

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ



Ústav aplikované a krajinné ekologie

Zpracování odpadní biomasy ze zahrady
na domácím kompostišti

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Ing. Bohdan Stejskal, PhD.

Vypracoval:

Zbyněk Šmarda

Brno 2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Zbyněk Šmarda**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Agroekologie
Název tématu: **Zpracování odpadní biomasy ze zahrady na domácím kompostišti**
Rozsah práce: cca 35 stran + přílohy

Zásady pro vypracování:


1. Stručně popište problematiku domácího kompostování.
2. V průběhu jedné vegetační sezóny měřte množství odpadní biomasy, která naroste na zahradě rodinného domu.
3. Odpadní biomasu ze zahrady průběžně zpracovávejte na domácím kompostišti; přitom měřte objemové charakteristiky kompostovaných surovin.

Seznam odborné literatury:

1. AMBROS, Z. *Změny struktury a množství biomasy nedřevoaté*. Závěrečná práce.
2. DIVIŠ, J. *Analýza procesu kompostování na volné ploše – správná kompostářská praxe*. Diplomová práce. Brno: MENDELU Brno, 2012. 73 s.
3. EVANS, G. *Biowaste and biological waste treatment*. London: James & James, 2001. 194 s. ISBN 1-902916-08-5.
4. HORÁČKOVÁ, K. *Stanovení množství travní biomasy vyrostlé na zahradě v dané lokalitě za vegetační období*. Bakalářská práce. Brno: MENDELU Brno, 2013. 55 s.
5. MACHOVÁ, P. *Analýza zpracování bioodpadů kompostovacími technologiemi*. Diplomová práce. Brno: MZLU v Brně, 2006.
6. MOŇOK, B. a kol. *Komunitní kompostování*. 1. vyd. Náměšť nad Oslavou: ZERA, 2008. 32 s. ISBN 978-80-903548-7-6.
7. NOVÁKOVÁ, E. *Systém domovního kompostování travní biomasy vyrostlé na zahradě za vegetační období*. Diplomová práce. Brno: MENDELU Brno, 2012. 66 s.
8. ODSTRČILOVÁ, V. *Využití plastových kompostérů pro domácí kompostování*. Diplomová práce. Brno: MZLU v Brně, 2007. 88 s.
9. SCHMIDTOVÁ, T. *Průběh procesu domovního kompostování travní biomasy vyrostlé na zahradě za vegetační období*. Diplomová práce. Brno: MENDELU Brno, 2013. 46 s.
10. STEJSKAL, B. Change of physical properties of biodegradable waste during decomposting. *Infrastruktura and Ecology of Rural Areas*. 2012. sv. 1, č. 4, s. 37–48. ISSN 1732-5587.
11. ŠIMÍČKOVÁ, P. – GRODA, B. – ŠREFL, J. Environmentální technologie kompostování. In *Sborník přednášek konference Odpadové fórum 2007*. Praha: 2007, s. 337–343. ISBN 978-80-02-01894-0.
12. VYKLIČKÝ, O. *Změna fyzikálních charakteristik biologicky rozložitelných odpadů v průběhu rozkladu*. Diplomová práce. Brno: MENDELU Brno, 2012. 98 s.
13. WEIGLOVÁ, L. *Stanovení množství travní biomasy vyrostlé na zahradě v dané lokalitě za vegetační období*. Bakalářská práce. Brno: MENDELU Brno, 2013. 52 s.
14. 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.
15. ZEMÁNEK, P. – VEVERKA, V. Kompostování travní hmoty ze Zámeckého parku v Lednici. In *Agrotech Nitra 2002*. Nitra: SPU Nitra, 2002, s. 372–377. ISBN 80-8069-097-9.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2015


Zbyněk Šmarda
Autor práce




Ing. Bohdan Stejskal, Ph.D.
Vedoucí práce


prof. Ing. František Toman, CSc.
Vedoucí ústavu


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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „**Zpracování odpadní biomasy ze zahrady na domácím kompostišti**“ vypracoval 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 vědom, 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: 29. 4. 2015

Zbyněk Šmarda:

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji touto cestou vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Bohdanu Stejskalovi, PhD., za cenné rady, odborné vedení a mimo jiné za čas, který mi věnoval při zpracování této práce. Avšak především bych chtěl poděkovat svým rodičům, kteří mě po celou dobu studia podporovali, jak jejich péčí, tak finančně a kteří mně byli nápomocni při praktické realizaci tohoto projektu. A na konec i všem svým přátelům za jakoukoliv podporu.

ABSTRAKT

Bakalářská práce s názvem „Zpracování odpadní biomasy ze zahrady na domácím kompostišti“ je zaměřena na problematiku domácího kompostování biologicky rozložitelného odpadu ze zahrady na vytvořeném kompostišti. V práci jsou popsány jednotlivé procesy, které při kompostování probíhají. V praxi se především jedná o zpracování a kompostování posečené travní biomasy z přesně vytyčené plochy a shrabání opadaného listí z ovocných dřevin a keřů. Sekání trávy probíhalo přibližně každý měsíc ve vegetačním období od konce dubna do začátku října, hrabání listí pak v měsíci listopadu. Po celou dobu experimentu probíhalo měření množství srážek a objemové charakteristiky kompostovaných surovin, především hmotnost odpadní biomasy a také objemová změna kompostovaného materiálu v kompostišti. Práce je doplněna o výsledky měření.

Klíčová slova: biologicky rozložitelný odpad, biomasa, kompost, kompostování

ABSTRACT

Bachelor thesis with title „Process of trash biomass from garden on homemade compost“ it is focused on problematic of homemade composting of biological decomposable waste from garden to created compost. In work there are described the individual proceses which are in progress durning composting. In practise it means cultivating and composting of mow biomass from the marked place and rakeing fallen leaves from fruit trees or bushes. Cuting of grass was beeing processed every month in vegetation period from the end of April to start of October and rakeing of leaves in November. For whole time of experiment metering of rainfall and size characterization of composted material was in progress, especially weight of waste biomass and also size change of composted material in compost place. Mettering results are filled in work.

Key words: biological decomposable waste, biomass, compost, composting

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	CÍL.....	2
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	3
3.1	Biomasa.....	3
3.1.1	Definice biomasy	3
3.1.2	Biomasa odpadní.....	3
3.1.3	Biomasa cíleně pěstovaná.....	4
3.1.4	Způsoby využití biomasy k energetickým účelům	5
3.2	Historie kompostování	6
3.3	Kompostování	7
3.3.1	Druhy kompostů	9
3.3.2	Průběh procesů kompostování	9
3.3.3	Vliv podmínek na kompostovací proces.....	13
3.3.4	Zahradnické odpady vhodné ke kompostování	18
3.3.5	Výhody kompostování	20
3.3.6	Nevýhody kompostování	20
3.4	Domácí kompostování	21
3.5	Vermikompostování.....	23
4	METODIKA.....	24
4.1	Úvod.....	24
4.1.1	Charakteristika místa výzkumu	24
4.1.2	Popis kompostiště	25
4.1.3	Měření srážek.....	26
4.1.4	Popis sekačky.....	27
4.1.5	Měření objemové hmotnosti biomasy.....	28
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	29

5.1	Úvod.....	29
5.2	Měření atmosférických srážek	29
5.3	Hmotnost kompostované biomasy	30
5.4	Objemové změny	32
6	ZÁVĚR.....	35
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	36
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	39
9	SEZNAM TABULEK.....	40
10	SEZNAM GRAFŮ	41

1 ÚVOD

Kompostování odpadů je aerobní proces (za přístupu vzduchu), při němž se činností mikro a makro organismů využitelný biologicky rozložitelný odpad přeměňuje na stabilizovaný výstup – kompost. Dříve se domácí kompostování považovalo zejména za rekreační činnost spojenou se zahradnictvím, jakožto oblíbeným koníčkem většiny cha- tařů, chalupářů či majitelů rodinných domů a byla provozována naprosto běžně. Dnes většina bioodpadů z domácností končí ve spalovnách či na skládkách komunálního od- padu. (BÍNOVÁ, 2014) Sběr, zpracování a odstraňování biologicky rozložitelného od- padu je velkým problémem. Tento materiál je fermentabilní, a proto není vhodné jej skládkovat, vyšší obsah vody navíc zhoršuje energetické využití. Z celkové produkce odpadů v ČR představuje komunální odpad přibližně 14 % a z tohoto množství pak 30 – 40 % odpad komunální biologicky rozložitelný. Produkce biologicky rozložitelného komunálního odpadu u velkých zástaveb představuje přibližně 60-120 kg na osobu za rok, u malých činí 40-80 kg na osobu za rok. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

Nejedná se tedy o nikterak malé množství, které se většinou převáží na skládky a zde působí zejména těmito negativními vlivy:

- Působí zvětšování objemu odpadu a hmotnosti odpadu.
- Biologický rozklad odpadů uložených na skládku je provázen produkcí sklení- kových plynů (zejména CH_4 a CO_2), které mohou mít negativní vliv na klima- tické změny na Zemi.
- Vyvolává zvětšování počtů a aktivity patogenních mikroorganismů a parazitů.

V současné době se domácí kompostování považuje za jeden ze směrů, který mů- že tvořit potenciální odklon organických domácích odpadů od uložení na skládky (JASIM, SMITH, 2003) a je v souladu s evropskou směrnicí o skládkách odpadu.

Potenciál domácího kompostování je možno spatřovat v následujících bodech:

- Poskytuje flexibilní, nízkonákladový přístup k nakládání s odpady a usnadňuje udržitelnou recyklaci pro jednotlivé vlastníky rodinných domů.
- Odpady jsou procesem kompostování hygienizovány.
- Dochází k omezování (nikoliv k zamezení) úniku skleníkových plynů do atmo- sféry. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

2 CÍL

Cílem bakalářské práce je popsat a přiblížit problematiku domácího kompostování odpadní travní biomasy a listí. Dílčími cíli bylo zjišťování dynamiky růstu travní biomasy v dané lokalitě při daných srážkách, dále vážení vzniklé odpadní biomasy a zjišťování objemových změn v kompostišti v průběhu času. Následně je v této práci vyhodnocen experiment měření hmotnosti odpadní biomasy na zahradě rodinného domku v závislosti na srážkovém úhrnu a následné kompostování odpadní biomasy a změny v objemu v kompostišti.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Biomasa

3.1.1 Definice biomasy

Evropská směrnice č. 77/2001/ES definuje pojem biomasa následovně: „Biomasa se rozumí biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví, a rovněž biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu.“ (ONLINE 1)

Biomasa z pohledu ekologie je definovaná jako úhrn hmoty jedinců určitého druhu, skupiny druhů nebo všech druhů společenstva. Úhrn je součtem této skupiny na dané ploše. Může být rozlišen stav daných organismů, s ohledem na možnosti technického využití. U rostlin je takto rozlišována biomasa podzemní nebo nadzemní, biomasa suchá nebo ve vegetativním stavu. Jednotkami, v kterých jsou vyjadřovány tyto veličiny, jsou celková hmotnost sušiny nebo objemové jednotky (litr, cm^3 , m^3), nebo u čerstvé hmotnosti je používáno jednotek energie (joule). (ONLINE 2)

Biomasa je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství z údržby krajiny a péče o ni. (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ, 2004)

Všude ve světě je do biomasy určené k energetickému využití vkládána naděje, že se stane alternativním obnovitelným energetickým zdrojem a v budoucnosti nahradí podstatnou část mizejících neobnovitelných klasických zdrojů energie (uhlí, ropné produkty, zemní plyn). (CENEK, 2001)

3.1.2 Biomasa odpadní

První skupina je tvořena odpady a zbytky z různých lidských (převážně zemědělských) činností a její využívání je tak vlastně hlavně procesem recyklace. Její zpracování se dělí na „suché“ a „mokrě“ podle prostředí, ve kterém probíhá. Suché zpracování spočívá zjednodušeně ve spalování. Zpracování mokré znamená v tomto případě anaerobní fermentaci. Výsledkem jsou kromě energie také minerální látky obsahující popel nebo tzv. digestát, na živiny bohaté hnojivo. (WEGER, 2008).

