

Mendelova univerzita v Brně
Zahradnická fakulta v Lednici

Možnosti využití odpadních produktů z vinařské produkce při kompostování

Diplomová práce

Vedoucí bakalářské práce

Mgr. Roman Pavlačka, Ph.D..

Vypracoval

Pavel Janás

Lednice 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Možnosti využití odpadních produktů z vinařské produkce při kompostování“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v přiloženém soupisu literatury.

Souhlasím, aby práce byla uložena v knihovně Zahradnické fakulty Mendelovy univerzity v Brně a zpřístupněna ke studijním účelům.

V Lednici, dne

Podpis diplomanta

Poděkování

Chtěl bych vyjádřit svůj dík Mgr. Romanu Pavlačkovi Ph.D, vedoucímu mé bakalářské práce, za pomoc a cenné rady a Ústavu zahradnické techniky za cenné informace.

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod..... | 7 |
| 2. Cíl Diplomové práce | 8 |
| 3. Literární přehled..... | 9 |
| 3.1. Ekologie, historie a význam kompostování..... | 9 |
| 3.2. Metody zpracování biologického odpadu..... | 12 |
| 3.3. Fáze kompostovacího procesu..... | 14 |
| 3.4. Technologie kompostování bioodpadů..... | 17 |
| 3.4. Biologické odpadní produkty..... | 24 |
| 3.5. Metody zpracování kompostu..... | 28 |
| 3.6. Hodnocení kvality kompostu..... | 31 |
| 3.7. Využití kompostu..... | 33 |
| 4. Materiál a metodika..... | 36 |
| 4.2. Popis zakládek | 39 |
| 4.3. Sledování a měření | 41 |
| 4.4. Vyhodnocení vzorku..... | 42 |
| 5. Výsledky..... | 43 |
| 5.1. Stanovení obsahu látek v surovinách pro zkompostování..... | 43 |
| 5.2. Sledování kompostovacího procesu..... | 45 |
| 5.3. Rozbor hotového kompostu..... | 49 |
| 5.4. Hodnocení kompostovacího procesu..... | 50 |
| 6. Diskuze..... | 54 |
| 7. Závěr | 57 |
| 8. Abstrakt..... | 58 |
| 9. Summary | 59 |
| 10. Přehled použité literatury a zdrojů..... | 60 |
| 11. Seznam tabulek | 65 |
| 12. Seznam obrázků..... | 65 |
| 13. Přílohy..... | 66 |

1. Úvod

Kompostování, jakožto nezastupitelný biologický proces odbourávání zemědělských odpadů a následné tvorby humusu, je člověkem využíváno již celá tisíciletí. První zmínka o využívání kompostu v zemědělství, psaná na hliněných destičkách, se datuje do časů Akkádské říše, zhruba 2000 let před naším letopočtem. Technologii kompostování si osvojili jak Řekové a Římané ale také Izraelité (EPSTEIN, 1997). Bible i Talmud obsahují množství odkazů na užívání chlévského hnoje. Využívání organické složky pro kompostování bylo zmiňováno jak v Arabských textech, tak i středověkých církevních textech i v Renesanční literatuře. Spisovatelé jako William Shakespeare, Sir Francis Bacon a Sir Walter Raleigh také zmiňovali využívání kompostu ve svých pracích. (SMITH, 2014)

V dnešní době kdy je zřejmý trend opětovného využití odpadních materiálů má kompostování svoji nezastupitelnou roli. Prosazování tohoto trendu můžeme vidět na novém zákonu města Seattle, který platí od roku 2015. Dle něj mohou obyvatelé města být pokutováni za vyhazování biologicky rozložitelného odpadu do běžného komunálního odpadu, namísto jeho zkompostování. Významem je nižší ekologická zátěž skládek komunálního odpadu a zvýšení objemu zkompostovaných bioodpadů.

Pro producenta vína disponujícího vlastním vinohradem je kompostování matolin velice výhodné právě z důvodu recyklace odpadního materiálu, zvyšování obsahu humusu v půdě, z toho plynoucí zvyšující se půdní úrodnosti a zlepšování půdních vlastností. Aplikace kompostu do půdy pozitivně ovlivňuje odolnost vůči půdní erozi a zlepšuje schopnost půdy zadržovat vodu. Pouhé zaorání matolin do půdy nemá takový efekt, jako přidání vyzrálého kompostu, protože k přeměně matolin by docházelo až v půdě a trvalo by velice dlouho. Při kompostovacím procesu tuto přeměnu urychlujeme optimalizací podmínek pro rozvoj mikroorganismu a můžeme tak dosáhnout až desetinásobně většího množství mikroorganismů ve srovnání s rozkladem v půdě.

Zejména v takovém významném vinařském regionu jako je jižní Morava, se vytváří při výrobě vína velké množství odpadních produktů, nazývaných matoliny. Tato práce se bude zabývat možnostmi kompostování matolin a jiných odpadních zemědělských produktů a vyhodnocením a analýzou kompostovacího procesu.

2. Cíl Diplomové práce

Cílem této diplomové práce je zpracovat možnosti využití odpadních produktů z vinařské produkce při kompostování. Popsat současný stav technologií užívaných ke kompostování odpadních produktů z vinařské produkce. Založit variantně experimentální zakládky s různým podílem matolin (výlisků) a dalších biologicky degradovatelných odpadů ze zahradnické produkce. Sledovat průběh celého kompostovacího procesu, včetně vybraných faktorů (teplota a vlhkost zakládek) a stanovit chemické složení hotového kompostu.

3. Literární přehled

3.1. Ekologie, historie a význam kompostování

Úrodnost půdy závisí na obsahu trvalého humusu, který příznivě ovlivňuje vlastnosti půdy důležité pro získání rostlinné produkce. V dobrém fyzikálním, chemickém a biologickém stavu může být půda jen s odpovídajícím množstvím humusových látek. Humus v půdě vzniká přeměnou organické hmoty dodané organickým hnojením a rozkladem kořenových a sklizňových zbytků. Část humusu se každoročně spotřebovává mineralizačními pochody. K zabezpečení vyrovnané bilance humusu v půdě je třeba v průměru na 1 ha orné půdy dodat každoročně organickým hnojením cca 1,5 t čisté organické hmoty což odpovídá 9 t středně kvalitního hnoje. V období zemědělské velkovýroby tato bilance vykazovala v celostátním průměru 25 % schodek v přísunu organických látek do půdy. Příčinou nedostatečného organického hnojení byl nesoulad technologií rostlinné a živočišné výroby. Omezený přísun organické hmoty do půdy byl kompenzován zvýšenými dávkami tehdy levných minerálních hnojiv. S úbytkem humusu jako následkem tohoto dlouhodobého hospodaření se budou muset podnikatelské subjekty potýkat na většině orné půdy. (VÁŇA, 1994)

Kompostování je možné definovat jako řízenou biologickou výrobu humusu. Přeměnou organické hmoty bioodpadů na humusní látky obsažené v kompostu zabezpečují převážně aerobní mikroorganismy, které potřebují ke svému životu kyslík. Proto se snažíme komposty zakládat kypré a zrající kompost co nejvíce provzdušňujeme. Při kompostování probíhají analogické procesy jako při přeměně rostlinných zbytků v půdě. V kompostech je však možné vytvořit lepší podmínky pro rozvoj mikroorganismů a dosáhnout až desetkrát většího počtu mikroorganismů ve srovnání s půdou. Tyto optimální podmínky v kompostu zabezpečujeme nejen provzdušňováním, ale též správnou úpravou vlhkosti, poměru uhlíku a dusíku výběrem vhodných bioodpadů a úpravou zrnitosti a homogenity substrátu (drcení a štěpkování větví).

Kompostování mělo vždy velký význam pro rychlou obnovu úrodnosti půdy vyrobeným kompostem. Ekologický význam kompostování spočívá v recyklaci

organické hmoty a živin do půdy a zabránění hnití organických odpadů v přírodním prostředí a na skládkách odpadů. Nekontrolovaným hnitím organických odpadů vzniká skleníkový plyn methan, který má až 27krát vyšší účinek při globálním oteplování než oxid uhličitý. Při hnití organických odpadů se uvolňují kyselé výluhy obsahující látky, které mohou negativně ovlivnit kvalitu spodních i povrchových vod.

Pro své neocenitelné vlastnosti při udržování koloběhu látek, při omezování skleníkového efektu a nastupující klimatické změny a při zabezpečování lidské výživy je kompostování možno označit jako technologii udržitelného života. Jde o technologii s velmi dlouhou historií. Nejstarší zmínka o kompostování je ve staročínské "Svaté knize o setí a sázení", kde se doporučuje připravovat komposty z organických odpadů, fekálií a z usazenin ze zavodňovacích kanálů a hnoje pro stromy, rýži a vinnou révu. Ještě dodnes se připravují v Číně popisovaným způsobem komposty chráněné proti povětrnostním podmínkám slaměnou rohoží.

V českém zemědělství se koncem devatenáctého století začínají uplatňovat nízké komposty. Bioodpady se neukládaly do zakládky, ale na plochu na orné půdě, většinou situované nejbliž zemědělské usedlosti. Tento pozemek byl často nazýván "tučný hon". Bioodpady se vrstvily do výše 0,5 m a po objemové redukci se bioodpady zaoraly do půdy hlubší orbou pluhem. Pluhem se provádělo i provzdušňování kompostu. Plošný kompost se dobře močůvkoval a ve vegetačním období obvykle sloužil pro pěstování krmné řepy, dýní a dalších náročných plodin, přičemž okopávání těchto plodin vyvolávalo provzdušňování. Zralý kompost se navážel na louky nebo na okolní pole. Tato praxe se u některých zemědělců např. v Polabí udržela až do kolektivizace zemědělství. V padesátých letech se tato technologie kompostování podporuje a začíná propagovat jako progresivní sovětská metoda a takto vyráběné komposty byly označovány jako komposty Lysenkovy.

V průmyslovém kompostování bioodpadů máme primát. Před téměř 100 lety se začal vyrábět při Pražské čistící kanalizační stanici první průmyslový kompost z bioodpadů. Autoři technologie byli dva docenti Německé techniky Ernest a Kroulik. V surovinové skladbě kompostu, který byl nazýván Feka, byl zastoupen nevyhnilý čistírenský kal, popel, městské smetky a rašelina. Výroba byla po domácím úspěchu napodobována v dalších evropských velkoměstech, kde již byly vybudovány kanalizační čistírny a transfer této technologie byl až do zámoří. Výroba byla též

realizována i na dalších místech Čech a Moravy, ale produkty s názvy např. Fekahumát, Fertil-humus nebyly homogenní a dokonale vyzrálé a byly obchodně neúspěšné.

V době okupace byla zavedena výroba průmyslového kompostu v první pražské spalovně odpadů. Základem surovinové skladby byl prosev z domovního odpadu, který byl oddělován na sítích před spalováním odpadů. Dále to byl vyhnílý čistírenský kal, rašelina, smetky a různý bioodpad. Po válce byla uvedena do provozu v opuštěném cukrovaru v Mratíně u Prahy výroba průmyslového kompostu Vitahum. Výroba Vitahum se prováděla v zakládkách o výšce cca 3 m se dvěma až třemi překopávkami. Zpracovávaly se bioodpady nejrůznějšího původu, uhelné prachy a méně hodnotná rašelina. Významnou surovinou byl prosev skládky městských odpadů, který se prováděl rotačními sítí u odpadů uložených 5 - 10 let na skládce. Do kompostu šla jemná prosátá frakce (pod 30 mm). Nadsítní frakce se vracela do skládky. Kompostárny pro výrobu Vitahum byly budovány u krajských a okresních měst a u podniků, které produkovaly vlastní bioodpady (Svitavy, Otrokovice). V době kolektivizace zemědělství bylo hnojení průmyslovým kompostem velkoryse podporováno ve snaze zabezpečit zvýšením úrodnosti půdy soběstačnost ve výrobě potravin. V roce 1962 bylo na 14 kompostárnách v českých zemích vyráběno 0,5 mil. t kompostu, v roce 1986 to bylo na 18 kompostárnách a s plošně zaváděnou ambulantní výrobou kompostu přímo na poli 3 mil. t kompostu. V koncepčních materiálech z doby kolektivizace zemědělství mělo být cílenou hodnotou výroba 5,6 mil. t kompostu. (VÁŇA, 2005)

Teprve po roce 1989, kdy kompostování odpadů ztrácí státní dotační podporu, se výroba kompostů minimalizuje na 200 – 400 tis. t . r⁻¹. Vyráběné komposty v tomto období jsou využívány především při rekultivacích a při zakládání a údržbě zeleně. K dočasnému zvýšení zájmu zemědělců o vyrobené komposty došlo v r. 2000, kdy byla zemědělcům poskytnuta podpora ze státního rozpočtu na hnojení zemědělské půdy registrovanými komposty. Ukončením této podpory byla v r. 2001 řada kompostárenských kapacit opět zastavena. (VÁŇA, 2001)

3.2. Metody zpracování biologického odpadu

Degradace přírodními biomechanismy může probíhat jak v anaerobním, tak i aerobním režimu. Podle prostředí se samozřejmě liší složení přítomných mikroorganismů, průběh procesu a produkty metabolismu. Každý z režimů má své přednosti i nedostatky. (ZEMÁNEK, 2001)

3.2.1. Anaerobní biodegradace

Anaerobní proces zpracování bioodpadu, je veden bez přístupu kyslíku. Zpočátku se tomuto způsobu věnovalo hodně pozornosti, avšak v současné době se tyto technologie využívají pouze ve specifických případech (likvidace čistírenských kalů, zušlechťování chlévské mrvy)

Za anaerobní způsob zpracování bioodpadu lze považovat výrobu chlévského hnoje za studena. Princip spočívá v urovnání chlévské mrvy, jejím okamžitým utužením, vlhčením, případně i zakrytím fólií s cílem dosáhnout pozvolného, částečného odbourávání organické hmoty. Toho se dosáhne mírně anaerobních podmínkách při optimálním zvýšení teploty a dostatečné vlhkosti. Za omezeného přístupu kyslíku se organické látky rozkládají pomaleji a tento proces je zpomalován i vznikajícím metanem. Bloky se zakládají o šířce 3,5 – 4 m a výšce do 3 m. Ztráty na uhlíkatých a dusíkatých látkách se omezují čím že se bloky zakrývají zeminou. (ZEMÁNEK, 2001)

Vyzrálý kompost z 90 % chlévské mrvy a 10 % orniční zeminy obsahuje 2,5 krát více trvalého humusu než hnůj vyrobený z chlévské mrvy stejné kvality. Hnojíme-li samotnou kejdu bez dalšího přísunu organických látek do půdy, tvorba humusu je nedostatečná a aktivizaci půdních mikroorganismů dochází naopak k odbourávání obsahu humusu v půdě. (VÁŇA, 1994)

3.2.2. Aerobní biodegradace

Aerobní proces je rychlejší než anaerobní a jeho výsledkem je kompost obsahující nezastupitelný humus. Pro aerobní kompostování je nutný přívod vzduchu. Je nutné zajistit výměnu plynů natolik, aby ve směsi byl dostatek čistého vzduchu a kyslíku. Materiál musí být kyprý, porézní a nepřevlhčený. To je jednou z podmínek pro skutečně rychlý a efektivní proces.

Kompostování je biodegradace organické hmoty účinkem aerobních mikroorganismů, kombinovaná s dalšími reakcemi jako je oxidace, hydrolýza, apod.. Složení mikroflóry není konstantní a záleží na složení substrátu, tak na stupni humifikace.

Obecně platí, že se na humifikačním procesu podílí zejména heterotrofní organismy. Tyto organismy degradují organické látky a část z nich oxidují až na CO₂ a H₂O. Rozkládají se nejprve jednoduché organické látky jako sacharidy, organické kyseliny a bílkoviny. Degradace polysacharidu probíhá pomaleji a začíná nejprve depolymerací. Poměrně stabilní složkou je lignin.

Smyslem kompostovacího procesu není naprosté rozložení všech složek, ale zejména biologická stabilizace kompostovaného materiálu. Biologicky stabilizovaný materiál již nepodléhá prudké biodegradaci a zejména v něm nemají šanci patogenní procesy jako hniloba apod. Dobře biologicky stabilizovaný materiál už neohrožuje půdu, vodu ani ovzduší a je možno jej zapravit do půdy.

Průběh kompostování se zpravidla, až na malé výjimky, příliš neliší od ostatních aerobních způsobů kompostování, liší se pouze rychlosti probíhajících dějů.

Započetí biodegradace mikroorganismy je zpravidla spontánní. Mikroorganismy jsou běžné v zakládkové směsi a po vytvoření vhodných podmínek se začnou množit. Naočkování kompostu se praktikuje pouze ojediněle. Množení mikrobů je za ideálních podmínek explozivní. V průběhu 24 hodin jich vznikne 5.62×10^{14} . (ZEMÁNEK, 2001)

3.3. Fáze kompostovacího procesu

Při procesu kompostování se mikroorganismy podílejí na rozkladu organického materiálu a produkci oxidu uhličitého, vody, tepla a humusu, relativně stabilního koncového produktu. Při optimálních podmínkách má aktivní kompostovací proces tři fáze. (OLYNCIW, 1996)

- 1.) Fáze odbourávání (mineralizace)
- 2.) Fáze přeměny
- 3.) Fáze syntézy (dozrávání)

Při různých fázích se účastní odlišné mikroorganismy v závislosti na teplotě.

