

PEDOLOGIE DVOŘÁČKOVI

Pedologie
Dvořáčkovi
Věda a poradenství



MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

● MENDELU
● Agronomická
● fakulta
●



VERMIKOMPOSTOVÁNÍ VYBRANÝCH GASTROODPADŮ V EXTERIÉRU

Certifikovaná metodika



Autoři:

Ing. Helena Dvořáčková, Ph.D.

Ing. Věra Demlová

Ing. Jan Dvořáček, Ph.D.

Ing. Vítězslav Vlček, Ph.D.

Představení certifikované metodiky

Předkládaná certifikovaná metodika řeší zpracování vybraného gastroodpadu v podmínkách exteriéru. Nabízí metodický postup pro vybudování vermikompostéru a likvidaci daného druhu odpadu.

Dopad certifikované metodiky

Hlavní dopad této certifikované metodiky spočívá ve snížení dopadů produkce gastroodpadů na životní prostředí. Metodika tak má pozitivní vliv na životní prostředí a ochranu klimatu.

Recenzenti:

Ing. Josef Brožík, UKZUZ

Ing. Bc. Jan Maršák, Ph.D. MŽP

Datum vydání: 1.11. 2023

Číslo metodiky: MZE12584/582

VERMIKOMPOSTOVÁNÍ VYBRANÝCH GASTROODPADŮ V EXTERIÉRU

Abstrakt

Metodika je určena pro veřejné instituce, školy a jiné podniky které mají zájem řešit, alespoň částečně, vybrané gastroodpady v místě jejich vzniku. V metodice nejsou uvedeny obecné postupy pro vermikompostování. Důvodem je fakt, že metodika byla vyvíjena pro konkrétní účely, a to vermikompostování vybraných gastroodpadů. Záměrem bylo vytvořit vermikomposter s minimální náročností na údržbu a energetické vstupy.

Vermikompostování je obecně slibnou metodou pro využití biologicky rozložitelných materiálů, z více důvodů. Jedním z nich je možnost využívat odpady a produkovat z nich velmi cenné hnojivo. Aplikací tohoto hnojiva do půdy dochází k přirozenému zakončení biochemických cyklů prvků, lépe řečeno navrácení těchto prvků do půdy, odkud mohou být opětovně využity.

Bylo prokázáno, že tato metoda vermikompostování může tvořit součást cirkulární ekonomiky podniku, přičemž na jedné straně stojí velmi reaktivní na živiny bohatý odpad a na straně druhé kvalitní hnojivo.

Klíčová slova: Gastroodpady, vermikompostování, biologicky rozložitelné odpady

VERMICOMPOSTING OF SELECTED GASTRO WASTE IN THE EXTERIOR

Abstract

The methodology is intended for public institutions, schools and other businesses that are interested in dealing with at least partially selected gastro-waste at the point of origin. The methodology was created with the financial support of the city of Brno. The methodology does not include general procedures for vermicomposting. The reason is the fact that the methodology was developed for specific purposes, namely vermicomposting of selected gastro-waste in the territory of the city of Brno. The intention was to create a vermicomposter with minimal maintenance and energy inputs.

Vermicomposting is generally a promising method for utilizing biodegradable materials, for several reasons. One of them is the possibility of using waste and producing a very valuable fertilizer from it. By applying this fertilizer to the soil, there is a natural end to the biochemical cycles of the elements, or rather, the return of these elements to the soil, from where they can be reused.

It has been shown that this method of vermicomposting can form part of the circular economy of a business, with highly reactive nutrient-rich waste on one side and high-quality fertilizer on the other.

Key words: Gastro waste, vermicomposting, biodegradable waste

Obsah

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | 5 | |
| 2. | 5 | |
| 2.1 | Úvod | 3 |
| 2.2. | Aktuální legislativní rámec | 4 |
| 2.3. | Sestavení vermikomposteru | 4 |
| 2.3.1 | Vermikompostování na volné půdě | 5 |
| 2.3.2 | Vermikompostování na terasách, balkonech či jiných zpevněných plochách | 6 |
| 2.3.3 | žížalí násada | 6 |
| 2.4 | Proces vermikompostování a separace odpadů | 7 |
| 2.5. | Metodika laboratorních pokusů | 8 |
| 2.5.1 | Vývoj pH vermikompostu | 8 |
| 2.5.2 | Vývoj teploty ve vermikompostéru | 11 |
| 2.5.3. | vývoj obsahu organického uhlíku | 13 |
| 2.5.4 | Analýzy hotového vermikompostu před použitím v nádobovém pokusu | 16 |
| 3 | Srovnání „novosti postupů“ | 19 |
| 4 | Popis uplatnění metodiky | 20 |
| 5 | Ekonomické aspekty a přínosy pro uživatele | 20 |
| 5.1. | Ekonomické aspekty vermikompostování | 20 |
| 5.2 | Swot analýza | 21 |
| 5.3 | Další přínosy pro uživatele | 21 |
| 5.3.1 | Vyprodukované organické hnojivo | 21 |
| 5.3.2. | Environmentální přínos | 22 |
| 5.3.3 | Časová náročnost za cenu bezúdržbovosti | 22 |
| 6. | Seznam použité související literatury | 22 |

1. Cíl metodiky

Cílem předkládané metodiky bylo poskytnout návod pro vermikompostování především státním institucím, školám a dalším podnikům. Zavedením této metody získá podnik nebo instituce možnost využívat alespoň část produkovaných gastroodpadů v místě vzniku, a to téměř bezúdržbovým systémem.

2. Vlastní popis metodiky

2.1 Úvod

Navzdory snahám o snížení plýtvání jídlem je celosvětově vyhazována jedna třetina potravin, tedy 1.3 bilion tun za rok (Gautman et al., 2022). Přičemž produkce potravin představuje v rozvojových ale v rozvinutých zemích zátěž pro životní prostředí (Chong et al., 2021) a vyžaduje obrovské energetické vstupy (Gautam et al. 2022).

Přesto že gastroodpady tvoří stabilní složku produkce odpadu, dosud neexistuje uspokojivý způsob jejich recyklace. V podmínkách České republiky je gastroodpad spalování, ukládání na skládky, využit v bioplynových stanicích či likvidován v kafileriích. Žádný z uvedených postupů není z pohledu ochrany životního prostředí ani udržitelnosti vhodný. Přitom obsahují vysoké procento vlhkosti (44.4–85.7 %) a organické biologicky odbouratelné frakce, jako jsou sacharidy (6.1–16.4 %), proteiny (3.9–17.8 %), lipidy (14.1–42.3 %), vlákninu (0.7–1.4 %), volatilní látky (85.2–98.2 %) (Gautam et al., 2022). Gastroodpady jsou ale současně také velice reaktivní a jsou rychle osidlovány nežádoucími organismy což znemožňuje jejich využití například jako krmiva pro dobytek (O'Connor et al., 2022).

Vermikompostování je proces který je řízen aktivitou mikroorganismů a žížal (nejčastěji Kalifornské žížaly - *Eisenia andrei*) a jeho produktem je materiál bohatý na stabilní organickou hmotu a živiny - Vermikompost (Dominquez et al., 2019). Vermikompost je velmi lukrativním organickým hnojivem, nicméně jeho cena je poměrně vysoká, a to navzdory tomu, že tato metoda zpracování odpadů je poměrně levná. Na druhou stranu proces vermikompostování vyžaduje určité znalosti ve srovnání například se spalováním gastroodpadu se jedná o time consuming technology (Lin et al., 2021).