Jako zbytkový rostlinný odpad se nejčastěji používá obilná a řepková sláma, která slouží především k přímému spalování. (HAVLÍČKOVÁ, 2010)

Sláma je považována za nejrozšířenější zdroj, který je možné přímo spalovat a má proti uhlí nízký obsah popelovin. (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996)

V podmínkách ČR jde především o využití biomasy z těchto zdrojů:

- **Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby:** kukuřičná, obilná, řepková sláma, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, dřevní odpady ze sadů a vinic, luk a pastvin.
- **Odpady z živočišné výroby:** exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady z mléčnic a z přidružených zpracovatelských kapacit.
- **Lesní odpady:** dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest.
- **Organický podíl tuhých komunálních odpadů:** komunální organické odpady z venkovských sídel, kaly z čistíren odpadních vod, odpadní organické zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch.
- **Organické odpady z potravinářství a průmyslových výrobníků** (odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, cukrovarů, konzerváren, z vinařských provozů, odpady ze stravovacích provozů, odpady z dřevařských provozů – odřezky, hobliny, piliny, odpady z papíren). (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996)

3.1.3 Biomasa cíleně pěstovaná

Do této skupiny patří energetické rostliny, kterými jsou převážně rychle rostoucí dřeviny a rostliny bylinného charakteru. Výhodou těchto bylin je snadný výsev, vysoké výnosy, krátké vegetační období, možnost zpracování na neenergetické účely a možnost rychle měnit druh rostliny.

a) energetické plodiny lignocelulózové

- energetické dřeviny (vrba, topol, olše, akát, platan, líska a další stromové a keřovité dřeviny). (VOŠTOVÁ, FRIES, 2003)
- obiloviny (celé rostliny)
- travní porosty (sloní tráva chřastice, trvalé travní porosty atd.)
- ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz)

b) energetické plodiny olejnaté (řepka olejka, slunečnice, len, dýně na semeno)

c) energetické plodiny škrobnato-cukernaté (brambory, cukrová řepa, obilí, topinambur, cukrová třtina, kukuřice). (CENEK, 2001)

Tyto druhy energetických plodin slouží k výrobě etylalkoholu, olejů, metylesterů a paliv.

3.1.4 Způsoby využití biomasy k energetickým účelům

Způsob využití biomasy k energetickým účelům ovlivňuje více faktorů. Nejdůležitějším faktorem je obsah sušiny v biomase. Hranicí mezi mokrymi a suchými procesy pro získání energie je hodnota 50% obsahu sušiny. Pod 50 % obsahu sušiny jsou využívány především suché procesy, nad tuto hodnotu mokré.

Způsoby přípravy biomasy pro energetické využití:

a) Termochemická přeměna biomasy (suché procesy):

- spalování
- zplynování
- pyrolýza

b) Biochemická přeměna biomasy (mokrý procesy):

- alkoholové kvašení
- metanové kvašení

c) Fyzikální a chemická přeměna biomasy:

- mechanicky (štípání, drcení, lisování, briketování, peletování, atd.),
- chemicky (esterifikace surových bio olejů),

d) Získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (např. při kompostování, anaerobních procesech čištění odpadních vod, anaerobní fermentaci pevných organických odpadů atd.) (PASTOREK, KÁRA, JEVÍČ, 2004)

V praxi ze suchých procesů převažuje spalování biomasy, z mokrých pak výroba bioplynu anaerobní fermentací. (MAREK, 2011)

3.2 Historie kompostování

První zmínky o kompostování organických odpadů pocházejí z blízkého Východu a Číny. Po tisíciletí se lidé snažili o to, aby všechny organické látky z domácností, zahrad, polí a chovu dobytka včetně fekálií byly shromažďovány a zpracovávány. Organické odpady byly pečlivě promíchávány se zeminou nebo bahnem z příkopů, rybníku a kanálů a také opakovaně ovlhčovány, až se proměnily v substrát podobný zemině. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

Ve starých evropských civilizacích lidé usilovali o odstraňování odpadů, protože považovali odpady za zdroj nakažlivých chorob. Ve středověku se odpady z městských sídel odvážely jen ojediněle. Zlepšení nastalo kolem 15. století, kdy se odpady z měst začaly odstraňovat. Koncem 19. století byla v Británii dána do provozu první spalovna odpadů a také první skládka odpadů. V roce 1900 byla v Nizozemí uvedena do provozu první kompostárna. Velkou zásluhu na zpracování organických odpadů kompostováním a o využití kompostu v zemědělství měl Angličan sir Albert Howard, kterému se podařilo na základě dlouholetých studií oživit základní myšlenky přípravy hnojiv. Howard rovněž navrhl shromažďování odpadů z domácností, dvorů, stájí, polí a zahrad, jejich umístění do hromad anebo jímek, mísení, ovlhčování a následné zrání. Vznikl tak kompost s obsahem humusu vhodný ke hnojení půdy. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

Kompostování v České republice má tradiční postavení, první kompostárna s řízenou technologií byla uvedena do provozu již roku 1912. Od té doby trval rozvoj až do roku 1987, kdy bylo na území České republiky vyrobeno téměř 2,5 mil. Mg kompostu s významným zastoupením komunálních a průmyslových bioodpadů a čistírenských kalů v surovinové skladbě kompostů. Po roce 1989, kdy kompostování odpadů ztratilo státní dotační podporu, byla výroba kompostu minimalizována na 200 - 400 tis. Mg. Vyráběné komposty byly využívány především při rekultivacích a při zakládání a údržbě zeleně. K dočasnému zvýšení zájmu zemědělců o vyrobené komposty došlo v r. 2000, kdy jim byla poskytnuta podpora ze státního rozpočtu na hnojení zemědělské půdy registrovanými komposty. Ukončením této podpory byla v roce 2001 řada kompostárenských kapacit opět zastavena. (RICHTER, 2008)

V minulosti bylo kompostování považováno za důležité z hlediska udržení úrodnosti zemědělské půdy s cílem dosažení soběstačnosti státu ve výrobě potravin. V podmínkách restrukturalizace zemědělství a současné agrární politiky není zájem zemědělského resortu o podporu kompostování. Zůstává však významným nástrojem v odpadovém hospodářství. (RICHTER, 2008)

Problematika kompostování se v současné době dostává do popředí zájmů producentů biologicky rozložitelné zbytkové biomasy (BRO), kteří postupně ztrácejí možnost tuto surovinu odvážet na skládky z důvodu redukce skleníkových plynů vznikajících při rozkladu BRO v anaerobních podmínkách. Při zakládání kompostáren se musí řídit řadou zákonů, nařízení a vyhlášek, které ve své většině upravují vztah provozovatele k životnímu prostředí. Přestože je kompostování jednou z nejekologičtějších technologií přeměny zbytkové biomasy na kvalitní hnojivo nebo hmotu, využitelnou např. k rekultivaci skládek, je při jeho provozování nutně dodržovat řadu zásad. (MACHOVÁ, 2006)

3.3 Kompostování

Nejrozšířenějším způsobem aerobního zhodnocení organických odpadů je kompostování. Jde o biotechnologický proces založený na schopnosti mikroorganismů a bezobratlých živočichů transformovat organické látky zejména cestou rozmělnění, mineralizace a humifikace. (TESAŘOVÁ et al., 2010) Každá technologie využívající aerobní kompostování musí zabezpečovat vhodné podmínky pro činnost aerobních mikroorganismů a tím dosažení optimálního průběhu kompostovacího procesu. (PLÍVA, 2005) V kompostech je možno vytvořit lepší podmínky pro jejich rozvoj a dosáhnout až desetkrát většího počtu mikroorganismů ve srovnání s půdou a tak získat humusové látky rychleji a produktivněji. (VÁŇA, BALÍK, TLUSTOŠ, 2004)

Kompostování lze definovat jako řízený proces, který zabezpečuje optimální podmínky potřebné pro rozvoj žádoucích mikroorganismů. (VÁŇA, 1997) Biochemickou degradaci, kromě účinků aerobních mikroorganismů, mohou doprovázet některé další reakce, jako jsou oxidace nebo hydrolýza. Složení mikroorganismů podílejících se na tomto procesu není konstantní, ale je přímo závislé na složení vstupního produktu a stupni humifikace. (HEJÁTKOVÁ, 2008) Přítomnost baktericidních a fungicidních látek v rozkladném materiálu může způsobit zpomalení rozkladu až jeho inhibici. (RŮŽEK, VOŘÍŠEK, 2010)

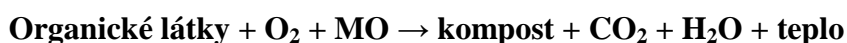
Při této technologii lze efektivně využít bioodpady ze zemědělství, komunální odpady, odpady z údržby veřejné zeleně a z jiných komodit. Jsou to například sláma, znehodnocená krmiva, listí, stařina, kuchyňské a jiné organické odpady, dřevní štěpka, travní hmota, kaly z čistíren odpadních vod, rybníční bahno atd. Produktem zpracování bioodpadu je organické hnojivo – kompost. (FILIP et al., 2002)

Z hlediska ekosystému a udržitelného rozvoje je kompostování přirozený koloběh biogenních prvků spojený s přenosem energie a degradací organické hmoty. (ČERMÁK, KEBÍSEK, 2008)

Kompost patří k nejstarším hnojivům, používaným pro pěstování rostlin a zlepšování kvality půdy. Výraz kompost pochází z latinského *compositus*, tj. materiál složený z více komponent. V podstatě jde o směs rostlinných zbytků v různém stupni mineralizace a humifikace, bohatou na aktivní nepatogenní mikroorganismy. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

Kompost je zralý tehdy, když tvoří tmavý, kyprý, drobtovitý materiál bez zápachu. Struktura původních komponent nejde rozeznat. Kompost vytváří mimořádně stabilní, vysoce hodnotnou organickou strukturu půdy, podporuje život v půdě a trvale zlepšuje vlastnosti půdy. Obsahuje všechny důležité hlavní i stopové živiny. Kompost reguluje hodnotu pH v půdě. Kvalitní kompost je hygienicky nezávadný, neobsahuje klíčivé semena ani oddenky plevelů. Usnadňuje zpracování půdy, zvyšuje vodní jímavost a retenční kapacitu, zkypruje utužené a těžké půdy, regeneruje půdu, omezuje kyselost, podporuje život v půdě, redukuje choroby rostlin a škůdce, snižuje vodní erozi, redukuje spotřebu vody a zabraňuje vysychání.

