

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra aplikované ekologie

**VLIV SLOŽENÍ ZAKLÁDKY NA KVALITU VÝSTUPU
PŘI DOMÁCÍM VERMIKOMPOSTOVÁNÍ**
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Bakalant: Simona Hankeová

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Simona Hankeová

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Vliv složení zakládky na kvalitu výstupu při domácím vermikompostování

Název anglicky

Influence of loading composition on output quality during home vermicomposting

Cíle práce

Bakalářská práce se zaměřuje na srovnání vlivů vermikompostovaných materiálů vzhledem ke kvalitě výstupů s přihlédnutím na technologické parametry a obsah antropogenních látek. V práci jsou vymezeny a definovány příslušné technologie a obecné podmínky pro vermikompostování. Dále je přiblížena výsledná surovina (vermikompost), její rozdělení a vysvětlení výhod jako například obsah huminových kyselin nebo polutantů.

Metodika

Na základě literární rešerše bude vypracována tabulka, kde se srovnají použité technologie, vermikompostovaný materiál, typ a množství žížal, vlhkost, teplota a následné vlastnosti výstupů. Z těchto metod, budou sestaveny dva modely, které budou zopakovány v domácích podmínkách. Modelové zakládky, průběžné vzorky, výsledný vermikompost i žížalí čaj budou porovnány, jak mezi sebou, tak s předlohou z rešerše.

Doporučený rozsah práce

35 stran

Klíčová slova

Vermikompostování, vermikompost, technologie vermikompostování, bioodpad, kompost, žížaly

Doporučené zdroje informací

- Borkovcová, M., 2015: Biologie pro odpadové hospodářství. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Clive, A. E., Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. CRC Press, 2010, ISBN 978-14-398-0987-7.
- Částková T., Bazalová M., Hanč A., 2018: Změny enzymatické aktivity a metody jejího stanovení během procesu vermikompostování v systému průběžného krmení: certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. ISBN 978-80-213-2865-5.
- Hanč A., Plíva P., 2013: Vermikompostování bioodpadů: certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. ISBN 978-80-213-2422-0.
- Zajonc, I., 1992: Chov žížal a výroba vermikompostu. Animapress, Nitra.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 6. 2. 2020

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 2. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 02. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Vliv složení zakládky na kvalitu výstupu při domácím vermikompostování vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 11. 5. 2020

Poděkování

Tímto děkuji vedoucí práce Ing. Tereze Hnátkové, PhD. za vstřícný přístup, věcné postřehy a vždy rychlou zpětnou vazbu při vypracovávání bakalářské práce. Velmi jsem ocenila i možnost laboratorního vyhodnocování, které mi paní doktorka zprostředkovala. Dále bych chtěla poděkovat rodině, přátelům a spolužákům za podporu a spolupráci během celého studia.

V Praze dne 11. 5. 2020

Abstrakt

Bakalářská práce ověřuje, zda je možné v domácím prostředí vyprodukovat vermikompost, který se vyrovná vyrobenému v laboratorních, tedy optimálních podmínkách a jestli bude splňovat legislativou stanovené jakostní znaky pro kvalitní komposty a lze ho tak považovat za hnojivo.

Optimální fyzikální, chemické i biologické podmínky pro vermikompostování jsou stejně jako technologie vermikompostování vymezeny v literární rešerši. Jaký je vliv těchto podmínek na výslednou kvalitu vermikompostu bylo zodpovězeno na základě srovnání dvou různých experimentů, které spočívaly ve vermikompostování dvou různých zakládek. Zakládka byla sestaveny na základě předloh z literární rešerše. Zakládka 1 tvořil pouze kuchyňský odpad, zatímco zakládka 2 byl kuchyňský odpad s buničinou, papírem a štěpkou (2 : 2 : 1 : 1). Experimenty byly srovnány jak mezi sebou, tak s předlohami z rešerše v kritériích daných legislativou.

Vermikompostování bylo prokázáno jako efektivní při zpracování nejen kuchyňských, ale i papírenských odpadů a téměř všech sledovaných parametrů bylo v domácích podmínkách dosaženo. Optima nebylo dosaženo ve vlhkosti a vyšší byl poměr uhlíku a dusíku, ale zakládka 2 vykazovala na konci experimentu nižší poměr uhlíku a dusíku, což ukazuje na žádoucí přidávání těchto materiálů. Podle sestupných tendencí během tří měsíčního experimentu by bylo optimálního poměru dosaženo dalším zráním. pH se u obou zakládek pohybovalo v téměř totožných hodnotách, ale na obsah spalitelných látek se ukázala bohatší zakládka 2. Limitní hodnoty rizikových prvků byly až na jeden vzorek splněny se značnou rezervou a stejně tomu bylo i u celkového dusíku. Výluhy, žízalího čaje oproti vermikompostům splňovaly veškeré předepsané parametry až na vlhkost, což je vzhledem k charakteru materiálu pochopitelné.

Vermikompostování jako ekologická i ekonomická metoda zpracování BRKO, má význam pro běžného uživatele zřejmý a výsledný produkt by mohl být po delším vyžrání považován za hnojivo i z hlediska legislativních parametrů.

Klíčová slova

Vermikompostování, vermikompost, technologie vermikompostování, bioodpad, kompost, žízaly

Abstract

Bachelor thesis verifies whether it is possible to produce vermicompost in home conditions which is equal to industrially made vermicompost in optimal laboratory conditions and if it complies with the quality requirements for composts laid down by legislation and can be considered as a fertilizer.

Optimal physical, chemical, and biological conditions for vermicomposting as well as vermicomposting technologies are defined in the literature research. The influence of these conditions on the final quality of vermicompost was answered by comparing two different experiments, which consisted in vermicomposting of two different loadings. Loadings were set up based on literature research. Loading 1 consisted only of kitchen waste while loading 2 was kitchen waste with pulp, paper, and wood chips (2: 2: 1: 1). Experiments were compared with each other and with the patterns according to the criteria given by the legislation.

Vermicomposting has been proven effective in processing not only kitchen wastes but also paper wastes and almost all monitored parameters were achieved in domestic conditions. Optimal values were not achieved in humidity and also carbon-nitrogen ratio was higher, but loading 2 showed a lower carbon to nitrogen ratio at the end of the experiment, which indicates the benefits of adding these materials. According to decreasing tendencies during the three-month experiment, the optimal ratio would be achieved by further maturation. The pH of both charges was almost identical, but the content of combustible substances was higher in loading 2. The limit values for risk elements were fulfilled with a large margin, except for one sample, as was the case for total nitrogen. Extracts, worm teas compared to vermicomposts accomplished all prescribed except for humidity, which is understandable due to the type of the material.

Vermicomposting is an ecological and economical method of processing BDMW. It is obvious for the common user and the resulting product could be considered as fertilizer also in terms of legislative parameters after the next maturation.

Key words

Vermicomposting, vermicompost, vermicomposting technology, biowaste, compost, earthworms

Obsah

1. ÚVOD	1
2. CÍLE PRÁCE	2
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	2
3.1 VERMIKOMPOSTOVÁNÍ	2
3.2 HISTORIE VERMIKOMPOSTOVÁNÍ.....	3
3.3 ŽÍŽALY	3
3.3.1 <i>Morfologie a anatomie žížal</i>	4
3.3.2 <i>Životní cyklus žížal</i>	5
3.3.3 <i>Nepřátelé a choroby žížal</i>	6
3.3.4 <i>Druhy používané pro vermikompostování na našem území</i>	7
3.3.5 <i>Druhy používané pro vermikompostování v tropech</i>	8
3.4 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ PODMÍNKY PRO VERMIKOMPOSTOVÁNÍ.....	8
3.4.1 <i>Vstupní surovina</i>	9
3.4.2 <i>Vlhkost</i>	10
3.4.3 <i>Teplota</i>	10
3.4.4 <i>pH</i>	10
3.4.5 <i>Aerace</i>	10
3.4.6 <i>Obsah solí a amoniaku</i>	11
3.4.7 <i>Poměr uhlíku a dusíku</i>	11
3.5 TECHNOLOGIE VERMIKOMPOSTOVÁNÍ	11
3.5.1 <i>Velkoprodukční vermikompostování</i>	12
3.5.2 <i>Maloprodukční vermikompostování</i>	13
3.6 VERMIKOMPOST – KONEČNÝ PRODUKT VERMIKOMPOSTOVÁNÍ A JEHO VLASTNOSTI	14
4. METODIKA A VÝBĚR EXPERIMENTU	14
4.1 VYBRANÉ MODELY A JEJICH ZOPAKOVÁNÍ V DOMÁCÍCH PODMÍNKÁCH	14
4.1.1 <i>První předloha experimentu</i>	14
4.1.2 <i>Druhá předloha experimentu</i>	15
4.1.3 <i>Modelové zakládky vermikompostované v domácích podmínkách</i>	15
4.2 CHARAKTERISTIKA EXPERIMENTU V DOMÁCÍCH PODMÍNKÁCH	16
5. VÝSLEDKY	17
5.1 VLASTNOSTI VÝSTUPŮ	17
5.2 POČET ŽÍŽAL	20
6. DISKUZE	20
6.1 REPRODUKCE ŽÍŽAL PŘI DOMÁCÍM VERMIKOMPOSTOVÁNÍ.....	22
7. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE	23

8.	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	24
8.1	ODBORNÉ PUBLIKACE	24
8.2	LEGISLATIVNÍ ZDROJE (ZÁKON, VYHLÁŠKA, NORMA)	27
8.3	INTERNETOVÉ ZDROJE (NEODBORNÉ, NEVĚDECKÉ).....	27
8.4	OSTATNÍ ZDROJE.....	28
9.	PŘÍLOHY.....	29
	Příloha 1 Vybrané experimenty vermikompostující různé materiály ve velkoprodukčních podmínkách	29
	Příloha 2 Výsledky z odběrů vzorků.....	30
	Příloha 3 Chvostokoci v domácím vermikompostéru	31
	Příloha 4 Odměřování dílu BRKO do modelového před založením zakládek.....	31
	Příloha 5 Odměřování dílu buničiny před založením zakládek	31
	Příloha 6 Odměřování dílu papíru před založením zakládek	32
	Příloha 7 Odměřování dílu štěpky před založením zakládek	32
	Příloha 8 První odběr vzorků zleva: nové zakládky, původní zakládky a vermikomposty	32
	Příloha 9 Protokol – založení zakládek	33
	Příloha 10 Protokol – první odběr vzorků.....	36
	Příloha 11 Protokol – druhý odběr vzorků.....	39
	Příloha 12 Protokol – třetí odběr vzorků.....	42

1. Úvod

Být šetrný k přírodě, péče o krajinu, život bez obalů a udržitelnost jsou v současné době celosvětovým trendem. O Čechách se říká, že jsme mistři ve třídění odpadu a podle posledních dat z roku 2018 třídí odpad v České republice 73 % obyvatel, což představuje oproti datům z roku 2001 25 % nárůst (EKOKOM ©2018; samosebou.cz ©2019). Novela zákona o odpadech č. 185/2001 Sb., ve znění č. 229/2014 Sb. přinesla pro obce povinnost zajistit, vedle již zavedeného soustředování složek komunálního odpadu, třídění nebezpečných odpadů, papíru, plastů a skla zajistit prostor pro ukládání kovů a biologicky rozložitelných odpadů (ČAOH ©2014). Bioodpad podle vyhlášky ministerstva životního prostředí 381/2001 Sb., katalogu odpadů, zahrnuje BRO a BRKO. Biologicky rozložitelný odpad (BRO) je takový odpad, který podléhá aerobního nebo anaerobnímu rozkladu, vzniká převážně z průmyslové a zemědělské výroby. Biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO) je biologicky rozložitelný odpad, který je součástí komunálního odpadu. Obce a města mají povinnost řešit nakládání s BRKO od občanů, jakožto původců (Ekodomov-Kompostuj.cz ©2018a).

Podíl biologicky rozložitelných odpadů ve směsném komunálním odpadu činí v závislosti na oblasti kolem 40 % (Altmann, 2010). Nakládání s nimi může pozitivně i negativně ovlivnit složky životního prostředí. BRKO je třeba separovaně sbírat, látkově nebo energeticky využívat a omezovat jejich ukládání na skládky, kde zapříčiňují tvorbu skleníkových plynů a mohou způsobit kyselé výluhy v průsakových vodách (MŽP ©2019). S BRKO jde nakládat dvěma základními způsoby. Lze jej odkládat na vyhrazená místa, čímž ale dojde k navýšení produkce komunálního odpadu nebo jej využít, jako materiál. BRKO lze kompostovat. Takový odpad není nikde vykazován a podle zákona o odpadech jako „odpad“ neexistuje, protože vlastník nemá úmysl se ho zbavit, jde tedy o předcházení vzniku odpadu (Altmann, 2010).

Pokud se rozhodneme bioodpad, který vzniká v domácnosti, sami zhodnotit – vyrobit z něj kompost a obohatit tím půdu o potřebnou organickou hmotu, tedy nepředáváme ho třetím osobám, je možné využít několika metod pro domácí kompostování: kompostovací sáčky, pytle, kompostéry, otočné kompostéry, fermentátory a jako řešení i pro byty bez zahrady, vermikompostování. Oblíbené domácí vermikompostování usnadňuje nakládání s biologickými zbytky za vzniku vermikompostu a výluhu žízalího čaje. Vermikompost, konečný produkt vermikompostování je jemně rozmělněný rašelinový materiál s vysokou porozitou a schopností zadržovat vodu, který obsahuje mnoho živin ve formách, které rostliny snadno přijímají (Domínguez, Gómez-Brandón, 2012). Má nejvyšší možnou kvalitu, jaké lze při kompostování, jak zahradním, tak průmyslovém dosáhnout (Ekodomov-Kompostuj.cz ©2018b).

Význam domácího, vcelku intuitivního, vermikompostování je pro běžného spotřebitele zřejmý. Je ale možné v domácích podmínkách vytvořit vermikompost, který se svými výslednými kvalitativními parametry vyrovná vermikompostu, jaký byl vytvořen v laboratorních, tedy zcela optimálních podmínkách a bude splňovat nejen základní znaky kvalitního kompostu, ale i ty legislativní podle vyhlášky ministerstva zemědělství o stanovení požadavků na hnojiva č. 474/2000 Sb. a podle ČSN 46 5735,

kteřá platí pro výrobu, zkoušení, dodávání a užívání kompostů vyráběných průmyslovým způsobem a používaných jako organické hnojivo?

2. Cíle práce

Bakalářská práce se zaměřuje na srovnání vlivů vermikompostovaných materiálů na kvalitu výstupů (vermikompostů). Vermikompostování je považováno za nízkonákladový a ekologický způsob zpracovávání odpadu, nicméně jako každý biotechnologický postup je omezen některými fyzikálními, chemickými i biologickými parametry (Sosnecka a kol., 2016). V práci jsou proto vymezeny jednotlivé technologie, obecné fyzikální, chemické i biologické podmínky pro vermikompostování. Srovnání a posouzení jejich vlivů bude zodpovězeno na základě porovnání dvou různě složených vermikompostovaných zakládek, dle předloh z experimentů, které probíhaly v laboratorních podmínkách se zopakovaným procesem v domácím prostředí. Cílem bakalářské práce je zjistit, zda je a v jakých parametrech ovlivňována kvalita výsledného vermikompostu v domácích, ne zcela ideálních podmínkách a zda budou vermikomposty splňovat základní legislativní parametry, aby je bylo možné považovat za hnojivo podle vyhlášky ministerstva zemědělství o stanovení požadavků na hnojiva č. 474/2000 Sb. i podle ČSN 46 5735, která platí pro průmyslové komposty používané jako organické hnojivo.

3. Literární rešerše

3.1 Vermikompostování

Kompostování s využitím aktivity žížal, tj. vermikompostování (z latinského *Vermes* = červi) patří k moderním, ale náročným způsobům využití bioodpadu (Tesařová, 2010). Ve srovnání s běžným kompostováním se objem kompostovaného materiálu zmenší pětikrát až šestkrát, díky jeho zpracování žížalami. Prospěšné látky jsou pak rostlinám k dispozici v nativní formě, a proto jsou lépe vstřebatelné (o 80 až 90 %), než z běžného kompostu (40 až 50 %) nebo uměle vyrobeného hnojiva (Borkovcová, 2015).

Hlavní výhoda vermikompostování tkví ve schopnosti žížal měnit organickou hmotu ve svém trávicím traktu, a přitom vylučovat látky bohaté na živiny, čímž se vytváří hnojivo (Priatelía Země ©2003). Správně by měly být žížaly aplikovány až do kompostu, který prošel první termofilní fází, která zabezpečuje jeho hygienizaci (neobsahuje patogenní organismy) a většina snadno rozložitelných látek již byla mineralizována (Tesařová, 2010). Žížaly je tedy vhodné přidat až po tomto procesu, protože by termofilní fázi nepřežily kvůli vysokým teplotám. U domácího vermikompostování tato fáze neprobíhá kvůli malému množství biologicky rozložitelného odpadu a jeho postupného přidávání, což je pro žížaly výhodné. Výhodou aplikace vermikompostu je zejména zlepšování struktury a vývoje kořenového systému, obohacování půdy o mikroorganismy a zlepšení retence půdy (Borkovcová, 2015).