Pokud by společnost byla schopna vermikompostovat gastroodpady, které by splňovaly hygienické parametry. Sing et al., 2011 uvádí že v tělech žížal dochází k hygienizaci materiálu nezískala by pouze levnou technologii k odstranění těchto odpadů, ale také hnojivo s vysokým obsahem organické hmoty, dostupných živin a s vlastnostmi které mají potenciál zlepšovat i fyzikální vlastnosti půdy, jako je například stabilita agregátů, či vzdušný a vodní režim utužených půd (Romaniuk et al., 2011).

Metodika se zaměřuje na vermikompostování pouze vybraných gastroodpadů. Konkrétně se jedná o odřezky a zbytky ovoce, zeleniny, pečiva, sáčků od čaje a kávové sedliny. Tyto odpady

vznikají v každé jídelně, která provozuje i studenou kuchyni. Dosud nebyla publikována studie, která by uváděla procentíček zastoupení tohoto těchto odpadů.

Existují metodiky, které popisují způsoby jak vermikompostovat veškerý produkovaný gastroodpad v instituci. Nicméně na základě námi provedených experimentů tento postup vyžaduje energetické vstupy (udržování konstantní teploty a vlhkosti) a kvalita výstupu není uspokojivá.

2.2. Aktuální legislativní rámec

V České republice je nakládání s gastroodpady regulováno několika zákony a nařízeními, které jsou v souladu s evropskou legislativou.

Hlavním zákonem, který se týká nákladů s odpady, je zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon stanovuje základní pravidla pro nakládání s odpady a také stanovuje, že odpadové hospodářství by mělo být založeno na hierarchii opatření, kdy je prioritou prevence vzniku odpadů, následně jejich opětovné využití, recyklace, energetické využití a nakonec likvidace.

Pro konkrétní náklad s gastroodpady platí několik nařízení a vyhlášek. Například vyhláška č. 383/2012 Sb., o přepravě odpadů, stanovuje podrobné požadavky na přepravu odpadů, včetně gastroodpadů. Vyhláška například stanovuje, že přeprava gastroodpadů musí být prováděna v uzavřených nádobách nebo obalech, aby nedocházelo k nebezpečí šíření zápachu a mikroorganismů.

Další důležitou vyhláškou je Vyhláška č. 383/2012 Sb., o nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, která upravuje nakládání s odpady, které jsou biologicky rozložitelné, tedy mezi ně patří i gastroodpady. Vyhláška stanovuje, že tyto odpady musí být odděleně sbírány od ostatních odpadů a musí být uloženy na místech, kde nedochází k nebezpečí šíření nemocí a zápachu.

V rámci Evropské unie byla přijata směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES, která stanovuje společná pravidla pro nakládání s odpady v EU. Tato směrnice byla v České republice implementována již zmíněným zákonem o odpadech a dalšími právními předpisy. Celkově lze říci, že v České republice je nakládání s gastroodpady regulováno poměrně přísnými pravidly, aby se minimalizoval vliv těchto odpadů na životní prostředí a zdraví obyvatelstva.

Gastroodpad je definován jako biologicky rozložitelný odpad z provozovny gastronomického zařízení, který není určen k přímé spotřebě a vzniká zejména při přípravě jídel. Patří sem například zbytky jídel, **oloupané zeleniny a ovoce**, kávové sedliny a podobně.

2.3. Sestavení vermikomposteru

Vermikompostování je možné realizovat v široké škále podmínek, není třeba vermikompostér zakrývat před deštěm či sněhem. Je ovšem nutné jej dostatečně zabezpečení proti hlodavcům, případně ptákům.

Při sestavování vermikomposteru bylo snahou využívat co nejvíce dostupné materiály. Byly použity neopracované, nenalakované nýtované latě o velikosti 140 cm x 100 cm. Po

rozložení vznikla vermikompostovací plocha o 1,4 m². Následné kroky základky se různily podle toho, kam bude vermikompostér umístěn.

2.3.1 Vermikompostování na volné půdě

Před umístěním dřevěné konstrukce je třeba vybrat vhodnou plochu a na ni vytyčit hranice vermikompostéru (obrázek 1). Pokud bude vermikompostér umístěn přímo do půdy nebude možné odebírat žížalí čaj, který se bude vsakovat do okolní půdy.

- Plochu budoucího vermikompostéru je třeba prohloubit 20 cm pod úroveň terénu. Tímto krokem bude žížalám poskytnuta možnost „úkrytu před teplotou“ v případě extrémů v počasí.
- Na dno jámy je třeba umístit bariéru proti hlodavcům, například perlinku a na ni netkanou geotextilií. Tato umožňuje odtékání žížalího čaje, ale zároveň působí jako bariéru proti vstupu nežádoucích organismů z půdy.
- Do vyhloubené jámy se zmíněnými vrstva je třeba zasadit dřevěnou konstrukci a obsypat ji okolní půdou.
- Na dno sestaveného vermikompostéru je třeba umístit substrát se žížalami. Je nutné, aby byla mocnost substrátu alespoň 15 cm. Na plochu 1,4 m² je doporučeno 40 kg substrátu s přibližně 2000 žížalích jedinců.
- Na substrát se žížalami lze následně vrstvit vybrané gastroodpady
- V závislosti na místních podmínkách je vhodné vermikompostér chránit před ptáky, kteří mohou v materiálu hrabat a zkrmovat žížaly (například zasít'ovat vermikompostér).



Obrázek 1 Příklad vybraných gastroodpadů pro vermikompostování

2.3.2 Vermikompostování na terasách, balkonech či jiných zpevněných plochách

Alternativou pro instituce, které nemají venkovní pozemek může být vermikompostování na balkonech, verandách, zelených střeších či jinak zpevněných plochách. V tomto případě bude produkován i žížalí čaj. Zakládka vermikompostu bude probíhat následovně:

- Na zpevněnou plochu bude umístěno jedno patro opatřené dnem (obrázek 2) a z jedné strany podložené, tak aby vznikla lehce nakloněná plocha (k podložení slouží dřevěná lať o mocnosti 5 cm. V dřevěném rámu těsně nad dnem patra bude vyvrtán otvor pro vytékání žížalího čaje. Na dno je třeba umístit plastovou folii. Toto patro bude sloužit výhradně k jímání žížalího čaje. Pod otvorem v rámu je třeba umístit nádobu pro sbírání žížalího čaje.
- Na patro pro jímání žížalího čaje je třeba umístit opět desku s vyvrtanými otvory (vzdálenost mezi jednotlivými otvory 15 cm) pro vytékání čaje
- Na dno desky lze přímo vrstvit odpady a po naplnění jednoho patra je nutné stavět další patro na patro stávající
- Pokud je třeba zpracovat větší množství odpadů je možné realizovat vermikompostování v několika patrech naráz. V tomto případě je třeba umístit na dno igelitovou fólií s otvorem, která bude ústít buď do nižšího patra nebo nad kyblík či do sběrné lahve. Je velmi pravděpodobné že v letních měsících nebude žížalí čaj vznikat vůbec a to v závislosti na teplotě v místnosti (Odpařování přebytečné vláhy).



Obr. 2 příklad třípatrového vermikomposteru

2.3.3 žížalí násada

Žížalí násada byla tvořena substrátem z vermikompostovaných výlisků z vína a kromě dospělých jedinců (asi 2000) obsahovala i různá vývojová stádia žížal, včetně kokonů, jak je patrné z obrázku 3.



