

Metodika testování zralosti kompostu

- faktor ovlivňující využití živin obsažených v kompostu

M e t o d i k a

provozního ověření

Smlouva o dílo č. 236-2018-17221

Č.j. :30587/2018-MZE-17221



V Náměšti nad Oslavou, 20.11.2018

ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, z. s.
Podhradí 1022, 675 71 Náměšť n. O., www.zeraagency.eu



Obsah

1	Úvod	4
2	Stávající legislativa týkající se technologie kompostování a kvality kompostu	5
2.1	Požadavky na výrobu a kvalitu kompostu dle stávající legislativy	5
2.1.1	Výroba kompostu – kompostárna	5
2.1.2	Kvalita kompostu	5
2.1.3	Stávající doporučující využití kompostu	7
3	Specifické vlastnosti kompostu – produktu zlepšujícího kvalitu půdy	7
3.1	Organická hmota	7
3.2	Celkový obsah dusíku a forem N-NH ₄ a N-NO ₃	8
3.3	Poměr C: N	9
3.3.1	Mikrobiální biomasa v kompostu	9
4	Standardizace kvality kompostu	9
4.1	Jakost provozu kompostárny / manuál kvality	9
4.2	Jakost kompostu – standard výrobku	10
5	Hodnocení stability kompostu	12
5.1	Terminologie	12
5.2	Stabilita kompostu – zralost kompostu	13
5.3	Metody hodnocení technologií – parametry / procesy	13
5.3.1	Metodika hodnocení zralosti kompostu	13
5.3.2	Metodika výběru kompostáren pro hodnocení zralosti kompostu a kvality procesu kompostování	13
5.4	Výsledky testů – parametry a hodnoty	14
5.4.1	Parametry technologie, které mohou ovlivnit kvalitu kompostu	14
5.4.2	Parametry analýz testů - základní technologické parametry vybraných kompostáren	15
5.4.3	Parametry analýz testů kvality kompostu	17
5.5	Metody hodnocení zralosti a stanovení hodnot stability	26
5.5.1	Biologická aktivita aerobních mikroorganismů – spotřeba kyslíku	27
5.5.2	DOC – celkový organický uhlík	28
5.5.3	Poměr C: N _{org} ve vodním výluhu u výsledného kompostu	29
5.5.4	Obsah dusičnanových a amonných iontů	29
5.5.5	NIRS – komplexní index zralosti	30
6	Závěr	32
7	Metodika	33
	Půdoochranné technologie pro aplikaci kompostu na plochy v režimu ochrany vod	33
7.1	Cíl metodiky	33
7.2	Vlastní popis metodiky	33

7.3	Srovnání novosti postupů.....	36
7.3.1	Standardizace kvality kompostu.....	36
7.3.2	Půdoochranná technologie s využitím stabilního kompostu při systémovém využití kompostu v základní agrotechnice půd v režimu ochrany vod	37
7.4	Popis uplatnění metodiky.....	37
7.5	Ekonomické aspekty a přínos pro uživatele	38
7.6	Závěr	38
7.7	Použitá literatura	39
8	Metodika	40
	Bilance živin a organické hmoty / humusu	40
8.1	Cíl metodiky.....	40
8.2	Vlastní popis metodiky	41
8.2.1	Bilance organické hmoty	41
8.2.2	Bilance živin	42
8.3	Srovnání novosti postupů.....	43
8.4	Popis uplatnění metodiky.....	44
8.5	Ekonomické aspekty a přínos pro uživatele	44
8.6	Závěr	44
8.7	Použitá literatura	45
9	Metodika	46
	Zkvalitnění procesu kompostáren, zvýšení kvality kompostu pro zemědělskou praxi	46
9.1	Cíl metodiky.....	46
9.2	Vlastní popis metodiky	46
9.2.1	Technologický management kompostárny	47
9.2.2	Standardy kvality kompostu	48
9.3	Srovnání novosti postupů.....	48
9.4	Popis uplatnění metodiky.....	49
9.5	Ekonomické aspekty a přínos pro uživatele	49
9.6	Závěr	50
9.7	Použitá literatura a zdroje	50
10	Seznam použité související legislativy	51
11	Seznam obrázků a tabulek.....	51
11.1	Seznam obrázků	51
11.2	Seznam grafů.....	51
11.3	Seznam tabulek	52

1 Úvod

Legislativní podmínky v současné době nestanovují zcela jasná pravidla pro proces kompostování, proto v praxi často dochází k nesrovnalostem na straně uživatelů kompostu (zemědělců) a producentů kompostu (kompostáren). Protože je kompostování především biologický proces je nutné doplnit některé parametry.

Citelně tedy chybí standardy, které by pomohly jednoznačně určit, zda výsledný kompost splňuje či nespĺňuje požadovanou kvalitu dle potřeby a využití. Vytvořením jednoznačných pravidel – reps. zavedením certifikace kompostáren, která by podpořila kvalitu kompostu, by bylo možné rizika pro životní prostředí eliminovat, povzbudit důvěru zemědělské praxe k využívání kompostu a významně tak rozšířit odbyt kompostu.

Vytvořený **system ověření kvality procesu kompostárny – certifikace INTEKO**, významně usnadní práci zemědělským podnikatelům, provozovatelům kompostáren a v neposlední řadě také orgánům státní a veřejné správy, neboť nabídne nezávislé hodnocení výsledného produktu. Veřejné prostředky vynakládané na podporu kompostování pak mohou být snáze cíleně směřovány pro podporu kompostu ověřené kvality, který bude:

- nezpochybnitelným kvalitním hnojivem
- bezpečným hnojivem pro využití v ochranných pásem vod
- významně přispívat ke zlepšování půdní kvality díky prokázanému obsahu důležitých surovin či jejich vhodné kombinace

Certifikace – standart pro monitoring kvality zařízení pro kompostování:

- systém zajištění kvality se skládá:
 - externí monitoring – průběžná a nezávislá kontrola kvality produktu
 - interní monitoring – kontrola a dokumentace rozkladného procesu respirační digesce
 - kritéria kvality – standardizace kvality produktu
 - značka kvality – charakteristika kvality produktu
 - povinně uváděné informace - popis důležitých vlastností a složení produktu
 - pokyny pro použití – informace o správném použití
 - doklady o vybavení a doklady požadované od zařízení k vykázání zpracování dle legislativy

2 Stávající legislativa týkající se technologie kompostování a kvality kompostu

Základní materiály:

- **Zákon č. 61/2017 Sb. o hnojivech**, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb.
Vyhláška č. 237/2017 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva, kterou se mění vyhláška č. 474/2000 Sb.
Československá státní norma č. 46 5735 Průmyslové komposty
- **Zákon č. 184/2001 o odpadech**
Vyhláška č. 341/2008 o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady

2.1 Požadavky na výrobu a kvalitu kompostu dle stávající legislativy

2.1.1 Výroba kompostu – kompostárna

Technické požadavky na vybavení a provoz kompostárny – zařízení biologického zpracování odpadů v závislosti na množství a druhu v něm upravovaných bioodpadů jsou stanoveny vyhláškou č. 341/2009 o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady – příloha č. 2:

- základní technické požadavky zařízení – kompostárny
- nezbytným vybavením je zařízení na sledování teploty, pro zvlhčování, provzdušňování
 - o technologické požadavky na proces kompostování
- zajištění hygienizačních teplot – tab. č. 2.1 (úprava odpadu, kterým se snižuje počet patogenních organismů pod stanovenou hodnotu)
- minimální doba procesu po provedené homogenizaci je 60 dnů (může být stanovena jinak u uzavřených technologií nebo technologiích stanovených výrobcem zařízení)
 - o při expedice kompostu je přípustná teplota pod 40 °C
- účinnost hygienizace technologie musí být potvrzena ověřením vnesenými organismy dle této vyhlášky / validace

V případě, že surovinová skladba obsahuje vedlejší živočišné produkty, postupuje se v souladu s jiným právním předpisem (Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě).

2.1.2 Kvalita kompostu

Česká legislativa má pro hodnocení kvality kompostu a jeho využití vyhlášku č. 341/2008 Sb. o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady:

Tabulka 1 Kvalitativní znaky kompostu (vyhl. 341/2008 Sb., tab. 5.2.)

Znaky jakosti	Jednotky	Hodnota
Vlhkost	% hm.	40-65
Obsah spalitelných látek	% hm.	min. 25
Obsah celkového dusíku	% hm.	min. 0,6
C:N		min. 20 , max. 30
pH		6,0-8,5
Nerozložitelné příměsi	% hm.	max. 2

Tabulka 2 Limitní koncentrace vybraných rizikových látek a prvků (vyhl. č. 341/2008 Sb., tab. č. 5.1)

Sledovaný ukazatel mg/kg sušiny	Skupina 1. (Zákon o hnojivech č. 156/1998 Sb.)*	Skupina 2. (Výstupy ze zařízení)			Skupina 3. (Stabilizovaný biologicky rozložitelný odpad)
		Třída I.	Třída II.	Třída III.	
As	20	10	20	30	40
Cd	2	2	3	4	5
Cr	100	100	250	300	600
Cu	150	170	400	500	600
Hg	1	1	1	2	5
Ni	50	65	100	120	150
Pb	100	200	300	400	500
Zn	600	600	1 200	1 500	1 800
Mo	20	-	-	-	-
PCB	-	0,02	0,2	-	dle způsobu využití
PAU	-	3	6	-	dle způsobu využití
Nerozložitelné příměsi >2 mm /max.% hmoty	3	2	2	-	-
AT ₄	-	-	-	-	<10

Kompost je definován jako stabilní organické hnojivo, není typovým hnojivem.

Výstupem ze zařízení – kompostárny, je dle vyhlášky č. 341/2008 Sb. kompost – výrobek, který splňuje mimo kvalitativních znaků i koncentrace vybraných rizikových prvků skupinu 1 - zákon o hnojivech a může se použít na zemědělskou půdu buď:

- uvedením do oběhu
- nebo aplikaci na vlastní nebo užívané pozemky

2.1.3 Stávající doporučující využití kompostu

Kvalita kompostu je dle uvedené legislativy definována buď jako kompost splňující 1. skupinu a může být použit na zemědělskou půdu. Nebo, pokud díky vyššímu obsahu rizikových prvků je kompost zařazen do 2. skupiny, používá se pouze jako rekultivační kompost mimo zemědělský půdní fond.