Zjednodušeně lze celý proces vyjádřit obecnou rovnicí. (PLÍVA, et al., 2006)



Záměrem kompostování organického odpadu je:

- Příprava kvalitního organického hnojiva, tj. kompostu s obsahem živin lehce využitelných rostlinami a humusových látek příznivě ovlivňujících fyzikálně-chemický a biologický stav půdy.
- Snižování počtu a aktivity patogenních mikroorganismů, parazitů a semen plevelů v kompostovaném materiálu.
- Zmenšení objemu a hmotnosti organických odpadů, zejména mineralizací snadno rozložitelných organických látek. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

3.3.1 Druhy kompostů

Podle původu organických odpadů se dělí komposty:

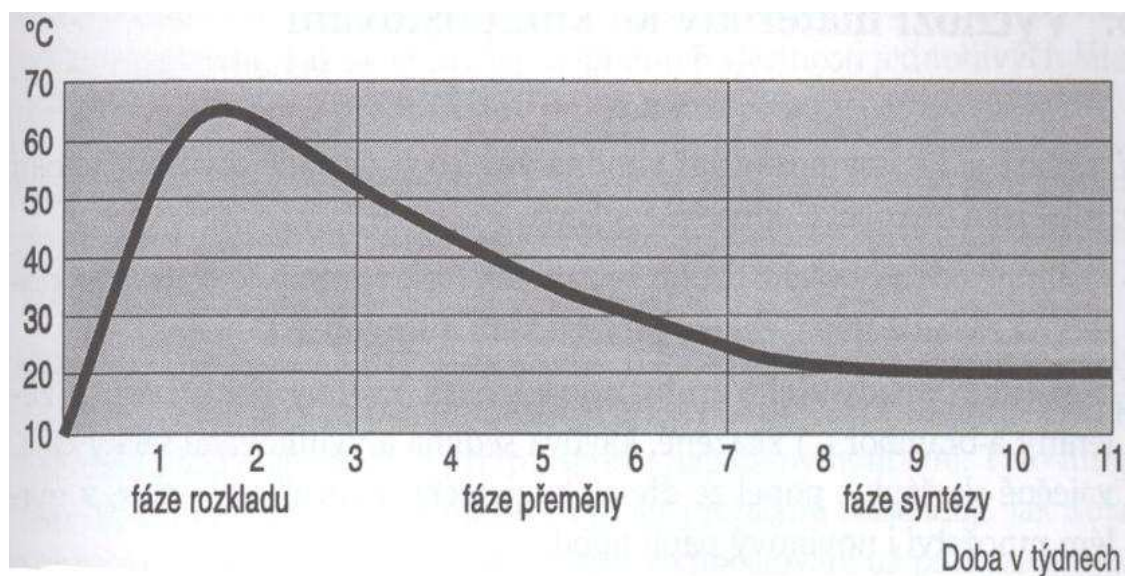
- statkové (faremní), jejichž základ tvoří organické zbytky z pěstování rostlin a chovů hospodářských zvířat (posklizňové zbytky, chlévská mrva, znehodnocená krmiva),
- průmyslové, v nichž se zhodnocují organické části komunálních a domovních odpadů, odpady z potravinářských podniků a kaly z čistíren odpadních vod,
- speciální, které se uplatňují převážně v zahradnictví; jde např. o komposty zakládané z listů ovocných stromů a keřů (listovka), z travních drnů (drnovka), speciální komposty pro pěstování vřesu (vřesovka) aj.

Zvláštní kategorii tvoří domácí komposty, které se zakládají ze zahradního odpadu, spadaneho listí, posečené trávy a mohou také obsahovat pevné zbytky jídel (kromě masa) a případně peří či srst domácích zvířat. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

3.3.2 Průběh procesů kompostování

Kompostování je kontinuální proces, a proto nelze přesně vymezit různé úseky tlení. Přesto se tlení rozděluje do tří fází (obr. 1, Tab. 1):

- fáze rozkladu
- fáze přeměny
- fáze výstavby (syntézy)



Obr. 1: Průběh teploty a fáze tlení. (KALINA, 1999)

V první fázi mikroflóra rozkládá (mineralizuje) jednoduché organické látky obsažené v kompostovaném materiálu (cukry, bílkoviny, aminokyseliny, mastné kyseliny). Rozklad je provázen uvolňováním energie, která se projevuje postupným zvyšováním teploty (Obr. 1). Rychlost růstu teploty je přímo úměrná aktivitě mikroorganismů. Mikrobiální aktivita je naopak ovlivňována nejen chemickým složením kompostovaného materiálu (poměr C:N, obsah snadno či obtížně rozložitelných organických látek), velikostí jeho částic, ale i teplotou. Podmínkou intenzivní mineralizace je rovněž příznivý poměr obsahu kyslíku a vody. Za vhodných podmínek může teplota kompostovaného materiálu v průběhu jednoho až dvou týdnů dosáhnout 55 – 65 °C (Obr. 1). (TESAŘOVÁ et al., 2010)

Druhá fáze kompostování zahrnuje procesy přeměn a částečného rozkladu hůře rozložitelných organických látek typu celulózy, hemicelulózy, tuků a ligninů. Rozklad katalyzují mikrobiální exoenzymy, zejména celulózy, pektináza, lipázy. Pokračuje částečný mikrobiální rozklad proteinů a organických sloučenin fosforu a síry. Meziprodukty rozkladu jsou pak ve fázi třetí využívány k syntéze humusových látek za účasti enzymů fenoloxidáz. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

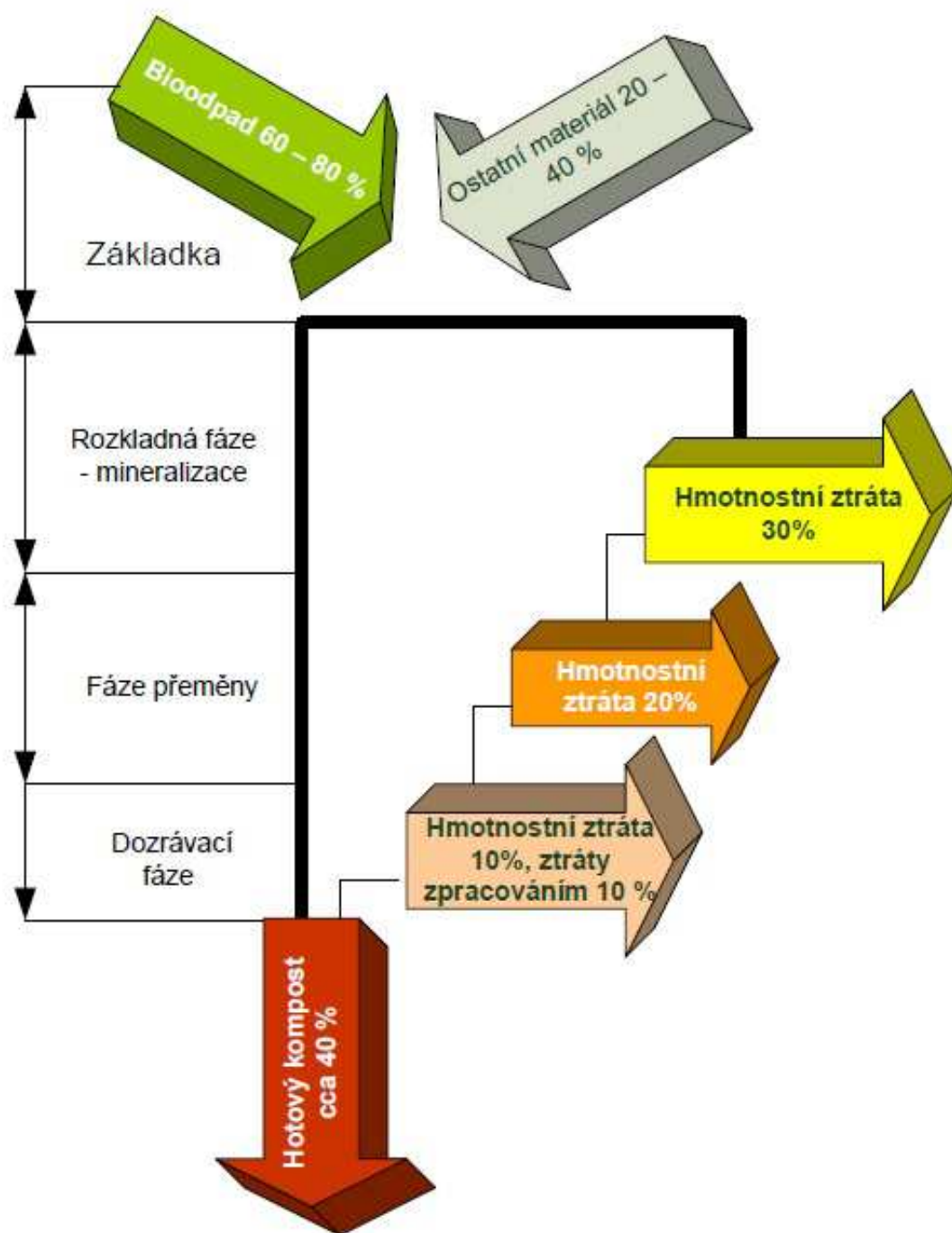
Druhá a třetí fáze zrání kompostu jsou provázeny postupným poklesem teploty. Přeměny hůře rozložitelných organických látek (fáze druhá) probíhají poměrně pomalu a množství uvolněné energie je ve srovnání s fází první nesrovnatelně nižší. Ve fázi třetí je naopak energie spotřebovávána pro humifikaci, tj. syntézu humusových látek z reaktivních produktů částečného rozkladu organické hmoty a mikrobiálních metabolitů. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

Dozrávání může probíhat několik týdnů až několik měsíců. Vyznačuje se poklesem teploty až na teplotu okolí. Ve vyzrálém kompostu mohou být přítomny bakterie, hmyz, roztoči a další organismy. (KULÍK, 2011)

Tab. 1: Typické parametry jednotlivých fází kompostování. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

Ukazatel	Počáteční fáze	Termofilní fáze	Mezofilní fáze	Fáze ochlazení a zrání
		Fáze rozkladu	Fáze přeměn	Fáze syntézy
Organismy	Mezofilní organismy	>50 °C termofilní bakterie a mikromycety, aktinomycety >65 °C termotolerantní bakterie >75 °C celulólytické a aktivní sporotvorné bakterie	Mezofilní smíšená mikroflóra, basidiomycety odbourávající lignin	Aktinomycety a mikromycety syntetizující humusové látky
Využitelnost živin	Rostoucí	Vysoká	Ubývající	Ubývající
pH	<7	Kolem 7	>7	Kolem 7
Teplota	Stoupající do 60 °C	>70 °C	40 – 45 °C	20 – 30 °C
Rozkladné procesy	Lehce odbouratelné organické látky	Hlavní fáze rozkladu org. látek, hygienizace	Celulóza a hůře odbouratelné látky, počátek syntézy humusu	Nepatrná rozkladná činnost, sílicí tvorba humusu
Stupeň zrání		Čerstvý kompost	Kompost	Zralý kompost

Celkové snížení hmotnosti materiálu od začátku kompostování závisí na více faktorech. Uváděná míra poklesu hmotnosti se v literárních zdrojích liší, např. Zemánek uvádí, že pokles hmotnosti může dosáhnout 30 – 40 %. (ZEMÁNEK et al., 2010), zatímco podle Sankeyova diagramu dochází k poklesu hmotnosti o 60 %. Podle vyjádření pracovníka z praxe (Radoslav Lánský, Technické služby Města Slavkova u Brna) se míra poklesu hmotnosti mění v průběhu roku. Odpad tvořený zejména čerstvou trávou vykazuje vyšší úbytek hmotnosti v průběhu procesu kompostování než např. odpady získané na podzim, kdy je v odpadech vyšší podíl listí a suché trávy.



Obr. 2: Hmotnostní bilance při kompostování - Sankeyův diagram. (NOVÁKOVÁ, 2012)

3.3.3 Vliv podmínek na kompostovací proces

Optimální podmínky pro rozvoj mikroorganismů lze zabezpečit úpravou následujících faktorů:

- surovinová skladba kompostu,
- zrnitost a homogenita surovin,
- teplota,
- provzdušnění surovin,
- vlhkost kompostovaných surovin,
- hodnota pH.

