

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin**



**Problematika nakládání s živočišnými tuky**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Martin Januška**

**Obor studia: Rozvoj venkovského prostoru (AMVKS)**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Aleš Hanč, Ph.D.**

**Konzultantka: Ing. Tereza Hřebečková**

**© 2019 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Problematika nakládání s živočišnými tuky" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Aleši Hančovi Ph.D. a své konzultantce Ing. Tereze Hřebečkové za odborné konzultace a cenné připomínky při zpracování této práce. Rovněž děkuji pracovníkům z laboratoří Katedry agroenvironmentální chemie a výživy rostlin za odbornou pomoc při měření vzorků. Dále děkuji mé manželce Kateřině za průběžnou kontrolu, korekci mé práce a podporování po celou dobu studia.

# Problematika nakládání s živočišnými tuky

## Souhrn

Diplomová práce se zabývala zužitkováním odpadních živočišných tuků, které pocházely z potravinářského průmyslu procesem vermikompostování. Tuky představují velkou zátěž pro životní prostředí, a především pro čistírny odpadních vod, kam se spolu s vodou dostávají. Ve většině případů se nejedná o nebezpečný odpad a dnešními technologiemi jsme schopni za příznivých ekonomických a ekologických podmínek tuky odstraňovat.

S ohledem na bezezbytkové hospodářství se nabízela možnost vermikompostování, kterým docházelo ke zlepšování agrochemických vlastností a tím navracet zbytkovou biomasu do půdy ve formě organického hnojiva.

Cílem práce bylo ukázat možnosti využití tuků vermikompostováním v laboratorních podmínkách a na základě agrochemických hodnot využít opětovného použití živočišného tuku jako suroviny k dalšímu způsobu nakládání.

Ve vermikompostovací laboratoři výzkumné stanice České zemědělské univerzity v Praze, která se nachází v Červeném Újezdu. Bylo založeno pět variant vermikompostérů s odlišnými poměry odpadního živočišného tuku a slaměných pelet.

Pokus s vermikompostováním odpadních živočišných tuků trval 6. měsíců, k pokusu byly použity žížaly *Eisenia andrei*.

Po ukončení pokusu byly odebrány vzorky z každé vrstvy vermikompostu a následně podrobeny jednotlivým analýzám.

Byly stanoveny hodnoty sušiny, pH, měrné vodivosti (EC) a poměru C:N. Dále byly stanovovány celkové obsahy prvků (P, K, Mg, Ca) a obsahy prvků přístupných rostlinám (P, K, Mg). U všech vermikompostérů a vrstev byl zjišťován počet žížal a jejich biomasa.

Vermikompostováním docházelo k úpravě pH, které stoupalo k neutrálním hodnotám. Docházelo k navyšování celkových prvků P, K, Mg, Ca. Postupným stárnutím byl živočišný tuk stabilizován. Z analýz vyplývá, že nejlepšího vermikompostu lze získat

použitím vermikompostovacího poměru 50 % obj. tuku + 50 % obj. pelet nebo 25 % obj. tuku + 75 % obj. pelet, kde se nacházely vyhovující hodnoty přístupných prvků pro rostliny.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** Odpadní živočišné tuky; vermikompostování; slaměné pelety; agrochemické a biologické parametry

# Issue of animal fat handling

## Summary

The thesis deals with the utilisation of residual animal fats, produced by the food industry, through the process of vermicomposting. Fats are a huge burden for the environment; and particularly for wastewater treatment plants where fats get together with wastewater. In most cases, this type of waste is not hazardous material and we are able to liquidate fats with contemporary technology and under favourable economic and environmental conditions.

With regard to the wasteless economy, the possibility of vermicomposting was offered. It improved the agrochemical properties and thus returned residual biomass in the form of an organic fertilizer back to the soil.

The aim of the work was to show the possibilities of using fat through vermicomposting in laboratory conditions and to further re-use animal fat as a raw material.

Five vermicomposters with different ratios of residual animal fat and straw pellets were established in the vermicomposting laboratory of the research centre of the Czech University of Life Sciences in Prague, which is located in Červený Újezd.

Vermicomposting of residual animal fats was carried out in the period of 6 months. *Eisenia andrei* earthworms were used in the experiment.

After the end of the experiment, samples were taken up from each layer of vermicompost and subsequently subjected to individual analyses.

The values of dry matter, pH, electrical conductivity (EC) and C:N ratio were determined, as well as total contents of elements (P, K, Mg, Ca) and the content of elements accessible to plants (P, K, Mg). The number of earthworms and their biomass was determined for all vermicomposters and layers.

Vermicomposting adjusted the pH, which increased to neutral values. The values of P, K, Mg and Ca elements increased. Animal fat was stabilised by gradual aging.

The analyses showed that the best vermicompost can be obtained by using the vermicomposting ratio of 50 % vol. of fat + 50 % vol. of pellets or, with 25 % vol. of fat + 75 % vol., with suitable values of elements accessible for plants. The analyses showed that the most earthworms were in vermicomposter no. IV.

**KEYWORDS:** Residual animal fats; vermicomposting; straw pellets; agrochemical and biological parameters

## Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce .....	2
2.1 Hypotézy .....	2
3 Literární rešerše .....	3
3.1 Lipidy .....	3
3.2 Tuky z potravinářství.....	3
3.3 Potravinářský odpad .....	4
3.4 Zpracování odpadních tuků z potravinářského průmyslu .....	5
3.5 Další možnosti zpracování živočišných tuků .....	6
3.6 Legislativa .....	7
3.7 Historie a počátky vermikompostování .....	8
3.8 Vermikompostování.....	9
3.8.1 Domácí vermikompostování - interiérové .....	9
3.8.2 Produkční vermikompostování - exteriérové.....	11
3.9 Žížaly .....	12
3.10 Podmínky vermikompostování.....	15
3.11 Výhody vermikompostování .....	17
3.12 Uplatnění vermikompostu – hnojení.....	18
4 Metodika .....	20
4.1 Agrochemické analýzy .....	22
4.2 Statistické analýzy .....	22
5 Výsledky .....	23
5.1 Živočišné tuky a slaměné pelety.....	23
5.2 Vermikompostér 1 .....	24



5.3 Vermikompostér 2 .....	26
5.4 Vermikompostér 3 .....	27
5.5 Vermikompostér 4 .....	31
5.6 Vermikompostér 5 .....	35
6 Diskuze .....	39
7 Závěr .....	42
8 Seznam použité literatury .....	43
9 Seznam použitých zkratk .....	48
10 Přílohy .....	49

## 1 Úvod

V dnešní době, kdy slycháme, že nejlepším odpadem je odpad, který nevznikne, je důležitým úkolem hledat řešení jak zpracovávat již vzniklé odpady. Především z důvodů, že odpad vzniká neustále. Důležitou úlohou je efektivní zpracování odpadu ideálně tak, aby vznikala nová surovina pro další využití, čímž dochází k pozitivnímu ekonomickému účinku.

Při zpracování a likvidaci odpadu je zohledňován dopad na životní prostředí, které by nemělo přicházet k újmě žádným zpracovatelským procesem. Mezi odpady dobře zpracovatelné a s malou zátěží pro životní prostředí patří odpady organického původu rostlinného nebo živočišného charakteru.

Organického původu jsou i vedlejší produkty z potravinářství. Potravinářský průmysl produkuje odpady ve formě tuků, které příliš zatěžují čistírny odpadních vod. Nabízí se možnost zpracování odpadních živočišných tuků organickou cestou pomocí vermikompostování.

Živočišný tuk je mísen se slaměnými peletami a tento vzniklý substrát je zpracováván žížalami *Eisenia andrei*. Po ukončeném vermikompostovacím procesu z tuků a slaměných pelet vzniká vermikompost, u kterého se předpokládají odpovídající agrochemické hodnoty.

Nově vzniklý materiál by mohl dosahovat na plnohodnotné organické hnojivo. Tento způsob může řešit nedostatek statkových hnojiv v souvislosti s klesajícími počty chovaných hospodářských zvířat. Nepochybně dopomáhá k naplňování cílů bezzbytkového odpadního hospodářství.

## **2 Cíl práce**

Cílem diplomové práce je určit vhodnost vermikompostování odpadních živočišných tuků v laboratorních podmínkách. Ověřit stanovené hypotézy na základě stanovených agrochemických hodnot a statistických analýz.

### **2.1 Hypotézy**

1. Přídavek slaměných pelet bude mít pozitivní vliv na vermikompostování živočišných tuků.
2. Stanovované parametry jednotlivých vrstev vermikompostovaných substrátů budou odlišné.
3. Přídavek pelet zajistí vyšší hmotnost jedinců žížal.

## **3 Literární rešerše**

### **3.1 Lipidy**

Sloučeniny vyšších mastných kyselin, rostlinného i živočišného původu. Ve vodě jen těžko rozpustné. Rozpouštění lipidů je možné v organických rozpouštědlech. Společným znakem lipidů je zařazení mezi estery, ale po chemické stránce se jedná o nesourodou skupinu. Mezi lipidy jsou zařazovány tuky, vosky, fosfolipidy, glykolipidy, které mají v organismech významnou funkci (Odstrčil 2006).

Lipidy slouží jako významný zdroj energie a jako energetická rezerva jsou ukládány v podobě kapének složených z neutrálních tuků v podkožním tukovém vazivu.

V případě potřeby jsou odváděny a metabolizovány (Koolman 2012).

Tuky a oleje jsou významnou složkou výživy. Spotřeba celosvětově postupně vzrůstá. Ze světové produkce tuků a olejů jsou tři čtvrtiny využity k lidské výživě a zbytek je zpracováván. Odpadní tuky a oleje se shromažďují a sbírají odděleně a dále se zpracovávají na mýdla, barviva, laky a bionaftu. Tuky jsou významným vedlejším produktem masného průmyslu. Surovinou tukového průmyslu jsou i znečištěné tuky z odpadních vod. U těchto tuků je důležité snížení obsahu vody (Kreníková 2014).

### **3.2 Tuky z potravinářství**

V potravinářském průmyslu většinou nevznikají nebezpečné odpady. Většinu odpadů lze s dnešními technologiemi efektivně aerobním nebo anaerobním způsobem zpracovat. Tímto způsobem získáváme druhotně využitelné suroviny (krmivo, hnojivo, palivo). Z potravinářského sektoru jsou problematické především živočišné tuky. Zpracování těchto odpadů je důležité s ohledem na bezodpadové hospodářství a odpad tedy nevzniká (Voštová 2003).

Živočišné tuky jsou produkovány mlékárenským, tukovým a masným průmyslem. Tuk je významným vedlejším produktem masného průmyslu. Odpadní tuk vzniká při výrobě sádla, škvarků a uzenin. Na odpadu v podobě živočišných tuků se ve velké míře podílí mlékárenský průmysl. „Při čištění syrového mléka vzniká odstředivkový kal, který obsahuje

1 – 3 % tuku“. Svou výrobou másla a sýrů zůstávají tuky ve vedlejších produktech-podmáslí (0,5 %) tuku a syrovátky (0,05 – 0,2 %) tuku (Marek 1996).

### 3.3 Potravinářský odpad

Značně zatěžující životní prostředí bývá opotřebovanými oleji a tuky, proto jsou posuzovány, jako problémové odpady (Kizlink 2014). Odpady vznikají na základě zpracovávaného produktu, což je do jisté míry ovlivněno sezonou. Proměnlivost odpadů je značně vysoká a z toho důvodu bývá využití druhotných surovin nákladné a složité. Nepříznivým faktorem v tomto zpracovatelském odvětví bývá rychlá zkáza odpadních surovin (maso, mléko, tuky). Z potravinářského průmyslu dostáváme odpady netoxické, snadno biologicky rozložitelné s obsahem organické složky. Z důvodu nesplnění požadavků hygienických hodnot se část potravinářských produktů stává odpadem (rezidua, mykotoxiny, parazité). Využívání potravinářských odpadů k energetickým účelům bývá nákladné, nejčastěji se tak setkáváme se zkrmováním nebo hnojením. Zneškodňování odpadů z tukového a lihovarnického průmyslu, vypouštěním do kanalizace je nepřijatelné a nežádoucí v mnoha ohledech (Zemánek 2010). Vlivem domácích drtičů se dostávají potravinové odpady společně s tuky do kanalizační sítě i z běžných domácností. Následně se nadrcený potravinový odpad dostává do čistírny odpadních vod. Mokrý odpad potravinového odpadu přináší problémy s následným využitím a zpracováním, směs je hygienicky závadná (Pospíchal 2016).

Přijatelnou alternativou při využívání potravinářských odpadů za dodržení podmínek hygienizace je kompostování. Zpracování odpadů procesem kompostování je výhodné, snižuje se znečišťování vod a dochází k bezodpadním cyklům. Dále je zvyšována biologická hodnota potravinových odpadů (Kalina 2016).

Dle Kreníkové (2014) spalování odpadů s obsahem tuků a olejů je možné. Pokud mají odpady vyšší obsah tukové složky, jsou přidávány do topných olejů. Přidává se 5 – 10 %.

### **3.4 Zpracování odpadních tuků z potravinářského průmyslu**

Jedná se o zbytkovou biomasu živočišného charakteru (Benda 2012). U živočišných tuků jde o průmyslový a potravinářský odpad. Ve většině případů netoxický. Z toho vyplývá možnost zpracování aerobními a anaerobními metodami (Voštová 2002). Toxický materiál lze pasterovat (Schulz 2004). O nebezpečnosti odpadů je rozhodováno vyhláškou ministerstva životního prostředí č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, novela č. 502/2004 Sb.

#### **3.4.1 Anaerobní nakládání s živočišnými tuky**

Ve vlhké biomase za přítomnosti bakterií probíhá kvašení bez přístupu vzduchu (anaerobní fermentace) (Quaschnig 2010). Proces je založen na navzájem navazujících biologických procesech, při kterých působí mnoho skupin anaerobních mikroorganismů. Činnost skupin mikroorganismů navazuje na dílčí procesy těchto skupin, a tím dochází k efektivnímu procesu (Malaťák et al. 2008).

Celý proces lze rozdělit do čtyř segmentů a skupin mikroorganismů. Hydrolýza zajištěna fakultativně anaerobními bakteriemi čímž vznikají jednoduché cukry, aminokyseliny a mastné kyseliny. Acidofilní bakterie mohou dále provádět rozklad na oxid uhličitý, čpavek a sirovodík. Bakterie octového kvašení následně vytvářejí acetáty a vodík. Celý fermentační proces je ukončen metanovými bakteriemi, kdy v alkalickém prostředí vzniká metan, oxid uhličitý a voda. Celým procesem vzniká bioplyn (Schulz et al. 2004).

Bioplyn je možné vyrobit z většiny měkkého organického substrátu, jako jsou fekální a další živočišné produkty a zbytky (Tožička et al. 2009). Pro fermentaci se výborně hodí mokrá materiál, kterým jsou zbytky jídla, potravinářské zbytky a tuky. Tyto materiály dosahují požadované sušiny 5 – 15 % (Schulz et al. 2004).