Pro zemědělce je kompost charakterizován jako organické hnojivo stabilního charakteru (CC, DZES, NS) – limity zmíněné stability nejsou stanoveny.

Parametr stability ovlivňuje:

- postupné uvolňování živin
- bilanci živin

3 Specifické vlastnosti kompostu – produktu zlepšujícího kvalitu půdy

Parametry jakosti kompostu, které jsou důležité pro prospěšný vliv kompostu na kvalitu půdy a jeho cílené využití: obsahy $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_x\text{-N}$, zralost.

Využívání kompostu v zemědělství představuje způsob, jak udržet nebo obnovit kvalitu půdy díky vynikajícím vlastnostem humifikovaných organických složek obsažených v kompostu.

3.1 Organická hmota

Nejdůležitější výhodou využívání kompostu je zvýšení obsahu organické hmoty v půdě. Početné experimenty dokazují, že pravidelné hnojení kompostem vede ke zřetelnému zvýšení obsahu humusu v půdě. Aplikace kompostu (kolem $6\text{-}7 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ v sušině) je obvykle postačující pro udržení hladiny humusu v půdě. Pravidelné hnojení kompostem zvyšuje množství organismů a mikrobiální biomasu v půdě a stimuluje aktivitu enzymů, čímž dochází ke zvýšení mineralizace organické hmoty a zlepšené odolnosti proti škůdcům a chorobám, což je pro ekologické zemědělství příznačné. Díky význačnému nárůstu organického uhlíku v půdě může při hnojení kompostem docházet ke snížení množství oxidu uhličitého a tím přispět ke zmírnění skleníkového efektu.

Zvýšením obsahu organické půdní hmoty dojde k výraznému ovlivnění struktury půdy – dojde ke zlepšení fyzikálních vlastností půdy jako například **stabilita půdních agregátů**, objemová hmotnost, pórovitost, využitelná vodní kapacita a infiltrace. Zvýšená stabilita půdních agregátů chrání zeminu před zhutňováním a erozí. Snížená objemová hmotnost a zvýšená pórovitost zlepšuje provzdušnění půdy a její odvodňování. Zvýšená využitelná vodní kapacita může ochránit rostliny před suchem. Tyto vlivy postupně zlepšují úrodnost půdy. Dále zlepšují kvalitu půdy, jako jsou například zpracovatelnost půdy, odolnost proti erozi, vododržnost a funkce půdy, které jsou podstatné pro tvorbu výnosu zejména v ekologickém zemědělství, kde deficit ve struktuře půdy nemůže být kompenzován minerálním hnojením.

Úloha organické hmoty v půdě:

- všechny dusík a značná část fosforu a síry, které se nachází v půdě, jsou obsaženy v půdní organické hmotě

- organická půdní hmota slouží jednak jako základní dlouhodobý a rovněž jako primární krátkodobý zdroj živin
- živiny v půdním humusu jsou mikroorganismy transformovány do podoby přijatelné pro rostliny
- humus zásadním způsobem ovlivňuje fyzikální vlastnosti půdy – podporuje formování stabilní struktury půdy, která zlepšuje vododržnost a provzdušnění půdy
- humusové látky tlumí půdní reakci
- tmavá nejsvrchnější vrstva zeminy (zabarvení je způsobeno přítomností humusových látek) podporuje zahřívání půdy na jaře a tím prodlužuje vegetační období
- vysoký obsah humusu rovněž umožňuje obdělávání vlhké půdy, aniž by docházelo k jejímu zhutňování (Golueke, 1975; Schachtschabel et al., 1998; Stevenson, 1982; Weil and Magdoff, 2004).

Skutečný vliv, který má organická hmota na téměř všechny vlastnosti půdy, staví systém hnojení organickou hmotou za základ pro udržitelnou zemědělskou produkci. Obecně se předpokládá, že něco mezi 1 a 5 % organické složky zeminy (v závislosti na druhu a intenzitě kultivace půdy) je ročně mineralizováno v zemědělských ekosystémech mírného klimatického pásma. Aby byla hladina půdního humusu udržena, musí být každý rok do půdy přidáno alespoň stejné množství organické hmoty jaké se rozloží.

Kompost má vysoký obsah organické hmoty (Zethner et al., 2000) a organická hmota kompostu je vysoce humifikovaná a její poměr C: N je obdobný jako u půdního humusu (Diez and Krauss, 1997; Sch(?)midt and Tintner, 2007). **Z tohoto důvodu má kompost vysokou hodnotu z hlediska reprodukce humusu** (VDLUF, 2004; Leithold et al., 1997; Kolbe, 2007).

3.2 Celkový obsah dusíku a forem N-NH₄ a N-NO₃

Negativně nabitě částice půdy, jako jsou například jílové minerály a humusové látky, jsou schopné poutat kationty. Poutané kationty jsou udržovány ve stavu, ve kterém nemohou být vyplavovány, ale mohou vstupovat do půdního roztoku výměnou za jiné kationty. Tato zásoba živin umožňuje půdě udržovat živiny v koloběhu půda – rostlina nebo alespoň **snížit jejich ztrátu do okolních ekosystémů** (jako jsou povrchové toky a nádrže nebo podzemní voda). Celkové množství výměnných kationtů se nazývá **kationtová výměnná kapacita**, přičemž kapacita výměny kationtů je u organické půdní hmoty 2 mmolc g⁻¹, u jílu 0.5 mmolc g⁻¹ a u bahna kolem 0.1 mmolc g⁻¹ (SCHACHTSCHABEL ET AL., 1998).

Kapacita výměny kationtů je téměř přímo úměrná s obsahem humusu v půdě a zvyšuje se lineárně s množstvím organické hmoty dodané do půdy kompostem. Při srovnání s nehnojenou kontrolou se kapacita výměny kationtů při hnojení kompostem zvýšila o 3–7 %. Při pouze minerálním hnojení, je kapacita výměny kationtů stejná jako u nehnojené kontroly. V experimentu, kde bylo v průběhu šesti let aplikováno celkové množství 130 t ha kompostu při různém dávkování a intervalech, se kapacita výměny kationtů zvýšila o 4–10 % v korelaci se zvýšením obsahu humusu (HARTL AND ERHART, 2003).

3.3 Poměr C: N

Mezi faktory, které určují vlastnosti kompostu patří také obsah uhlíku a dusíku v kompostu, **poměr dusíku a uhlíku a biologická rozložitelnost uhlíku v kompostu**. Biochemické složení, jako je například obsah rozpustného uhlíku, celulózy a ligninu, hraje podstatnou roli při mineralizaci (GAGNON AND SIMARD, 1999, MARY ET AL., 1996). Například organický dusík v kompostu, který pochází z rostlinných pletiv, byl mnohem více odolný vůči mineralizaci než organický dusík, který pocházel z živočišných tkání (CANALI ET AL., 2003). Mezi faktory, které mají vliv na lokaci, patří struktura půdy, hodnota pH a klima.

3.3.1 Mikrobiální biomasa v kompostu

Pravidelné organické hnojení (kompostem) zvyšuje mikrobiální biomasu v půdě, její druhovou rozmanitost a stimuluje aktivitu enzymů (Fließbach and Mäder, 2000; Lalande et al., 1998, Pascual et al., 1997; Schwaiger and Wieshofer, 1996; Serra-Wittling et al., 1995), což vede ke zvýšené mineralizaci organické hmoty a zvýšené odolnosti rostlin proti škůdcům a chorobám.

4 Standardizace kvality kompostu

Cílem standardizace kvality organických hnojiv je rozšíření současných norem managementu jakosti a kvality kompostu. Předpokladem odpovídající jakosti kompostu je harmonizace kritérií procesu a jejich pravidelná kontrola nezávislými kontrolními orgány.

4.1 Jakost provozu kompostárny / manuál kvality

Stanovuje zásady managementu jakosti, podle kterých se provoz kompostárny řídí a monitoruje:

- požadavky na provozní postupy kompostárny (technologie, kapacita)
- výběr a kvalita vstupních surovin (chemické, fyzikální a biologické vlastnosti) – včetně původu a charakteru – rostlinný nebo živočišný.
- provozní řízení procesu kompostování (monitoring teplot, kyslíku, vlhkosti)
- kvalita kompostu (definice účelu využití)

Kvalita provozu kompostárny je dokumentována na základě obecných údajů kompostárny a popisu provozu zařízení, který zahrnuje řízení celého výrobního procesu – **minimální požadavky na proces zpracování – standardy procesu:**

- **Typ a množství surovin**
- **Příjem vstupních surovin** – v souladu se schválenou dokumentací, uložení dle druhů odděleně, aby bylo dosaženo požadovaného složení zakládky – *průběžná evidence kompostárny*
- **Skladování, předúprava** – drcení, míchání, úprava vlhkosti, struktura
- **Tvorba zakládky** – délka a průřez řádků nebo kanálů, kontinuální nebo jednorázová – *evidence zakládky*

- **Řízení zakládek** – počáteční a konečné datum a kompostovací období, intenzivní fáze – zajištění optimálních podmínek rozkladu za produkce minimálních zápašných látek - intervaly provzdušňování a závlahy – dodržení časově teplotních limitů hygienizace a vlhkosti 50 – 60% - *evidence zakládky*
- **Hygienizace** – intenzivní fáze – kombinace času a teploty, obsah vlhkosti, opatření proti opětovné kontaminaci
- **Dozrávání** – teplota nižší než 40 °C za nižší vlhkosti, zabránění opakovaným infekcím – zavlečení semen nebo kontakt s nehygienizovaným materiálem – *průběžná evidence kompostárny*
- **Finální úprava kompostu** dle jeho jakosti a potřeb trhu
- **Skladování kompostu** – stabilizovaný a zralý kompost – vizuální kontrola – *průběžná evidence kompostárny*

4.2 Jakost kompostu – standard výrobku

Kritéria jakosti kompostu zahrnují parametry pro charakteristiku kompostu jakožto organického hnojiva, mezní hodnoty parametrů.

Cílem standardizace kompostu je podpořit trh pro kompost s definovanou a trvale vysokou kvalitou a s doporučením pro konkrétní využití.

