnů u klasických vstupů a nad 55 °C po dobu 21 dnů u kalů, aby došlo k hygienizaci výsledného kompostu a k rozkladu biodegradabilních plastů. Na obrázku číslo 31 můžeme vidět průběh teplot v zakládce z pokusu z roku 2011, kde je vidět, že se teploty na této kompostárně pohybují nad stanovených 55 °C.



Obrázek 31 Ukázka teplot z předchozích pokusů na kompostárně (Vytvořeno: Karhánková, I., Zdroj: Karafiátová, 2012)

Dle Nehasilové (2012) bioplasty, i certifikované jako kompostovatelné, bývají často před i po procesu kompostování vyřídovány, jsou totiž považovány za nežádoucí příměsi. Hlavním důvodem je, že se tyto produkty nijak opticky neliší od normálních plastů, a pokud nejsou správně označeny, tak je pracovníci kompostárny nepoznají. To bylo zjištěno přímo i od pracovníků kompostárny, kde probíhal pokus.

Po vyhodnocení výsledků z pokusu a z analýzy přímých nákladů na proces kompostování se potvrdilo tvrzení p. Nehasilové, o tom že s dnešní legislativou není pro kompostárnu výhodné odebírat biologicky rozložitelné odpady obsahující bioplasty, protože přínos správně označených kompostovatelných bioplastů jim nezaplátí jejich ztrátu na následné dotřídění a odstranění nerozložených špatně označených bioplastů.

Pokusem se prokázalo, že se ze čtyř vzorků, vložených do kompostovací zakládky, rozložily pouze dva. Pro spotřebitele totiž vypadají stejně, proto je považují za vhodné ke kompostování, ale kompostárně díky tomu vzniknou dodatečné náklady asi 9% na jeden kompostovací cyklus, dle analýzy nákladů. Kompostárna, pokud by se rozhodla využívat takový odpad, tak by musela počítat s těmito náklady a promítnout je i do prodejní ceny kompostu. Ale pokud by se zlepšilo označování a povědomost o těchto materiálech, tak by se kompostárně více vyplatilo tyto odpady využívat.

Identifikovat problémy a dopady špatně označených bioplastů na kompostovací proces je důležité z hlediska úpravy legislativy označování, protože s dnešní legislativou není garance, že se špatně označené biodegradabilní plastové obaly rozloží. Proto je tak důležité vyčíslení nákladů na tento proces, který při navýšení nákladů ovlivní ekonomickou efektivnost kompostování.

Do výzkumu a vývoje se věnují značné prostředky, ale využití obalů na bázi obnovitelných zdrojů je zatím dosti omezené. Nečeká se, že plasty na bázi obnovitelných zdrojů v brzké budoucnosti nahradí konvenční plasty. Vzhledem k jejich obnovitelnému původu jde však o materiály budoucnosti. V dlouhodobém horizontu se očekává, že budou z hlediska vlastností i ceny konkurovat konvenčním obalovým plastům. (Kvasničková, 2006)

Mnoho z dnešních bioplastů má podobné vlastnosti svých konvenčních protějšků, a vývoj stále nekončí. Kromě toho mají některé výhodnější vlastnosti, jako je obnovitelnost a biologická rozložitelnost. Zároveň jsou přitažlivé pro ekologicky smýšlející spotřebitele, kteří chrání ŽP. (Standardization, www.en.european-bioplastics.org, 2015)

Dle Dočkala (2013) negativní vliv na osevní plochy potravin zřejmě pomine s přechodem na výrobu plastů z rostlinných (včetně dřevních) a živočišných zbytků.

Dle Obruči (2008) biodegradabilní plasty jsou materiály, které se pomalu ale jistě prosazují do každodenního života. Lákavé jsou hlavně pro ekologicky smýšlející spotřebitele a to svou přirozenou rozložitelností a malou zátěží pro ŽP. Na druhou stranu v neprospěch bioplastů hovoří jejich relativně vysoká cena.

Společensko-ekonomické nevýhody využívání bioplastů pro výrobu obalů mohou spočívat v rozdílných vlastnostech biodegradabilních a konvenčních plastů. Mohou mít různé chemické a fyzikální vlastnosti. Jelikož je toto téma nové, tak ještě neznáme všechny jejich nevýhody

Dle Kvasničkové (2006) k dalším problémům souvisejícím s biodegradabilními plasty patří zejména přijatelnost pro spotřebitele, legislativa, bezpečnost a biodegradovatelnost – obal musí zůstat stabilní po celou dobu údržnosti zabaleného výrobku, ale pak musí být schopen se po skončení životnosti biologicky rozložit.

Dle Nehasilové (2012) je zpochybňována i úspora CO₂, když suroviny nebo výrobky putují přes půlku světa, a spotřebovávají tím neobnovitelné zdroje.

Problémem dle Tichého (2009) je rovněž souběžná existence biodegradabilních a recyklovatelných plastů, protože běžný spotřebitel je od sebe může těžko odlišit, a podíl odpadních biodegradovatelných plastů v recyklátu jej může zcela znehodnotit – jak pro recyklaci, tak pro biodegradaci.

Evropská asociace pro bioplasty považuje za biodegradovatelné jen plasty, které odpovídají mezinárodním normám EN 13432 a EN 14995. Nepodporuje oxobiodegradaci ani biodegradovatelné odnosné tašky, mj. pro jejich negativní vliv na recyklaci plastů a obtížnou kontrolu obsahu tašek po jejich vyhození. Považuje za nutné sledovat ekologické dopady v průběhu celého životního cyklu obalu či tašky. (Dočkal, 2013)

Při vyšší výrobě bioplastů se zlevní jejich výrobní náklady, a to by mělo mít dopad na zvýšení zájmu o tyto materiály ze stran výrobců a obchodníků, kteří by balily produkty do bioplastů a tím by se dostaly do oběhu a mohly by konkurovat ostatním plastům.

V tabulce číslo 16 je popsáno rozdělení biodegradabilních obalových plastů, jejich využití, možnosti, zdroje vstupů do výroby a výrobní cena. Můžeme je tak porovnat a zhodnotit jejich nákladnou cenu na výrobu.

Tabulka 16 Podrobné informace o jednotlivých biomateriálech (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: literární přehled, 1) Chitosan, 2015, 2) Chiellini, 2001, 3) Hermanová, 2012)										
Druh	<i>Biologicky rozložitelné a na přírodní bázi - kompostovatelné</i>							Biologicky rozložitelné z fosilních zdrojů	Biologicky nerozložitelné z fosilních zdrojů	Druh
	POLYHYDR OXYALKAN OÁTY (PHA)	KYSELINA POLYMLÉ ČNÁ (PLA)	ŽELATINA	CHITIN A CHITOSAN	CELULÓZA	ŠKROB	POLYURETANY (PUR)			
Využití	obalová technika, zemědělství atd.	obalová technika, medicína atd.	průmysl, farmacie a biomedicína	tkáňové inženýrství, biomedicína, odpadové hospodářství	farmacie, obalová technika, zemědělství atd.	obalová technika, zemědělství atd.	medicína atd.	biomedicína, obalová technika, zemědělství, atd.	obalová technika, průmysl atd.	Využití
Příklad	balení na jedno použití atd.	kelímky, sáčky, láhve atd.	kapsule na léky, na otevřené rány, povlaky	umělá kůže, vsíťbatelné stehy, membrány	celofán, hračky, psací potřeby atd.	nákupní tašky, mulčovací fólie atd.	cévy, katetry atd.	stehy, tašky, mulčovací fólie, kapsle - řízené uvolňování živin, atd.	folie, obaly atd.	Příklad
Cena [Kč/kg]	300 – 600 Kč	66 – 102 Kč	80 – 160 Kč ²⁾	400 – 1000 Kč ¹⁾	90 – 120 Kč	45 – 90 Kč	132 – 162 Kč	---	45 – 75 Kč	Cena [Kč/kg]
Zdroj	sacharóza, škrob, celulóza, ale i minerální oleje, uhlí, atd.	glukóza, laktóza, škrob atd.	mošské řasy, kůže, kosti	skořápky krabů, humrů, krevet a hmyzu	bavlněná vlákna, dřevo, cukr, třtina, stonky kukuřice atd.	plodiny (kukuřice, brambory), GMO atd.	petrochemické suroviny a rostlinné oleje (řepka, soja atd.)	ze surovin petrochemického průmyslu	ze surovin fosilního původu	Zdroj
Ostatní	vysoké náklady na suroviny	nížší odolnost vůči vysokým teplotám	ve vodě rozpustná	antimikrobiální účinky	využívání jejich derivátů kvůli nerozpuštěnosti ve vodě	nizká propustnost	v lidském těle se kontrolované rozloží na netoxické produkty	vysoká propustnost, biokompatibilita, špatná fyzická odolnost	levná výroba, dostupnost atd.	Ostatní

7 ZÁVĚR

Využívání biodegradabilních plastů je v současnosti aktuálním tématem. Vzhledem k tomu, že jde o relativně nové materiály, které díky užitným vlastnostem rozšiřují svůj podíl na trhu, je nezbytné prohlubovat poznatky o jejich charakteristikách, možnostech využití a společensko-ekonomických dopadech jejich využívání.

Biodegradabilní plasty se mohou vyrábět z různých zdrojů, jak rostlinného původu, tak z petrochemických zdrojů. Mohou být z čistě obnovitelných zdrojů nebo v kombinaci s neobnovitelnými zdroji, které se mohou doplňovat aditivami, urychlujícími rozklad těchto materiálů, závisí to na tom, k jakému účelu jsou vytvořeny.

Využití biodegradabilních plastů pro výrobu obalových materiálů se jeví jako jedna z perspektivních a v současné době nejrozšířenějších oblastí jejich praktického uplatnění. Jedním z diskutovaných problémů spojených s tímto způsobem využití je možnost následného kompostování biodegradabilních obalových plastů.

Pro hodnocení a stanovení stupně rozkladu byly vydány příslušné normy upravující podmínky či požadavky na kompostovací proces, kompost a biodegradaci. Nesprávné označování těchto materiálů však způsobuje, že se do procesu kompostování mohou dostávat i bioplasty, které se plně nerozloží, a tím negativně ovlivňovat ekonomickou efektivnost procesu kompostování.

Výsledky pokusu pro ověření rozložitelnosti biodegradabilních obalových plastů na kompostárně dokládají významnost správného označování těchto materiálů. Pokusem bylo potvrzeno, že bioplasty označené jako 100% rozložitelné se v procesu kompostování nerozložily, naopak certifikované 100% kompostovatelné se zcela rozložily, jak bylo deklarováno.

V důsledku nejasného označování biodegradabilních obalových plastů vznikají v procesu kompostování dodatečné náklady na nerozložené biodegradabilní plasty, které negativně ovlivňují ekonomickou efektivnost tohoto procesu. Na základě kalkulace nákladů na proces kompostování je odhadováno, že nerozložené bioplastové obaly mohou zvyšovat přímé náklady procesu kompostování přibližně o 9%. Tyto dodatečné náklady jsou tvořeny náklady na dotřídění, odvoz a odstranění nerozložených zbytků bioplastů ve spalovně.

Tato zjištění podporují potřebu správně převést normativní úpravy do praxe a pečlivého vyhodnocování způsobů využití biodegradabilních obalových plastů, aby bylo možno plně realizovat jejich společensko-ekonomický potenciál.

Bioplasty, ať už kompostovatelné nebo ne, zatím nejsou zcela ideálním řešením všech problémů souvisejících se spotřebou neobnovitelných surovin a s nadprodukcí odpadu, ale rostoucí spotřeba společnosti, nás nutí hledat nové alternativy. A těm jsou bioplasty o něco blíže než klasické plasty. Tato práce tak má přispět do společenské diskuse o využití a vlivu biodegradabilních plastů na proces kompostování.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ABRHAM, Z. *Ekonomika technologických systémů ve vinohradnictví*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2006, 62 s. ISBN 80-86884-17-1.

ABUŠINOV, A. *Bioplasty na rozcestí*. [online], c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 8. 4. 2007, poslední aktualizace: 19. 04. 2007, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/bioplasty-na-rozcesti>>

BANOUT, J. *Program Composter a možnosti jeho využití při optimalizaci surovinové skladby kompostu*. [online]. c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 04. 12. 2002, poslední aktualizace: 10. 01. 2008, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/program-composter-a-moznosti-jeho-vyuziti-pri-optimalizaci-surovinove-skladby-kompostu>>. ISSN: 1801-2655.