Materiály s obsahem tuků mohou obsahovat nebezpečné mikroorganismy, které mohou omezit fermentační proces a při použití digestátu jako hnojiva kontaminovat půdu (Malaťák et al. 2008).

Na digestát ve formě zbytků po fermentaci nebo kofermentaci jsou kladeny vysoké hygienické požadavky (Váňa 2008). Nakládání s digestátem řídí zákon: Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných

přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech) a Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 ze dne 3. října 2002 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu. Těmto nežádoucím jevům předcházíme pasterací materiálu před fermentací. Vstupní organická hmota se po dobu 20 minut vystaví teplotě 70°C (Malaťák et al. 2008).

Kvalita bioplynu je určována obsahem metanu (CH<sub>4</sub>). Nejvíce metanu se vyrobí ze substrátu bohatého na látky obsahující tuk 1,250 m<sup>3</sup>/kg (68 %) metanu (Schulz et al. 2004).

Kofermentace v zemědělství dochází k zužitkování organických zbytků v bioplynových stanicích. Proces využití odpadů přináší novou energii (elektrická energie, teplo). Pro tento účel je využíváno kašovitých hmot. Mezi nejžádanější substráty patří tuk (Schulz et al. 2004).

### **3.4.2 Aerobní nakládání s živočišnými tuky**

Kompostování živočišného materiálu za aerobních podmínek (s přístupem vzduchu) je možné, pokud jsou dodržena pravidla kompostování. Živočišný materiál je přidáván k ostatní rostlinné biomase, abychom zaručili vyhovující poměr C:N a dostatečný rozklad hmoty (Kalina 2004). Dále Kalina (2016) doporučuje vrstvení materiálu v boxech. Kompostování v boxech zajišťuje ochranu proti potkanům. Nezbytnou důležitostí při aerobním zpracování živočišného materiálu je dodržení horké fáze rozkladu (50°C). Hygienizace je podložena legislativním požadavkem vyhláškou č. 341/2008 o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelným odpadem, nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě.

### **3.5 Další možnosti zpracování živočišných tuků**

Z masného průmyslu jsou produkovány znečištěné odpadní vody. V těchto odpadních vodách se nachází ve velké míře tuky. V jednom litru přibližně 1000 – 2000 mg tuku. Z odpadních vod je tuk mechanicky, biologicky nebo chemicky odstraňován a zpracováván (Kreníková 2014).

### **3.5.1 Zpracování živočišných tuků na krmivo**

V zahraničí se využívá chemického čištění. Z odpadních vod je odstraňován tuk pomocí kyseliny lignosulfonové, tuky a odpad jsou vysráženy. Vzniklá sraženina se vysouší a může být součástí výroby krmných směsí pro užitková zvířata (Kreníková 2014).

### **3.5.2 Zpracování živočišných tuků na motorové palivo**

Vhodným využitím odpadních živočišných tuků je transesterifikace (Kreníková 2014). Methylestery živočišných tuků se v dnešní době považují za reálnou náhradu fosilních paliv (Kizlink 2014).

Na výrobu biodieslu je nevhodnější směsný kafilerní tuk. Při jeho využití se stává druhotnou surovinou. Jednodruhové živočišné tuky (vepřové, hovězí) jsou spíše surovinou pro průmyslové zpracování. Kafilerního tuku, který je vhodný použít k výrobě motorového paliva, se ročně vyprodukuje 300 000 t. Oproti rostlinným tukům a olejům má odpadní kafilerní tuk nevýhody ve vyšším bodě tuhnutí a vysokém stupni hydrolýzy (Prošková et al. 2008).

Pro úspěšné použití kafilerního tuku jako suroviny musí být překonána vysoká kyselost. Dále se řeší ekonomická vyrovnanost transesterifikace. Problém by mohl nastat v okamžiku, kdy se za kafilerní tuk nebude platit jako za odpad, ale naopak bude prodáván jako surovina pro atraktivní výrobu paliva (Kreníková 2014). Víšek et al. (2003) „představuje bionaftu vyrobenou z živočišných tuků jako vysoce jakostní biopalivo s ekobilanční produkcí skleníkových plynů.“

## **3.6 Legislativa**

Při nakládání s živočišným tukem se musíme řídit platnou legislativou České republiky a Evropské unie. Živočišný tuk je hodnocen jako biologicky rozložitelný odpad, pokud není registrován jako hnojivo a nepodléhá zákonu o hnojivech.

„Podle jedné z mnoha definic je biologicky rozložitelným odpadem (BRO) jakýkoli odpad, který podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu.“



„Aplikace kompostů na zemědělskou půdu se v ČR řídí právními předpisy pro hnojiva, z nichž základ tvoří zákon o hnojivech, jehož povinnosti jsou rozvedeny v prováděcích předpisech.“

„Z oblasti nakládání s odpady se problematice BRO včetně BRKO věnuje také Plán odpadového hospodářství (POH). Tento plán ve své závazné části obsahuje strategii odpadového hospodářství, stanoví podíl recyklovaných odpadů a podíl odpadů ukládaných na skládky. V tomto plánu je stanovena i strategie omezování biologicky rozložitelných odpadů na skládkách a rozvoj kompostování těchto odpadů. Zásadně se mění přístup k nakládání s bioodpady. Místo stávající praxe skládkování těchto odpadů a záměru jejich spalování by měly být vytvořeny regionální sítě kompostáren, zařízení pro anaerobní rozklad a mechanicko-biologickou úpravu odpadů. Kompostování má být podle Plánu odpadového hospodářství ČR upřednostňováno s využitím výsledného produktu zejména v zemědělství, při rekultivacích a při zakládání a údržbě zeleně.“ (Sirotková 2006).

### **3.7 Historie a počátky vermikompostování**

Se zpracováním zemědělských biologických odpadů pomocí žížal na vermikompost se začalo v sedmdesátých letech na území Japonska. Tato technologie se výrazně rozvinula v USA, energetické šíření nastává po celém světě. Vermikompostování postupně proniká do bývalého Československa v roce 1985 (Kalina 2004).

S pokusy o vyšlechtění žížal, které by byly schopny rozkládat biologický odpad, se začíná ve třicátých letech dvacátého století v USA. Nově vzniklá forma žížaly pro rozkladné účely vzniká roku 1959. Do Evropy se nově vzniklý druh žížaly dostává roku 1976, konkrétní výskyt je v Itálii. Na tomto území se dostává nového názvu „červená kalifornská žížala“ s tímto pojmenováním se šíří přes Francii dále Evropou (Zajonc 1992).

### **3.8 Vermikompostování**

Rozvojem zemědělství biodynamického a organického směru dochází na požadavky kompostů s vyšším obsahem humusu především humínových kyselin s apelem na stabilizaci produktu. Nároky mohou být splněny při kompostování s pomocí žížal tzv. vermikompostování (Malaťák et al. 2008).

„Vermikompostování pochází z latinského slova vermis, což znamená červ“ (Plíva et al. 2016). Kompostování s využitím žížal je považováno za nejpokročilejší metodu kompostování. Vermikompostování je biooxidační a stabilizační proces přeměny organických materiálů, který na rozdíl od klasického kompostování využívá interakce mezi intenzivní činností žížal a mikroorganismů a nezahrnuje termofilní fázi rozkladu (Dominguez & Edwards 2001).

Tím se vermikompostování řadí mezi nízkonákladové technologie zpracování bioodpadu s pozitivním dopadem na životní prostředí (Lazcano et al. 2011). Žížaly ve svém trávicím traktu zpracovávají organický materiál, ze zbytků jsou utvořené stmelené části, které jsou vylučovány do prostředí. Tyto části vytváří základ vermikompostu (Vaněk 2012).

Další předností vermikompostování je denní spotřeba krmiva, kterého žížaly spotřebují je tolik, kolik samy váží. Z krmiva je vyrobeno 60 % biohumusu a 40% je využito pro vlastní metabolismus (Hlavatá 2004).

Munroe (2007) uvádí vermikompostování jako nezávislý systém kompostování, při kterém se nevytváří teplo a jsou uchovávány živiny pro další využití.

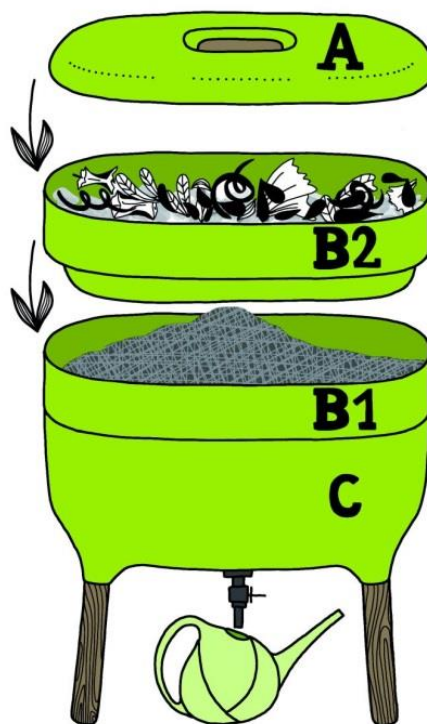
Dle Gupty a Garga (2009) vermikompostovací systém volíme podle prostorových a technických možností. Důležitým kritériem je množství materiálu, které chceme vermikompostování zpracovávat.

#### **3.8.1 Domácí vermikompostování - interiérové**

V případě malého množství vermikompostovatelného materiálu v omezeném prostoru lze využít malého vermikompostéru. Maloprodukční vermikompostéry jsou vhodné do prostor garáží, domácností, kanceláří a škol. Jsou vyráběny z odolných materiálů, které umožňují snadnou údržbu a esteticky nenarušují prostor. Nejvyužívanějším materiálem lze

označit plast a dřevo. Malé domácí vermikompostéry jsou lehké a jednotlivá patra se skládají na sebe. Základem vermikompostéru je spodní vanička často opatřená kohoutkem, kde se zadržuje výluh. V jednotlivých patrech probíhá vlastní proces vermikompostování. Poslední částí bývá víko s otvory pro přístup vzduchu (Plíva et al. 2016). Schéma domácího vermikompostéru je vyobrazeno na obrázku č. 1.

Standardní a dostatečné rozměry domácího vermikompostéru jsou 40 × 40 × 15 cm. Důležitá je perforace dna jednotlivých vrstev, zabezpečuje odtékání výluhu a prostupu žíhal mezi patry (Hanč & Plíva 2013).



Obrázek č. 1: vermikompostér

[plastia.cz](http://www.plastia.cz) (<http://www.plastia.cz/produkt/urbalive/vermikomposter/>)

Popis obrázku č. 1: Interiérový vermikompostér vyobrazen na obrázku č. 1 se skládá z několika částí. Část C - jedná se o zásobník na zachycení přebytečné tekutiny z vermikompostu. Zásobník bývá opatřen kohoutem pro pohodlné vypouštění a odebírání

výluhu (Plíva et al. 2016). Při plném nasycení lze výluh použít jako kapalné hnojivo (Borkovcová et al 2015). Výluh je označován jako žížalí čaj [worm tea] (Plíva et al. 2011).

První patro B1 – zde se umístí násada žížal a materiál určený k vermikompostování. Přímo na první patro je pokládáno druhé patro B2 – za předpokladu zpracování prvního patra se žížaly přesouvají za potravou do vyššího patra B2. V této fázi můžeme odebírat patro B1 s hotovým vermikompostem. Proces střídání parter se opakuje bez žížalí násady. Důležitou součástí vermikompostéru je víko A – je umístěno vždy na nejvyšším patře bez ohledu na počet pater (Plíva et al. 2016).

### **3.8.2 Produkční vermikompostování - exteriérové**

Vermikompostování na ploše používáme při větším objemu biologické hmoty (Rostami 2011).

Vermikompostování na plochách patří mezi jednoduché systémy. Jedním ze systému je vermikompostování na volných plochách v pásových nebo plošných hromadách. Další možností je vermikompostování v ohraničených záhonech. U volného systému je nejdůležitější sledovat vlhkost. Překopávání a obracení není vyžadováno, tím se vermikompostování stává investičně nenáročným. Při jednorázově založených hromadách jsou žížaly přikrmovány přidáváním materiálu na povrch hromady. Množství vrstvy je stanoveno dle četnosti dokrmování. 10 – 15 cm 1× za týden, 20 – 30 cm 1× za čtrnáct dní, 30 – 50 cm 1× za tři týdny. Náročnou operací bývá odebírání žížal před použitím vermikompostu. Využíváme toho, že se žížaly zdržují v horních vrstvách, které můžeme využít pro nové založení vermikompostu. Zakládka v blízkosti zpracovaného vermikompostu umožní samovolný přesun žížal. Vermikompostování v ohraničených záhonech bývá obdélníkovitého tvaru o šířce 2 m a libovolné délky. Zakládání je doporučováno na zpevněných plochách, u některých zakládek se setkáváme se zastřešením (Plíva et al. 2014).

### 3.9 Žížaly

Jsou kosmopolitními druhy s výskytem i v polární oblasti. Je známo asi 150 druhů a v České Republice více než 20 druhů (Mareček 1997). Žížaly rozdělujeme do tří základních skupin dle vázanosti života v půdním profilu a druhu potravy (Pommeresche 2010).

**anektické** (hlubinné) – žížala obecná - *Lumbricus terrestris*, žížala dlouhá – *Aporrectodea longa*

**endogeické** (život v horních vrstvách) – žížala polní – *Aporrectodea caliginosa*, žížala růžová – *Aporrectodea rosea*

**epigeické** (povrchové) – žížala hnojní – *Eisenia fetida*, žížala kalifornská – *Eisenia andrei* vyobrazeno na obrázku č. 2.

(rozdělení dle Pommeresche 2010).

Za účelem vermikompostování volíme druhy se specifickými vlastnostmi s důrazem na spotřebu organické hmoty, rychlost reprodukce (vysoký potenciál kokonů), rychlý růst a vývoj (Domínguez & Edwards 2001). Tyto náležitosti naplňují epigeické druhy žížal zejména *Eisenia fetida* a *Eisenia andrei* (Pižl 2002). Jedná se o drobnější druhy žížal 4 – 12 cm dlouhým s červenohnědým tělem. Postupem času se tento druh stal závislý na prostředí vytvořeným člověkem (Pommeresche 2010). Při vermikompostování je žížalami usnadněna dekompozice biologického materiálu, a tím urychlena mineralizace. Pohyb žížal provzdušňuje vermikompostovaný materiál, a tím je napomoženo transportu iontů v produktu (Částková & Hanč 2019).



Obrázek č. 2: *Eisenia andrei* (foto vlastní)

### 3.9.1 Reprodukce

S vysokou produktivostí a plodností se vyznačuje druh *Eisenia foetida*. Pohlavní dospělosti dosahuje ve třech měsících. Roční produkce dvou hermafroditních jedinců je 1500 červů (Hlavatá 2004).