3.3.1. Fáze odbourávání – mineralizace

Při této fázi kompostovacího procesu dochází k rychlému nárůstu teploty (v jádru kompostovaného materiálu může teplota dosahovat až 60 °C), následované relativně prudkým poklesem.

Složité organické sloučeniny jsou mikroorganismy rozkládány na jednodušší sloučeniny anorganického charakteru. Probíhají současně chemické degradační reakce. Na počátku dochází k odbourávání cukrů, škrobů a bílkovin. V pozdější fázi dochází k rozkladu celulózy a dalších součástí dřevní hmoty. Konečným produktem této degradace je voda, CO₂ a další látky. Při přebytku dusíku v kompostované směsi může dojít k tvorbě amoniaku. Dochází k vysoké spotřebě kyslíku a z toho plynoucí tvorbě oxidu uhličitého. Mikroorganismy nejsou schopny odbourávat organické kyseliny, proto roste zastoupení kyselin a dochází k poklesu pH. (ZEMÁNEK, 2001)

Úvodní dekompozice materiálu je způsobena zejména mezofilními mikroorganismy, které dosahují vrcholné aktivity v rozmezí od 20 do 30 °C. Velice snadno rozkládají organickou hmotu. Ve chvíli kdy teplota začne dosahovat 40 °C přestávají být dominantní a začínají být nahrazovány termofilními mikroorganismy. Při teplotě nad 55 °C, dochází k likvidaci patogenů. Protože teploty nad 68 °C likvidují většinu mikrobů a dochází k prodlužování délky procesu kompostování, je nutné teplotu držet pod tímto bodem, případně ji snižovat pomocí zavlažování vodou. (VÁŇA, 1994). Díky termofilním mikroorganismům může teplota vystoupat až do teploty 80 °C. Při těchto pochodech se uplatňují zejména tyčinkové bakterie. Mikromycety rozkládají

celulózu. Termofilním houbám se připisuje při kompostovacím procesu důležitá úloha při tvorbě humusu.

Při této fázi dochází k relativně rychlému poklesu celkového objemu i hmotnosti. V důsledku sesedání, hutnění materiálu, ale zejména kvůli produkci CO₂ a dalších plynů může hmotnostní ztráta činit až 30% původního materiálu.

Vzhled ani pach se příliš nemění, zůstávají zhruba stejné jako na začátku. Kompost zatím nemá vlastnosti humusu a není vhodný pro aplikaci do půdy. Dokonce může vykazovat i známky fytoxicity. Tato fáze je důležitá zejména díky hygienizaci kompostu vlivem vysoké teploty. Teplota hubí hnilobné a další patogenní bakterie, ale i likviduje klíčivost semen. (ZEMÁNEK, 2001)

3.3.2. Fáze přeměny

Projevuje se pozvolným klesáním teploty až na 25 °C. Termofilní bakterie jsou nahrazeny jinými mikroorganismy. V této fázi se střídá období rozvoje a útlumu mikrobiální činnosti. Při rozkladu hůře rozložitelných látek se projevují aktinomycety. Organické látky jsou přeměňovány na humusové složky, které se dále vážou na jílové částice a přechází do stabilní formy odolné mikrobiálnímu rozkladu. V této fázi se může objevit i nenáročný hmyz, případně jiné organismy.

Původní pach, struktura a vzhled hmoty se ztrácí, kompost získává hnědou barvu, jednotlivé částice se rozpadají. V této fázi je odbouráno dalších 10% směsi. Mizí fytoxicita a výluhy kompostu přestávají být hygienicky závadné. Ke konci druhé části již lze kompost využít jako hnojivo. (ZEMÁNEK, 2001)

3.3.3. Fáze syntézy – dozrávání

Teplota klesá na hodnotu okolí. Začínají se vytvářet vazby mezi anorganickými a organickými látkami a dochází k tvorbě kvalitního a stabilního humusu. V této fázi nepozorujeme téměř žádný úbytek hmotnosti. Kompost už je prakticky vyzrálý, objevují se kokovité bakterie jako představitelé autochtonní mikroflóry, malí živočichové, hmyz, roztoči, žížaly a další organismy.

Celkové snížení hmotnosti kompostovaného materiálu může dosáhnout až 40%. Pokles objemu je ještě větší, protože dojde ke zhutnění materiálu. Byla-li původní měrná hmotnost zakládáního materiálu 400-600kg.m⁻³, je měrná hmotnost zralého

kompostu okolo $700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, u kompostů s vyšším podílem zeminy je to až $800\text{-}1100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (ZEMÁNEK, 2001).

Délka jednotlivých fází je závislá na užití technologii, surovinové skladbě materiálu, podmínkách při kompostování, ale i na dalších faktorech, jako například roční období.

3.4. Technologie kompostování bioodpadů

Technologie aerobního kompostování zabezpečuje mikrobiologickou přeměnu organických látek odpadů na stabilní humusové látky. Jde o analogické procesy, jako při přeměně organické hmoty v půdním prostředí. Vytvářením optimálních podmínek pro rozvoj mikroorganismů ve zrajícím kompostu je možno získat až desetkrát většího počtu mikroorganismů ve srovnání s půdou a získat tak humusové látky rychleji a produktivněji. Aerobní kompostování má celou řadu technologických variant od překopávaných kompostových zakládek na volné ploše a využívání různých kompostérů při domácím a komunitním kompostování k různým systémům intenzivního provzdušňování kompostů tlakovým vzdušněním nebo odsáváním plynů a k systému provzdušňovaných biofermentorů, kde celý proces je možno řídit počítačem. Ve všech těchto systémech kompostování je však nutno zabezpečovat optimální podmínky na rozvoj mikroorganismů a to především:

- Úpravou poměru uhlíku a dusíku (C : N) v čerstvém kompostu v rozmezí 30 - 35:1,
- úpravou vlhkosti,
- zabezpečením minimální přítomnosti fosforu (cca 0,2% suš.),
- úpravou pH,
- úpravou zrnitosti a homogenity substrátu,
- provzdušňováním substrátu,
- regulací teploty v průběhu kompostování.

O úspěšném průběhu kompostování a o výsledné kvalitě kompostu rozhoduje sestavení správné surovinové skladby čerstvého kompostu, což je výběr odpadů a stanovení jejich hmotnostního poměru. Při sestavení surovinové skladby kombinujeme odpady s vysokým obsahem uhlíku s odpady s obsahem dusíku, odpady málo strukturní s odpady strukturními, odpady suché s odpady vlhkými tak, aby bylo docíleno optimálních podmínek a jakostních znaků. (VÁŇA, 2001)

3.4.1. Poměr uhlíku a dusíku (C : N)

Surovinová skladba je hmotnostní poměr jednotlivých odpadů nebo hmot, které navážíme do kompostové zakládky. Organická hmota představuje pestrý sortiment

látek, různě odolný vůči biodegradaci mikrobiologickými vlivy. Rychlost rozkladu různých organických zbytků je možno vysvětlit odlišnými poměry uhlíku a dusíku (C : N), tedy různými poměry organických a anorganických látek. Anorganické látky neposkytují „živnou půdu“ pro mikroorganismy a jsou z tohoto hlediska balastní složkou. Při nadbytku anorganické složky, v kompostové zakládce, probíhá humifikace organického podílu pomaleji.

Je důležité, aby organické látky obsahovaly dostatečně vysoký podíl lehce odbouratelných cukrů a bílkovin. V tomto případě dojde k rychlému nastartování kompostovacího procesu, narušení i těžko degradovatelných látek a urychlení jejich rozkladu v další fázi procesu. Pokud v substrátu převahuje obsah biologicky stabilního materiálu, humifikace probíhá velice zdlouhavě.

Vedle zdroje uhlíku je nutný i zdroj dusíku, který je využíván pro syntézu bílkovin. Tyto bílkoviny jsou jak součástí buněk mikroorganismu, tak se i přímo zúčastňují metabolismu mikroorganismů jako enzymy.

Při nedostatku dusíku se průběh humifikace výrazně zpomaluje. Při přebytku dusíku dochází k nadměrné mineralizaci a k úniku dusíku ve formě amoniaku. Tvořící se amoniak nepříznivě zvyšuje pH a tyto změny mohou vést až k zastavení biochemických reakcí.

Kompostované materiály s poměrem C:N vyšším než 50:1 se rozkládají velice pomalu.

Kompostované materiály s poměrem C:N užším než 20:1 se také rozkládají pomalu zejména kvůli přebytku dusíku využitelného mikroorganismy a nadměrné mineralizaci.

Kompostované materiály s poměrem C:N užším než 10:1 se rozkládají velmi rychle a jsou mikrobiologicky dobře využitelné.

Pro komerční průmyslové komposty je povolen maximální poměr C:N ve zralém kompostu 30:1.

Vhodného poměru C:N v kompostovaném materiálu dosáhneme mísením materiálové skladby kompostu. (ZEMÁNEK, 2001)

3.4.2. Vlhkost

Vhodná vlhkost kompostové zakládky je dalším důležitým faktorem ovlivňující kompostovací proces.

Nedostatečná vlhkost zakládky má za následek nadměrné množství plísní a aktinomycet a neumožňuje některé důležité hydrolytické reakce, ale může naopak způsobovat některé nežádoucí chemické reakce. Uvolněným teplem může docházet k zahřátí na takovou teplotu, že může proběhnout až pyrolýza a suchá destilace materiálu.

V extrémních případech (například uzavřených bioreaktorech) může docházet k ohřátí až na 80°C a následnému vzniku jedovatých sloučenin zejména ze stopových obsahů těžkých kovů a chloru v zakládce.

Při nadbytečné vlhkosti dochází rychle k nedostatku kyslíku a vývoji anaerobních mikroorganismů. V důsledku toho se nerozvine činnost termofilních mikroorganismů a biologické procesy mohou přejít v proces kvašení. Také může, zejména při vysokém obsahu vody, docházet k jejímu vytlačování ze spodních vrstev. Tato voda extrahuje kompostované suroviny a může docházet až k nepříjemnému zápachu a znečištění životního prostředí.

Optimální vlhkost je taková, při níž je 60 – 70 % pórů čerstvého kompostu zaplněno vodou, tzn., podle kvality použitých materiálů by výsledná vlhkost čerstvého kompostu měla dosáhnout 65 – 78 %.

Zahradnické komposty z dřevních odpadů, stromové kůry, listí a komposty z chlévské mrvy se zeminou s vysokým obsahem organických látek v sušině (50 – 75 %) vyžadují vlhkost kolem 60 – 70 %. Při kompostovacím procesu se rovněž část vody odpařuje a v některých případech je nutno upravovat vlhkost v průběhu zrání přidávkem tekutin.

Z praktického hlediska je výhodnější volit nižší vlhkost, kvůli snadnému formování profilu a později ji korigovat zálivkou vody, kejdy a podobně.

Správná vlhkost kompostu se dá ověřovat i ručně, pokud při zmáčknutí kompostu teče voda, je mokry. Pokud se v ruce rozpadá, je zase příliš suchý. Optimální

vlhkost značí pokud po zmáčknutí neteče voda a současně se nerozpadá. (ZEMÁNEK, 2001)

3.4.2. Zrnitost a homogenita

Pro správné nastartování kompostovacího procesu je nezbytné aby na sebe jednotlivé komponenty působily co nejúčinněji. Vysoký účinek je podmíněn velikostí styčných ploch jednotlivých částí každého komponentu, které musí být co největší. Toho lze dosáhnout pomocí drcení komponentu, což je proces zvyšování výsledné plochy povrchu částic. Zároveň je ale nutné aby daná struktura umožňovala výměnu plynů mezi zrajícím kompostem a okolím tak, aby kompostovaný materiál měl přístup k dostatku kyslíku a nedocházelo k anaerobním procesům. Výsledný materiál zakládky musí být kyprý, porézní a nepřevlhčený.

Význam vhodné zrnitosti materiálu a tím i snadnější homogenizace je zřejmý zejména u materiálů, které se rozkládají oproti ostatním složkám pomaleji. Ze zahradnických materiálů se jedná zejména o dřevní štěpku, drcené réví a stromovou kůru, nebo i dřevo. Jsou-li tyto materiály ve formě jemných pilin, jsou potom využívány přímo v kompostovacím procesu. Ve formě hoblin prochází kompostovacím procesem bez výrazné změny.

Velmi jemné složky naopak vytváří těžce prostupnou, kompaktní vrstvu, která brání spontánnímu růstu mikroorganismů. Vhodným přídavkem do těchto kompaktních směsí může být například drcená sláma, která vhodně upraví konzistenci směsi.

Kromě drcení je taky nezbytné, aby byl materiál vhodně promísen.

Z technického hlediska je dosažení správné zrnitosti a homogenity kompostovaných materiálů jedním z nejvýznamnějších požadavků (ZEMÁNEK, 2001). Zrnitostní úpravy rostlinné biomasy na bázi dřevin a jejich dokonalá homogenizace jsou významným intenzifikačním faktorem urychlujícím zrání kompostu. (PLÍVA, 2014)

Pro kompostování bioodpadů musí být zabezpečeny optimální podmínky pro činnost žádoucích mikroorganismů, které přeměňují organickou hmotu. Jde o organizmy aerobní s vysokými nároky na kyslík. Z nároku na množství kyslíku plynou požadavky na zrnitost a homogenitu surovin zpracovávaných kompostováním. Pro vzdušnění substrátu

Termofilní mikroorganismy, které se účastní kompostovacího procesu vyžadují pro svůj metabolismus dostatečné množství kyslíku. Provzdušňováním dochází k omezení nepříjemného zápachu a snižování vlhkosti kompostovaného materiálu. Je to vysvětleno upevňováním vazeb dusíku v kompostované hmotě, což se projevuje snížením emisí amoniaku i metanu.

Nucenou aerací zakládek docílíme optimálních hodnot koncentrací kyslíku v rozmezí od 5 do 15 %.

Jako mezní obsah kyslíku pro udržení kompostovacího procesu je často uváděna hodnota 3% z celkového objemu pórů kompostovací zakládky.

Při častějším provzdušňování na začátku zrání je podporována intenzivní mineralizace organických látek. Ve druhé třetině zrání je naopak kyslík vyžadován syntetickými pochody přeměny prekurzorů rozkladu organických látek na látky humusové.

Zvýšenou aerací je zkrácena doba zrání kompostu. Kontrola parametrů, zvláště teploty zakládky při častém provzdušňování, je velmi podstatná, neboť vysoká intenzita provzdušnění může vést k velkým teplotním ztrátám, ochlazení zakládky a neúplné stabilizaci.

Dostatečné provzdušnění tak výrazně ovlivňuje úspěšnost každé kompostovací technologie, ať už se děje nucenou aerací, nebo mechanickým překopem. (ZEMÁNEK, 2001)

3.4.3. Obsah fosforu

Při optimalizaci surovinové skladby je nutno přihlížet k tomu, aby kompostová zakládka obsahovala minimální obsah fosforu pro metabolickou potřebu mikroflóry k zabezpečení tvorby humusu, kdy při přeměně organických látek vznikají energeticky bohaté vazby. Minimum obsahu P_2O_5 v sušině je 0.2 %. Tento obsah je v kompostu zpravidla zabezpečen odpady a kompostovanými stájovými hnojivy.

U kompostů s převažujícím podílem stromové kůry, dřevní štěpky a pilin je možno doplňovat P_2O_5 přídatkem superfosfátu, maximálně 2 kg na 1 tunu odpadu. Fosforečná hnojiva přidaná do kompostů se v průběhu kompostování neztrácejí a nezneškodňují, ale naopak se zpřístupňují pro rostliny. (ZEMÁNEK, 2001)

3.4.4. Teplota

Teplota je dalším z důležitých činitelů při kompostovacím procesu. Časový průběh teplot zrajících kompostů je ukazatelem kvality použitých odpadních materiálů, ale i vhodnosti použitého technologického postupu.

Teplota ovlivňuje rozvoj a aktivitu mikroorganismů v kompostu a tím určuje rychlost rozkladu organických materiálů. Většina mikroorganismů v organickém odpadu je mezofilní, jejichž teplotní optimum se pohybuje od 20 do 30°C. Během zvyšující se teploty v čerstvé kompostové zakládce se však začíná projevovat i skupina termofilních aerobních mikroorganismů, které se vyvíjejí jen při vyšších teplotách a jejich optimum je od 45 do 65°C. Teplota tvořena těmito organismy likviduje klíčivost semen plevelů, patogenní mikroorganismy a aktivně se podílí na tepelné hygienizaci kompostové zakládky.

Zakládka u které je podezření na výskyt patogenů by měla alespoň po dobu 21 dní překračovat teplotu 55°C. U ostatních stačí 45°C alespoň po dobu 5 dní.

Případný vzestup teploty nad 68 – 70°C je nutno omezit závlahou, neboť zvýšená teplota likviduje i termofilní organismy a může dojít k prodloužení doby zrání kompostu.

Vzestup teplot po promíchání všech složek kompostu svědčí o dobrých podmínkách pro rozvoj vhodné mikroflóry. Jestliže teplota kompostu nestoupá nebo po předchozím vzestupu teplot nastává výrazný pokles, jsou podmínky pro mikroorganismy nepříznivé. Nejčastěji jde o spotřebování kyslíku a zahlcení substrátu oxidem uhličitým. Příčina může být i v nadměrné vlhkosti, omezující obsah vzduchu v kompostu.