Parametry kvality kompostu jsou definovány hodnotami pro pozitivní vliv na půdu jako humifikovaná organická hmota, obsah živin, potřeba vápnění, mikrobiálních a fytopatogenních patogenů, rizikových prvků, aerobní biologické aktivity, fyzických kontaminantů (nečistoty) a semen plevelů.

- fyzikální vlastnosti kompostu:
 - objemová hmotnost, sušina, velikost částic
- chemické vlastnosti – přítomnost živin:
 - N celk, NO₃-N, NH₄-N, P – celk, K – celk, Mg – celk,
 - pH
- biologické parametry
 - aerobní biologická aktivita – index zralosti
- preventivní kritéria
 - hygienická kritéria
 - nežádoucí vlastnosti – přítomnost klíčivých semen plevelných rostlin
 - anorganické polutanty

Základní parametrem standardu kompostu je stanovení biologické stability, která definuje vhodnost využití kompostu z pohledu uvolnitelnosti živin, vlivu na půdu a složení půdního roztoku.

Tabulka 3 Kvalitativní kritéria kompostu pro standardizaci kompostu

Kritéria jakosti	Parametr	Jednotka	Odkaz
základní vlastnosti	organická hmota	% v suš.	vyhl.č. 474/2000
	C : N		
	vlhkost	%	
	pH		
živiny	dusík (N) celkový	% v suš.	vyhl.č. 474/2000
	NH ₄ -N, NO ₃ -N	% v suš.	
	fosfor (P) celkový	% v suš.	
	draslík (K) celkový	% v suš.	
	hořčík (Mg) celkový	% v suš.	
biologické parametry	aerobní biologická stabilita		nestanovuje národní legislativa ČR

Tabulka 4 Preventivní kritéria jakosti kompostu pro jeho standardizaci

Kritéria jakosti	Parametr	Mezní hodnoty / odkazy
hygienická kritéria	<i>Salmonella spp.</i>	vyhl.č. 341/2008, tab. č. 5.4
	Termotolerantní koliformní bakterie	
	enterokoky	
nežádoucí vlastnosti	semena plevelů	2 semena na litr
	nerozložitelné příměsi	Max. 2 %
anorganické polutanty	As	limit koncentrace pro 1. skupinu kvality vyhl. č. 474/2000 o stanovení požadavků na hnojiva, limity koncentrace pro 2. skupinu kvality dle vyhl. č. 341/2008
	Cd	
	Cr	
	Cu	
	Hg	
	Ni	
	Pb	
	Zn	
	PCB	limit koncentrace dle vyhl. č. 341/2008 pro 2. skupinu
	PAU	

5 Hodnocení stability kompostu

Cílem tohoto materiálu je představit novou metodu stanovení stability kompostu a aplikovat výsledky do praxe.

Kompost je definován jako stabilizovaná, nepáchnoucí, hnědá až černá homogenní hmota, drobtovitě až hrudkovité struktury, vzniká aerobním biologickým zráním biologicky rozložitelných surovin, bohatá na humusové látky a rostlinné živiny. Z této definice vyplývá, že základní charakteristikou kompostu je jeho stabilita. Bohužel české normy neuvádí, jak by se stabilita měla měřit a neudává ani jakých hodnot by měla stabilita dosahovat. Stabilitu lze definovat jako **dočasnou** (způsobenou například nedostatkem vody v surovině) nebo **trvalou** (je způsobena tím, že biologicky snadno rozložitelné látky jsou transformovány do formy složitých komplexů humusových látek).

5.1 Terminologie

Biologická stabilita je míra, do které mohou látky organického původu podléhat biologickému rozkladu. Je charakterizována jako „vlastnost organických materiálů málo ubývat a zachovávat originální fyzikální a chemické vlastnosti“.

Biologická stabilita je jedním z kvalitativních znaků kompostů, produktů mechanicko-biologické úpravy zbytkových komunálních odpadů před uložením na skládky i jiných odpadů či materiálů organického původu.

Zralost: Zralost (viz. také 'stabilita') může být definována jako stav, za kterého je konečný produkt stabilní a proces rychlého rozkladu je dokončen, nebo jako stav, ve kterém může být produkt rozkladu využit v zahradnictví bez jakýchkoliv vedlejších účinků. Pojem zralost může být rovněž chápán v širším slova smyslu, jako stabilita – ukončení kompostovacího procesu. Jedna z definic zralosti je následující: je to cílový stav kompostu z hlediska jeho připravenosti k využití, což souvisí s kompostovacím procesem. **Tato připravenost závisí na několika faktorech, např. na vysokém stupni rozkladu, nízké úrovni obsahu fyto toxických sloučenin, jako je amoniak a těkavé organické kyseliny.**

Zralost se definuje jako proces, kdy byly energie a živiny převedeny do stabilní organické hmoty.

Hnojivo je látka způsobilá poskytnout účinné množství živin pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce.

Organické hnojivo je hnojivem, v němž jsou deklarované živiny obsažené v organické formě.

Typové hnojivo je hnojivo, které splní stanovený obsah živin, shodnou formu a rozpustnost živin.

Semena plevelů – všechna životaschopná semena (a rozmnožovací části rostlin) vyskytující se v konečném produktu.

Netypové hnojivo je hnojivo, která neodpovídá typům dle vyhlášky č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva a ÚKZUZ provede přezkoušení nebo posouzení jeho vlastností biologickými metodami.

5.2 Stabilita kompostu – zralost kompostu

Není zcela jasně stanoven rozdíl mezi zralostí a stabilitou kompostů. Tyto vlastnosti spolu zcela jistě velmi úzce souvisí. Pojem (biologická) stabilita je však v literatuře používán více v souvislosti s potenciálními možnostmi materiálu rozkládat se, přeměňovat, případně uvolňovat zápašné látky či skládkový plyn, zatímco zralost je chápána více v souvislosti s možnou fytotoxicitou v případě aplikace nezralých materiálů k rostlinám – **definuje ukončení kompostovacího procesu.**

Stabilita/Stabilizace: Týká se fáze rozkladu organické hmoty během procesu kompostování. Stabilita je měřena jako zbytková biologická aktivita, například pomocí NIRS, Solvita index, Oxitop (spotřeba kyslíku), poměr C:N ve vodním výluhu), rostlinné testy. Materiál, který není stabilní, ale stále se rozkládá, dává vzniknout nepříjemným zápachům a může obsahovat organické fytotoxiny.

5.3 Metody hodnocení technologií – parametry / procesy

Hodnocení kvalitativních kritérií (parametrů) jakosti kompostu byly měřeny jako:

- základní vlastnosti a živiny, anorganické polutanty (mimo PCB, PAU) pro:
 - o surovinovou skladbu
 - o hotový kompost
- biologické parametry pro:
 - o fáze procesu
 - o hotový kompost

5.3.1 Metodika hodnocení zralosti kompostu

Pro hodnocení stability kompostu – zralosti kompostu byla použita metoda stanovení aerobní biologické stability – NIRS (Near-Infrared-Spectroscopy) – nepřímá metoda měření založená na spektroskopii (měření fyzikálních vlastností kompostu – organické složky) - rychlá analýza, bez použití chemie,

a vybrané podpůrné parametry měření zralosti kompostu:

- **NH₄-N, NO_x-N,**
- DOC
- Celkový N_{celk}
- C : N_{celk}
- **Index zralosti**

5.3.2 Metodika výběru kompostáren pro hodnocení zralosti kompostu a kvality procesu kompostování

Do projektu byly zahrnuty kompostárny – zakládky dle:

- **kvality surovinové skladby** - biologicky rozložitelný komunální odpad, čistírenské kaly

- **typu technologie** – na volné ploše s překopávačem kompostu (velikost zakládky), na volné ploše s aktivním provětráváním, vermikompostování, kompostování do vaků, EWA – fermentační kontejner

Kompost byl odebírán v rámci procesu:

- surovinová skladba po homogenizaci (připravená do procesu kompostování)
- fáze procesu – hygienizace a dozrávání dle vyhl.č. 341/2008
 - o pod 55 °C
 - o pod 40 °C
 - o pod 30 °C
- hotový kompost

5.4 Výsledky testů – parametry a hodnoty

5.4.1 Parametry technologie, které mohou ovlivnit kvalitu kompostu

Typ a množství surovin – dle chemických, fyzikálních a biologických vlastností, frekvence, četnosti a množství návozu dle uvedených vlastností stanovit metodiku řízení a monitoringu procesu kompostování – **vlhkost, celkový dusík, obsah organických látek.**

Příjem vstupních surovin – uložení dle druhů odděleně, aby bylo dosaženo požadovaného složení zakládky – suroviny s nízkou **sušinou cca do 40 % (čerstvé)** co nejdříve začít kompostovat – dlouhodobým skladováním dochází ke ztrátám živin, energie – probíhá anaerobní nekontrolovaný proces – největší problém provozu kompostáren v praxi.

Skladování, předúprava – drcení, míchání, úprava vlhkosti, struktura, poměr **C: N (30–35: 1), vlhkost (50–60%), struktura (30 – 40%).**

Tvorba zakládky – délka a průřez řádků nebo kanálů – jednorázově, kontinuálně (průběžně).

Řízení zakládek – 1. fáze – intenzivní fáze – zajištění optimálních podmínek rozkladu za produkce minimálních zápašných látek - intervaly provzdušňování a závlahy – dodržení časově **teplotní limitů a vlhkosti 50 – 60%** - problém praxe – nedostatečná struktura a zajištění vlhkosti po celou dobu 1. fáze.

Hygienizace – 1. fáze - intenzivní fáze - kombinace času a teploty **(55°C po dobu min. 21 dnů nebo 65°C pod dobu min. 5 dnů), obsah vlhkosti (50 – 60%),** opatření proti opětovné kontaminaci – kvalita závlahové vody.

Dozrávání – 2. fáze - teplota **nižší než 40 °C** za nižší vlhkosti, zabránění opakovaným infekcím – zavlečení semen nebo kontaktu s nehygienizovaným materiálem.

Finální úprava kompostu dle potřeb trhu s definovanou kvalitou.

Skladování kompostu - stabilizovaný a zralý kompost – vizuální kontrola.