BAŤA, R., OBRŠÁLOVÁ, I., VOLEK, J., et T. COSTA JORDAO. *Petri Nets Application for Management of Biodegradable Components of Municipal Waste*. WSEAS Transactions on Environment and Development, 2008, č. 4, s. 1-10. ISSN: 1790-5079.

BOŘÍKOVÁ, H. *Nech to tlít!*. [online]. c2015, internetový magazín: E15.cz, 22. 04. 2014, [cit. 2015-04-06]. Dostupný z: <<http://euro.e15.cz/archiv/nech-to-tlit-1079356>>

BEYERS, B. *Plastik vom Acker*. [online]. c2013, internetové noviny: Süddeutsche.de, revize: 19. 05. 2010, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.sueddeutsche.de/wissen/alternative-produkte-plastik-vom-acker-1.912980>>

Biobased label. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/standards/labelling/bio-based-label/>>

Bioplastic. [online]. c2009, Sustainable Environmental Technologies, [cit. 2014-07-10]. Dostupné z: <<http://www.dutchsustainablecommunities.com/541-bioplastic.html>>

Bioplastics. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/bioplastics/>>

Bioplast products. [online]. Společnost: Biosphere.eu, 2013, [cit. 2014-07-10]. Dostupný z: <http://www.biosphere.eu/EN/bioplast_products.html>

Centrální kompostárna Brno recykluje dřevo. [online], ©2014, webový portál: Pro čistější Brno.cz, 01.08.2014, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.procistejsibrno.cz/centralni-kompostarna-brno-recykluje-drevo/>>

Cena za odstranění odpadu. [online], ©2013, firma: SAKO BRNO, a.s., 2015, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.sako.cz/stranka/cz/261/cenik/>>

Ceník za ukládání odpadů na skládce. [online], firma: ASOMPO, a.s., 01. 01. 2015, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://asompo.cz/ke_stazeni/cenik_oo.pdf>

Ceny benzínu a nafty. [online], ©2000-2015, webové stránky: Kurzy.cz, 01. 01. 2015, [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <<http://www.kurzy.cz/komodity/benzin-nafta-cena/>>

Certification. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/standards/certification/>>

Certified – The compostability of ecoflex. [online], ©2001-2015, evropský portál pro plasty Plasticsportal, firma BASF, 2013, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.plasticsportal.net/wa/plasticsEU/portal/show/content/products/biodegradable_plastics/ecoflex_compostability>

Compostability label. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/standards/labelling/compostability-label/>>

CRANK, M., PATEL, M., WOLF O. et al. *Techno-economic Feasibility of Large-scale Production of Bio-based Polymers in Europe*. Španělsko: European Communities, 2005, 256 s. ISBN: 92-79-01230-4.

Černovice, Žabčice, Podivín. [online], ©2005-2015, webový portál: rajce.net, [cit. 2015-04-06], 27. 03. 2012. Dostupný z: <http://vodari-fast.rajce.idnes.cz/Cernovice,_Zabcice,_Podivin/#07ernovice.jpg>

ČSN EN 13432 - *Obaly - Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci* - Zkušební schémata a kritéria hodnocení pro konečné přijetí obalu.

ČSN 465735 - *Průmyslové komposty*

ČESKÉ TECHNICKÉ NORMY. *České technické normy ČSN*. [online], c2009, portál: technickenormy.cz, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.technickenormy.cz/>>.

Databáze kompostáren v ČR - Brno. [online], Výzkumný ústav zemědělské techniky VÚZT, 2013-2015, [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <<http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/kompostarny/13.jpg>>

DOČKAL, M. *Sporná současnost obalových bioplastů*. Svět balení: Odborný časopis pro profesionály v oblasti balení. Praha: České a slovenské nakladatelství, s.r.o., rok 2013, č. 5-6. ISSN 1210-7809.

Drcení dřevní hmoty. [online], firma: SITA CZ a.s., 2015, [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <<http://www.sita.cz/page/3296.drceni-drevni-hmoty/>>

Ekonomické normativy strojů. [online], Výzkumný ústav zemědělské techniky VÚZT, aktualizace: 09.03.2015, [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <<http://www.vuzt.cz/index.php?I=A34#>>

Europe and beyond. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/market/europebeyond/>>

FILIP, M. *Dodatek č. 4 smlouvy o dílo - ceník pro rok 2015 za svoz komunálního odpadu*. [online], webové stránky obce: Vestec, 01. 01. 2015, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.obecvestec.eu/obecni-urad/uredni-deska/dodatek-c-4-smlouvy-o-dilo-cenik-pro-rok-2015-za-svoz-komunalnih>>

Global production capacity by region 2010. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://en.europeanbioplastics.org/market/europebeyond/eubp_global-prod-capacity-by-region-2010_eng>

HEJÁTKOVÁ, K. *Kompostování přebytečné travní biomasy: metodická pomůcka*. Vyd. 1. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2007, 74 s. ISBN 80-903548-6-6.

HERMANOVÁ, S. *Polykaprolakton - biodegradabilní polyester*. [online]. ©2015, Chemopoint.cz: vědci pro průmysl a praxi, revize: 28. 03. 2012, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.chempoint.cz/polykaprolakton-biodegradabilni-polyester>>

HODEK, T. *Kompostovatelné plasty patří do skupiny biodegradabilních plast*. Odpady: Odborný časopis pro odpadové hospodářství a ekologii. Praha: Economia, a.s., roč. 2004, č. 11, s. 13 - 14. ISSN 1210-4922.

Homogenizace (míchání) kompostů. [online], firma: SITA CZ a.s., 2015, [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <<http://www.sita.cz/page/3300.homogenizace-michani-kompostu/>>

HONZÍK, R. *Plasty se zkrácenou životností a způsoby jejich degradace*. [online]. c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 18. 08. 2004, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/plasty-se-zkracenou-zivotnosti-a-zpusoby-jejich-degradace>>. ISSN: 1801-2655.

Hrubá měsíční mzda podle podskupin a kategorií zaměstnání CZ-ISCO 2014. [online], ©2010-2014, webový portál: ISPV.cz - Informační systém o průměrném výdělk, 2014, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.ispv.cz/cz/Vysledky-setreni/Aktualni.aspx>>

CHANDRA, R et R. RUSTGI. *Biodegradable polymers*. Progress in Polymer Science. 1998, roč. 23, č. 7, s. 1273-1335. DOI: 10.1016/S0079-6700(97)00039-7. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079670097000397>>. ISSN 00796700.

CHIELLINI, E. *Biorelated polymers: sustainable polymer science and technology*. New York: Kluwer Academic, 2001, 23, 391 s. ISBN 030646652x.

Chitosan. [online], ©2015, webové stránky: G.T.C. Bio Corporation, [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.bestchitosan.com/e_products/?2-0-1-Chitosan.html>

CHUDÁREK, T. *Kompostování biologicky rozložitelných odpadů*. [online], výukový materiál na webovém portálu: is.muni.cz – informační systém Masarykovy univerzity, poslední aktualizace: 06. 12. 2012, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/el/1431/podzim2012/ENV009/um/MU-Odpady-BRO12_Rezim_kompatibility_.pdf>

JALOVECKÝ, J. et al., *Postup při projektování a zřizování kompostárny jako zařízení pro prevenci vzniku odpadů dle § 10a zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů*. Věstník ministerstva životního prostředí. Praha: ALQ Plus, s.r.o., 2012, roč. 22, č. 7. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.kr-vysocina.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=450008&id_dokumenty=4045843/> ISSN 0862-9013.

Kompostárny - biologické odpady. [online], firma: SITA CZ a.s., 2015, [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <<http://www.sita.cz/page/1826.kompostarna-biologicky-odpad/>>

KARAFIÁTOVÁ, K. *Analýza moderních technologií ekologického kompostování*. Brno, 2012. Diplomová práce. Agronomická fakulta Mendelovy univerzity, Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky. Vedoucí diplomové práce Bořivoj Groda.

KÁRA, J., PASTOREK, Z., et A. JELÍNEK, *Kompostování zbytkové biomasy*. [online]. c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 19. 03. 2002, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.

KAŠPÁREK, A. *Spotřeba elektřiny*. [online], ©2013, webové stránky: Vypočítej to.cz, [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <<http://www.vypocitejto.cz/energie/spotreba-elektřiny.html>>

KAŠPEROVÁ, M. *V kompostárně se odpad stane kyprou hlinou už za tři měsíce*. [online], ©2010, webový portál: Munimedia.cz, 01. 05. 2013, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.munimedia.cz/prispevek/fotoreportaz-v-kompostarne-se-odpad-stane-kyprou-hlinou-uz-za-tri-mesice-5203/>>

KOPOVÁ, K. et I. CHRASTINA. *Snahou je dřevo nepálit, ale využít ho druhotně*. [online], webové stránky města: Hustopeče, 19. 1. 2011, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.hustopece.cz/snahou-je-drevo-nepalit-ale-vyuzit-ho-druhotne>>

KUCHAŘÍKOVÁ, M. *SITA CZ a zpracování BRO v obcích*. [online], firma: SITA CZ a.s., 18. 06. 2014, [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <<http://www.sita.cz/25755n-sita-cz-a-zpracovani-bro-v-obcich>>

KUNCOVÁ-POLICKÁ, R. *SITA CZ představila další technologii – Centrální kompostárnu Brno*. [online], tisk: Listy regionů.cz, 04. 11. 2014, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.listyregionu.cz/2013/11/sita-cz-predstavila-dalsi-technologie-centralni-kompostarnu-brno/>>

KUPKA, V. *Degradabilní polyuretany – pro průmysl i medicínu*. [online]. c2013, Chemopoint.cz: vědci pro průmysl a praxi, revize: 21. 12. 2011, [cit. 2014-07-10]. Dostupné z: <<http://www.chempoint.cz/degradabilni-polyuretany>>

KVAPIL, M. *Uhlík - prvek, bez něhož bude vaše zahrada chřadnout*. [online], časopis: Ekolist.cz - zprávy o přírodě, životním prostředí a ekologii, [cit. 2015-04-06], 21. 09. 2012. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/uhlik-prvek-bez-nehoz-bude-vase-zahrada-chradnout?sel_ids=1&ids%5Bxe609f50bfc6fa21d07056787bbe23442%5D=1>. ISSN 1802-9019.

KVASNIČKOVÁ, A. *Obaly na bázi obnovitelných zdrojů*. [online]. c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 07. 09. 2006, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/legislativa/fyto-legislativa/obaly-na-bazi-obnovitelnych-zdroju>>

Labelling. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/standards/labelling/>>

Labelling logos charts. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/press/press-pictures/labelling-logos-charts/>>

Land use. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/environment/sustainable-sourcing/land-use/>>

Life Cycle Economy and Life Cycle Assessment. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/environment/lcelca/>>

Logistika a skladování. [online], firma: SITA CZ a.s., 2015, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.sita.cz/24858-logistika-a-skladovani>>

LOWRY, A. *Compostable and "Biodegradable" Plastics Provide False Sense of Responsibility*. [online], webový portál: Treehugger.com, 15. 09. 2009, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.treehugger.com/sustainable-product-design/compostable-and-biodegradable-plastics-provide-false-sense-of-responsibility.html>>

Mapy.cz. [online], firma: Seznam.cz, a.s., 2015, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.mapy.cz/letecka?x=16.6398239&y=49.1774393&z=14>>

Market. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/market/>>

MAŠEK, P. *Snahou je dřevo nepálit, ale využít ho druhotně.* [online], webové stránky obce: Vrčeň, 06. 03. 2015, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.vrcen.cz/novinky/1526-kontejnery-na-bioodpad.html>>

Mater-Bi-Mulchfolien, die umweltfreundliche Alternative zu Mulchfolien aus Polyethylen! [online], ©2001-2007, webový portál: Papierschnur.com - "...natürlich pflanzlich!", 2008, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.papierschnur.com/mulchpapier2.htm>>

Měsíční statistiky. [online], ©2014, webový portál: IN-POČASÍ, 2014, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.inpocasi.cz/archiv/stanice.php?stanice=brno&historie_bar_mesic=9&historie_bar_rok=2014>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Obaly.* [online]. c2010-2014, portál Ministerstva životního prostředí (MŽP), [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.mzp.cz/cz/obaly>>.