Plíva et al. (2016) uvádí, že je reprodukce při procesu vermikompostování velice důležitým ukazatelem. Jedna žížala dokáže vyprodukovat jeden kokon za 2 – 3 dny. V kokonech, které jsou vyobrazeny na obrázku č. 3, se vyvíjejí oplodněná vajíčka cca tři dny. Z jednoho kokonu můžeme předpokládat tři žížalí jedince. Druh *Eisenia andrei* je dospělá do čtyř týdnů od vylíhnutí. Dle druhu zpracovávaného bioodpadu a faktorech prostředí se udává hmotnost jedince 0,5 g v závislosti na životních podmínkách se žížaly druhu *Eisenia andrei* dožívají 4,5 – 5 let. Ovšem při řízeném vermikompostování se délka života zkracuje na cca 1,6 roků.



Obrázek č. 3: Kokony (foto vlastní)

### 3.9.2 Krmení

Jeden z hlavních faktorů související s růstem a životním cyklem žížal je krmení. Dodávaný druh krmiva zásadně ovlivní výsledný produkt. Četnost krmení je řízena dílčími faktory, jako je obsah organického materiálu a jeho velikost (Domínguez & Edwards 2001). Kvalitativní i kvantitativní hodnoty dodávaného materiálu nám ovlivňují rychlost vermikompostujícího procesu, může dojít až k ukončení tím, že žížaly uhynou, což se děje po přidání kontaminovaných materiálů (Gupta et al. 2005). Dle Vaňka (2012) bychom neměli do vermikompostu ukládat biologický materiál bez znalosti původu a složení.

Dodávání bioodpadu by mělo probíhat přiměřeně. Snažíme se, aby jednotlivé vrstvy nového materiálu nepřesahovaly 15 – 20 cm. Žížaly nasazené do vermikompostu žijí v horních vrstvách. Při vysokém navrstvení biologické hmoty by docházelo k tlení a zvyšování teploty, což by mohlo žížaly usmrtit (Kalina 2016).

V závislosti na vrstvení postupně dokrmujeme většinou jednou až dvakrát týdně. 0,5 kg žížal je schopno zpracovat 0,25 kg materiálu za jeden den (Plíva et al. 2016).

Zkrmovat můžeme většinu odpadu z domácí kuchyně. Pro žížaly je vhodná pestrá kombinace materiálu. Měli bychom se vyhýbat velkému množství citrusů, aby nedocházelo k překyselení. Mezi vhodné materiály se považují zbytky vařené zeleniny, vylouhované čajové pytlíky, kávová sedlina, nemusíme se bát rýže a těstovin. Vhodným krmivem jsou i nepotravinářské zbytky. Přidáváme natrhaný papír, proložky od vajec nebo zbytky rostlin ze zahrady (Pearsová 2011).

### 3.10 Podmínky vermikompostování

Při vermikompostování se zabýváme základními faktory pro správný životní cyklus žížalích jedinců. Nižší zmíněné faktory mají přímý vliv na růst a tvorbu kokonů. V průběhu vermikompostování musíme hodnoty sledovat a upravovat.

#### 3.10.1 Teplota

Pro správnou činnost žížal sledujeme teplotní podmínky. Přijatelné teploty při procesu vermikompostování jsou 20 – 30° C (Negavallemma et al. 2004). Při těchto teplotách je podporován metabolismus, růst, reprodukční aktivita, dýchání a celková životní aktivita žížal (Ali et al. 2015). Dle Munroe (2007) je reakce žížal na teplotu rychlá a dochází k migraci na místa s přijatelnou teplotou.

Teplotní podmínky se liší dle druhu žížal, a s tím je spojena i tolerance teplot. Druhu *Esenia fetida* (žížala hnojní) snese toleranci 0 – 35° C. Teplotou optimální pro vermikompostování je 15 - 25 ° C. U druhu *Esenia andrei* (žížala kalifornská) je optimální teplotou pro úspěšný životní cyklus 19 - 22° C. Teplotní podmínky 30 - 35 ° C, nejsou vhodné (Honzová & Poklembová 2014).

Studiemi je potvrzeno přežití žížalích kokonů rodu *Esenia* ve zcela zmrzlém prostředí (Plíva et al. 2016).

#### 3.10.2 Vlhkost

Pro život žížal je optimální vlhkost nezbytným životním faktorem. Žížala je vlhkomilný živočich. Pro efektivní přetváření organické hmoty a rozměňování potřebuje co nejvíce stabilní vlhkostní podmínky (Zajonc 1992). Garg a Gupta (2009) uvádějí, že růst a reprodukce žížal je ovlivněna vlhkostí.

Vhodné vlhkostní prostředí pro život žížal je v hodnotách 60 – 90 %. Nižší hodnoty vedou k vysušení žížal a naopak vyšší hodnoty mohou zapříčinit nedostatek kyslíku, čímž dochází k anaerobním procesům a úhynu žížal (Munroe 2007).

Žížaly obsahují 70 – 90 % vody. Dýchání žížal probíhá celým povrchem těla. Výhodou žížal je získávání kyslíku z molekul vody. Z toho vyplývají vlhkostní podmínky okolo 80 %, aby



byl zachován dostatek vzduchu. (Plíva et al. 2016). Optimální vlhkost udržujeme pravidelným kropením substrátu (Munroe 2007).

### **3.10.3 pH**

Přežívání žížal je v rozmezí hodnot 5 – 9 pH. Optimální pH se pohybuje mezi 7,5 – 8 (Munroe 2007). Malaťák (2008) uvádí, že žížaly požadují pH neutrální, protože při nižších hodnotách nežli 6 a vyšších nežli 8 hynou. Do jícnu ústí žížalám vápenaté žlázy, které upravují hodnoty pH (Plíva et al. 2016). Tím mohou být kyselé vstupní materiály při vermikompostování zneutralizovány (Garg et al. 2006). Je prokázáno, že neutrální prostředí je pro žížaly nejvíce vyhovující (Singh et al. 2005). Rostami (2011) uvádí, že koncentrace vodíkových iontů záleží na druhu žížal. Výsledný výstupní produkt může být až alkalický (Munroe 2007).

### **3.10.4 Poměr C:N**

Poměr uhlíku a dusíku (obrázek č. 4) je jeden z nejdůležitějších faktorů jako ukazatel stabilizace organických odpadů. Je využíván při hodnocení vermikompostu. C:N ovlivňuje aktivitu žížal, primárně se podílí na syntéze buněk, růstu a metabolismu žížal (Ndegwa et al. 2000).

Pro rychlou stabilizaci organického materiálu by měl být během procesu dodržován poměr C:N 25 – 30:1. Vyšší poměr materiálu než 40:1 podléhá dekompozici pomalým tempem, naopak poměr 20:1 zajišťuje vysoký stabilizační stupeň. Organické hmoty jsou přeměněny na plně vyzrálý kvalitní organický odpad (Garg a Gupta 2009).

Při vermikompostovacím procesu dochází ke snížení C:N. Uhlík se spotřebuje a ve formě oxidu uhličitého se uvolní do ovzduší při respiračním procesu. Ve formě exkrementů žížal je dodáván dusík (Yadav a Garg 2011).

Vstupním materiálem lze poměr C:N upravit. Prasečí kejdu nebo čistírenský kal jakož to materiály bohaté na dusík dodáváme, pokud naměříme přebytek uhlíku v opačném případě, kdy naměřením prokážeme vysoký stupeň dusíku, dodáváme surovinu s vyšším obsahem uhlíku například slámu (Sinha et al. 2009).

 <b>6-10:1</b> slepíčí a drůbeží trus	 <b>30-34:1</b> slupky a okrojky z ovoce	 <b>37-54:1</b> papírové čajové sáčky, kávéové filtry
 <b>10-15:1</b> slupky a okrojky z brambor, okurek a jiné zeleniny	 <b>30-34:1</b> slupky z banánů a jižního ovoce	 <b>50-60:1</b> sláma
 <b>10-15:1</b> zbytky jídla staré pečivo	 <b>30-34:1</b> slupky citrusových plodů	 <b>54-129:1</b> znečištěný papír
 <b>15-20:1</b> trávní seč	 <b>20-47:1</b> uvadlé a uschlé květiny	 <b>226:1</b> větvě, dřevní hmota
 <b>15-37:1</b> natě ze zeleniny a bylin	 <b>37-47:1</b> listy stromů a keřů, čerstvé i suché	 <b>500:1</b> piliny, dřevní pelety

[http://tesprahodonin.cz/wpcontent/uploads/Bioodpad\\_kompostovani.pdf](http://tesprahodonin.cz/wpcontent/uploads/Bioodpad_kompostovani.pdf)

Obrázek č. 4 Poměr C:N

### 3.10.5 Kyslík

Žížaly při nedostatku kyslíku hynou. Kyslík ke svému životu potřebují, přijímají ho celým svým povrchem těla (Munroe 2007). Náročnost žížal vůči kyslíku není vysoká a svou činností a životní aktivitou napomáhají k dostatečnému množství kyslíku. Obsah kyslíku je ovlivněn především zpracovávaným materiálem. Mastné a olejnaté suroviny vedou k vlhčímu a anaerobnímu prostředí, ve kterém žížaly často hynou kvůli obsahu toxických látek (Garg a Gupta 2009).

### 3.11 Výhody vermikompostování

Organické látky jsou pomocí žížal rozkládány velice rychle, přičemž vzniká stabilní a netoxický vermikompost. Struktura by měla být lepší než u běžného kompostu. Obsah mikroorganismů a živin dosahuje vyšších hodnot vlivem působení žížal (Zajonc 1992).

Vermikompost je tvořen žížalími exkrementy válečkovitého tvaru o rozměrech 0,5 mm průměru a 1 mm na délku. Hmota, která projde zaživacím traktem žížaly, je obohacena o velké množství mikroorganismů a především enzymů. Velká plocha částic zajišťuje

meziprostory ke zvýšení vzdušnosti a vodní kapacity materiálu. Při vermikompostování dochází k chemickým přeměnám především v poměru C:N. Minerální složení je ovlivněno primárně zakládkou a biochemickými pochody za působnosti mikroorganismů. Většina dusíku je přeměněna na dusičnany, které jsou pro rostliny přijatelnější (Zajonc 1992).

Při vermikompostování odpadá nutnost překopávání a mísení ovšem pokud hmotu příliš neuhutníme do vermikompostéru (Edwards et al. 2011).

U zralého vermikompostu se setkáváme s jemně rozptýlenými částmi, které se podobají rašelině. Barva je tmavě černá. Předpokládá se vysoká zadržovací schopnost vlhkosti, ale musí být zachována struktura a pórovitost materiálu (Hanč & Plíva 2013).

Biohumus (vermikompost) získaný pomocí žížal lze použít jako nejučinnější organické hnojivo (Malaťák et al. 2008).

### **3.12 Uplatnění vermikompostu – hnojení**

S ohledem na obsah huminových kyselin v sušině (17,6 % hm) je doporučená dávka 3 t/ha jednou za tři roky. Kvalita vermikompostu stoupá při potlačování vstupu cizorodých látek do rostlin (Malaťák et al. 2008).

Kalina (2004) uvádí, že se u výsevů doporučuje aplikovat 30 – 1000 g vermikompostu na 1m<sup>2</sup>. Například při pěstování teplomilné zeleniny přidáváme 100 g ke každé rostlině. Pro předpěstování rostlin můžeme do substrátu přidat 15 – 25 % vermikompostu. Aby bylo podpořeno ujetí trvalých porostů je doporučováno aplikovat 3 kg vermikompostu ke kořenům rostliny.

Zajonc (1992) uvádí že, k přihnojení zeleninových a květinových kultur lze využít výluhu z vermikompostu. Necháváme louhovat 60 g vermikompostu v jednom litru vody po dobu 24 hodin. Výluh je aplikován zálivkou. Výluh připravený z 10 g lze použít k hydroponickému pěstování rostlin. Jedná se o pěstování rostlin bez půdy v živném roztoku.

Hanč et al. (2010) uvádí, že vermikompost zlepšuje odolnost vůči nežádoucímu vstupům cizorodých látek do rostlin a odolnost proti chorobám.

Uplatnění vermikompostu je řízeno Zákonem č. 308/2000 Sb., kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných

přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (Zákon o hnojivech), a zákon č. 69/1991 Sb., o Pozemkovém fondu České republiky, ve znění pozdějších předpisů a vyhláškou MZe č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů.

## 4 Metodika

Pokus s vermikompostováním odpadních živočišných tuků byl založen 19. 4. 2018 na pokusné stanici Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů na Červeném Újezdě ve speciálně upravené vermikompostovací laboratoři. Použitý živočišný tuk pocházel ze společnosti Hamé. Jedná se o českou potravinářskou firmu se sídlem v Kunovicích na Uherskohradištsku. Zabývá se výrobou trvanlivých a chlazených potravin. Odpadní živočišný tuk vychází z výroby masných výrobků, jako jsou paštiky nebo masové konzervy. Společnost se usilovně snaží o likvidaci odpadů co nejšetrnější cestou a z odpadů separuje kompostovatelnou složku, což vychází ze zpracovaného plánu odpadového hospodářství. Tuky byly převáženy a skladovány v igelitových pytlích. Konzistence materiálu se vlivem teplot měnila z tvrdé na tuhou až tekutou formu. Barva se pohybovala v odstínech hnědožluté (Obrázek č. 5). Práce s tuky byla provázena charakteristickým velice nepříjemným zápachem.

Byly založeny čtyři varianty s různými objemovými podíly tuku a slaměných pelet, byla založena také jedna kontrolní varianta bez žížal (viz tabulka č. 1).

Vermikompostování probíhalo ve vermikompostérech WORM FACTORY za konstantní teploty 22°C při světle, aby bylo zamezeno úniku žížal.

Do vermikompostéru č. 1 – 4 byla umístěna první patra s desetilitrovou násadou žížal *Eisenia andrei*. Hustota žížal byla 50 ks/l. Další patra byla naplněna s vermikompostovatelným bioodpadem o objemu 15 l. U kontrolního vermikompostéru č. 5 (bez žížal) byl bioodpad umístěn do prvního patra.

Dle rychlosti vermikompostovacího procesu byly žížaly dokrmovány po měsíci a půl. Přibližná vlhkost 80% byla udržována dle potřeby zavlažováním jedenkrát až dvakrát za 14 dní. Za dobu trvání pokusu byly žížaly čtyřikrát dokrmeny přidáním nového patra s bioodpadem. Vermikompostéry č. 1 a č. 2 obsahovaly pouze jednu vrstvu a po čtrnácti dnech od založení pokusu se v nich nenacházely žádné žížaly, násada žížal byla obnovena. Vermikompostéry č. 1 a č. 2 nebyly za dobu pokusu dokrmovány.

Pokus byl ukončen v říjnu 2018. Byly odebrány vzorky o hmotnosti 1 kg z každé vrstvy. Vrstvy jsou označeny (I, II, III, IV). Nejstarší vrstva č. I a nejmladší vrstva č. IV.

Následně byly vyselektovány žížaly, které se spočítaly a zvážily. Vzorky bez žížal se rozdělily na část určenou k uchování v chladničce při 4°C pro stanovení pH a měrné vodivosti. Druhá část se usušila v sušárně při teplotě 35°C pro stanovení sušiny a analýzy celkových a přístupných prvků a stanovení poměru C:N.