Obrázek 3 pohled do Násady na vermikompostování, která obsahuje nejen žížaly, ale i chvostoskoky a žížalí kokony

2.4 Proces vermikompostování a separace odpadů

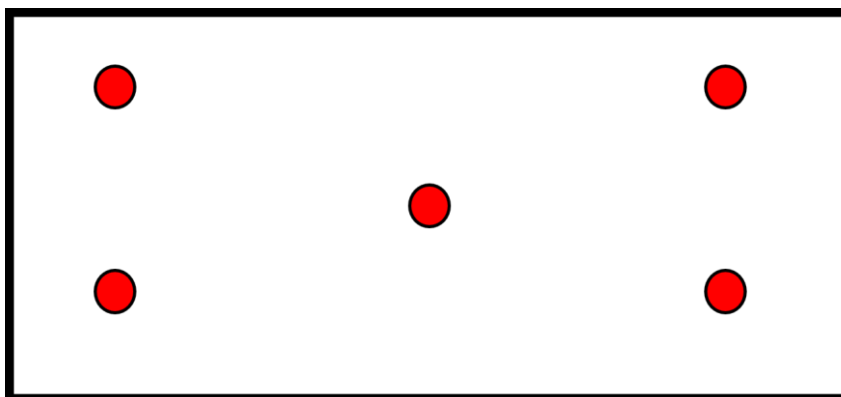
Do vermikompostéru byly odpady umístovány každý druhý den a skladba jedné dávky byla následovná: 4 x pytlíky od čaje (s rozložitelným obalem), 8 x kávová sedlina, 0,9 kg odkrojků zeleniny a ovoce (především ohryzky od jablek, hrušek, slupky od banánů, mandarinek a brambor), 1x krajíc chleba, 2x papírový kapesník. Jak je patrné z obrázku 4 jednou byl do vermikompostéru umístěn i papírový karton a to z důvodu ověření schopnosti žížal rozkládat materiál odolný na uhlík. Tyto odpady nebyly nijak upravovány. Směs vybraných gastroodpadů byla rovnoměrně vrstvená. Během prvního měsíce od začátku ukládání odpadu bylo patrné že žížaly osidlují gastroodpady a opouštějí původní substrát. Po 8 měsících vermikompostování byly odebrány vzorky pro analýzu kvality vermikompostu.



Obrázek 4 skladba vybraných gastroodpadů

2.5. Metodika laboratorních pokusů

Pro analýzy byl odebrán čerstvý vermikompost – směsný vzorek, a to dle schématu na obrázku 5. Veškeré kvalitativní parametry byly testovány ve 4 opakováních. Přičemž pH a teplota byly měřeny dva měsíce po založení vermikompostu v intervalu jednou za měsíc.

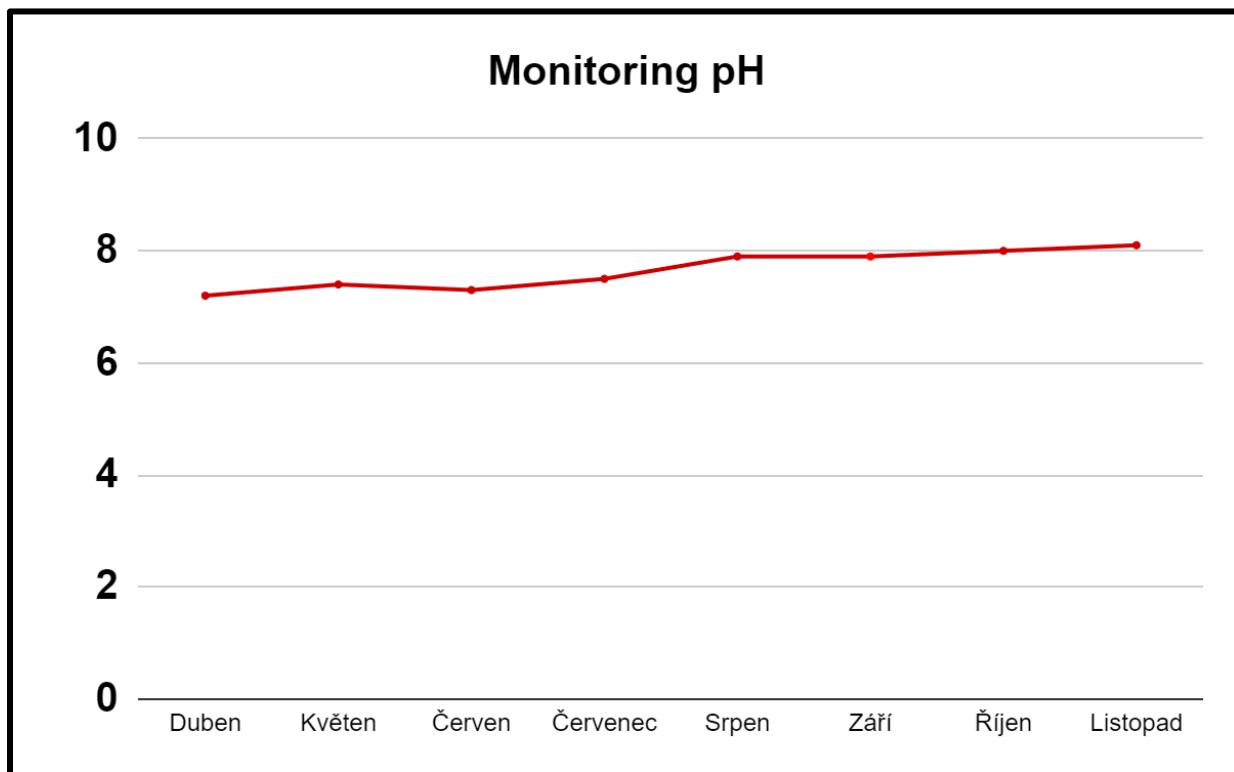


Obrázek 5 Schéma odběru vzorků. Barevné body znázorňují místa ve vermikompostěru odkud byly odebrány vzorky pro analýzy.

2.5.1 Vývoj pH vermikompostu

pH je velmi důležitým ukazatelem kvality jakéhokoliv substrátu. pH bylo během kompostování měřeno celkem 8krát. K prvnímu měření došlo 2 měsíce po zahájení vermikompostování a od té doby se měřilo každý první den v měsíci. Jak je patrné z obrázku č. 6 nedocházelo k významným výkyvům v hodnotách. K měření byl využit mobilní pH testr HALO2 od firmy Hanna instruments. Měření probíhalo pro každý bod vždy celkem 4 krát a hodnota byla zprůměrována. Nebyly naměřeny žádné zásadní výkyvy v homogenitě pH (v rámci odměrných míst nedosahovaly odchylky v hodnotách většího rozdílu než 0,25, což je pro měření

pH v terénních podmínkách málo významný rozdíl). Tabulka č. 1 uvádí popisnou statistiku měření