5.4.2 Parametry analýz testů - základní technologické parametry vybraných kompostáren

Do testu bylo vybráno 18 zakládek na 12 kompostárnách:

- technologie:
 1. Skupina – technologie na volné ploše s překopávkou (1P – 9P)
 - z toho 5 malých zakládek – rozměr profilu šířka 2,5- 3m, výška 1,3 – 1,7 m
 - 4 velké zakládky – rozměr šířka 4 – 12m, výška 2,3 – 3m
 2. Skupina – technologie na volné ploše s ventilátory (12H – 14H)
 3. Skupina – technologie do vaků (10V – 11V)
 4. Skupina – fermentační boxy (15E)
 5. Skupina – vermikompostování (16Z – 18Z)
- surovinová skladba:
 - biologicky rozložitelný odpad ze systému třídění a sběru v obci
 - čistírenské kaly z komunálních čistíren – neupravený kal z malých čistíren komunálních odpadních vod

Tabulka 5 Evidence vybraných zařízení kompostáren pro test zralosti – technologie

Číslo evidence testu	Umístění kompostárny	Technologie	Číslo zakládky	Tvorba zakládky	Velikost zakládky				Hygienizace (°C/počet dní)	Surovinová skladba
					rozměr (m)			t/za-kládku		
					šířka	výška	délka			
1P	Náměšť	volná plocha / překopávač	1.2017.P.1	jednorázově	3	1,7	10	10	65/15	BRKO
2P	Černovice		9.2018.P.2	kontinuálně	2,5	1,3	30	20	65/4	BRKO+kaly
3P	Náměšť		2.2017.P.5	jednorázově	3	1,7	10	10	65/11	BRKO
4P	Náměšť		6.2017.P.4	jednorázově	3	1,7	10	10	65/10	BRKO + kaly
5P	H.Borová		15.2017.P.2	jednorázově	3	1,7	15	15	--	BRKO + kaly
6P	Jihlava		10.2017.P.1	kontinuálně	5	2,3	60	120	65/13	BRKO
7P	Třebíč		30.2017.P.1	kontinuálně	4	3	50	100	65/90	BRKO
8P	Pelhřimov		14.2018.P.2	kontinuálně	12	4	60	650	65/16	BRKO+kaly
9P	Humpolec		33.2017.P.1	kontinuálně	12	3	60	400	65/99	BRKO
10V	Nové Hrady	vaky	23.2018.Va.1	kontinuálně	1,5	1,5	45	40	65/12	BRKO
11V	Nové Hrady		24.2018.Va.1	kontinuálně	1,5	1,5	45	40	65/21	BRKO
12H	Náměšť	volná plocha / ventilátory	3.2017.V.1	jednorázově	6,4	3	5	20	65/15	BRKO
13H	Náměšť		4.2017.V.5	jednorázově	6,4	3	5	20	65/14	BRKO
14H	Náměšť		5.2017.V.4	jednorázově	6,4	3	5	20	65/23	BRKO + kaly
15E	Pelhřimov	fermentační kontejnery	7.2018.E.1	jednorázově	2,8	2,4	12	30	65/5	BRKO
16Z	Uherský Brod		23.2017.Ve.1	jednorázově	4,5	02.V	60	550	--	BRKO

17Z	Praha/ Vyše- hrad	vermi kompo- stování	24.2017.Ve.1	jednorázově	1	3	3	2	--	BRKO
18Z	Praha/ Vyše- hrad		28.2017.Ve.6	jednorázově	1,5	0,5	1,5	1	--	matolína + gastro



Obrázek 1 - 2P - Černovice (zdroj ZERA, z.s.)



Obrázek 2 - 3,4 P, 12,13,14 H – Náměšť n. O. (zdroj ZERA)



Obrázek 3 6P - kompostárna Jihlava (zdroj ZERA z.s.)



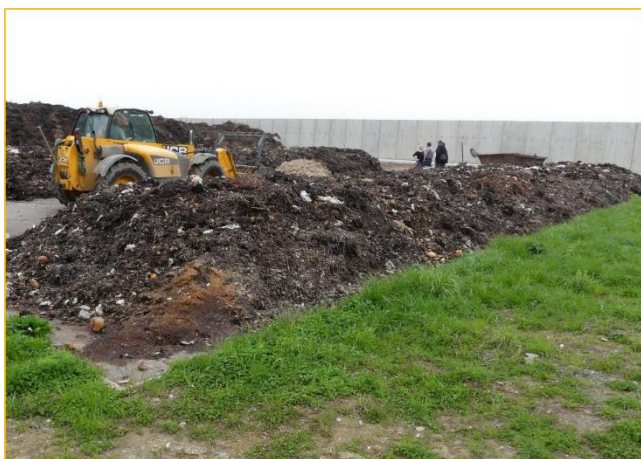
Obrázek 4 8P, 15E - kompostárna Pelhřimov (zdroj ZERA z. s.)



Obrázek 5 7P - Třebíč (ZERA z.s.)



Obrázek 6 9P –Humpolec (zdroj TS Humpolec)



Obrázek 7 - 16Z - kompostárna Uherský Brod (zdroj VÚZT v. v. i)



Obrázek 8 - 17,18 Z - Vyšehrad (zdroj VÚZT v. v. i.)

5.4.3 Parametry analýz testů kvality kompostu

Na kompostárnách / zakládkách byly analyzovány:

- chemické vlastnosti dle kvalitativních kritérií a anorganické polutanty

- vstupní surovinové skladba
- kompost
- biologické parametry – elektrická vodivost, zasolenost, NH₄-N, NO₃-N, DOC, Norg, C: N, potřeba O₂, index zralosti
 - kompost

Tyto parametry byly vyhodnoceny dle technologického vybavení kompostáren a intenzity vedení procesu (surovinová skladba, velikost zakládky, průběh tvorby zakládky, zajištění aerobního prostředí).

5.4.3.1 Výsledky testů – kvalitativní parametry a anorganické polutanty

Tabulka 6 Kvalitativní parametry – kompostárny na volné ploše s překopávačem kompostu (modře označené kompostárny - velké zakládky)

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zakládky	kvalita vstupních surovin a kompostu	Vlhkost (%)	Sušina (%)	pH	Vodivost (mS/cm)	Spalitelné látky (%)	N celk. (% v sušině)	C:N	Mg celk. (% v suš.)	P celk. (% v suš.)	K celk. (% v suš.)
				40 - 65	60 - 35	6 - 8,5	x	min.25	min.0,6	20 - 30	x	x	x
vyhláška č. 341/2008, zák.č. 156/1998 o hnojivech													
1P	Náměšť	1.2017.P.1	surov. vstup	34,31	65,69	8,5	--	33,0	1,37	12	--	--	--
			kompost	61,13	38,87	8,5	0,82	26,1	1,27	10	0,55	0,32	1,39
2P	Černovice	9.2018.P.2	kompost	40,15	59,85	8,8	0,38	48,1	1,63	15	0,47	0,30	1,40
3P	Náměšť	2.2017.P.5	surov. vstup	33,94	66,06	8,4	--	41,6	1,21	17	--	--	--
			kompost	36,08	63,92	8,5	0,90	25,6	1,21	10	0,52	0,31	1,47
4P	Náměšť	6.2017.P.4	surov. vstup	48,99	51,01	6,9	--	49,5	1,28	19	--	--	--
			kompost	48,34	51,66	8,7	0,96	30,5	1,68	9	0,54	0,38	1,53
5P	H.Borová	15.2017.P.1	surov. vstup	71,92	28,08	8,3	--	64,9	1,81	18	--	--	--
			kompost	56,27	43,73	8,4	1,09	44,1	2,00	11	8,30	5,63	17,50
6P	Jihlava	10.2017.P.2	kompost										
7P	Třebíč	30.2017.P.1	surov. vstup	40,69	59,31	8,0	--	52,0	1,66	16	--	--	--
			kompost	49,04	50,96	8,4	0,93	26,4	1,54	9	0,62	0,37	1,65
8P	Pelhřimov	14.2018.P.2	kompost	49,65	50,35	8,5	0,94	36,7	1,55	12	0,50	0,36	1,43
9P	Humpolec	33.2017.P.2	kompost				--						

Tabulka 7 Preventivní kritéria – anorganické polutanty – kompostárna na volné ploše s překopávacím kompostu

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zakládky	kvalita vstupních surovin a kompostu	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
				(g/kg suš.)	(g/kg suš.)	(g/kg suš.)	(g/kg suš.)	(g/kg suš.)	(g/kg suš.)	(g/kg suš.)	(g/kg suš.)	(g/kg suš.)
vyhláška č. 341/2008, zák.č. 156/1998 o hnojivech				20	2	100	150	1	20	50	100	600
1P	Náměšť	1.2017.P.1	surov. vstup	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			kompost	4,60	0,31	42,20	32,60	0,058	1,2	19,0	15,5	123,0
2P	Černovice	9.2018.P.2	kompost	5,32	0,45	22,50	55,90	0,091	1,0	11,1	25,2	176,0
3P	Náměšť	2.2017.P.5	surov. vstup	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			kompost	3,99	0,25	43,30	26,10	0,056	0,9	19,8	14,9	133,0
4P	Náměšť	6.2017.P.4	surov. vstup	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			kompost	4,02	0,37	33,30	33,80	0,087	2,0	26,2	18,1	27,7
5P	H.Borová	15.2017.P.1	surov. vstup	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			kompost	4,30	0,29	21,00	46,50	0,127	0,9	20,2	26,6	173,0
6P	Jihlava	10.2017.P.2	kompost									
7P	Třebíč	30.2017.P.1	surov. vstup	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			kompost	7,98	0,48	65,30	42,10	0,082	0,8	23,5	23,9	220,0
8P	Pelhřimov	14.2018.P.2	kompost	6,22	0,50	26,30	34,70	0,079	0,8	14,7	20,5	187,0
9P	Humpolec	33.2017.P.2	kompost									

Tabulka 8 Kvalitativní parametry – kompostárny na volné ploše s ventilátory

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zakládky	kvalita	Sušina (%)	pH	Vodivost (mS/cm)	Spalitelné látky (%)	N celk. (% v sušině)	C:N	Mg celk. (% v suš.)	P celk. (% v suš.)	K celk. (% v suš.)
				60 - 35	6 - 8,5	x	min.25	min.0,6	20 - 30	x	x	x
12H	Náměšť	3.2017.V.1	vstup	65,69	8,5	--	33,00	1,37	12			
			kompost	70,43	8,3	0,85	21,40	1,11	10	0,51	0,27	1,14
13H	Náměšť	4.2017.V.5	vstup	66,06	8,4	--	41,60	1,21	17			
			kompost	68,80	8,3	0,78	25,60	0,97	13	0,54	0,24	1,20
14H	Náměšť	5.2017.V.4	vstup	51,01	6,9	--	49,50	1,28	19			
			kompost	52,23	7,6	1,05	32,00	1,40	11	0,53	0,39	1,87