Kompostování s využitím žížal probíhá asi šest měsíců. Hlavní produktem vermikompostování je biohumus – vermikompost. Vermikompostem se hnojí zemědělské půdy obvykle jednou za čtyři roky, a to v dávkách 1 tuna na hektar půdy.

Jeho využití je ale výhodné i v maloprodukčních rozměrech, a je tedy hojně využíván při pěstování zahradních i pokojových rostlin (Tesařová, 2010).

3.2 Historie vermikompostování

Již ve třicátých let dvacátého století začaly v USA s pokusy vyšlechtit žížaly pro průmyslové zpracování odpadů. V roce 1959 vzniklo první středisko, kde se využívaly vyšlechtěné žížaly pro vermikompostování. Nová forma dostávala různé názvy podle firem, které se jejím chovem zabývaly a byla v roce 1976 poprvé dovezena do Evropy konkrétně do Itálie pod názvem „červená kalifornská žížala“. Odtud se přes Francii šířila do celé Evropy. Rudé zbarvení bez pruhů, které je pro tuto formu typické naznačuje, že východiskem šlechtění byl druh *Eisenia andrei* – žížala kalifornská (Zajonc, 1992).

Na počátku sedmdesátých let se s vermikompostováním začalo v Japonsku. Tato technologie se začala rychle rozšiřovat do celého světa. Výrazně se rozvinula v USA a k nám, do dřívějšího Československa, se vermikompostování dostalo v roce 1985 (Kalina, 2004).

3.3 Žížaly

Žížaly jsou bezobratlí živočichové kmene kroužkovců (*Annelida*). Bezobratlí degradují a rozmělnují organický odpad, čímž zvětšují jeho povrch, který je následně osidlován mikroorganismy (Borkovcová, 2015). Pojem žížala označuje více než 2500 dnes známých druhů a množství těch, které zůstávají nepopsané se odhaduje na 2000. Žížaly jsou sice rozšířeny na všech kontinentech, ale většina čeledí obývá tropické či subtropické oblasti, případně mírné pásy. Významný vliv žížal na pedogenezi, půdní strukturu, dekompozici organické hmoty a koloběh živin je akceptován již od dob Darwina a jak zmiňuje Pižl (2002), v současnosti jsou žížaly dokonce označovány jako „ekosystémoví inženýři“, neboť mohou svou aktivitou značně přebudovat prostředí, ve kterém žijí.

Žížaly ovlivňují půdní prostředí trávením potravy (substrátu). V již strávené potravě jsou minerální částice promíchány s rozloženými organickými zbytky a mikroflórou. Počet bakterií před a po průchodu trávicím traktem žížal se zvyšuje o dva až tři řády a schopnost poutat vzdušný kyslík bakteriemi rodu *Azotobacter* stoupá dvakrát až třikrát. Podpora činnosti mikroorganismů zabezpečuje syntézu humusových látek, a proto je ve výsledném produktu obsaženo velké množství kvalitního humusu. Exkrementy žížal díky vyššímu obsahu auxinových látek, cytokininů (hormony mládí), giberelinů (hormony stimuluje růst) a volných aminokyselin vysoce podporují růst rostlin, až o 20 % (Tesařová, 2010). Význam exkrementů je zvýrazněn množstvím, ve kterém jsou produkovány. V našich podmínkách je množství každoročně 40-50 tun na hektar, a to představuje vrstvu cca 4-5 mm za rok. V příznivějších podmínkách dosahují hodnoty až 800 tun na hektar za rok. Exkrementy jsou ukládány i pod půdním povrchem. Některé odhady uvádějí, že za jeden rok projde trávicím traktem žížal i více než ¼ svrchního půdního horizontu (Pižl, 2002).

Žížaly působí i z fyzikálního hlediska na půdní prostředí a jeho strukturu tím, že při své cestě za potravou tvoří chodby, které zvyšují pórovitost půdy, potažmo i její vlhkost. Chodbičky žížal jsou vyhledávanými prostory pro růst kořenů rostlin a mikroorganismů, které zde mají snazší přístup k živinám (Pommeresche a kol.,

2010). Množství žížalích chodeb se pohybuje v rozmezí 20-800 na metr čtvereční v hloubce 10 cm, avšak průměrné hodnoty pro různé typy půd jsou 50-200 chodeb na metr čtvereční. Chodby žížal ovlivňují půdní pórovitost a tím vzdušný i vodný režim půdy. Hlavní efekt tkví v ovlivnění velikostní struktury pórů. V polních kulturách je vliv žížal na infiltraci a odtok významný, zejména při použití bezorebných agrotechnik. Půda se žížalami je pak méně náchylná k podmáčení během zimních a jarních měsíců. Vyšší podíl srážkové vody je přiveden přímo ke kořenům rostlin, a tím se zvyšuje odolnost půdy proti erozi (Pižl, 2002).

U druhů vhodných pro vermikompostování využíváme jejich přirozené schopnosti zpracovávat organické odpady vysokou spotřebou, jakožto jejich potravy. Mezi ideální předpoklady druhů žížal používaných pro vermikompostování patří vysoká míra spotřeby, trávení a vstřebávání organické hmoty, tolerance k celé řadě faktorů životního prostředí, krátké životní cykly a rychlá reprodukce. Jen málo druhů žížal vykazuje všechny tyto vlastnosti, proto se ve skutečnosti pro vermikompostování používá druhů pouze několik (Domínguez, Edwards, 2011a). Hojně je pro vermikompostování využívána *Eisenia andrei*, žížala kalifornská, a *Eisenia fetida*, žížala hnojní.

3.3.1 Morfologie a anatomie žížal

Žížala je živočich válcovitého tvaru, ale zadní část těla může mít hranatou (čtvercovitou nebo oktogonální na průřezu) či zploštělou. Zploštěnou zadní část těla mají především velké, hluboké chodby vytvářející, druhy. Velikost žížal je různá a pohybuje se od 1-2 cm se šířkou 1-1,5 mm. Největší dosahují šířky 2-4 cm a délky až 1 metr. Tyto největší známé druhy jsou australské obří žížaly a některé druhy žijící na území Brazílie. V Evropě nalezneme také žížaly dosahující délky přes 1 m, a to *Sherotheca occidentalis* známá z jižní Francie. Největší žížala žijící na našem území je *Allophora hrabei*, která dosahuje délky až přes 50 cm a je pojmenována po zoologovi prof. Sergeji Hraběti (Pižl, 2015).

Zbarvení žížal je takéž velice různorodé. Mají průhlednou tělní stěnu a jejich základní zbarvení je dáno přítomností hemoglobinu v krvi a další závisí na obsahu pigmentů ve svalovině (Zajnoc, 1992; Pižl 2002). Jak další látky ovlivňují zbarvení popisuje Pižl (2002). Porfyriny způsobují zbarvení červené až purpurové. Hnědočerný pigment melanin, způsobuje zlatavě hnědé až zelené odstíny těla. Tělo žížal je děleno na články – segmenty a u některých druhů dochází k soustředění barvy pouze do pruhů ve středu každého segmentu, mezičlánkové rýhy bývají světlejší. Takovým druhem je například „naše“ žížala hnojní. Pigmenty mají pro žížalu ochrannou funkci proti UV záření, které může způsobit úhyn do 30 vteřin, zvláště pak u druhů, které žijí pouze pod povrchem půdy a ochranné pigmenty nemají.

První segment žížalího těla obklopuje ústní otvor a nese čelní lalok. Čelních laloků rozlišujeme několik závisle na oddělení od prvního článku. Po prvním segmentu následuje řada stejných článků, jejichž počet je druhově specifický. Tělo je zakončeno análním segmentem s krátkou svíslou štěrbinou, která slouží jako řitní otvor. Úplný počet segmentů mají žížaly vyvinutý už při jejich vylíhnutí z kokonu. Počet článků se během života žížal regeneračně navyšuje závisle na tom, jestli došlo k mechanickému poškození nebo ztrátě ocasní části, což je vcelku běžné (Pižl, 2002). Každý segment, vyjma prvního a posledního, má 4 páry drobných štětín, které jsou viditelné někdy i pouhým okem. Jsou uspořádány jako dva páry na břišní straně a dva

páry jsou posunuty výše, po stranách těla. Protože se vzdálenost i četnost štětín liší podle druhu, existuje pro znázornění jejich polohy tzv. zaopaskový vzorec. U žížaly hnojní pak platí, že $aa : ab : bc : cd : dd = 4 : 1 : 4 : 1 : 16$. Označení ab jsou štětiny v přední části těla a cd jsou ty páry, co jsou posunuty výše (Zajnoc, 1992). Štětiny jsou obvykle esovitě prohnuté. Na hřbetní straně a mezičlánkových rýhách žížal najdeme póry, které spojují tělesnou dutinu s okolním prostředím, slizká tekutina z pórů napomáhá zvlhčování. Sliz slouží jako mazivo pro pohyb žížaly skrz nepříznivý povrch. Její další funkce je ochranná, při napadením predátorem žížale umožní rychlejší pohyb (Pommeresche a kol., 2010).

Poloha a počet článku, které tvoří opasek (*klitelum*), sérii žláznatých článků, je relativně stabilní pro většinu druhů. Opasek se nachází přibližně v první třetině těla, sedlovitě pokrývá hřbetní stranu a boční části. Dospělé žížaly poznáme podle toho, že mají opasek zcela vyvinutý. Na břišní straně se k opasku připojují pubertální žlázy, jejich poloha a tvar je druhově odlišná, u některých druhů, které se rozmnožují partenogeneticky mohou dokonce chybět. Tyto žlázy se mohou vyvinout i u nedospělých jedinců, kteří opasek nemají (Pižl, 2002; Zajnoc 1992).

Tělo žížal lze popsat jako dvě soustředěné trubice, tělní stěnu a střevo, které mezi sebou uzavírají dutinu naplněnou tekutinou. Tělní dutina je rozdělena příčně, přepážkami na řadu komůrek. Tělní stěna je tvořena z vnější kutikuly (*epidermis*) a dvou vrstev svaloviny. Přestože je *epidermis* slabá a průhledná, je velice pevná a pokrývá celý povrch těla s výjimkou štětín a pórů. Trávicí soustava je tvořena rovnou trávicí trubicí, která spojuje ústní a řitní otvor. Za ústní otvorem následuje svalnatý hltan, jícn a u našich druhů žláznatý žaludek, poté svalnatý žaludek a řitní otvor (Pižl, 2002). Žížala nemá zuby, a proto potravu rozmělnuje právě ve svalnatém žaludku za pomoci pozřených větších půdních částic a zrněk písku. Žížala nemá plíce, dýchá celým povrchem těla. Má tzv. žebříčkovitou nervovou soustavu se dvěma propojenými mozgovými ganglii v přední části těla. Uzavřená cévní soustava je tvořena dvěma cévami, jednou stažitelnou cévou na hřbetní straně těla a druhou na straně břišní. V přední části těla se nachází dva až pět párů menších cév, které pumpují hemolymfu do celého těla a jsou označovány jako pomocná srdce (Pommeresche a kol., 2010).

3.3.2 Životní cyklus žížal

Žížala patří k hermafroditům, každý jedinec má vyvinuty samčí i samičí pohlavní orgány. Samčí pohlavní orgány zahrnují dva páry varlat a velké chámové spermální vaky, které slouží k uchování spermatu, párové chámové vaky a chámovod. U chámových vaků se nacházejí chámové schránky, kde se schraňuje sperma získané od partnerského jedince při kopulaci. Samičí pohlavní soustavu tvoří pár vaječníků, odkud jsou vajíčka uvolňována do coelomové tekutiny, které je dovede do vejcovodů, které ústí do samičích pohlavních pórů (Pižl, 2002).

Žížaly jako hermafrodité jsou schopny produkovat vajíčka i spermie, ale umístění pohlavních orgánů, nedovoluje oplodňovat vlastní vajíčka vlastními spermii, a proto dochází k páření. Dva dospělci se na sebe přiloží břišní stranou – jeden vypustí spermální kapalinu a ta prochází do spermatoték druhého jedince. Vajíčka jsou kladena 7-10 dní po aktu, kdy se vytvoří v opasku sliznicový obal kolem těla, vznikne rourovitý útvar, kterým se žížala od konce těla k hlavě provléká a následně do něj vpustí vajíčka. Při dalším pohybu jsou připuštěny spermie ze

spermatoték a dochází k oplodnění. Poté co se obal přetáhne žížale přes hlavu rychle zaschne, stáhne se a vznikne kokon (Borkovcová, 2015).

Frekvence kladení kokonů je ovlivněna jak ekologickou strategií, tak faktory prostředí, např. žížala hnojní vyprodukuje až dva kokony za týden, kdy z jednoho kokonu vzejde 2-5 mládřat, které po 20 až 30 dnech obal opouštějí a do 60 dnů jsou jedinci dospělí. Žížala hnojní se nejčastěji dožívá 33 měsíců, ale některé druhy mohou žít i několik let, avšak ve volné přírodě musí čelit mnoha rizikům a věku vyššího než 2 roky se dožívají zcela výjimečně (Pižl, 2002). V přírodě byli nalezeni jedinci žížaly obecné až 12 let staří, avšak v umělých chovech se někteří jedinci dožívají až 30 let (Pommeresche a kol., 2010).

V našich podmínkách se pro vermikompostování hojně využívá *Eisenia andrei* neboli žížala kalifornská hlavně kvůli tomu, že klade kokony, ze kterých se líhne více mládřat než např. u žížaly hnojní *Eisenia fetida*. Životní cyklus *Eisenia andrei* je rychlejší než u většiny druhů. Po 23 dnech od páření vniká kokon, který obsahuje dvě až tři žížaly. Z kokonu se vylíhnou po 3 týdnech. Kalifornská žížala dosáhne dospělosti zhruba po šesti týdnech, dospělí jedinci mají zcela vyvinutý opasek, pokud bychom rychlost reprodukce ukázali na domácím vermikompostování, tak pokud budou žížalám zajištěny optimální podmínky, jejich počet by se měl po jednom měsíci zdvojnásobit (Greenloop ©2018).

3.3.3 Nepřátelé a choroby žížal

Žížaly mají mnoho nepřátel, kteří je ohrožují i v umělých chovech. Stávají se terčem celé řady predátorů obratlovců a mohou být napadeny parazity i patogeny. Jsou důležitou součástí potravy obojživelníků, plazů, ptáků i savců. Živí se jimi ale i celá řada bezobratlých.

Ze savců je hlavním nepřítelem krtek, který je vyhledává a utočí na ně pod povrchem přímo v jejich domovském prostředí. Žížaly loví i rejsci a lišky a jak o predátorech uvádí Pižl (2002), v Polsku bylo v jediné komůrce krтка nalezeno 470 žížal o hmotnosti 870 g, raci zkonzumovali až 100 kg žížal na hektar při podzimní orbě v Oxfordu, přičemž lišky dokáží ulovit až 10 žížal za minutu, jak bylo spočítáno na louce v Oxfordu. Umělé kultury je tedy nutno před takovými hrozbami chránit. Drátěné pletivo, silná plachta nebo vybetonovaná plocha pod kultivační hromadou ochrání žížaly před krtky pronikajícími do kultur. Proti náletu ptáků i hmyzu poslouží plastové fólie nebo plachty.

Žížaly se mohou stát hostiteli mnoha parazitů, nacházíme v nich celou řadu bakterií a prvoků a některé je mohou ohrožovat na životě. Jedná se o výtrusovce ze skupiny gregarin, žijící v pohlavních vývodech žížal. V těle žížal žijí i červy ze skupiny tasemnic a hlístovců, které ale zřejmě žížalám nezpůsobují větší újmu. Terčem parazitů jsou i vyvíjející se kokony, na které útočí některé druhy roztočů (Domínguez, Edwards, 1997).

K chorobným změnám na tělech žížal může dojít i vlivem nesprávného prostředí, ve kterém žížaly žijí. Takové změny se projevují zápalovými ložisky, otoky a postupným odumíráním tkání. Příčinou může být nesprávné složení substrátu, nevhodná kyselost, nedostatečná výživa, nashromáždění exkrementů nebo příliš bílkovin jakožto dusíkatých látek v jejich prostředí (Zajnoc, 1992).