Tabulka č. 1: Schéma pokusu

Vermikompostér č.	Složení bioodpadu	Substrát se žížalami (10L)	Objem bioodpad (L)
<b>1</b>	tuk 100 % obj.	ano	15
<b>2</b>	tuk 75 % obj. + pelety 25 % obj.	ano	15
<b>3</b>	tuk 50 % obj. + pelety 50 % obj.	ano	15
<b>4</b>	tuk 25 % obj. + pelety 75 % obj.	ano	15
<b>5</b>	tuk 50 % obj. + pelety 50 % obj.	ne	15



Obrázek č. 5: Vermikompostér s živočišným tukem (vlastní obrázek)

## 4.1 Agrochemické analýzy

Hodnoty pH a měrné vodivosti (EC) byly naměřeny ve směsi čerstvého vzorku s demineralizovanou vodou (50 ml na 10g čerstvého vzorku) dle normy ČSN 15933. pH bylo měřeno kalibrovaným pH metrem WTW 340i, měrná vodivost konduktometrem WTW Cond 730.

Analyzátor CHNS Vario MACRO cube (Elementar Analysensysteme GmbH, Germany) byl použit pro stanovení celkového obsahu dusíku (N) a uhlíku (C). V katalytické peci bylo spáleno cca 25 mg suchého namletého vzorku pomocí termálně kondukčního detektoru, následně byl stanoven celkový dusík a uhlík, tím mohl být určen poměr C:N.

Při stanovování celkových prvků (P, Mg, K, Ca) se navážilo 0,5 g suchého namletého vzorku do kádinky a přidalo se 10 ml  $\text{HNO}_3$  + 2 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  a nechalo se ustálit po dobu 20 min. Vše se umístilo na předehřátou plotnu na 130°C, po ustálení se při míchání přidalo 1,5 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Proces zahřívání trval 2,5 hodiny.

Přístupné prvky (P, K, Mg) pro rostliny byly stanoveny dle normy ČSN13651 pomocí extrakčního činidla CAT (pH = 2,6, kyselina diethylentriaminopentaoctová,  $c = 0,002 \text{ mol/L}$  ; chlorid vápenatý,  $c = 0,01 \text{ mol/L}$ ). Vysušený a namletý vzorek (10g) byl navážen do uzavíratelných nádob a zalit 50 ml roztoku CAT. Po hodinovém třepání na mechanické třepače byl vzorek zfiltrován a umístěn do zkumavek. Přístupné i celkové obsahy prvků byly stanoveny optickým emisním spektrometrem s vázaným plazmatem (ICP – OES Varian Vista Pro).

## 4.2 Statistické analýzy

Pro zpracování a vyhodnocení směrodatných odchylek a průměrů u jednotlivých vrstev bylo využito programu MS Excel 2016.

Statistické analýzy byly provedeny softwarem Statistica 12 (StatSoft, Tulsa).

Na základě testů normality a homogenity byla na všechna data aplikována Jednofaktorová ANOVA následovaná Tukeyho HSD testem ( $P \leq 0,05$ ;  $n=3$ ).

## 5 Výsledky

### 5.1 Živočišné tuky a slaměné pelety

V tabulce č. 2 a grafu č. 1 jsou zobrazeny agrochemické hodnoty vstupních materiálů pro vermikompostování. Vstupními materiály byly živočišné tuky a slaměné pelety. Tyto suroviny měly podobné hodnoty.

Naměřená sušina živočišných tuků dosahovala hodnot 33,96 % což je o 0,19 % méně než u zvlhčených slaměných pelet. Značný rozdíl se vyskytoval u hodnot pH. U slaměných pelet byly naměřeny neutrální hodnoty pH (7,93), živočišné tuky dosahovaly hodnot slabě kyselých (5,54).

U měrné vodivosti nebylo naměřeno velkých rozdílů. Hodnoty slaměných pelet dosahovaly 1345  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a u živočišných tuků byla průměrná hodnota 1341,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Hodnota C:N byla u slaměných pelet 65,73. U živočišných tuků dosahoval poměr C:N hodnoty 33,49.

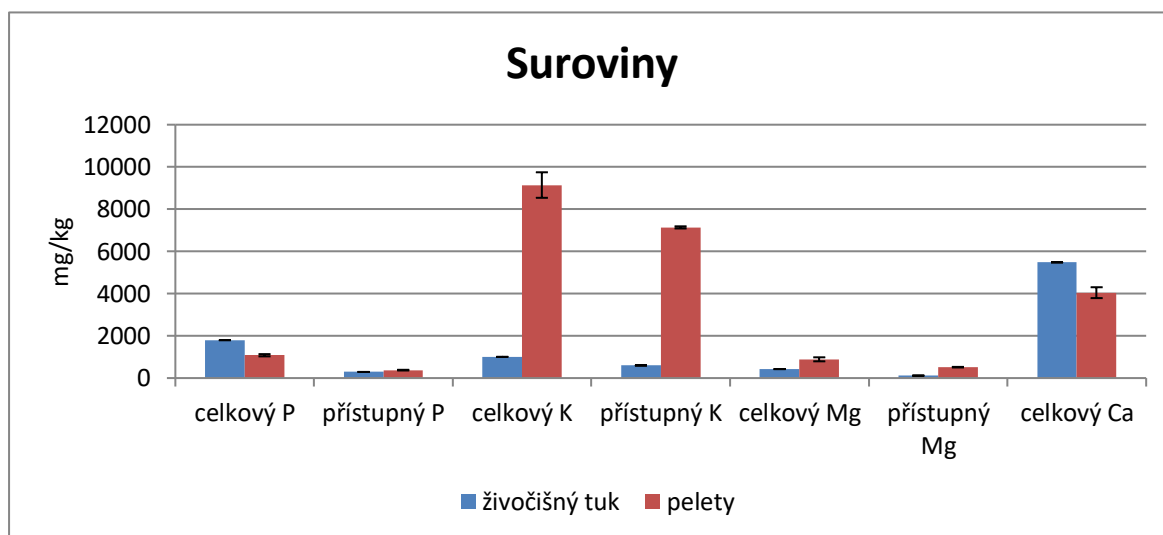
U měřených prvků dosahoval nejvyšších hodnot celkový draslík 9141,06 mg/kg, u slaměných pelet, kde bylo přístupného draslíku 78,06 % z celkového množství. U živočišných tuků bylo naměřeno nejvyšších hodnot u celkového vápníku 5481,12 mg/kg. Z přístupných prvků bylo u samotných živočišných tuků 59,75 % draslíku z celkového naměřeného množství. Nejnižší hodnoty byly u přístupného fosforu a to 16 % z celkového množství. Z přístupných prvků u slaměných pelet dosahoval nejnižších hodnot fosfor 34,75 % z celkového obsahu P. Nejvyšších rozdílů mezi slaměnými peletami a živočišnými tuky dosahoval draslík, a to u celkových i přístupných forem. Nejvíce se v obsahu živin přibližoval přístupný fosfor a přístupný hořčík.



Tab č. 2: Obsah sušiny, pH, EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), C:N u vstupních surovin

Materiál	Sušina (%)	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	C:N
živočišné tuky	33,96 $\pm$ 1,38	5,54 $\pm$ 0,42	1341,33 $\pm$ 262,17	33,49 $\pm$ 6,97
Slaměné pelety	34,15 $\pm$ 2,39	7,93 $\pm$ 0,08	1345 $\pm$ 59,1	65,73 $\pm$ 6,99

Hodnoty jsou průměry  $\pm$  směrodatná odchylka (=3).



Graf č. 1: Celkové a přístupné prvky P, K, Mg, Ca u živočišných tuků a slaměných pelet.

Hodnoty jsou průměry  $\pm$  směrodatná odchylka (n=3).

## 5.2 Vermikompostér 1

U vermikompostéru č. 1 se 100 % živočišného tuku byla na konci pokusu pouze jedna vrstva, ve které nebyly nalezeny žádné žížaly. K nepřízni žížal dopomáhalo pravděpodobně příliš anaerobní prostředí vermikompostovaného živočišného tuku.

U této jediné vrstvy byla po ukončení pokusu naměřena sušina 57.17 %, což pro žížaly není ideální. I přes snahy zavlažovat materiál, nebylo možné do něj dostat více vody, neboť tuk je značně hydrofobní.

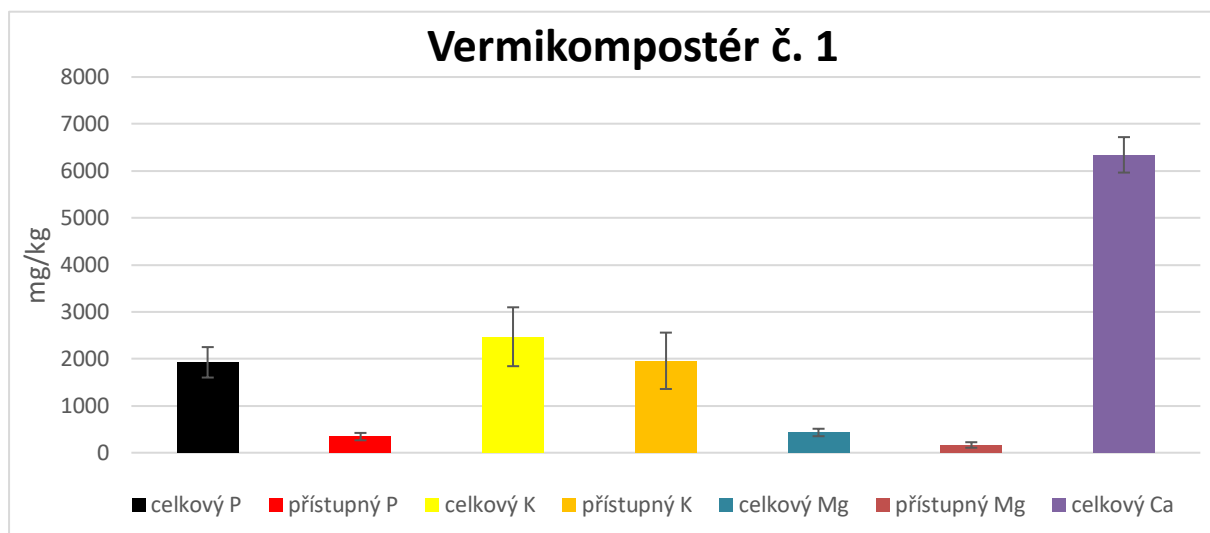
Naměření pH v této vrstvě dosahuje 5,88. U měrné vodivosti bylo naměřeno 588,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Pomalému tempu rozkladu odpovídají hodnoty C:N 35,25 (Tab.č. 3).

Tab č. 3: Agrochemické hodnoty v jednotlivých vrstvách vermikompostéru č. 1

Číslo vrstvy	sušina (%)	pH/H <sub>2</sub> O	EC (μS/cm)	Poměr C:N
I	57,17±1,77	5,88±0,07	588,33±75,39	35,2525±1,49

Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (=3).

Byly naměřeny celkové prvky (P, K, Mg, Ca), (Graf č. 2) a prvky přístupné pro rostliny (P, K, Mg). Z celkových prvků nejvyšších hodnot dosahoval vápník 6342,79 mg/kg. Nejnižších hodnot u celkových prvků bylo u hořčíku 431,11 mg/kg. U fosforu byla hodnota 1925 mg/kg a u draslíku 2469,6 mg/kg. Což byla nejvyšší naměřená hodnota ze všech celkových prvků. Z přístupných prvků dosahoval nejvyšších hodnot draslík 1957,25 mg/kg. Nejméně přístupného bylo hořčíku 164,83 mg/kg u fosforu bylo zjištěno 343,24 mg/kg.



Graf č. 2: Celkové a přístupné prvky P, K, Mg, Ca u vermikompostéru č. 1. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3).

### 5.3 Vermikompostér 2

U vermikompostéru č. 2 bylo dosaženo pouze jedné vrstvy materiálu. V této vrstvě bylo napočítáno 440 ks/kg žížal. Biomasa žížal byla zaznamenána 57,06 g/kg (Tab č. 4).

Tab č. 4: Počet a biomasa žížal u vermikompostéru č. 2.

Číslo vrstvy	Počet žížal (ks/kg)	Biomasa žížal (g/kg)
I	440,66±48,01	57,06±7,02

Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (=3).

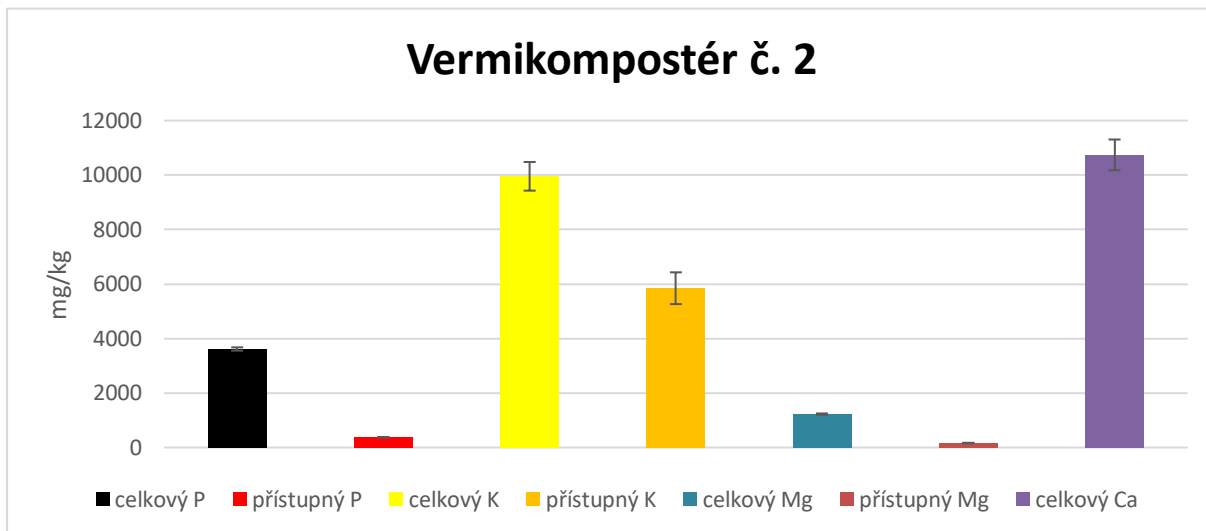
Ve vrstvě byla naměřena sušina 25,88 %, tato hodnota odpovídá vhodným vlhkostním poměrům pro činnost žížal. Naměřené pH 6,86 je pro vermikompostování ideálním. Měrná vodivost byla 58,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Vysoký stabilizační stupeň materiálu potvrzuje hodnota 16,08 C:N. (Tab č. 5).

Tab č. 5: Agrochemické hodnoty u vermikompostéru č. 2.

Číslo vrstvy	sušina (%)	pH/H <sub>2</sub> O	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Poměr C:N
I	25,88±0,43	6,86±0,20	582±25,35	16,08±1,69

Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (=3).