3.3.3.1 Surovinová skladba kompostu

Uhlík a dusík jsou v kompostovacím procesu nejdůležitější živiny. Množství uhlíku a dusíku ovlivňuje průběh kompostovacího procesu a kvalitu výsledného kompostu. Důležitým parametrem není celkové množství uhlíku a dusíku, ale množství, které je přístupné pro mikroorganismy. Mikroorganismy získávají uhlík rozkladem rostlinných a živočišných zbytků obsažených v kompostovaných surovinách a využívají ho pro stavbu buněk. V prvních fázích kompostovacího procesu je rozložený lehce přístupný uhlík. Během mikrobiální aktivity je část uhlíku uvolňována do ovzduší v podobě oxidu uhličitého. Množství uvolňovaného oxidu uhličitého (CO_2) se v průběhu kompostovacího procesu postupně snižuje, jako důsledek snížení mikrobiální aktivity v kompostu. (EPSTEIN, 1997)

Travní hmota má většinou optimální chemické složení pro kompostování. Je to zejména poměr uhlíku a dusíku (C:N), který se pohybuje v rozmezí 18 – 35. Užší poměr je u sečí mladé trávy, vyšší hodnoty poměru C:N u trav vysemeněných, u vytrvalých porostů a u stařiny. Pro kompostování jsou nepříznivé fyzikální vlastnosti travní fytomasy, zejména redukovaná objemová hmotnost trávy (přepočtená na sušinu). Tato vlastnost způsobuje obtížné míchání trávy s dalšími přísadami a v průběhu zrání velkou objemovou redukcí zrajícího kompostu. Travní hmota neobsahuje vhodnou mikroflóru pro vlastní kompostování. Při nedostatečné homogenizaci trávy s dalšími přísadami vznikají ve spodních vrstvách anaerobní zóny stlačené travní hmoty, kde probíhá hnití trávy, provázené zápachem. Vhodným přísadkou do surovinové skladby travní hmoty je zemina, zejména orniční skrývka, a to z důvodu zabezpečení vhodné mikroflóry.

Při dobré homogenizaci dostačuje přídavek 5 % hmotnosti, při horší homogenizaci 10 % přídavku. Zeminu je možné nahradit přídavkem již vyzrálého kompostu nebo nadsítným zbytkem kompostu při jeho úpravě. (HEJÁTKOVÁ et al., 2006)

Mikroorganismy rozkládají organické suroviny nejlépe při poměru C:N 30:1. Nižší poměr C:N způsobuje uvolňování dusíku v podobě amoniaku a to především v zásaditých podmínkách. (EPSTEIN, 1997) Pro dosažení vysoké stability a agronomické účinnosti kompostu je doporučený poměr C:N (25 – 30) :1. Při vysokém poměru C:N (50:1) dochází k zpomalování kompostovacího procesu. V těchto podmínkách dochází k prudkému růstu buněk, vyčerpávání přístupného dusíku a následnému úhynu buněk. Při velkém nadbytku anorganické složky probíhá humifikace organického podílu pomaleji. Substráty se širokým podílem C:N (nad 50:1) se rozkládají velmi pomalu. Při příliš úzkém poměru C:N v čerstvém kompostu (pod 20:1) převyšuje obsah dusíku potřeby mikroorganismů, což vede k nadměrné mineralizaci. Doba zrání kompostu se tím také prodlužuje a produktivita tvorby humusových látek klesá. (VÁŇA, 1997)

Základní pravidlo: Čím je starší, tmavší a dřevnatější materiál, tím je v něm obsaženo více uhlíku. Čím je materiál čerstvější, šťavnatější a zelenější, tím obsahuje více dusíku.

Tab. 2: Poměr C:N v některých surovinách ke kompostování. (KALINA, 1999)

Suroviny	C : N	Suroviny	C : N
Kůra	120 : 1	Drůbeží trus	10 : 1
Piliny	500 : 1	Močůvka	2 : 1
Papír, karton	350 : 1	Kejda skotu	10 : 1
Odpad z kuchyně	15 : 1	Hnůj skotu	25 : 1
Odpad ze zahrady	40 : 1	Sláma (žito, oves)	60 : 1
Listí	50 : 1	Sláma (pšenice, ječmen)	100 : 1
Posečená tráva	20 : 1	Odpad z domácí zabíjačky	16 : 1

3.3.3.2 *Zrnitost a homogenita surovin*

Zrnitostní úpravy odpadů ze zeleně a jejich dokonalá homogenizace jsou významným intenzifikačním faktorem urychlujícím zrání kompostu. Drcení, štěpkování a řezání zvyšuje povrch částic odpadů a je zcela nezbytné u dřevních odpadů.

Krátké seče trávy se kompostují rychleji než seče dlouhé. Příliš jemná zrnitost odpadů má za následek snížení pórovitosti a vznik anaerobních podmínek v kompostových zakládkách i při minimální vlhkosti (např. problémy při kompostování pilin). (VÁŇA, BALÍK, TLUSTOŠ, 2004) Struktura surového kompostu musí umožnit výměnu plynů mezi zrajícím kompostem a okolím tak, aby byl v zakládce dostatek kyslíku. Výsledný materiál zakládky musí být porézní, kyprý a nepřevlhčený.

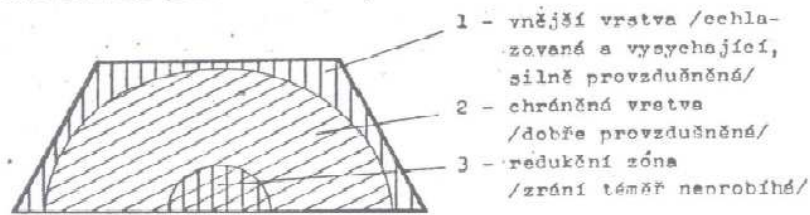
3.3.3.3 *Teplota*

Pravděpodobně nejdůležitějším aspektem teploty je její vliv na populaci mikroorganismů (termofilní, mezofilní, psychofilní). Teplota ovlivňuje rozvoj a aktivitu mikroflóry a tím určuje i rychlost rozkladu surovin. S teplotou se ale mění i ostatní podstatné reakce a prvky kompostovacího procesu. Teplota má vliv na vlhkost a vlhkost opětovně ovlivňuje populaci mikroorganismů a tím i průběh kompostovacího procesu.

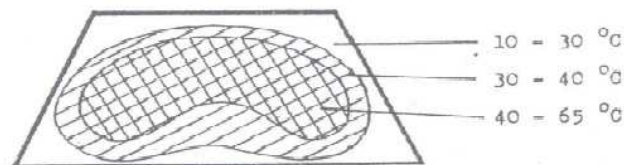
Kompostovací proces je většinou popisován pomocí průběhu teploty v čase v tzv. kompostovacích fázích. Změna teploty v čase má vliv na rychlost kompostovacího procesu a je důležitá pro produkci stabilního kompostu. (EPSTEIN, 1997)

Zakládka kompostu je teplotně různorodá (Obr. 3): ve svrchní vrstvě, která je silně provzdušněná, ale často vysychá nebo je ochlazovaná vzduchem, se teplota pohybuje mezi 10 – 30 °C, teplota střední chráněné vrstvy, která je dobře provzdušněná dosahuje 30 – 40 °C.

Rozvřetení profilu kompostu :



Teploty v profilu kompostu :



Obr. 3: Teplota v profilu zakládky. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

Nejvyšší teplota (kolem 65 °C) je uvnitř zakládky; maximální teploty zde mohou dosáhnout až 82 °C, což je teplota, při níž aktivita termofilních mikroorganismů a uvolňování energie dosahují vrcholu. Při domácím nebo zahradnickém kompostování uniká tepelná energie do prostředí a samozahřívání kompostovaného materiálu je omezeno. (TESAŘOVÁ et al., 2010) Zvýšení teplot v průběhu kompostování (55 – 60 °C) je nezbytné pro hygienizaci kompostu, tj. pro snížení počtů patogenních organismů, zejména bakterií (Tab. 3). Tato teplota by měla být udržována nejméně 3 – 5 dnů, aby došlo k trvalé inaktivaci jak patogenních organismů, tak i vajíček škůdců a semen plevelů. Teplota 45 – 55 °C je významná pro optimální mineralizaci organických látek, teplota 35 – 40 °C nejvíce přispívá k rozvoji mikrobiálních společenstev v kompostovaném materiálu. (STENTIFORD, 1996)

Tab. 3: Patogenní organismy vyskytující se v organických odpadech. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

Bakterie	<i>Salmonella, Escherichia, Yersinia, Streptococcus, Staphylococcus</i> spp.
Mikromycety	<i>Aspergillus (A. fumigatus)</i>
Viry	Enteroviry (viry hepatitidy A)
Paraziti	<i>Ascaris lumbricoides</i> (hlíst)

3.3.3.4 *Provzdušnění surovin*

Živé organismy potřebují k dýchání dostatečné množství vzduchu. Přívod vzduchu je základní podmínkou, kterou musíme dodržet pro funkci efektivního kompostování. Mokrý materiál musíme promíchávat se sušším a tím i vzdušnějším materiálem. (SCHILTHUIS, 1992) Kompostovací zásobník by měl být budován s větracími otvory. Není vhodné kompostovat v uzavřených nádobách, jímkách apod. Dostatek vzduchu v kompostu se zabezpečuje jeho překopáváním. To se může v případě domácího kompostování dělat ručním nářadím, jako jsou vidle a lopaty. (MOŇOK, 2008) Zvýšenou aerací se zkracuje doba zrání kompostu. Kontrola parametrů, zvláště teploty zakládky při častém provzdušňování, je velmi podstatná, neboť vysoká intenzita provzdušňování může vést k přílišné ztrátě tepla a tím k ochlazení zakládky a neúplné stabilizaci. (ZEMÁNEK, 2001)

3.3.3.5 *Vlhkost kompostovaných surovin*

Optimální vlhkost se uvádí mezi 50 – 60 %. (VÁŇA, 1997) Vlhkost by v průběhu kompostování neměla klesnout pod 40 %. Nižší obsah vody ovlivňuje negativně aktivitu mikroorganismů a silně podporuje rozvoj mikromycet a aktinomycet a omezuje aktivitu bakterií, což má nepříznivé důsledky pro průběh kompostování, i pro výslednou kvalitu kompostu. (TESAŘOVÁ et al., 2010) V případě vysoké vlhkosti nemohou přežít aerobní mikroorganismy, které zajišťují rozklad a množí se mikroorganismy anaerobní, jejichž působením vzniká zapáchající hnilý hmoty nepříznivě působící na růst rostlin. (KROPÁČEK, 2005) Při nedostatečné vlhkosti probíhají i další nežádoucí chemické reakce. Uvolněným reakčním teplem se může materiál zahřát až na takovou teplotu, kdy proběhne pyrolýza nebo suchá destilace materiálu. (ZEMÁNEK, 2001)

Tab. 4: Obsah vody v některých bioodpadech. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

Typ odpadu	Obsah vody (%)
Piliny, stromová kůra	40 – 70
Sláma, listí	13 – 20
Kuchyňský odpad	65 – 80
Odpad ze zeleniny	80 – 90
Chlévská mrva	70 - 80
Posečená tráva	50 - 70

3.3.3.6 Hodnota pH

Hodnota pH je měřítkem kyselosti a zásaditosti prostředí. V procesu kompostování ovlivňuje pH růst a aktivitu mikroorganismů. Bakterie, které vyžadují pro svůj růst pH 5 a nižší se nazývají acidofilní. Jejich optimální pH je obvykle 2 – 3. Bakterie, které nejlépe rostou při pH 7 – 12, se nazývají alkalofilní. Optimální pH pro alkalofilní bakterie je obvykle 9,5. Bakterie, které preferují pH blízké neutrálnímu se nazývají neutrofilní. (KOLLÁROVÁ, 2007) Optimální pH u čerstvého kompostu s ohledem na mikroorganismy je v rozmezí 6 – 8.

V počáteční fázi kompostování se pH pohybuje kolem hodnoty 5, jež je způsobena tvorbou organických kyselin. V této fázi jsou dominantními organismy houby a plísňe, tolerantní vůči kyselému prostředí. Krátce na to jsou kyseliny rozkládány mikroorganismy, což je doprovázeno změnou pH směrem k neutrálním hodnotám (PLÍVA, et al., 2006)

3.3.4 Zahradnické odpady vhodné ke kompostování

3.3.4.1 Tráva

Celkové množství tohoto vcelku problematického materiálu roste souběžně se zvyšujícími se plochami intenzivně ošetřovaných trávníků. Podle stupně intenzity se travní porosty sečou 3 – 20 x za sezonu. Čerstvá posečená tráva se tak stává nežádoucím odpadem. Struktura výsledné hmoty po seči je tvořena ústřížky trávy o délce 15 – 20 mm.