3.3.4 Druhy používané pro vermikompostování na našem území

Ve střední Evropě je celková diverzita a bohatost společenstev výrazně ovlivněna čtvrtohorním zaledněním, kde platí, že diverzita klesá od jihu na sever a od východu na západ. Chudá společenstva nalezneme v jehličnatých lesích, rašeliništích a orných půdách. Naopak bohatá společenstva obývají lužní lesy, eutrofní prameniště či louky. Ve střední Evropě, se mimo ojedinělých vodních druhů vyskytují pouze zástupci čeledi žížalovitých – *Lumbricidae* (Pižl, 2002).

V České republice je v současnosti potvrzen výskyt 62 druhů žížal. Řada z nich patří ke vzácným a vyskytují se pouze lokálně (např. žížala mléčná v horských společenstvech). V orných půdách se můžeme setkat celkem s osmnácti druhy. V polních společenstvech se setkáváme s typickou žížalou polní, růžovou, červenou a obecnou. Na jednom metru čtverečním zemědělsky využívaných pozemků můžeme v České republice nalézt až 300 žížalích jedinců, což představuje 3 miliony žížal na hektar a při přepočtu na biomasu činí hmotnost žížal 50 až 100 gramů na metr čtvereční, tedy 500 až 1000 kg na hektar (Pommeresche a kol., 2010).

Žížaly žijící v našich podmínkách můžeme rozdělit do tří základních skupin podle toho, v jaké části půdního profilu žijí a čím se živí. Do první skupiny spadají největší druhy, které si budují až několik metrů hluboké svislé chodby, kam si vtahují rostlinné zbytky, jako svou potravu a žijí v nich – hlubinné (enektické) žížaly. Druhou skupinu žížal tvoří ty, které žijí v horních hlinitých vrstvách tzv. endogeické žížaly, které se živí například odumřelými kořínky. Třetí vrstvu tvoří žížaly žijící na povrchu půdy ve vrstvě rostlinných zbytků. Tyto epigeické žížaly jsou schopny měnit organické odpady na vermikompost (Zajnoc, 1992; Pommeresche a kol., 2010). Kdy žížala žije můžeme poznat podle barvy a rozmístění pigmentu. Žížala obecná, *Lumbricus terrestris*, vystrkuje při hledání potravy hlavovou část na povrch půdy, a proto má na hlavě také nejvíce pigmentu. Žížala polní, *Aporrectodea caliginosa*, se drží v půdě, tudíž je světlá, protože pigmentu její pokožka obsahuje minimálně. Žížala červená, *Lumbricus rubellus*, žije v nejsvrchnější vrstvě půdy nebo ve shrabkách na povrchu, a tak je zbarvená po celém těle (Pommeresche a kol., 2010).

Žížaly pro život potřebují velké množství organických zbytků a původně se vyskytovaly pouze v silně zamokřených oblastech listnatých lesů, na březích potoků a v prameništích. Až do roku 1972 se předpokládalo, že v Evropě žije pouze jeden druh žížal specializovaný na rozklad rostlinných zbytků, vhodný na průmyslové využití. Byla to žížala hnojní (*Eisenia fetida*), která byla popsána Savignym v roce 1826. V roce 1972 ale Bouché popsal formu *Eisenia fetida andrei*, která byla v roce 1982 prohlášena za samostatný druh jako žížala kalifornská (*Eisenia andrei*) (Zajnoc, 1992). Na našem území jsou tudíž takové druhy dva, žížala hnojní a žížala kalifornská. Jsou to drobnější červenohnědé žížaly, které jsou výrazně závislé na prostředí vytvořeném člověkem a můžeme je nalézt zejména v kompostech a kupách hnoje. Rychle se množí a rostou, a proto patří kvůli svému rychlému životnímu cyklu k žížalám, které se u nás využívají pro produkci vermikompostu, biomasy nebo hnojiv (Pommeresche a kol., 2010).

Rozdíl mezi těmito dvěma druhy spočívá především v charakteru a barvě vylučované lymfy. Hmotnost, délka těla ani délka života se nijak neliší. Při chovu v laboratorních podmínkách se zjistilo, že kalifornská žížala vydává větší množství oxidu uhličitého na jednotku těla než žížala hnojní, což dokazuje intenzivnější životní

pochody, tudíž i vyšší spotřebu potravy. Produkují také těžší kokony s větším množstvím mláďat (Zajnoc, 1992).

3.3.5 Druhy používané pro vermikompostování v tropech

Tropické druhy žížal mají větší toleranci vůči vyschnutí, ale vyšší nároky na stálé teploty, které přesahují 25 °C. Oproti žížalám z mírných a subtropických pásů se liší jejich zbarvení, které je z důvodu ochrany proti vyššímu UV záření zpravidla tmavší, většinou se také jedná o žížaly větších rozměrů a v extrémních případech se odlišují také možným „kanibalismem“ některých tropických druhů. U čeledi *Megascolecidae* bylo prokázáno požíráání žížal z čeledi *Eudrilidae* (Pižl, 2002). U většiny tropických druhů je zaznamenán prudký nárůst produkce kokonů v období od dubna do června. V průběhu chladnějších měsíců produkce kokonů klesá nebo je zcela zastavena. Vysoká míra produkce kokonů, krátká doba vývoje s úspěšným líhnutím u epigeických tropických druhů jako například u *Perionyx excavatus* zapříčiňují hojně využívání tohoto druhu pro vermikompostování (Bhattacharjee, Chaudhuri, 2002).

Eudrilus eugeniae, označována jako africká dešťovka, hojně rozšířená především v USA a Kanadě je velká žížala rostoucí i rozmnožující se velmi rychle, pokud je pěstována za optimálních podmínek. Mezi její hlavní nevýhody patří úzká teplotní tolerance a citlivost na manipulaci, je ale schopna rozložit velké množství organických zbytků a začlenit je do půdy. Dalším tropickým druhem vhodným pro vermikompostování je *Perionyx excavatus*, která obývá velké území tropických lesů v jižní Asii, oproti *Eudrilus eugeniae* má *Perionyx excavatus* nevýhodu v neschopnosti tolerovat nízké teploty, ale to se v tropických podmínkách nejeví jako problém. K vermikompostování je hojně využívána napříč Asií (Domínguez, Edwards, 2011a). Dalším asijským tropickým druhem je například *Bimastus parvus*, která je využívána především pro vermikompostování odvodněného kalu (Fu a kol., 2015).

3.4 Fyzikální a chemické podmínky pro vermikompostování

Fyzikální a hydrofyzikální i chemické vlastnosti půd patří k nejdůležitějším půdním charakteristikám ovlivňujícím přímo nebo nepřímo průběh půdotvorných procesů. Metody jejich stanovení se neustále zdokonalují, aby vedle nepřímých metod, které umožňují odhad nebo jeho zpřesnění, byly využívány především metody stanovující – přímé (Kuráž, 2003). Produkce kokonů, rychlost vývoje a růst žížal jsou aspekty zásadně ovlivněné podmínkami prostředí. Většina žížal je relativně tolerantní k okolním podmínkám organických odpadů, tudíž lze s takovým typem žížal vermikompostovat i na otevřených plochách. Nicméně i tento nenáročný typ žížal se ukázal být při vermikompostování mnohem efektivnější za určitých environmentálních podmínek. Pokud podmínky nesplňují takové parametry, žížaly se mohou přesunout do více vyhovujících zón, odejít úplně nebo hynout, tudíž se bioodpad zpracovává pomaleji (Domínguez, Edwards, 2011a). Introfukce (vysazování) žížal není příliš účinná, neboť jedinci v nezvyklých podmínkách většinou uhynou. Proto je nejekologičtější i nejekonomičtější vylepšit podmínky pro ty druhy, které se na daném místě přirozeně nacházejí (Pommeresche a kol., 2010). K nejdůležitějším požadavkům žížal na prostředí patří dostatek a kvalita potravních zdrojů, vhodná vlhkost, teplota i půdní pórovitost (Pižl, 2002).

3.4.1 Vstupní surovina

Pro založení počáteční zakládky platí obecně stejná pravidla pro vermikompostování jako pro kompostování (Domínguez, Edwards, 2011b). Podle původů organických odpadů, které kompostováním zhodnocujeme, rozlišujeme komposty statkové, jejichž podstatu tvoří odpady vznikající při pěstování rostlin a chovu hospodářských zvířat (chlévká mrva, posklizňové zbytky, znehodnocená krmiva apod.), komposty průmyslové (komunální a domovní odpady, čistírenské kaly) a speciální komposty, které se uplatňují především v zahradnictví (komposty z listí ovocných stromů a keřů). Zvláštní kategorií jsou domácí komposty, složené ze zahradního odpadu, spadaneho listí, posečené trávy a odpadů z kuchyně, kromě masa. Cílem výběru vhodných surovin je odstranění materiálů, které by mohly narušovat průběh biologických procesů a ovlivnit tak kvalitu výsledného produktu např. z průmyslových materiálů pro průmyslové komposty se odstraňují především kovy, sklo i umělé hmoty, a to mechanicky nebo v případě kovů magneticky (Tesařová, 2010).

Vhodným materiálem pro vermikompostování jsou již zmíněné domácí odpady vhodné i pro kompostování. Jedná se o odkrojky a zbytky zeleniny a ovoce, vaječné skořápky, čajové sáčky, kávové filtry i sedlinu, částečně kompostované listí a trávu. Navíc oproti kompostování, také suché pečivo, papírové ubrousky i papírová lepenka (Borkovcová, 2015). Co naopak pro vermikompostování vhodné není, jsou zbytky masa, mléčné výrobky, tuky ani chuťově výrazné potraviny jako je zázvor nebo citrusové slupky (Kokoza.cz ©2016a). Byla provedena laboratorní studie s cílem prozkoumat proveditelnost vermikompostování mléčného kalu, a to buď samostatně nebo se slámou a štěpkou pomocí epigeické žížaly – *Eisinea andrei*. Žížaly přidané přímo k těmto substrátům uhynuly během 48 hodin. Mléčné substráty lze vermikompostovat pouze ve vhodném poměru se stakovými hnoji (Nogales a kol., 1999).

Základním zdrojem potravy pro žížaly je odumřelá organická hmota většinou rostlinného, ale někdy i živočišného původu (půdní mikroorganismy, drobní půdní živočichové). Tráví také hyfy (vlákna) mikroskopických hub a řasy (Pommeresche a kol., 2010). Jak zmiňuje Pižl (2002), řada studií ukázala význam mikroorganismů, zejména zmíněných mikroskopických hub a řas v potravě žížal, tedy i možnost žížal přežít v prostředí, kde jsou mikroorganismy exkluzivním zdrojem potravy. Trávení půdních organismů a mezofauny bylo experimentálně potvrzeno v případě prvoků, půdních hlístic a chvoskoků (příloha 3). Množství substrátu, které žížaly za den spotřebují je důležitým ukazatelem, na kterém závisí rychlost přeměny odpadu na vermikompost. Žížaly jsou schopny zkonzumovat za jeden den množství odpovídající čtvrtině až polovině své hmotnosti. Potrava obvykle projde střevem žížaly za 2,5 až 7 hodin. Výkaly tvoří podstatu vermikompostu díky zvýšenému obsahu mikroorganismů, živin i růstových enzymů, které ovlivňují přeměnu organické hmoty v půdě. Urychlují rozklad materiálů, zejména těch, které obsahují celulózu, která je pro žížaly jedním z hlavních zdrojů energie. Potřebu bílkovin pokrývá konzumace mikroorganismů. U konzumace celulózy hraje roli velikost částic potravy. Z rostlinných zbytků složených převážně z celulózy mohou požírat jen částice menší než 0,5 mm², ale když je potrava měkká, dokáží oddělit částice vhodné velikosti i z většího celku (Zajnoc, 1992).

3.4.2 Vlhkost

Půdní vlhkost a prevence proti vyschnutí jsou dalšími limitujícími faktory pro přežití žížal. Exkretují dusík ve formě amonné a ve formě močoviny, přičemž denně žížala vyprodukuje množství moči odpovídající až 60 % její váhy. Optimální vlhkostní podmínky představují 40-60 % maximální vodní kapacity půdy, ale v přírodě existuje velká druhová variabilita tolerance vyschnutí. Pro žížalu hnojní i žížalu kalifornskou je například nejvhodnější maximální nasycení vodní kapacity substrátu, vlhkost 70-90 %, dokonce je schopna při dostatku kyslíku vydržet i několik dní ve vodě. Vlhkost pod 60 % zpomaluje její růst i rozmnožování (Pižl, 2002; Domínguez, Edwards, 1997; Edwards, 1988). Pro žížaly v Evropě je limitující vlhkost pod 20 %, ale pro druhy žijící v Africe 15 %, obecně se optimální vlhkost pohybuje okolo 30 % (Zajnoc 1992).

3.4.3 Teplota

Spektrum tolerance žížal k teplotním výkyvům je velice široké. Teplotní optimum pro většinu druhů žížal se pohybuje mezi 15 °C a 25 °C, avšak většina druhů klade kokony až při teplotě 25 °C (Domínguez, Edwards, 2011a). Edwards (1998) se zabýval studiem životního cyklu a optimálních podmínek žížal pro růst a rozmnožování, šlo o druhy: *Eisenia fetida*, *Eudrilus eugeniae* a *Perionyx excavatus*. Teplotní optimum pro žížalu hnojní (*E. fetida*) je 25 °C rozmezí teplot, ve kterém je schopna se rozmnožovat je od 0 °C do 35 °C. Pro *Eudrilus eugeniae* a *Perionyx excavatus* je teplotní optimum 25 °C s tím rozdílem, že hynou již při teplotě pod 9 °C a při teplotě nad 30 °C. Obecně je teplota pod 10 °C limitující pro žížalí apetit i příjem potravy a při teplotách pod 4 °C produkce kokonů a růst žížal zaniká úplně. V extrémních teplotních podmínkách mají žížaly tendence hibernovat do hlubších vrstev půdy. U některých druhů dochází na podzim k aklimatizaci, díky které jsou schopny přežít zimu, ale trvalým mrazům většina druhů odolávat nedokáže. Naopak při teplotách vysokých (nad 30 °C) je pro žížaly více omezující než samotné přehřátí, přímý teplotní efekt na půdu, který má za následek spuštění chemických a mikrobiálních aktivit v substrátu. Růst těchto aktivit způsobuje konzumaci dostupného kyslíku mikroorganismy, což má negativní dopad na přežití žížal.

3.4.4 pH

Většina žížal je neutofilních a optimální kyselost substrátu je v neutrální oblasti pH 6-7. Pokud se kyselost příliš odchyluje pH pod 5 nebo nad 9, žížaly mohou hynout do několika dnů, avšak existují druhy, které jsou k pH půdy tolerantní. Jak zmiňuje Pižl (2002), v půdách Krušných hor, které jsou poškozeny kyselými dešti, zjistil výskyt *Dendrodrilus rubidus* v půdě s pH 2,7, což potvrzuje toleranci některých druhů i v našich podmínkách. Drobné zvýšení kyselosti způsobené přidáním čerstvého odpadu do vermikompostovacího lože může být žížalami neutralizováno střevními sekrecemi vápníku a vylučovaného amoniaku (Edwards, Bohlen, 1996).

3.4.5 Aerace

Jedna z ovlivňujících podmínek života žížal je i textura půdy. I když vrstvy organických zbytků, ve kterých žížaly žijí, mohou být dost silné, musí také obsahovat dostatek kyslíku, proto je důležitá poréznost materiálu. Preferují hlinité až hlinitopísčité půdy. Štěrkovité a hlinité půdy jsou nevhodné z hlediska možné abraze a následného vyschnutí. V silně jílovitých půdách žížaly chybí z důvodu anaerobního

prostředí. (Pižl, 2002; Zajnoc 1992). Bylo zjištěno, že jednotlivci *Eisenia fetida* migrují ve velkém počtu ze substrátu nasyceného vodou, kde byl vyčerpán kyslík nebo ve kterém se nahromadil oxid uhličitý či sirovodík, ale mohou žít po dlouhou dobu v provzdušněné vodě, jako je voda v kapajícím filtru (Domínguez, Edwards, 2004).

3.4.6 Obsah solí a amoniaku

Voda a životní prostředí, ve kterém žížaly žijí, nesmí mít vysoký obsah rozpuštěných solí. Horní hranicí je podle Zajnoce (1992) přibližně 0,5 % koncentrace. Žížaly jsou velmi citlivé na koncentraci amoniaku i jeho sloučenin. Obsah čpavku nad 0,1 % je usmrcuje. Pro žížaly je nebezpečné prostředí s převahou jejich exkrementů, které při zpracování půdy vytvářejí. Takové prostředí se pro ně stává jedovaté a stěhují se jinam. Organické odpady obsahující velké množství amoniaku se však mohou stát přijatelnými po jeho odstranění kompostováním (Domínguez, Edwards, 2004).