MIŠKOLCI, S.. *Environmentální politika v regionálním rozvoji: teoretická východiska, koncepce a nástroje.* 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, 132 s. ISBN 978-80-7375-880-6.

MOŇOK, B. *Bioodpad problém? Riešenie - kompostovanie!*. [online]. c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 02. 02. 2003, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioodpad-problem-riesenie-kompostovanie>>. ISSN: 1801-2655.

Municipal waste treated in 2014 by country and treatment category sorted by landfilling 2014. [online], 08. 04. 2014, statistický úřad EU: EUROSTAT, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Municipal_waste_treated_in_2012_by_country_and_treatment_category_sorted_by_landfilling_2012_new2.PNG>

NEHASILOVÁ, D. *Jsou bioplasty opravdu alternativou?* [online]. c2012, ÚZEI, Agronavigator.cz, revize: 06. 04. 2012, [cit. 2015-04-06]. Alternative oder Mogelpackung? DLG-Mitteilung, 2012, č. 2, s. 78-81. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=146&ch=1&typ=1&val=118744>>

OBRUČA, S. *Bioplasty! Ano či ne?* [online]. c2011, internetový server: Inovace.cz, revize: 26. 05. 2008 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.inovace.cz/novinky/551-bioplasty-ano-ci-ne>>

Oxo-biodegradable plastics. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/standards/oxo-biodegradability/>>

PASTOREK, Z. *Legislativa bioodpadů - kompostování v praxi.* [online], c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 19. 04. 2004, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/legislativa-bioodpadu-kompostovani-v-praxi>>. ISSN: 1801-2655.

PHILP, J.C., BARTSEV, A. et al. *Bioplastics science from a policy vantage point*. [online], web: New Biotechnology, revize: 05. 12. 2012, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871678412008783>>. ISSN 1871-6784.

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

PLÍVA, P. et K. MAREŠOVÁ. *Technika vhodná ke kompostování zemědělských odpadů a bioodpadů v obci. Dejte šanci bioodpadu – získejte finanční prostředky z OPŽP*. Sborník přednášek k odborným seminářům. Praha: Ekodomov o.s., Tiskárna A.R. Garamond, 2009. s. 19-29., 36 s., ISBN 978-80-903559-6-5.

Pracovník kompostárny. *Ústní sdělení pracovníka průmyslové kompostárny*. 2014

PRESOVÁ, R., TVRDOŇ, O. et A. ŽIVĚLOVÁ. *Marketing recyklovaných výrobků*. In ŽUFAN, P. Firma a konkurenční prostředí 2009: sborník z mezinárodní vědecké konference: Brno, 2009, s. 118-124, 338 s. ISBN 978-80-7392-087-6.

Realizační program pro biologicky rozložitelné odpady. [online], c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, 194 s., 2004, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/projekty/realizacni-program-pro-biologicky-rozlozitelne-odpady>>

Rotačné triediče Doppstadt rady SM. [online], firma: AGRO-AUTO, s.r.o., 2014, [cit. 2015-04-06]. Dostupný z: <<http://www.agro-auto.sk/admin/Rotacne-triedice-Doppstadt-rady-SM>>

RUDNIK, E. *Compostable polymer materials*. Vyd. 1. Boston: Elsevier Science & Technology, 2008, 211 s. ISBN 00-804-5371-6.

Řada L - bubnové třídiče PEZZOLATO. [online], ©2014, firma: SOME zemědělská, lesnická a komunální technika, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.somejh.cz/rada-l-bubnovove-tridice-pezzolato-z601.html>>

SCOTT, N. *Kompostování pro všechny*. 1 vyd. Náměšť nad Oslavou: ZERA, 2006. 32 s. ISBN 80-903548-2-3.

SHARMA, P. D. *Sustainable packaging, packaging waste reduction and development of biodegradable plastics for packaging – means to promote cleaner environment*. [online]. c2013, internetové sdružení: Saferenvironment.com, revize: 23. 01. 2009, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://saferenvironment.wordpress.com/2009/01/23/sustainable-packaging-packaging-waste-reduction-and-development-of-biodegradable-plastics-for-packaging-%E2%80%93-means-to-promote-cleaner-environment/>>

SITA CZ a.s. *Centrální kompostárna Brno a.s.* [online], ©2014, webový portál: Pro čistější Brno.cz, 04. 11. 2014, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.procistejsibrno.cz/centralni-kompostarna-brno-as/>>

SLEJŠKA, A. *Domovní a komunitní kompostování komunálních bioodpadů*. [online]. c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 23. 11. 2001, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/domovni-a-komunitni-kompostovani-komunalnich-bioodpadu>>. ISSN: 1801-2655.

SLEJŠKA, A. *Nakládání s biologickými odpady v provincii Miláno (1) Miláno východ*. [online]. c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 07. 03. 2003, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-biologickymi-odpady-v-provincii-milano-1-milano-vychod>>. ISSN: 1801-2655.,

SLEJŠKA, A. et M. GRYGARA. *Nakládání s biologickými odpady v provincii Miláno (3) Kompostárna Berco s.r.l.* [online]. c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 18. 03. 2003, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-biologickymi-odpady-v-provincii-milano-3-kompostarna-berco-s-r-l>>. ISSN: 1801-2655.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady ES 94/62 ze dne 20. prosince 1994 o obalech a obalových odpadech. [online], Evropský parlament, Rada Evropské unie. Úřední věstník Evropských společenství č. L365, 1994, s. 10-23. Konsolidovaný text 01994L0062-20130228, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://old.eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31994L0062:CS:NOT>>

Standardization. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/standards/standardization/>>

Standards, certification and labelling. [online], evropská asociace pro bioplasty: European Bioplastics, [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <<http://en.european-bioplastics.org/standards/>>

SUKOVÁ, I. *Biologicky degradovatelné materiály.* [online]. c2012, ÚZEI, Agronavigator.cz, revize: 26. 05. 2009, [cit. 2015-04-06]. Ernährung, 33, 2009, č. 3, s. 159-162. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=91322&ids=152>>

SVOBODOVÁ, S. *Chytré doplňky pomohou udržet pořádek v kuchyni.* [online], webový portál: Novinky.cz, 07. 10. 2010, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.novinky.cz/bydleni/tipy-a-trendy/212865-chytre-doplanky-pomohou-udrzet-poradek-v-kuchyni.html>>

ŠREFL, J. *Kompost je energie vrácená do půdy.* [online], c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 12. 11. 2012, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompost-je-energie-vcacena-do-pudy>>. ISSN: 1801-2655.

TARANT, Z. et K. MALÁ. *Třídění biologicky rozložitelného odpadu: Studie proveditelnosti – Ústecký kraj.* [online], Regionální rozvojová agentura Ústeckého kraje, a.s., Most, 2003, 53 s. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.kr-ustecky.cz/plan-odpadoveho-hospodarstvi-usteckeho-kraje/d-730235>>

TICHÝ, F. *Obalové fólie z biodegradabilních plastů.* Svět balení: Odborný časopis pro profesionály v oblasti balení. Praha: České a slovenské nakladatelství, s.r.o., roč. 2009, č. 1, s. 42 - 44. ISSN 1210-7809.

TRNAVSKÝ, J. *Kompostárna dokáže čelit konkurenci.* [online], ©2013, Mechanizace zemědělství: Odborný časopis pro zemědělskou a lesnickou techniku. Praha: Profi Press s.r.o., 04. 09. 2008, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://mechanizaceweb.cz/kompostarna-dokaze-celit-konkurenci/>>. ISSN 0373-6776.

Třídění, síťování kompostu, zeminy bubnovým třídícím. [online], firma: SITA CZ a.s., 2015, [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <<http://www.sita.cz/page/3298.trideni-sitovani-kompostu-zeminy-bubnovym-tridicem/>>

VÁŇA, J. *Kompostování odpadů.* [online], c2009, sdružení: Biom.cz - české sdružení pro biomasu, revize: 14. 01. 2002, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.

VAVERKOVÁ, M. D., ADAMCOVÁ, D., MARADA P., et Z. HAVLÍČEK. *Metodika pro hodnocení rozkladu rozložitelných polymerních materiálů v reálných podmínkách kompostování: certifikovaná metodika*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014, 22 s. ISBN 978-80-7509-095-9.

VENDOLSKÝ, Z., CÍSAŘOVÁ A., DVOŘÁK R. et M. HOŠKOVÁ. *Typový projekt komunitní kompostárny*. [online], Zlínský kraj. Krajský úřad, odbor životního prostředí a zemědělství. ENVIprojekt s.r.o., Zlín, 2008, 42 s. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.krzlinsky.cz/typovy-projekt-komunitni-kompostarny-cl-683.html>>

VLČKOVÁ, J. et al. *Modely produkčních a odbytových bilancí pro vybrané toky odpadů v komparaci s návržením nástrojového mixu k podpoře prevence vzniku a materiálového využití odpadů*. Vyd. 1. Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku, o.p.s., JDS tiskárna Praha spol. s.r.o, 2006, 361 s. ISBN 80-866-8437-7.

VONDRÁŠKOVÁ, Š. *Další výzkum bioplastů na základě kukuřice*. [online]. c2012, ÚZEI, Agronavigator.cz, revize: 24. 11. 2010, [cit. 2015-04-06]. Agricultural Research, vol. 58, 2010, č. 8, s. 11. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=138&ch=1&typ=1&val=106145>>

Vyhláška č. 341/2008 Sb. ze dne 26. srpna 2008 *o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady* a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., *o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu* a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., *o podrobnostech nakládání s odpady* (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady). Sbírka zákonů Česká republika. Břeclav: Moraviapress, 26. 08. 2008. ISSN 1211 1244.

Zákon č. 185/2001 Sb., *o odpadech a o změně některých zákonů* (zákon o odpadech) - úplné znění. Sbírka zákonů Česká republika. 04. 12. 2001, Břeclav: Moraviapress. ISSN 1211 1244.

Zákon č. 477/2001 Sb., *o obalech a o změně některých zákonů* (zákon o obalech) - úplné znění. Sbírka zákonů Česká republika. 04. 12. 2001, Břeclav: Moraviapress. ISSN 1211 1244.

Zelená kniha o nakládání s biologickým odpadem v Evropské unii. [online], Evropská komise. 2008. Dostupné z: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0811:FIN:CS:PDF>>.

ZEMAN, S. *Balenie a obalová technika*. Vyd. 1. Nitra: Slovenská pol'nohospodárska univerzita, 2005, 177 s. ISBN 80-8069-634-9.

ZEMAN, L. *Vstřikování termoplastů: biologicky odbouratelné plasty-bioplasty*. Svět plastů: plastikářská publikace ve spolupráci s Plastikářským klastrem. Kolín: Mach agency, duben 2014, č. 9. ISSN 1804-9311.

ZEMÁNEK, P., et al., *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky VÚZT, 2010, 113 s. ISBN 978-80-86884-52-3.