Vyšší obsah vody je způsoben jejím uvolněním z pletiv při přestřižení stébla. Vlhkost se tak pohybuje v hodnotách 50 – 70 %. I z těchto důvodů nelze tuto hmotu zkrmovat. (KULÍK, 2011)

Objem takto vzniklé hmoty závisí pochopitelně na stavu porostu, udává se přibližně hodnotou:

- 12 – 14 m³ hmoty z 1 ha ošetřované nestandardní travníkové plochy za rok. Při objemové hmotnosti 150 kg.m⁻³ to představuje množství 2,0 t.ha⁻¹.
- 30 m³ hmoty z 1 ha ošetřované luční travníkové plochy za rok. Při objemové hmotnosti 170 kg.m⁻³ to představuje množství 5,0 t.ha⁻¹.
- 35 m³ hmoty z 1 ha ošetřované travníkové parkové plochy za rok. Při objemové hmotnosti 200 kg.m⁻³ to představuje množství 7,0 t.ha⁻¹. (ZEMÁNEK et al., 2010)

Kompostování bez přídavku zeminy, minimálního množství substrátu, drcené slámy, štěpky apod. je problematické, neboť vrstva rychle slehává a bez přístupu vzduchu je náchylná k anaerobním procesům a k plísním. Zakládky s vyšším podílem této hmoty je nutno podstatně častěji překopávat. (KULÍK, 2011)

3.3.4.2 Listí

Listí je tradiční odpad použitelný jako materiál ke kompostování. Veškeré listí se dá kompostovat. Výjimku tvoří ořešák a listí z kaštanu, které je odolnější vůči mikrobiologickému rozkladu. (KOTOULOVÁ, VÁŇA, 2001) Ideální příprava pro kompostovací zakládku představuje smíchání podrceného listí z více druhů dřevin. Vlhkost směsi listí se pohybuje v rozmezí 15 – 40 %, poměr C:N (31 – 48) : 1, což signalizuje potřebu přidávání komponentů, které tento poměr zužují (kejda, hnůj, kuchyňský odpad atd.). Listí vzniká jednak jako odpad při těžbě a zpracování dřeva i po opadu na podzim v okrasných lesoparcích, na lesních komunikacích apod. Vyznačuje se vysokým obsahem organických látek a živin důležitých pro růst a vývoj rostlin. Vlhkost je 15 – 20 %, obsah organických látek činí 80 %, 1 % N, 0,2 – 0,3 % P₂O₅ dále obsahuje 0,25 – 0,43 % K₂O a 1,7 – 2,1 % CaO. Pro asimilační orgány lesních dřevin je typický obsah pryskyřice, vosků, tříslovin a barviv.

Obsah je dán druhem dřeviny a určuje i rozložitelnost listí, z tohoto důvodu dělíme rozložitelnost listí na 3 kategorie:

- rychle rozložitelné – olše, jasan, akát, habr, jilm, jírovec, lípa,
- středně rozložitelné – bříza, dub, javor,
- pomalu rozložitelné – topol, buk. (ZEMÁNEK et al., 2010)

3.3.4.3 *Odpad ze zeleniny*

Při pěstování zeleniny, zejména při jejím finálním zpracování (třídění, čištění, balení) vzniká značné množství biologických odpadů, stejně jako při jejím dalším zpracování (sušení, mražení, konzervace). Odpady ze zeleniny jsou tvořeny velmi různorodými materiály s poměrem C:N (30 – 40) : 1. Jsou většinou velmi strukturní, často není nutno je ani drtit, protože jsou snadno rozmělněny již při prvním (homogenizačním) překopávání. (ZEMÁNEK et al., 2010)

3.3.5 **Výhody kompostování**

Shrnutí hlavních výhod kompostování:

- až 100 % dusíku je organicky vázáno
- tvorba cenných humusových látek, které půdu oživují
- spolehlivé zničení většiny původců chorob, všech hnilobných a jedovatých látek
- usmrcení většiny semen plevelů
- rozklad těžko rozpustných základních živin i stopových prvků a tím zabezpečení zásobování těmito živinami ve vyrovnaném poměru
- kompost působí příznivě na životní prostředí, protože živiny, zejména dusičnany, se nevyplavují do podzemní vody
- tvorba přírodních antibiotik, které zčásti přijímají přímo rostliny a zvyšují odolnost proti škůdcům (KALINA, 1999)

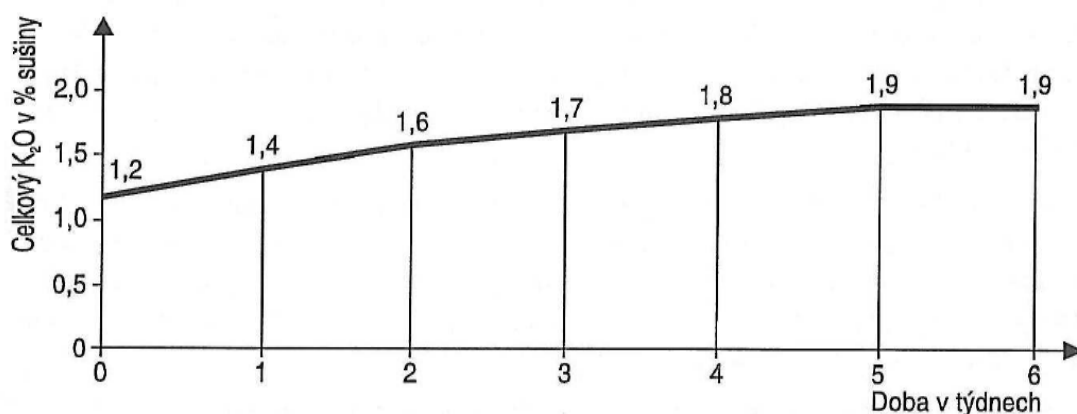
3.3.6 **Nevýhody kompostování**

Podle dosud uvedeného přehledu představuje kompostování vynikající možnost, aby půda získala opět dobrou zásobu humusu. Nejvýznamnějším důvodem proti kompostování u zemědělců je jistě vysoká pracnost. To však většině zahrádkářů nevadí.

Další důvod proti kompostování, který se občas uvádí, jsou ztráty živin. K tomu je třeba uvést, že při tlení v kompostu dochází k nejmenším ztrátám. Dusík může unikat pouze ve formě plynného čpavku. Ztráty se pohybují kolem 20 %. Uhlík uniká rovněž do vzduchu ve formě oxidu uhličitého v množství do 30 %.

Všechny ostatní živiny zůstávají v kompostu, to znamená, že v něm dochází k relativnímu obohacení živinami v důsledku ztráty sušiny (Obr 4).

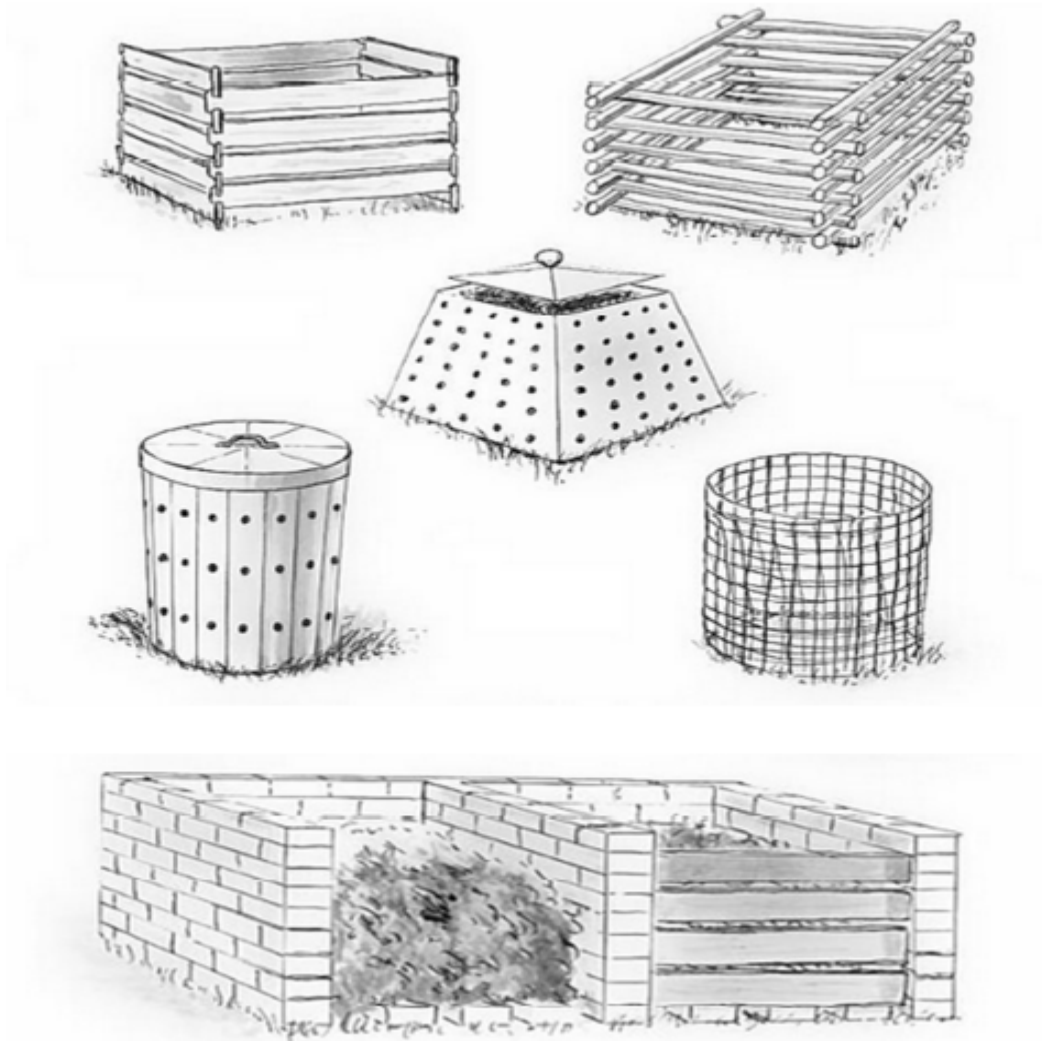
Argument, který se objevoval v poslední době v zahraničí, se týká přidavků ke kompostování - jsou buď drahé, nebo se velmi komplikovaně připravují. Zde je třeba pouze uvést, že i bez očkovacích látek lze dosáhnout nejlepších výsledků při kompostování. Občas se objevují starší výzkumy, podle kterých docházelo během tlení ke ztrátě draslíku ve větších množstvích. To může být pouze ve formě průsakových šťáv. (KALINA, 1999)



Obr. 4: Relativní obohacení draslíkem při kompostování trusu slepic. (KALINA, 1999)

3.4 Domácí kompostování

Dříve bylo obvyklé bioodpad z domácností nebo zahradní odpady kompostovat na vlastním pozemku. Dnes končí většina bioodpadů ve sběrných nádobách a z nich často na skládkách nebo ve spalovnách. Proto se začíná opět podporovat domácí kompostování. Jednou z forem je společné komunitní kompostování, na němž se může podílet více domácností. Obvykle se provádí v blízkosti obce uvnitř zelených ploch. Podmínkou je nepropustný podklad, který umožňuje kompostování v hromadách či pásech. Proti ztrátě vody a omezení pachů se povrch pokrývá rostlinným materiálem. Domácí kompost se používá nejčastěji na zelené plochy nebo pro hnojení zahradních stromů a keřů. Nevýhodou domácího způsobu kompostování je velký nárok na plochu, dlouhá doba zrání kompostu a nedostatečná procesní teplota. Pro komunitní i individuální kompostování lze také využít různých typů komerčně nabízených otevřených nebo uzavřených kompostérů. (TESAŘOVÁ et al., 2010)



Obr. 5: Různé boxy pro tlení. (KALINA, 1999)

Tab. 5: Materiály vhodné a nevhodné pro zakládání domácích kompostů. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

Vhodné	Nevhodné
Zbytky ovoce a zeleniny	Kosti, zbytky masa a uzeniny
Vaječné skořápky	Impregnované dřevo
Kávéové filtry, čajové sáčky	Vata, dětské pleny
Spadané listí, posečená tráva	Textil, kůže
Zbytky z údržby zeleně	Zbytky tapet

3.5 Vermikompostování

Kompostování s využitím aktivity žížal, tj. vermikompostování patří k moderním, ale náročným způsobům materiálového využití bioodpadů. Žížaly dezintegrují a rozměňují organické zbytky a tím zvětšují jejich povrch, který je následně osidlován mikroorganismy. Již při průchodu trávicím traktem žížal se zvyšují počty i aktivita mikroorganismů v organických zbytcích. Potvrzují to výsledky mikrobiologických analýz půdních agregátů před průchodem a po průchodu trávicím traktem žížal. Produktem vermikompostování je biohumus, který obsahuje obvykle značné množství kvalitního humusu.