3.4.7 Poměr uhlíku a dusíku

Růst a aktivita mikroorganismů v kompostovaném materiálu jsou ovlivněny obsahem využitelných makrobiogenních prvků (C, N, P, K, Mg). Na živiny nejbohatší jsou odpady z chovů hospodářských zvířat a nejchudší jsou naopak odpady z lesnictví. Průběh mikrobiálních procesů při kompostování, tedy i vermikompostování, závisí nejen na samotném obsahu živin, ale také na jejich vzájemném zastoupení. Nejdůležitější je poměr C : N, který by u zralého kompostu měl dosahovat hodnot 25-30 : 1. Takové hodnoty jsou vhodné jak pro činnost mikroorganismů, tak pro výživu rostlin. Vyšší hodnoty poměru C : N vedou k imobilizaci dusíku půdními mikroorganismy, což způsobuje jeho následný nedostatek pro rostliny. Při vytváření zakládky je třeba brát v potaz, že v průběhu kompostování dochází ke ztrátám uhlíku ve formě CO₂ a dusíku NH₃ mikrobiální respirací. Tyto ztráty tvoří asi 30 % z počátečního obsahu C a 20 % N. Z toho plyne že výchozí materiál by měl mít na počátku kompostování C : N 35-40 : 1. Při vyšších hodnotách je nutné materiál obohatit dusíkem, dusíkatými hnojivy nebo chlévskou mrvou (Tesařová, 2010).

3.5 Technologie vermikompostování

Kompostovací technologie jsou rozčleněny pro účely klasického kompostování, aby se zaručil průběh všech 3 potřebných fází. Především je třeba, aby proběhla fáze první – termofilní, která zabezpečí hygienizaci materiálu a zamezí klíčivosti semen, což je pro případnou distribuci konečných kompostů v komerční sféře klíčové. Jak již bylo zmíněno, žížaly termofilní fázi vlivem vysokých teplot nepřežijí a jsou tudíž do materiálu přidávány až po tomto procesu (Borkovcová, 2015). Sekundární fáze biodegradace v kompostové zakládce zabezpečuje humifikaci a stabilizaci vložených hmot (Hejtáková a kol., 2007). Samotné vermikompostování probíhá ve 2 fázích, přičemž první je aktivní, kdy žížaly fyzikálně a mikrobiologicky modifikují organické odpady a druhá je fáze zrání, při které se žížaly stěhují za čerstvou potravou (Domínguez, 2011).

Substrátem na výrobu vermikompostu mohou být různé materiály základem kterých je celulóza, ale které naopak obsahují dostatek bílkovin, škrobových látek, tuků, vitamínů a minerálů, aby se zajistilo vhodné prostředí pro žížaly (Zajnoc, 1992). Materiál, který poslouží jako zakládka vermikompostu se obvykle podrobuje

chemickému rozboru, který poskytne základní informace, zejména o obsahu dusíku, který je jakožto ukazatel zásoby bílkovin klíčový. Na druhou stranu jeho nadbytek značí velký obsah bílkovin, které rychleji podléhají rozkladu a pro žížaly vytváří jedovaté látky. Obsah bílkovin nad 45 % má za následek jejich úhyn. Obsah dusíku se v rámci chemických rozborů zjišťuje jeho poměrem s uhlíkem. V rámci chemického rozboru je vhodné se přesvědčit o vhodnosti pH, vlhkosti a obsahu látek, které jsou pro žížaly nepříznivé. Jejich aktivitu brzdí i rezidua pesticidů, přítomnost těžkých kovů a různých organických polutantů (Zajnoc, 1992; Tesařová 2010).

Pro zakládání vermikompostu se nejčastěji používá nejdostupnější kravský hnůj. Vhodné jsou také odpady z rostlinné výroby, potravinářského průmyslu i odpad z domácností. Výhodné je kombinovat hnůj spolu s rostlinnými odpady, čímž dosáhneme optimálního poměru uhlíku a dusíku. Větší a silnější částice bylin potřebují na rozklad více času, a tím prodlužují dobu vermikompostování, a proto je vhodné takový bioodpad, který obsahuje velké množství těžko rozložitelných látek (lignin, celulóza) nechat 2-3 měsíce „předkompostovat“ (Zajnoc, 1992; Tesařová 2010).

Při zakládání větších kultur k vermikompostování vkládáme do připraveného substrátu velké množství žížal. Pižl (2002) doporučuje, aby i přes příznivé výsledky chemického rozboru, došlo nejprve k aplikaci malého množství žížal na vzorek substrátu v rámci jednoduchého chemického pokusu. Do nádoby s obsahem 2-3 litry se vzorkem substrátu přidáme 30-50 žížal na 24 hodin. Pokud následná kontrola stavu červů neprokáže jejich úhyn, vysychání a ztrátu hybnosti nebo pružnosti, můžeme substrát bez obav použít.

Technologie mohou být rozděleny na pásové zakládky (případně hromady), plošné zakládky a intenzivní technologie (Borkovcová, 2015). Zajnoc (1992) dělí technologie vermikompostování na kompostování v polních podmínkách a kompostování v uzavřených prostorách, což odpovídá intenzivním technologiím podle Borkovcové (2015), které zahrnují uzavřené bioreaktory, boxy a žlaby.

3.5.1 Velkoprodukční vermikompostování

Technologie užívané při velkoprodukčním vermikompostování lze podrobněji rozdělit na jednodušší a složitější technologické systémy. Mezi jednoduché lze zařadit zejména vermikompostování na volné ploše (pásové, plošné hromady) a vermikompostování v ohraničeném prostoru, tedy v boxech. Složitější technologické systémy jsou způsoby vermikompostování, probíhající v zařízeních, která zpracovávají bioodpady v uzavřeném prostředí s použitím žížal. Hlavní výhodou je významné urychlení celého procesu, omezení plochy, omezení vlivu povětrnostních podmínek, možnost lepšího řízení (automatizace) celého procesu a možnost lepšího využití vzniklého výluhu. Uvedená zařízení označujeme jako vermireaktory (Hanč, Plíva, 2013).

Vermireaktory různých konstrukčních řešení v současné době vykazují společný znak na základě monitorování určitých fyzikálních veličin, a tím zpětnovazebně řídit proces vermikompostování v optimálních podmínkách. Rozlišujeme dvoumodulové vermireaktory, kde v jedné části probíhá předkompostování bez žížal a ve druhé části samotné vermikompostování

a vermireaktory se souvislým procesem, který spočívá v propadání bioodpadu sítím od shora dolů, kde je vzniklý vermikompost automaticky odebíráán (Hanč, Plíva, 2013).

Vermikompostování na otevřených plochách zahrnuje pásové zakládky a kultivační hromady a předpokládá, že jsou umístěny volně v terénu, buďto na betonové ploše nebo plastové folii. Tento způsob vermikompostování je nenáročný na investice a je technicky jednoduchý, protože hromady není třeba překopávat či obracet, je pouze nezbytné sledovat vlhkost a zajistit v případě potřeby jejich zavlažení (Zajnoc, 1992; Hanč, Plíva, 2013). Důležité je dodržet maximální doporučenou výšku zakládky, která nemá překročit 60 cm, aby se zajistilo provzdušnění materiálu. Šíře hromad se určuje používanou mechanizací, doporučují se 2 m. Délka hromad vlastní proces kultivace neovlivňuje. Hromady se budují tak, aby délka byla orientována ve směru převládajících větrů, čímž lze předejít nadměrnému vysušování, naproti tomu je třeba zajistit zdroj pro zavlažování. Doporučuje se také sběrná nádrž na odtékající vodu. K zajištění optimálních teplot pro žížaly je třeba v zimních obdobích potřebnou izolaci, například slámou a v letních měsících je třeba počítat s kropením kultur, popřípadě lze hromady zakrýt. Vzhledem k tomu, že optimální teplota je pro žížaly 25 °C, je nutné počítat s tím, že v polních podmínkách bude vermikompostování probíhat asi 6 měsíců (Zajnoc, 1992).

Nejčastěji využívanou metodou vermikompostování na otevřených plochách je postup s tzv. „příkrmováním žížal“, který spočívá v kladení suroviny ke zpracování, která představuje pro žížaly krmivo na povrch hromady a žížaly se následně stěhují do vyšších vrstev, a tím dochází ke zpracování materiálu. Další možností je v bezprostřední blízkosti založení nové hromady kompostu s potravou, kam se žížaly sami přestěhují (Hanč, Plíva, 2013).

3.5.2 Maloprodukční vermikompostování

Maloprodukční vermikompostování je kompostování v malém vermikompostéru v zakryté nádobě, které nalezne uplatnění zejména v bytech a v kancelářích, a proto je tento způsob vermikompostování označován jako domácí (Hanč, Plíva, 2013). Domácí vermikompostéry se vyrábějí ze dřeva nebo z plastu a podstata vermikompostování v domácích podmínkách tkví v postupném přidávání kompostovatelného materiálu do jednotlivých pater vermikompostéru. Zkompostování jednoho patra trvá 3–6 měsíců. Záleží na několika faktorech v čele s množstvím žížal – čím více žížal, tím rychlejší kompostování (Kokoza.cz ©2016b).

Nejsvrchnější perforované patro vermikompostéru, které je přikryto víkem, slouží pro přidávání kompostovaného materiálu, který tvoří žížalí potravu. Žížaly se krmí jednou až dvakrát týdně a za potravou se vydávají z nižšího patra, kam byly s podestýlkou na začátku procesu umístěny. Jako podestýlku je vhodné použít trávu, listí, roztrhaný a navlhčený papír, rašelinu, hobliny nebo kokosové vlákno (Hanč, Plíva, 2013). Dno vermikompostéru slouží pro sběr žížalího čaje. Jeho tvorba značí správné zaběhnutí vermikompostéru. Žížalí čaj je výluh, který vzniká při vermikompostování a používá se jako tekuté hnojivo. Podobně jako vermikompost obsahuje velké množství živin, humínové kyseliny, růstové hormony i fosfor a dusík. Vhodné je ho pro hnojení naředit s vodou 1 : 10 (Kokoza.cz ©2016b).

3.6 Vermikompost – konečný produkt vermikompostování a jeho vlastnosti

Skladbu vermikompostu tvoří 50-60 % organických látek, z nichž asi 35 % tvoří humusové látky, z toho kolem 17 % huminové kyseliny. (Tesařová, 2010). Vermikompost má vynikající fyzikální, chemické i biologické vlastnosti. Obsahuje růstové enzymy, které obyčejný kompost postrádá a mikrobiální populace, které běžně v kompostu, který prošel termofilní fází, také nenajdeme. Má také mnohem jemnější strukturu a obsahuje živiny ve formách, které jsou snadno biologicky dostupné pro kořenové systémy rostlin (Sinha a kol., 2011). Kladně působí i na tvorbu biomasy, tvorbu květů, zrychluje dozrávání plodin (o 1 až 2 týdny) a celkový vývoj rostlin (Zajnoc, 1992).

Chemické přeměny, které nastávají při kompostování vedou především ke změnám poměru uhlíku a dusíku. V substrátu před zpracováním je C : N 22-25 : 1, ve vermikompostu je to 10 : 1. Minerální složky se mění jak chemickými procesy, tak působením mikroorganismů, jejichž počet ve vermikompostu je významný, protože ve střevě žížaly počet mikroorganismů deseti až tisícinásobně narůstá. Velká část dusíku se transformuje na dusičnany, které jsou pro rostliny dostupné právě působením bakterií. Podobně se zvyšuje množství fosforu, draslíku a hořčíku. Při kompostování pH klesá o 0,5 až 0,9 jednotek, zatímco obsah těžkých kovů ve vermikompostu je vyšší než v původním substrátu, protože objem materiálu se snižuje, ale obsah těžkých kovů se ani schopností žížal kumulovat je ve svém těle podstatně nesníží (Zajnoc, 1992).

4. Metodika a výběr experimentu

Metodika bakalářské práce je složena z literární rešerše, která tvoří podklad pro výběr experimentu a experimentu samotného. Na základě literární rešerše byla vypracována tabulka (příloha 1), která tvoří souhrn vybraných experimentů, které byly do tabulky zapracovány tak, aby bylo možné jejich vzájemné porovnání. Experimenty lze porovnat z hlediska použitých technologií, vermikompostovaného materiálu, druhu a množství žížal i dalších chemických a fyzikálních podmínek pro vermikompostování jako například teploty nebo vlhkosti a porovnání výstupů, tedy vzniklých vermikompostů. Z tabulky byly vybrány dva modely (v tabulce vyznačeno červeně) pro zopakování procesu vermikompostování v domácích podmínkách. Modely byly vybírány s ohledem na to, jaký odpad v domácnostech reálně vzniká pro autentičnost experimentu, jakožto nástroje prevence vzniku biologicky rozložitelných komunálních odpadů, který nemá dalšího využití. Modelové zakládky na začátku i v průběhu procesu, vzniklé vermikomposty i výluhy (žížalí čaj) byly porovnány, jak s předlohami z rešerše, tak mezi sebou navzájem.

4.1 Vybrané modely a jejich zopakování v domácích podmínkách

4.1.1 První předloha experimentu

První modelová zakládka byla zvolena podle Chaudhuri a kol. (2000), kdy byl vermikompostován samostatně biologicky rozložitelný komunální odpad. Jednalo se o odpady z domácností a kuchyní shromážděné z tamních zdrojů, které byly nasekány, čímž došlo ke snížení objemu až o 70 %. Odpad byl poté na vzduchu sušen po dobu 10 dnů. Hlavními složkami vermikompostovaného materiálu byly

slupky brambor a cibule, listy zelí, části květáku, mrkev, banánové slupky, vaječné skořápky a voda ve které byla vařena rýže, která byla použita pro zvýšení vlhkosti směsi. Experiment probíhal v šesti hliněných nádobách o průměru 60 cm. Tři nádoby byly určeny k vermikompostování a tři se stejným materiálem, ale bez žížal pro vzájemnou kontrolu. Proces byl uskutečněn za použití *Perionyx exavatus*, která je citlivá na nižší teploty, jak již bylo přiblíženo v kapitole věnující se tropickým druhům vhodným pro vermikompostování. Laboratorní podmínky umožňovaly pro tento druh zachovat optimální podmínky – experiment probíhá při maximální průměrné teplotě 28 °C a vlhkosti 63 %. Hliněné misky obsahují ve dně otvory pro odvod tekutiny. Na dno byla před zahájením experimentu vysypána vrstva písku (10 cm), na níž byl umístěn substrát (5 cm) jako násada pro žížaly, kterých bylo na 3 kg směsi BRKO do jedné misky vloženo 200 dospělých jedinců. Materiál byl průběžně převracen za účelem udržení optimálních aerobních podmínek. Vzorky byly odebírány po 10 dnech celkem čtyřikrát. Vzorky byly před analýzou usušeny při teplotě 40 °C do konstantní sušiny. Délka trvání experimentu činila 40 dní.

4.1.2 Druhá předloha experimentu

Druhý model zakládky byl sestaven na základě předlohy Hanče a Plívy (2013), kdy byla v laboratorních podmínkách vermikompostována směs sídlištního bioodpadu, papíru a štěpky v různých poměrech. Vermikompostování probíhalo v plastových vermikompostovacích miskách o rozměrech 40 x 40 x 18 cm a z důvodu zabránění vysychání byly přikryty víkem, kde byl na spodní straně umístěn závlahový systém. Laboratorní podmínky umožňují stanovení optimálních teplotních podmínek. Experiment probíhal za stálé teploty 22 °C. Relativní vlhkost byla vyšší a činila 80 %. Místnost, ve které proces probíhal byla větrána každých 12 hodin 15 minut. Pokus byl proveden ve třech opakováních, stejně jak tomu bylo u první předlohy. Při založení experimentu bylo do každé misky vloženo 13 l materiálu smíchaného se 3 l substrátu, který obsahoval 200 ks žížal rodu *Eisenia*, které v průběhu už nebyly přikrmovány, aby se tak předešlo ovlivnění výsledků nově přidaným materiálem. Odběr vzorků probíhal každý měsíc a výluh byl vrácen zpět do vermikompostovaného materiálu. Při každém odběru byl vzorek zvážen a byl zjištěn jeho objem. Vzorek byl před analýzou usušen při teplotě 40 °C do konstantní sušiny.

4.1.3 Modelové zakládky vermikompostované v domácích podmínkách

V domácích podmínkách byly experimenty zopakovány jako vermikompostování kuchyňského biologicky rozložitelného odpadu (příloha 4), který běžně v českých domácnostech a kancelářích vzniká. Jednalo se o odkrojky a zbytky ovoce, zeleniny, čajové sáčky a kávovou sedlinu. Samostatně v případě první modelové zakládky a jako směs s buničinou (příloha 5), papírem (příloha 6) a štěpkou (příloha 7) jako druhá modelová zakládka v poměru 2 : 2 : 1 : 1.