Obrázek 6 vývoj hodnot pH ve vermikompsteru během vermikompostování

Tabulka č. 1 Popisná statistika pro hodnoty pH

| 1. měření | 2. měření | 3. měření | 4. měření |
|-------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| Stř. hodnota | 7,35 | Stř. hodnota | 7,27 |
| Chyba stř. hodnoty | 0,0645 | Chyba stř. hodnoty | 0,064 |
| Medián | 7,35 | Medián | 7,275 |
| Směr. odchylka | 0,129 | Směr. odchylka | 0,128 |
| Rozptyl výběru | 0,0166 | Rozptyl výběru | 0,016 |
| Rozdíl max-min | 0,3 | Rozdíl max-min | 0,31 |
| Minimum | 7,2 | Minimum | 7,11 |
| Maximum | 7,5 | Maximum | 7,42 |
| Součet | 29,4 | Součet | 29,08 |
| Počet | 4 | Počet | 4 |
| Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,2054 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,204 |
| Stř. hodnota | 7,46 | Stř. hodnota | 7,622 |
| Chyba stř. hodnoty | 0,086 | Chyba stř. hodnoty | 0,087 |
| Medián | 7,495 | Medián | 7,6 |
| Směr. odchylka | 0,172 | Směr. odchylka | 0,174 |
| Rozptyl výběru | 0,029 | Rozptyl výběru | 0,030 |
| Rozdíl max-min | 0,39 | Rozdíl max-min | 0,41 |
| Minimum | 7,23 | Minimum | 7,44 |
| Maximum | 7,62 | Maximum | 7,85 |
| Součet | 29,84 | Součet | 30,49 |
| Počet | 4 | Počet | 4 |
| Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,274 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,277 |
| 5. měření | 6. měření | 7. měření | 8. měření |
| Stř. hodnota | 7,52 | Stř. hodnota | 7,777 |
| Chyba stř. hodnoty | 0,0329 | Chyba stř. hodnoty | 0,079 |
| Medián | 7,52 | Medián | 7,825 |
| Směr. odchylka | 0,0658 | Směr. odchylka | 0,158 |
| Rozptyl výběru | 0,0043 | Rozptyl výběru | 0,025 |
| Rozdíl max-min | 0,14 | Rozdíl max-min | 0,36 |
| Minimum | 7,45 | Minimum | 7,55 |
| Maximum | 7,59 | Maximum | 7,91 |
| Součet | 30,08 | Součet | 31,11 |
| Počet | 4 | Počet | 4 |
| Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,1047 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,251 |
| Stř. hodnota | 7,817 | Stř. hodnota | 8,175 |
| Chyba stř. hodnoty | 0,118 | Chyba stř. hodnoty | 0,116 |
| Medián | 7,91 | Medián | 8,125 |
| Směr. odchylka | 0,237 | Směr. odchylka | 0,232 |
| Rozptyl výběru | 0,056 | Rozptyl výběru | 0,054 |
| Rozdíl max-min | 0,51 | Rozdíl max-min | 0,55 |
| Minimum | 7,47 | Minimum | 7,95 |
| Maximum | 7,98 | Maximum | 8,5 |
| Součet | 31,27 | Součet | 32,7 |
| Počet | 4 | Počet | 4 |
| Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,377 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,370 |
| | 47 | | 72 |
| | | | 978 |
| | | | 337 |

Tabulka 2 Jednofaktorová Anova pro hodnoty pH

Anova: jeden faktor

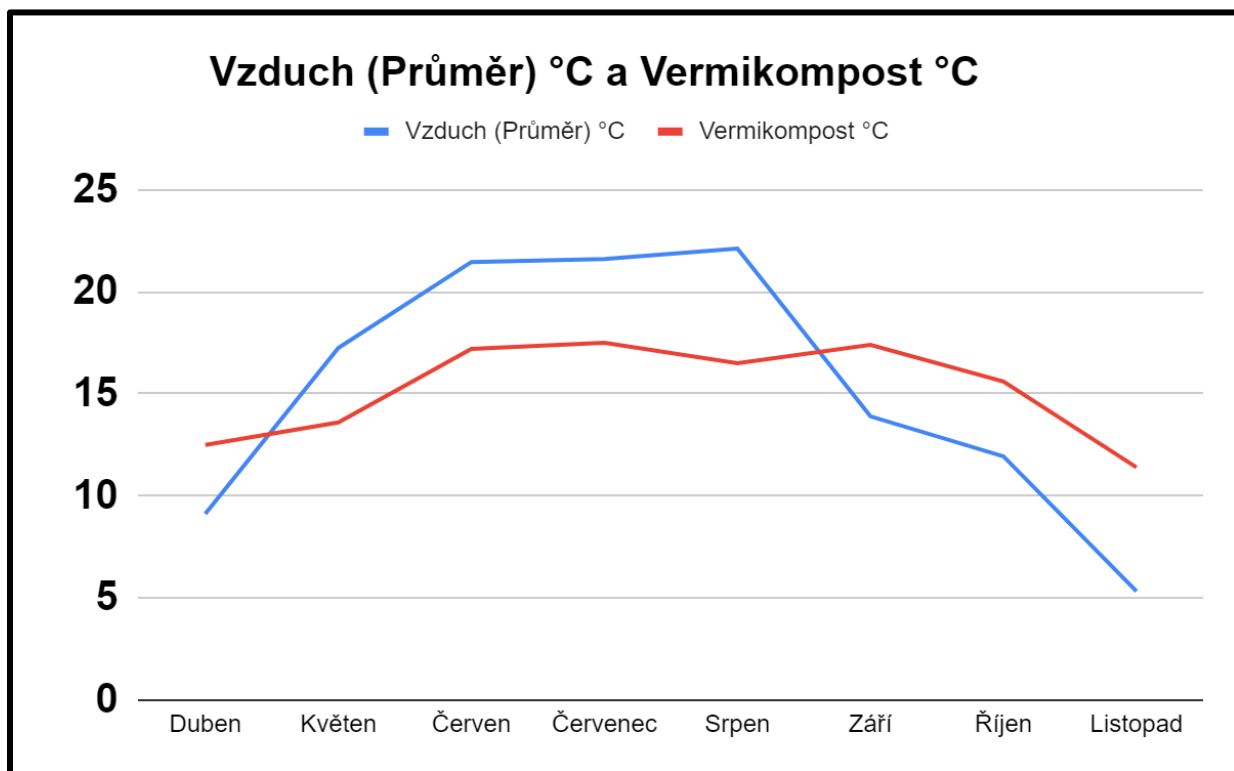
| Faktor | | | | |
|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| <i>Výběr</i> | <i>Počet</i> | <i>Součet</i> | <i>Průměr</i> | <i>Rozptyl</i> |
| 1. měření | 4 | 29,4 | 7,35 | 0,016667 |
| 2. měření | 4 | 29,08 | 7,27 | 0,016467 |
| 3. měření | 4 | 29,84 | 7,46 | 0,0298 |
| 4. měření | 4 | 30,49 | 7,6225 | 0,030358 |
| 5. měření | 4 | 30,08 | 7,52 | 0,004333 |
| 6. měření | 4 | 31,11 | 7,7775 | 0,025025 |
| 7. měření | 4 | 31,27 | 7,8175 | 0,056425 |
| 8. měření | 4 | 32,7 | 8,175 | 0,054167 |

ANOVA

| <i>Zdroj variability</i> | <i>SS</i> | <i>Rozdíl</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>Hodnota P</i> | <i>F krit</i> |
|--------------------------|-----------|---------------|-----------|----------|------------------|---------------|
| Mezi výběry | 2,410847 | 7 | 0,344407 | 11,81287 | 1,98E-06 | 2,422629 |
| Všechny výběry | 0,699725 | 24 | 0,029155 | | | |
| Celkem | 3.110572 | 31 | | | | |

2.5.2 Vývoj teploty ve vermikompostéru

Měření teploty bylo zahájeno dva měsíce po založení vermikompostu a probíhalo současně s měřením pH. Pro měření byl použit mobilní půdní teploměr bezdrátové teplotní čidlo Vernier GO Direct a jak je patrné z grafu bezdrátové teplotní čidlo Vernier GO Direct ve vermikompostu dochází k sezoním výkyvům v teplotách. Stejně jako u pH ani u teploty nebyla zaznamenána významná heterogenita v rámci vermikompostu. Teploty vzduchu byly převzaty z meteorologických záznamů Brno – ŽIDENICE. Z obázku č. 7 je dále patrné, že vermikompost je, co se týče teploty, poměrně stabilní. Je zde vidět určitý trend v návaznosti na teplotu vzduchu, ovšem v nejteplejších měsících – červenec srpen - si vermikompost zachoval teplotu pod 20°C a to přesto že byl vystaven přímému slunci.