Tabulka 9 Preventivní kritéria- anorganické polutanty – kompostárny na volné ploše s ventilátory

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zakládky	kvalita	As (g/kg suš.)	Cd (g/kg suš.)	Cr (g/kg suš.)	Cu (g/kg suš.)	Hg (g/kg suš.)	Mo (g/kg suš.)	Ni (g/kg suš.)	Pb (g/kg suš.)	Zn (g/kg suš.)
vyhláška č. 341/2008, zák.č. 156/1998 o hnojivech				20	2	100	150	1	20	50	100	600
12H	Náměšť	3.2017.V.1	kompost	3,73	0,24	42,80	25,20	0,060	1,05	18,9	20,4	130,0
13H	Náměšť	4.2017.V.5	kompost	3,96	0,26	46,60	26,70	0,061	1,36	21,4	16,2	128,0
14H	Náměšť	5.2017.V.4	kompost	3,10	0,40	32,30	33,20	0,092	1,59	25,2	24,8	148,0

Tabulka 10 Kvalitativní parametry – vaky

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zakládky	kvalita	Sušina (%)	pH	Vodivost (mS/cm)	Spalitelné látky (%)	N celk. (% v sušině)	C:N	Mg celk. (% v suš.)	P celk. (% v suš.)	K celk. (% v suš.)
vyhláška č. 341/2008, zák.č. 156/1998 o hnojivech				60 - 35	6 - 8,5	x	min.25	min.0,6	20 - 30	x	x	x
10V	Nové Hradky	23.2018.Va.1	kompost	35,19	8,5	1,13	68,4	20,2	17	3,23	4,01	23,00
11V	Nové Hradky	24.2018.Va.1	kompost	59,22	8,2	0,28	25,3	10,9	12	3,38	2,09	6,99

Tabulka 11 Preventivní kritéria – anorganické polutanty – vaky

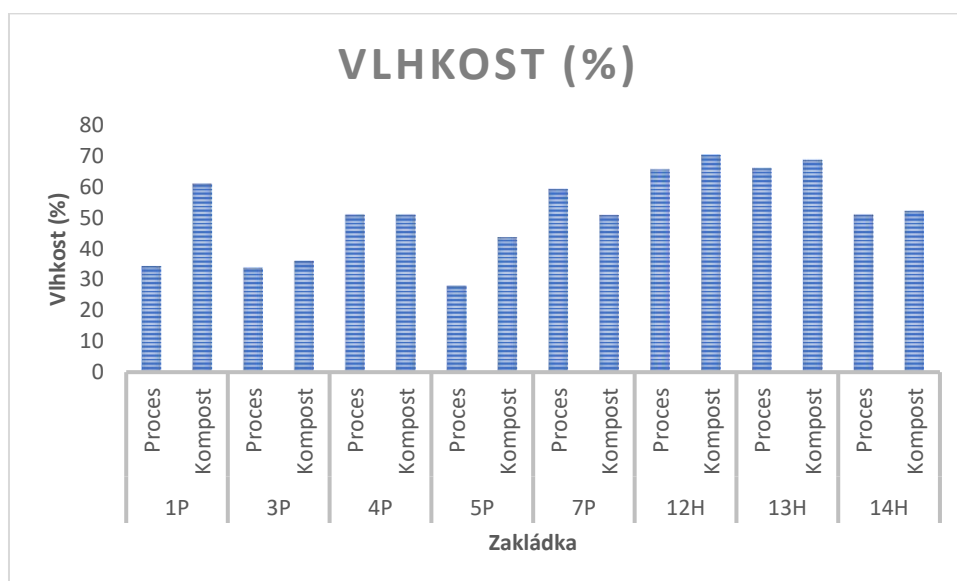
číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zakládky	kvalita	As (g/kg suš.)	Cd (g/kg suš.)	Cr (g/kg suš.)	Cu (g/kg suš.)	Hg (g/kg suš.)	Mo (g/kg suš.)	Ni (g/kg suš.)	Pb (g/kg suš.)	Zn (g/kg suš.)
vyhláška č. 341/2008, zák.č. 156/1998 o hnojivech				20	2	100	150	1	20	50	100	600
10V	Nové Hradky	23.2018.Va.1	kompost	1,20	0,41	5,00	17,4	0,039	0,61	7,72	4,8	123,0
11V	Nové Hradky	24.2018.Va.1	kompost	2,93	0,31	12,00	18,8	0,066	0,51	8,61	11,8	109,0

Tabulka 12 Kvalitativní parametry – fermentační kontejnery

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zakládky	kvalita	Sušina (%)	pH	Vodivost (mS/cm)	Spalitelné látky (%)	N celk. (% v sušině)	C:N	Mg celk. (% v suš.)	P celk. (% v suš.)	K celk. (% v suš.)
vyhláška č. 341/2008, zák.č. 156/1998 o hnojivech				60 - 35	6 - 8,5	x	min.25	min.0,6	20 - 30	x	x	x
15E	Pelhřimov	7.2018.E.2	kompost	50,68	8,2	0,89	30,5	1,46	10	0,47	0,35	1,30

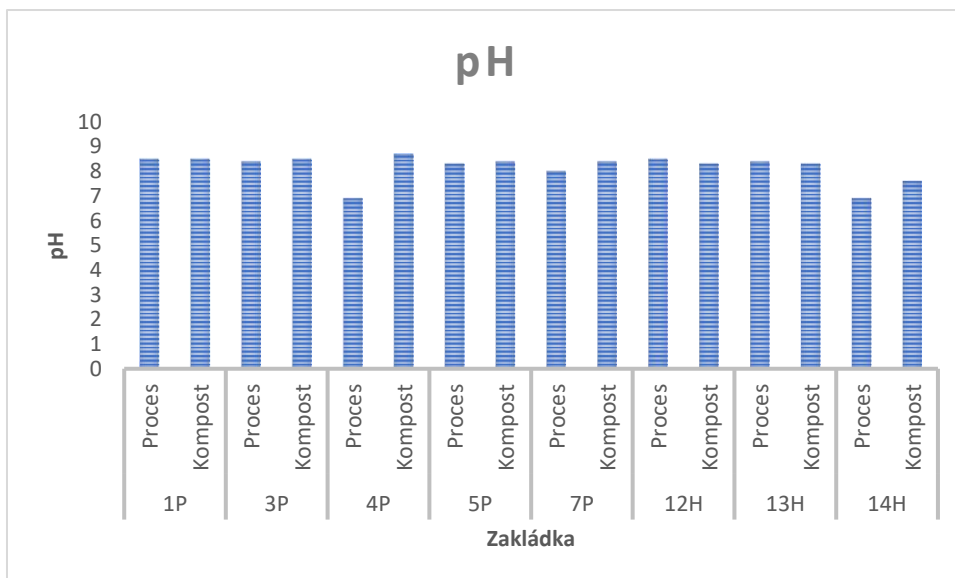
Tabulka 13 Preventivní kritéria – anorganické polutanty-fermentační kontejnery

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zakládky	kvalita	As (g/kg suš.)	Cd (g/kg suš.)	Cr (g/kg suš.)	Cu (g/kg suš.)	Hg (g/kg suš.)	Mo (g/kg suš.)	Ni (g/kg suš.)	Pb (g/kg suš.)	Zn (g/kg suš.)
vyhláška č. 341/2008, zák.č. 156/1998 o hnojivech				20	2	100	150	1	20	50	100	600
15E	Pelhřimov	7.2018.E.2	kompost	7,08	0,46	29,1	39,6	0,082	0,68	15,5	19,5	205



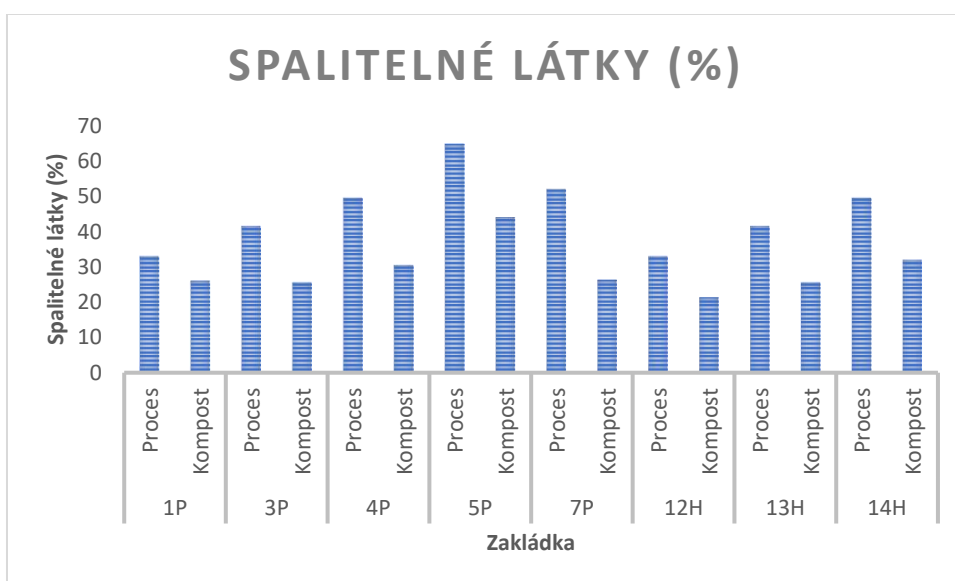
Graf 1 Porovnání průběhu procesu - kvalitativní znaky - obsah vlhkosti

U zakládek technologií na volné ploše s překopávačem se pohybuje vlhkost pod normou 50 % (1P-5P), zakládky technologie s větším průměrem měly vlhkost v optimu, stejně tak zakládky s aktivním pro-
větráváním. O kvalitě procesu **rozhoduje udržení vlhkosti v průběhu procesu hygienizace.**