	Modelová zakládka 1	Modelová zakládka 2				
Materiál	BRKO	BRKO	buničina	papír	štěpka	celkem
Objem (ml)	2160	720	720	360	360	2160
Hmotnost (g)	684	228	46	11	92	377

Tabulka 1 Složení modelových zakládek



Obrázek 1 Založení modelové zakládky 1 a 2 ve vermikompostéru

Modelová zakládka 1 před zahájením procesu představovala sušinu 17,8 %, zakládka 2 sušinu 27,6 %, obě se slabě kyselým pH 5,32 a 5,92. Celkový fosfor byl u první zakládky vyšší 2 410 mg/kg sušiny, než u druhé 1 800 mg/kg sušiny. Na vápník byla díky celulótickým prvkům bohatší zakládka druhá 8 640 mg/kg sušiny. Množství vápníku bylo u první zakládky stanoveno na 3 090 mg/kg sušiny. Naopak na minerální látky již podle složení bohatší zakládka 1 vykazovala hodnoty magnesia 20 810 mg/kg sušiny, druhý vzorek 9 720 mg/kg sušiny. Draslík byl obsažen jako 2 520 mg/kg sušiny a 1 750 mg/kg sušiny u zakládky 2. Celkový dusík činí 0,785 % u první zakládky a u druhé 0,591 %. Spalitelné látky ze sušiny tvoří 93,9 % a 95 %. Poměr C : N u první zakládky 59,8 a u druhé zakládky 80,4. Použité metody a jejich nejistoty stanovení jsou uvedeny v protokolu (příloha 9).

4.2 Charakteristika experimentu v domácích podmínkách

Přenesení předlohy do nejenom domácích, ale také místních podmínek si žádá použití vhodného druhu žížal, který je pro vermikompostování v našich podmínkách vhodný. V úvahu přichází *Eisenia fetida* (žížala hnojní) nebo s ní úzce příbuzná *Eisenia andrei* (žížala kalifornská) (Sivasankari, 2016). Oba experimenty probíhaly za použití druhu *Eisenia andrei*, pro jeho rychlejší reprodukci a větší spotřebu potravy.

Optimální teplota pro kladení kokonů 21 °C, byla pro experiment zajištěna umístěním vermikompostéru ve vytápěné místnosti. I vlhkost je potřeba pro „místní“ žížaly zajistit vyšší, a to kolem 50 %. V domácích podmínkách je možno vhodnou vlhkost orientačně kontrolovat pomocí zkoušky, kterou provedeme tak, že kompostovaný materiál pevně sevřeme v pěst. Při optimální vlhkosti by se mezi prsty neměla objevit voda a při nedostatečné vlhkosti se materiál rozpadne (Jelínek, Kollárová, 2006).

Vermikompostování obou experimentů probíhalo v pěti patrovém vermikompostéru značky VermiHut, přičemž pro náš experiment stačila patra tři. Rozměr každého patra je 40 x 40 a výška vermikompostéru je 46-62 cm. Aby bylo možné vermikompostovat odděleně dva různé materiály, bylo nutné vermikompostér

přepažit. Přepažení bylo provedeno ve dvou patrech i sběrné nádobě, aby došlo k oddělení vermikompostů i výluhů.

Původní otvor ve svěrné nádobě sloužící k umístění plastového ventilu s těsněním, kterým lze z původně uspořádaného vermikopostéru vypouštět žížalí čaj, bylo nutno zaslepit. Zaslepení a ukotvení plastového předělu ve sběrné nádobě bylo zhotoveno vodotěsnou lepící páskou, která je speciálně používána například při opravách akvárií a je pro živé organismy nezávadná. Pro odvod dvou různých tekutin bylo třeba vyvrtat do každé z částí díru, kterou byla provlečena hadička. Hadičky o průměru 1 cm byly tekutiny sváděny do dvou nově vzniklých sběrných nádob.

Patro nad sběrnou nádrží bylo plastovou destičkou rozděleno na poloviny. Perforované dno umístěné nad sběrnou nádrží bylo na dně opatřeno netkanou textilií, aby nedocházelo k propadání žížal do sběrné nádoby. Do tohoto patra byl umístěn substrát se žížalami, další bylo rozděleno stejným způsobem a bez netkané textilie umístěno na patro se žížalami a substrátem. Poslední perforované patro sloužilo pro vkládání modelových zakládek a bylo opatřeno plastovým víkem pro udržení optimální vlhkosti a světelných podmínek.



Obrázek 2 Schéma přepaženého vermikompostéru

Do prvního perforovaného patra byl na netkanou textilií do obou polovin vložen substrát se žížalami. Substrát tvořila směs hlíny a navlhčeného kokosového vlákna. Do každé části bylo vloženo 100 jedinců žížal druhu *Eisenia andrei*. Patro se substrátem bylo umístěno nad sběrnou nádobu. Další perforované patro sloužilo k postupnému přidávání modelových zakládek, jakožto žížalí potravy. Žížaly byly materiálem k vermikompostování krmeny dvakrát týdně. Vzorky byly odebírány každý měsíc z obou částí. Byl odebírán vždy vzniklý vermikompost, původní zakládka a nová zakládka ještě před přidání do patra (příloha 8). Na konci experimentu, po 3 měsících, byl odebrán i žížalí čaj. Celý experiment probíhal za stálé teploty 21 °C v uzavřené místnosti, která byla větrána každý den po dobu deseti minut.

5. Výsledky

5.1 Vlastnosti výstupů

V tabulce 2 byly porovnané výsledné vermikomposty z obou typů zakládek ve třech opakováních. Vzorky byly odebírány s odstupem jednoho měsíce a hodnoty z obou zakládek byly porovnány se základními znaky jakosti kompostů a limitními hodnotami rizikových prvků, které jsou uvedeny v ČSN 46 5735 o průmyslových kompostech.

Na základě tabulky 2 bylo možné popsat, zda jednotlivé vermikomposty při třech odběrech splňují jakostní znaky pro komposty. Vlhkost byla ve všech případech zvýšená. Nejvíce se vlhkostnímu optimu, tj. ze všech vzorků nejnižší vlhkost vykazoval vermikompost z druhé zakládky (BRKO + štěpka + papír + buničina v poměru 2 : 2 : 1 : 1) při prvním odběru a to 73,7 %. Spalitelné látky ve vysušeném vzorku musí činit minimálně 25 %, což bylo ve všech vzorcích splněno, ve všech nad 80 %. Celkový dusík přepočtený na vysušený vzorek byl stanoven jako přepočet z protokolů (příloha 10 až 12). Z údaje v protokolech uvedeného jako N celkový (mg/kg sušiny) byl vydělen 1 000 000 (1 kg = 1 000 000 mg) a následně převeden na procenta (*100). Minimum 0,6 % nebylo splněno pouze v případě prvního odběru u vermikompostu z druhé zakládky. Poměr C : N nebyl dostatečně nízký u žádného vzorku, bylo ale možné konstatovat jeho klesající tendenci, související se zráním vermikompostu. Na počátku vermikompostovacího procesu (při prvním odběru) byly zaznamenány příznivější (nižší) hodnoty u vermikompostu první zakládky (pouze BRKO), dále byly poměr C : N naopak nižší u vermikompostů zakládky druhé. Rozmezí hodnot pH bylo splněno ve všech případech odběrů vzorků.

Limitní hodnoty rizikových prvků jako jsou kadmium, olovo, rtuť, arsen, chrom, měď, nikl a zinek byly splněny, ale při prvním odběru u vermikompostu první zakládky byl překročen limit zinku na 434 mg/kg sušiny z limitních 300 mg/kg sušiny.

	Vermikomposty						
	1. odběr vzorků		2. odběr vzorků		3. odběr vzorků		
	1	2	1	2	1	2	
Znak jakosti							
vlhkost	40 - 65 %	76,6	73,7	88	79,3	79	82,3
spalitelné látky ve vysušeném vzorku	min. 25,0 %	88,3	88,9	85,2	86,4	86,2	86
celkový dusík přepočtený na vysušený vzorek	min. 0,60 %	0,646	0,459	0,755	0,8034	0,727	0,834
poměr C : N	max. 30	68,3	96,8	56,4	53,7	59,3	51,6
hodnota pH	6,0 - 8,5	7,86	7,77	7,73	7,93	7,83	7,65
Limitní hodnoty rizikových prvků mg/kg sušiny							
kadmium	2	< 0,509	< 0,224	< 0,333	< 0,352	< 0,273	< 0,311
olovo	100	3,09	2,52	3,39	2,44	< 0,273	4,99
rtuť	1	< 0,050	< 0,050	0,114	0,058	< 0,050	< 0,050
arsen	10	< 2,54	< 1,12	< 1,67	< 1,76	< 1,37	< 1,55
chrom	100	7,65	4,48	3,66	3,47	0,358	29,2
měď	100	74,5	4,48	41,9	38,4	20,4	31,9
nikl	50	8,17	2,4	3,08	2,69	< 1,37	3,09
zinek	300	434	29,3	34,3	33	19	26,1

Tabulka 2 Základní jakostní znaky kvalitního kompostu a limitní hodnoty rizikových prvků dle ČSN 46 5735 u vermikompostů ze zakládek 1 a 2



Obrázek 3 Vermikomposty před třetím odběrem, zleva: zakládka 1, zakládka 2

V tabulce 3 byly porovnané výluhy (žížalí čaje), které byly odebrány spolu s vermikomposty při posledním třetím odběru. Výluhy byly odebrány po 3 měsících,

protože žížalí čaj se tvoří až po zaběhnutí procesu vermikompostování a dostatečné aklimatizaci žížal. Žížalí čaje byly porovnány mezi sebou podle toho, z jaké zakládky byl výluh produkován i se základními jakostními znaky pro komposty a limitními hodnotami rizikových prvků dle ČSN 46 5735 o průmyslových kompostech.

Tabulka 3 ukazuje, že až na vlhkost oba žížalí čaje splňují všechny jakostní parametry. Vlhkost je u žížalího čaje pochopitelně vysoká, protože se jedná o výluh, který je používán spíše jako doplňkové tekuté hnojivo pokojových i zahradních rostlin po naředění s vodou v poměru 1 : 10. Spalitelné látky ve vysušeném vzorku byly zaznamenány u žížalích čajů v nižších hodnotách než u vermikompostů, ale bohatě splňují uvedené minimum. Celkový dusík byl naopak zjištěn vyšší než u vermikompostů. Poměr C : N je u výluhu naopak mnohem nižší a splňuje tak v obou případech předepsaný jakostní parametr. Hodnota pH byla splněna také, stejně jako limitní hodnoty rizikových prvků.

S nižším poměrem C : N (6,49), vyšším počtem spalitelných látek (65,8 %), ale vyšším pH 8,21 (podle ČSN 46 5735 optimální pH v rozmezí 6-8,5) byl vyhodnocen výluh, žížalí čaj ze zakládky 2.

	Žížalí čaj		
		1	2
Znak jakosti			
vlhkost	40 - 65 %	99,136	99,298
spalitelné látky ve vysušeném vzorku	min. 25,0 %	64,2	65,8
celkový dusík přepočtený na vysušený vzorek	min. 0,60 %	3,611	5,069
poměr C : N	max. 30	8,92	6,49
hodnota pH	6,0 - 8,5	7,79	8,21
Limitní hodnoty rizikových prvků mg/kg sušiny			
kadmium	2	< 1,45	< 1,78
olovo	100	5,09	6,8
rtuť	1	< 0,050	< 0,050
arsen	10	< 7,27	< 8,92
chrom	100	< 1,45	4,05
měď	100	67,5	98
nikl	50	< 7,27	< 8,92
zinek	300	56,5	110

Tabulka 3 Základní jakostní znaky kvalitního kompostu a limitní hodnoty rizikových prvků dle ČSN 46 5735



Obrázek 4 Odebrané vzorky žížalího čaje

5.2 Počet žížal

Žížaly byly po posledním odběru ručně spočítány. Původních 200 jedinců (100 jedinců v každé polovině vermikompostéru) se do konce experimentu (za dobu 3 měsíců) namnožilo na 1627 jedinců *Eisenia andrei*.



Obrázek 5 Sčítání žížal na konci experimentu

6. Diskuze

Zakládka 1 (BRKO) a zakládka 2 (BRKO + štěpka + papír + buničina v poměru 2 : 2 : 1 : 1) byly porovnány s předlohami z rešerše (příloha 1) a mezi sebou. Srovnání bylo provedeno ve sledovaných jakostních parametrech pro komposty podle ČSN 46 5735.

První zakládka, sestavena podle Chaudhuri a kol. (2000), se v provedení lišila v použití tropického druhu žížaly *Perionyx excavatus*, které bylo potřeba přizpůsobit některé parametry, jako vlhkost (63 %) a teplotu (nejvyšší 28 °C). V předloze slouží jako porovnání k vermikompostovanému kuchyňskému odpadu kuchyňský odpad pouze kompostovaný, tedy bez žížal. S použitím žížal bylo prokázáno snížení poměru C : N, než bez žížal (po 40 dnech 8,53 : 1 bez žížal a 6,41 : 1 se žížalami). V domácích podmínkách po prvním odběru došlo vzhledem k počátku experimentu k nepatrnému snížení z 59,8 na 59,3. pH se podobně jako v předloze (9,54 až 7,59 po 40 dnech) pohybovalo v rozmezí od 7,73 – 7,86 a na konci experimentu se mírně snižuje oproti jeho počátku na 7,83.

Druhá zakládka byla sestavena podle předlohy Hanče a Plívy (2013), kdy byl vermikompostován sídlištní bioodpad, papír a štěpka. S předlohou se shoduje v přibližně stejné vlhkosti (kolem 80 %), pH se u vermikompostů ze zakládek 2 pohybovalo od 7,65 do 7,93. V předloze bylo pH na konci experimentu mírně vyšší než na počátku, zvýšení ze 7,9 na 8,6 (8,2 po 5 měsících). V domácích podmínkách bylo pH nejnižší po 3 měsících při posledním odběru a to 7,65. Při založení zakládek vykazovala zakládka 2 pH 5,92. Došlo tedy stejně jako v předloze k jeho zvýšení. Při vermikompostování v předloze bylo prokázáno, že je přídavek použitého papíru

vhodným krmivem pro žížaly, bylo ale zjištěno, že je efektivní kuchyňský bioodpad před vlastním vermikompostováním předkompostovat z důvodu snížení jeho teploty, a také zlepšení stravitelnosti pro žížaly. V domácích podmínkách nebyl ani papír ani buničina předkompostován, ale bylo potvrzeno, že je pro žížaly vhodným krmivem a jeho přidání do BRKO pozitivně ovlivňuje skladbu zakládky ve smyslu snižování vlhkosti a zvyšování obsahu spalitelných látek. Na úkor těchto výhod dochází k tomu, že se hmoty se širokým poměrem C : N (nad 50 : 1) rozkládají velmi pomalu (Slejška, Mužík, 2006). Poměr C : N byl na počátku experimentu u modelové zakládky 80,4 : 1, po 3 měsících došlo k jeho snížení, ne však na ideální hodnoty 51,6 : 1. V předloze Hanče a Plívy (2013) bylo prokázáno, že přídavek papíru měl pozitivní vliv na zvýšení obsahu N-NH₄⁺ bez ohledu na případné předkompostování, což bylo potvrzeno i při zopakování experimentu v domácím prostředí. Na počátku experimentu byl u zakládky 1 sice obsah N-NH₄⁺ vyšší než u zakládky 2 (při prvním odběru zakládka 1: 161 a zakládka 2: 93,3), ale v průběhu vermikompostovacího procesu došlo k postupnému snížení u zakládky 1 a zvýšení u zakládky 2 (při druhém odběru zakládka 1: 278 a zakládka 2: 333; při třetím odběru zakládka 1: 177 a zakládka 2: 190).

Vyšší vlhkost byla pozorována až do třetího odběru u zakládky 1. Se třetím odběrem vermikompostů byl odebrán i žížalí čaj, přičemž u zakládky 1 bylo možné pozorovat vyšší tvorbu výluhů, což ve výsledku vedlo ke snížení vlhkosti vermikompostu (po 3. odběru u zakládky 1: 79 % a u zakládky 2: 82,3 %). Vlhkost byla u obou vermikompostů zaznamenána jako vyšší, než uvádí ČSN 46 5735 o průmyslových kompostech (40-65 %). V domácích podmínkách bylo možné na požadovanou vlhkost vermikompost upravit částečným vysušením za aerobních podmínek.

Vyšší obsah spalitelných látek ve vysušeném vzorku vykazoval vermikompost ze zakládky 2 s celulotickými prvky, po třetím odběru byl obsah spalitelných látek lehce vyšší u vermikompostu ze zakládky 1. Obsah spalitelných látek, obsah celkového dusíku, hodnotu pH, obsah celkového draslíku, vápníku a obsah celkového hořčíku a síry, je možno v kompostech podle Plívy a kol. (2017) regulovat přidáním vyšších dávek popela (10-15 %).