K vermikompostování se má používat bioodpad, který prošel hygienizací (tj. neobsahuje patogenní mikroorganismy) a ve kterém byla již mineralizována většina snadno rozložitelných organických látek. Materiál pro vermikompostování by neměl obsahovat velké množství volného amoniaku a proteinů; obsah proteinů nad 45 % způsobuje úhyn zvířat. Aktivitu žížal brzdí také rezidua pesticidů, přítomnost těžkých kovů a různých organických polutantů.

Kompostování s využitím žížal probíhá asi 6 měsíců. Vzniklý biohumus obsahuje 50 – 60 % organických látek, z nichž asi 35 % tvoří humusové látky; z toho kolem 17 % huminové kyseliny. K vermikompostování se využívá nejčastěji druh žížal *Eisenia foetida*. (TESAŘOVÁ et al., 2010)

4 METODIKA

4.1 Úvod

Výzkum probíhal na zahradě o přibližné ploše 0,14 ha patřící k rodinnému domu. Plocha sloužící k výzkumu byla viditelně označena a ohraničena, aby bylo měření přesné. Rozměry plochy k výzkumu jsou 8 x 19 m, neboli 152 m². Stanoviště bylo vybráno s ohledem na snadnou dostupnost biodegradabilních odpadů poblíž kompostišť. Výzkum probíhal ve vegetačním období roku 2014. V tomto období bylo prováděno sečení travní plochy pomocí motorového žacího stroje. Posečená travní hmota byla následně zvážena a přemístěna na domácí kompostišť, kde se určovalo objemové množství posečené trávy, a sledovala se změna v objemu kompostovaného materiálu v čase při kompostování. Měření objemu rovněž sloužilo ke stanovení poklesu objemu kompostovaných surovin v průběhu kompostovacího procesu. V průběhu měření objemového množství posečené trávy se sledoval úhrn srážek.

4.1.1 Charakteristika místa výzkumu

Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Blanenský
Obec:	Závist
Číslo parcely:	132/1
Orientace:	podélnou osou jihovýchod
Nadmořská výška:	370 m n. m.
Půdní typ:	hnědozem

Travní plocha, která posloužila k výzkumu, je využívána k rekreačním účelům, zatíženost je minimální. Po celou dobu výzkumu nebyl trávník hnojen ani zaléván, aby bylo zaručeno, že růst trávy je závislý na množství srážek. Výzkumná plocha nebyla v minulosti nijak uměle vysévána, proto je složení poměrně různorodé. Na ploše najdeme různé druhy bylin a plevelných rostlin.

Rostliny vyskytující se na zkoumané ploše:

- kostřava červená (*Festuca rubra*)
- jílek vytrvalý (*Lolium perenne*)
- lipnice luční (*Poa pratensis*)
- pohánka hřebenitá (*Cynosurus cristatus*)
- kostřava ovčí (*Festuca ovina*)
- psineček tenký (*Agrostis capillaris*)
- jetel luční (*Trifolium pratense*)
- sedmikráska (*Bellis perennis*)
- jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*)
- jitrocel prostřední (*Plantago media*)
- smetánka lékařská (*Taraxacum officinale*)
- srha laločnatá (*Dactylis glomerata*)
- kopretina bílá (*Leucanthemum vulgare*)
- bojínek luční (*Phleum pratense*) a mnoho dalších.

4.1.2 Popis kompostišť

Objem: 1 500 dm³

Výška: 75 cm

Základna: 200 x 100 cm

Materiál: dřevo

Barva: hnědá

Jedná se o kompostišť, které bylo záměrně vytvořeno pro tento výzkum z dřevěných desek o tloušťce 20 mm s možností plnění pouze z vrchní části. Boční díry mezi deskami umožňují proudění vzduchu. Kompostišť je bez dna, aby docházelo k regulaci vlhkosti a mohli se do kompostované travní biomasy dostávat půdní živočichové. Dřevěné kompostišť bylo po vyrobení natřeno impregnačním fungicidním nátěrem a následně jednovrstvou lazurovou tmavě hnědé barvy. Pro měření výšky materiálu v kompostišti byl ke dvěma protilehlým stranám připevněn dřevěný metr. (Obr. 6)



Obr. 6: Domácí kompostiště. (foto autor)

4.1.3 Měření srážek

Měření srážek probíhalo po celou dobu sečení trávy a sledování objemových změn travní hmoty v kompostišti. Jednalo se o období od 26. 4. 2014, kdy proběhlo první sečení do 26. 9. 2014, kdy proběhlo poslední sečení. Měření se provádělo za pomoci plastového srážkoměru ve tvaru válce s nálevkou. Rozsah měření srážek je 0 – 35 mm/m². Srážkoměr byl umístěn na volném místě po pravé straně kompostiště ve výšce 1,0 m nad zemí, kde se déšť bez překážky dostane do sběrné nádoby. Vrch nádoby byl opatřen jemnou sítí, která zabraňovala případnému znečištění nebo zanesení nádoby nečistotami nebo živočichy. (Obr. 7)

Klimatický rajonizace dle Quitta je MT 9 - mírně teplé oblasti, charakteristické zejména dlouhým létem, teplým, suchým až mírně suchým, přechodným obdobím krátké s mírným až mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, krátká zima, mírná, suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrný roční úhrn srážek v této oblasti činí 550 mm.



Obr. 7: Srážkoměr. (foto autor)

4.1.4 Popis sekačky

K experimentu byla využita motorová sekačka od firmy Castelgarden, typ CAL 534 TR 4S. Jedná se o benzínovou sekačku s pojezdem se sběrem posečené trávy do sběrného koše o objemu 70 l. Výkon stroje je 3,7 kW. Záběr, který sekačka dokáže posekat je 51 cm. Výška sečení se pohybuje od 3,0 cm do 7,5 cm. Při experimentu byla plocha vždy sečena na nejnižší možnou výšku 3,0 cm. (Obr. 8)



Obr. 8: Motorová sekačka. (foto autor)

4.1.5 Měření objemové hmotnosti biomasy

Sečení trávy probíhalo přibližně každý měsíc. Po naplnění sběrného koše sekačky posečenou travní biomasou byl koš zvážen na analogické váze s přesností na 0,1 kg. Následně byla odečtena hmotnost koše a obsah byl vysypán na kompostišťě a byla zapsána výška nasypané směsi. Ze zapsaných dat se vypočítal objem nasypané směsi trávy. Před každým dalším měřením byl zaznamenán pokles kompostované biomasy z předchozího sečení. Po dokončení poslední seče 3. 10. 2014 bylo následně do kompostu 1. 12. 2014 přidáno opadlé listí ze stromů nacházejících se na pozemku zahrady. Jednalo se o listí z jabloní a lísek.

Výpočet objemu kompostované biomasy:

$$V = a \cdot b \cdot h \text{ [dm}^3\text{]}$$

Kde: a = šířka a délka kompostišťě [dm]

h = odečtená výška nasypané travní směsi a následně listí ze stupnice [dm]

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Úvod

V následující části jsou porovnány výsledky měření s diplomovou prací od studentky Bc. Terezy Schmidtové, DiS. Experiment Bc. Schmidtové, DiS. byl proveden ve vegetačním období roku 2012, přesněji v období od 21. 4. do 24. 9. 2012 v katastrálním území Trnitá, v městské části Brno – střed, (Jihomoravský kraj). Výzkumná plocha, na které probíhal výzkum, byla oproti této práci menší, jednalo se o plochu 28 m². Metodika experimentu Bc. Schmidtové, DiS. se výrazně neliší od metodiky uvedené v mé práci, jen je třeba uvést, že pokus Bc. Schmidtové, DiS. probíhal v plastovém kompostéru.

Dále jsou výsledky porovnány s diplomovou prací studentky Bc. Elišky Novákové, která prováděla výzkum ve vegetačním období roku 2011 v obci Hrotovice (kraj Vysočina). Výzkumná plocha, na které probíhal výzkum, byla 43,75 m². Metodika práce se od mé práce výrazně neliší, jen byly do kompostované biomasy přidávány hobliny a práce byla prováděna v plastovém kompostéru. Travní plocha měla charakter parkové trávníkové plochy, což bylo zejména dáno výsevem trávníku před třemi roky.

Jako poslední je s touto prací porovnaná práce studentky Kristýny Horáčkové. Její práce probíhala ve vegetačním období roku 2012 v obci Kanice (Jihomoravský kraj). Plocha, na které probíhal výzkum, je oproti mé práci výrazně větší. Jedná se o 450,5 m². Zde se metodika liší zejména v počtu sečení, které probíhalo přibližně jedenkrát za měsíc. Na ploše určené k výzkumu se nachází různé druhy dřevin a není zde čistá trávníková směs, na ploše se nachází nejrůznější druhy bylin a plevelných rostlin. Práce byla prováděna v plastovém kompostéru.

Jelikož jsou v porovnání s ostatními pracemi rozdílné plochy pozemků, na kterých probíhal výzkum, budou hodnoty přepočteny na 1 m² plochy sledovaného pozemku sloužícího pro experiment.

5.2 Měření atmosférických srážek

Měření srážek probíhalo ve 14 – ti denních intervalech v období od 26. 4. 2014 do 10. 10. 2014, tedy přesně 161 dní. Celkový srážkový úhrn za měřené období byl 287 mm/m². Jednalo se především o srážky nárazové s charakteristikou přívalových dešťů. Měřené srážky zobrazuje následující tabulka (Tab. 6) Množství spadlých srážek ovlivňovalo změny objemu biomasy v kompostišti v průběhu pokusu a také růst trávy na zkoumané ploše.

Největší úhrny srážek byly zaznamenány v období od 2. 8. 2014 do 15. 8. 2014, jednalo se o 60 mm srážek. Nejsušším obdobím bylo období od 7. 6. 2014 do 20. 6. 2014, toto období bylo bez srážek. Den s maximálním úhrnem srážek byl 12. 9. 2014, kdy byl úhrn 41 mm srážek. Celkový úhrn srážek za měřené období činí 287 mm/m², což je nepatrně méně, než uvádí ve své práci Bc. Schmidtová, DiS., která za stejné období naměřila 312 mm/ m² srážek. Studentka Bc. Nováková naměřila za přibližně stejnou dobu 280 mm/m² srážek a studentka Horáčková naměřila 287,6 mm/m².

Tabulka 6: Celkový úhrn srážek v průběhu pokusu.