Pokles teplot může nastat i při vyschnutí zrající hmoty nebo při nedostatku dusíku. Trvalý pokles teplot zpravidla signalizuje zralost kompostu. Teploty od 0°C do -10°C výrazně zpomalují celý proces, ale nemusí jej zastavit.

V kompostu jehož teplota neklesne na teplotu okolí, stále ještě probíhají mikrobiologické a biochemické změny a obsahuje značné množství organických kyselin.

3.4.5. Hodnota pH

S ohledem na mikroflóru se požaduje optimální pH u čerstvého kompostu v rozmezí pH 6 – 8. U kompostu ze zemědělských a stájových odpadů je možno tento interval dodržet bez přídavku vápenatých hnojiv.

Čistírenské kaly mohou být kompostovány v rozmezí pH od 5 do 10. Nejpriznivější hodnota pH je právě kolem 6 – 8, protože většina mikroorganismů vykazuje maximální růst a aktivitu právě v tomto rozmezí. Nicméně ani extrémní hodnoty pH pod 5 a nad 11 nezpožďují mikrobiologickou aktivitu více než o dva dny. Obyčejně s průběhem kompostovacího procesu se pH přibližuje k neutrální hodnotě.

3.4. Biologické odpadní produkty

Biologické odpadní produkty jsou odpady vznikající při zemědělské, zahradnické nebo lesnické činnosti, ale také třeba odpady z produkce potravinářské, textilní nebo odpady čistírenské a vodárenské a v neposlední řadě také komunální bioodpad. Biologické odpady tvoří až 30 – 40 % celkového komunálního odpadu v Evropě. Pilotním projektem analýzy skladby komunálních odpadů bylo zjištěno že biologický rozložitelný komunální odpad může tvořit až 60 % podíl odpadu v rodinných domech. (MAREŠOVÁ, 2006)

3.4.1. Výlisky z hroznů – matoliny

Při produkci vína vzniká relativně velké množství odpadních materiálů, u matolin – výlisků, to může být kolem 20 %, u třapin zhruba 3 – 4 % celkového objemu lisovaného materiálu. Matoliny jako materiál pro kompostování se vyznačují zejména vysokým obsahem suchých jader, které tvoří zhruba 25 % z celkového objemu. Jádra obsahují řadu kyselin, které brání činnosti mikroorganismů způsobujících jejich rozklad.

Přímá aplikace matolin na povrch pozemku a jejich následné zaorání se nedoporučuje vzhledem k dlouhému rozkladu, klíčení jader a vzhledem k nepříznivému objemu C :N i nevýrazný efekt na zlepšení půdních vlastností. (ZEMÁNEK, 2010)

Samotný proces kompostování je nepříznivě ovlivněn právě dlouhým časem rozpadu jader a která jsou schopna vyklíčit i po průchodu termickou fází kompostovacího procesu. Vzhledem k velkému obsahu jader v materiálu se proto doporučuje nejprve jádra separovat, vylisovat z nich olej a následně kompostovat oleje zbavené pokrutiny, které již procházejí kompostovacím procesem velmi snadno.

Jádra z matolin obsahují vysoký obsah oleje, v závislosti na odrůdě se může jednat o 68 - 78 % podíl oleje. Největší obsah oleje vykazovaly odrůdy Aurora, Pálava, Veltlín Zelený, Záhoranka a Muškát (LACHMAN, 2015)

Poměr C : N se u matolin pohybuje v rozmezí 28 – 48 : 1. (ZEMÁNEK, 2010)

Pro dosažení požadovaného poměru C : N může být kompost obohacován komponenty ve formě slámy, chlévské mrvy, prasečí kejdy. Matoliny mají dobrou

zrnitostní strukturu a jsou optimálním nasávacím materiálem pro kejdu. (ZEMÁNEK, 2001)

Pro svůj vysoký obsah sacharidů jsou matoliny výborným zdrojem energie a uhlíku pro mikroflóru kompostu (TESAŘOVÁ, 2010)

Kompostu z výlisků se připisuje příznivý vliv na ozdravení půdy a rostlin. Důvodem jsou pravděpodobně látky podporující růst rostlin, které jsou uvolňovány z jader během tlení.

3.4.2. Drcené réví

Množství odpadního dřeva – réví po řezu vinic závisí na odrůdě, stáří a typu vedení (počtu keřů na 1 ha). Průměrné hodnoty se pohybují v množstvích 0,45 – 0,70 kg na keř, což v průměru představuje asi 3,5 t.ha⁻¹. Dosud běžně praktikované pálení vyhrnutého réví je v rozporu se Zákonem o odpadech. Část réví je drcena přímo v meziřadí a vrací se do půdy.

Odpadní dřevo z ovocných sadu je na zpracování náročnější než réví, jelikož podrcení (štěpkování) v meziřadí vyžaduje speciální a výkonné mechanizační prostředky.

Poměr C : N je velmi široký a činí (100 – 120) : 1. Tento materiál bude velice obtížně kompostovatelný. Protože dřevní štěrka z réví či z odpadního dřeva ovocných výsadeb tvoří spolu se slámou, pilinami, hoblinami, apod. výborný nasávací komponent pro hovězí i prasečí kejdu, lze dosáhnout příznivého poměru C : N vhodným mísením kompostovaných komponent a kompostovací proces uskutečnit. (ZEMÁNEK, 2001)

3.4.3. Biomasa z nevyužívaných ploch

Z obecně známých příčin postupně v krajině narůstá velikost neobhospodařovaných ploch. Tyto plochy jsou sice většinou vykazovány jako orná půda nebo jako travní porosty, ale nemají zabezpečenu základní údržbu.

Produkce biomasy z nevyužívaných ploch se pohybuje kolem 5 – 6 tun z 1 ha. Objemová hmotnost u suché hmoty sbírané sběracím vozem se pohybuje od 50 do 80 kg.m⁻³, u zavadlé hmoty je to 80 – 120 kg.m⁻³.

Složení tohoto materiálu může být značně různorodé, převažuje ale stébelná travní hmota, ať už suchá nebo zavadlá, často s podílem silnějších plevelných plodin.

Poměr C : N u čerstvé stébelné hmoty činí 35 : 1, u směsi s vyšším podílem stařiny je tento poměr kolem 45 : 1.

Stébelný materiál se rychle rozpadá a je značně sléhavým, hotový kompost dosahuje pouze 10 % objemu původní hmoty, také je vyžadováno častější slučování zakládek.

Kompostovací cyklus může probíhat v závislosti na počtu překopávek cca 12 – 30 týdnů, nežádka 6 – 12 měsíců. (ZEMÁNEK, 2001)

3.4.4. Listí

Listí je tradiční zahradnický odpad využitelný pro kompostování. Ideální příprava pro kompostovací zakládku představuje smíchání podrceného listí z více druhů stromů. Některé druhy se rozkládají hůře, například listy dubu, topolu, jírovce, břízy a akátu.

Vlhkost směsi listí se pohybuje v rozmezí od 15 – 40 %, poměr C : N se pohybuje v rozmezí 31 – 48 : 1, což signalizuje nutnost přidání komponentů, jako třeba kejdy, hnoje nebo kuchyňského odpadu, zužující tento poměr.

Před založením zakládky je nutno komponenty důkladně promíchat s půdou, hnojem nebo kompostem v poměru 2 : 1. Doporučená výška by neměla být menší než 1,8 m, což je zásadní pro udržení optimální teploty a vlhkosti v kompostovacích zakládkách.

V případě potřeby mohou být kompostovací zakládky zvlhčené až na optimálních 45 %. Zrání kompostu se urychlí provzdušňováním a drcením, důsledkem je zvyšování styčného povrchu. V případě potřeby je možné ovlivňovat hodnotu pH pomocí vápna. Kompost z listí stromů je tmavý a příjemně voní zeminou. Může být použit všude tam, kde se používá rašelina, široké využití se nabízí například k přihnojování trávníků, parků, hřišť, ochraně před erozí, mulčování nebo jako zemina pro květiny a záhony. (ZEMÁNEK, 2001)

3.4.5. Travní odpady

Celkové množství travních zbytků roste úměrně s množstvím zvyšujících se ploch intenzivně ošetřovaných trávníků. Podle stupně intenzity jsou tyto travní plochy

sečeny 3x – 20x za sezónu a stále roste počet žacích strojů vybavených sběracím košem. Struktura posečené trávy je tvořena ústřížky o délce 15 – 20 mm. Vyšší obsah vody je způsoben jejím uvolněním z pletiv při přestřížení stébla. Vlhkost se tak pohybuje kolem 50 – 70 %. I z těchto důvodů není možné tuto hmotu zkrmovat. Čerstvě posečená tráva se tak stává nežádoucím odpadem.

Poměr C : N je 30 : 1 a je tedy příznivý pro kompostování. Objem hmoty z travníkových ploch se liší podle vzrůstu porostu, je však udáváno zhruba 20 – 25 m³ hmoty z plochy 1 ha.

Kompostování bez přídavku zeminy, substrátu, drcené slámy nebo štěpky je velmi problematické, neboť vrstva velmi rychle slehává a bez přístupu vzduchu je náchylná k anaerobním procesům a plísním. Zakládky s vyšším podílem travní hmoty je nutno častěji překopávat. (ZEMÁNEK, 2001)

3.4.6. Odpady ze zeleniny

Při produkci zeleniny, zejména při finalizaci, vzniká značné množství biologicky degradovatelných odpadů, stejně jako při jejím zpracování.

U kořenové zeleniny se jedná zejména o všechny nadzemní části, případně poškozené kořenové části, zbytky po čištění a podobně.

U plodové zeleniny je to nať i s kořeny, listy a plevelné rostliny.

U košťálové zeleniny jsou to listeny, košťály, kořeny a další nezpracovatelný podíl.

Tyto odpady zůstávají zpravidla po sklizni na povrchu pozemku, kde se běžně zaorávají. Jejich kompostování má smysl zejména tam, kde se posklizňové nebo na zpracovatelské lince finalizují a kde se odděluje dále nepoužitelný podíl.

Jedná se o velmi různorodé materiály, s poměrem C : N dosahujícím (30 – 40) : 1, zpravidla jsou velmi strukturní, často nevyžadují podrcení, jelikož jsou snadno rozmělněny již při první homogenizační překopávce, V zakládce kompostu je nutno více hlídat vlhkost, zejména při vyšším podílu dužnatých listů. (ZEMÁNEK, 2001)

3.4.7. Výlisky z jablek

Oproti matolinám, které jsou strukturní a zrnité, představují jablečné výlisky materiál, jehož kompostování je bez nasávací složky a na dusík bohatých komponent velice obtížné.

Výlisky z jablek tvoří nestrukturní materiál o vlhkosti 65 – 85 % s poměrem C : N (30 – 40) : 1.

Ideálním přídatkem je řezaná sláma, drcené révi, apod.. I při takto upravené zakládce mohou nastat problémy s urovnáním profilu a se zásobením vzduchem, zejména ve spodních částech zakládky. Proto v praxi bývá podíl jablečných výlisků v zakládkách nízký, zpravidla do 10 %. (ZEMÁNEK, 2001)

3.5. Metody zpracování kompostu

Z technologického hlediska je kompostování biologicky degradovatelných odpadů rozlišeno na tři základní způsoby výroby kompostů.

3.5.1. Kompostování na volné ploše

Kompostování v pásových hromadách

Jde o technologii u které jsou suroviny určené ke zkompostování ukládány ve vrstvách do pásových hromad trojúhelníkového nebo lichoběžníkového průřezu na vodohospodářsky zabezpečených plochách. Délka pásové hromady je zpravidla omezena délkou pozemku, na kterém se vyskytuje.

Velikost pásové hromady je dána především tvarem profilu zakládky, avšak obecně platí že rozměry jsou minimálně 2,0 m do šířky, ale běžná šířka se pohybuje od 2,5 do 4,0 m a může dosahovat až 6,0 m v případě trojúhelníkového profilu zakládky. Výška hromad je přizpůsobena materiálu použitému na tvorbu zakládky, obecně však v rozmezí od 1,0 m až do 2,5 m. (PLÍVA, 2012).

Překopávání je prováděno mechanicky pomocí techniky adekvátní k velikosti překopávané zakládky. Pro tento účel jsou nástroje pro připojení k traktoru a to jak nesené a tažené, tak i specializované stroje určené pouze pro překopávání kompostových zakládek.

Kompostování v plošných hromadách

Plošné komposty bývají, s ohledem na jejich výšku okolo 50 cm, překopávány hlubokou orbou. Zakládají se vrstevnatě z chlévské mrvy, posklizňových zbytků a dalších organických hmot. Zavlažují se většinou močůvkou. Výhodné je zakládání těchto kompostů na souvratích, kde je možno tyto komposty po dobu prvních 2 - 3 let používat jako tučný hon pro pěstování teplomilných zelenin či krmných plodin, při čemž obdělávání těchto kultur nahrazuje zčásti překopávku.

Nevýhodou je nedostatečná možnost regulace kompostovacích procesů a dlouhá doba kompostování. Tento způsob kompostování však nevyžaduje žádnou speciální mechanizaci a zabezpečuje dokonalé využití prostoru (ŠLEJŠKA, 1997).

3.5.2. Intenzivní kompostování

Kompostování v biofermentorech (bioreaktorech)

Kompostování v biofermentorech je zpravidla realizováno v uzavřených zařízeních kontejnerového typu. Biofermentory bývají tepelně izolované a mohou mít různé tvary. Pro vzdušňování je realizováno pomocí ventilační jednotky, jež přivádí vzduch do spodních vrstev kompostovaného materiálu (PARTLOVA, 2016).

Zpravidla se jedná o objemná zařízení dosahující 8,0 – 10,0 m průměrů a až 7,0 m výšky. Zařízení pro správné zajištění kompostovacího procesu rotuje a současně tím napomáhá odvádění zplodin ven ze z bioreaktoru.

Kompostování v boxech

Kompostování zejména v boxech (kompostérech) se doporučuje všude tam, kde je k dispozici málo prostoru pro zřízení zakládky nebo v případě menšího objemu surovin vhodných ke kompostování. (KALINA, 2004).

Kompostovací box může být sestaven z různých materiálů. Běžně jsou na trhu k dispozici kompostéry v plastovém provedení, ale je možno získat i hliníkový kompostér. Nevýhoda plastových kompostérů spočívá zejména v postupné degradaci použitých plastů. Pro kompostování v domácích podmínkách však může postačovat i kompostér vyrobený ze dřeva. Kompostéry jsou boxy bez dna a mohou být opatřeny bočními dvířky a měly by disponovat víkem, zamezujícím úniku vlhkosti.

Kompostování ve žlabech

Kompostovací prostory jsou polodlouhé ve formě žlabů a vyplněné kompostem. Nad těmito žlaby se pohybuje překopávací zařízení (MACHOVA, 2006).

Zavážení materiálu probíhá z jedné strany, při překopávání je materiál postupně posunován napříč žlabem až k vyskladňovacímu konci. (PARTLOVA, 2016)

3.5.3. Kompostování ve vacích

Kompostování ve vacích probíhá přibližně podobným způsobem jako u běžného kompostování v pásových hromadách. Výhodou kompostování ve vacích je zejména uzavřený systém, díky kterému je možné celý kompostovací proces plně řídit (KALINA, 2004).

Pro správně fungující kompostování ve vacích je nutné mít příslušné vybavení. Počínaje kompostovacím vakem, přes aerační hadice až po ventilační jednotku, regulační jednotku a sondy pro měření parametru vně pytlů. Vaky jsou určeny pouze pro jednorázové použití, po dokončení kompostovacího procesu se musí pro vyprázdnění rozříznout, což zamezuje jejich dalšímu použití.

Kompostovací proces ve vacích je možno řídit pomocí ventilační jednotky, buďto manuálně, ručním měřením a spínáním, nebo automaticky, spínáním v závislosti na signálu přijímaném z teploměru vně vaku. (MEJZLÍK, 2013)

3.5.4. Vermikompostování

Vermikompostování (z latinského vermis - červ) je považováno některými odborníky za nejpokročilejší techniku kompostování. Jedná se o proces, při kterém dochází pomocí žížal (kroužkovců) k přeměně organických surovin (bioodpadů) na suroviny podobné humusu nazývané vermikompost, někdy též biohumus (PLÍVA, 2015)

Vermikompostování využívá schopnost některých druhů dešťovek (*Eisenia fetida*, *E. andrei*, *Lumbricus rubellus*, *Eudrilus eugenie*, *Perionyx excavatus* atd.) zintenzivňovat mikrobiální procesy v organické hmotě. Zjednodušeně by se dalo říci, že jsou to malé biofermentory s kontinuálním chodem, které ještě navíc přispívají k udržení rovnoměrné vlhkosti a provzdušňování vermikompostu (ŠLEJŠKA, 1997).

HLAVATÁ (2004) uvádí že u kompostů získaných za pomoci žížal je dosaženo vyššího stupně přeměny organické hmoty než u běžného kompostu.

Klasická metoda vermikompostování spočívá v přidávání 2-3 cm substrátu (nejlépe předkompostovaného) každý týden na vermikompostovací lůžko. Existují však i metody výroby vermikompostu v na sobě poskládaných boxech, či v automatických vermikompostérech s násypkou substrátu v horní části a cyklickým odebíráním vermikompostu ze spodku vermikompostéru pomocí pohyblivého síta (ŠLEJŠKA, 1997).