Želatina. [online], ©2005, firma: HAGES, spol. s r.o., 01. 01. 2015, [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <<http://www.hages.cz/katalogy/zelatina.pdf>>

SEZNAM OBRÁZKŮ A SCHÉMAT

OBRÁZKY

Obrázek 1 Životní cyklus bioplastů.....	14
Obrázek 2 Druhy certifikací a norem	25
Obrázek 3 Symbol „klíčku“ pro kompostovatelné bioplasty.....	25
Obrázek 4 Symbol bioplastů na biobázi „OK compost“	25
Obrázek 5 Zpracování komunál. odpadu dle kategorie zpracování v zemích EU v roce 2014 ...	30
Obrázek 6 Zpracování komunálního odpadu dle kategorie zpracování v kandidátských a potencialně kandidátských zemích do EU v roce 2014.....	31
Obrázek 7 Optimální teplotní průběh kompostovacího procesu.....	33
Obrázek 8 Hnědé a zelené vstupy do kompostování	34
Obrázek 9 Současná produkce biopolymerů dle umístění produkční kapacity v letech 2010 a 2013	39
Obrázek 10 Předpokládaná produkce biopolymerů dle umístění produkční kapacity v letech 2016 a 2018.....	39
Obrázek 11 Globální produkční kapacita bioplastů dle segmentu trhu v letech 2013 a 2018.....	40
Obrázek 12 Půda využívaná pro produkci surovin na výrobu bioplastů v letech 2013 a 2018 ...	41
Obrázek 13 Vzorek č. 1 – certifikací udávaný jako 100% kompostovatelný.....	43
Obrázek 14 Vzorek č. 2 – označení 100% rozložitelný materiál	43
Obrázek 15 Vzorek č. 3 – certifikací udávaný jako 100% kompostovatelný.....	43
Obrázek 16 Vzorek č. 4 – označení 100% rozložitelný materiál	43
Obrázek 17 Kompostovací krecht na průmyslové kompostárně.....	44
Obrázek 18 Kompostovací krecht, ve kterém probíhal pokus	44
Obrázek 19 Založení pokusu.....	45
Obrázek 20 Naplněné tašky 2 kg BRO a váha, kterou se vážilo.....	45
Obrázek 21 Vzorky č. 1 a 3 k nalezení na místě nebyly – srovnání před a po procesu kompostování.....	51
Obrázek 22 Vzorek číslo 2 a 4 před a po nerozložení	52
Obrázek 23 Graf zobrazuje nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu trvání pokusu.....	52
Obrázek 24 Zastoupení jednotlivých operací ve standardním procesu A kompostování v % a v Kč.....	54
Obrázek 25 Zastoupení jednotlivých operací kompostování ve standardním procesu B v % a v Kč.....	55
Obrázek 26 Porovnání celkových nákladů na kompostování v procesu A a B	56
Obrázek 27 Vyčíslení jednotlivých nákladů na operace v procesu A a B.....	56
Obrázek 28 Současná a budoucí globální produkční kapacita bioplastů	60
Obrázek 29 Rozdělení materiálů a jejich příklady.....	60
Obrázek 30 Ukázka z předchozího pokusu z roku 2012 před a po procesu.....	62
Obrázek 31 Ukázka teplot z předchozích pokusů na kompostárně.....	62
Obrázek 32 Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce červen 2014, černou čarou jsou znázorněny průměry pro daný den.	80
Obrázek 33 Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce červen 2014.	80
Obrázek 34 Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce červenec 2014, černou čarou jsou znázorněny průměry pro daný den.....	80
Obrázek 35 Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce červenec 2014.....	80
Obrázek 36 Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce srpen 2014, černou čarou jsou znázorněny průměry pro daný den.	81

Obrázek 37 Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce srpen 2014.	81
Obrázek 38 Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce září 2014, černou čarou jsou znázorněny průměry pro daný den.	81
Obrázek 39 Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce září 2014.	81
Obrázek 40 Vstupní suroviny do procesu kompostování	82
Obrázek 41 Sběr vstupů ke kompostování	82
Obrázek 42 Svoz vstupů.....	82
Obrázek 43 Drcení dřevní hmoty nakladač a drtič	83
Obrázek 44 Homogenizace vstupních surovin – nakladač a homogenizér s traktorem	83
Obrázek 45 Překopávání – nakladač	83
Obrázek 46 Provdzušňování – panely pod kompostovací hromadou	83
Obrázek 47 Třídění – bubnový třídič a nakladač.....	84
Obrázek 48 Výstup kompostování – kompost.....	84
Obrázek 49 Vliv kompostu na kvalitu půdy	84
Obrázek 50 LCA tohoto procesu.....	84

SCHÉMATA

Schéma 1 Technologické schéma výroby kompostu	34
Schéma 2 Struktura metodiky pokusu	44
Schéma 3 Vstupy do procesu kompostování v kalkulaci nákladů	48
Schéma 4 Popis standardního procesu A pro účely kalkulace nákladů.....	49
Schéma 5 Popis standardního procesu B pro účely kalkulace nákladů.....	50

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Optimální hodnoty operačních parametrů pro kompostování.....	35
Tabulka 2 Výhody a nevýhody při využívání kompostu v porovnání s minerálními hnojivy.....	37
Tabulka 3 Odhad uplatnění kompostů ve vybraných segmentech trhu v EU	37
Tabulka 4 Kritéria rozložitelnosti dle normy ČSN EN 13432 Obaly - Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci.....	46
Tabulka 5 Časový harmonogramu pokusu	51
Tabulka 6 Výpočet výstupů ve standardním procesu A pro kalkulaci.....	53
Tabulka 7 Výpočet výstupů ve standardním procesu B pro kalkulaci	53
Tabulka 8 Výstupy z procesu ve standardním procesu A a B.....	53
Tabulka 9 Celkové náklady na standardní proces A.....	54
Tabulka 10 Celkové náklady na standardní proces B.....	55
Tabulka 11 Celkové přímé náklady na procesy A a B.....	55
Tabulka 12 Celkové náklady na procesy a kalkulační jednici (1 tunu jemného kompostu).....	57
Tabulka 13 Celkové náklady na 1 tunu jemného kompostu	57
Tabulka 14 Obvyklé ceny kompostu a velikosti rozličných odbytišť EU.....	58
Tabulka 15 Příspěvek na úhradu nákladů a tvorbu zisku na standardní proces A a B na jeden kompostovací cyklus.....	58
Tabulka 16 Podrobné informace o jednotlivých biomateriálech	65
Tabulka 17 Složení základky kompostu – vstupní suroviny.....	85
Tabulka 18 Náklady na svoz vstupů ke kompostování.....	85
Tabulka 19 Náklady na mzdy pracovníků	85

Tabulka 20 Výpočet hodinové sazby pracovníků svozu odpadu	85
Tabulka 21 Celkové náklady svoz vstupů	86
Tabulka 22 Náklady na provoz strojů	86
Tabulka 23 Náklady na nakládání s dřevní hmotou.....	86
Tabulka 24 Náklady na drcení dřevní hmoty	86
Tabulka 25 Náklady na mzdy pracovníků	86
Tabulka 26 Celkové náklady na drcení dřevní hmoty	86
Tabulka 27 Náklady na nakládání vstupů do kompostování	87
Tabulka 28 Náklady na homogenizaci vstupů do kompostování.....	87
Tabulka 29 Náklady na mzdy pracovníků	88
Tabulka 30 Celkové náklady na homogenizaci	88
Tabulka 31 Náklady na překopávání kompostovací hromady	88
Tabulka 32 Náklady na mzdy pracovníků	88
Tabulka 33 Celkové náklady na překopávky.....	88
Tabulka 34 Náklady na provzdušňování kompostovací hromady	89
Tabulka 35 Náklady na mzdy pracovníků	89
Tabulka 36 Celkové náklady na provzdušňování	89
Tabulka 37 Výchozí a konečné parametry kompostovacího procesu	89
Tabulka 38 Hmotnost a zastoupení nadsítné složky a jemného kompostu	89
Tabulka 39 Náklady na nakládání výstupů do kompostování	89
Tabulka 40 Náklady na třídění výstupů do kompostování frakce 24 mm.....	90
Tabulka 41 Náklady na mzdy pracovníků	90
Tabulka 42 Celkové náklady na třídění ve standardním procesu A a B	90
Tabulka 43 Hmotnost a zastoupení nadsítné složky a jemného kompostu pro třídění.....	90
Tabulka 44 Náklady na nakládání výstupů do kompostování	91
Tabulka 45 Náklady na třídění výstupů do kompostování frakce 40 mm.....	91
Tabulka 46 Náklady na mzdy pracovníků	91
Tabulka 47 Celkové náklady na třídění.....	91
Tabulka 48 Celkové náklady na standardní proces A.....	92
Tabulka 49 Výpočet výstupů ve standardním procesu A	92
Tabulka 50 Výpočet výstupů ve standardním procesu B kompostování – frakce 24 mm.....	92
Tabulka 51 Výpočet výstupů ve standardním procesu B kompostování – frakce 40 mm.....	92
Tabulka 52 Výstupy v procesu B po vyhodnocení frakcí.....	93
Tabulka 53 Náklady na odvoz výstupů z kompostování do spalovny	93
Tabulka 54 Náklady na mzdy pracovníků	93
Tabulka 55 Celkové náklady na odvoz nerozložených plastů	93
Tabulka 56 Náklady na spalování a skládkování nerozložených plastů	94
Tabulka 57 Celkové náklady na standardní proces B.....	94
Tabulka 58 Celkové náklady na procesy a vyjádření nákladů na 1 tunu jemného kompostu	94

SEZNAM ZKRATEK

BRO	Biologicky rozložitelný odpad
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
CD	Kompaktní disky (Compact disk for Computer)
C:N	Poměr uhlíku a dusíku
CO ₂	Carbon dioxide (oxid uhličitý)
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
EMS	Environmentální manažerské systémy
EN	Evropské normy
ES	Evropské společenství
EU	Evropská unie
KO	Komunální odpad
LCA	Life Cycle Assessment (Hodnocení životního cyklu)
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
PCL	Polykaprolaktony
PE	Polyethylen
PEA	Polyesteramidy
pH	Vodíkový exponent
PHA	Polyhydroxyalkanoáty
PLA	Kyselina polyléčná
PP	Polypropylen
PUR	Polyuretany
PVA	Polyvinylalkoholy
TPS	Termoplastické škroby
UV záření	Ultrafialové záření (Ultra Violet Radiation)
ŽP	Životní prostředí

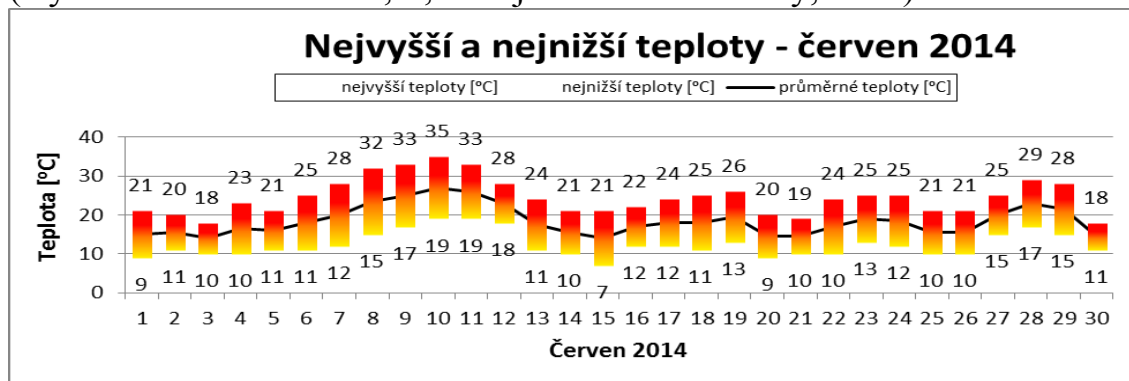
ČSN EN 13432 - Obaly - Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci - Zkušební schémata a kritéria hodnocení pro konečné přijetí obalu.