Obsah celkového dusíku přepočteného na vysušený vzorek by měl podle ČSN 46 5735 odpovídat minimálně hodnotám 0,6 %, což nebylo splněno pouze v případě prvního odběru ze zakládky 2 (0,459 %). Nejvyšší hodnotou bylo zastoupení celkového dusíku při posledním odběru také u zakládky 2 a to 0,834 %. U zakládky 2 byl zaznamenán nejprve pokles, ale výsledný nárůst celkového dusíku (na začátku 0,591 %, 1. odběr 0,459 %, 2. odběr 0,7034 % a 3. odběr 0,834 %). Naopak u zakládky 1 (BRKO) došlo k celkovému snížení, ačkoli mezi prvním a druhým odběrem bylo zaznamenáno zvýšení (na začátku 0,785 %, 1. odběr 0,646 %, 2. odběr 0,755 % a 3. odběr 0,727 %). Pokles celkového dusíku u vermikompostování kuchyňského odpadu byl, jak uvádí Kushwah a kol. (2018) prokázán při experimentu srovnání vermikompostování a kompostování, přičemž při vermikompostování dojde k menšímu poklesu (z 3,51 % na 2,21 %) než při běžném kompostování (z 3,51 % na 1,95 %).

Poměr uhlíku a dusíku by podle ČSN 46 5735 neměl přesáhnout 30. Obě zakládky na konci experimentu vykazovaly vyšší hodnoty. U zakládky 1 došlo na

konci experimentu ke zvýšení C : N ve vermikompostu v porovnání s modelovou zakládkou (z 56,8 na 59,4). Když byla porovnána hodnota poměru C : N nulté modelové zakládky a vzorků „původní zakládka 1“ (příloha 2) v průběhu odběrů, došlo ke snížení poměru C : N (z 59,8 na 46,6), což naznačuje, že by poměr pravděpodobně se zráním vermikompostu klesal. U zakládky 2 došlo po zvýšení poměru C : N mezi založením zakládky a prvním odběrem k jeho snížení z 80,4 na 51,6 což rovněž naznačuje sestupnou tendenci v průběhu času. Výluhy z obou zakládek vykazovaly poměr C : N do 9, což značí že jsou mikrobiologicky dobře využitelné (Slejška, Mužík, 2006), nevykazují ale vyšší, tedy příznivější množství spalitelných látek než vermikomposty. Jak uvádí Świątek a kol. (2019), vermikomposty, u kterých byla zaznamenána pozitivní změna biomasy žížal, začaly s pro tento konkrétní experiment stanoveným poměrem nad 15, který během pokusu vzrostl.

pH bylo během experimentu ve vermikompostech z obou zakládek na konci zvýšené oproti nulté modelové zakládce. U vermikompostu zakládky 1 z 5,32 na 7,79. Ve vermikompostu zakládky 2 byl vývoj pH od 5,92 na 8,21. Jakostním znakem pro komposty je podle ČSN 46 573 pH mezi 6-8,5, tedy obě zakládky jsou stále v optimálním rozpětí. Oproti klasickému aerobnímu kompostování, pH 8,2, vermikompostování přineslo při stejném experimentu podle Cai a kol. (2018) nižší pH 7,7.

Limitní hodnoty rizikových prvků byly podle vyhlášky dodrženy ve všech případech a odběrech jak vermikompostů, tak žížalího čaje vyjma při prvním odběru vermikompostu ze zakládky 1, kdy byl překročen limit pro zinek z 300 mg/kg sušiny 434 mg/kg sušiny, jak uvádí Slejška (2002), zinek je velmi důležitým mikroelementem, který se v důsledku hojného využívání v různých odvětvích průmyslu, dopravě i stavebnictví, dostává do prostředí v podobě emisí a odpadů a jeho obsah je běžně zvýšený v půdách městských aglomerací. Jeho nebezpečnost spočívá ve fyto toxicitě, tedy může snižovat půdní úrodnost.

6.1 Reprodukce žížal při domácím vermikompostování

Výsledných 1627 jedinců *Eisenia andrei*, odpovídá jejímu životnímu cyklu (viz kapitola Životní cyklus žížal). Za předpokladu, že pro žížaly byly zajištěny optimální podmínky, měl by se jejich počet za jeden měsíc zdvojnásobit (Greenloop ©2018), tedy z 200 jedinců na 400 jedinců a s odstupem dalšího měsíce na 800 jedinců. Na konci experimentu by ve vermikompostu mělo tedy být zhruba 1600 jedinců, ačkoli je třeba počítat i s úhynem některých jedinců.

Pro srovnání, bylo zjištěno, že růst žížal, potažmo i jejich reprodukce se liší mezi různými druhy v různých organických odpadech *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* a *Eisenia fetida* kultivované na kravském hnoji po dobu jednoho roku rostly rychlostí 12 mg/ žížala/den; 3,5 mg/žížala/den a 7 mg/žížala/den (Reinecke a kol., 1992). U druhu byl *Eisenia andrei* byl během 70 dní při vermikompostování odpadu z papírenského průmyslu zaznamenán růst 8,4 mg/žížala/den (Elvira a kol., 1998) a u *Perionyx excavates* (za celkem 1045 dní) na kuchyňském odpadu byl nárůst o 2,5 mg/ žížala/den (Chaudhuri et al., 2002). Je tedy patrný rozdíl v růstů žížal v kravském hnoji a kuchyňských odpadech o 9,5 mg/žížala/den, jelikož kuchyňské odpady pro žížaly představují z hlediska živin méně atraktivní prostředí.

7. Závěr a přínos práce

Vermikompostování bylo prokázáno jako efektivní při zpracování nejen kuchyňských odpadů, ale i papírenských. V průběhu experimentu bylo překvapivé tempo, jakým kalifornské žížaly odpad zpracovávají, mají-li optimální podmínky. Optima bylo podle ČSN 46 573 v domácích podmínkách dosaženo téměř ve všech sledovaných parametrech, jakožto jakostních znaků pro průmyslově vyráběné komposty.

Předepsaných hodnot nebylo celkově dosaženo ve vlhkosti, která byla u vermikompostů z obou zakládek po celou dobu odběrů vyšší. Množství vlhkosti, kterou je vermikompost zahrnut mikrobiální aktivitou, je větší než její ztráty evaporací, a to i domácích podmínkách. Vyšší byl i poměr uhlíku a dusíku, přičemž zakládka 2 vykazovala na konci experimentu nižší poměr C : N, než zakládka 1, což ukazuje na příznivost přidávání celulotických materiálů. Optimálního poměru by bylo podle sestupných tendencí během tří měsíčního experimentu dosaženo dalším zráním výsledného produktu. Limity jako obsah spalitelných látek pH byly dodrženy ve všech případech u obou typů vermikompostů. pH se pohybovalo v téměř totožných hodnotách, ale na spalitelné látky bohatší se ukázal být vermikompost z druhé zakládky. V tomto sledovaném parametru se ukázalo vermikompostování i materiálů jako papír, stěpka a buničina, jako efektivní.

Minimální hodnota celkového dusíku byla splněna až na jeden případ pokaždé. Jednalo se o vermikompost z druhé zakládky při prvním odběru, vzhledem k tomu, že první odběr byl proveden po měsíci a ve dvou následujících odběrech byla hodnota splněna i u této zakládky, je možné konstatovat, že i v domácích podmínkách lze tento limit splnit. Při prvním odběru vermikompostu také z druhé zakládky nebyl dodržen limit pro obsah zinku, ale ve všech dalších odběrech u obou zakládek byly limitní hodnoty rizikových prvků dodrženy se značnou rezervou.

Z hlediska jakostních parametrů byly u výluhu z obou vermikompostů – žížalího čaje, splněny (kromě vlhkosti) všechny kategorie. Vysoká vlhkost je pochopitelně dána charakterem výstupu, který lze využít jako tekuté hnojivo. Oproti vermikompostům splňují i předepsaný poměr C : N v užším rozpětí, a jsou tedy mikrobiologicky lépe rozložitelné.

Vermikompostování jako metoda přejatá z přírody, se ukázala být intuitivní, ale i výhodnou alternativou pro domácí zpracování BRKO, které nám přináší výsledný produkt – vermikompost, který by mohl být po delším vyžrání považován za hnojivo i z hlediska legislativních parametrů.

8. Přehled literatury a použitých zdrojů

8.1 Odborné publikace

Abdoli M. A., Omrani G., Safa M., Samavat S., 2019: Comparison between aerated static piles and vermicomposting in producing co-compost from rural organic wastes and cow manure. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 16. P. 1551–1562.

Altmann V., 2010: Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. (online) [cit. 2020.02.24], dostupné z <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-biologicky-rozlozitelnymi-odpady>>.

Ananthavallia R., Ramadasb V., Paula J. A. J., Selvic B. K., Karmegamd N., 2019: Seaweeds as bioresources for vermicompost production using the earthworm, *Perionyx excavatus* (Perrier). *Bioresource Technology* 275. P. 394–401.

Bhat S. A., Vig A. P., 2015: Vermistabilization of sugar beet (*Beta vulgaris L*) waste produced from sugar factory using earthworm *Eisenia fetida*: Genotoxic assessment by *Allium cepa* test. *Environ Sci Pollut Res* 22. P. 11236–11254.

Bhattacharjee G., Chaudhuri P. S., 2002: Cocoon production, morphology, hatching pattern and fecundity in seven tropical earthworm species—a laboratory-based investigation. *Journal of Biosciences* 27/3. P. 283-294.

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

Cai L., Gong X., Sun X., Li S., Yu X., 2018: Comparison of chemical and microbiological changes during the aerobic composting and vermicomposting of green waste. *PLoS ONE* 13/11. P. 1-16.

Částková T., Bazalová M., Hanč A., 2018: Změny enzymatické aktivity a metody jejího stanovení během procesu vermikompostování v systému průběžného krmení: certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Desaia N., Tanksalia A., Soraganvib V. S., 2016: Vermicomposting – Solution for Milk Sludge. *Procedia Environmental Sciences* 35. P. 441–449.

Domínguez J., 2011: The Microbiology of Vermicomposting. In: Edwards, C. A., Arancon N. Q., Sherman R. [eds]: *Vermiculture Technology*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, P. 52–65.

Domínguez J., Edwards C. A., 1997: Effect of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure. *Soil Biology & Biochemistry* 29. P. 743-746.

Domínguez J., Edwards C. A., 2004: Vermicomposting organic wastes: A review. In: Shaker Hanna S.H., Mikhaïl W.Z.A. [eds]: *Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century*. Geocities, Cairo, P. 369-395.

Domínguez J., Edwards C. A., 2011a: Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting. In: Edwards, C. A., Arancon N. Q., Sherman R. [eds]: *Vermiculture Technology: earthworms, organic wastes, and environmental management*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, P. 27–38.

Domínguez J., Edwards C. A., 2011b: Relationships between Composting and Vermicomposting. In: Edwards, C. A., Arancon N. Q., Sherman R. [eds]: Vermiculture Technology: earthworms, organic wastes, and environmental management. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, P. 11–22.

Domínguez J., Gómez-Brandón M., 2012: Vermicomposting: Composting with Earthworms to Recycle Organic Wastes. In: Kumar S., Bharti A. [eds]: Management of Organic Waste. InTech, Rijeka. P. 29-48.

Edwards, C. A., 1998: Use of Earthworms in the Breakdown and Management of Organic Wastes. In: Edwards, C.A. [ed]: Earthworm Ecology. Publications of the American Soil and Water Conservation Association, Boca Raton, P. 327-354.

Edwards, C. A., Bohlen, P. J., 1996: Biology and Ecology of Earthworms. 3rd Edition. Chapman & Hall, London.

Elvira C., Sampedro L., Benitez E., Nogales R., 1998: Vermicomposting of sludge from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: A pilot scale study. Bioreso. Technol 63. P. 211-218.

Fu X., Kui Huang K., Cui G., Chen X., Li F., Zhang X., Fei Li F., 2015: Dynamics of bacterial and eukaryotic community associated with stability during vermicomposting of pelletized dewatered sludge. International Biodeterioration & Biodegradation 104. P. 452-459.

Hanč A., Plíva P., 2013: Vermikompostování bioodpadů: certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Hejtáková K., Dvorská I., Jalovecký J., Kohoutek A., Kollárová M., Mičánsková K., Plíva P., Valentová L., Vorlíček Z., 2007: metodická pomůcka: Kompostování přebytečné travní biomasy. ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, Náměšť nad Oslavou.

Chaudhuri P. S., Bhattacharjee G., 2002: Cocoon production, morphology, hatching pattern and fecundity in seven tropical earthworm species — a laboratory-based investigation. J Biosci 27. P. 283–294.

Chaudhuri P. S., Pal T. K., Bhattacharjee G., Dey S. K., 2000: Chemical changes during vermicomposting (*Perionyx excavatus*) of kitchen wastes. Tropical Ecology 41. P. 107-110.

Chen Y., Zhang Y., Zhang Q., Xu L., Li R., Luo X., Zhang X., Tong J., 2015: Earthworms modify microbial community structure and accelerate maize stover decomposition during vermicomposting. Environ Sci Pollut Res 22. P. 17161–17170.

Jelínek A., Kollárová M., 2006: Monitorování průběhu kompostovacího procesu. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha.

Kalina M., 2004: Kompostování a péče o půdu. Grada, Praha.

Kuráž V., 2003: Fyzikální vlastnosti půd – definice, metody stanovení a interpretace výsledků. In: Frouz J., Šourková M., Frouzová J. [eds]: Fyzikální vlastnosti půdy a jejich interakce s půdními organismy a kořeny rostlin. Ústav půdní biologie AV ČR, České Budějovice. S. 9-18.

Kushwah S. P. S., Dandotiya P., Agrawal O. P., 2018: Chemical changes during vermicomposting of Mentha waste using *Eudrilus eugeniae*. International Journal of Multidisciplinary Research and Development 5/11. P. 1-3.

Mahaly M., Senthilkumar A. K., Arumugam S., Kaliyaperumal C., Karupannan N., 2018: Vermicomposting of distillery sludge waste with tea leaf residues. Sustainable Environment Research 28. P. 223-227.

Nogales R., Elvira C., Benítez E., Thompson R., Gomez M., 1999: Feasibility of vermicomposting dairy biosolids using a modified system to avoid earthworm mortality. Journal of Environmental Science & Health B 34/1. P. 151-169.

Pižl V., 2002: Žížaly České republiky. Přírodovědný klub, Uherské Hradiště.

Pižl V., 2015: Co víme o endemické žížale *Allolobophora hrabei*. Živa 5/2015. S. 237-240.

Plíva P., Dědina M., Souček J., Dubský M., Sucharová J., Holá M., Pilný R., 2017: Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů ze spalování a výroby bioplynu kompostováním: certifikovaná metodika pro praxi. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha.

Pommeresche R., Hansen S., Løes A., 2010: Žížaly a jejich význam pro zlepšování kvality půdy. Bioinstitut, Olomouc.

Reinecke A. J., Viljoen S. A., Saayman R. J., 1992: The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in southern africa in terms of their temperature requirements. Soil Biology and Biochemistry 24/12. P. 1295-1307.

Rupani P. F., Embrandiri A., Ibrahim M. H., Shahadat M., Hansen S. B., Abu Mansor N. N., 2017: Bioremediation of palm industry wastes using vermicomposting technology: its environmental application as green fertilizer. 3 Biotech 7/155. P. 1-8.

Sinha R. K., Valani D., Soni B. K., Chandran V., 2011: Earthworm vermicompost: A Sustainable alternative to chemical fertilizers for organic farming. Nova Science Publishers, Inc., New York.

Sivasankari B., 2016: A Study on life cycle of earthworm *Eisenia foetida*. International Research Journal of Natural and Applied Sciences 3/5. P. 83-93.

Slejška A., 2002: Toxicita zinku a ČSN 46 5735 "Průmyslové komposty". (online) [cit. 2020.03.18], dostupné z <<https://biom.cz/index.shtml?x=97465>>.

Slejška A., Mužík O., 2006: Expertní systém pro organické hnojení na zemědělské půdě: Jaké má organický materiál, který chci využít ke hnojení, vlastnosti?. (online) [cit. 2020.03.18], dostupné z <<https://biom.cz/cz/produkty-a-sluzby/expertni-systemy/jake-ma-organicky-material-ktery-chci-vyuzit-ke-hnojeni-vlastnosti>>.

Sosnecka A., Kacprzak M., Rorat A., 2016: Vermicomposting as an alternative way of biodegradable waste management for small municipalities. Journal of Ecological Engineering 17/3. P. 91-96.

Świątek J., Spitzer T., Grobelak A., Kacprzak M., 2019: Effects of Biochar Addition on Vermicomposting of Food Industry Sewage Sludge. *Journal of Ecological Engineering* 20/3. P. 36-45.