Při pokusu v rámci projektu NAZV Q191C199 pod záštitou Ministerstva Zemědělství byla zjištěna největší biomasa v podobě žížal na kompostové základce složené z kuchyňského odpadu a papíru. Papír se zdá být vhodný materiál pro kompostování pomocí žížal, pro jejich schopnost rozkládat svými enzymy celulózu (HANČ, 2013).

3.6. Hodnocení kvality kompostu

Kvalita kompostu může být hodnocena podle zákona č. 156/1998 Sb. o hnojivech, respektive podle vyhlášky 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva.

Vyhláška vychází z normy ČSN 46 5735 (tab. 19).

Vlhkost kompostu má být v rozmezí 40 – 65 %. Celkový obsah spalitelných látek má dosahovat minimálně 25 %. Zbytkové organické látky mají být obtížně využitelné, případně přeměněné do humusové formy.

Zralý kompost by měl obsahovat alespoň 0,6 % dusíku, poměr mezi zastoupením dusíku a uhlíku nemá přesahovat 30 : 1. Zralý kompost má vykazovat neutrální pH. Jedním z nejdůležitějších kritérií je obsah patogenních a potencionálně patogenních bakterií. Kvalitní kompost nesmí obsahovat žádné bakterie rodu *Salmonella*, celkové počty koliformních bakterií a enterokoků nesmí přesáhnout 10^3 v 1g kompostu. (TESAŘOVÁ, 2010)

Současně je důležité aby byl kompost nezávadný z hlediska stopových toxických prvků. Obsah prvků je nutné dodržovat v souladu s ČSN 46 5735 (tab. 4). Podle obsahu těchto látek se potom kompost třídí do tří jakostních tříd. V závislosti na označení jakosti je potom možno kompost využít pro určitý typ půdy. (VÁŇA, 1994)

3.7. Využití kompostu

Kompost je možné využít pro zlepšení pudních podmínek a pozitivní ovlivnění úrody. Je také obecně dobrým prostředkem pro mulčování nebo se dá použít i jako zemina do květníku. Je však možné kompost i luhovat a vytvořit kompostový čaj. U běžného užití kompostu do půdy se doporučuje jej nejdříve přesít. Pro půdu je vhodné užití libovolného množství kompostu, platí čím více, tím lépe. (FLOWERDEW, 2011)

3.7.1. Kompostový čaj

Jedná se o velice kvalitní hnojivo vytvořené vodním výluhem z kompostu, který je celou dobu přípravy, takzvaného vaření, patřičně provzdušňován. Během vaření kompostového čaje se udržuje teplota nepřesahující 23°C. Při těchto teplotách se velice daří celé škále aerobních mikroorganismů, které se v kompostovém čaji množí. V jednom gramu hotového kompostového čaje se může nacházet kolem 500 000 druhů pro rostlin přínosných hub a mikrobů. V tom stejném množství čaje se současně nachází jedna miliarda přínosných aerobních bakterií.

Podněcováním bohatého mikrobiálního života uvnitř kompostového čaje a jeho následnou aplikací do půdy, zlepšujeme velkou měrou celkový zdravotní stav půdy a z toho plyne i razantně vyšší vitalita rostlin. Není však nutné kompostový čaj využívat pouze jako zálivku. Vzhledem k jeho vysoce organické povaze může být užitý i jako účinný biopostřik. (REMILLARD, 2010)

3.7.2. Aplikace do půdy

Kompostové produkty jsou tradičně využívány v zahradnictví a zemědělství pro svou schopnost zlepšovat pudní podmínky a zlepšuje růst rostlin. Kompost zlepšuje pudní fyzikální a chemické vlastnosti, které hrají důležitou roli v rostlinné výrobě. Příklad kompostu poskytuje lepší podmínky pro kořenový systém. Z tohoto důvodu je kompost někdy označován jako „pudní kondicionér“. (PEREIRA, BOLIN, 2009)

Kompost je nejstarším a nejpřirozenějším prostředkem ke zlepšování půdy, který je znám (KALINA, 2004). ŠARAPATKA et al. (2002) řadí ošetření půdy kompostem mezi tzv. pudní revitalizace.

Finální kompost je chladný, je tvořen zhruba jednou třetinou původního objemu a má „zemitou“ vůni. Aplikace nezrálého kompostu může mít negativní účinky, jako

například odstraňování živin z půdy z důvodu pokračujícího rozkladného procesu. Nevyzrálý kompost může vykazovat i fyto toxické účinky. (ZORPAS, 1999)

Kompost zlepšuje celou řadu fyzikálních vlastností půdy. Kompost má pozitivní vliv na zvyšování agregace půdy a snižuje její kompaktnost. Kompost také zvyšuje pórovitost půd a tedy i jejich provzdušnění. Všechny tyto podmínky pomáhají růstu rostlin. (ZORPAS, 1999)

Přídavek kompostu do půdy má pozitivní vliv na zvýšení vodní kapacity půdy a tím poskytuje vyšší vodní přístupnost pro rostliny. Kompost aplikovaný do půdy odstraňuje půdní krusty a zvyšuje propustnost vody. Tím je redukováno odplavování půdy a její eroze. (PEREIRA, BOLIN, 2009)

Kompost má vliv i na zlepšování chemických vlastností půdy. Kompost poskytuje hojnost organického uhlíku. Toto zvyšování obsahu organického uhlíku má za následek zlepšování kationové výměnné kapacity. Zlepšení kationové výměnné kapacity přímo ovlivňuje potenciální úrodnost půd. (ZORPAS, 1999)

Hodnota pH dosahuje u stabilních kompostů hodnot 6,5 – 7,5. Přídavek kompostu do půdy může snížit nebo zvýšit kyselost půdy na tuto hodnotu. Kyselost půdy ovlivňuje rozpustnost kovů v půdě, příjem prvků rostlinami, růst rostlin, výskyt půdních mikrobů a mnoho dalších reakcí. (PEREIRA, BOLIN, 2009)

Hodnota EC, elektrická vodivost, je další důležitý faktor. Hodnota EC určujeme množství solí v půdním roztoku. Salinita půdy může negativně ovlivňovat klíčení semen a růst rostlin. Přídavek kompostu do půdy může zapříčinit zvýšení hodnoty EC, tím může dojít k nadměrnému zasolení půdy a nepříznivému vlivu na rostliny. Toto může být jednoduše napraveno louhováním kompostu před jeho aplikací.

Kompost obsahuje nízké hodnoty hlavních živin N, P a K. Současně obsahuje množství esenciálních stopových prvků nezbytných pro růst plodin. (ZORPAS, 1999)

U pokusu na substrátech z hlinité a hlinitopísčité půdy byl v nádobových pokusech sledován vliv dávek dvou typů kompostu na změnu objemové hmotnosti, vododržnosti a hydraulické vodivosti. U objemových hmotnosti a vlhkosti substrátu byla zjištěna lineární závislost na podílu kompostu v substrátu. Ze směrníc lineárních trendů zvyšování vlhkosti substrátu v závislosti na přídatku kompostu lze předpokládat

že dávky kompostu 40 až 100 tun na hektar (pro dosažení zastoupení 2-4% hmotnosti kompostu v substrátu) zvýší vododržnost ornice o 1 až 5 mm dešťové srážky. (KOVAŘÍČEK, 2010).

Výsledky hodnocení fyzikálních vlastností půdy a penetračního odporu půdy v maloparcelkovém polním pokusu v roce 2008 a 2009 ukazují na přínos vysoké dávky kompostu ke zlepšení prostorového uspořádání půdní hmoty ve vrstvě ornice, do které byl kompost zapraven. (HŮLA, 2010). MAREŠOVÁ (2009) popisuje zlepšení snížení objemové hmotnosti zeminy v závislosti na dávce použitého a zapraveného kompostu.

3.7.3. Biomilíř

Zejména v posledních několika letech je stále oblíbenější využívat kompostér jako takzvaný biomilíř. Biomilíře jsou zakládky o velkém objemu materiálu a jejich odpadní teplo může být využíváno pro vytápění budov nebo skleníků. Princip biomilíře objevil a začal využívat francouzský agronom Jean Pain. (BROWN, 2014)

Biomilíře o menším objemu se sice velmi rychle zahřejí na vysokou teplotu, ale mají také tendence relativně rychle zchladnout na 30°C. Proto se hodí zejména pro účely krátkodobých dodávek tepla. Tohle se týká zejména biomilířů do objemu 20 m³, kvůli malému množství materiálu se tyto menší zakládky nehodí pro využívání v průběhu zimního období, ale je s nimi možné vytápět například bazén, nebo sušárnu ovoce. Pro využívání biomilíře v průběhu zimních měsíců je nutné zajistit dostatečné množství materiálu.

Výhodou využití biomilířů není jen výroba tepla. Po skončení kompostovacích procesů navíc získáme množství velmi kvalitního substrátu, připraveného k dalšímu zemědělskému využití.

Při testu VÚZT bylo sestaveno experimentální zařízení, které pracovalo s podtlakovým sběrem vzdušiny ze zakládky. Zařízení bylo zkonstruováno pro použití společně s kompostovací zakládkou ve formě pásové hromady. Výhřevnost sledovaných kompostů však nepřesáhla 7 MJ.kg⁻¹, což je téměř dvakrát méně než výhřevnost dřevní štěpky. (ROY, 2014)

4. Materiál a metodika

4.1. Přístroje a zařízení

Experiment využívá přesná zařízení pro stanovení váhy, určení teploty a vlhkosti. Jedná se zejména o kompostovací zařízení užitá k experimentální zakládce a měřicí zařízení určené ke stanovování údajů o vlhkosti a teplotě. Pro správné zvážení surovin je použita váha s dostatečnou přesností.

Kompostér

Charakteristika kompostéru :

- materiál: polypropylen
- barva: černá
- objem: 380 l
- rozměry základny: 720 x 720 mm
- výška: 820 mm
- tloušťka stěn: 2 mm
- Váha: 7 kg

Obrázek 1 : Kompostér



Decimální váha

Pro vážení surovin je použita decimální váha na ovoce.

Charakteristika váhy :

- Váživost: 200 kg
- Přesnost: ± 100 g
- Rozměr vážící plochy: 540 x 540 mm

Obrázek 2: Váha



Vpichovací teploměr

Jako teplotní sonda je použit tyčový teploměr značky PFEUFFER. Tento teploměr disponuje velkým LCD displayem a stabilní tyčí ze skleněných vláken. Na konci tyče je kovový hrot opatřený teplotním snímačem. Po zapíchnutí do měřeného materiálu se odečte hodnota a následně se pomocí madla teploměr jednoduše vyjme.

Charakteristika teploměru

Výrobce: PFEUFFER

Délka tyče: 150 cm

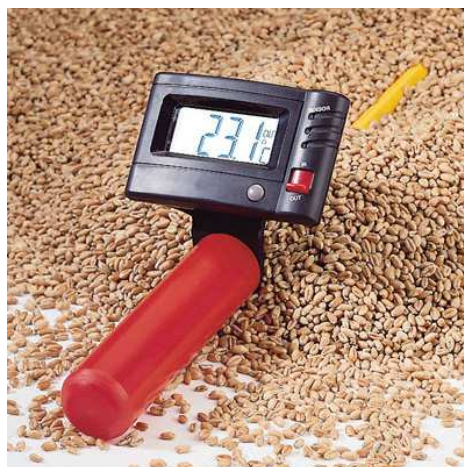
Měřicí rozsah: - 10 až 70 °C

Přesnost: ± 1 °C

Napájení: Baterie 1,5 V

Hmotnost: 350 g

Obrázek 3: Teploměr



Půdní vlhkoměr

Jako vlhkostní sonda je použit snímač půdní vlhkosti VIRRIB LP A celkem ve čtyřech kusech. Pro každou zakládku je samostatný půdní snímač vlhkosti. Snímač je složen ze dvou soustředných kruhů z nerezové oceli, spojených v tělese snímače, kde je umístěna elektronická část. Elektronika spolu s nerezovými kruhy je mechanicky fixována hmotou, která rovněž zabraňuje pronikání vody k elektronice. Snímač je nerozebíratelný. Půdní sondy disponují alespoň metrovým přívodním kabelem, který zajišťuje pohodlné připojení vyhodnocovací jednotky.

Obrázek 4: Vlhkoměr



Pro odečítání hodnot vlhkosti je zapotřebí vyhodnocovací jednotka VIRRIB LP, jednotka je připojena k půdnímu snímači a po stisknutí ovládacího tlačítka dojde k zobrazení aktuálních hodnot vlhkosti v objemu zhruba 15 – 20 litrů v bezprostředním okolí soustředných nerezových kruhů.

Charakteristika vlhkoměru

Výrobce: AMET

Napájení: 5,5 – 18 V (9 V baterie)

Výstup: proudovou smyčkou 0 – 5 mA,
0-2,5 V

Rozsah měření: 5 – 50 % obj. vlhkosti

Přesnost měření: méně než 0,01 m³ .m⁻³

Obrázek 5: Přeprava materiálu



Doplňky

Geotextilie

Zejména jako protiopatření proti ztrátám tepla je použita geotextilie, jako částečná ochrana před výkyvy počasí, zejména v zimních měsících.

Přepavní nádoby

Pro přepravu a vážení materiálu byly užity červené plastové bedny o nosnosti 30 kg, užívané zejména ve vinařské produkci.

Obrázek 6 : Vážení a značení surovin



4.2. Popis zakládek

Celkem 4 experimentální zakládky jsou umístěny v areálu firmy Velkobílovická vína s.r.o. jenž sídlí v obci Velké Bílovice. Lokalita zakládek se nachází na konci obce, v nadmořské výšce 192 metrů. Zakládky jsou situovány do zastřešeného prostoru aby nebyly ovlivňovány srážkovou vodou. Vzhledem k malému objemu použitých materiálů ke zkompostování jsou zakládky opatřeny geotextilií aby nedocházelo k únikům tepla.

Zakládky jsou dle potřeby zalévány a překopávány.

Složení zakládek je voleno s ohledem na různé procentuální zastoupení matolin (výlisků) a ostatních biologicky degradovatelných materiálů z rostlinné i živočišné produkce, v každé jednotlivé základce.

Materiál pro každou základku je zvážěn na dostatečně přesné váze a následně aplikován s ostatními surovinami do kompostéru, kde je následně homogenizován pro rychlejší a plynulejší započítí kompostovacího procesu.

Hmotnost každé základky byla omezena na 75 kg.

Stanovení obsahu surovin užitých při zkompostování na experimentální základce bylo stanoveno na základě tabulek dle literatury: „Optimalizace surovinové skladby kompostu“ (VAŇA, 1994).

Tabulka 1 : Procentuální složení materiálu zákládek

| Zakládka | Matoliny | Sláma | Kejda | Hoblíny |
|----------|----------|-------|-------|---------|
| | [%] | | | |
| 1 | 40,00 | 25,00 | 10,00 | 25,00 |
| 2 | 60,00 | 15,00 | 10,00 | 15,00 |
| 3 | 80,00 | 10,00 | 5,00 | 5,00 |
| 4 | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Obrázek 7: Vážení a příprava surovin



Obrázek 8 :Experimentální zakládky



4.3. Sledování a měření

Zakládky jsou sledovány a je měřena jejich vlhkost a teplota. Tyto hodnoty jsou měřeny prvních 21 dní s četností 2 měření za den. První měření je realizováno v 6 hodin ráno, druhé o 12 hodin později, v 18 hodin večer. Po uplynutí 21 dní je snížena četnost měření na jedno měření denně. Každodenní měření takto trvá další dva týdny. Jelikož v zimním období v zakládkách nedochází k razantním vývojům teplot, je četnost snížena na 2 měření za týden. Ke konci pouze na jedno měření týdně. Celkem je provedeno 102 měřících procesů. Při každém měření jsou změřeny tři hodnoty teplot kompostovaného materiálu ve třech výškách, nejprve těsně pod povrchem, poté ve středu a poslední měření je realizováno ve spodní části zakládky. Při každém měřícím procesu probíhá i měření vlhkostí. Samotné měření vlhkosti probíhá pomocí statické sondy umístěné zhruba ve středu kompostové zakládky.

Měření teploty a vlhkosti je zpracováno dle harmonogramu:

BLOK 1 – Měření prvních 21 dnů, s celkovým počtem 42 měření

BLOK 2 – Měření do konce experimentu, s celkovým počtem 60 měření

BLOK 3 – Měření napříč celým experimentem, s celkovým počtem 102 měření

4.4. Vyhodnocení vzorku

Vyhodnocení bylo provedeno v laboratoři VÚZT Troubsko. Byl laboratorně stanoven obsah uhlíku a dusíku, hodnota pH a vlhkost ve finálním kompostu.

Stanovení obsahu N

10 g čerstvého vzorku se zalije 30 ml koncentrované kyseliny sírové, přidá se peroxid vodíku a spaluje se na mineralizátoru do odbarvení vzorku. Poté se převede do 250 ml odměrných baněk, doplní destilovanou vodou a měří se dle Kjeldahla na přístroji Vapodest (DVOŘÁČKOVÁ, 2014).

Stanovení obsahu popelovin

Při spalování v elektrické peci, jsou misky vloženy do pece za studena a potom je pozvolna zvyšována teplota na 200-300 °C až hmota zuhelnatí. V zbylý zuhelnatělý zbytek v misce je následně dožihán při teplotě 550 °C, až dostane šedobílou barvu. Po vyžihání se nechá vychladnout v exikátoru a váží se s přesností na 0,001 g. Žihá se do konstantní hmotnosti popela.