Číslo měření	Datum měření	Úhrn srážek [mm/m ²]
1.	26. 4 – 9. 5.	20
2.	10. 5. – 23. 5.	31
3.	24. 5. – 6. 6.	24
4.	7. 6. – 20. 6.	0
5.	21. 6 – 4. 7.	25
6.	5. 7. – 18. 7.	5
7.	19. 7 – 1. 8.	7
8.	2. 8. – 15. 8.	60
9.	16. 8 – 29. 8.	35
10.	30. 8. – 12. 9.	55
11.	13. 9. – 26. 9.	25
Celkový úhrn srážek		287

5.3 Hmotnost kompostované biomasy

Sečení pozemků určeného k výzkumu probíhalo přibližně každých 14 dní. Na začátku vegetační sezóny byla travní plocha zbavena stařiny a mechu. Největšího množství posečené travní biomasy se dosáhlo hned na začátku experimentu. Jednalo se o 40,9 kg. Tato vysoká hodnota byla zapříčiněna zejména vydatnějším srážkovým úhrnem z doby před první sečí a také poměrně vzrostlou trávou na pozemku.

Celkové množství posečené travní biomasy z plochy 152 m² za období od 26. 4. 2014 do 3. 10. 2014 je 289,1 kg. Pomocí jednoduchého výpočtu vychází, že za vegetační období roku 2014 na ploše 1 m² vyrostlo přibližně 1,9 kg travní biomasy.

Studentka Bc. Schmidtová, DiS. za vegetační období navázila celkově 80,9 kg posečené travní biomasy. Po přepočtu jí tak vychází přibližně 2,8 kg posečené travní biomasy na 1 m² zkoumané plochy, což je o 1,0 kg více než mně. Tento rozdíl může být způsoben množstvím srážek, kterých bylo oproti experimentu Bc. Schmidtové, DiS. méně. Srážky ve zkoumaném období 2014 byly charakteristické zejména nárazovými úhrny, zejména v měsíci srpnu.

Celkové množství posečené travní biomasy u práce studentky Bc. Novákové bylo 44,8 kg. Při přepočtu se jedná přibližně o 1,0 kg travní biomasy na 1 m².

U studentky Horáčkové bylo celkové množství posečené travní biomasy 350,0 kg. Na 1 m² zkoumané plochy tak připadá přibližně 0,77 kg, což je ze všech porovnávaných experimentů nejméně. Takto malé množství posečené travní biomasy je nejspíš způsobeno stromy, které se nacházejí na vytyčené ploše.

Z tabulky (Tab. 7) je patrné, že s nástupem letních měsíců dochází ke stagnaci růstu trávy a tím i množství posečené trávy, což souvisí se závislostí růstu trávy na teplotě a množství srážek.

Tabulka 7: Přehled množství posečené travní biomasy za vegetační období 2014.

Číslo seče	Datum	Množství posečené travní biomasy [kg]
1.	26. 4.	40,9
2.	17. 5.	31,5
3.	6. 6.	29,7
4.	20. 6.	31,7
5.	10. 7.	28,2
6.	1. 8.	20,9
7.	20. 8.	35,6
8.	8. 9.	24,5
9.	18. 9.	21,8
10.	3. 10.	24,3
Celkové množství travní biomasy		289,1

Po ukončení experimentu se sečením a kompostování travní biomasy bylo na kompostiště přidáno shrabané listí z ovocných dřevin nacházejících se na pozemku zahrady. Jednalo se především o listí z jabloní a lísek. Listí bylo přidáno jednorázově 21. 11. 2014. Váha biomasy listí činila 43,1 kg. (Obr. 9)

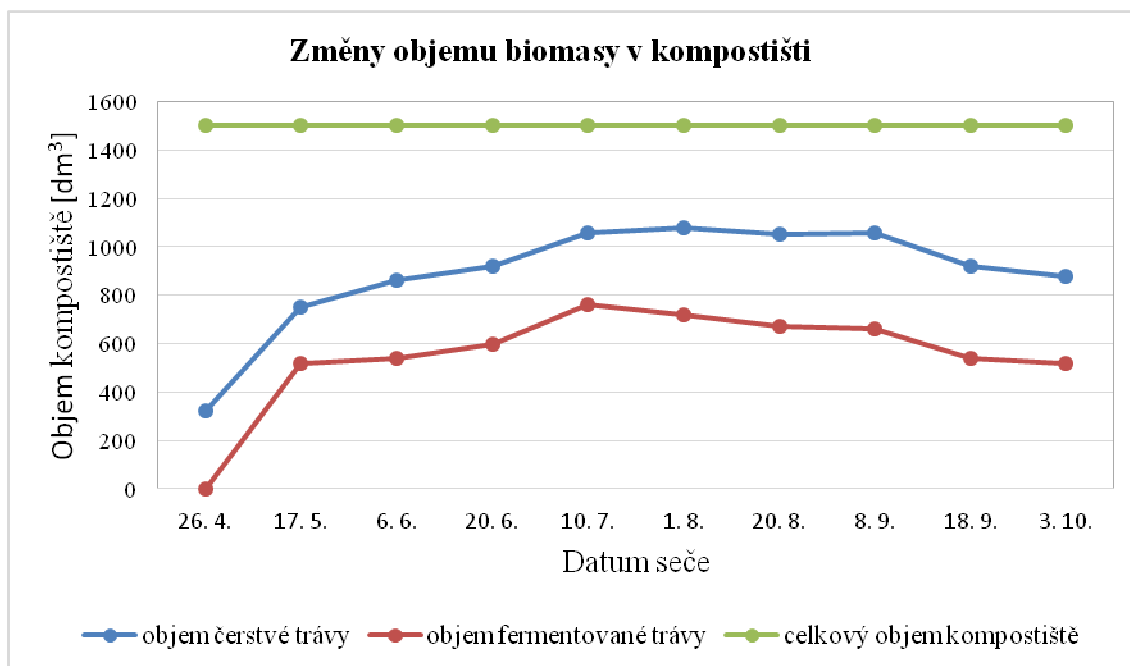


Obr. 9: Kompostiště po zaplnění listím. (foto autor)

5.4 Objemové změny

Výška travní biomasy v kompostišti byla odečtena ze skládacího dřevěného metru, který byl do kompostiště umístěn. Výška biomasy byla zaznamenávána vždy před novým dosypáním, kdy byla změřena výška již fermentované trávy a následně výška po přidání nově posečené travní biomasy. Poslední měření výšky fermentované travní hmoty proběhlo 3. 10. 2014.

Celkový objem kompostované travní biomasy byl na konci měření přibližně 520 dm³, což odpovídá zaplnění třetiny kompostiště. (Graf. 1)



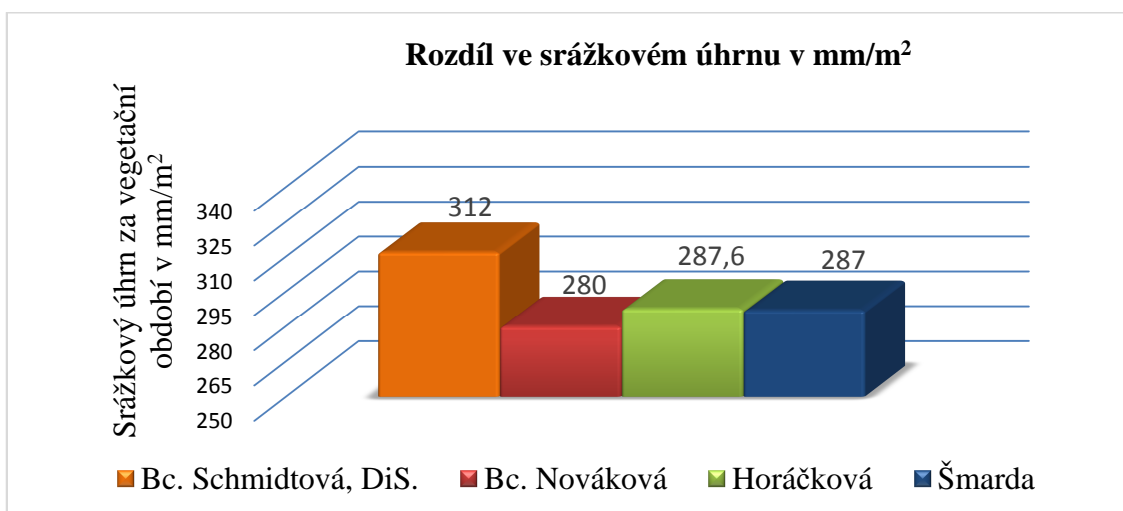
Graf 1: Změny objemu biomasy v kompostišti.

Největší změna v objemu byla o 62 %, z původního objemu biomasy 1 060 dm³ na 660 dm³ v období na začátku září. Objem kompostované trávy na podzim na konci experimentu klesl z 880 dm³ na 520 dm³, což je pokles o 59,1 %. U studentky Bc. Schmidtové, DiS. byl pokles méně výrazný, jednalo se o 40 %. Největší procentuální změna v objemu u studentky Horáčkové byla o 47 % a u studentky Bc. Novákové se jednalo o pokles o 28 %, což je nejmenší procentuální pokles ze všech srovnávaných prací.

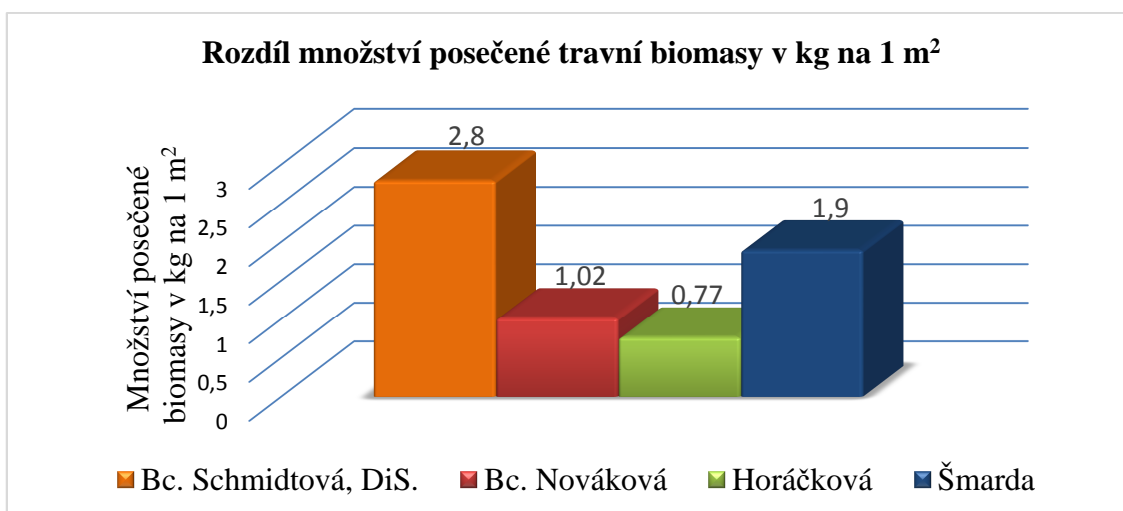
Do kompostišti s degradovanou travní biomasou bylo 21. 11. 2014 přidáno 43,1 kg listů z ovocných dřevin. Objem biomasy tak vzrostl z 520 dm³ na 1 340 dm³ a výška biomasy činila 59 cm od dna. Jednalo se tak o nárůst objemu o 38,8 %. Následně se nechalo kompostišti přes zimu v klidu a s měřením objemových změn se počkalo až do 1. 4. 2015, kdy se změřil pokles objemu biomasy.

Pokles biomasy v kompostišti po zimním období činil 50,8 %, výška biomasy se nacházela 30 cm od dna a objem biomasy byl 600 dm³.