Tesařová, M., 2010: Biologické zpracování odpadů. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Xie D., Wu W., Hao X., Jiang D., Li X., Bai L., 2016: Vermicomposting of sludge from animal wastewater treatment plant mixed with cow dung or swine manure using *Eisenia fetida*. *Environmental science and pollution research* 23/8. P. 7767-7775.

Zajonc, I., 1992: Chov žížal a výroba vermikompostu. Animapress, Nitra.

8.2 Legislativní zdroje (zákon, vyhláška, norma)

ČSN 46 5735: Průmyslové komposty. Vydavatelství norem, Praha, 1991. 32 s.

Vyhláška č. 381/2001 Sb., o katalogu odpadů, v platném znění.

Vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, v platném znění.

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění.

Zákon č. 229/2014 Sb., kterým se mění zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

8.3 Internetové zdroje (neodborné, nevědecké)

ČAOH ©2014: Novela zákona o odpadech s číslem 229/2014 Sb. vychází ve Sbírce (online) [cit. 2020.02.24], dostupné z <<http://www.caoh.cz/odborne-clanky-a-aktuality/novela-zakona-o-odpadech-s-cislem-sb-vychazi-ve-sbirce.html>>.

Ekodomov-Kompostuj.cz ©2018a: Legislativa (online) [cit. 2020.02.24], dostupné z <<http://www.kompostuj.cz/vime-jak/legislativa/>>.

Ekodomov-Kompostuj.cz ©2018b: Jak třídit kuchyňské zbytky (online) [cit. 2020.02.24], dostupné z <<http://www.kompostuj.cz/vime-jak/jak-tridit-kuchynske-zbytky/>>.

EKOKOM ©2018: Přehled dosahovaných výsledků (online) [cit. 2020.02.24], dostupné z <<https://www.ekokom.cz/cz/ostatni/o-spolecnosti/system-ekokom/vysledky-systemu/vyrocní-shrnutí>>.

Greenloop ©2018: Vše o kalifornských žížalách (online) [cit. 2020.02.27], dostupné z <<https://www.greenloop.cz/blog/o-kalifornskych-zizalach/>>.

KOKOZA ©2016a: Vermikompostovací FAQ aneb odpovědi na nejčastěji kladené otázky ke kompostování (online) [cit. 2020.02.03], dostupné z <<https://www.kokoza.cz/2016/11/02/vermikompostovaci-faq-aneb-odpovedi-na-nejcasteji-kladene-otazky-ke-kompostovani/>>.

MŽP ©2019: Biologicky rozložitelné odpady (online) [cit. 2020.02.24], dostupné z <<https://www.mzp.cz/cz/biologicky-rozlozitelne-odpady>>.

Samosebou.cz ©2019: Výsledky třídění a recyklace odpadu za rok 2018 (online) [cit. 2020.02.24], dostupné z <<https://www.samosebou.cz/2019/05/26/vysledky-trideni-a-recyklace-odpadu-za-rok-2018/>>.

8.4 Ostatní zdroje

KOKOZA, 2016b: Vermi–kompostování aneb proč máte mít doma žížaly. Ministerstvo životního prostředí, Praha. 9 s.

Priatelia Zeme, 2003: Vermikompostovanie: dažďovkový kompost pre domácnosť a záhradu. Spoločnosť priateľov Zeme, Košice. 4 s.

Příloha 2 Výsledky z odběrů vzorků

	sušina hmot. %	pH	As mg/kg suš.	Cd mg/kg suš.	Cr mg/kg suš.	Cu mg/kg suš.	Hg mg/kg suš.	Ni mg/kg suš.	Pb mg/kg suš.	Zn mg/kg suš.	P celkový mg/kg suš.	Ca mg/kg suš.	Mg mg/kg suš.	K mg/kg suš.	N celkový mg/kg suš.	ztráta zřetelním % suš.	poměr C:N	N-NH ₄ ⁺ mg/kg suš.	N-NO ₃ ⁻ mg/kg suš.	
																				2.410
založení 25.11.2019	Zakládka 1	17,8	5,32								1.800	8.640	9.720	1.750	5910	95	80,4			
	Zakládka 2	27,6	5,92								2.280	3.230	1.880	25.400	17.910	85,3	24,0	3.125	7,60	
1. odběr 16. 12. 2019	Původní zakládka 1	8,5	5,62	< 1,48	< 0,296	0,477	16,8	< 0,050	0,490	24,2	2.280	3.230	1.880	25.400	17.910	85,3	24,0	3.125	7,60	
	Původní zakládka 2	40,2	7,10	< 1,30	< 0,260	0,378	11,5	< 0,050	0,651	25,8	780	3.610	1.150	7.860	4.080	93,3	114	351	4,52	
	Nová zakládka 1	12,4	4,71	< 2,91	< 0,583	< 0,583	33,1	< 0,050	0,799	31,1	3.230	8.920	3.980	34.870	11.640	92,8	40,0	1.380	8,35	
	Nová zakládka 2	28,5	6,53	< 0,890	< 0,179	0,253	9,46	< 0,050	0,475	11,7	1.060	4.030	930	9.360	3.320	94,8	143	25,5	9,47	
	Vermikompost 1	23,4	7,86	< 2,54	< 0,509	7,65	74,5	< 0,050	8,17	3,09	434	3.800	16.730	4.220	37.480	6.460	88,3	68,3	161	11,9
	Vermikompost 2	26,3	7,77	< 1,12	< 0,224	4,48	29,9	< 0,050	2,40	2,52	29,3	1.640	7.700	1.730	15.300	4.590	88,9	96,8	93,3	14,2
2. odběr 28. 1. 2020	Původní zakládka 1	15,1	7,01	< 2,23	< 0,445	0,63	32,8	< 0,050	1,64	28,6	3.060	7.530	3.520	36.820	15.080	87,4	28,9	3.465	1,69	
	Původní zakládka 2	17,4	7,91	< 1,94	< 0,388	1,33	16,6	< 0,050	1,94	17,9	1.330	13.260	1.710	19.340	7.740	92,3	59,6	449	< 1,0	
	Nová zakládka 1	7,4	4,41	< 3,98	< 0,794	< 0,793	16,3	< 0,050	2,39	27,9	4.160	8.010	2.800	40.540	15.950	86,1	30	139	< 1,0	
	Nová zakládka 2	8,3	6,47	< 3,78	< 0,756	1,14	10,8	< 0,050	2,28	23,1	3.310	8.110	2.210	31.330	11.960	86,2	35,9	40,3	2,55	
	Vermikompost 1	22	7,73	< 1,67	< 0,333	3,66	41,9	0,114	3,08	3,39	34,3	3.390	11.690	2.820	26.310	7.550	85,2	56,4	278	51,2
	Vermikompost 2	20,7	7,93	< 1,76	< 0,352	3,47	38,4	0,058	2,69	2,44	33	2.870	11.920	2.520	24.300	8.034	86,4	53,7	333	7,17
3. odběr 25. 2. 2020	Původní zakládka 1	20,2	7,76	< 1,85	< 0,370	0,718	221	< 0,050	0,600	19,1	2.430	12.670	3.790	26.740	9.680	90,3	46,6	353	< 0,1	
	Původní zakládka 2	23,0	7,69	< 1,88	< 0,375	0,481	568	< 0,050	0,732	32,1	1.950	15.360	5.170	21.020	7.350	90,3	61,4	91,8	126	
	Nová zakládka 1	15,6	6,52	< 1,65	< 0,329	2,86	39,9	0,053	2,64	1,80	4.120	12.830	4.560	39.570	11.410	85,6	37,5	205	110	
	Nová zakládka 2	34,4	6,16	< 0,809	< 0,162	1,84	14,8	0,070	1,36	0,926	15,4	1.610	7.110	1.720	15.790	5.330	91,0	85,4	0.716	108
	Vermikompost 1	21,0	7,83	< 1,37	< 0,273	0,358	20,4	< 0,050	< 1,37	< 0,273	19,0	2.260	4.240	2.820	26.550	7.270	86,2	59,3	177	78,0
	Vermikompost 2	17,7	7,65	< 1,55	< 0,311	29,2	31,9	< 0,050	3,09	4,99	26,1	2.550	12.480	3.920	26.990	8.340	86,0	51,6	190	106
Žížali čaj 1	0,864	7,79	< 7,27	< 1,45	< 1,45	67,5	< 0,050	< 7,27	5,09	56,5	6.030	13.640	4.920	124.200	36.110	64,2	8,92	22,3	1,20	
	0,702	8,21	< 8,92	< 1,78	4,05	98,0	< 0,050	< 8,92	6,80	110	6.630	22.020	6.540	120.700	50.680	65,8	6,49	80,2	7,70	

Příloha 3 Chvostokoci v domácím vermikompostéru



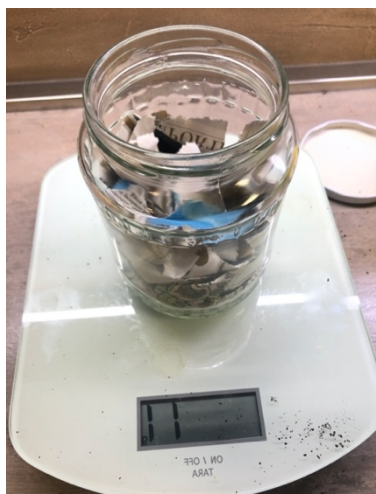
Příloha 4 Odměrování dílu BRKO do modelového před založením zakládek



Příloha 5 Odměrování dílu buničiny před založením zakládek



Příloha 6 Odměrování dílu papíru před založením zakládek



Příloha 7 Odměrování dílu štěrky před založením zakládek



Příloha 8 První odběr vzorků zleva: nové zakládky, původní zakládky a vermikomposty



Příloha 9 Protokol – založení zakládek



DEKONTA, a.s. - Laboratoř Ústí nad Labem
Zkušební laboratoř č. 1240 akreditovaná ČIA dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005



Protokol o zkoušce číslo: 2040/O/In/19

Zákazník:	Dekonta, a.s.	Označení vzorku:	989 161 – organický substrát
Datum odběru vzorku:	28. 11. 2019	Evidenční číslo vzorku:	2040/O/In/19
Datum příjmu vzorku:	03. 12. 2019	Číslo odběrového protokolu:	-
Datum ukončení analýz:	03. 01. 2020	Odběr provedl:	p. Stručovský
Místo provedení zkoušek:	Dekonta, a.s. – Laboratoř Ústí nad Labem, Podhoří 328/28, 400 10 Ústí n/L.		

Index: A – akreditovaná metoda, N – neakreditovaná metoda, SA – výsledky získané subdodavatelsky v akreditované laboratoři. Výsledky zkoušek uvedené v protokolu se týkají pouze vzorků uvedených v tomto protokolu a nenahrazují jiné dokumenty. Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu Dekonta, a.s. – Laboratoř Ústí nad Labem reprodukován jinak než celý. Nejistota stanovení byla stanovena jako kombinovaná nejistota s koeficientem rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti 95 %. Uvedená nejistota nezahrnuje nejistotu vzorkování. Způsob výpočtu parametrů uvedených jako suma je k dispozici na vyžádání v laboratoři.

Přehled použitých metod

SOP č. 01	ČSN ISO 10523, ČSN EN 12176, ČSN ISO 10390, ČSN EN 15933
SOP č. 14 postup B	manuál firmy ELEMENTAR
SOP č. 28	ČSN 720102, ČSN ISO 11465, ČSN CEN ISO/TS 17892-1, ČSN EN 14346, ČSN 465735, ČSN EN 15934
SOP č. 48	ČSN EN 12879:2001, ČSN EN 15169, ČSN EN 15935, ČSN EN ISO 18122
SOP č. 71 postup B	ČSN EN 13656, ČSN EN 13657, ČSN EN ISO 11885, ČSN EN 13346, EPA method 200.7, ČSN EN 14385, ČSN EN 16173, ČSN EN 16174, EPA method 29, ČSN EN 15410, ČSN EN 14902, ČSN EN ISO 16967, ČSN EN ISO 16968, ČSN EN ISO 16994 a manuál a aplikační listy firmy Spectro
SOP č. 80	ČSN CEN/TS 16202, ČSN 465735 a Vyhláška MŽP 341/2008 Sb.

Stránka 1 z 2

sídlo laboratoře: Podhoří 328/28, 400 10 Ústí nad Labem
tel: +420 475 511 635; e-mail: laborator.usti@dekonta.cz
www.dekonta.cz

Protokol o zkoušce číslo: 2040/O/In/19
Výsledky zkoušek:

Označení vzorku:	989 161 – organický substrát				
Matrice:	odpad				
Parametr	Výsledek	Nejistota stanovení	Jednotky	Použitá metoda	Index
Sušina	*	± 10%	% hmotn.	SOP č. 28	A
pH	*	± 0,05	-	SOP č. 01	A
Fosfor (P celkový)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Vápník (Ca)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Hofčik (Mg)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Draslík (K)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Dusík (N celkový)	*	± 30%	mg/kg suš.	SOP č. 14 postup B	A
Spalitelné látky	*	± 20%	% hmotn.	SOP č. 48	A
Poměr C:N	*	± 30%	-	Výpočet	A
Příměsi	*	± 15%	%	SOP č. 80	A

* Výsledky analýz pro 2 dodané vzorky jsou uvedeny v příloze č. 2040/O/In/19

Konec protokolu



Schválil: vedoucí zkušební laboratoře Mgr. Karel Sottner

Razítko a podpis

V Ústí nad Labem dne: 03. 01. 2020

Stránka 2 z 2

Příloha protokolu 2040/O/In/19

		Zakládka 1	Zakládka 2
sušina	hmot. %	17,8	27,6
pH	-	5,32	5,92
P celkový	mg/kg suš.	2 410	1 800
Ca	mg/kg suš.	3 090	8 640
Mg	mg/kg suš.	20 810	9 720
K	mg/kg suš.	2 520	1 750
N celkový	hmot. %	0,785	0,591
Spalít. Látky	% suš	93,9	95,0
Poměr C : N	-	59,8	80,4
příměsí	% hm.	< 2	< 2

Použité metody a nejistoty jednotlivých stanovení jsou uvedeny v protokolu 2040/O/In/19.

V Ústí nad Labem: 03.01.2020

Schválil: Mgr. Karel Sottner



-3-

Příloha 10 Protokol – první odběr vzorků



DEKONTA, a.s. - Laboratoř Ústí nad Labem
Zkušební laboratoř č. 1240 akreditovaná ČIA dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005



Protokol o zkoušce číslo: 14/O/In/20

Zákazník:	Dekonta, a.s.	Označení vzorku:	989 161 – Vermikompostování
Datum odběru vzorku:	16. 12. 2019	Evidenční číslo vzorku:	14/O/In/20
Datum příjmu vzorku:	09. 01. 2020	Číslo odběrového protokolu:	-
Datum ukončení analýz:	23. 01. 2020	Odběr provedl:	T. Hnátková
Místo provedení zkoušek:	Dekonta, a.s. – Laboratoř Ústí nad Labem, Podhoří 328/28, 400 10 Ústí n/L.		

Index: A – akreditovaná metoda, N – neakreditovaná metoda, SA – výsledky získané subdodavatelsky v akreditované laboratoři. Výsledky zkoušek uvedené v protokolu se týkají pouze vzorků uvedených v tomto protokolu a nenahrazují jiné dokumenty. Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu Dekonta, a.s. – Laboratoř Ústí nad Labem reprodukován jinak než celý. Nejistota stanovení byla stanovena jako kombinovaná nejistota s koeficientem rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti 95 %. Uvedená nejistota nezahrnuje nejistotu vzorkování. Způsob výpočtu parametrů uvedených jako suma je k dispozici na vyžádání v laboratoři.