Nejvyšších hodnot u celkových prvků bylo naměřeno u vápníku 10742,79 mg/kg nejméně bylo zjištěno u hořčíku 1227,44 mg/kg u draslíku byly hodnoty 9954,6 mg/kg a u fosforu 3616,66 mg/kg. Nejméně bylo přístupného pro rostliny hořčíku 165,16 mg/kg. Nejvíce přístupného prvku bylo u draslíku 58,74% z celkového množství. U fosforu bylo naměřené přístupné množství 10,46 % z celkových hodnot (Graf č. 3).



Graf č. 3: Celkové a přístupné prvky P, K, Mg, Ca u vermikompostéru č. 2. Hodnoty jsou průměry  $\pm$  směrodatná odchylka (n=3).

## 5.4 Vermikompostér 3

Nejméně bylo napočítáno žížal ve vrstvě č. IV 42,66 žížal/kg a ve vrstvě č. I 124 ks/kg. Ve vrstvě č. III významně přibylo na 152 ks/kg. Největší počet žížal byl zaznamenán u vrstvy č. II 171 ks/kg s biomasou žížal 53,5 g/kg. Průměrná biomasa v 1 kg byla 37,92 g/kg. Počet žížal kolísal v různých vrstvách. Nepotvrdil se předpoklad největšího výskytu žížal v nejmladší vrstvě. V nejmladší vrstvě bylo o 75 % méně žížal než ve vrstvě II (Tab. č. 6).

Tab č. 6: Počet a biomasa žížal v jednotlivých vrstvách vermikompostéru č. 3

Číslo vrstvy	Počet žížal (ks/kg)	Biomasa žížal (g/kg)
IV	42,66 $\pm$ 58,32 <sup>b</sup>	11,93 $\pm$ 18,82 <sup>b</sup>
III	152 $\pm$ 50,82 <sup>a</sup>	50,1 $\pm$ 16,47 <sup>a</sup>
II	171,66 $\pm$ 51,03 <sup>a</sup>	53,5 $\pm$ 16,75 <sup>a</sup>
I	124,66 $\pm$ 38,18 <sup>ab</sup>	36,16 $\pm$ 10,99 <sup>ab</sup>

Hodnoty jsou průměry  $\pm$  směrodatná odchylka (n=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

Jak je vidět v Tab. č. 7 sušina se pohybovala od 21,99% u vrstvy č. I po hodnotu 41,58 % u vrstvy č. IV. U vrstvy č. IV byl zjištěn statisticky významný rozdíl.

Hodnota pH se pohybovala v rozmezí od 7,01 - vrstvy č. I po 5,27 - vrstvy č. IV, se statistickým rozdílem u vrstvy č. IV. Nejvyšší měrná vodivost byla naměřena u vrstvy č. IV 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a klesala na nejnižší hodnotu 392  $\mu\text{S}/\text{cm}$  u vrstvy č. III. Mezi vrstvami nebyl zjištěn statistický významný rozdíl. U vrstvy č. IV byl naměřen nejvyšší poměr C:N 22,10, naopak nejnižšího poměru dosahovala vrstva č. III 14,89 C:N, bez statistického rozdílu.

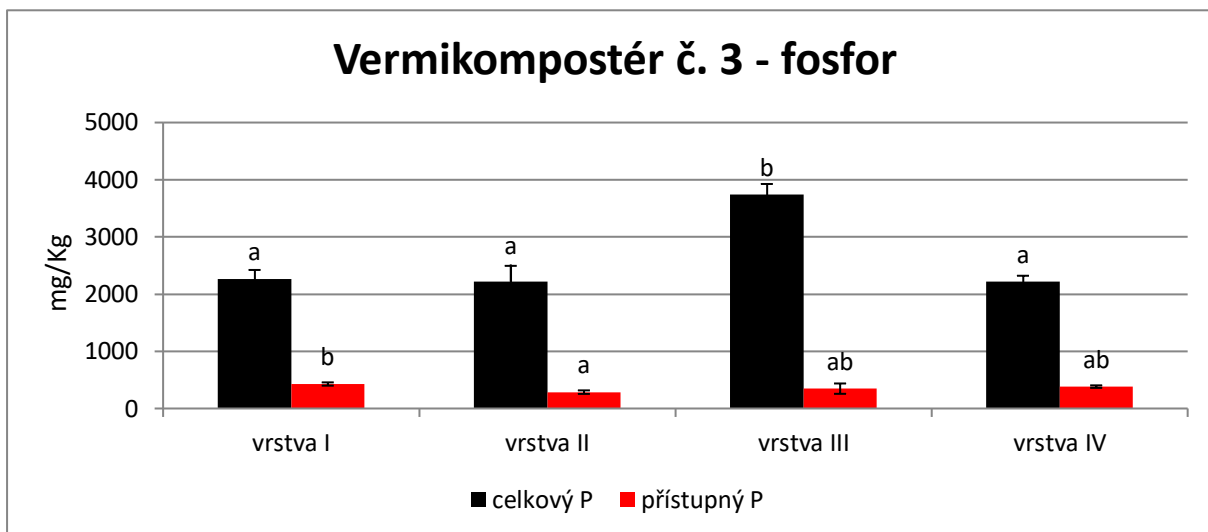
Tab č. 7: Agrochemické hodnoty v jednotlivých vrstvách vermikompostéru č. 3

Číslo vrstvy	sušina (%)	pH/H <sub>2</sub> O	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Poměr C:N
<b>IV</b>	41,58±11,02 <sup>b</sup>	5,27±2,03 <sup>b</sup>	600±204,04 <sup>a</sup>	22,10±1,29 <sup>a</sup>
<b>III</b>	23,48±7,14 <sup>a</sup>	6,59±2,13 <sup>a</sup>	486,66±137,53 <sup>a</sup>	14,89±0,84 <sup>b</sup>
<b>II</b>	22,59±7,72 <sup>a</sup>	6,67±2,40 <sup>a</sup>	392±133,21 <sup>a</sup>	22,02±0,74 <sup>a</sup>
<b>I</b>	21,99±7,72 <sup>a</sup>	7,01±0,07 <sup>a</sup>	411,33±31,34 <sup>a</sup>	19,87±1,65 <sup>a</sup>

Hodnoty jsou průměry  $\pm$  směrodatná odchylka (=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ;  $n=3$ ).

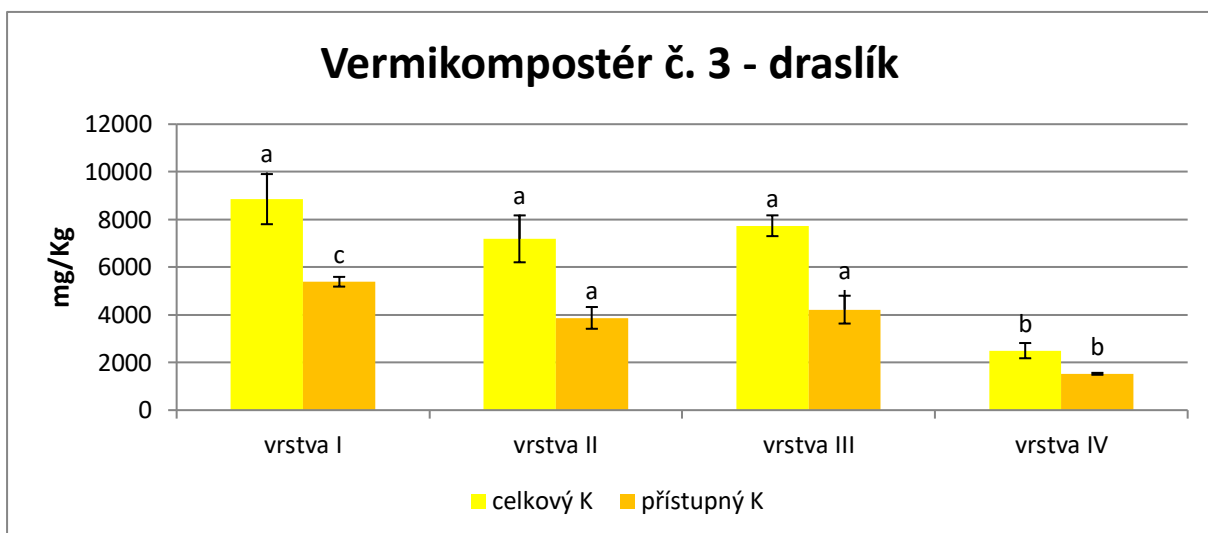
U vermikompostéru č. 3 jsou patrné vysoké rozdíly obsahu živin mezi jednotlivými vrstvami.

Rozdílu celkového obsahu fosforu byl ve vrstvách II a IV malý vychýlení bylo u III vrstvy 3743,33 mg/kg. Jak je patrné z grafu č. 4., přístupný fosfor z celkového množství se pohybuje kolem 13,81 %. U celkového fosforu byl zaznamenán statistický rozdíl u vrstvy č. III. Přístupný fosfor vykazoval statisticky významný rozdíl u vrstvy č. I a II



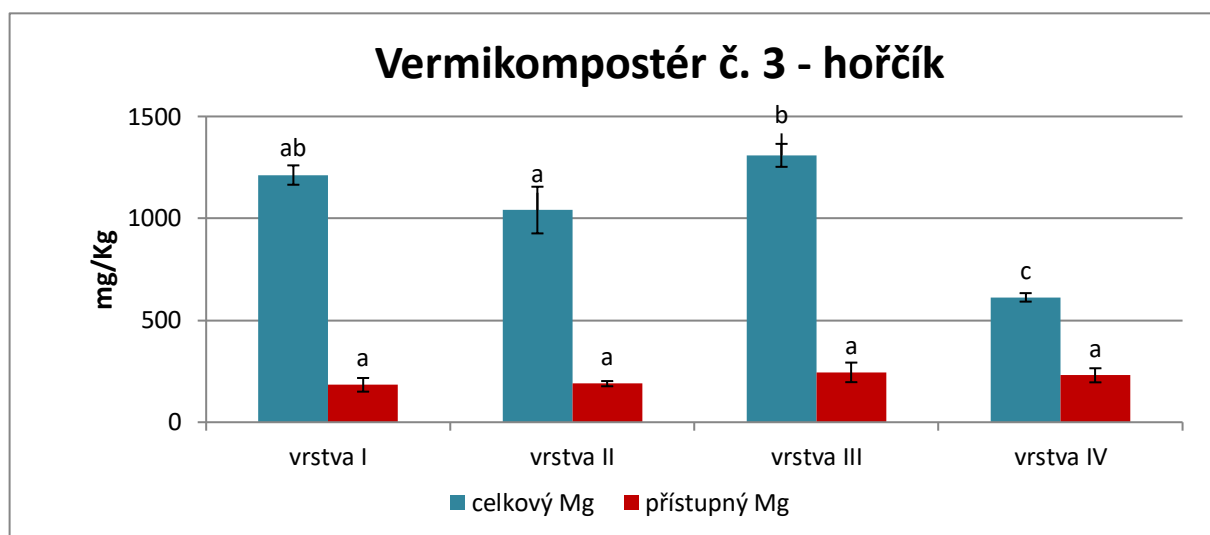
Graf č. 4: Celkové a přístupné prvky fosforu u vermikompostéru č. 3. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

V grafu č. 5 vidíme obsah celkového draslíku, který se pohyboval ve všech vrstvách od 7187,93 mg/kg do 8854,6 mg/kg. Se statistickým rozdílem u vrstvy č. IV. Draslík přístupný rostlinám dosahoval v průměru hodnot 57,08 % z celkového množství. S významným statistickým rozdílem u vrstev č. I a IV.



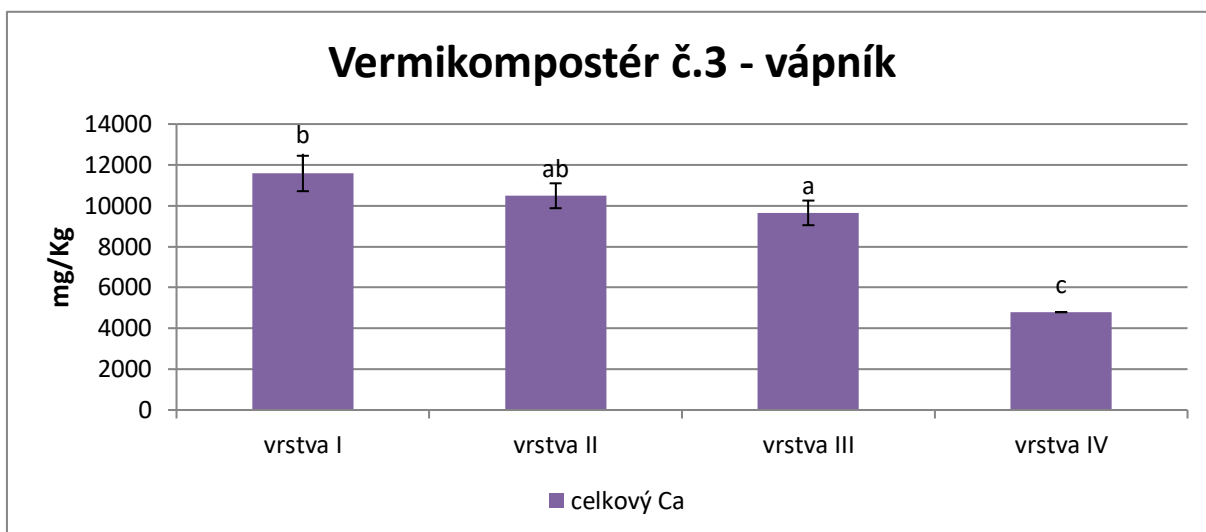
Graf č. 5: Celkové a přístupné prvky draslíku u vermikompostéru č. 3. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

Z celkových prvků dosahoval nejnižších hodnot hořčík, průměrně bylo ve vrstvách č. I-IV naměřeno 1043,69 mg/kg. Statistický rozdíl byl zaznamenán u vrstev č. II, III a IV. (grafu č. 6). Nejvíce přístupného hořčíku z celkového množství se vyskytovalo ve vrstvě č. IV 37 %. U přístupného hořčíku nebyly zaznamenány žádné statisticky významné rozdíly.



Graf č. 6: Celkové a přístupné prvky hořčíku u vermikompostéru č. 3. Hodnoty jsou průměry  $\pm$  směrodatná odchylka ( $n=3$ ). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ;  $n=3$ ).

Ze všech vermikompostérů bylo nejvíce celkového vápníku u vermikompostéru č. 3. Ve vrstvách I-IV v průměru 9127,70 mg/kg nejstarší vrstva měla největší obsah celkového vápníku 1157,45 mg/kg u nejmladší vrstvy byla hodnota 4791,12 mg/kg, jak je vidět v grafu č. 7. Statistické rozdíly byly u vrstev č. I, III a IV.