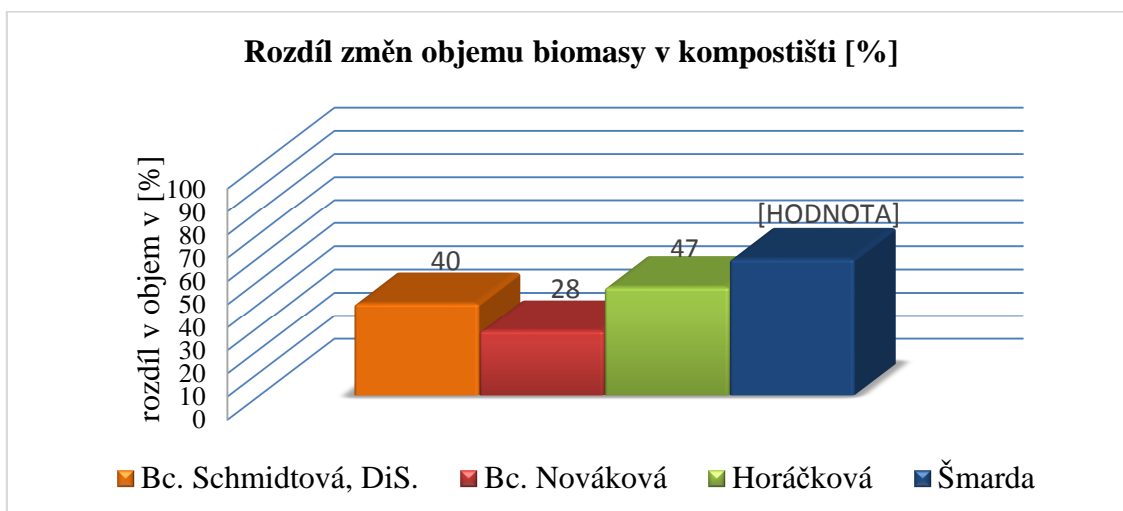
Následující grafy znázorňují pro lepší představu srovnání této práce s pracemi studentek Bc. Schmidtové, DiS., Bc. Novákové a Horáčkové zejména co se týče srážkového úhrnu (Graf. 2), množství posečené travní biomasy (Graf. 3) a změn objemu degradované biomasy. (Graf. 4)



Graf 2: Rozdíl ve srážkovém úhrnu.



Graf 3: Rozdíl množství posečené travní biomasy na 1 m².



Graf 4: Porovnání změn objemu biomasy.

6 ZÁVĚR

Tato práce je zaměřena především na sledování objemových změn probíhajících v kompostišti v průběhu rozkladného procesu. Pro experiment domácího kompostování bylo vytvořeno kompostiště z dřevěných desek s možností plnění pouze z vrchní strany o objemu $1\,500\text{ dm}^3$ s bočními mezerami umožňující přístup vzduchu. V něm byla po celou vegetační sezónu 2014 kompostována travní biomasa pocházející z vytyčené plochy, nacházející se na zahradě patřící k rodinnému domu a následně i listí z dřevin. Travní biomasa byla po posečení zvážena a následně umístěna do kompostiště, kde byla zaznamenána výška přidané biomasy od degradované hmoty, která byla přidána z předchozí seče. Současně s měřením objemových změn bylo měřeno množství srážek, vždy přibližně po 14 – ti dnech. Množství srážek ovlivňuje rychlost rozkladného procesu a také rychlost růstu trávy. Proces kompostování nebyl mechanicky ovlivňován, za celou dobu neproběhla překopávka kompostovaného materiálu, ani provzdušňování. Jedinou výtkou na domácím kompostování může být fakt, že nelze pozorovat a měřit veškeré technické parametry, tak, jak je to u průmyslového kompostování.

Celý proces kompostování byl bez zápachu a výsledkem kompostovacího procesu je kvalitní materiál, který může být dále využíván jako kvalitní hnojivo. Své uplatnění může najít i na různých místech zahrady, jako například v zeleninových záhonech pro zúrodnění půdy nebo při různých malých terénních úpravách na zahradě, popřípadě s ním lze mulčovat travníkové plochy, atd.

Experimentem bylo zjištěno, že pokud chceme kompostovat travní biomasu z plochy 152 m^2 , postačí nám kompostiště s objemem $1\,100\text{ dm}^3$. Z uvedené velikosti plochy bylo za celé vegetační období odstraněno $289,1\text{ kg}$ travní biomasy. Celkově bylo do kompostiště přidáno $332,2\text{ kg}$ posečené trávy a listí. Z naměřených údajů vyplývá, že na zpracování travní biomasy z 1 m^2 je potřeba přibližně $6,9\text{ dm}^3$ objemu kompostiště.

Kompostování může být dobrou možností, jak využít biologicky rozložitelných zbytků odpadů, které končí nejčastěji v popelnicích a následně na skládkách odpadu, kde způsobují řadu nežádoucích procesů. Kompostování má pozitivní vliv na životní prostředí, proto je nezbytné domácí kompostování podporovat.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BÍNOVÁ, M. *Problematika domácího kompostování v ČR*. Praha : Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 2014. str. 45.
2. CENEK, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha : FCC Public, 2001. str. 208. ISBN 80-901985-8-9.
3. ČERMÁK, O., KEBÍSEK, M. *Odpadové hospodářstvo: kompostovanie*. Bratislava : Vydavateľstvo STU, 2008. str. 149. ISBN 978-80-227-2920-8.
4. EPSTEIN, E. *The Science of Composting*. Pennsylvania : Technomic Publishing Co INC, 1997. str. 504. ISBN 1-56676-478-5.
5. FILIP, J. et al. *Odpadové hospodářství*. Brno : MZLU v Brně, 2002. str. 116. ISBN 80-7157-608-5.
6. HAVLÍČKOVÁ, K. *Analýza potenciálu biomasy v České republice*. Průhonice : Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví s Novou tiskárnou Pelhřimov, 2010. str. 498. ISBN 978-80-85116-72-4.
7. HEJÁTKOVÁ, K. et al. *Metodická pomůcka: Kompostování přebytečné travní biomasy*. Náměšť nad Oslavou : ZERA–Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s., 2006. str. 76.
8. HEJÁTKOVÁ, K. *Řešení bioodpadu v regionu*. ISBN 80-903548-8-2. Náměšť nad Oslavou : Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2008. str. 60.
9. JASIM, S., SMITH, S.R. *The practicability of home composting for the management of*. London : Centre for Environmental Control and Waste Management, Department of Civil and Environmental Engineering, 2003.
10. KALINA, M. *Kompostování a péče o půdu*. Praha : Grada Publishing, 1999. str. 112. ISBN 80-7169-697-8.
11. KOLLÁROVÁ, M. *Výzkum vybraných podmínek přeměny zbytkové biomasy*. Lednice : MZLU Brno, 2007. str. 148. Disertační práce.
12. KOTOULOVÁ, Z., VÁŇA, J. *Příručka pro nakládání s komunálním bioodpadem*. Praha : Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s Českým ekologickým ústavem, 2001. str. 70. ISBN 80-7212-201-0.
13. KROPÁČEK, I. *Lepší recyklační služby : jak zajistit 50% míru materiálového využití komunálního odpadu*. Brno : Hnutí Duha, 2005. str. 42. ISBN 80-86834-13-1.
14. KULÍK, P. *Využití zahradnických odpadů a odpadů z údržby parků kompostováním*. Lednice : Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta Lednice, 2011. str. 140. Disertační práce.

15. MACHOVÁ, P. *Analýza zpracování biodpadů kompostovacími technologiemi*. Brno : MZLU v Brně, 2006. str. 66. Diplomová práce.
16. MAREK, J. *Zpracování biomasy pro přímé spalování*. České Budějovice : Jihočeská univerzita, 2011. str. 73. Bakalářská práce.
17. MOŇOK, B. *Komunitní kompostování*. Náměšť nad Oslavou : ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, o. s., 2008. str. 32. ISBN 80-903548-7-4.
18. MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. *Alternativní plodiny*. České Budějovice : Jihočeská univerzita, 1996. str. 90. ISBN 80-7040-198-2.
19. NOVÁKOVÁ, E. *Systém domovního kompostování travní biomasy vyrostlé na zahradě za vegetační období*. Brno : MENDELU Brno, 2012. str. 66. Diplomová práce.
20. PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVÍČ, P. *Biomasa : obnovitelný zdroj energie*. Praha : FCC Public, 2004. str. 286. ISBN 80-86534-06-5.
21. PLÍVA, P. *Technika pro kompostování v pásových hromadách*. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2005. str. 72. ISBN 80-86884-02-3.
22. PLÍVA, P. et al. *Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu*. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2006. str. 65. ISBN 80-86884-11-2.
23. RICHTER, M. *Technologie ochrany životního prostředí. Část III, Technologie zneškodňování odpadů*. Ústí nad Labem : Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2008. str. 72. ISBN 978-80-7414-042-6.
24. RŮŽEK, L., VOŘÍŠEK, K. *Pedobiologie a mikrobiologie*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. str. 184. ISBN 978-80-213-2126-7.
25. SCHILTHUIS, W. *Biologicko - dynamické zahrádkářství v praxi*. ISBN 80-901433-1-8. Praha : Éros, 1992. str. 257.
26. STENTIFORD, E. I. *Composting control: principles and practice*. London : Blackie Academy and Professional, 1996. stránky 49-59. ISBN 978-94-009-1569-5.
27. TESAŘOVÁ, M. et al. *Biologické zpracování odpadů*. Brno : Mendelova univerzita v Brně, 2010. str. 129. ISBN 978-80-7375-420-4.
28. VÁŇA, J. *Výroba a využití kompostů v zemědělství*. Praha : Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1997. str. 38. ISBN 80-7105-144-6.
29. VÁŇA, J., BALÍK, J., TLUSTOŠ, P. *Pevné odpady*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra agrochemie a výživy rostlin, 2004. str. 178. ISBN 80-213-1273-4.

30. VOŠTOVÁ, V., FRIES, J. *Zpracování pevných odpadů*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2003. str. 157. ISBN 80-01-02672-8.
31. WEGER, J. Biomasa jako zdroj energie. *Energie 21*. č. 1/2008, stránky 9-11.
32. ZEMÁNEK, P. et al. *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. str. 113. ISBN 978-80-86884-52-3.
33. ZEMÁNEK, P. *Speciální mechanizace - mechanizační prostředky pro kompostování*. Brno : MENDELU v Brně, 2001. str. 114. ISBN 80-7157-561-5.
34. [ONLINE 1] www.biomasa2010.cz [online]. [cit. 2015-03-01]. Dostupné z <http://www.biomasa2010.cz/co-je-to/>.
35. [ONLINE 2] [www.wikipedia.org](http://cs.wikipedia.org/wiki/Biomasa) [online]. [cit. 2015-03-01]. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Biomasa>.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Průběh teploty a fáze tlení. (KALINA, 1999)	9
Obr. 2: Hmotnostní bilance při kompostování - Sankeyův diagram. (NOVÁKOVÁ, 2012)	12
Obr. 3: Teplota v profilu zakládky. (TESAŘOVÁ et al., 2010).....	16
Obr. 4: Relativní obohacení draslíkem při kompostování trusu slepic. (KALINA, 1999)	21
Obr. 5: Různé boxy pro tlení. (KALINA, 1999)	22
Obr. 6: Domácí kompostišťe	26
Obr. 7: Srážkoměr.....	27
Obr. 8: Motorová sekačka.....	28
Obr. 9: Kompostišťe po zaplnění listím.	32

9 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Typické parametry jednotlivých fází kompostování. (TESAŘOVÁ et al., 2010)	11
Tab. 2: Poměr C:N v některých surovinách ke kompostování. (KALINA, 1999)	14
Tab. 3: Patogenní organismy vyskytující se v organických odpadech. (TESAŘOVÁ et al., 2010)	17
Tab. 4: Obsah vody v některých bioodpadech. (TESAŘOVÁ et al., 2010).....	18
Tab. 5: Materiály vhodné a nevhodné pro zakládání domácích kompostů. (TESAŘOVÁ et al., 2010)	22
Tab. 6: Celkový úhrn srážek v průběhu pokusu.	30
Tab. 7: Přehled množství posečené travní biomasy za vegetační období 2014.....	31

10 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Změny objemu biomasy v kompostišti.	33
Graf 2: Rozdíl ve srážkovém úhrnu.	34
Graf 3: Rozdíl množství posečené travní biomasy na 1 m ²	34
Graf 4: Porovnání změn objemu biomasy.	34