Stanovení pH

V kádince se připraví suspenze půdního roztoku a destilované vody. Následně se tato suspenze přefiltruje. Titrát se následně měří pomocí universálního indikátorového papírku.

Stanovení vlhkosti

Vlhkost je stanovena vysoušením v průběhu stanovení obsahu popelovin.

5. Výsledky

5.1. Stanovení obsahu látek v surovinách pro zkompostování

Stanovené hodnoty jsou vyobrazeny v tabulkách :

Tabulka 2 : Surovinová skladba experimentální Zakládky 1

| Celková váha (kg) | 75,00 | | Obsah látek v sušině | | | | Hmotnost látek | | |
|-------------------|-----------|---------|----------------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| Surovina | Hm. podíl | Vlhkost | Org. Látky | Uhlík | Dusík | Voda | Org. Látky | Dusík | Σ |
| | | | [%] | | | [kg] | | | |
| Matoliny | 40,00 | 40,00 | 90,00 | 45,00 | 0,70 | 12,00 | 16,20 | 0,21 | 30,00 |
| Sláma obilovin | 25,00 | 15,00 | 95,00 | 47,50 | 0,40 | 2,81 | 15,14 | 0,08 | 18,75 |
| Kejda prasat | 10,00 | 95,00 | 75,00 | 37,50 | 5,50 | 7,13 | 0,28 | 0,41 | 7,50 |
| Hoblíny/Štěpka | 25,00 | 30,00 | 98,00 | 49,00 | 0,10 | 5,63 | 12,86 | 0,02 | 18,75 |
| Σ | 100,00 | - | - | - | - | 27,56 | 44,48 | 0,72 | 75,00 |

Celkový poměr C : N činí 36,4 : 1.

Tabulka 3 : Surovinová skladba experimentální Zakládky 2

| Celková váha (kg) | 75,00 | | Obsah látek v sušině | | | | Hmotnost látek | | |
|-------------------|-----------|---------|----------------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| Surovina | Hm. podíl | Vlhkost | Org. Látky | Uhlík | Dusík | Voda | Org. Látky | Dusík | Σ |
| | | | [%] | | | [kg] | | | |
| Matoliny | 60,00 | 40,00 | 90,00 | 45,00 | 0,70 | 18,00 | 24,30 | 0,32 | 45,00 |
| Sláma obilovin | 15,00 | 15,00 | 95,00 | 47,50 | 0,40 | 1,69 | 9,08 | 0,05 | 11,25 |
| Kejda prasat | 10,00 | 95,00 | 75,00 | 37,50 | 5,50 | 7,13 | 0,28 | 0,41 | 7,50 |
| Hoblíny/Štěpka | 15,00 | 40,00 | 98,00 | 49,00 | 0,10 | 4,50 | 6,62 | 0,01 | 11,25 |
| Σ | 100,00 | - | - | - | - | 31,31 | 40,28 | 0,78 | 75,00 |

Celkový poměr C : N činí 30,55 : 1.

Tabulka 4 : Surovinová skladba experimentální Zakládky 3

| Celková váha (kg) | 75,00 | Obsah látek v sušině | | | | | Hmotnost látek | | |
|-------------------|-----------|----------------------|------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| Surovina | Hm. podíl | Vlhkost | Org. Látky | Uhlík | Dusík | Voda | Org. Látky | Dusík | Σ |
| | | | [%] | | | | [kg] | | |
| Matoliny | 80,00 | 40,00 | 90,00 | 45,00 | 0,70 | 24,00 | 32,40 | 0,42 | 60,00 |
| Sláma obilovin | 10,00 | 15,00 | 95,00 | 47,50 | 0,40 | 1,13 | 6,06 | 0,03 | 7,50 |
| Kejda prasat | 5,00 | 95,00 | 75,00 | 37,50 | 5,50 | 3,56 | 0,14 | 0,21 | 3,75 |
| Hobliny/Štěpka | 5,00 | 40,00 | 98,00 | 49,00 | 0,10 | 1,50 | 2,21 | 0,00 | 3,75 |
| Σ | 100,00 | - | - | - | - | 30,19 | 40,80 | 0,66 | 75,00 |

Celkový poměr C : N činí 31,08 : 1.

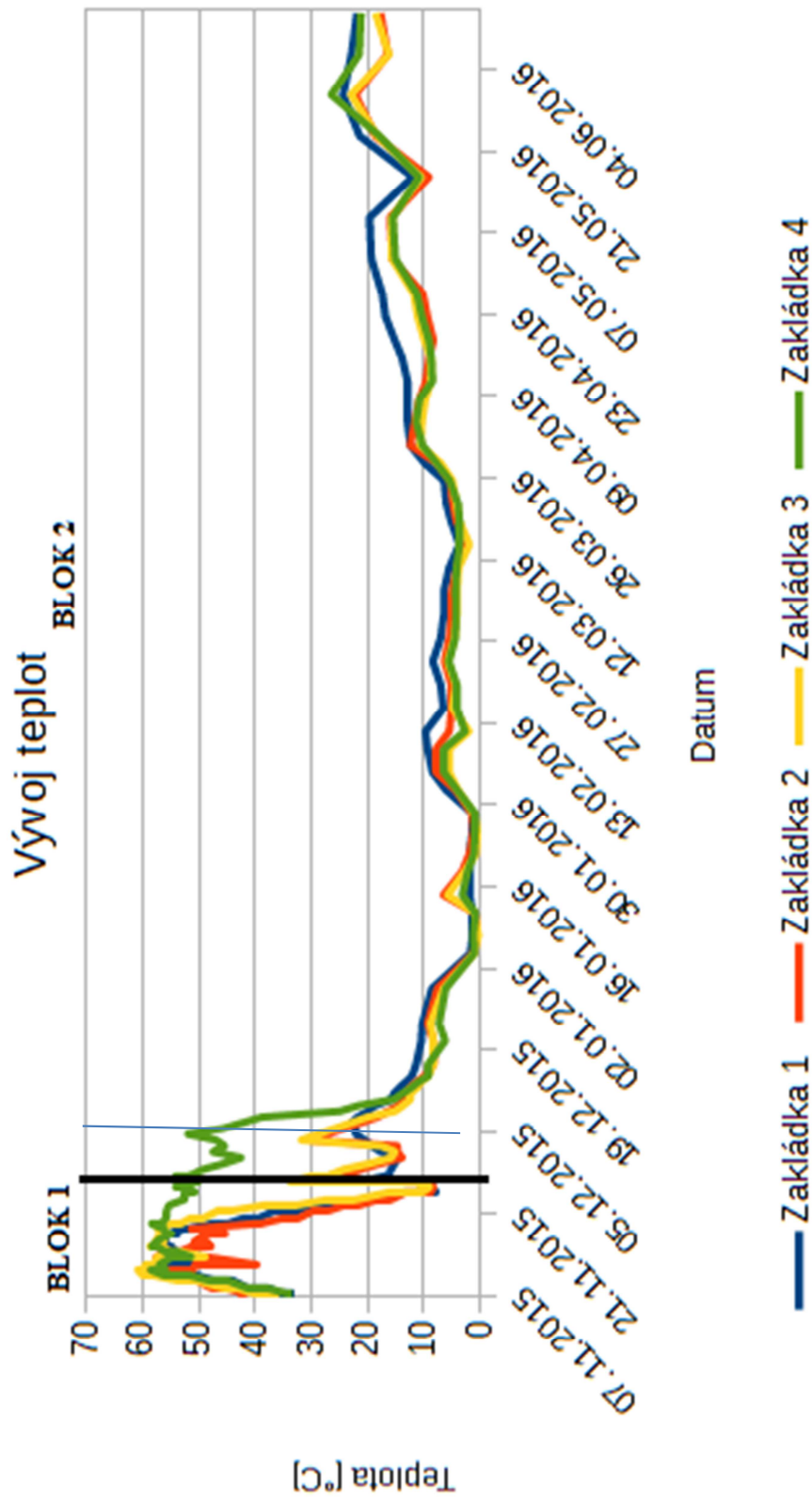
Tabulka 5 : Surovinová skladba experimentální Zakládky 4

| Celková váha (kg) | 75,00 | Obsah látek v sušině | | | | | Hmotnost látek | | |
|-------------------|-----------|----------------------|------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| Surovina | Hm. podíl | Vlhkost | Org. Látky | Uhlík | Dusík | Voda | Org. Látky | Dusík | Σ |
| | | | [%] | | | | [kg] | | |
| Matoliny | 100,00 | 40,00 | 90,00 | 45,00 | 0,80 | 30,00 | 40,50 | 0,60 | 75,00 |
| Σ | 100,00 | - | - | - | - | 30,00 | 40,50 | 0,60 | 75,00 |

Celkový poměr C : N činí 32,14 : 1.

5.2. Sledování kompostovacího procesu

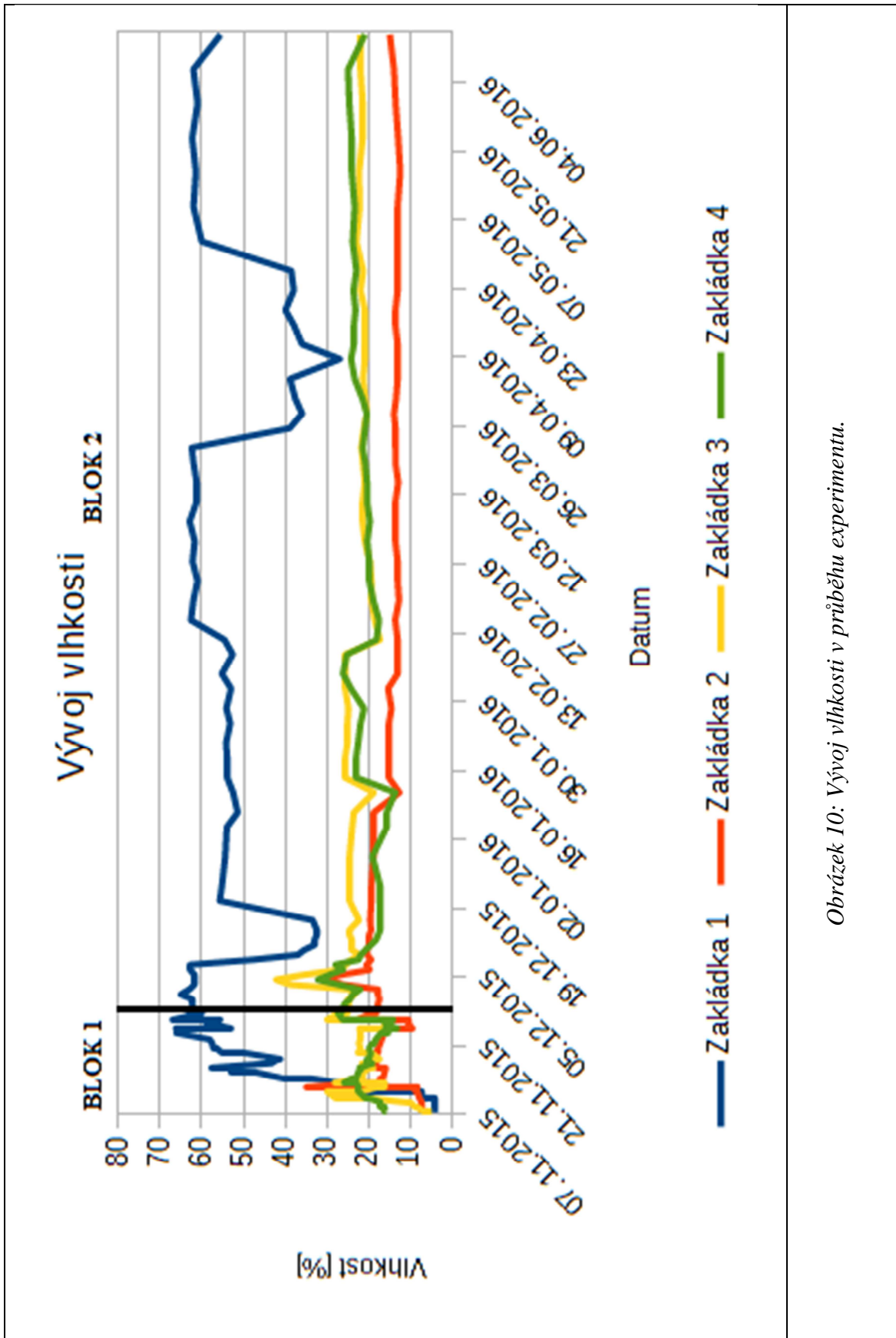
5.2.1. Sledování teploty



Obrázek 9: Vývoj teplot v průběhu experimentu.-.

V grafech jsou znázorněny vývoje teplot experimentálních zakládek. Je patrné že v prvních bylo dosaženo nejvyšší teploty Zakládkou 3. Nejdéle si vyšší hodnoty teploty dokázala udržet Zakládka 4. V pozdějších fázích vykazovala nejvyšší teploty Zakládka 1.

5.2.2. Sledování vlhkosti



Obrázek 10: Vývoj vlhkosti v průběhu experimentu.

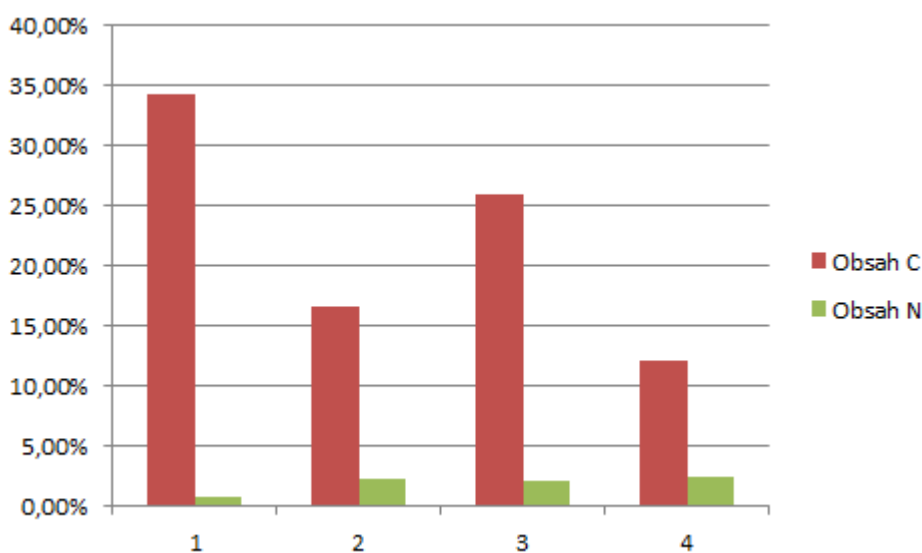
Jak je z grafů patrné, nejvyšší vlhkost si po celou dobu držela Zakládka 1. Vzhledem k nejnižšímu naměřenému obsahu dusíku v této zakládce, je pravděpodobné že kompostovací proces zde byl zastaven nadměrou vlhkostí. V ostatních zakládkách se vlhkost držela mezi 10 – 20 % vlhkosti, nárůst vlhkosti byl zaznamenán pouze v souvislosti se zavlažením, avšak jednalo se pouze o nárazový jev.

5.3. Rozbor hotového kompostu

Po ukončení měření byl, z centrální části každé zakládky, odebrán vzorek kompostu, který byl odeslán ke zpracování do Výzkumného ústavu pícninářského v Troubsku. Zde bylo provedeno laboratorní vyhodnocení na obsah popelovin, obsah dusíku, vlhkost materiálu a hodnot pH. Postup vyhodnocení probíhal tak jak je popsáno v metodice.

Tabulka 6 : Výsledky laboratorních rozborů hotového kompostu

| Zakládka | Obsah C [%] | Obsah N [%] | Vlhkost [%] | pH | Poměr C:N |
|----------|-------------|-------------|-------------|-----|-----------|
| 1 | 34,35 | 0,83 | 59,36 | 6,1 | 41,39 |
| 2 | 16,59 | 2,23 | 63,24 | 5,8 | 7,44 |
| 3 | 25,99 | 2,11 | 58,38 | 6,5 | 12,32 |
| 4 | 12,19 | 2,42 | 61,08 | 6,4 | 5,04 |



Obrázek 11: Obsah dusíku a uhlíku v hotovém kompostu

5.4. Hodnocení kompostovacího procesu

Na základě sledování průběhu vývoje teplot a vlhkosti uvnitř experimentálních zakládek, byla vytvořena statistická zpracování. V tabulkách žlutě označené hodnoty popisují rozdíly statisticky vysoce významné. Zeleně označené hodnoty popisují rozdíly statisticky významné. Červeně označené hodnoty popisují rozdíly statisticky nevýznamné.

Vyhodnocení kompostovacího procesu bylo stanovováno dle bloků.

Blok 1 – prvních 21 dní, 42 opakování měření, jedná se o neaktivnější část kompostovacího procesu, při kterém dochází k velkému množství drobných rozkladných procesů, které mají za následek tvorbu velkého množství odpadního tepla. Díky vlhkosti mají organismy ideální prostředí pro vývoj. Byly proto sledovány jak teplota, tak vlhkost a na základě hodnot vlhkosti a zprůměrovaných hodnot teploty byly zpracovány dvou výběrové párové t-testy napříč hodnotami. Byly nalezeny vysoce prokazatelné statistické rozdíly mezi všemi hodnotami.