Graf č. 7: Celkové prvky vápníku u vermikompostéru č. 3. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

## 5.5 Vermikompostér 4

Nejvíce žížal bylo napočítáno ve vrstvě č. IV 470 ks/kg s biomasou 66,8 g/kg. Nejméně pak ve vrstvě č. I 201,33 ks/kg (Tab.č. 8). Statistické rozdíly byly zaznamenány u vrstvy č. III a IV, které se lišily od vrstev č. I a II., jak u počtu žížal, tak u biomasy.

Tab č. 8: Počet a biomasa žížal v jednotlivých vrstvách vermikompostéru č. 4

Číslo vrstvy	Počet žížal (ks/kg)	Biomasa žížal (g/kg)
IV	470±143,54 <sup>b</sup>	66,8±21,55 <sup>b</sup>
III	424,33±123,78 <sup>b</sup>	64,26±19,00 <sup>b</sup>
II	253,66±72,77 <sup>a</sup>	32,4±10,10 <sup>a</sup>
I	201,33±51,54 <sup>a</sup>	30,56±4,10 <sup>a</sup>

Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

Nejvyšší naměřená sušina byla ve vrstvě č. IV 20,62 %. Nejnižší hodnota sušiny 15,85 % byla naměřena ve vrstvě č. II. Statisticky významný rozdíl byl nalezen u vrstvy č. III a IV.



Hodnota pH se pohybovala u všech vrstev kolem 7, nejméně 7,5 u vrstvy č. II a nejvíce 7,86 u vrstvy č. IV. Statisticky významný rozdíl nebyl zjištěn u žádné z vrstev.

Měrná vodivost byla od 548,66  $\mu\text{S}/\text{cm}$  u vrstvy č. II do 649  $\mu\text{S}/\text{cm}$  u vrstvy č. III. se statistickým rozdílem u vrstvy č. III.

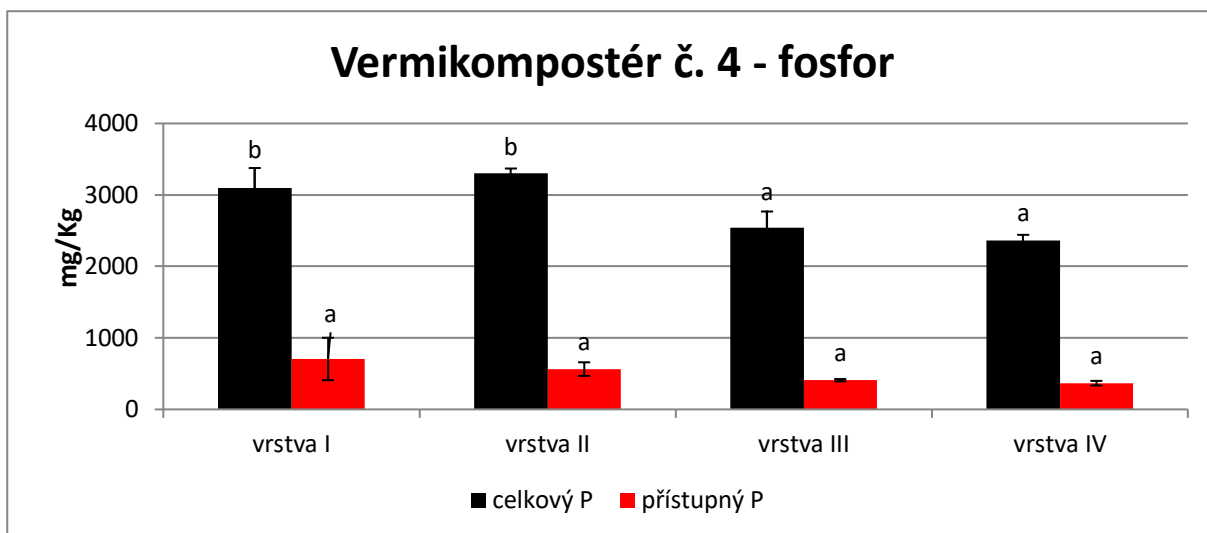
Poměr C:N dosahoval nejvyšší hodnoty u vrstvy č. IV 18,07 a nejméně u vrstvy č. I 15,34 (Tab. č. 9). Bez významných statistických rozdílů.

Tab č. 9: Agrochemické hodnoty v jednotlivých vrstvách vermikompostéru č. 4

Číslo vrstvy	sušina (%)	pH/H <sub>2</sub> O	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Poměr C:N
IV	20,62 $\pm$ 5,80 <sup>b</sup>	7,86 $\pm$ 2,34 <sup>a</sup>	609,66 $\pm$ 184,08 <sup>ab</sup>	18,07 $\pm$ 0,71 <sup>a</sup>
III	19,52 $\pm$ 5,58 <sup>b</sup>	7,75 $\pm$ 2,41 <sup>a</sup>	649 $\pm$ 187,39 <sup>b</sup>	15,75 $\pm$ 0,58 <sup>a</sup>
II	15,85 $\pm$ 5,56 <sup>a</sup>	7,5 $\pm$ 2,66 <sup>a</sup>	548,66 $\pm$ 190,22 <sup>a</sup>	15,72 $\pm$ 1,16 <sup>a</sup>
I	16,43 $\pm$ 0,47 <sup>a</sup>	7,83 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	560,66 $\pm$ 21,45 <sup>a</sup>	15,34 $\pm$ 1,88 <sup>a</sup>

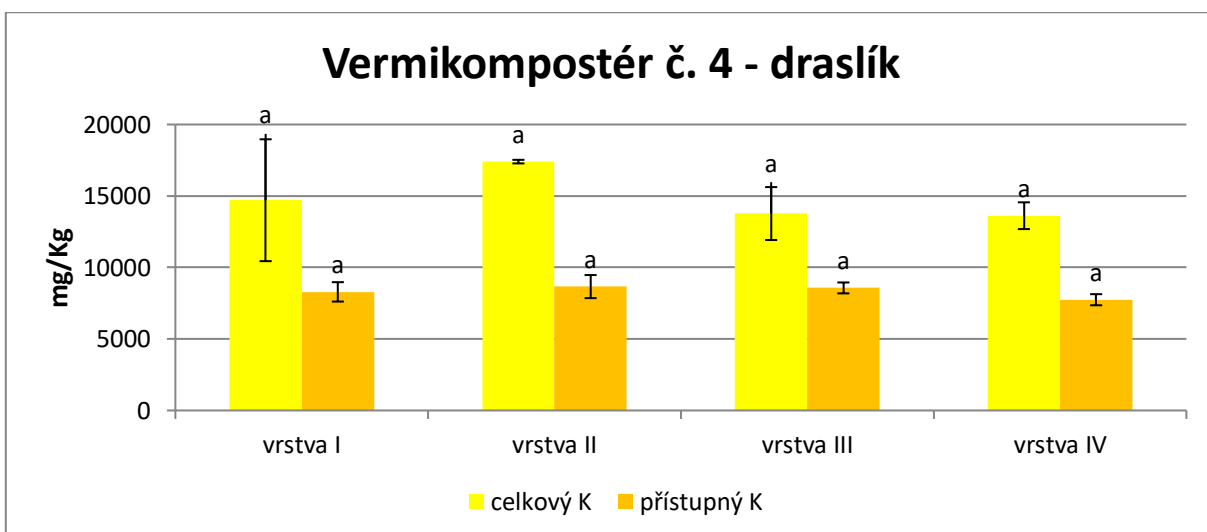
Hodnoty jsou průměry  $\pm$  směrodatná odchylka (=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ;  $n=3$ ).

U celkového fosforu byly naměřeny hodnoty od 2366,66 mg/kg (IV) do 3300 mg/kg (II). Statisticky významné rozdíly byly u vrstev č. I a II. U přístupného byly hodnoty od 366,58 mg/kg (IV) po 705,24 mg/kg (I). Z celkového fosforu jsou průměrné hodnoty pro přístupný fosfor 18,09 % (Graf č. 8). Bez významných statistických rozdílů.



Graf č. 8: Celkové a přístupné prvky fosforu u vermikompostéru č. 4. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

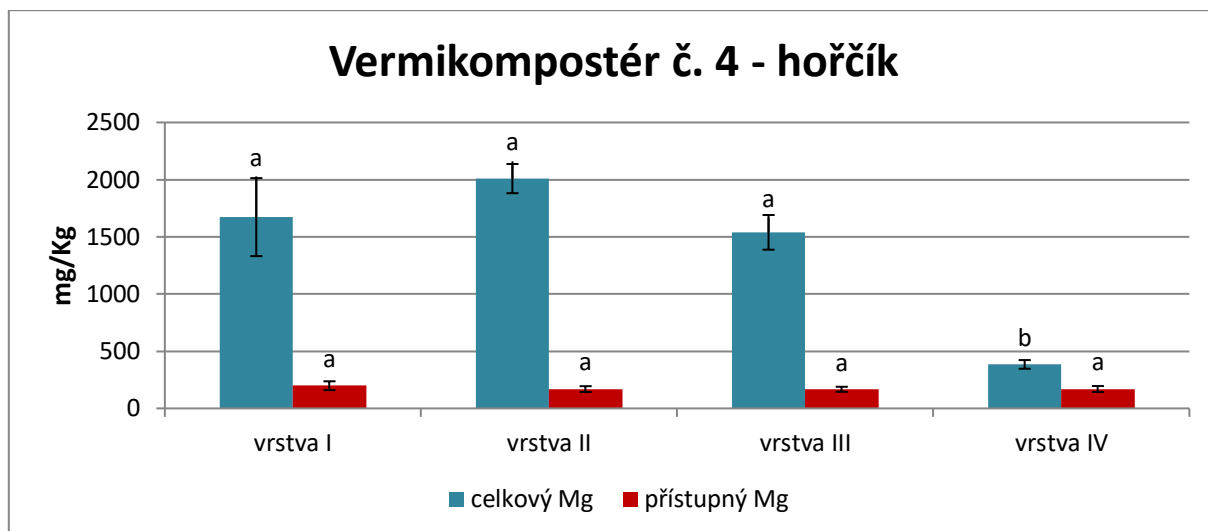
Ve vrstvách I-IV bylo naměřeno nejvíce celkového draslíku oproti vermikompostérům č. 1, 2, 3 a 5. Celkový průměr byl 14,875,43 mg/kg. Z celkového množství bylo v průměru naměřeno 55,92 % přístupného draslíku (Graf č. 9). Statisticky významné rozdíly nebyly zaznamenány u žádné z vrstev celkového ani přístupného draslíku.



Graf č. 9: Celkové a přístupné prvky draslíku u vermikompostéru č. 4. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testem ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

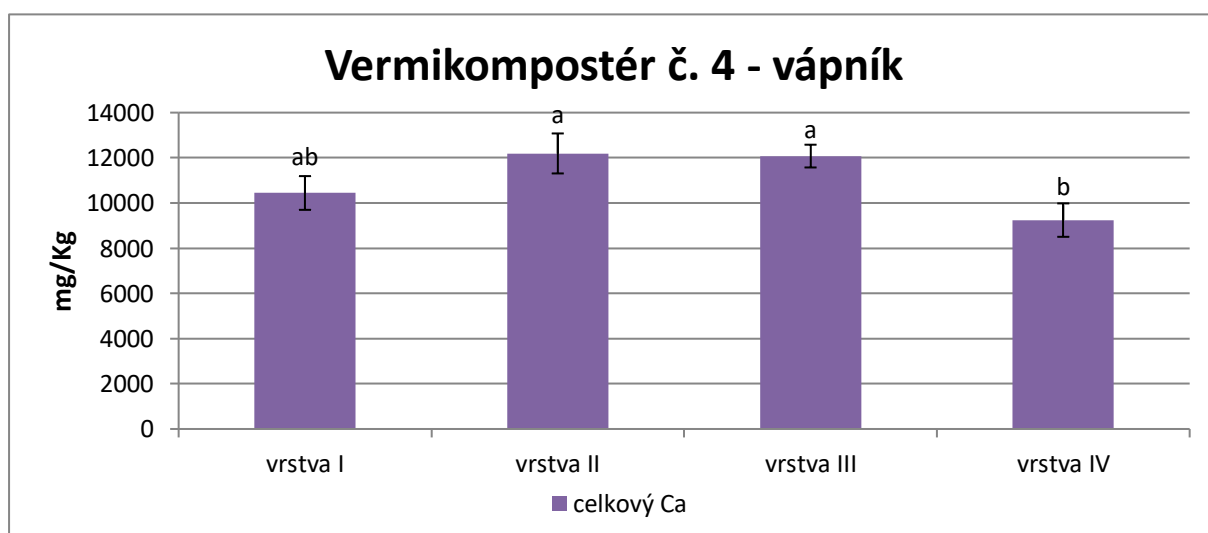
Ze všech prvků byly nejnižší hodnoty naměřeny u hořčíku, u celkového od 384,77 mg/kg(IV) do 2009,11 mg/kg (II). Vrstva č. IV se statisticky lišila od všech ostatních. U přístupného hořčíku se hodnoty v jednotlivých vrstvách příliš neměnily. Žádná z vrstev

nevykazoval statisticky významné rozdíly. Z celkového množství bylo v průměru využitelného pro rostliny 12 % hořčíku (Graf č. 10).



Graf č. 10: Celkové a přístupné prvky hořčíku u vermikompostéru č. 4. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

Celkový vápník se pohyboval od 9242,79 mg/kg (IV) do hodnoty 12192,79 mg/kg (II). O málo vyšší hodnoty byly naměřeny ve vrstvách č. II a III. U vrstvy č. IV byl zjištěn statistický rozdíl. Naměřený průměr pro vrstvy I-IV dosahoval hodnot 10988,62 mg/kg (Graf č. 11).



Graf č. 11: Celkové prvky vápníku u vermikompostéru č. 4. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

## 5.6 Vermikompostér 5

Vermikompostér č. 5 byl kontrolním bez žížal. Poměr živočišných tuků k slaměným peletám byl 1:1.

U vermikompostéru č. 5 byla naměřena sušina 19,08% u vrstvy č. I a hodnoty 52,94 % bylo dosaženo u vrstvy č. IV. Statisticky se lišila vrstva č. IV. pH dosahovalo u vrstvy č. IV nejnižších hodnot 5,44 a u vrstvy č. II nejvyšších hodnot 6,95. Statisticky se lišila vrstva č. IV.

Měrná vodivost byla nejvíce naměřena u vrstvy č. IV 595,66  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nejméně 509  $\mu\text{S}/\text{cm}$  u vrstvy č. III. Neprokázal se žádný statistický rozdíl.