SEZNAM PŘÍLOH

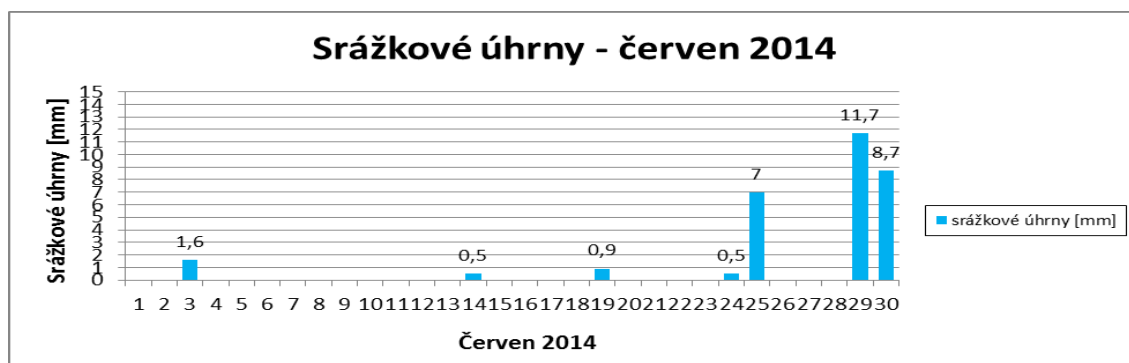
Příloha 1 Teplotní a srážkový průběh během trvání pokusu.....	80
Příloha 2 Proces kompostování	82
Příloha 3 Náklady na jeden kompostovací cyklus	85

9 PŘÍLOHY

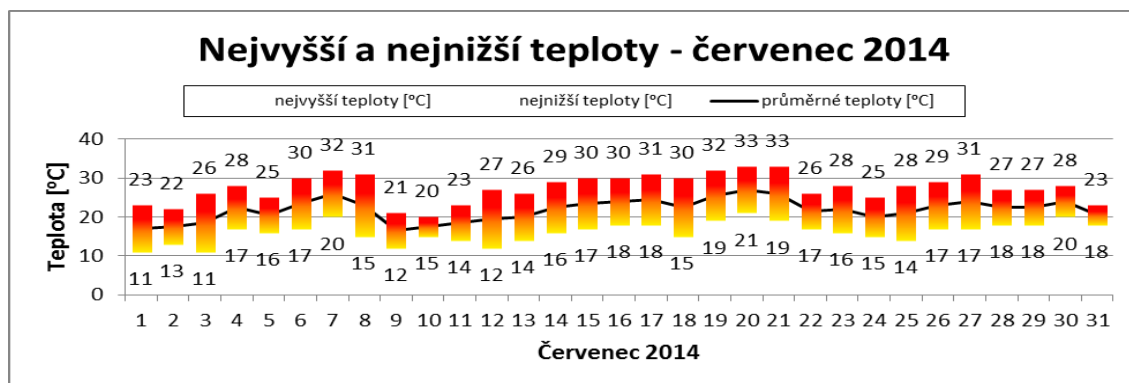
Příloha 1 Teplotní a srážkový průběh během trvání pokusu (Vytvořeno: Karháňková, I., Zdroj: Měsíční statistiky, 2014)



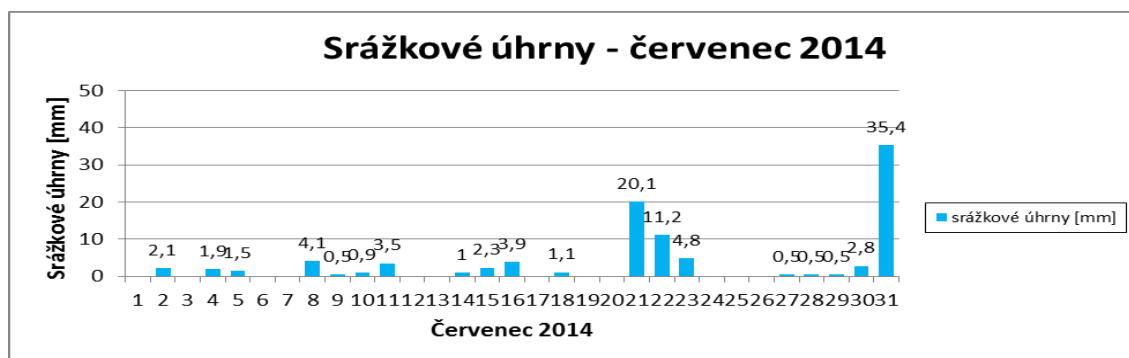
Obrázek 32 Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce červen 2014, černou čarou jsou znázorněny průměry pro daný den.



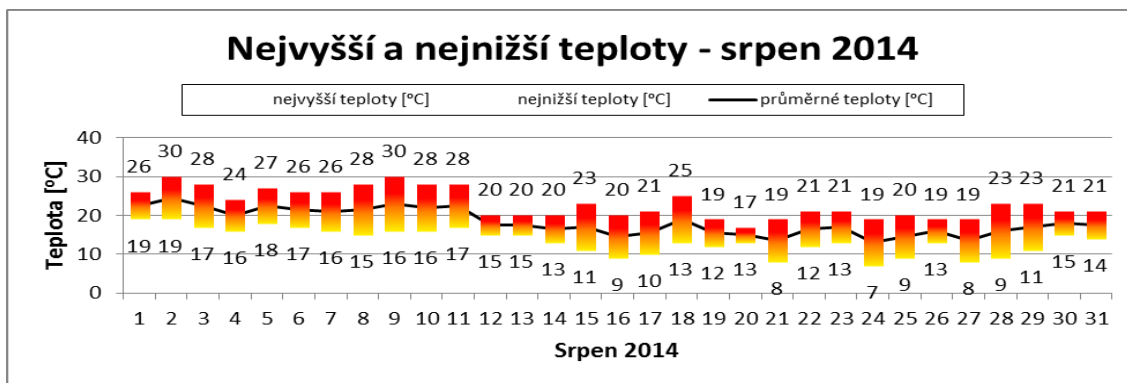
Obrázek 33 Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce červen 2014.



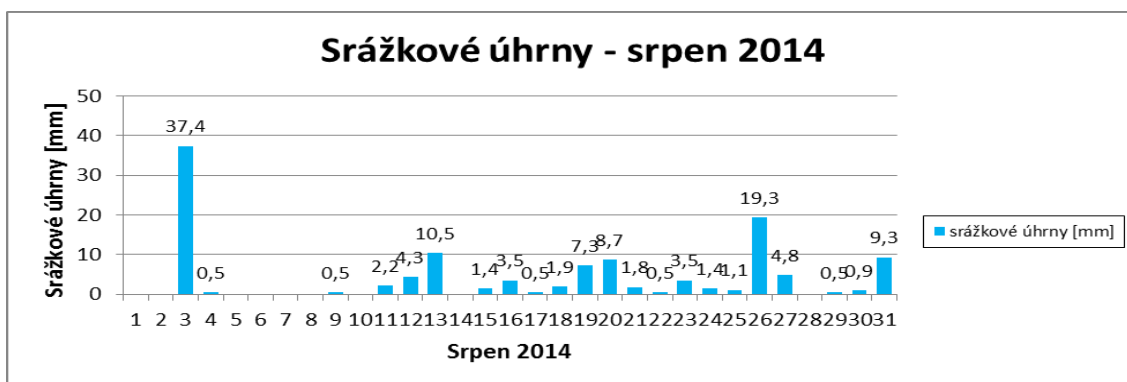
Obrázek 34 Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce červenec 2014, černou čarou jsou znázorněny průměry pro daný den.



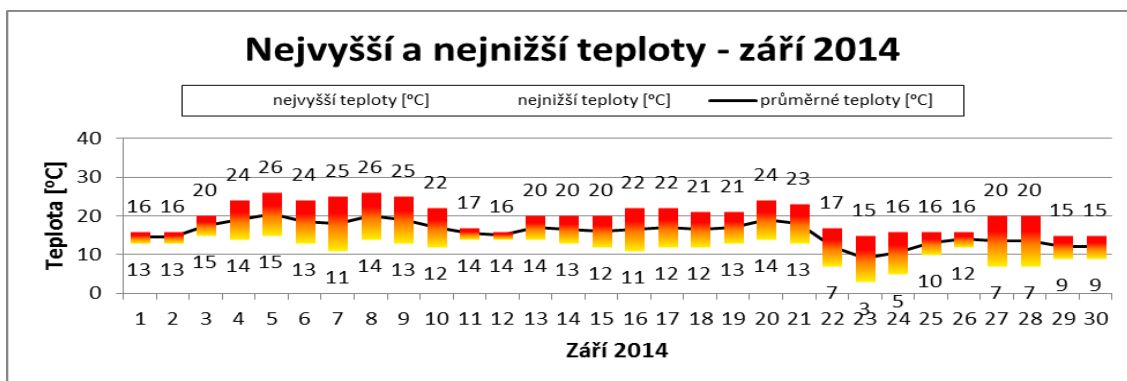
Obrázek 35 Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce červenec 2014.



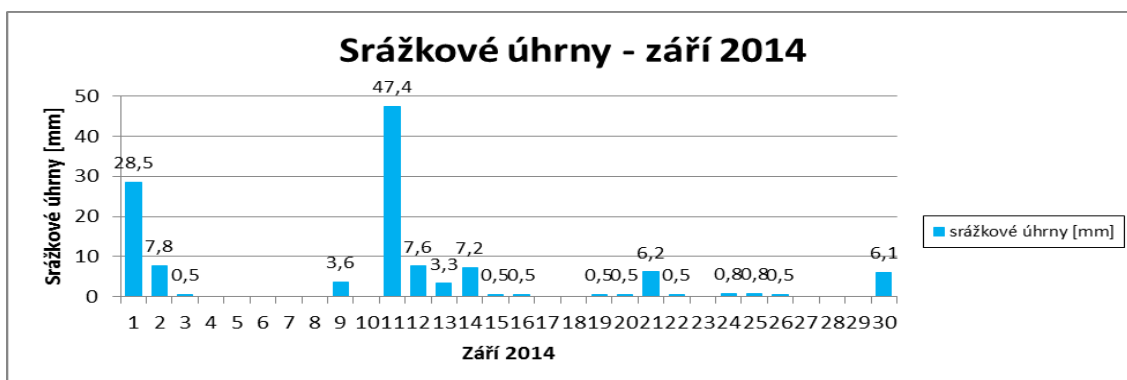
Obrázek 36 Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce srpen 2014, černou čarou jsou znázorněny průměry pro daný den.



Obrázek 37 Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce srpen 2014.



Obrázek 38 Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu měsíce září 2014, černou čarou jsou znázorněny průměry pro daný den.



Obrázek 39 Denní srážkové úhrny v průběhu měsíce září 2014.

Příloha 2 Proces kompostování

1) Vstupní suroviny



Obrázek 40 Vstupní suroviny do procesu kompostování (Zdroj: a, b, c, d, e – Karhánková, I., f – Slejška, 2003)

2) Sběr vstupů



Obrázek 41 Sběr vstupů ke kompostování (Zdroj: a - Svobodová, 2010, b – Lowry, 2009, c – Kopová et Chrastina, 2011, d – Mašek, 2015, e - Karhánková, I.)

3) Svoz vstupů



Obrázek 42 Svoz vstupů (Zdroj: a - Kuncová-Polická, 2014, b - SITA CZ a.s., 2014, c - Logistika a skladování, 2015, d – Slejška et Grygara, 2003, e – Kašperová, 2013, f - Karhánková, I.)

4) Drcení dřevní hmoty – nakladač a drtič



Obrázek 43 Drcení dřevní hmoty nakladač a drtič (Zdroj: a, b, c, d - Karhánková, I, e - Kašperová, 2013, f - Centrální kompostárna Brno recykluje dřevo, 2014)

5) Homogenizace vstupních surovin – nakladač a homogenizér s traktorem



Obrázek 44 Homogenizace vstupních surovin – nakladač a homogenizér s traktorem (Zdroj: a - Homogenizace (míchání) kompostů, 2015, b, c - Karhánková, I.)

6) Překopávání - nakladač



Obrázek 45 Překopávání – nakladač (Zdroj: Karhánková, I.)

7) Provzdušňování – panely pod kompostovací hromadou



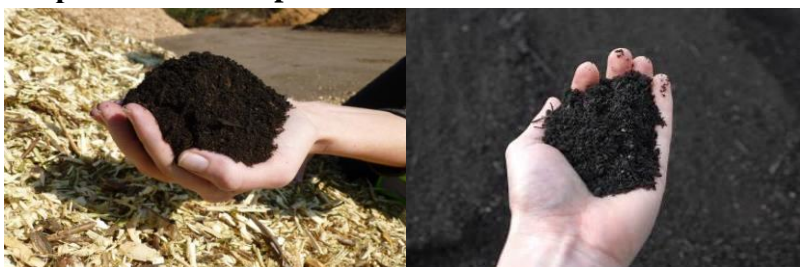
Obrázek 46 Provzdušňování – panely pod kompostovací hromadou (Zdroj: a, b - Karhánková, I., c - Černovice, Žabčice, Podivín, 2012)

8) Třídění – bubnový třídič a nakladač



Obrázek 47 Třídění – bubnový třídič a nakladač (Zdroj: a, b, d - Karhánková, I., c - Řada L - bubnové třídiče PEZZOLATO, 2014, e – Trnavský, 2008, f - Rotačné triediče Doppstadt rady SM, 2014)

9) Výstup kompostování - kompost



Obrázek 48 Výstup kompostování – kompost (Zdroj: a - Kuchaříková, 2014, b - Kašperová, 2013)