Obrázek 7 Vývoj teploty vermikompostu a okolního vzduchu během procesu vermikompostování

Tabulka 3 Popisná statistika pro hodnoty vývoje teploty vermikompostu a okolního vzduchu

| <i>Duben</i> | | <i>Květen</i> | | <i>Červen</i> | | <i>Červenec</i> | |
|-------------------------------|------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|
| Stř. hodnota | 13,8 | Stř. hodnota | 16,42 | Stř. hodnota | 21,71 | Stř. hodnota | 21,52 |
| Chyba stř. hodnoty | 0,30 | Chyba stř. hodnoty | 0,432 | Chyba stř. hodnoty | 0,137 | Chyba stř. hodnoty | 0,202 |
| Medián | 13,9 | Medián | 16,62 | Medián | 21,73 | Medián | 21,61 |
| Směr. odchylka | 0,64 | Směr. odchylka | 0,865 | Směr. odchylka | 0,275 | Směr. odchylka | 0,404 |
| Rozptyl výběru | 0,37 | Rozptyl výběru | 0,749 | Rozptyl výběru | 0,075 | Rozptyl výběru | 0,163 |
| Rozdíl max-min | 1,4 | Rozdíl max-min | 1,94 | Rozdíl max-min | 0,58 | Rozdíl max-min | 0,94 |
| Minimum | 13,1 | Minimum | 15,26 | Minimum | 21,4 | Minimum | 20,96 |
| Maximum | 14,5 | Maximum | 17,2 | Maximum | 21,98 | Maximum | 21,9 |
| Součet | 55,4 | Součet | 65,71 | Součet | 86,84 | Součet | 86,08 |
| Počet | 4 | Počet | 4 | Počet | 4 | Počet | 4 |
| Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,97 7 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 1,377 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,438 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,643 |
| <i>Srpen</i> | | <i>Září</i> | | <i>Říjen</i> | | <i>Listopad</i> | |
| Stř. hodnota | 16,2 | Stř. hodnota | 14,74 | Stř. hodnota | 14,69 | Stř. hodnota | 12,09 |
| Chyba stř. hodnoty | 1,43 | Chyba stř. hodnoty | 0,577 | Chyba stř. hodnoty | 0,549 | Chyba stř. hodnoty | 0,188 |
| Medián | 15,4 | Medián | 14,81 | Medián | 14,75 | Medián | 12,18 |
| Směr. odchylka | 2,87 | Směr. odchylka | 1,155 | Směr. odchylka | 1,098 | Směr. odchylka | 0,377 |
| Rozptyl výběru | 8,28 | Rozptyl výběru | 1,335 | Rozptyl výběru | 1,206 | Rozptyl výběru | 0,14 |
| Rozdíl max-min | 6,57 | Rozdíl max-min | 2,34 | Rozdíl max-min | 2,08 | Rozdíl max-min | 0,804 |
| Minimum | 13,9 | Minimum | 13,5 | Minimum | 13,6 | Minimum | 11,59 |
| Maximum | 20,4 | Maximum | 15,84 | Maximum | 15,68 | Maximum | 12,39 |
| Součet | 65,1 | Součet | 58,96 | Součet | 58,78 | Součet | 48,36 |
| Počet | 4 | Počet | 4 | Počet | 4 | Počet | 4 |
| Hladina spolehlivosti (95,0%) | 4,57 95 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 1,838 672 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 1,748 005 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,600 079 |

Tabulka 4 jednofaktorová anova pro hodnoty teploty vermikompostu a okolního vzduchu

Anova: jeden faktor

| Faktor | | | | | |
|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------|--|
| <i>Výběr</i> | <i>Počet</i> | <i>Součet</i> | <i>Průměr</i> | <i>Rozptyl</i> | |
| Duben | 4 | 55,49 | 13,8725 | 0,377025 | |
| Květen | 4 | 65,71 | 16,4275 | 0,749692 | |
| Červen | 4 | 86,84 | 21,71 | 0,075867 | |
| Červenec | 4 | 86,08 | 21,52 | 0,163467 | |
| Srpen | 4 | 65,17 | 16,2925 | 8,282892 | |
| Září | 4 | 58,96 | 14,74 | 1,3352 | |
| Říjen | 4 | 58,78 | 14,695 | 1,206767 | |
| Listopad | 4 | 48,363 | 12,09075 | 0,142218 | |

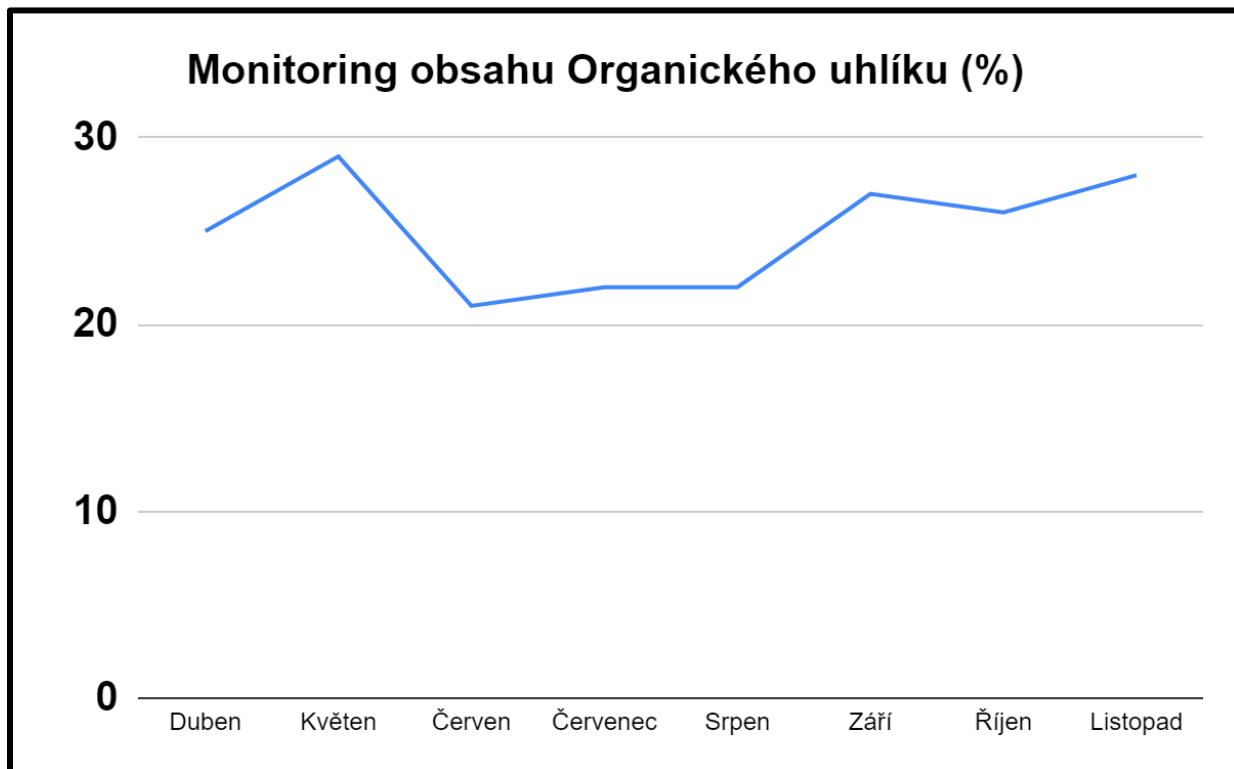
ANOVA

| <i>Zdroj variability</i> | <i>SS</i> | <i>Rozdíl</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>Hodnota</i> | |
|--------------------------|-----------|---------------|-----------|----------|----------------|---------------|
| | | | | | <i>P</i> | <i>F krit</i> |
| Mezi výběry | 340,1623 | 7 | 48,59462 | 31,52136 | 1,32E-10 | 2,422629 |
| Všechny výběry | 36,99938 | 24 | 1,541641 | | | |
| Celkem | 377,1617 | 31 | | | | |

2.5.3. vývoj obsahu organického uhlíku

Obsah organické hmoty byl měřen od šedesátého dne založení experimentu a měření probíhalo jednou měsíce. Vermikompost byl odebírán celkem z pěti míst a analyzován byl pouze směsný vzorek. Z každého odběrného místa bylo odebráno 100 g vermikompostu, a to z vrstvy, kde už byly (vizuálně) pouze rozložené zbytky. Z výsledků je patrné že obsah organické hmoty kolísal, ale obsah byl v každém měření vysoký (nad 20 %).