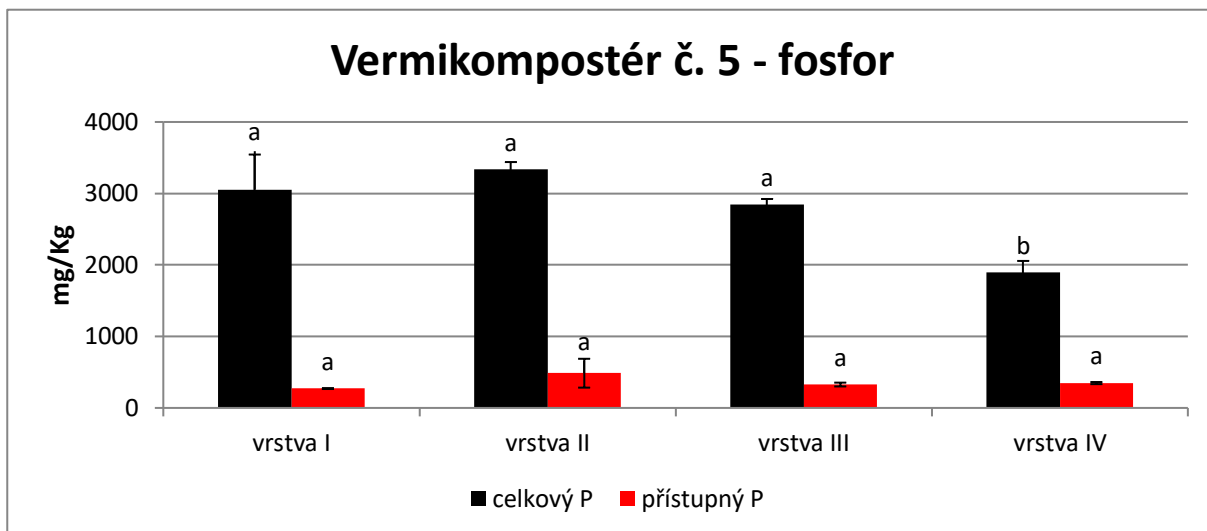
Hodnota 27,46 u vrstvy č. IV byla u poměru C:N nejvyšší. Nejnižší hodnota byla naměřena u vrstvy č. II 12,91 C:N (Tab. č. 10). U vrstvy č. IV byl zaznamenán významný statistický rozdíl.

Tab č. 10: Agrochemické hodnoty v jednotlivých vrstvách vermikompostéru č. 5

Číslo vrstvy	sušina (%)	pH/H <sub>2</sub> O	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Poměr C:N
IV	52,94 $\pm$ 15,12 <sup>b</sup>	5,44 $\pm$ 1,98 <sup>b</sup>	595,66 $\pm$ 181,82 <sup>a</sup>	27,46 $\pm$ 0,42 <sup>b</sup>
III	25,14 $\pm$ 7,04 <sup>a</sup>	6,44 $\pm$ 2,10 <sup>a</sup>	509 $\pm$ 175,14 <sup>a</sup>	15,10 $\pm$ 1,27 <sup>a</sup>
II	19,11 $\pm$ 6,48 <sup>a</sup>	6,95 $\pm$ 2,33 <sup>a</sup>	561,66 $\pm$ 191,46 <sup>a</sup>	12,91 $\pm$ 0,90 <sup>a</sup>
I	19,08 $\pm$ 0,91 <sup>a</sup>	6,58 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>	564,33 $\pm$ 25,10 <sup>a</sup>	14,33 $\pm$ 2,02 <sup>a</sup>

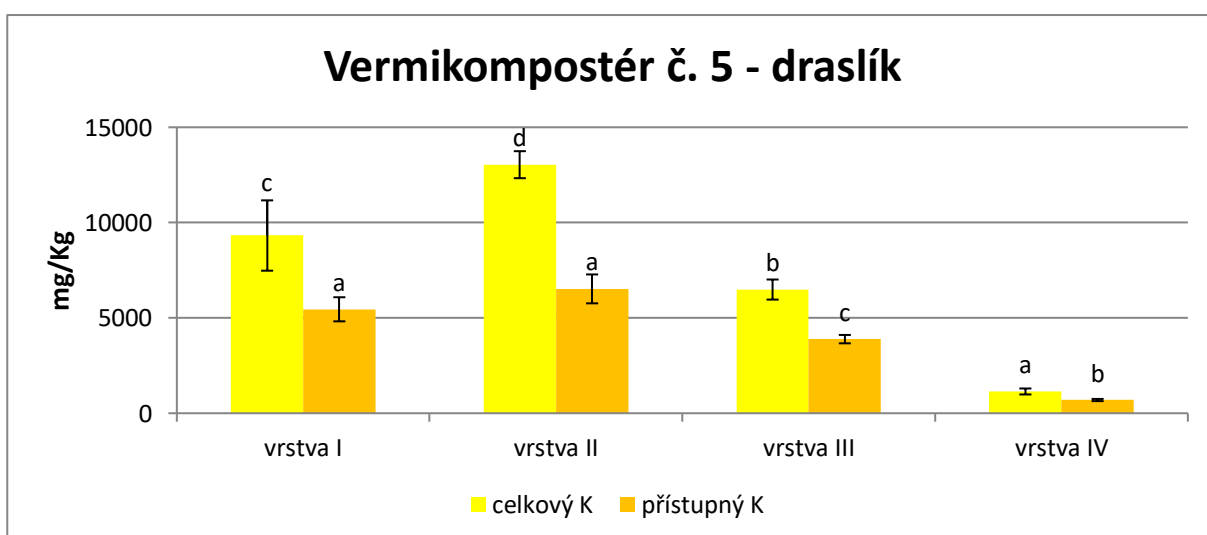
Hodnoty jsou průměry  $\pm$  směrodatná odchylka (=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ;  $n=3$ ).

Z celkového obsahu bylo nejvíce fosforu ve vrstvách I a II, přístupný obsah dosahoval hodnot od 270,91 mg/kg (I) do 485,58 mg/kg (II) v průměru bylo z celkového množství přístupného pro rostliny 12,5 % fosforu (Graf č. 12). Statisticky významné rozdíly byly zaznamenány u celkového fosforu u vrstvy č. IV. U přístupného fosforu nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly.



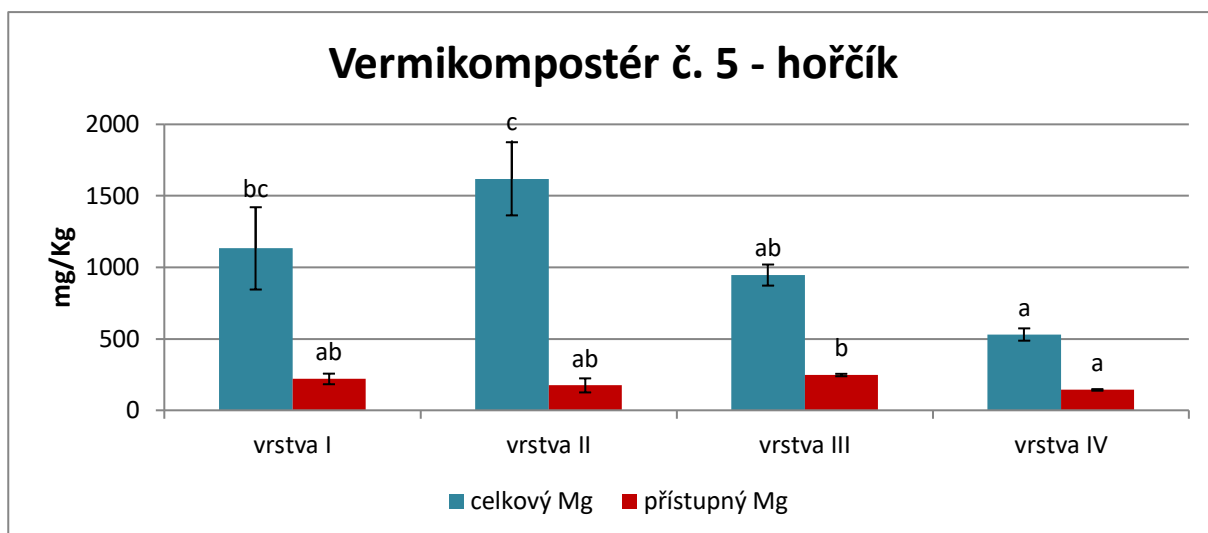
Graf č. 12: Celkové a přístupné prvky fosforu u vermikompostéru č. 5. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

Celkového draslíku bylo u průměru 7497,1 mg/kg nejvíce však 13037,93 mg/kg (II) a nejméně 1141,26 mg/kg (IV). Statisticky významný rozdíl byl u všech vrstev celkového draslíku. Využitelného draslíku bylo v průměru 55,20 % z celkového množství se statisticky významným rozdílem u vrstev č. III a IV. (Graf č. 13).



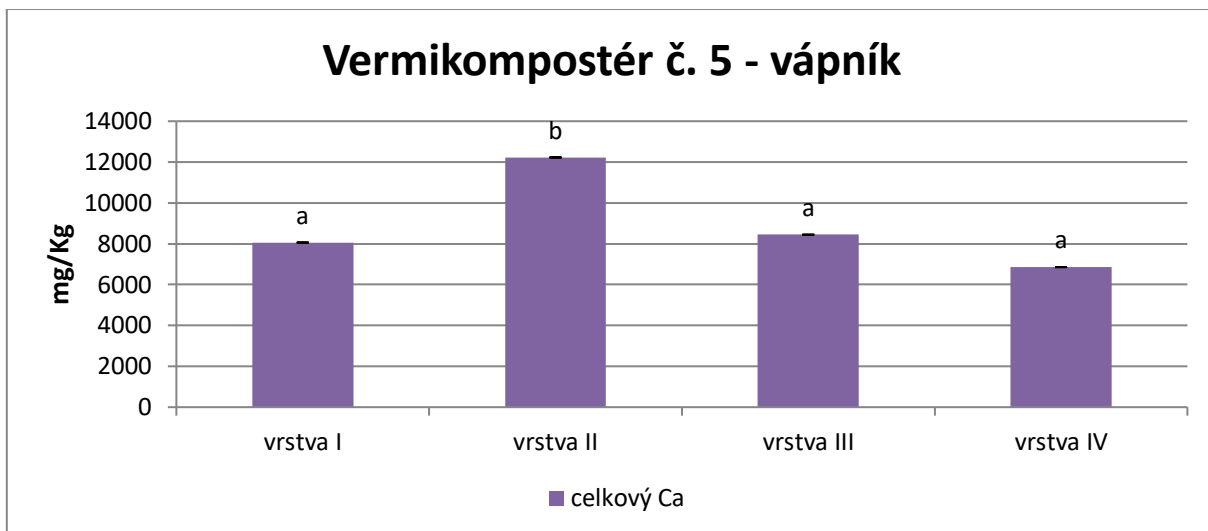
Graf č. 13: Celkové a přístupné prvky draslíku u vermikompostéru č. 5. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

V grafu č. 14 je vidět, že nejvíce celkového hořčíku prokázala II. vrstva 1619,11 mg/kg z čehož bylo přístupného 10,75 % Ve vrstvě IV bylo nejméně celkového hořčíku 529,94 mg/kg a přístupného 142,5 mg/kg. Statistický rozdíl se nacházel u celkového hořčíku ve vrstvách č. I a IV, II a IV, a II a III. U přístupného hořčíku byly rozdíly u vrstvy č. III a IV.



Graf č. 14: Celkové a přístupné prvky hořčíku u vermikompostéru č. 5. Hodnoty jsou průměry  $\pm$  směrodatná odchylka ( $n=3$ ). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ;  $n=3$ ).

Hodnoty celkového vápníku byly od 6856,12 (IV) do 12223,12 (II) průměrná hodnota celkového vápníku dosahovala 8896,54 mg/kg. Statistický rozdíl byl zaznamenán u vrstvy č. II. (Graf č. 15).



Graf č. 15: Celkové prvky vápníku u vermikompostéru č. 5. Hodnoty jsou průměry ± směrodatná odchylka (n=3). Indexy vykazují statisticky významné rozdíly v jednotlivých vrstvách dle Tukeyho HSD testu ( $P \leq 0,05$ ; n=3).

## 6 Diskuze

U vermikompostéru č. 1 se nevyskytovaly žádné žížaly. Vermikompostovací materiál byl tvořen pouze živočišným tukem v jedné vrstvě. Pokusem se prokázalo tvrzení, že mastné a olejnaté suroviny vedou k anaerobním podmínkám, ve kterých žížaly hynou (Garg & Gupta 2009). Postupným vysycháním až k hodnotám sušiny 57,17 % při ukončení pokusu docházelo u živočišného tuku k zhutnění a tvrdnutí materiálu, který se stával dosti nepřístupný pro žížaly. Prostředí 100% tuku se vlivem utužování stávalo pro žížaly anaerobním. Takové prostředí je pro žížaly nepřijatelné. U vermikompostéru č. 2 se za celý průběh pokusu nepodařilo navýšit vrstvy. Žížaly zpracovávaly po celou dobu pokusu jen prvotní surovinu. Poměr konkrétní vrstvy představoval 75 % živočišného tuku a 25 % slaměných pelet. Pro žížaly byl tento substrát přijatelnější a bylo jich napočítáno 440 ks/kg. U vermikompostéru č. 3 a č. 4 bylo zastoupení žížal v každé vrstvě, ale u vermikompostéru č. 3 se nelze opírat o tvrzení Kaliny (2016), že největší počet a aktivita žížal se vyskytuje ve vrchní vrstvě. Konkrétně u vermikompostéru č. 3 bylo nejvíce žížal napočítáno ve vrstvách č. II 171,66 ks/kg a č. III 152 ks/kg.

Pokus s vermikompostováním živočišných tuků dokazuje tvrzení (Murone 2007), dle kterého nižší vlhkostní hodnoty než-li 60% vedou k vysušení a usmrcení žížal. Tento jev se prokázal u vermikompostéru č. 1, kde byla naměřena sušina 57,17 %. Příčinou vysoké hodnoty sušiny je samotný tuk, který vodu nepřijímá a veškerá snaha o vlhčení materiálu nepomohla ke snížení sušiny. U vermikompostéru č. 3 byla sušina u vrstev č. I až č. III v rozmezí 21,99 – 23,48 % u nejmladší vrstvy byla sušina 41,58 %. Celková vlhkost ve vermikompostéru dosahovala hodnot 72,59 %. U vermikompostéru č. 4 bylo zastoupení sušiny u nejmladších vrstev 20,62 % od vrstvy III k vrstvě I klesaly hodnoty sušiny k 16,43 %. Vermikompostér č. 4 odpovídá 81% vlhkosti, což odpovídá vhodnému vlhkostnímu prostředí pro život žížal (Munroe 2007). Průměrný počet žížal vermikompostéru č. 4 dosahoval hodnot 337,33 ks/kg s průměrnou biomasou žížal 48,49 g/kg.

U samotného živočišného tuku bylo naměřeno pH 5,54. Tato hodnota podle Malaťáka (2008) je pro žížaly nevyhovující a v takovém prostředí hynou. U pokusu byla zjištěna činnost žížal při hodnotách 5,27 pH k takto nízkým hodnotám klesal vermikompostér č. 3 u IV vrstvy. Garg et al. (2006) uvádí, že mohou být činností žížal vstupní materiály



neutralizovány. U vermikompostérů č. 2, 3 a 4 výsledné hodnoty byly v průměru 7,03 pH. Ovšem určitý podíl na snížení kyselosti měl zastoupený poměr slaměných pelet, které v čisté hmotě dosahovaly neutrálních hodnot pH 7,93. Nejvyšší průměrné pH 7,73 bylo naměřeno u vermikompostéru č. 4 s největší pravděpodobností díky 75% poměru slaměných pelet. Snížení se projevilo u vermikompostéru č. 5, který byl kontrolním bez obsahu žížal s poměrem živočišných tuků k slaměným peletám 1:1. Vyvážený poměr 50 %.