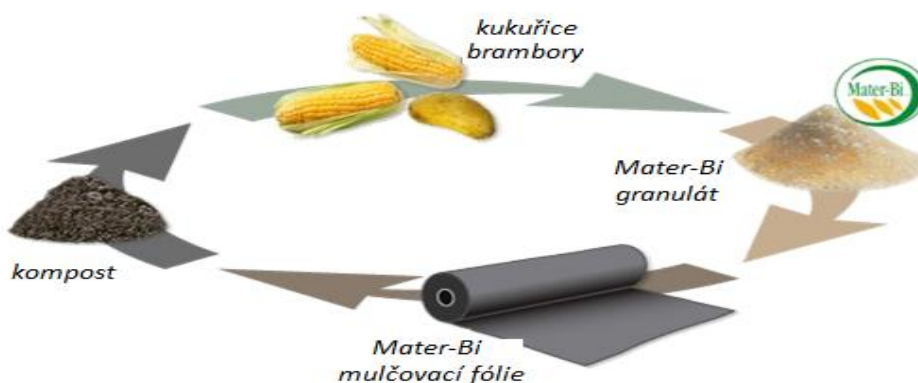
10) Vliv kompostu na kvalitu půdy



vyzrálý kompost - půda před aplikací kompostu - půda po aplikaci kompostu

Obrázek 49 Vliv kompostu na kvalitu půdy (Zdroj: Kvapil, 2012)

11) LCA tohoto procesu



Obrázek 50 LCA tohoto procesu (Upraveno: Karhánková, I., zdroj: Mater-Bi-Mulchfolien, die umweltfreundliche Alternative zu Mulchfolien aus Polyethylen!, 2008)

Příloha 3 Náklady na jeden kompostovací cyklus

Tabulka 17 Složení zakládky kompostu – vstupní suroviny (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj:

1) Databáze kompostáren v ČR – Brno, 2013, 2) Zemánek et al., 2010)

Složení zakládky kompostu – vstupní suroviny	Zastoupení vstupů v zakládce		Objemová hmotnost uvažovaná pro tento pokus		Hmotnost uvažovaná pro tento pokus [t]
	[%]	[m ³]	[kg/m ³] ²⁾	[t/m ³]	
<i>tráva</i>	10%	50	400	0,40	20
<i>listí</i>	5%	25	300	0,30	8
<i>dřevní hmota</i>	25%	125	350	0,35	44
<i>kaly</i>	10%	50	1 400	1,40	70
<i>BRKO (včetně biodegradabilních plastů)</i>	40%	200	600	0,60	120
<i>nadsítná frakce (vlastní)</i>	10%	50	500	0,50	25
Celkem	100%¹⁾	500 m³¹⁾	x	x	286 tun

I. SVOZ

Tabulka 18 Náklady na svoz vstupů ke kompostování (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Mapy.cz,

2015, 2) Zemánek et al., 2010, 3) Databáze kompostáren v ČR – Brno, 2013 – 500 m³, 4) Filip, 2015)

Název položky	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty
<i>Složení zakládky kompostu – vstupní suroviny</i>	<i>tráva</i>	<i>listí</i>	<i>dřevní hmota</i>	<i>kaly</i>	<i>BRKO (včetně biodegradabilních plastů)</i>	Celkem
Jedna jízda [km] ¹⁾	2 x 5	2 x 5	2 x 5	2 x 15	2 x 10	x
Celkem na jednu jízdu [km]	20	10	10	40	30	116 km
Doprava ²⁾	nákladní automobil + kontejner	nákladní automobil + kontejner	nákladní automobil + kontejner	nákladní automobil + cisterna	nákladní automobil + kontejner	x
Ložný prostor prostředku [m ³] ²⁾	14	14	14	11	10	x
Objem vstupů [m ³]	50	25	125	50	200	450 m³³⁾
Počet jízd	4	2	9	5	20	40
Manipulace - 30 minut/1 jízda [h] ⁴⁾	2	1	4,5	2,5	10	20 h
Manipulace - nakládka + vykládka (400 Kč/h) [Kč] ⁴⁾	800 Kč	400 Kč	1 800 Kč	1 000 Kč	4 000 Kč	8 000 Kč
Celkový počet ujetých km [km]	40	20	90	150	400	700 km
Cena za km [Kč] ⁴⁾	25	25	25	26	26	x
Celkem za ujeté km [Kč]	1 000 Kč	500 Kč	2 250 Kč	3 900 Kč	10 400 Kč	18 050 Kč
Rychlost prostředku [km/h] ²⁾	45	45	45	35	45	x
Počet hodin na 1 jízdu prostředku s rezervou [h]	1	0,5	2	4,5	9	17
Náklady na svoz [Kč]	1 800 Kč	900 Kč	4 050 Kč	4 900 Kč	14 400 Kč	26 050 Kč

Tabulka 19 Náklady na mzdy pracovníků (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: viz tabulka č. 19)

Mzdy	Počet hodin	Náklady na mzdy na drcení [Kč]
<i>Řidič – řízení [150 Kč/h]</i>	17	2 250 Kč
<i>Řidič – nakládka, vykládka a další obsluha [115 Kč/h]</i>	20	2 300 Kč
Celkem [Kč]	x	4 850 Kč

Tabulka 20 Výpočet hodinové sazby pracovníků svozu odpadu (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj:

Hrubá měsíční mzda podle podskupin a kategorií zaměstnání CZ-ISCO 2014, 2014)

Název položky	Průměrná hrubá měsíční mzda [Kč]	Hodinová sazba [h] při 160 h/měsíc
<i>Řidič speciálních vozidel</i>	24 040	150
<i>Pracovníci (obsluha) odvozu odpadu</i>	18 422	115

Tabulka 21 Celkové náklady svoz vstupů (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Ekonomické normativy strojů, 2015)

Název položky	Hodnoty
Náklady na stroje (dopravní prostředek) [Kč]	18 050 Kč
Náklady na práci (mzdy) [Kč]	4 850 Kč
Náklady na provoz strojů 21h * 400 Kč/h [Kč] ¹⁾	8 000 Kč
Celkové náklady [Kč]	30 900 Kč

Tabulka 22 Náklady na provoz strojů (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Ekonomické normativy strojů, 2015, 2) Databáze kompostáren v ČR – Brno, 2013)

Název položky	Sazba [Kč/h] ¹⁾	Typ stroje ²⁾
Traktor	200	Traktoru John Deere 6430
Nakladač	150	Čelní kolový nakladač JCB 541-70 Agri
Drtič	1 000	Drtič DOPPSTADT AK 430 Profi
Bubnový třídič	500	Bubnový třídič DOPPSTADT SM 518
Homogenizér	500	Homogenizér SAM 5600/200

II. DRCENÍ

Tabulka 23 Náklady na nakládání s dřevní hmotou (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Drcení dřevní hmoty, 2015, 2) Ceny benzínu a nafty, 2015, 3) Plíva, 2009, 4) Abrham, 2006)

Název položky	Hodnoty
Složení základky kompostu – vstupní suroviny	dřevní hmota
Zastoupení v základce [m ³]	125
Nakladač 130 m ³ /h., 10 l/h s rezervou [h] ¹⁾	1
Celková spotřeba paliva [l/h]	10
Náklady na palivo [31 Kč/l] ²⁾ při spotřebě 10 l [Kč]	310 Kč
Koeficient maziv Km (0,1) [náklady na palivo/h * 1,1/h] na 1 hodinu [Kč] ³⁾	341 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h] na 1 hodinu [Kč] ⁴⁾	35 Kč
Komplexní cena paliva [Km * počet hodin] = celkem [Kč] ³⁾	341 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h * počet hodin] = celkem [Kč] ⁴⁾	35 Kč
Náklady na nakládání dřevní hmoty [Kč]	376 Kč

Tabulka 24 Náklady na drcení dřevní hmoty (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Drcení dřevní hmoty, 2015, 2) Ceny benzínu a nafty, 2015, 3) Plíva, 2009, 4) Abrham, 2006)

Název položky	Hodnoty
Složení základky kompostu – vstupní suroviny	dřevní hmota
Zastoupení v základce [m ³]	125
Drtič 100 m ³ /h, 20 l/h s rezervou [h] ¹⁾	1,5
Celková spotřeba paliva [l/h]	30
Náklady na palivo [31 Kč/l] ²⁾ při spotřebě 30 l [Kč]	930 Kč
Koeficient maziv Km (0,1) [náklady na palivo/h * 1,1/h] na 1 hodinu [Kč] ³⁾	682 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h] na 1 hodinu [Kč] ⁴⁾	35 Kč
Komplexní cena paliva [Km * počet hodin] = celkem [Kč] ³⁾	1 023 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h * počet hodin] = celkem [Kč] ⁴⁾	53 Kč
Náklady na drcení dřevní hmoty [Kč]	1 076 Kč

Tabulka 25 Náklady na mzdy pracovníků (Tvorba: Karhánková, I., zdroj: Zemánek et Rajnoch, 2007)

Mzdy	Počet hodin	Náklady na mzdy na drcení [Kč]
Řidič [136 Kč/h]	1	136 Kč
Obsluha [110 Kč/h]	0,5	55 Kč
Celkem [Kč]	x	191 Kč

Tabulka 26 Celkové náklady na drcení dřevní hmoty (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Ekonomické normativy strojů, 2015)

Název položky	Hodnoty
Náklady na stroje (nakladač + drtič) [Kč]	1 452 Kč
Náklady na práci (mzdy) [Kč]	191 Kč
Náklady na provoz strojů 1h * 150 Kč/h + 1,5h * 1000 Kč/h [Kč] ¹⁾	1 650 Kč
Celkové náklady [Kč]	3 293 Kč

III. HOMOGENIZACE

Tabulka 27 Náklady na nakládání vstupů do kompostování (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Databáze kompostáren v ČR – Brno, 2013, 2) Drcení dřevní hmoty, 2015, 3) Ceny benzínu a nafty, 2015, 4) Plíva, 2009, 5) Abrham, 2006)

Název položky	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty
<i>Složení základky kompostu – vstupní suroviny</i>	<i>tráva</i>	<i>listí</i>	<i>dřevní hmota</i>	<i>kaly</i>	<i>BRKO (včetně biodegradabilních plastů)</i>	<i>nadsítná</i>	Celkem
Zastoupení v základce [m³]	50	25	125	50	200	50	500 m³¹⁾
Nakladač 130 m³/h., 10 l/h s rezervou [h]²⁾	0,5	0,5	1,0	0,5	2,0	0,5	5 h
Celková spotřeba paliva [l/h]	5	5	10	5	20	5	50 l
Náklady na palivo [31 Kč/l]³⁾ při dané spotřebě l [Kč]	155 Kč	155 Kč	310 Kč	155 Kč	620 Kč	155 Kč	1 550 Kč
Koeficient maziv Km (0,1) [náklady na palivo *1,1/h] na 1 hodinu [Kč]⁴⁾	341 Kč	341 Kč	341 Kč	341 Kč	341 Kč	341 Kč	x
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h] na 1 hodinu [Kč]⁵⁾	35 Kč	35 Kč	35 Kč	35 Kč	35 Kč	35 Kč	x
Komplexní cena paliva [Km * počet hodin] = celkem [Kč]⁴⁾	171 Kč	171 Kč	341 Kč	171 Kč	682 Kč	171 Kč	1 705 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h * počet hodin] = celkem [Kč]⁵⁾	18 Kč	18 Kč	35 Kč	18 Kč	70 Kč	18 Kč	176 Kč
Náklady na nakládání vstupů [Kč]	188 Kč	188 Kč	376 Kč	188 Kč	752 Kč	188 Kč	1 881 Kč

Tabulka 28 Náklady na homogenizaci vstupů do kompostování (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Databáze kompostáren v ČR – Brno, 2013, 2) Homogenizace (míchání) kompostů, 2015, 3) Ceny benzínu a nafty, 2015, 4) Plíva, 2009, 5) Abrham, 2006)

Název položky	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty	Hodnoty
<i>Složení základky kompostu – vstupní suroviny</i>	<i>tráva</i>	<i>listí</i>	<i>dřevní hmota</i>	<i>kaly</i>	<i>BRKO (včetně biodegradabilních plastů)</i>	<i>nadsítná</i>	Celkem
Zastoupení v základce [m³]	50	25	125	50	200	50	500 m³¹⁾
Homogenizátor 55 m³/h., traktor 10 l/h s rezervou [h]²⁾	1,0	0,5	2,5	1,0	4,0	1,0	10 h
Celková spotřeba paliva [l/h]	10	5	25	10	40	10	100 l
Náklady na palivo [31 Kč/l]³⁾ při dané spotřebě l [Kč]	310 Kč	155 Kč	775 Kč	310 Kč	1 240 Kč	310 Kč	3 100 Kč
Koeficient maziv Km (0,1) [náklady na palivo *1,1/h] na 1 hodinu [Kč]⁴⁾	341 Kč	341 Kč	341 Kč	341 Kč	341 Kč	341 Kč	x
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h] na 1 hodinu [Kč]⁵⁾	35 Kč	35 Kč	35 Kč	35 Kč	35 Kč	35 Kč	x
Komplexní cena paliva [Km * počet hodin] = celkem [Kč]⁴⁾	341 Kč	171 Kč	853 Kč	341 Kč	1 364 Kč	341 Kč	3 410 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h * počet hodin] = celkem [Kč]⁵⁾	35 Kč	18 Kč	88 Kč	35 Kč	141 Kč	35 Kč	352 Kč
Náklady na homogenizaci vstupů [Kč]	686 Kč	343 Kč	1 716 Kč	686 Kč	2 745 Kč	686 Kč	3 762 Kč