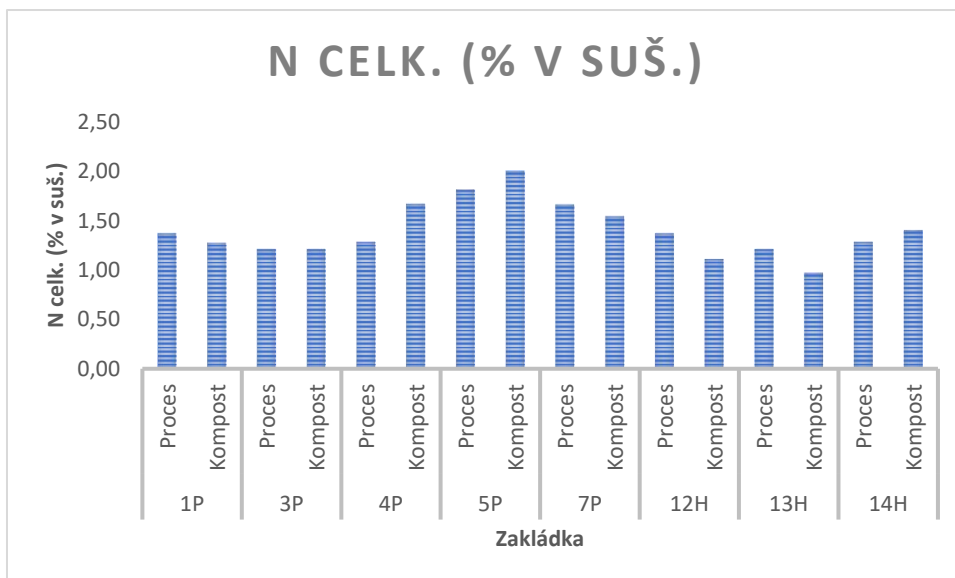
Graf 2 Porovnání průběhu procesu - kvalitativní znaky – pH

Graf 2 - Hodnota pH se v průběhu procesu kompostování neměnila, mimo zakládku 4P, kde byly v surovinové skladbě přítomné kaly. Výsledné pH se pohybuje v rozmezí normy 6 – 8,5. Průběh pH v rámci procesu kompostování nesignalizuje chybu. Tato skutečnost deklaruje nevhodnost přidávat do surovinové skladby na počátku kompostovacího procesu vápník pro úpravu pH.



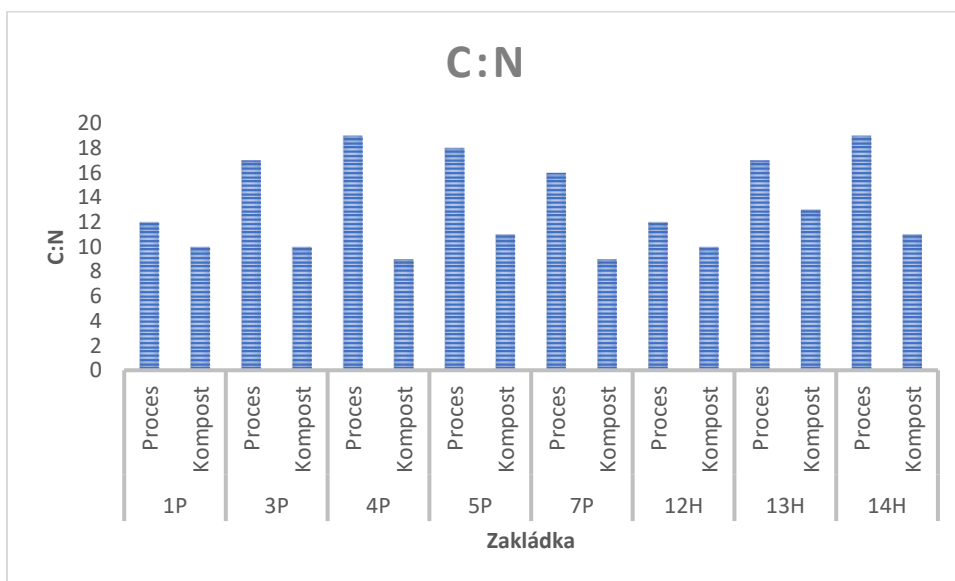
Graf 3 Porovnání průběhu procesu - kvalitativní znaky - spalitelné látky

Graf 3 - Obsah spalitelných látek (organické hmoty) byl v surovinové skladbě na počátku procesu v rozsahu 33 – 64,9 %, v kompostu byl obsah v rozsahu 26,1 – 44,1 %. Došlo ke snížení v průběhu procesu o 26,1 – 44,1 %. **Optimum snížení organické hmoty je 30–40 %. Toto množství je prodýcháno mikroorganismy jako důsledek mineralizace snadno dostupné organické hmoty.**



Graf 4 Porovnání průběhu procesu – kvalitativní znaky - N celk.

Graf 4 - V průběhu procesu, kdy dochází k mineralizaci organické hmoty může dojít k relativnímu zvýšení N_{celk} (zakládky 4P a 5P) a to přesto, že zde pravděpodobně došlo například vlivem vyššího pH (cca 7) ke ztrátě dusíku ve formě NH_4-N v průběhu první fáze procesu. Projevilo se to zvýšeným zápachem – důvodem je špatně složená vstupní surovinová skladba.



Graf 5 Porovnání průběhu procesu - kvalitativní znaky - C:N

Graf 5 - V testovaných zakládkách došlo ke správné změně poměru C: N. Porovnáním poměru C: N vstupních surovin a ve výsledném kompostu je snížení hodnoty poměru C: N o min 30% jako důsledek mineralizace organické hmoty – činnosti mikroorganismů (vazba na změny obsahu celkové organické hmoty). Toto nesplňuje pouze technologie 1P, pravděpodobně díky velmi nízké vlhkosti surovinové skladby, čímž neproběhla správně mineralizace.

5.4.3.2 Závěr hodnocení kvalitativních parametrů

Kvalitativní znaky kompostu splňují stávající legislativu mimo poměr C: N. Pokud není v těchto parametrech kompostovací proces testován v souvislostech vstup a výstup, pak pro praxi nejsou tyto parametry vypovídající pro hodnocení kvality procesu kompostování. Pouze staticky ohodnotí výstup – kompost.

Vzhledem k tomu, že kompostování je biologický proces, jsou pouze chemické testy pro stanovení kvality nedostačující. Metodika dále hodnotí biologické parametry, které by měly dokreslit jak proces, tak kvalitu výstupu. Toto hodnocení pomůže jasně definovat využití konkrétního výstupu bez rizika negativního vlivu na životní prostředí.

5.4.3.3 Výsledky testů – biologické parametry

Tabulka 14 Biologické parametry – kompostárny na volné ploše s překopávačem kompostu (modře označené kompostárny – velké zakládky)

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zakládky	Vlhkost (%)	Elektrická vodivost [mS/cm]	Zasolenost [g/l]	pH [H ₂ O]	NH ₄ -N CaCl ₂ Extrakt [mg/kg v suš.]	NO _x -N CaCl ₂ Extrakt [mg/kg suš.]	DOC ve vodním Extrakt [mg/kg v suš.]	N _{org} ve vodním Extrakt [mg/kg v suš.]	C/N _{org} ve vodním Extrakt	Potřeba mmol O ₂ /kg OM/h* ⁻¹	Přepočítaný bod zralosti
1P	Náměšť	1.2017.P.1	37,76	1,27	5,77	8,63	8,9	465	4967	596	8,33	4,4	9,00
2P	Černovice	9.2018.P.1	41,90	1,29	5,66	8,92	27,6	188	8650	1097	7,88	3,0	8,00
3P	Náměšť	2.2017.P.5	38,49	1,42	6,25	8,76	15,1	511	6241	782	7,99	4,6	7,75
4P	Náměšť	6.2017.P.4	44,72	0,80	3,72	8,66	3,9	0,0	6266	403	16	19,0	6
5P	H. Borová	15.2017.P.2	42,45	1,30	5,26	8,98	3,2	327	5449	588	9,27	8,7	8
6P	Jihlava	10.2017.P.1	45,03	0,51	1,63	8,47	54,0	0,0	6530	593	11,01	7,3	5,50
7P	Třebíč	30.2017.P.1	42,04	1,63	6,98	8,38	6,1	1039	4901	554	8,84	14,8	7
8P	Pelhřimov	14.2018.P.2	45,20	1,13	4,00	8,89	17,1	226	6394	700	9,13	19,4	7
9P	Humpolec	33.2017.P.1	41,90	1,29	5,66	8,92	27,6	188	8650	1097	7,88	3,0	8,00

Tabulka 15 Biologické parametry – kompostárna na volné ploše s ventilátory

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zákládky	Vlhkost (%)	Elektrická vodivost [mS/cm]	Zasolenost [g/l]	pH [H ₂ O]	NH ₄ -N CaCl ₂ Extrakt [mg/kg v suš.]	NO _x -N CaCl ₂ Extrakt [mg/kg v suš.]	DOC ve vodním Extrakt [mg/kg suš.]	N _{org} ve vodním Extrakt [mg/kg suš.]	C/N _{org} ve vodním Extrakt [mg/kg suš.]	Potřeba mmol O ₂ /kg OM/h* ⁻¹	Přepočítaný bod zralosti
12H	Náměšť	3.2017.V.1	28,52	1,41	5,67	8,41	153,00	444,99	5280,00	636,90	8,29	7,38	8
13H	Náměšť	4.2017.V.5	31,71	1,12	4,02	8,43	12,22	298,38	4867,50	531,45	9,16	8,75	8
14H	Náměšť	5.2017.V.4	56,53	0,50	2,01	8,71	0,00	0,00	5634,75	325,69	17,30	27,67	6

Tabulka 16 Biologické parametry- vaky

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zákládky	Vlhkost (%)	Elektrická vodivost [mS/cm]	Zasolenost [g/l]	pH [H ₂ O]	NH ₄ -N CaCl ₂ Extrakt [mg/kg v suš.]	NO _x -N CaCl ₂ Extrakt [mg/kg v suš.]	DOC ve vodním Extrakt [mg/kg v suš.]	N _{org} ve vodním Extrakt [mg/kg v suš.]	C/N _{org} ve vodním Extrakt [mg/kg v suš.]	Potřeba mmol O ₂ /kg OM/h* ⁻¹	Přepočítaný bod zralosti oxytop
10V	Nové Hrady	23.2018.Va.1	75,31	0,82	3,90	8,62	0,00	0,00	3434	202	17	16,91	7
11V	Nové Hrady	24.2018.Va.1	39,09	0,40	1,64	7,84	0,00	304,18	1308	109	12	12,80	8