Živočišných tuků k 50 % slaměných pelet byl také u vermikompostéru č. 3, kde probíhala intenzivní činnost žížal a měření pH dosahovalo velice podobných hodnot. pH vermikompostéru č. 3 byla průměrně spočítána na 6,38 a u vermikompostéru č. 5 na 6,35 pH, čímž se potvrzuje větší ovlivnění kyselosti vstupem neutrálních materiálů nežli působením žížal.

Konduktivita (EC) udává schopnost vést elektrický proud. Měrná vodivost je způsobena obsahem solí. Vyšší hodnoty solí zvyšují měrnou vodivost. Tudíž EC lze považovat za vhodný indikátor použitelnosti vermikompostu (Lazcano et al. 2008). U samotných surovin nebyl zjištěn velký rozdíl měrné vodivosti. U živočišných tuků byly hodnoty 1341,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a u slaměných pelet 1345  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

V jednotlivých vermikompostérech byla měrná vodivost naměřena v rozmezí od 392  $\mu\text{S}/\text{cm}$  do 649  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nejvyšší hodnoty měrné vodivosti byly naměřeny v nejmladších vrstvách vermikompostéru č. 3 vrstvy IV a vermikompostéru č. 4 vrstvy IV a III. Nejnížší hodnoty byly zjištěny u vermikompostéru č. 3 u vrstvy II. Vlivem činnosti žížal, které uvolňují minerální látky do vermikompostu by měly být nejvyšší hodnoty měrné vodivosti v nejstarších vrstvách (Tognetti et al. 2005). V konkrétním pokusu nedošlo k naměření nad hodnotu 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Tato hodnota je limitní pro vhodné agronomické použití vermikompostu (Edwarde et al. 2011).

Poměr uhlíku a dusíku, jak píše (Ndegva et al. 2009), je jeden z nejdůležitějších ukazatelů stabilizace organických hmot. V průběhu vermikompostování dochází ke snížení C:N (Yadav & Garg 2001).

C:N se velice liší u vstupních vermikompostovatelných surovin. U suroviny slaměných pelet dosahuje 65,73, u suroviny živočišných tuků 33,49 C:N.

U samotných vermikompostérů se poměr C:N liší v závislosti na objemovém zastoupení slaměných pelet a živočišných tuků.

V kompostéru, kde nepřežila ani jedna žížala (vermikompostér č. 1), byla hodnota 35:1, což byla nejvyšší hodnota C:N ze všech založených pokusných vermikompostérů. Vysoký stabilizační proces zajišťuje poměr 20:1 (Garg a Gupta 2009). K těmto hodnotám se přibližovaly vermikompostéry č. 3 a č. 4. U vermikompostéru č. 3 (19,72 C:N) a č. 4 (16,22 C:N) se projevuje poměr C:N v závislosti na množství slaměných pelet. U vermikompostéru č. 3 s 50 % slaměných pelet bylo C:N v průměru jednotlivých vrstev 19,72. U vermikompostéru č. 4 se zastoupením 75 % slaměných pelet snížilo na 16,22 C:N.

U vermikompostérů byly měřeny obsahy živin. V průběhu vermikompostování dochází ke zvýšení přístupných prvků pro rostliny (Garg et al. 2012). Nejvyšších hodnot dosahoval pro rostliny přístupný draslík 8663,96 mg/kg u vermikompostéru č. 4 (II vrstva). Nejméně přístupného draslíku bylo naměřeno u vermikompostéru č. 5 (IV vrstva) v tomto vermikompostéru nebyly umístěny žížaly, které by mohly ovlivnit výsledný vermikompost.

U měřeného přístupného fosforu byla nejvyšší hodnota u vermikompostéru č. 4 (I vrstva) 705,24 g/kg. Nejméně přístupného fosforu bylo opět u vermikompostéru č. 5 (I vrstva) 270,91 mg/kg. Ze všech přístupných měřených prvků bylo naměřeno nejméně přístupného hořčíku, který dosahoval hodnot od 164 mg/kg do 230 mg/kg.

## 7 Závěr

Diplomová práce se zabývala vermikompostováním odpadních živočišných tuků a slaměných pelet v různém objemovém zastoupení u pěti vermikompostérů. K vermikompostování byly použity žížaly druhu *Eisenia andrei*.

Cílem práce bylo posoudit vhodnost vermikompostování odpadních živočišných tuků s přidavkem slaměných pelet v laboratorních podmínkách.

První hypotéza, že přidavek slaměných pelet bude mít pozitivní vliv, se potvrdila u vermikompostéru č. 1. V tomto vermikompostéru byl sledován pouze 100 % živočišný tuk bez přidání slaměných pelet. Při ukončení pokusu nebyly napočítány žádné žížaly, tudíž vermikompostovací proces neprobíhal.

Pokusem se potvrdila i druhá hypotéza, že se stanovované parametry jednotlivých vrstev vermikompostovaných substrátů budou lišit, neboť se agrochemické parametry u jednotlivých vermikompostérů a vrstev významně lišily ve většině měřených hodnot (sušiny, pH, měrné vodivosti, poměru C:N). U sledovaných živin byly zjištěny nejvyšší hodnoty u vermikompostérů č. 3 ač. 4. Nejvíce přístupného prvku pro rostliny bylo draslíku.

Pokusem se nepotvrdila hypotéza, že přidavek slaměných pelet zajistí vyšší hmotnost žížal. U vermikompostéru č. 3 s 50% zastoupením slaměných pelet byla biomasa žížal 71,14 g/kg, oproti vermikompostéru č. 4 s podílem slaměných pelet 75 % byla naměřena biomasa žížal 48,4 g/kg.

Vermikompostovací proces probíhal správně u vermikompostéru č. 3 s poměrem 50:50 živočišný tuk:slaměné pelety. Nejvhodnějším poměrem pro vermikompostování živočišných tuků se jeví vermikompostér č. 4 s poměrem 25:75 živočišných tuků:slaměným peletám. V tomto poměru se nejlépe dařilo žížalám. Poměr se stává nákladnějším, kvůli pořizovací hodnotě a množství přidávaného materiálu – slaměných pelet, ale stále se jedná o ekologicky šetrný způsob nakládání s odpadními živočišnými tuky. V poměru 100% tuku a 75% tuku se nenacházely žížaly a vermikompostovací proces neprobíhal z důvodů anaerobních podmínek a vysoké kyselosti prostředí.

## 8 Seznam použité literatury

Ali U, Sajid N, Khalid A, Riaz L, Rabbani, MM, Seyd JH, Malik RN. 2015. A review on vermicomposting of organic wastes. *Environmental Progress & Sustainable Energy* **34**: 1050-1062.

Benda V, et al. 2012. *Obnovitelné zdroje energie*. ProfiPress s. r. o., Praha.

Borkovcová M, Žáková M. 2015. *Biologie pro odpadové hospodářství*. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Částková T, Hanč A. 2019. Change of the Parameters of Layers in a Large-scale Grape Marc Vermicomposting System with Continuous Feeding. *Waste Management & doi.org/10.1177/0734242X18819276*.

Domínguez J, Edwards C, Dominguez J. 2001. The biology and population dynamics of *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) (Oligochaeta) in cattle waste solids. *Pedobiologia* **45**: 341-353.

Edwards CA, Arancon NQ, Sherman R. 2011. *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*. CRC Press, Boca Raton.

Garg VK Gupta R. 2009. Vermicomposting of agro-industrial processing waste. In: Singh nee' Nigam P., Pandey A. (eds.). *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation*. Springer. Dordrecht.

Garg V, Kaushik P, Dalbaghi N. 2006. Vermiconversion of wastewater sludge from textile mill mixed with anaerobically digested biogas plant slurry employing *Eisenia foetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **35**: 412 – 419.

Garg VK, Suthar S, Yadav A. 2012. Management of food industry waste employing vermicomposting technology. *Bioresource Technology* **126**: 437 – 443.

Gupta S, Tewari A, Srivastava R, Chavali M, Chandra S. 2005. Potential of *Eisenia foetida* for Sustainable and Efficient Vermicomposting of Fly Ash. *Water Air and Soil Pollution* **163**: 293-302.

- Hanč A, Plíva P. 2010. Vermikompostování-perspektivní způsob nakládání s bioodpady. Odpadové Fórum 9: 32.
- Hanč A, Plíva P. 2013. Vermikompostování bioodpadu. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Hlavatá M. 2004. Odpadové hospodářství. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.
- Honzová M, Poklembová P. 2014. Pozvěte žížaly domů - Na bioodpad s důvtipem. Ekologický institut Veronica, ZO ČSOP Veronica.
- Kalina M. 2004. Kompostování a péče o půdu. Grada, Praha.
- Kalina M. 2016. Hnojení půdy a kompostování v zahradě. Grada, Praha
- Koolman J, Röhm KH. 2012. Barevný atlas biochemie. Grada, Praha.
- Kreníková V. 2014. Odpady a druhotné suroviny I. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n.Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí n.Labem.
- Kyzlink J. 2014. Odpady. Akademické nakladatelství cerm, s.r.o., Brno.
- Lazcano C, Domínguez J. 2011. The use of vermicompost in sustainable agriculture: Impact on plant growth and soil fertility. Soil Nutrients. Nova Science Publi, Hauppauge.
- Lazcano C, Gómez-Brandón M, Domínguez J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. Chemosphere 72: 101-1019.
- Malaťák J, Vaculík P. 2008. Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství. Česká zemědělská univerzita, Praha.

Mareček F, et al. 1997. Zahradnický slovník naučný 3. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.

Marek M, Opatová H, Voldřich M. 1996. Odpady a druhotné suroviny v zemědělskopotravinářském komplexu. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Ostrava.

Munroe G. 2007. Manual of On-Farm Vermicomposting and Vermiculture. Organic Agriculture Centre of Canada.

Mutinger K, Beranovský J. 2011. Energie z biomasy. EkoWATT o. s., Praha.

Nagavallemma KP, Wani SP, Stephane Lacroix, Padmaja VV, Vineela C, Babu Rao M and Sahrawat KL. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Theme on Agrecosystems Report no. 8. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Patancheru.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě.

Ndegwa PM, Thomson SA. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. *Bioresource Technology* **75**: 7 – 12.

Odstrčil J, Odstrčilová M. 2006. Chemie potravin. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, Brno.

Pearsová P. 2011. The Organic Book of Compost. New Holland Publishers, Springville.

Pižl V. 2002. Žížaly České republiky. Přírodovědný klub v Uherském Hradišti, V Uherském Hradišti.

Plíva P, Altman V, Hanč A, Hejátková K, Roy A, Souček J, Valentová L. 2016. Kompostování a kompostárny. ProfiPress s. r. o., Praha.

Plíva P, Hanč A. 2011. Jak vyrábět vermikompost?. *Komunální technika* **5**: 41 – 45.

Plíva P, Hanč A. 2014. Kompostárny a vermikompostování. Komunální technika **3**:16-19.

Pommeresche R, et al. 2010. Žížaly a jejich význam pro zlepšování kvality půdy. Bioinstitut, Olomouc.

Pospíchal Z. 2016. Potravinové odpady, změníme názor? Odpadové fórum **17**: 16-17.

Prošková A, Kučera J, Kopicová Z. 2008. Využití odpadního kafilerního tuku k výrobě biopaliva. Odpadové Forum **12**: 25 – 26.

Quaschnig V. 2010. Obnovitelné zdroje energie. Grada, Praha.

Rostami R. 2011. Vermicomposting. Available from: <https://www.intechopen.com/books/integrated-waste-management-volume-ii/vermicomposting/> (accessed: únor 2019).

Schulz H, Eder B. 2004. Bioplyn v praxi. HEL, Ostrava-Plesná.

Singh NB, Khare AK, Bhargava DS, Bhattacharya S. 2005. Effect of initial substrate ph on vermicomposting using perionyx excavatus (perrier, 1872). Applied Ecology and Environmental Research **4**: 85-97.

Sinha RK, Herat S, Valani D, Chauhan K. 2009. The concept of sustainable agriculture: an issue of food safety and security for people, economic prosperity for the farmers and ecological security for the nations. American-Eurasian Journal of Agricultural. & Environmental Sciences **5**: 01-55.

Sirotková D. 2006. Právní předpisy pro oblast BRO v ČR. Výzkumný úřad vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha. Available from: <https://docplayer.cz/48024846-Pravni-predpisy-pro-oblast-bro-v-cr-ing-dagmar-sirotkova.html> (accessed: únor 2019).

Tognetti C, Laos F, Mazzarino MJ, Hernandez MT. 2005. Composting vs. Vermicomposting: a comparasion of end product quality. Compost Science and Utilization **13**: 6-13.

Tožička T. 2009. Udržitelné technologie pro rozvoj. o. s. ADRA, Praha.

Váňa J. 2008. Možnosti využití technologií suché fermentace v odpadovém hospodářství. *Odpadové Fórum* **12**: 14 – 15.

Vaněk V, Balík J, Černý J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P, Valtera J. 2012. *Výživa zahradních rostlin*. Academia, Praha.

Víšek L, Pokorný M. 2013. Výroba esterů mastných kyselin (bionafty) z odpadních živočišných tuků. *Chemické listy* **107**: 476 – 478.

Voštová V, Freis J. 2003. *Zpracování pevných odpadů*. České vysoké učení technické v Praze, Praha.

Vyhláška č. 341/2008 o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelným odpadem.

Vyhláška ministerstva životního prostředí č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, novela č. 502/2004 Sb.

Vyhláška MZe č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů.

Yadav A, Garg VK. 2011. Recycling of organic wastes by employing *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology* **102**: 2874–2880.

Zajonc I. 1992. *Chov žížal a výroba vermikompostu*. Animapres, Povoda.

Zákon č. 308/2000 Sb., kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), a zákon č. 69/1991 Sb., o Pozemkovém fondu České republiky, ve znění pozdějších předpisů

Zemánek P, Burg P, Kollárová M, Marešová K, Plíva P. 2010. *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha.



## **9 Seznam použitých zkratk**

BRO – biologicky rozložitelný odpad

BRKO - biologicky rozložitelný komunální odpad

POH – plán odpadového hospodářství

## 10 Přílohy

Obr. č. I: Vermikompostér č. 1 se 100% tukem (foto vlastní)



Obr. č. II: Vermikompostér č. 3 50 % živočišného tuku a 50 % slaměných pelet (foto vlastní)



Obr. č. III: Provzdušňování vermikompostéru (foto vlastní)



Obr. č. IV: Počítání žížal (foto vlastní)



Obr. č. V: Vzorkování vermikompostéru č. 5 (foto vlastní)