Pro hodnocení byla použita metodika stanovení ztráty žiháním a teplota žihání byla udržována na 550°C.



Graf č. 8 Vývoj obsahu organického uhlíku ve vermikomposteru během vermikompostání

Tabulka č. 5 Popisná statistika

| <i>Duben</i> | | <i>Květen</i> | | <i>Červen</i> | | <i>Červenec</i> | |
|-------------------------------|-------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------|
| Stř. hodnota | 22,5 | Stř. hodnota | 28,1 | Stř. hodnota | 21 | Stř. hodnota | 21,6 |
| Chyba stř. hodnoty | 0,64 | Chyba stř. hodnoty | 0,42 | Chyba stř. hodnoty | 0,40 | Chyba stř. hodnoty | 0,23 |
| Medián | 22,5 | Medián | 28,2 | Medián | 21 | Medián | 21,7 |
| Směr. odchylka | 1,29 | Směr. odchylka | 0,85 | Směr. odchylka | 0,81 | Směr. odchylka | 0,47 |
| Rozptyl výběru | 1,66 | Rozptyl výběru | 0,72 | Rozptyl výběru | 0,66 | Rozptyl výběru | 0,22 |
| Rozdíl max-min | 3 | Rozdíl max-min | 2 | Rozdíl max-min | 2 | Rozdíl max-min | 1 |
| Minimum | 21 | Minimum | 27 | Minimum | 20 | Minimum | 21 |
| Maximum | 24 | Maximum | 29 | Maximum | 22 | Maximum | 22 |
| Součet | 90 | Součet | 112, | Součet | 84 | Součet | 86,5 |
| Počet | 4 | Počet | 4 | Počet | 4 | Počet | 4 |
| Hladina spolehlivosti (95,0%) | 2,05 426 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 1,35 8765 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 1,29 9228 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 0,76 174 |
| <i>Srpen</i> | | <i>Září</i> | | <i>Říjen</i> | | <i>Listopad</i> | |
| Stř. hodnota | 22,6 | Stř. hodnota | 25,5 | Stř. hodnota | 23,2 | Stř. hodnota | 28,2 |
| Chyba stř. hodnoty | 1,51 | Chyba stř. hodnoty | 0,64 | Chyba stř. hodnoty | 0,47 | Chyba stř. hodnoty | 0,47 |
| Medián | 21,7 | Medián | 25,5 | Medián | 23,5 | Medián | 28,5 |
| Směr. odchylka | 3,03 | Směr. odchylka | 1,29 | Směr. odchylka | 0,95 | Směr. odchylka | 0,95 |
| Rozptyl výběru | 9,22 | Rozptyl výběru | 1,66 | Rozptyl výběru | 0,91 | Rozptyl výběru | 0,91 |
| Rozdíl max-min | 7 | Rozdíl max-min | 3 | Rozdíl max-min | 2 | Rozdíl max-min | 2 |
| Minimum | 20 | Minimum | 24 | Minimum | 22 | Minimum | 27 |
| Maximum | 27 | Maximum | 27 | Maximum | 24 | Maximum | 29 |
| Součet | 90,5 | Součet | 102 | Součet | 93 | Součet | 113 |
| Počet | 4 | Počet | 4 | Počet | 4 | Počet | 4 |
| Hladina spolehlivosti (95,0%) | 4,83 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 2,05 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 1,52 | Hladina spolehlivosti (95,0%) | 1,52 |

Tabulka č. 6 jednofaktorová anova pro hodnoty obsahu organického uhlíku

Anova: jeden faktor

| Faktor | | | | | |
|----------|-------|--------|--------|----------|--|
| Výběr | Počet | Součet | Průměr | Rozptyl | |
| Duben | 4 | 90 | 22,5 | 1,666667 | |
| Květen | 4 | 112,5 | 28,125 | 0,729167 | |
| Červen | 4 | 84 | 21 | 0,666667 | |
| Červenec | 4 | 86,5 | 21,625 | 0,229167 | |
| Srpen | 4 | 90,5 | 22,625 | 9,229167 | |
| Září | 4 | 102 | 25,5 | 1,666667 | |
| Říjen | 4 | 93 | 23,25 | 0,916667 | |
| Listopad | 4 | 113 | 28,25 | 0,916667 | |

ANOVA

| Zdroj variability | SS | Rozdíl | MS | F | Hodnota | |
|-------------------|----------|--------|----------|---------|----------|----------|
| | | | | | P | F krit |
| Mezi výběry | 226,3047 | 7 | 32,32924 | 16,1436 | 1,13E-07 | 2,422629 |
| Všechny výběry | 48,0625 | 24 | 2,002604 | | | |
| Celkem | 274,3672 | 31 | | | | |

2.5.4 Analýzy hotového vermikompostu a experimentální půdy před použitím v nádobovém pokusu

Tabulka č. 7 Výsledky kvalitativních parametrů vyprodukovaného vermikompostu

| | Průměr | Chyba stř. hodnoty | Směr. odchylka | Rozptyl výběru | Hladina spolehlivosti (95,0%) |
|----------------|--------|--------------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| pH | 8,44 | 0,15786 | 0,31573 | 0,099691 | 0,5024125 |
| EC (mS/cm) | 10,67 | 0,18236 | 0,36472 | 0,133025 | 0,5803603 |
| Cox (%) | 23,57 | 0,16754 | 0,33509 | 0,112291 | 0,5332180 |
| DHA µg TPF/g/h | 5,56 | 0,41055 | 0,82111 | 0,674225 | 1,3065725 |
| NH3 (mg/l) | 2,51 | 0,08797 | 0,17594 | 0,030958 | 0,2799754 |
| Ca 2+ (mg/l) | 218,5 | 3,12249 | 6,24499 | 39 | 9,9371854 |
| Mg2+(mg/l) | 114,7 | 3,25 | 6,5 | 42,25 | 10,265856 |
| NO3- (mg/l) | 76,6 | 0,73598 | 1,47196 | 2,166666 | 2,3422170 |
| PO43- | 1,73 | 0,08508 | 0,17017 | 0,028958 | 0,2707808 |
| K2O5 (mg/l) | 109,87 | 0,575 | 1,15 | 1,3225 | 1,8299066 |

pH vermikompostu

Hodnota pH je jednou z nejdůležitějších vlastností hnojiv a určuje tak jejich potenciál v zemědělství nebo jako substrátu pro růst rostlin. Tato veličina bývá často v negativním smyslu spojována s rychle produkovanými komposty (Tran et al., 2019, Cerda et al., 2018, Chia et al., 2020). U vermikompostu toto riziko nehrozí, a to navzdory tomu, že vstupní materiály mohou být slabě kyselé (Wako et al., 2021). Průměrná hodnota pH vermikompostu se blížila hodnotě 8,5 je tedy slabě zásaditý, tudíž velmi vhodné pro půdy ČR, které bývají často slabě kyselé. Měření probíhalo dle metodiky ISO 10390: 2005 m 1996 pomocí pH metru - model MS 22.



Obrázek 9 Měření pH vermikompostu

Konduktivita vermikompostu

Konduktivita udává množství soli v materiálu a je velmi vhodným indikátorem kvality hnojiva (Fan et al., 2023). Jak je patrné v tabulce č. 7 vermikompost obsahoval poměrně vysoký obsah solí. Na druhou stranu vermikompost je půdní aditivum a není používán jako čistý substrát pro rostliny. Salinita vermikompostu byla pod $13,72 \text{ mS cm}^{-1}$ což je dle Sharif et al., 2016 nejvyšší hodnota kdy prosperují jak rostliny, tak žížaly. Konduktivita byla stanovena dle Smith a Mullins (2000) potenciometrickou elektrodou.