Tabulka 17 Biologické parametry – fermentační kontejnery

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zákládky	Vlhkost (%)	Elektrická vodivost [mS/cm]	Zasolenost [g/l]	pH [H ₂ O]	NH ₄ -N CaCl ₂ Extrakt [mg/kg v suš.]	NO _x -N CaCl ₂ Extrakt [mg/kg v suš.]	DOC ve vodním Extrakt [mg/kg v suš.]	N _{org} ve vodním Extrakt [mg/kg v suš.]	C/N _{org} ve vodním Extrakt [mg/kg v suš.]	Potřeba mmol O ₂ /kg OM/h* ⁻¹	Přepočítaný bod zralosti
15E	Pelhřimov	7.2018.E.2	48,33	1,05	4,12	8,29	4,7	890	4797	548	8,76	13,4	7

Tabulka 18 Biologické parametry – *vermikompostování*

číslo evidence testu	místo kompostárny	číslo zakládky	Vlhkost (%)	Elektrická vodivost [mS/cm]	Zasolenost [g/l]	pH [H ₂ O]	NH ₄ -N CaCl ₂ Extrakt [mg/kg v suš.]	NO _x -N CaCl ₂ Extrakt [mg/kg suš.]	DOC ve vodním Extrakt [mg/kg v suš.]	N _{org} ve vodním Extrakt [mg/kg v suš.]	C/N _{org} ve vodním Extrakt [mg/kg v suš.]	Potřeba mmol O ₂ /kg OM/h* ¹	Přepočítaný bod zralosti Oxytop
16Z	Uherský Brod	23.2017.Ve.1	40,99	1,23	4,44	7,54	0,0	853	3700	385	9,62	5,4	7
17Z	Praha/ Vyšehrad	24.2017.Ve.1	67,71	0,74	3,33	8,55	0,0	471	6105	451	13,53	22,9	7
18Z	Praha/ Vyšehrad	28.2017.Ve.1	56,39	0,34	1,66	8,10	0,0	79,6	2147	190	11,33	2,1	8

5.5 Metody hodnocení zralosti a stanovení hodnot stability

Použité metody testů zralosti Oxytop a NIRS byly doplněny o doprovodné hodnocené parametry DOC, NH₄-N, NO₃-N, C:N.

Komplexní zhodnocení zralosti kompostu:

- NIRS
 - o měření organických složek kompostu (kyslíku, vodíku, uhlíku, dusíku ve vazbách O-H, C-H, N-H)
- biologická aktivita aerobních mikroorganismů – spotřeba kyslíku (Oxytop)
 - o stanovuje se jako míra absorpce kyslíku v průběhu teplot kompostovacího procesu, jednotka je spotřeba kyslíku na kg sušiny za hodinu.
- rozpuštěný organický uhlík DOC (celkový organický uhlík)
 - o stanovuje se jako parametr ukazující množství organických látek přítomných v daném vzorku vody. Tento parametr je udáván v miligramech uhlíku na jeden litr vody. Jedná se o analytický skupinový ukazatel vyjadřující množství organických látek ve vodě, jenž je využitelný pro stanovení kvality vody a ke sledování emisí vypouštěných do vod.
- poměr C: N ve vodním výluhu
 - o optimalizace poměru obsahu uhlíku k celkovému dusíku
- obsah minerálního dusíku (dusičnanové a amonné ionty)
 - o definuje průběh mineralizace v procesu kompostování, je to důležitý parametr pro korekci výživy rostlin v organickém hnojivu

Pro hodnocení kvality kompostu jsou rozhodující parametry kvality vstupních surovin a také způsob, jak zvolené technologie zajistí průběh hygienizace (aerobní prostředí – vazba na strukturu surovinové skladby, vlhkost a teplotu):

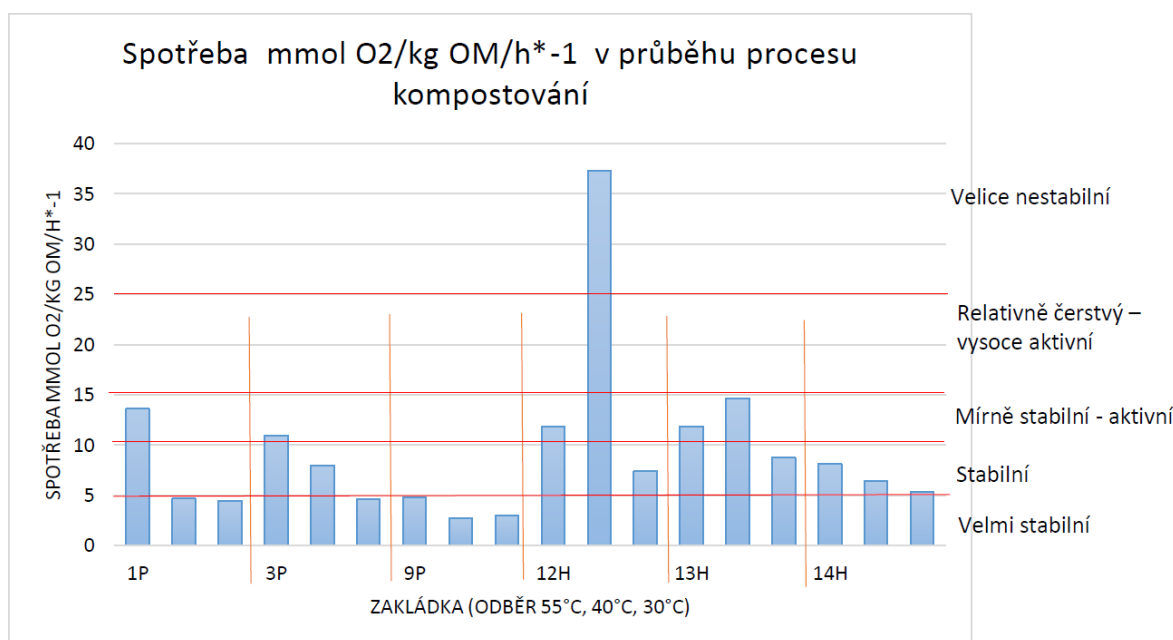
- kvalita vstupních surovin – obsah organické hmoty, celkový dusík, vlhkost, struktura

- teplotní režim – kombinace teplot a času – zajištění hygienizace v režimu 5 dnů min. 65 °C nebo 21 dnů min 55°C

5.5.1 Biologická aktivita aerobních mikroorganismů – spotřeba kyslíku

Biologická aktivita mikroorganismů – spotřeba kyslíku – OXITOP je metoda, kdy testem samozahřívání v korelaci s průběhem teplot procesu a mírou absorpce kyslíku je stanoven stupeň stability – třída stability (viz tab. 19).

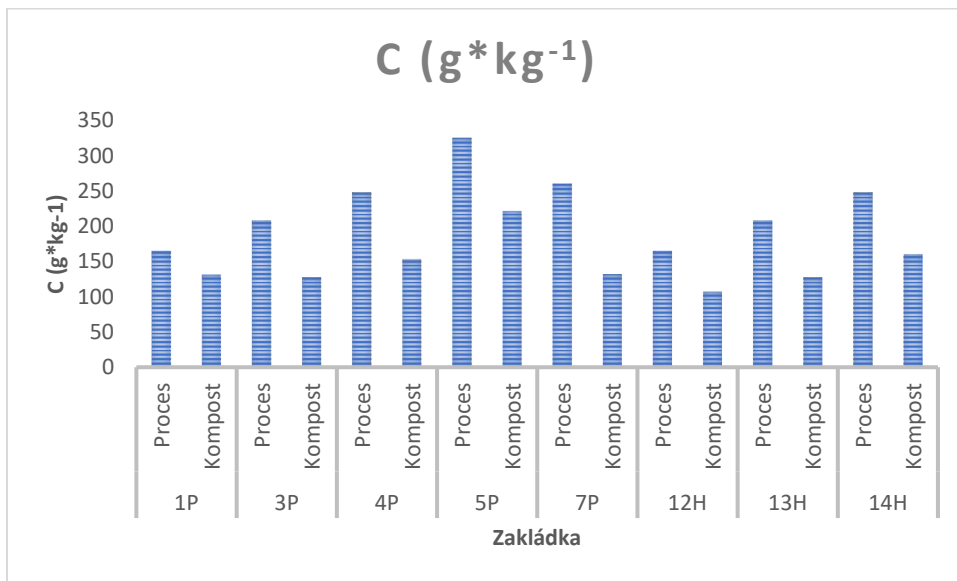
Stupeň stability kompostu byl stanovován u technologie na volné ploše s překopávačem kompostu (1P, 3P, 9P) a u technologie na volné ploše s aktivním provětráváním (12H, 13H, 14H) v průběhu procesu – po skončení fáze hygienizace (teplota klesla pod 55°C), ve fázi zahájení dozrávání (pokles teplot pod 40°C) a fáze zralého kompostu – ukončení kompostovacího procesu (trvalý pokles pod 30°C).



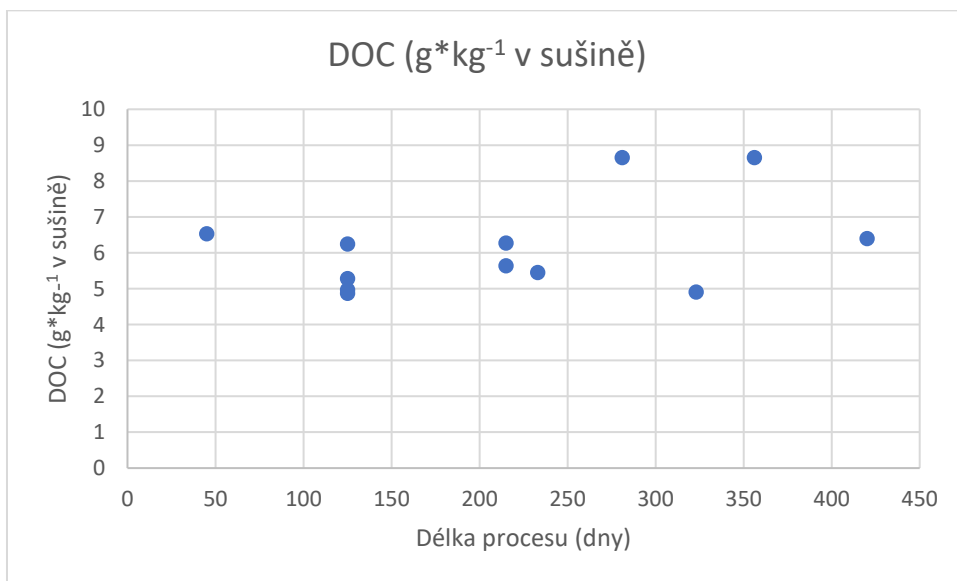
Graf 6 Spotřeba kyslíku v závislosti na vedení technologie

Graf 6 - technologie zakládek mimo zakládku 12H a 13H splnily procesní podmínky pro výrobu zralého kompostu. U zakládek 12H a 13H došlo při přesunu kompostu (při poklesu teplot pod 55°C) na dozrávání k obnově procesu – zvýšená spotřeba kyslíku – situace doprovázející nesprávné založení surovinové skladby zakládky (struktura, vlhkost).