V zakládkách stoupla teplota nad 45 °C po dobu delší než 5 dní. Což znamená, že kompost prošel sterilizací a je vyčištěn od choroboplodných zárodků (VÁŇA, 1994).

Blok 2 – zbývající počet dní, celkem 60 opakování měření, jedná se o méně aktivní část kompostovacího procesu, dochází při ní k přeměně látek v kompostovaném materiálu, ke konci měření již dochází k fázi syntézy – dozrávání kompostu. Měření prokázalo, že v zimních měsících nebyly zakládky schopny generovat dostatečně množství tepla, a přestože byla použita geotextilie k jejich zakrytí, tak došlo k jejich vychladnutí a zastavení kompostovacích procesů uvnitř zakládky. Nedostatek generovaného tepla je způsoben zejména malým objemem materiálu v zakládce. Proto kompostovací proces probíhal déle, než se předpokládalo. Byla sledována vlhkost i teplota, avšak s menší četností než u Bloku 1. Na základě hodnot vlhkosti a zprůměrovaných hodnot teploty byly zpracovány dvou výběrové párové t-testy napříč hodnotami. Byly nalezeny vysoce prokazatelné statistické rozdíly mezi všemi hodnotami.

Blok 3 – je ucelený soubor všech provedených měření teplot i vlhkosti na všech experimentálních zakládkách, celkem se jedná o 102 opakování měření. Jsou

zpracovány hodnoty vlhkosti a zprůměrované hodnoty teploty a je stanoveno statistické vyhodnocení pomocí dvou výběrového párového t-testu. Vyhodnocení prokázalo vysoce statisticky průkazné statistické rozdíly napříč hodnotami.

5.3.1. Blok 1 – statistické vyhodnocení

Tabulka 7 : Dvou výběrový párový t-test Blok 1 - teplota

| t-stat | Zakládka 1 | Zakládka 2 | Zakládka 3 | Zakládka 4 |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| Zakládka 4 | 5,64942 | 6,2050 | 3,7825 | - |
| Zakládka 3 | 8,20283 | 6,3721 | - | - |
| Zakládka 2 | 1,35811 | - | - | - |
| Zakládka 1 | - | - | - | - |

Tabulka 8 : Dvou výběrový párový t-test Blok 1 - vlhkost

| t-stat | Zakládka 1 | Zakládka 2 | Zakládka 3 | Zakládka 4 |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| Zakládka 4 | 5,7139 | 6,6399 | 0,6578 | - |
| Zakládka 3 | 6,5264 | 4,900 | - | - |
| Zakládka 2 | 6,5264 | - | - | - |
| Zakládka 1 | - | - | - | - |

Jak je z tabulky patrné, téměř párové t-testy byly statisticky vysoce významné. Mezi hodnotami jsou tedy vysoce významné statistické rozdíly.

5.3.2. Blok 2 – statistické vyhodnocení

Tabulka 9 : Dvou výběrový párový t-test - Blok 2 - teplota

| t-stat | Zakládka 1 | Zakládka 2 | Zakládka 3 | Zakládka 4 |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| Zakládka 4 | 1,9355 | 3,4030 | 3,5496 | - |
| Zakládka 3 | 3,9900 | 0,9310 | - | - |
| Zakládka 2 | 4,1195 | - | - | - |
| Zakládka 1 | - | - | - | - |

Tabulka 10 : Dvou výběrový párový t-test - Blok 2 - vlhkost

| t-stat | Zakládka 1 | Zakládka 2 | Zakládka 3 | Zakládka 4 |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| Zakládka 4 | 21,2880 | 10,1037 | 3,4440 | - |
| Zakládka 3 | 19,5294 | 14,9845 | - | - |
| Zakládka 2 | 23,2513 | - | - | - |
| Zakládka 1 | - | - | - | - |

Jak je z tabulky patrné, v případě dvou výběrových párových t-testů týkajících se teploty, byly neprůkazné pouze dvě hodnoty, ostatní byly statisticky vysoce průkazné. Kvantil pro testovou hladinu 0,01 byl stanoven na 2.661758. Pro vyhodnocení vlhkosti byly statisticky vysoce průkazné všechny hodnoty.

5.3.3. Blok 3 – statistické vyhodnocení

Tabulka 11 : Dvou výběrový párový t-test - Blok 3 - teplota

| t-stat | Zakládka 1 | Zakládka 2 | Zakládka 3 | Zakládka 4 |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| Zakládka 4 | 5,1944 | 6,4817 | 5,2365 | - |
| Zakládka 3 | 2,2372 | 4,8000 | - | - |
| Zakládka 2 | 3,3303 | - | - | - |
| Zakládka 1 | - | - | - | - |

Tabulka 12 : Dvou výběrový párový t-test - Blok 3 - vlhkost

| t-stat | Zakládka 1 | Zakládka 2 | Zakládka 3 | Zakládka 4 |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| Zakládka 4 | 15,5450 | 10,4493 | 1,9216 | - |
| Zakládka 3 | 15,8499 | 13,9551 | - | - |
| Zakládka 2 | 19,1848 | - | - | - |
| Zakládka 1 | - | - | - | - |

Jak je z tabulky patrné, téměř párové t-testy byly statisticky významné nebo vysoce významné. Kvantil pro testovou hladinu 0,01 byl stanoven na 2.62538. Byla zjištěna jen jedna neprůkazná hodnota.

6. Diskuze

Kompostování jako technologie trvale udržitelného rozvoje má svou nenahraditelnou funkci, zejména díky navracení zemědělských odpadů zpět do přírodního koloběhu.

Cílem diplomové práce bylo sledování a hodnocení experimentálních zákládek s různým poměrem matolin. Pro provedení experimentu byly založeny čtyři experimentální základy v katastru obce Velké Bílovice. Základy byly založeny v roce 2015 a hlavním hodnotícím kritériem bylo hodnocení parametrů kompostovacího procesu, zejména sledování vlhkosti a teploty.

Hlavním činitelem ovlivňujícím průběh kompostovacího procesu je surovinová skladba samotných zákládek. Surovinová skladba je ovlivněna mnoha faktory, z nichž nejdůležitější je poměr C : N. Pro dosažení poměru C : N v rozmezí 25 – 30 : 1 u zralého kompostu, je doporučeno optimalizovat C : N v čerstvém kompostu na hodnotu 30 – 35 : 1 (VÁŇA, 1994), ale kvůli ztrátám čpavku a oxidu uhličitého je možné využít i poměr 35 – 40 : 1 (TESAŘOVÁ, 2010). Jako ideální je označován poměr 35 : 1. (ZEMÁNEK, 2010) ale je přípustný i poměr 20 – 40 : 1 (ROY et al., 2010). Poměr C : N v rozmezí 20 – 30 : 1 je užíván zejména díky nižším ztrátám čpavku a oxidu uhličitého ze zákládek dokud se poměr neoptimalizuje (KALINA, 2004).

Prvním sledovaným parametrem našeho experimentu byla teplota. Ta byla měřena pomocí vpichovacího teploměru popisovaného v metodice. Měření bylo realizováno vždy ve třech bodech základy. Správné hodnoty teplot je pro správné kompostování esenciální. Dle normy ČSN 46 5735 pro průmyslové komposty, je pro správnou hygienizaci zákládek důležitá teplota přesahující alespoň 45 °C a trvající déle než 5 dní. Díky teplotě nad 45 °C započne aktivita termofilních bakterií, které se zasluhují o nejrychlejší a nejefektivnější biodegradaci (WAKSMAN et al., 1939). Teplota nad 45 °C se prokazatelně potvrdila u všech čtyř zákládek. U tří zákládek se teplota přesahující 45 °C udržela po dobu devatenácti dní. U základy tvořené výhradně z matolin se udržela vyšší teplota nejdéle, téměř měsíc. MAYNARD (2000) uvádí, že při teplotě do 40 °C se více uplatňují mezofilní bakterie, rozkládající převážně uhlohydráty a proteiny. Termofilní bakterie se uplatňují při teplotách nad 40 °C a

v důsledku rozkladu mikrobů nadále dochází k navyšování teploty až do 60 – 65 °C, kde se kompost stabilizuje a následně se počíná ochlazovat na teplotu okolí. Je důležité, aby teplota vystoupala nad 45 °C Teplota nad 60 °C nebyla naměřena u žádné zakládky. Těmto teplotám se nejvíce přiblížily zakládky 3 a 4.

Teplota nad 70 °C je již nepříznivá z důvodu likvidace kompostem využitelných mikroorganismu a tím dochází k prodlužování doby finalizace kompostu (ZEMÁNEK, 2001). Měřením průběhu teploty sledujeme nejen vývoj kompostu, ale teplota klesající na hodnotu okolí nám současně oznamuje ukončování kompostovacího procesu (ROY et al., 2010).

Další sledovaný parametr se týkal hodnot vlhkosti. Norma ČSN 45 5735 pro průmyslové komposty požaduje optimální vlhkost v rozmezí 40 – 65 %. Navzdory vydatnému zavlažování v průběhu kompostovacího procesu se podařilo udržet hodnotu optimální vlhkost pouze u Zakládky 1. U ostatních se i přes zavlažování optimální vlhkost udržet nepodařilo, průměrná hodnota těchto zakládek i po zavlažení nepřesahovala 25 % vlhkosti. Tento jev mohl být způsoben lepší nasákavostí jemných drobných hoblin využitých na skladbu Zakládky 1, u ostatních dvou zakládek byly použity hobliny hrubější. Ačkoliv by měly mít matoliny dobrou nasávací schopnost, udržet optimální vlhkost u nich se též v průběhu experimentu nepodařilo. Hodnota vlhkosti by neměla přesahovat 70 %, aby v kompostovaném materiálu nedocházelo k vytváření anaerobních zón. (TESAŘOVÁ, 2010).

Vzhledem k tomu že u Zakládky 1 byl při laboratorním rozboru naměřen nejnižší obsah dusíku, zřejmě u Zakládky 1 došlo k přílišnému zavlhčení materiálu a narušení kompostovacích procesů. Hodnota C : N u hotového kompostu byla přes 40 : 1, což není ideální hodnota, avšak blíží se nejvíce optimální hodnotě.

Na základě statistického vyhodnocení bylo zjištěno, že průběh kompostování je v jednotlivých zakládkách odlišný v závislosti na složení materiálové skladby hotového kompostu.

Zakládka 4, která byla složena ze 100 % podílu matolin (výlisků), dosáhla nejvyššího obsahu dusíku ze všech zkoumaných zakládek, ale nedosahuje optimálních poměrů C : N. Ani u ostatních zakládek není ve vyzrálém kompostu optimální poměr

C : N, hodnoty se pohybují od 5 – 12 : 1 což je velmi málo. Je možné že tyto hodnoty jsou způsobeny nízkou hodnotou vlhkosti v průběhu kompostovacího procesu.

Za tohoto předpokladu je pro vinohradníky zpracovávající své vlastní hrozny, velmi výhodné zpracovávat pouze čisté matoliny (výlisky), pro výrobu kompostu s vysokým obsahem dusíku. V průběhu vinobraní, kdy je výlisků nadbytek je jednodušší zkompostovat čisté matoliny.

7. Závěr

Práce se zabývá zhodnocením možnosti kompostovatelnosti matolin – výlisků, vznikajících ve vinařské produkci a ostatních odpadních produktů zemědělské produkce.

V literární části se práce zabývá popisem kompostovacího procesu a charakteristikou biologických odpadů vhodných ke kompostování. Jsou charakterizovány způsoby využití těchto odpadů, v hojném množství vytvářených ve vinařské produkci.

Je uvedena metodika práce a na jejím základě byl proveden experiment, jehož sledování a výsledky byly ještě statisticky vyhodnoceny. Výsledky byly navzájem mezi sebou vysoce statisticky průkazné.

U kompostů teplota nepřesáhla 60 °C, což je způsobeno zejména malým objemem kompostové zakládky. Při větším objemu kompostu, zejména u zakládek nad 1 m³, je již těchto teplot dosahováno a zpravidla je nutno takto velké zakládky zavlažovat a překopávat, aby teplota nepřesáhla 70 °C.

Z výsledků práce vyplývá, že je nutné dodržet správný poměr C : N v kompostové zakládce, ale velmi důležitým faktorem je současně vstupní vlhkost a dostatečná vzdušnost celé zakládky.

Jako na uhlík nejbohatší se z hlediska kompostování jeví použít pouze čisté matoliny. Vyhodnocení laboratorních rozborů prokázalo nejvyšší obsah dusíku právě v Zakládce 4, která byla složena ze 100 % podílu matolin. S přihlédnutím k tomuto faktu je nejvýhodnější kompostovat pouze čisté matoliny, zejména kvůli jednoduchému nakládání s nimi.

Málokterý vinařský podnik disponuje pozemky, na nichž by vyráběl další biologicky degradovatelné odpady vhodné ke zkompostování. Při přihlédnutí k průměrné produkci 3 tuny z hektaru, je po vylisování hroznů vytvořena 1 tuna matoliny (výlisků), kterou je nutno zlikvidovat. Kompostování se v tomto ohledu jeví jako správná volba, zejména díky možnosti navracení živin odebraných při sklizni opět zpět do půdy, ze které byly sklizeny podle principů trvale udržitelného zemědělství.

8. Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou kompostování matolin (výlisků) a ostatních biologicky degradabilních materiálu ze zemědělské produkce. Úvod práce se zabývá popisem aktuálních trendů ve zpracování biologicky degradovatelných odpadů. Součástí práce je provedení variantně rozdílných experimentálních zakládek a sledování vybraných parametrů (vlhkost, teplota). Cílem diplomové práce je zhodnocení kompostovacího procesu, včetně provedení patřičných rozborů. Získané poznatky jsou zhodnoceny a jsou zformulovány závěry pro uživatelskou praxi.

9. Summary

Main emphasis of the presented diploma thesis is given on processing of biodegradable materials originating from agricultural production and particularly on composting of grapevine pomaces. Introductory part of the thesis reviews current trends of biodegradable waste products processing. Main goal of the experimental part is to assess prospects of composting pomaces in viticultural practice. Regular screening of composting process for selected parameters (moisture, temperature) in variously different experimental compost piles was performed in frame of the experimental procedure. Obtained data was evaluated and conclusion for application in user practice was formulated.

10. Přehled použité literatury a zdrojů

CLARK, M. S., W. R. HORWATH, C. SHENNAN, and K. M. SCOW. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agron J.* 1998. 90:662-671

DOSTÁLEK, Petr a Radomil HRADIL. *Biologicko-dynamické preparáty: sborník statí o přípravě a použití biodynamických preparátů a o možnostech jejich dalšího vývoje*. Vyd. 1. Šumperk: PRO-BIO, 1998, 71 s.

EPSTEIN, Eliot. *The science of composting*. Lancaster, Pa.: Technomic Pub. Co., c1997. ISBN 1-56676-478-5.

FLOWERDEW, Bob. *Kompost*. Vyd. 1. V Praze: Metafora, 2011, 112 s. Biozahrada. ISBN 978-80-7359-274-5.

HANČ, Aleš a Petr PLÍVA. *Vermicomposting technology as a tool for nutrient recovery from kitchen bio-waste*. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2013, roč. 15, č. 4, s. 431-439. ISSN 1438-4957.

HLAVATÁ, M. *Odpadové hospodářství*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - TUO, 2004. 174 s. ISBN 80-248-0737-8.

HŮLA, J., KOVAŘÍČEK, P., MAREŠOVÁ, K., KOLLÁROVÁ, M., VLÁŠKOVÁ, M. *Fyzikální vlastnosti půdy po zapravení vysokých dávek kompostu do půdy*. [Soil Physical Properties After Application on High Rates of Compost into the Soil]. *Agritech Science*, [online], 2010, roč. 4, č. 1, článek 5, s. 1-6. Dostupný z WWW: <www.agritech.cz>. ISSN 1802-8942

KALINA, Miroslav. *Kompostování a péče o půdu*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999, 109 s. Česká zahrada. ISBN 80-7169-697-8.

KALINA, Miroslav. *Kompostování a péče o půdu*. 2. upr. vyd. Praha: Grada, 2004. Česká zahrada. ISBN 80-247-0907-4.

Kompostárny a kompostování. <http://www.wrt.cz/> [online]. Praha: <http://www.wrt.cz/>, 2015 [cit. 2017-02-04]. Dostupné z:

<http://www.wrt.cz/letkov/Kompost%C3%A1rny%20a%20kompostov%C3%A1n%C3%A1D.pdf>

KOVAŘÍČEK, P., MAREŠOVÁ, K., KOLLÁROVÁ, M., VLÁŠKOVÁ, M. Vliv kompostu na objemovou hmotnost, vodní kapacitu a hydraulickou vodivost substrátu. [Influence of Compost on Bulk Density, Water Holding Capacity and Hydraulic Conductivity of the Substrate]. *Agritech Science*, 2010, roč. 4, č. 2, článek 6, s. 1-8. Dostupný z WWW: <www.agritech.cz>. ISSN 1802-8942

LACHMAN, J., A. HEJTMÁNKOVÁ, J. TÁBORSKÝ, Z. KOTÍKOVÁ, V. PIVEC, R. STŘALKOVÁ, A. VOLLMANNOVÁ, T. BOJŇANSKÁ a M. DĚDINA. Evaluation of oil content and fatty acid composition in the seed of grapevine varieties. *LWT - Food Science and Technology*. 2015, Volume 63, Issue 1, September 2015, Pages 620-625. ISSN: 00236438

MACHOVÁ, Petra. Analýza zpracování bioodpadů kompostovacími technologiemi. Brno, 2006. Diplomová Práce.