Obrázek 10 Měření konduktivity vermikompostu

Oxidovatelný uhlík

Tento parametr udává koncentraci aktivního uhlíku, tedy té formy uhlíku, kterou je možné ovlivnit například typem hospodaření na půdě nebo volbou osevních postupů (Fontaine et al., 2004, Abbas et al., 2020). Oxidovatelný uhlík úzce souvisí s organickou hmotou, jejíž obsah dnes především u orných půd mnohdy dramaticky klesá. Důvodem je používání minerálních hnojiv, které půdě sice přináší živiny ovšem díky tomu, že jsou ve formě přijatelné pro rostliny a díky tomu že sami o sobě neobsahují žádný uhlík nedoplňují v biomase sklizený uhlík ani nepodporují mikrobiální aktivity, které jsou taktéž cenným zdrojem půdní organické hmoty (Panchal et al., 2022, Ansari a Sukhraj 2010, Barthod et al., 2020). Dle tabulky č.7 obsahoval vermikompost významné procento oxidovatelného uhlíku. Obsah organického uhlíku v

kompostech závisí na vstupní surovině, ..porovnával kompostu z nejrůznějších materiálů a obsah organického uhlíku se pohyboval mezi 9,15% -34%, tedy s vysokou heterogenitou (Sherman et al., 2018).

Dlouhodobé dodávání organických hnojiv do půdy zvyšuje obsah i kvalitu organické hmoty (Zhao et al., 2022).

Obsah živin

Obsahy živin ve vermikompostu jsou uvedeny v tabulce č. 7. Obsahy živin jsou poměrně vysoké a vermikompost je tedy z pohledu výživy rostlin vhodným hnojivem. Měření probíhalo za pomoci přístroje Hannanutrient analysis photometr. Měření byly půdní výluhy připravené dle ČSN ISO 10390:1996 (83 6221).

3 Srovnání „novosti postupů“

Vermikompostování biologických odpadů není v povědomí veřejnosti tak zakotveno jako klasické kompostování. A to i navzdory tomu, že jak uvádí certifikovaná metoda Hanš a Plíva (2013) vermikompostování je oproti běžnému kompostování vhodnější z pohledu ekonomiky i z pohledu kvality výsledného produktu. Předkládané metodika se od zmíněné liší technologií, přičemž v tomto případě není vyžadován žádný externí zdroj energie ani předpříprava odpadů. Na druhou stranu je tato metodika pomalejší a vyžaduje separaci a výběr vhodných gastroodpadů. Během testování byl důraz kladen nejen na nenáročnost provozu, ale také na možnost širokého uplatnění, a to od menších podniků až po veřejné instituce, které mnohdy vlastní rozsáhle zelené plochy nebo plochy, které jsou v katastru vedené jako ostatní plocha a jsou taktéž vhodné pro umístění vermikompostu.

4 Popis uplatnění metodiky

Tato certifikovaná metodika slouží Veřejným institucím (především úřadům a školám) jako nástroj pro zvážení a zavedení vermikompostování na svých pozemcích. Velký potenciál představují školy, které vedou studenty k environmentální výchově. prostřednictvím této metodiky lze demonstrovat možnost využívat odpady v místě vzniku metodu šetrnou k životnímu prostředí a s velmi nízkými náklady. V současné době je často skloňovaným tématem cirkulární ekonomika a vermikompostování by mohlo představovat jeden ze základních pilířů.

Ale metodiku lze zavést v jakémkoliv podniku který má snahu využívat odpady v místě jejich vzniku nebo má zájem zařadit recyklování biologicky rozložitelných odpadů, byť jen částečně do svojí firemní politiky

5 Ekonomické aspekty a přínosy pro uživatele

5.1. Ekonomické aspekty vermikompostování

Likvidace biologicky rozložitelných odpadů je náročná jak na technologie, tak na finance. Odpady je nutné skladovat, přičemž jde o poměrně reaktivní materiály, je tedy nutné zabránit uvolňování do životního prostředí (především vytékání přebytečné vlhkosti z kontejnerů) a ochrana před hlodavci, kteří jsou k odpadům lákány pachem tlejících rostlinných zbytků.

Modelová situace Brno, spalovna Sako

Společnost zajišťuje odvoz a zpracování biologicky rozložitelných odpadů prostřednictvím sběrných nádob a to buď 30 litrových nebo 120 litrových, přičemž cena menší nádoby je 270 Kč a větší sběrná nádoba je 450 Kč.

- jídelna vydávající 950 obědů denně vyprodukuje dva kontejnery gastroodpadů týdně (240 litrů týdně), přičemž na odřezky ovoce a zeleniny připadá asi 15 % z objemu, tedy 36 litrů týdně.
- ročně tedy jídelna vyprodukuje 1 728 l vermikompostovatelných odpadů
- pro vermikompostování tohoto množství odpadů by byla třeba plocha odpovídající ploše osmi vermikompostů nebo 8 patřů (1 vermikomposter = 1 patro = 1,4 m²).
- roční finanční úspora by teoreticky dosahovala 900 Kč ročně. Záleží na četnosti odvozu. Firmy zpravidla nezohledňují zaplnění nádoby. Vermikompostování vybraných gastroodpadů ovšem přináší jiné než finanční benefity, viz následující kapitola

5.2 Swot analýza

Tabulka č. 8 Swot analýza vermikompostování v institucích a podnicích

| Silné stránky | Slabé stránky |
|--|--|
| Technologie přátelská k životnímu prostředí | Nespolehlivá technologie, je třeba vést současně s jiným způsobem likvidace biologicky rozložitelných odpadů |
| Veřejností pozitivně přijímaná technologie | Zpracování odpadu probíhá poměrně pomalu |
| Finanční úspora | Je třeba vyhradit větší prostor než pro sběrné nádoby |
| Nenáročnost na provoz | |
| Součást cirkulární ekonomiky | |
| Energetická nenáročnost | |
| Příležitosti | Hrozby |
| Možnost zapojení do environmentální výchovy žáků i zaměstnanců | Možnost úhynu žížal vlivem počasí |
| Možnost zařadit do portfolia firmy | Možnost zvýšení přítomnosti hlodavců na pozemcích |
| Možnost zařadit výrobu pater vermikomposteru do praktické výuky studentů | |

Samotné náklady - Vermikompostování na volné ploše ať již v interiéru nebo exteriéru není náročné finančně, ale spíše prostorově. Finanční náklady při zakládce jednoho exteriérového vermikomposteru nebo jednoho patra interiérového vermikompostu je 10-15 tisíc korun a je třeba pořídit:

- žížalí násadu. Běžné ceny za 1000 jedinců jsou 500 - Kč
- Materiál na sestavení patra vermikomposteru 1000 Kč
- Sběrné nádoby 100 Kč

Do jednoho patra (včetně zapuštěného dřevěného rámu) bylo během 11 měsíců provozu umístěno celkem 108 kg vybraných biologických odpadů, což odpovídá objemu 220 l.

Na druhou stranu je třeba uvést že vermikompostování je pomalý proces. Není možné spoléhat při zpracování odpadů pouze na tuto technologii a minimálně ze začátku je nutné ponechat zavedené způsoby nakládání s gastroodpady.