Tabulka 29 Náklady na mzdy pracovníků (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: Zemánek et Rajnoch, 2007)

Mzdy	Počet hodin	Náklady na mzdy na drcení [Kč]
Řidič [136 Kč/h]	5	680
Obsluha [110 Kč/h]	2	220
Celkem [Kč]	x	900

Tabulka 30 Celkové náklady na homogenizaci (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Ekonomické normativy strojů, 2015)

Název položky	Hodnoty
Náklady na stroje (nakladač + homogenizér) [Kč]	5 643 Kč
Náklady na práci (mzdy) [Kč]	900 Kč
Náklady na provoz strojů $5h * 150 \text{ Kč/h} + 10h * 500 \text{ Kč/h} + 10h * 200 \text{ Kč/h}$ [Kč] ¹⁾	7 750 Kč
Celkové náklady [Kč]	14 293 Kč

IV. PŘEKOPÁVKY

Tabulka 31 Náklady na překopávání kompostovací hromady (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj:

1) Zemánek et al., 2010, 2) Drcení dřevní hmoty, 2015, 3) Ceny benzínu a nafty, 2015, 4) Plíva, 2009, 5) Abrham, 2006, 6) Databáze kompostáren v ČR – Brno, 2013)

Název položky	První překopávka – konec prvního měsíce	Úprava zakládky (25% času) s rezervou ¹⁾	Druhá překopávka – konec druhého měsíce	Úprava zakládky (25% času) ¹⁾	Celkem
Ztráta objemu z 500 m ³ ⁶⁾ [%]	20%	x	10%	x	x
Objem po 1. a 2. ztuhnutí [m ³]	400	x	338	x	x
Nakladač 130 m ³ /h., 10 l/h s rezervou [h] ²⁾	3	1	3	1	8 h
Celková spotřeba paliva [l/h]	30	10	30	10	80 l
Náklady na palivo [31 Kč/l] ³⁾ při dané spotřebě l [Kč]	930 Kč	310 Kč	930 Kč	310 Kč	1 505 Kč
Koeficient maziv Km (0,1) [náklady na palivo * 1,1/h] na 1 hodinu [Kč] ⁴⁾	341 Kč	341 Kč	341 Kč	341 Kč	x
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h] na 1 hod. [Kč] ⁵⁾	35 Kč	35 Kč	35 Kč	35 Kč	x
Komplexní cena paliva [Km * počet hodin] = celkem [Kč] ⁴⁾	1 023 Kč	341 Kč	1 023 Kč	341 Kč	2 728 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h * počet hodin] = celkem [Kč] ⁵⁾	106 Kč	35 Kč	106 Kč	35 Kč	282 Kč
Náklady na překopávání [Kč]	1 129 Kč	376 Kč	1 129 Kč	376 Kč	3 010 Kč

Tabulka 32 Náklady na mzdy pracovníků (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: Zemánek et Rajnoch, 2007)

Mzdy	Počet hodin	Náklady na mzdy na drcení [Kč]
Řidič [136 Kč/h]	8	1 088 Kč
Celkem [Kč]	x	1 088 Kč

Tabulka 33 Celkové náklady na překopávky (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Ekonomické normativy strojů, 2015)

Název položky	Hodnoty
Náklady na stroje (nakladač) [Kč]	3 010 Kč
Náklady na práci (mzdy) [Kč]	1 088 Kč
Náklady na provoz strojů $8h * 150 \text{ Kč/h}$ [Kč] ¹⁾	1 200 Kč
Celkové náklady [Kč]	5 298 Kč

V. PROVZDUŠŇOVÁNÍ

Tabulka 34 Náklady na provzdušňování kompostovací hromady (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) pracovník kompostárny, 2014, 2) Databáze kompostáren v ČR – Brno, 2013, 3) Kašpárek, 2013)

Název položky	Počet dní kompostování [dny]	Počet hodin [h]	Spotřeba energie (2,2 kW/h) ²⁾	Spotřeba energie (4,8 Kč/h) ³⁾
<i>Pouštění 1 hodinu denně¹⁾</i>	90	90	198	962 Kč
Náklady na provzdušňování [Kč]	x	x	x	962 Kč

Tabulka 35 Náklady na mzdy pracovníků (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: Zemánek et Rajnoch, 2007)

Mzdy	Počet hodin	Náklady na mzdy na drcení [Kč]
<i>Obsluha [110 Kč/h]</i>	15	1 650 Kč
Celkem [Kč]	x	1 650 Kč

Tabulka 36 Celkové náklady na provzdušňování (Vytvořeno: Karhánková, I.)

Název položky	Hodnoty
<i>Náklady na stroje [Kč]</i>	962 Kč
<i>Náklady na práci (mzdy) [Kč]</i>	1 650 Kč
Celkové náklady [Kč]	2 612 Kč

VI. TŘÍDĚNÍ

Tabulka 37 Výchozí a konečné parametry kompostovacího procesu (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: zadaná kritéria)

	Výchozí parametry	Konečné parametry
<i>Objem [m³]</i>	500 m ³	300 m ³
<i>Hmotnost [t]</i>	286 t	172 t

a) Frakce 24 mm – standardní A proces a část standardního procesu B

Tabulka 38 Hmotnost a zastoupení nadsítné složky a jemného kompostu (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) pracovník kompostárny, 2014)

Název položky	Zastoupení ve výstupu [%] ¹⁾	Zastoupení v základce [m ³]	Hmotnost uvažovaná pro tento pokus [t]
<i>Nadsítná (nad 24 mm)¹⁾</i>	40	120	69
<i>Jemný kompost (pod 24 mm)¹⁾</i>	60	180	103
Celkem po procesu (-40% z 500 m³ a z 286 t)		300 m³	172 tun

Tabulka 39 Náklady na nakládání výstupů do kompostování (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Drcení dřevní hmoty, 2015, 2) Ceny benzínu a nafty, 2015, 3) Plíva, 2009, 4) Abrham, 2006)

Název položky	Hodnoty
<i>Frakce</i>	<i>Frakce 24 mm</i>
Výstupy [m³]	300 m³
Nakladač 130 m³/h., 10 l/h s rezervou [h]¹⁾	2,5 h
Celková spotřeba paliva [l/h]	25 l
Náklady na palivo [31 Kč/l]²⁾ při dané spotřebě l [Kč]	775 Kč
Koeficient maziv Km (0,1) [náklady na palivo * 1,1/h] na 1 hodinu [Kč]³⁾	341 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h] na 1 hodinu [Kč]⁴⁾	35 Kč
Komplexní cena paliva [Km * počet hodin] = celkem [Kč]³⁾	853 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h * počet hodin] = celkem [Kč]⁴⁾	88 Kč
Celkové náklady na nakládání výstupů [Kč]	941 Kč

Tabulka 40 Náklady na třídění výstupů do kompostování frakce 24 mm (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Třídění, síťování kompostu, zeminy bubnovým tříděčem, 2015, 2) Ceny benzínu a nafty, 2015, 3) Plíva, 2009, 4) Abraham, 2006)

Název položky	Hodnoty
<i>Frakce</i>	<i>Frakce 24 mm</i>
Výstupy [m³]	300 m ³
Tříděč 50 m³/h, 10 l/h s rezervou [h]¹⁾	6 h
Celková spotřeba paliva [l/h]	60 l
Náklady na palivo [31 Kč/l]²⁾ při dané spotřebě l [Kč]	1 860 Kč
Koeficient maziv Km (0,1) [náklady na palivo *1,1/h] na 1 hodinu [Kč]³⁾	341 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h] na 1 hodinu [Kč]⁴⁾	35 Kč
Komplexní cena paliva [Km * počet hodin] = celkem [Kč]³⁾	2 046 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h * počet hodin] = celkem [Kč]⁴⁾	211 Kč
Náklady na překopávání [Kč]	2 257 Kč

Tabulka 41 Náklady na mzdy pracovníků (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Zemánek et Rajnoch, 2007, 2) pracovník kompostárny, 2014)

Mzdy	Počet hodin	Náklady na mzdy na drcení [Kč]
<i>Řidič [136 Kč/h]¹⁾</i>	3	340 Kč
<i>Obsluha [110 Kč/h]¹⁾</i>	1	110 Kč
Celkem při standardním procesu A [Kč]	x	450 Kč
<i>Brigádník [90 Kč/h]²⁾</i>	6	540 Kč
Celkem při standardním procesu B [Kč]	x	990 Kč

Tabulka 42 Celkové náklady na třídění ve standardním procesu A a B (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Ekonomické normativy strojů, 2015)

Název položky	Hodnoty
<i>Náklady na stroje (nakladač + tříděč) [Kč]</i>	3 198 Kč
<i>Náklady na práci (mzdy) [Kč]</i>	450 Kč
<i>Náklady na provoz strojů 3h * 150 Kč/h + 6h * 500 Kč/h [Kč]¹⁾</i>	3 375 Kč
Celkové náklady [Kč] – standardní A proces	7 023 Kč
<i>Náklady na práci navíc (mzdy) [Kč]</i>	540 Kč
Celkové náklady [Kč] – standardní B proces	7 563 Kč

b) Frakce 40 mm – standardní proces B

Tabulka 43 Hmotnost a zastoupení nadsítné složky a jemného kompostu pro třídění (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) pracovník kompostárny, 2014)

Název položky	Zastoupení ve výstupu [%] ¹⁾	Zastoupení v základce [m ³] ²⁾	Hmotnost uvažovaná pro tento pokus [t]
<i>Nadsítná (nad 40 mm)¹⁾</i>	40	48	28
<i>Jemný kompost (pod 40 mm nad 24 mm)¹⁾</i>	60	72	41
Celkem ze 120 m³ – nadsítná z frakce 24 mm	100%	120 m³	69 tun

Tabulka 44 Náklady na nakládání výstupů do kompostování (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Drcení dřevní hmoty, 2015, 2) Ceny benzínu a nafty, 2015, 3) Plíva, 2009, 4) Abrham, 2006, 5) Databáze kompostáren v ČR – Brno, 2013)

Název položky	Hodnoty
<i>Frakce</i>	<i>Frakce 40 mm</i>
Výstupy [m ³] ^{z 5)}	120 m ³
Nakladač 130 m ³ /h., 10 l/h s rezervou [h] ¹⁾	1 h
Celková spotřeba paliva [l/h]	10 l
Náklady na palivo [31 Kč/l] ²⁾ při dané spotřebě l [Kč]	310 Kč
Koeficient maziv Km (0,1) [náklady na palivo *1,1/h] na 1 hodinu [Kč] ³⁾	341 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h] na 1 hodinu [Kč] ⁴⁾	35 Kč
Komplexní cena paliva [Km * počet hodin] = celkem [Kč] ³⁾	341 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h * počet hodin] = celkem [Kč] ⁴⁾	35 Kč
Náklady na nakládání výstupů [Kč]	376 Kč

Tabulka 45 Náklady na třídění výstupů do kompostování frakce 40 mm (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Třídění, síťování kompostu, zeminy bubnovým třídičem, 2015, 2) Ceny benzínu a nafty, 2015, 3) Plíva, 2009, 4) Abrham, 2006, 5) Databáze kompostáren v ČR – Brno, 2013)

Název položky	Hodnoty
<i>Frakce</i>	<i>Frakce 40 mm</i>
Výstupy [m ³]	120 m ³
Třídič 50 m ³ /h, 10 l/h s rezervou [h] ¹⁾	2,5 h
Celková spotřeba paliva [l/h]	25 l
Náklady na palivo [31 Kč/l] ²⁾ při dané spotřebě l [Kč]	775 Kč
Koeficient maziv Km (0,1) [náklady na palivo *1,1/h] na 1 hodinu [Kč] ³⁾	341 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h] na 1 hodinu [Kč] ⁴⁾	35 Kč
Komplexní cena paliva [Km * počet hodin] = celkem [Kč] ³⁾	853 Kč
Normativ nákladů na opravy Nol [32 Kč/h * počet hodin] = celkem [Kč] ⁴⁾	88 Kč
Náklady na překopávání [Kč]	941 Kč

Tabulka 46 Náklady na mzdy pracovníků (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Zemánek et Rajnoch, 2007, 2) pracovník kompostárny, 2014)

Mzdy	Počet hodin	Náklady na mzdy na drcení [Kč]
Řidič [136 Kč/h] ¹⁾	1	136 Kč
Obsluha [110 Kč/h] ¹⁾	0,5	55 Kč
Brigádník [90 Kč/h] ²⁾	4	225 Kč
Celkem při standardním procesu B [Kč]	x	416 Kč

Tabulka 47 Celkové náklady na třídění (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Ekonomické normativy strojů, 2015)

Název položky	Hodnoty
Náklady na stroje (nakladač + třídič) [Kč]	1 317 Kč
Náklady na práci (mzdy) [Kč]	191 Kč
Náklady na provoz strojů 1h * 150 Kč/h + 2,5h * 500 Kč/h [Kč] ¹⁾	1 400 Kč
Náklady na práci navíc (mzdy) [Kč]	225 Kč
Celkové náklady [Kč]	3 133 Kč

VII. CELKOVÉ NÁKLADY VE STANDARDNÍM PROCESU A

Tabulka 48 Celkové náklady na standardní proces A (Vytvořeno: Karhánková, I.)