Přehled použitých metod

SOP č. 01	ČSN ISO 10523, ČSN EN 12176, ČSN ISO 10390, ČSN EN 15933
SOP č. 14 postup B	manuál firmy ELEMENTAR
SOP č. 25 postup B	ČSN 757440, ČSN EN 13211
SOP č. 28	ČSN 720102, ČSN ISO 11465, ČSN CEN ISO/TS 17892-1, ČSN EN 14346, ČSN 465735, ČSN EN 15934
SOP č. 48	ČSN EN 12879:2001, ČSN EN 15169, ČSN EN 15935, ČSN EN ISO 18122
SOP č. 71 postup B	ČSN EN 13656, ČSN EN 13657, ČSN EN ISO 11885, ČSN EN 13346, EPA method 200.7, ČSN EN 14385, ČSN EN 16173, ČSN EN 16174, EPA method 29, ČSN EN 15410, ČSN EN 14902, ČSN EN ISO 16967, ČSN EN ISO 16968, ČSN EN ISO 16994 a manuál a aplikační listy firmy Spectro
SOP č. 85	ČSN EN ISO 7150-1, ČSN EN ISO 13395, Standard method 4500-NO3H, Standard method 4500-NO2B

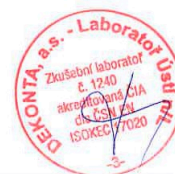
Stránka 1 z 2

sídlo laboratoře: Podhoří 328/28, 400 10 Ústí nad Labem
tel: +420 475 511 635; e-mail: laborator.usti@dekonta.cz
www.dekonta.cz

Protokol o zkoušce číslo: 14/O/In/20
Výsledky zkoušek:

Označení vzorku:	989 161 – Vermikompostování				
Matrice:	kompost				
Parametr	Výsledek	Nejistota stanovení	Jednotky	Použitá metoda	Index
Sušina	*	± 10%	% hmotn.	SOP č. 28	A
pH	*	± 0,05	-	SOP č. 01	A
Arsen (As)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Chrom (Cr celkový)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Měď (Cu)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Rtuť (Hg)	*	± 20%	mg/kg suš.	SOP č. 25 postup B	A
Nikl (Ni)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Olovo (Pb)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Zinek (Zn)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Fosfor (P celkový)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Vápník (Ca)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Hořčík (Mg)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Draslík (K)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Dusík (N celkový)	*	± 30%	mg/kg suš.	SOP č. 14 postup B	A
Ztráta žíháním	*	± 20%	% hmotn.	SOP č. 48	A
Poměr C:N	*	± 30%	-	Výpočet	A
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 85	A
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 85	A

* Výsledky analýz pro všech 6 dodaných vzorků jsou uvedeny v příloze č. 14/O/In/20

Konec protokolu


Schválil: vedoucí zkušební laboratoře Mgr. Karel Sottner

Razítko a podpis

V Ústí nad Labem dne: 23. 01. 2020

Stránka 2 z 2

Příloha protokolu 14/O/In/20

		Původní zakiádka 1	Původní zakiádka 2	Nová zakiádka 1	Nová zakiádka 2	Vermikompost 1	Vermikompost 2
sušina	hmot. %	8,5	40,2	12,4	28,5	23,4	26,3
pH	-	5,62	7,10	4,71	6,53	7,86	7,77
As	mg/kg suš.	< 1,48	< 1,30	< 2,91	< 0,890	< 2,54	< 1,12
Cd	mg/kg suš.	< 0,296	< 0,260	< 0,583	< 0,179	< 0,509	< 0,224
Cr	mg/kg suš.	0,477	0,378	< 0,583	0,253	7,65	4,48
Cu	mg/kg suš.	16,8	11,5	33,1	9,46	74,5	29,9
Hg	mg/kg suš.	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Ni	mg/kg suš.	< 1,48	< 1,30	< 2,91	< 0,895	8,17	2,40
Pb	mg/kg suš.	0,490	0,651	0,799	0,475	3,09	2,52
Zn	mg/kg suš.	24,2	25,8	31,1	11,7	434	29,3
P celkový	mg/kg suš.	2 280	780	3 230	1 060	3 800	1 640
Ca	mg/kg suš.	3 230	3 610	8 620	4 030	16 730	7 700
Mg	mg/kg suš.	1 880	1 150	3 980	930	4 220	1 730
K	mg/kg suš.	25 400	7 860	34 870	9 360	37 480	15 300
N celkový	mg/kg suš.	17 810	4 080	11 640	3 320	6 460	4 590
ztráta žiháním	% suš	85,3	93,3	92,8	94,8	88,3	88,9
poměr C:N		24,0	114	40,0	143	68,3	96,8
N-NH ₄ ⁺	mg/kg suš.	3 125	351	1 380	25,5	161	93,3
N-NO ₃ ⁻	mg/kg suš.	7,60	4,52	8,35	9,47	11,9	14,2

Použité metody a nejistoty jednotlivých stanovení jsou uvedeny v protokolu 14/O/In/20

V Ústí nad Labem: 23.01.2020

Schválili: Mgr. Karel Sottner



Příloha 11 Protokol – druhý odběr vzorků



DEKONTA, a.s. - Laboratoř Ústí nad Labem
Zkušební laboratoř č. 1240 akreditovaná ČIA dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005



Protokol o zkoušce číslo: 125/O/In/20

Zákazník:	Dekonta, a.s.	Označení vzorku:	989 161 – Vermikompostování
Datum odběru vzorku:	16. 12. 2019	Evidenční číslo vzorku:	125/O/In/20
Datum příjmu vzorku:	31. 01. 2020	Číslo odběrového protokolu:	-
Datum ukončení analýz:	19. 02. 2020	Odběr provedl:	T. Hnátková
Místo provedení zkoušek:	Dekonta, a.s. – Laboratoř Ústí nad Labem, Podhoří 328/28, 400 10 Ústí n/L.		

Index: A – akreditovaná metoda, N – neakreditovaná metoda, SA – výsledky získané subdodavatelsky v akreditované laboratoři. Výsledky zkoušek uvedené v protokolu se týkají pouze vzorků uvedených v tomto protokolu a nenahrazují jiné dokumenty. Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu Dekonta, a.s. – Laboratoř Ústí nad Labem reprodukován jinak než celý. Nejistota stanovení byla stanovena jako kombinovaná nejistota s koeficientem rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti 95 %. Uvedená nejistota nezahrnuje nejistotu vzorkování. Způsob výpočtu parametrů uvedených jako suma je k dispozici na vyžádání v laboratoři.

Přehled použitých metod

SOP č. 01	ČSN ISO 10523, ČSN EN 12176, ČSN ISO 10390, ČSN EN 15933
SOP č. 14 postup B	manuál firmy ELEMENTAR
SOP č. 25 postup B	ČSN 757440, ČSN EN 13211
SOP č. 28	ČSN 720102, ČSN ISO 11465, ČSN CEN ISO/TS 17892-1, ČSN EN 14346, ČSN 465735, ČSN EN 15934
SOP č. 48	ČSN EN 12879:2001, ČSN EN 15169, ČSN EN 15935, ČSN EN ISO 18122
SOP č. 71 postup B	ČSN EN 13656, ČSN EN 13657, ČSN EN ISO 11885, ČSN EN 13346, EPA method 200.7, ČSN EN 14385, ČSN EN 16173, ČSN EN 16174, EPA method 29, ČSN EN 15410, ČSN EN 14902, ČSN EN ISO 16967, ČSN EN ISO 16968, ČSN EN ISO 16994 a manuál a aplikační listy firmy Spectro
SOP č. 85	ČSN EN ISO 7150-1, ČSN EN ISO 13395, Standard method 4500-NO3H, Standard method 4500-NO2B

Stránka 1 z 2

sídlo laboratoře: Podhoří 328/28, 400 10 Ústí nad Labem
tel: +420 475 511 635; e-mail: laborator.usti@dekonta.cz
www.dekonta.cz

Protokol o zkoušce číslo: 125/O/In/20
Výsledky zkoušek:

Označení vzorku:	989 161 – Vermikompostování				
Matrice:	kompost				
Parametr	Výsledek	Nejistota stanovení	Jednotky	Použitá metoda	Index
Sušina	*	± 10%	% hmotn.	SOP č. 28	A
pH	*	± 0,05	-	SOP č. 01	A
Arsen (As)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Kadmium (Cd)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Chrom (Cr celkový)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Měď (Cu)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Rtuť (Hg)	*	± 20%	mg/kg suš.	SOP č. 25 postup B	A
Níkl (Ni)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Olovo (Pb)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Zinek (Zn)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Fosfor (P celkový)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Vápník (Ca)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Hořčík (Mg)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Draslík (K)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Dusík (N celkový)	*	± 30%	mg/kg suš.	SOP č. 14 postup B	A
Ztráta žháním	*	± 20%	% hmotn.	SOP č. 48	A
Poměr C:N	*	± 30%	-	Výpočet	A
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 85	A
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 85	A

* Výsledky analýz pro všech 6 dodaných vzorků jsou uvedeny v příloze č. 125/O/In/20

Konec protokolu

Schválil: vedoucí zkušební laboratoře Mgr. Karel Sottner

Razítko a podpis

V Ústí nad Labem dne: 19. 02. 2020

Stránka 2 z 2

Příloha protokolu 125/O/In/20

		Původní zakládka 1	Původní zakládka 2	Nová zakládka 1	Nová zakládka 2	Vermikompost 1	Vermikompost 2
sušina	hmot. %	15,1	17,4	7,4	8,30	22,0	20,7
pH	-	7,01	7,91	4,41	6,47	7,73	7,93
As	mg/kg suš.	< 2,23	< 1,94	< 3,97	< 3,78	< 1,67	< 1,76
Cd	mg/kg suš.	< 0,445	< 0,388	< 0,794	< 0,756	< 0,333	< 0,352
Cr	mg/kg suš.	0,63	1,33	< 0,793	1,14	3,66	3,47
Cu	mg/kg suš.	32,8	16,6	16,3	10,8	41,9	38,4
Hg	mg/kg suš.	< 0,050	< 0,050	0,107	< 0,050	0,114	0,058
Ni	mg/kg suš.	< 2,22	< 1,94	< 3,96	< 3,78	3,08	2,69
Pb	mg/kg suš.	1,64	2,27	2,39	2,28	3,39	2,44
Zn	mg/kg suš.	28,6	17,9	27,9	23,1	34,3	33,0
P celkový	mg/kg suš.	3 060	1 330	4 160	3 310	3 390	2 870
Ca	mg/kg suš.	7 530	13 260	8 010	8 110	11 690	11 920
Mg	mg/kg suš.	3 520	1 710	2 800	2 210	2 820	2 520
K	mg/kg suš.	36 820	19 340	40 540	31 330	26 310	24 300
N celkový	mg/kg suš.	15 080	7 740	15 950	11 960	7 550	8 034
ztráta žháním	% suš	87,4	92,3	86,1	86,2	85,2	86,4
poměr C:N		28,9	59,6	30,0	35,9	56,4	53,7
N-NH ₄ ⁺	mg/kg suš.	3 465	449	139	40,3	278	333
N-NO ₃ ⁻	mg/kg suš.	1,69	< 1,0	< 1,0	2,55	51,2	7,17

Použité metody a nejistoty jednotlivých stanovení jsou uvedeny v protokolu 125/O/In/20

V Ústí nad Labem: 19.2.2020

Schválil: Mgr. Karel Sottner



Příloha 12 Protokol – třetí odběr vzorků

dekonta

DEKONTA, a.s. - Laboratoř Ústí nad Labem
Zkušební laboratoř č. 1240 akreditovaná ČIA dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005



Protokol o zkoušce číslo: 321/O/In/20

Výsledky zkoušek:

Označení vzorku:	989 161 – Vermikompostování				
Matrice:	kompost				
Parametr	Výsledek	Nejistota stanovení	Jednotky	Použitá metoda	Index
Sušina	*	± 10%	% hmotn.	SOP č. 28	A
pH	*	± 0,05	-	SOP č. 01	A
Arsen (As)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Kadmium (Cd)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Chrom (Cr celkový)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Měď (Cu)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Rtuť (Hg)	*	± 20%	mg/kg suš.	SOP č. 25 postup B	A
Nikl (Ni)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Olovo (Pb)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Zinek (Zn)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Fosfor (P celkový)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Vápník (Ca)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Hořčík (Mg)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Draslík (K)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 71 postup B	A
Dusík (N celkový)	*	± 30%	mg/kg suš.	SOP č. 14 postup B	A
Ztráta žiháním	*	± 20%	% hmotn.	SOP č. 48	A
Poměr C:N	*	± 30%	-	Výpočet	A
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 85	A
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	*	± 15%	mg/kg suš.	SOP č. 85	A

* Výsledky analýz pro všech 8 dodaných vzorků jsou uvedeny v příloze č. 321/O/In/20

Konec protokolu

Schválil: vedoucí zkušební laboratoře Mgr. Karel Sottner



Razítko a podpis

V Ústí nad Labem dne: 12. 03. 2020

Stránka 2 z 2

sídlo laboratoře: Podhoří 328/28, 400 10 Ústí nad Labem
tel: +420 475 511 635; e-mail: laborator.usti@dekonta.cz
www.dekonta.cz

Protokol o zkoušce číslo: 321/O/In/20

Zákazník:	Dekonta, a.s.	Označení vzorku:	989 161 – Vermikompostování
Datum odběru vzorku:	24. 02. 2020	Evidenční číslo vzorku:	321/O/In/20
Datum příjmu vzorku:	25. 02. 2020	Číslo odběrového protokolu:	-
Datum ukončení analýz:	12. 03. 2020	Odběr provedl:	S. Hankeová
Místo provedení zkoušek:	Dekonta, a.s. – Laboratoř Ústí nad Labem, Podhoří 328/28, 400 10 Ústí n/L.		

Index: A – akreditovaná metoda, N – neakreditovaná metoda, SA – výsledky získané subdodavatelsky v akreditované laboratoři. Výsledky zkoušek uvedené v protokolu se týkají pouze vzorků uvedených v tomto protokolu a nenahrazují jiné dokumenty. Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu Dekonta, a.s. – Laboratoř Ústí nad Labem reprodukován jinak než celý. Nejistota stanovení byla stanovena jako kombinovaná nejistota s koeficientem rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti 95 %. Uvedená nejistota nezahrnuje nejistotu vzorkování. Způsob výpočtu parametrů uvedených jako suma je k dispozici na vyžádání v laboratoři.

Přehled použitých metod

SOP č. 01	ČSN ISO 10523, ČSN EN 12176, ČSN ISO 10390, ČSN EN 15933
SOP č. 14 postup B	manuál firmy ELEMENTAR
SOP č. 25 postup B	ČSN 757440, ČSN EN 13211
SOP č. 28	ČSN 720102, ČSN ISO 11465, ČSN CEN ISO/TS 17892-1, ČSN EN 14346, ČSN 465735, ČSN EN 15934
SOP č. 48	ČSN EN 12879:2001, ČSN EN 15169, ČSN EN 15935, ČSN EN ISO 18122
SOP č. 71 postup B	ČSN EN 13656, ČSN EN 13657, ČSN EN ISO 11885, ČSN EN 13346, EPA method 200.7, ČSN EN 14385, ČSN EN 16173, ČSN EN 16174, EPA method 29, ČSN EN 15410, ČSN EN 14902, ČSN EN ISO 16967, ČSN EN ISO 16968, ČSN EN ISO 16994 a manuál a aplikační listy firmy Spectro
SOP č. 85	ČSN EN ISO 7150-1, ČSN EN ISO 13395, Standard method 4500-NO3H, Standard method 4500-NO2B

Příloha protokolu 321/O/In/20

		Vermi kompost 1	Vermi kompost 2	Pův. základka 1	Pův. základka 2	Nová základka 1	Nová základka 2	Žížali čaj 1	Žížali čaj 2
sušina	hmot. %	21,0	17,7	20,2	23,0	15,6	34,4	0,864	0,702
pH	-	7,83	7,65	7,76	7,69	6,52	6,16	7,79	8,21
As	mg/kg suš.	< 1,37	< 1,55	< 1,85	< 1,88	< 1,65	< 0,809	< 7,27	< 8,92
Cd	mg/kg suš.	< 0,273	< 0,311	< 0,370	< 0,375	< 0,329	< 0,162	< 1,45	< 1,78
Cr	mg/kg suš.	0,358	29,2	0,718	0,481	2,96	1,84	< 1,45	4,05
Cu	mg/kg suš.	20,4	31,9	221	568	39,9	14,8	67,5	98,0
Hg	mg/kg suš.	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,053	0,070	< 0,050	< 0,050
Ni	mg/kg suš.	< 1,37	3,09	< 1,85	< 1,88	2,64	1,36	< 7,27	< 8,92
Pb	mg/kg suš.	< 0,273	4,99	0,600	0,732	1,80	0,926	5,09	6,80
Zn	mg/kg suš.	19,0	26,1	19,1	32,1	36,2	15,4	56,5	110
P celkový	mg/kg suš.	2 260	2 550	2 430	1 950	4 120	1 610	6 030	6 630
Ca	mg/kg suš.	4 240	12 480	12 670	15 360	12 830	7 110	13 640	22 020
Mg	mg/kg suš.	2 820	3 920	3 790	5 170	4 560	1 720	4 920	6 540
K	mg/kg suš.	26 550	26 990	26 740	21 020	39 570	15 790	124 200	120 700
N celkový	mg/kg suš.	7 270	8 340	9 680	7 350	11 410	5 330	36 110	50 690
ztráta žháním	% suš	86,2	86,0	90,3	90,3	85,6	91,0	64,2	65,8
poměr C:N		59,3	51,6	46,6	61,4	37,5	85,4	8,92	6,49
N-NH ₄ ⁺	mg/kg suš.	177	190	353	91,8	205	0,716	22,3	80,2
N-NO ₃	mg/kg suš.	78,0	106	< 0,1	126	110	108	1,20	7,70

Použité metody a nejistoty jednotlivých stanovení jsou uvedeny v protokolu 321/O/In/20.

V Ústí nad Labem: 12.03.2020

Schválil: Mgr. Karel Sottner