5.3 Další přínosy pro uživatele

5.3.1 Vyprodukované organické hnojivo

Většina institucí vlastní nebo obhospodařuje nějaké zelené plochy, v případě škol to mohou být dokonce zahrada či záhony, nebo jen málo využívané terasy a balkony. Vyprodukovaný vermikompost může být použit k přihnojení zelených ploch i jako substrát pro případné rostliny umístěné na zastavěné plochy zmíněné balkony a terasy. Vermikompost je velmi kvalitní organické hnojivo, které obsahuje živiny a díky svým chemickým (především pH) a fyzikálním vlastnostem může pozitivně ovlivňovat fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy. Mezi nejdůležitější vlivy lze zařadit pozitivní vliv na strukturu půdy spojenou se stabilitou agregátů, zvýšení pufrační schopnosti a sorpční komplex nasycený dvojmocnými kationty, který umožňuje pozvolné uvolňování živin.

5.3.2.Environmentální přínos

Svoz biologického odpadu je proces náročný na pohonné hmoty. I když je po té odpad využit k výrobě kompostu jeho osud je nejasný. Ne všechny komposty lze bez omezení aplikovat do půdy a mnohdy nejdou na odbyt (Vithanage et al., 2021. Shiralipour et al., 1992). Oproti tomu vermikompostování v místě vzniku nevyžaduje ukládání odpadu do sběrných nádob ani jejich svoz. Aplikací vermikompostu na zahrady nebo záhony dochází k navrácení živin do jejich biochemických cyklů (Hussain et al., 2021). V neposlední řadě je třeba zmínit vztah ke klimatické změně. Pokud se zbytky zeleniny a ovoce odvázejí spolu s gastroodpadem jsou pravděpodobně spalovány či likvidovány v kafilériích. V obou případech nedochází k navrácení uhlíku do půdy do jeho přirozeného rezervoáru, ale naopak je uvolňován do atmosféry ve formě skleníkového plynu. Mohou být i kompostování nebo zpracování v bioplynových stanicích, nedořešenou otázkou zůstává kvalita a uplatnění kompostů a digestátů.

Sběrné nádoby bývají před každým použitím dezinfikovány, i tento krok při vermikompostování odpadá.

5.3.3 Časová náročnost za cenu bezúdržbovosti

Jak bylo několikrát zmíněno vermikompostování je pomalý proces, který je založen na přirozených zákonitostech. Odpad je zpracováván přirozenými pochody v tělech žížal, mikrobů a také extracelulárními enzymy. Není využíván žádný bioreaktor a jiná technologie která by tyto procesy urychlila. Cenou za pomalý provoz je ovšem bezúdržbovost. Po založení není třeba téměř žádná péče, vermikompostér pracuje kontinuálně a je třeba pouze pravidelně dodávat odpady. V případě výpadku, například školní prázdniny nebo celozávodní dovolená a v případě že žížaly nemají několika centimetrová nezpracovanou vrstvu odpadu, je potřeba minimálně jednou za 2 týdny dodat nějaký organický materiál. Může jít o listí či posekanou trávu.

6. Seznam použité související literatury

ISO 10390:2005 Soil Quality — Determination of PH, Edition 2, Technical Committee: ISO/TC 190/SC 3 Chemical and Physical Characterization.

Abbas, F. *et al.* (2020) ‘A review of soil carbon dynamics resulting from agricultural practices’, *Journal of Environmental Management*, 268, p. 110319. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110319>.

Agriculture | Free Full-Text | A Comparative Study of the Fertilizer-Cum-Pesticide Effect of Vermicomposts Derived from Cowdung and the Toxic Weed Lantana (no date). Available at: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/12/1263> (Accessed: 28 April 2023).

Animal carcass burial management: implications for sustainable biochar use | Applied Biological Chemistry | Full Text (no date). Available at: <https://appliedbiolchem.springeropen.com/articles/10.1186/s13765-021-00652-z> (Accessed: 28 April 2023).

Barthod, J. *et al.* (2020) ‘How do earthworms affect organic matter decomposition in the presence of clay-sized minerals?’, *Soil Biology and Biochemistry*, 143, p. 107730. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107730>.

Cerda, A. *et al.* (2018) ‘Composting of food wastes: Status and challenges’, *Bioresource Technology*, 248, pp. 57–67. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.133>.

Chia, W.Y. *et al.* (2020) ‘Sustainable utilization of biowaste compost for renewable energy and soil amendments’, *Environmental Pollution*, 267, p. 115662. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115662>.

Chong, J.W.R. *et al.* (2021) ‘Recent advances on food waste pretreatment technology via microalgae for source of polyhydroxyalkanoates’, *Journal of Environmental Management*, 293, p. 112782. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112782>.

Fan, H. *et al.* (2023) ‘Effects of Organic Fertilizer Supply on Soil Properties, Tomato Yield, and Fruit Quality: A Global Meta-Analysis’, *Sustainability*, 15(3), p. 2556. Available at: <https://doi.org/10.3390/su15032556>.

Gautam, K. *et al.* (2022) ‘Production of biopolymers from food waste: Constrains and perspectives’, *Bioresource Technology*, 361, p. 127650. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127650>.

Genetic diversity of the shea tree (Vitellaria paradoxa C.F. Gaertn), detected by RAPD and chloroplast microsatellite markers | Heredity (no date). Available at: <https://www.nature.com/articles/6800591> (Accessed: 28 April 2023).

Lin, J., zhao, shuai and Yuan, Q. (2021) ‘A novel technology for separating live earthworm from vermicompost: Experiment, mechanism analysis, and simulation’, *Waste Management*, 131, pp. 50–60. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.05.031>.

Mullins, C.E. (2000) ‘Matric Potential’, in *Soil and Environmental Analysis*. 2nd edn. CRC Press.

O'Connor, J. *et al.* (2022) 'Environmental implications, potential value, and future of food-waste anaerobic digestate management: A review', *Journal of Environmental Management*, 318, p. 115519. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115519>.

Panchal, P. *et al.* (2022) 'Soil carbon sequestration by root exudates', *Trends in Plant Science*, 27(8), pp. 749–757. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.04.009>.

Robe Elema, W. (2021) 'Preparation and characterization of vermicompost made from different sources of materials', *Open Journal of Plant Science*, pp. 042–048. Available at: <https://doi.org/10.17352/ojps.000031>.

Romaniuk, R., Giuffr , L. and Romero, R. (2011) 'A Soil Quality Index to Evaluate the Vermicompost Amendments Effects on Soil Properties', *Journal of Environmental Protection*, 02(05), p. 502. Available at: <https://doi.org/10.4236/jep.2011.25058>.

Sharif, F. *et al.* (2016) 'Salinity tolerance of earthworms and effects of salinity and vermicompost amendments on growth of Sorghum bicolor', *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(8), pp. 1169–1181. Available at: <https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1132838>.

Sherman, R. (2018) *The Worm Farmer's Handbook: Mid- to Large-Scale Vermicomposting for Farms, Businesses, Municipalities, Schools, and Institutions*. Chelsea Green Publishing.

Shiralipour, A., McConnell, D.B. and Smith, W.H. (1992) 'Physical and chemical properties of soils as affected by municipal solid waste compost application', *Biomass and Bioenergy*, 3(3), pp. 261–266. Available at: [https://doi.org/10.1016/0961-9534\(92\)90030-T](https://doi.org/10.1016/0961-9534(92)90030-T).

Singh, R.P. *et al.* (2011) 'Management of urban solid waste: Vermicomposting a sustainable option', *Resources, Conservation and Recycling*, 55(7), pp. 719–729. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.02.005>.

Tran, Q.N.M. *et al.* (2019) 'Lactic acid bacteria modulate organic acid production during early stages of food waste composting', *Science of The Total Environment*, 687, pp. 341–347. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.113>.

Zhou, Y. *et al.* (2022) 'Recent trends and advances in composting and vermicomposting technologies: A review', *Bioresour. Technol.*, 360, p. 127591. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127591>.

(No date). Available at: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:caas&volume=2&issue=1&article=001> (Accessed: 28 April 2023).