Název položky	Náklady na stroje [Kč]	Náklady na práci [Kč]	Náklady na provoz strojů [Kč]	Celkové náklady [Kč]
<i>Svoz</i>	18 050 Kč	4 850 Kč	8 000 Kč	30 900 Kč
<i>Drcení dřevní hmoty</i>	1 452 Kč	191 Kč	1 650 Kč	3 293 Kč
<i>Homogenizace vstupů</i>	5 643 Kč	900 Kč	7 750 Kč	14 293 Kč
<i>Překopávání</i>	3 010 Kč	1 088 Kč	1 200 Kč	5 298 Kč
<i>Provzdušňování</i>	962 Kč	1 650 Kč	0 Kč	2 612 Kč
<i>Třídění frakce 24 mm</i>	3 198 Kč	450 Kč	3 375 Kč	7 023 Kč
Celkem [Kč]	32 315 Kč	9 129 Kč	21 975 Kč	63 419 Kč

VIII. VÝSTUPY VE STANDARDNÍM PROCESU A

Tabulka 49 Výpočet výstupů ve standardním procesu A (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroje:

1) pracovník kompostárny, 2014)

Název položky		Výchozí hmotnost ze vstupů [t]	Výchozí hmotnost ze vstupů [%]	Zastoupení výstupů [%]	Zastoupení výstupů [m ³]	Počet tun daných výstupů [t]
<i>Standardní proces A</i>	<i>Celkové množství nadsítné (nad 24 mm)¹⁾</i>	172	60	24	120	69
	<i>Celkové množství jemného kompostu (pod 24 mm)¹⁾</i>	172	60	36	180	103
Celkem [t]		x	x	60%	300 m³	172 tun

IX. VÝSTUPY VE STANDARDNÍM PROCESU B

Tabulka 50 Výpočet výstupů ve standardním procesu B kompostování – frakce 24 mm (Vytvořeno:

Karhánková, I., zdroje: 1) pracovník kompostárny, 2014, 2) Jalovecký et al., 2012)

Název položky		Výchozí hmotnost ze vstupů [t]	Výchozí hmotnost ze vstupů [%]	Zastoupení výstupů [%]	Zastoupení výstupů [m ³]	Počet tun daných výstupů [t]
<i>Standardní proces B</i>	<i>Celkové množství nadsítné (nad 24 mm)¹⁾</i>	172	60	23,5	119	68,5
	<i>Celkové množství jemného kompostu (pod 24 mm)¹⁾</i>	172	60	36	180	103
	<i>Nerozložené plasty²⁾</i>	172	60	0,5	1	0,5
Celkem		x	x	60%	300 m³	172 tun

Tabulka 51 Výpočet výstupů ve standardním procesu B kompostování – frakce 40 mm (Vytvořeno:

Karhánková, I., zdroje: 1) pracovník kompostárny, 2014, 2) Jalovecký et al., 2012)

Název položky		Výchozí hmotnost ze vstupů [t]	Výchozí hmotnost ze vstupů [%]	Zastoupení výstupů (z nadsítné 24 mm) [%]	Zastoupení výstupů [m ³]	Počet tun daných výstupů [t]
<i>Standardní proces B</i>	<i>Celkové množství hrubé nadsítné (nad 40 mm)¹⁾</i>	68,5	60	9	47	27
	<i>Celkové množství jemná podsítná (pod 40 mm nad 24mm)¹⁾</i>	68,5	60	14	71	41
	<i>Nerozložené plasty²⁾</i>	68,5	60	0,5	1	0,5
Celkem		x	x	23,5%	119 m³	68,5 tun

Tabulka 52 Výstupy v procesu B po vyhodnocení frakcí (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroje: 1) pracovník kompostárny, 2014, 2) Jalovecký et al., 2012 – výpočty v metodice)

Název položky		Výchozí hmotnost ze vstupů [t]	Výchozí hmotnost ze vstupů [%]	Zastoupení výstupů [%]	Zastoupení výstupů [m ³]	Počet tun daných výstupů [t]
Standardní proces B	<i>Celkové množství hrubé nadsítne (nad 40 mm)</i>	172	60	9	47	27
	<i>Celkové množství jemné nadsítne (pod 40 mm nad 24mm)</i>	172	60	14	71	41
	<i>Nerozložené plasty²⁾</i>	172	60	1	2	1
	<i>Kompost¹⁾</i>	172	60	36	180	103
Celkem		x	x	60%	300 m³	172 tun

X. ODVOZ NEROZLOŽENÝCH PLASTŮ

Tabulka 53 Náklady na odvoz výstupů z kompostování do spalovny (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Mapy.cz, 2015, 2) Zemánek et al., 2010, 3) Filip, 2015)

Název položky	Hodnoty	Hodnoty
<i>Nestandardní výstupy z procesu kompostování</i>	<i>Nerozložené plasty</i>	Celkem
Jedna jízda [km]¹⁾	2 x 12	x
Celkem na jednu jízdu [km]	24	20 km
Doprava²⁾	nákladní automobil + kontejner	x
Ložný prostor prostředku [m³]²⁾	10	x
Hmotnost nerozloženého odpadu [t]	1	1 tuna
Objem nerozloženého odpadu z 250 m³ s rezervou [m³]	2	2 m³
Počet jízd	1	1
Manipulace - 30 minut/1 jízda [h]³⁾	0,5	0,5 h
Manipulace - nakládka + vykládka (400 Kč/h) [Kč]³⁾	200 Kč	200 Kč
Celkový počet ujetých km [km]	24	24 km
Cena za km [Kč]³⁾	26	x
Celkem za ujeté km [Kč]	624 Kč	624 Kč
Rychlost prostředku [km/h]²⁾	45	x
Počet hodin na 1 jízdu prostředku [h]	1	1
Náklady na odvoz [Kč]	824 Kč	824 Kč

Tabulka 54 Náklady na mzdy pracovníků (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: Hrubá měsíční mzda podle podskupin a kategorií zaměstnání CZ-ISCO 2014, 2014)

Mzdy	Počet hodin	Náklady na mzdy na drcení [Kč]
<i>Řidič – řízení [150 Kč/h]</i>	1	150 Kč
<i>Řidič – nakládka, vykládka a další obsluha [115 Kč/h]</i>	0,5	58 Kč
Celkem [Kč]	x	208 Kč

Tabulka 55 Celkové náklady na odvoz nerozložených plastů (Vytvořeno: Karhánková, I., zdroj: 1) Ekonomické normativy strojů, 2015)

Název položky	Hodnoty
<i>Náklady na stroje (dopravní prostředek) [Kč]</i>	624 Kč
<i>Náklady na práci (mzdy) [Kč]</i>	208 Kč
<i>Náklady na provoz strojů 0,5h * 400 Kč/h [Kč]¹⁾</i>	200 Kč
Celkové náklady [Kč]	1 032 Kč

XI. ODSTRANĚNÍ NEROZLOŽENÝCH PLASTŮ

Tabulka 56 Náklady na spalování a skládkování nerozložených plastů (Vytvořeno: Karhánková, I. zdroj: 1) Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, 2) Ceník za ukládání odpadů na skládce, 2015, 3) Cena za odstranění odpadu, 2015)

Název položky	Hodnoty	Hodnoty
<i>Nerozložitelné bioplastové výstupy z procesu kompostování</i>	<i>Nerozložené plasty</i>	Celkem
Počet tun [t]	1	1
Poplatek za přijetí a spálení 1 tuny odpadu [Kč] ³⁾	1 029	1 029 Kč
Celkem za spalování [Kč]	1 029	1 029 Kč
Počet tun [t]	1	1
Poplatek za přijetí na skládku 1 tuny odpadu dle zákona o odpadech [Kč] ¹⁾	500	500 Kč
Celkový poplatek dle zákona o odpadech [Kč]	500	500 Kč
Poplatek za přijetí na skládku 1 tunu odpadu [Kč] ²⁾	1 500	1 500 Kč
Celkový poplatek za přijetí odpadu na skládku [Kč]	1 500	1 500 Kč
Celkem za skládkování [Kč]	2 000	2 000 Kč

XII. CELKOVÉ NÁKLADY VE STANDARDNÍM PROCESU B

Tabulka 57 Celkové náklady na standardní proces B (Vytvořeno: Karhánková, I.)

Název položky	Náklady na stroje [Kč]	Náklady na práci [Kč]	Náklady na provoz strojů [Kč]	Celkové náklady [Kč]
<i>Svoz</i>	18 050 Kč	4 850 Kč	8 000 Kč	30 900 Kč
<i>Drcení dřevní hmoty</i>	1 452 Kč	191 Kč	1 650 Kč	3 293 Kč
<i>Homogenizace vstupů</i>	5 643 Kč	900 Kč	7 750 Kč	14 293 Kč
<i>Překopávání</i>	3 010 Kč	1 088 Kč	1 200 Kč	5 298 Kč
<i>Provzdušňování</i>	962 Kč	1 650 Kč	0 Kč	2 612 Kč
<i>Třídění frakce 24 mm</i>	3 198 Kč	990 Kč	3 375 Kč	7 563 Kč
<i>Třídění frakce 40 mm</i>	1 317 Kč	416 Kč	1 400 Kč	3 133 Kč
<i>Odvoz nerozložených plastů</i>	624 Kč	208 Kč	200 Kč	1 032 Kč
Celkem [Kč]	34 256 Kč	10 293 Kč	23 575 Kč	68 124 Kč
<i>Odstranění nerozložených plastů - spalovna</i>	x	x	x	1 029 Kč
<i>Odstranění nerozložených plastů - skládka</i>	x	x	x	2 000 Kč
Celkem [Kč] se spalovnou	x	x	x	69 153 Kč
Celkem [Kč] se skládkováním	x	x	x	70 124 Kč

XIII. CELKOVÉ NÁKLADY NA PROCESY

Tabulka 58 Celkové náklady na procesy a vyjádření nákladů na 1 tunu jemného kompostu (Vytvořeno: Karhánková, I.)

Název položky	Standardní proces A	Standardní proces B
<i>Celkové náklady na 1 kompostovací proces [Kč]</i>	63 419 Kč	69 153 Kč
<i>Náklady na 1 tunu vstupů při kapacitě 286 tun/1 cyklus [Kč]</i>	223 Kč	242 Kč
<i>Náklady na 1 tunu výstupů při kapacitě 172 tun/1 cyklus [Kč]</i>	369 Kč	402 Kč
<i>Náklady na 1 tunu jemného kompostu při kapacitě 103 tun/1 cyklus [Kč]</i>	616 Kč	671 Kč
Celkové náklady na 1 tunu jemného kompostu [Kč]	616 Kč	671 Kč