MAREŠOVÁ, K., KOLLÁROVÁ, M. Zlepšení fyzikálních vlastností půd prostřednictvím kompostu. [Improvement of physical characteristics of soils by means of compost]. In *Mezinárodní vinohradnická konference a 3. vinohradnický den SOME*. Lednice 10.6.2009. SOME, MZLU Brno, Zahradnická fakulta. 2009, s. 35-37

MAREŠOVÁ, Karolina, SLEJŠKA, Antonín: Výsledky pilotního projektu v Uherském Hradišti sledujícím nakládání s bioodpadem. [online]. 2006-09-18 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vysledky-pilotniho-projektu-v-uherskem-hradisti-sledujicim-nakladani-s-bioodpadem> ISSN: 1801-2655.

MAYNARD, Abigail A. Compost : the process and research. s.n.: [s.n.], 2000, 13 s.

MEJZLÍK, Petr. Technologie kompostování ve vacích a vermikompostování. České Budějovice, 2013. Bakalářská práce.

OLYNCIW, Elaina a Nancy TRAUTMANN. Compost Microorganisms [online]. Cornell Waste Management Institute, 1996 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://compost.css.cornell.edu/microorg.html>. Cornell University.

PARTLOVÁ, Zuzana. *Kompostování biologicky rozložitelných odpadů v domácích podmínkách*. Brno, 2016. Bakalářská práce.

PEREIRA, Joseph C a John L BOLIN. *Composting: processing, materials and approaches*. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, c2009, xii, 316 p. ISBN 1607414384.

PLÍVA P. *Kompostování - příprava surovin - jemná dezintegrace*. [Composting - preparation of raw materials- fine desintegration]. *Odpadové fórum*, 2014, roč. 15, č. 2, s. 12-16. ISSN 1212-7779

PLÍVA, P. a A. HANČ. *Domácí kompostování se žížalami*. [Home composting with earthworms] *Zemědělský kalendář*, 2015, roč.13 (167), s. 79-81. ISBN 978-80-904388-5-9

PLÍVA, Petr, JELÍNEK, Antonín, KOLLÁROVÁ, Mária. *Využití technických prostředků pro technologii zpracování bioodpadu kontrolovaným kompostováním na malých hromádách*. *Biom.cz [online]*. 2012-09-13 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-technicky-prostredku-pro-technologie-zpracovani-bioodpadu-kontrolovanym-kompostovanim-na-malych-hromadach>>. ISSN: 1801-2655.

PLÍVA, Petr, KOLLÁROVÁ, Mária. *Kompostování na volné ploše*. VÚZT, v.v.i. [online]. Praha: VÚZT, 2007 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://svt.pi.gin.cz/vuztweb/doc/clanky/zivotniprostredi/VUZT14Kompost.pdf?menuid=150>

REMILLARD, Marc. *Compost tea making: [for organic healthier vegetables, flowers, orchards, vineyards, lawns]*. 1st ed. La Vergne, TN: Ascension Press, 2010. ISBN 9781452822976.

ROY, A., J. SOUČEK, P. PLÍVA a A. HANČ. *Energetické využití kompostů*. [Energy utilization of compost]. *AgritechScience [online]*, 2014, roč.8, č. 1, s. 1-4. ISSN 1802-8942. Dostupné z: <http://www.agritech.cz/clanky2014-1-2.pdf>

ROY, Amitava, Stanislav LAURIK a Petr PLÍVA. *Výroba kompostů s různou objemovou hmotností: Metodika pro praxi* [online]. 2010 [cit. 2015-04-17]. Dostupné z WWW: <http://svt.pi.gin.cz/vuzt/metodiky/roy2011.pdf>

SMITH, Martha, Duane FRIEND a Holly JOHNSON. History of Composting [online]. [cit. 2017-05-03]. Illinois, 2014. Dostupné z: <http://web.extension.illinois.edu/homecompost/history.cfm>

STOFFELLA, Peter J a Brian A KAHN. Compost utilization in horticultural cropping systems. Boca Raton, Fla.: Lewis, c2001, 414 p. ISBN 156670460x.

ŠARAPATKA, Bořivoj a Zoltán BEDRNA. Kvalita a degradace půdy. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0584-9.

ŠLEJŠKA, A.: Využití zemědělských odpadů biologickými metodami, 1997 Časopis Biom [Online]. [cit.2004-03-12]. Dostupné na WWW: http://stary.biom.cz/clen/as/komp_cile.html

VÁŇA, Jaroslav. Kompostování bioodpadu je technologií trvale udržitelného života [online]. Praha – Ruzyně: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2005 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.kompostuj.cz/vime-jak/literatura-tematicke-clanky-slovnicek-pojmu/kompostovani-bioodpadu-je-technologie-trvale-udrzitelneho-zivota/>

VÁŇA, Jaroslav. Výroba a využití kompostů v zemědělství. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1994, 40 s. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 80-7105-075-x.

VÁŇA, Jaroslav: Kompostování bioodpadu. [online]. 2001-11-21 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-bioodpadu> ISSN: 1801-2655.

WAKSMAN, S., CORDON, T., HULPOI, H. Influence of temperature upon the microbiological population and decomposition processes in composts of stable manures [online]. 1939, Soil Sci. 47:83 – 114 [cit. 2015-04-17]

ZEMÁNEK, P., BURG, P., KOLLÁROVÁ, M., MAREŠOVÁ, K., PLÍVA, P. Biologicky rozložitelné odpady a kompostování. [Biologically Degradable Waste and Composting]. Praha : VÚZT, 2010, č. 1. 113 s. ISBN 978-80-86884-52.

ZEMÁNEK, Pavel. Speciální mechanizace: mechanizační prostředky pro kompostování. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, 113 s. ISBN 80-715-7561-5.

ZORPAS, Antonis. Development of a Methodology for the composting of Sewage Sludge Using Zeolites, PhD, 1999, National Technical University of Athens, Greece

11. Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 : Procentuální složení materiálu zakládek | 39 |
| Tabulka 2 : Surovinová skladba experimentální Zakládky 1 | 43 |
| Tabulka 3 : Surovinová skladba experimentální Zakládky 2 | 43 |
| Tabulka 4 : Surovinová skladba experimentální Zakládky 3 | 44 |
| Tabulka 5 : Surovinová skladba experimentální Zakládky 4 | 44 |
| Tabulka 6 : Výsledky laboratorních rozborů hotového kompostu | 49 |
| Tabulka 7 : Dvou výběrový párový t-test Blok 1 - teplota | 52 |
| Tabulka 8 : Dvou výběrový párový t-test Blok 1 - vlhkost | 52 |
| Tabulka 9 : Dvou výběrový párový t-test - Blok 2 - teplota..... | 52 |
| Tabulka 10 : Dvou výběrový párový t-test - Blok 2 - vlhkost..... | 53 |
| Tabulka 11 : Dvou výběrový párový t-test - Blok 3 - teplota..... | 53 |
| Tabulka 12 : Dvou výběrový párový t-test - Blok 3 - vlhkost..... | 53 |
| Tabulka 13 : Obsahy živin v odpadních materiálech..... | 66 |
| Tabulka 14 : Průměrné teploty za všechna měření | 66 |
| Tabulka 15 : Hodnoty vlhkosti za všechna měření..... | 69 |

12. Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 : Kompostér | 36 |
| Obrázek 2: Váha | 36 |
| Obrázek 3: Teploměr | 37 |
| Obrázek 4: Vlhkoměr..... | 37 |
| Obrázek 5: Přeprava materiálu | 38 |
| Obrázek 6 : Vážení a značení surovin | 38 |
| Obrázek 7: Vážení a příprava surovin | 40 |
| Obrázek 8 :Experimentální zakládky..... | 40 |
| Obrázek 9: Vývoj teplot v průběhu experimentu- | 45 |
| Obrázek 10: Vývoj vlhkosti v průběhu experimentu..... | 47 |
| Obrázek 11: Obsah dusíku a uhlíku v hotovém kompostu | 49 |

13. Přílohy

Tabulka 13 : Obsahy živin v odpadních materiálech

| Hmota | Vlhkost | Org. látky | N | P2O5 | K2O | CaO | MgO |
|----------------------------|---------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| chlév.mrva skot | 75 - 82 | 78 - 85 | 1,8 - 2,4 | 1,1 - 1,4 | 2,5 - 2,9 | 2,0 - 2,4 | 0,4 - 0,7 |
| chlév.mrva koně | 68 - 73 | 86 - 92 | 1,9 - 2,5 | 1,0 - 1,3 | 1,9 - 2,3 | 1,1 - 1,3 | 0,2 - 0,5 |
| chlév.mrva ovce | 65 - 70 | 88 - 96 | 2,5 - 3,0 | 0,7 - 1,0 | 2,0 - 2,3 | 0,8 - 1,1 | 0,1 - 0,4 |
| močůvka | 96 - 99 | 0 - 3x | 0,1 - 0,9x | 0,0 - 0,1x | 0,1 - 1,7x | 0,0 - 0,1x | 0 |
| kejda prasat | 91 - 98 | 72 - 78 | 5,0 - 5,8 | 3,5 - 4,2 | 2,8 - 3,4 | 3,1 - 3,8 | 0,7 - 1,3 |
| kejda skotu | 94 - 99 | 70 - 81 | 3,5 - 4,5 | 1,6 - 2,0 | 3,2 - 3,9 | 2,0 - 5,0 | 0,5 - 0,8 |
| kejda drůbeže | 82 - 97 | 65 - 76 | 5,0 - 8,1 | 2,8 - 5,1 | 2,9 - 4,8 | 8,0 - 11,0 | 0,6 - 0,9 |
| sláma obilovin | 13 - 20 | 92 - 96 | 0,4 - 0,6 | 0,1 - 0,3 | 0,9 - 1,1 | 0,3 - 0,4 | 0,1 - 0,2 |
| sláma řepky | 15 - 18 | 95 - 97 | 0,5 - 0,7 | 0,2 - 0,3 | 1,1 - 1,4 | 1,2 - 1,5 | 0,2 - 0,3 |
| nař brambory | 25 - 60 | 88 - 91 | 0,7 - 0,8 | 0,2 - 0,3 | 1,3 - 1,6 | 0,2 - 0,4 | 0,1 - 0,2 |
| listí | 15 - 40 | 88 - 94 | 0,9 - 1,5 | 0,1 - 0,2 | 0,2 - 0,5 | 1,7 - 3,0 | 0,1 - 0,2 |
| odpad zeleniny | 80 - 90 | 85 - 90 | 1,5 - 2,5 | 0,8 - 1,3 | 1,0 - 2,0 | 0,8 - 2,0 | 0,2 - 0,4 |
| stařina z luk | 10 - 30 | 88 - 95 | 0,8 - 1,0 | 0,4 - 0,6 | 1,0 - 1,8 | 0,9 - 1,7 | 0,1 - 0,2 |
| výhozy z příkopů | 10 - 40 | 15 - 20 | 0,3 - 0,6 | 0,3 - 0,5 | 0,4 - 0,7 | 2,0 - 7,0 | 0,6 - 1,2 |
| kuchyňský odpad | 65 - 80 | 75 - 88 | 1,2 - 2,3 | 0,3 - 0,7 | 0,4 - 0,8 | 1,9 - 3,0 | 0,3 - 0,6 |
| výlisky z ovoce | 65 - 87 | 78 - 92 | 0,1 - 0,6 | 0,1 - 0,3 | 0,3 - 0,6 | 0,1 - 0,3 | 0,0 - 0,1 |
| piliny | 40 - 70 | 97 - 99 | 0,0 - 0,2 | 0,0 - 0,1 | 0,0 - 0,1 | 0,1 - 0,2 | 0 |
| stromová kůra | 40 - 70 | 94 - 98 | 0,2 - 0,4 | 0,0 - 0,2 | 0,0 - 0,3 | 0,1 - 0,3 | 0 |
| zemina | | | | | | | |
| cukrovar. a škrobárenská | 15 - 35 | 7 - 13 | 0,1 - 0,2 | 0,1 - 0,4 | 0,2 - 1,2 | 2,0 - 6,0 | 0,0 - 0,3 |
| šáma cukrovar. | 15 - 50 | 3 - 12 | 0,2 - 0,5 | 0,7 - 1,0 | 0,1 - 0,4 | 48 - 52,0 | 3,0 - 4,5 |
| kanalizační kal | 55 - 96 | 27 - 45 | 2,0 - 4,5 | 0,6 - 1,3 | 0,3 - 0,8 | 2,5 - 10,0 | 0,4 - 1,0 |
| jímkový kal (a ze septiků) | 91 - 98 | 30 - 48 | 2,2 - 4,0 | 0,5 - 1,2 | 0,3 - 0,8 | 1,5 - 6,0 | 0,2 - 0,4 |
| popel ze dřeva | 5 - 40 | 4 - 10 | 0,0 - 0,1 | 2,0 - 4,0 | 6,0 - 10 | 33 - 35,0 | 4,0 - 7,0 |
| vytříd. bioodpad | 37 - 64 | 69 - 82 | 1,2 - 1,9 | 0,2 - 0,5 | 0,3 - 0,6 | 1,5 - 2,5 | 0,2 - 0,5 |
| pazdeří | 10 - 15 | 83 - 98 | 0,4 - 0,7 | 0,0 - 0,1 | 0,0 - 0,1 | 0,3 - 0,5 | 0 |
| rybniční bahno | 25 - 80 | 8 - 25 | 0,3 - 0,6 | 0,2 - 0,3 | 0,4 - 0,6 | 2,5 - 3,5 | 0,1 - 0,5 |
| lihovar. výpalky | 80 - 93 | 86 - 89 | 2,9 - 3,3 | 1,1 - 1,4 | 6,0 - 6,5 | 0,1 - 0,3 | 0,0 - 0,1 |
| kostní šrot | 5 - 20 | 17 - 23 | 1,4 - 1,9 | 28 - 33,0 | 0,1 - 0,4 | 25 - 40,0 | 3,0 - 6,0 |
| kapucín, hnědouhel. prach | 15 - 40 | 30 - 64 | 0,2 - 0,7 | 0,0 - 0,3 | 0,1 - 0,3 | 0,8 - 2,0 | 0,1 - 0,2 |
| odpad mlýnský, krmivářský | 8 - 15 | 65 - 85 | 0,8 - 1,3 | 0,2 - 0,5 | 0,3 - 1,0 | 0,9 - 4,0 | 0,1 - 0,3 |

Tabulka 14 : Průměrné teploty za všechna měření

| | Zakládka 1 | Zakládka 2 | Zakládka 3 | Zakládka 4 |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|
| 07.11.2015 06:00:00 | 35,67 | 41,87 | 40,27 | 34,47 |
| 07.11.2015 18:00:00 | 37,70 | 45,23 | 43,23 | 37,93 |
| 08.11.2015 06:00:00 | 41,40 | 47,77 | 45,63 | 41,43 |
| 08.11.2015 18:00:00 | 44,07 | 50,37 | 50,67 | 44,97 |
| 09.11.2015 06:00:00 | 47,43 | 53,00 | 54,00 | 48,33 |
| 09.11.2015 18:00:00 | 50,67 | 51,33 | 58,33 | 51,83 |
| 10.11.2015 06:00:00 | 56,30 | 51,57 | 60,00 | 56,33 |
| 10.11.2015 18:00:00 | 57,07 | 59,20 | 60,83 | 58,50 |
| 11.11.2015 06:00:00 | 59,37 | 51,03 | 60,00 | 55,90 |
| 11.11.2015 18:00:00 | 55,27 | 50,70 | 59,40 | 56,57 |
| 12.11.2015 06:00:00 | 49,53 | 39,73 | 57,83 | 57,00 |
| 12.11.2015 18:00:00 | 53,13 | 48,60 | 57,40 | 54,77 |
| 13.11.2015 06:00:00 | 52,03 | 57,53 | 48,87 | 51,43 |
| 13.11.2015 18:00:00 | 53,40 | 55,83 | 53,47 | 53,97 |
| 14.11.2015 06:00:00 | 54,13 | 53,23 | 55,10 | 56,10 |
| 14.11.2015 18:00:00 | 54,90 | 51,20 | 56,70 | 57,33 |
| 15.11.2015 06:00:00 | 55,33 | 47,83 | 58,70 | 58,37 |
| 15.11.2015 18:00:00 | 56,30 | 48,70 | 56,10 | 57,27 |
| 16.11.2015 06:00:00 | 56,13 | 50,77 | 57,63 | 57,47 |
| 16.11.2015 18:00:00 | 55,53 | 48,73 | 56,90 | 54,87 |
| 17.11.2015 06:00:00 | 53,77 | 45,30 | 55,50 | 55,93 |
| 17.11.2015 18:00:00 | 54,27 | 50,23 | 56,43 | 56,13 |
| 18.11.2015 06:00:00 | 52,00 | 51,37 | 57,37 | 56,33 |
| 18.11.2015 18:00:00 | 47,70 | 39,90 | 54,90 | 58,37 |
| 19.11.2015 06:00:00 | 44,93 | 39,00 | 53,17 | 56,57 |
| 19.11.2015 18:00:00 | 42,17 | 35,17 | 51,57 | 55,97 |
| 20.11.2015 06:00:00 | 39,40 | 32,43 | 49,37 | 55,93 |
| 20.11.2015 18:00:00 | 36,57 | 29,67 | 46,60 | 55,90 |
| 21.11.2015 06:00:00 | 32,17 | 26,93 | 44,03 | 55,67 |
| 21.11.2015 18:00:00 | 28,10 | 24,20 | 38,43 | 55,33 |
| 22.11.2015 06:00:00 | 24,13 | 21,67 | 32,63 | 55,37 |
| 22.11.2015 18:00:00 | 20,57 | 18,50 | 27,63 | 52,53 |
| 23.11.2015 06:00:00 | 17,63 | 16,10 | 22,47 | 52,87 |
| 23.11.2015 18:00:00 | 13,63 | 13,33 | 16,23 | 52,60 |
| 24.11.2015 06:00:00 | 7,97 | 8,73 | 10,27 | 50,73 |
| 24.11.2015 18:00:00 | 8,57 | 8,37 | 9,10 | 53,13 |
| 25.11.2015 06:00:00 | 10,50 | 9,87 | 10,70 | 54,17 |
| 25.11.2015 18:00:00 | 9,20 | 8,97 | 9,70 | 50,03 |
| 26.11.2015 06:00:00 | 21,03 | 32,57 | 33,87 | 50,83 |
| 26.11.2015 18:00:00 | 17,17 | 27,03 | 30,13 | 54,17 |
| 27.11.2015 06:00:00 | 16,47 | 24,17 | 27,17 | 51,87 |
| 27.11.2015 18:00:00 | 15,93 | 21,43 | 24,43 | 49,30 |
| 01.12.2015 18:00:00 | 15,93 | 21,43 | 24,43 | 49,30 |

| | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| 02.12.2015 18:00:00 | 15,33 | 17,97 | 19,77 | 45,63 |
| 03.12.2015 18:00:00 | 14,70 | 13,97 | 15,87 | 42,57 |
| 04.12.2015 18:00:00 | 17,70 | 14,90 | 15,23 | 47,50 |
| 05.12.2015 18:00:00 | 19,30 | 14,97 | 17,60 | 45,47 |
| 06.12.2015 18:00:00 | 20,67 | 30,37 | 31,80 | 46,93 |
| 07.12.2015 18:00:00 | 21,97 | 27,37 | 28,87 | 51,93 |
| 08.12.2015 18:00:00 | 22,40 | 24,37 | 25,93 | 45,77 |
| 09.12.2015 18:00:00 | 22,97 | 21,37 | 23,00 | 42,30 |
| 10.12.2015 18:00:00 | 21,87 | 18,37 | 20,07 | 38,83 |
| 11.12.2015 18:00:00 | 19,97 | 16,47 | 15,20 | 25,00 |
| 12.12.2015 18:00:00 | 18,77 | 14,50 | 13,80 | 21,57 |
| 13.12.2015 18:00:00 | 15,90 | 13,77 | 12,40 | 15,47 |
| 14.12.2015 18:00:00 | 15,43 | 13,40 | 12,33 | 13,90 |
| 16.12.2015 18:00:00 | 14,40 | 12,50 | 11,27 | 12,33 |
| 20.12.2015 18:00:00 | 13,23 | 11,40 | 10,60 | 11,07 |
| 23.12.2015 18:00:00 | 12,20 | 9,93 | 9,33 | 9,27 |
| 29.12.2015 18:00:00 | 11,43 | 8,43 | 8,27 | 9,20 |
| 04.01.2016 18:00:00 | 10,53 | 8,50 | 8,33 | 6,30 |
| 06.01.2016 18:00:00 | 10,33 | 9,40 | 8,90 | 7,40 |
| 07.01.2016 18:00:00 | 8,65 | 7,70 | 6,60 | 6,23 |
| 11.01.2016 18:00:00 | 1,83 | 1,30 | 1,17 | 1,13 |
| 12.01.2016 18:00:00 | 1,53 | 0,70 | 0,43 | 1,33 |
| 14.01.2016 18:00:00 | 1,37 | 1,07 | 1,10 | 0,93 |
| 18.01.2016 18:00:00 | 2,10 | 6,60 | 5,90 | 3,27 |
| 21.01.2016 18:00:00 | 2,10 | 3,30 | 2,87 | 2,30 |
| 25.01.2016 18:00:00 | 2,07 | 2,00 | 0,87 | 1,27 |
| 28.01.2016 18:00:00 | 1,33 | 1,23 | 0,57 | 0,97 |
| 01.02.2016 18:00:00 | 1,40 | 1,53 | 1,27 | 1,17 |
| 04.02.2016 18:00:00 | 6,13 | 4,47 | 4,00 | 4,20 |
| 08.02.2016 18:00:00 | 8,53 | 8,07 | 5,67 | 6,73 |
| 09.02.2016 18:00:00 | 9,43 | 8,10 | 5,40 | 6,47 |
| 11.02.2016 18:00:00 | 9,80 | 5,57 | 2,10 | 2,80 |
| 15.02.2016 18:00:00 | 6,60 | 5,23 | 5,00 | 4,47 |
| 19.02.2016 18:00:00 | 7,10 | 5,27 | 4,47 | 4,43 |
| 23.02.2016 18:00:00 | 8,50 | 6,40 | 5,87 | 5,63 |
| 27.02.2016 18:00:00 | 7,10 | 5,53 | 4,63 | 4,53 |
| 02.03.2016 18:00:00 | 6,73 | 5,10 | 4,47 | 4,37 |
| 06.03.2016 18:00:00 | 6,60 | 4,97 | 4,47 | 4,50 |
| 10.03.2016 18:00:00 | 5,60 | 4,27 | 3,97 | 4,30 |
| 14.03.2016 18:00:00 | 3,80 | 2,60 | 2,00 | 3,63 |
| 18.03.2016 18:00:00 | 5,23 | 4,30 | 3,80 | 3,87 |
| 21.03.2016 18:00:00 | 6,10 | 4,93 | 4,27 | 4,00 |
| 25.03.2016 18:00:00 | 6,50 | 5,43 | 5,03 | 5,50 |
| 28.03.2016 18:00:00 | 9,93 | 7,80 | 7,10 | 7,87 |

| | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| 31.03.2016 18:00:00 | 12,47 | 12,47 | 10,70 | 10,30 |
| 04.04.2016 18:00:00 | 12,90 | 11,70 | 10,43 | 11,47 |
| 08.04.2016 18:00:00 | 13,07 | 10,83 | 9,83 | 10,83 |
| 11.04.2016 18:00:00 | 13,13 | 9,70 | 8,73 | 8,57 |
| 15.04.2016 18:00:00 | 13,97 | 9,17 | 8,90 | 8,77 |
| 18.04.2016 18:00:00 | 15,27 | 8,40 | 9,97 | 9,17 |
| 22.04.2016 18:00:00 | 16,90 | 9,47 | 11,17 | 10,40 |
| 26.04.2016 18:00:00 | 17,50 | 10,27 | 11,87 | 11,33 |
| 02.05.2016 18:00:00 | 19,40 | 15,70 | 15,77 | 15,17 |
| 09.05.2016 18:00:00 | 19,73 | 16,10 | 15,73 | 15,60 |
| 16.05.2016 18:00:00 | 12,07 | 9,17 | 10,57 | 10,97 |
| 23.05.2016 18:00:00 | 21,50 | 18,70 | 18,37 | 17,97 |
| 30.05.2016 18:00:00 | 24,43 | 22,27 | 23,00 | 26,50 |
| 06.06.2016 18:00:00 | 22,93 | 16,50 | 16,30 | 21,57 |
| 13.06.2016 18:00:00 | 21,93 | 17,80 | 18,67 | 21,27 |

Tabulka 15 : Hodnoty vlhkosti za všechna měření

| | Zakládka 1 | Zakládka 2 | Zakládka 3 | Zakládka 4 |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|
| 07.11.2015 06:00:00 | 4 | 7,6 | 5 | 15,8 |
| 07.11.2015 18:00:00 | 4 | 7,6 | 7 | 16,2 |
| 08.11.2015 06:00:00 | 4 | 7,6 | 8,5 | 16,4 |
| 08.11.2015 18:00:00 | 4 | 7,6 | 9 | 17,2 |
| 09.11.2015 06:00:00 | 4 | 7,6 | 10 | 17,5 |
| 09.11.2015 18:00:00 | 4 | 7,6 | 11 | 17,7 |
| 10.11.2015 06:00:00 | 4 | 8 | 20 | 20 |
| 10.11.2015 18:00:00 | 7,2 | 8 | 28 | 20,9 |
| 11.11.2015 06:00:00 | 7,2 | 8,4 | 30 | 22,5 |
| 11.11.2015 18:00:00 | 22 | 8,9 | 21,9 | 22,7 |
| 12.11.2015 06:00:00 | 15,1 | 8,4 | 18,1 | 22,8 |
| 12.11.2015 18:00:00 | 30 | 35 | 16,3 | 22,5 |
| 13.11.2015 06:00:00 | 20,1 | 21,5 | 16,5 | 23 |
| 13.11.2015 18:00:00 | 26,9 | 17,5 | 28,2 | 26 |
| 14.11.2015 06:00:00 | 33,7 | 17,2 | 22,3 | 24,2 |
| 14.11.2015 18:00:00 | 40,5 | 16,7 | 21,6 | 23,1 |
| 15.11.2015 06:00:00 | 47,3 | 16,3 | 21,3 | 22,8 |
| 15.11.2015 18:00:00 | 53 | 15,9 | 20,9 | 22,4 |
| 16.11.2015 06:00:00 | 51,1 | 16 | 19,9 | 21,7 |
| 16.11.2015 18:00:00 | 57,7 | 18 | 19 | 22,3 |
| 17.11.2015 06:00:00 | 43,3 | 18,4 | 21,7 | 19,2 |

| | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|
| 17.11.2015 18:00:00 | 43,3 | 18,5 | 19,3 | 20,5 |
| 18.11.2015 06:00:00 | 41,9 | 18,3 | 19,5 | 20,7 |
| 18.11.2015 18:00:00 | 41,2 | 17,8 | 17,5 | 20 |
| 19.11.2015 06:00:00 | 50,2 | 18,3 | 19,5 | 19,6 |
| 19.11.2015 18:00:00 | 55,3 | 17,6 | 22,6 | 20,1 |
| 20.11.2015 06:00:00 | 56,4 | 17,7 | 22,2 | 20 |
| 20.11.2015 18:00:00 | 57,2 | 17,5 | 21,9 | 19,8 |
| 21.11.2015 06:00:00 | 57,5 | 17,3 | 22,4 | 19,3 |
| 21.11.2015 18:00:00 | 57,9 | 17,1 | 22 | 18,8 |
| 22.11.2015 06:00:00 | 58 | 16,9 | 21,8 | 18,5 |
| 22.11.2015 18:00:00 | 58,2 | 16,7 | 21,6 | 18,2 |
| 23.11.2015 06:00:00 | 66,1 | 16,5 | 22,2 | 17,1 |
| 23.11.2015 18:00:00 | 65,2 | 16,3 | 22,3 | 15,4 |
| 24.11.2015 06:00:00 | 66,2 | 16,4 | 22,3 | 16,1 |
| 24.11.2015 18:00:00 | 53 | 9,6 | 15,9 | 13,3 |
| 25.11.2015 06:00:00 | 57,6 | 10,3 | 16,2 | 16,1 |
| 25.11.2015 18:00:00 | 58,9 | 10,5 | 16,1 | 15,5 |
| 26.11.2015 06:00:00 | 55,6 | 10,3 | 16,5 | 14,2 |
| 26.11.2015 18:00:00 | 67 | 22,8 | 30 | 26,3 |
| 27.11.2015 06:00:00 | 60 | 19,5 | 27,4 | 27,4 |
| 27.11.2015 18:00:00 | 63 | 18,3 | 25,3 | 26,6 |
| 28.11.2015 18:00:00 | 62 | 17,9 | 25 | 26,3 |
| 29.11.2015 18:00:00 | 62,5 | 17,6 | 24,8 | 25,9 |
| 30.11.2015 18:00:00 | 62,2 | 17,5 | 25 | 24,5 |
| 01.12.2015 18:00:00 | 65 | 17,7 | 23,4 | 23,9 |
| 02.12.2015 18:00:00 | 63 | 17,7 | 24,5 | 22,1 |
| 03.12.2015 18:00:00 | 62 | 26,1 | 38,9 | 27,3 |
| 04.12.2015 18:00:00 | 62 | 31,1 | 42,2 | 32,2 |
| 05.12.2015 18:00:00 | 62 | 26,4 | 35,4 | 29,4 |
| 06.12.2015 18:00:00 | 63 | 19,8 | 27,1 | 26,2 |
| 07.12.2015 18:00:00 | 63 | 20,6 | 25,5 | 28 |
| 08.12.2015 18:00:00 | 48 | 19,5 | 24,3 | 22,5 |
| 09.12.2015 18:00:00 | 37 | 20,2 | 22,2 | 22 |
| 10.12.2015 18:00:00 | 35,5 | 20,2 | 24,3 | 20,8 |
| 11.12.2015 18:00:00 | 33 | 20 | 24 | 19,5 |
| 12.12.2015 18:00:00 | 32,9 | 19,9 | 24,3 | 18,3 |
| 13.12.2015 18:00:00 | 32,6 | 19,7 | 24,4 | 17,8 |
| 14.12.2015 18:00:00 | 32,5 | 19,5 | 24,4 | 17,3 |
| 16.12.2015 18:00:00 | 33,5 | 19,7 | 22,4 | 17,5 |
| 20.12.2015 18:00:00 | 55,7 | 19,2 | 24,4 | 17,2 |

| | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|
| 23.12.2015 18:00:00 | 55,2 | 19,4 | 24,6 | 17,2 |
| 29.12.2015 18:00:00 | 54,4 | 18,7 | 24,6 | 19,2 |
| 04.01.2016 18:00:00 | 54 | 18,7 | 24 | 15,8 |
| 07.01.2016 18:00:00 | 51,4 | 18,7 | 23,6 | 15,6 |
| 11.01.2016 18:00:00 | 52,5 | 12,7 | 18,8 | 13,7 |
| 12.01.2016 18:00:00 | 52,5 | 25,2 | 32,1 | 31,3 |
| 14.01.2016 18:00:00 | 53,9 | 15,2 | 25,9 | 23,2 |
| 18.01.2016 18:00:00 | 53,9 | 15 | 25,7 | 23 |
| 21.01.2016 18:00:00 | 54,2 | 15,1 | 25,3 | 22,6 |
| 25.01.2016 18:00:00 | 53,2 | 15 | 25,1 | 22 |
| 28.01.2016 18:00:00 | 54,1 | 14,6 | 24,9 | 21,2 |
| 01.02.2016 18:00:00 | 53 | 15,4 | 25,5 | 24,3 |
| 04.02.2016 18:00:00 | 55,2 | 13,2 | 25,9 | 26,2 |
| 08.02.2016 18:00:00 | 52,6 | 13,2 | 25,9 | 25,3 |
| 11.02.2016 18:00:00 | 54,6 | 13,2 | 17,4 | 18,2 |
| 15.02.2016 18:00:00 | 62,6 | 13,7 | 18,6 | 17,6 |
| 19.02.2016 18:00:00 | 62 | 12,8 | 19,2 | 19 |
| 23.02.2016 18:00:00 | 61 | 13,2 | 19,5 | 19,8 |
| 27.02.2016 18:00:00 | 62,2 | 13 | 19,8 | 20 |
| 02.03.2016 18:00:00 | 61,7 | 13,4 | 21 | 20,4 |
| 06.03.2016 18:00:00 | 62,9 | 13,5 | 21,3 | 19,8 |
| 10.03.2016 18:00:00 | 61,3 | 13,7 | 21,7 | 20,7 |
| 14.03.2016 18:00:00 | 61 | 13 | 21 | 20,5 |
| 18.03.2016 18:00:00 | 62 | 13,5 | 21,4 | 20,9 |
| 21.03.2016 18:00:00 | 62,4 | 13,8 | 21,8 | 21,5 |
| 25.03.2016 18:00:00 | 39 | 13,7 | 21,2 | 20,9 |
| 28.03.2016 18:00:00 | 36 | 14 | 20,5 | 20,5 |
| 31.03.2016 18:00:00 | 37,6 | 13,5 | 20,9 | 21,5 |
| 04.04.2016 18:00:00 | 38,9 | 12,9 | 21,4 | 23,4 |
| 08.04.2016 18:00:00 | 27 | 13,1 | 21 | 24,3 |
| 11.04.2016 18:00:00 | 36 | 13,3 | 20,8 | 23,4 |
| 15.04.2016 18:00:00 | 38 | 13,5 | 21 | 23,5 |
| 18.04.2016 18:00:00 | 40 | 13,5 | 21,2 | 23,2 |
| 22.04.2016 18:00:00 | 38 | 13 | 22 | 23,7 |
| 26.04.2016 18:00:00 | 38,6 | 13,3 | 21,4 | 23 |
| 02.05.2016 18:00:00 | 60 | 12,9 | 23 | 23,9 |
| 09.05.2016 18:00:00 | 62 | 13,3 | 22,2 | 23,4 |
| 16.05.2016 18:00:00 | 61,4 | 12,5 | 22,4 | 24 |
| 23.05.2016 18:00:00 | 62,3 | 13 | 21,4 | 24,2 |
| 30.05.2016 18:00:00 | 61 | 13,6 | 21,5 | 24,7 |

06.06.2016 18:00:00 | 62 14 22 25