5.5.2 DOC – celkový organický uhlík



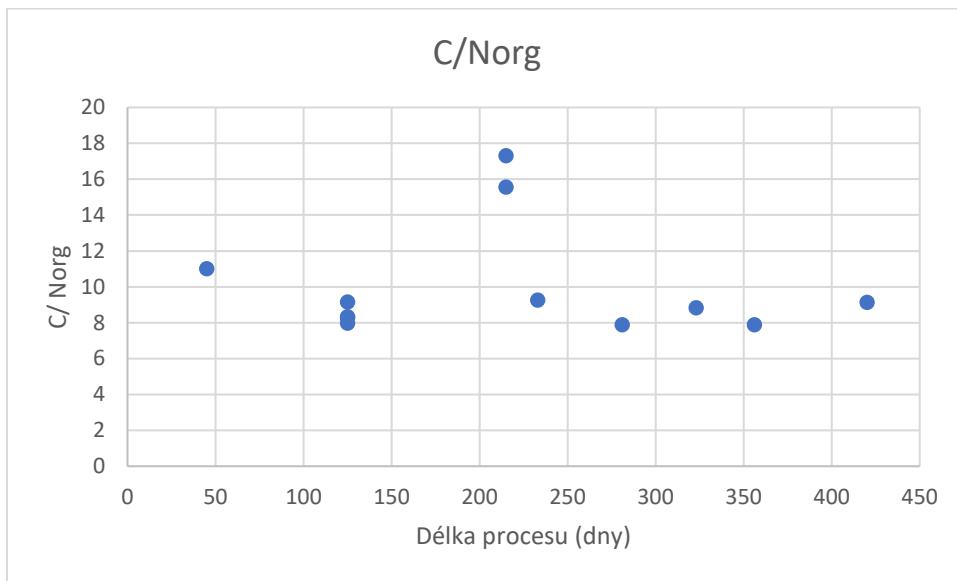
Graf 7 Rozpuštěný organický uhlík – průběh změny v procesu



Graf 8 Rozpuštěný organický uhlík ve vodním výluhu – kompost

Graf č. 7 hodnotí změny obsahu celkového uhlíku během průběhu kompostování. Tento parametr v průběhu procesu klesá v rozsahu cca 30 -40%, v důsledku mineralizace se snižuje jeho rozpustnost, což dokazuje graf č. 8 – obsahy rozpustného uhlíku v kompostu můžeme kvantifikovat v rozsahu 4 -7 g * kg⁻¹. Tyto hodnoty parametru DOC korespondují s indexem zralosti.

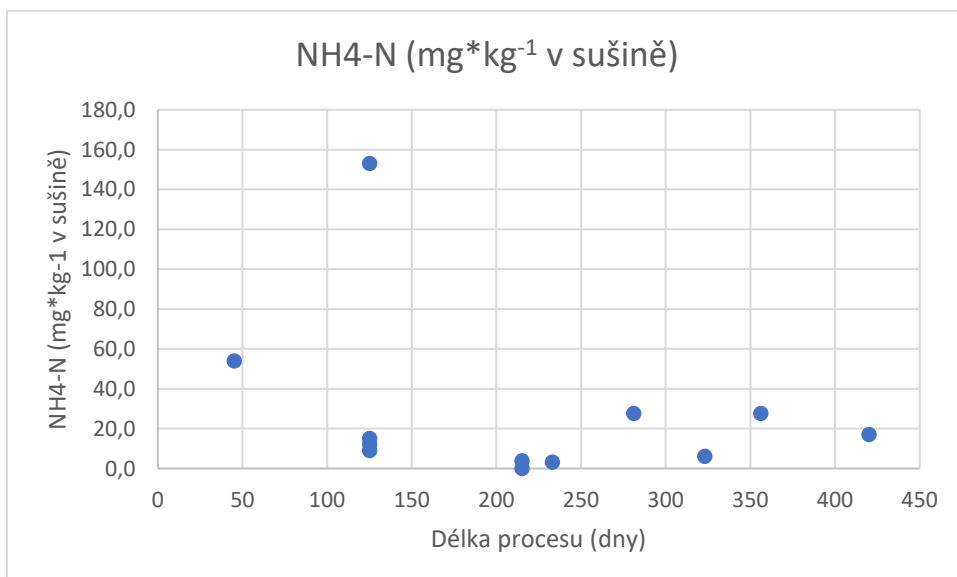
5.5.3 Poměr C: N_{org} ve vodním výluhu u výsledného kompostu



Graf 9 Poměr C:Norg

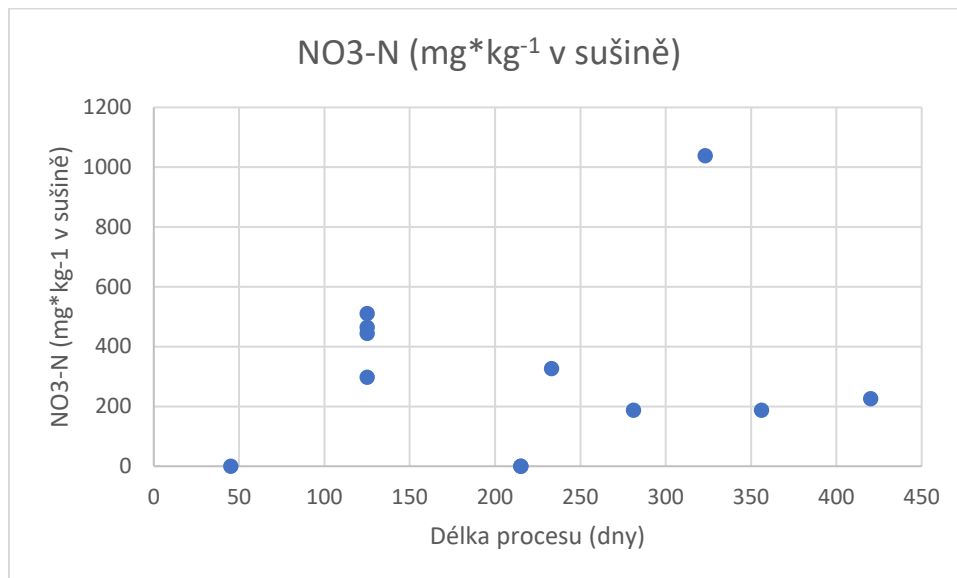
Kvalita zralých kompostů se v průměru pohybuje v rozmezí C: N 8–12:1. Koresponduje s DOC a celkovým N_{org}. Jedná se o parametr, který ověřuje správný průběh mineralizace organické hmoty a tím zralosti kompostu.

5.5.4 Obsah dusičnanových a amonných iontů



Graf 10 Obsah NH₄-N

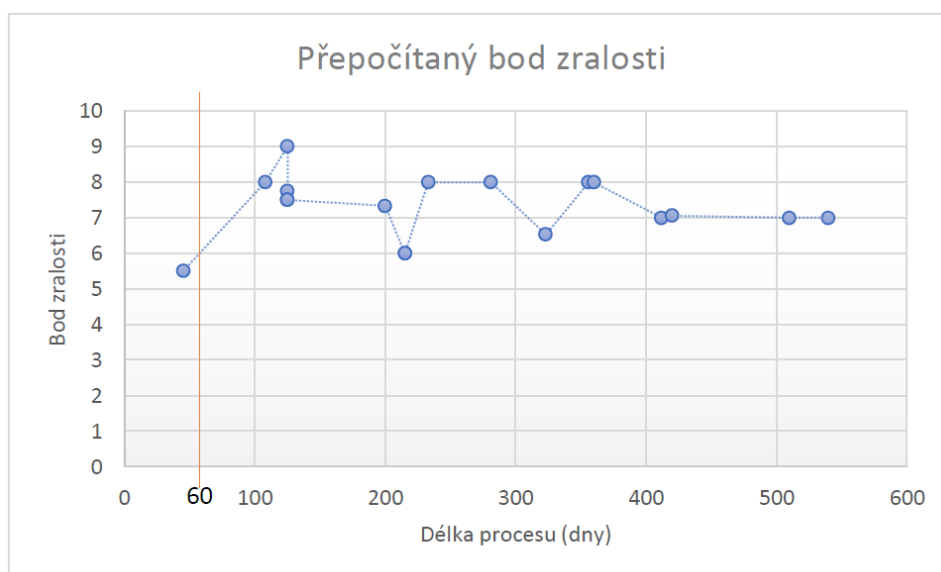
Graf 10 - Obsah $\text{NH}_4\text{-N}$ na konci kompostovacího procesu by měl být v rozsahu **0 do cca 30 mg/kg** kompostu. Přítomnost amonného dusíku ve vyšší míře indikuje dosud probíhající proces mineralizace organické hmoty.



Graf 11 Obsah $\text{NO}_3\text{-N}$

Graf 11 - Dusík ve formě nitrátů je v počátcích kompostovacího procesu na minimu – hodnotě nula a v důsledku procesu oxidace kompostovacího procesu se obsah zvyšuje na cca **200 – 300 mg/kg** kompostu. Vysoké nitráty a vysoký DOC signalizuje problém s časově a místně oddělenou imobilizací dusíkatých látek do stabilní organické hmoty kompostu.

5.5.5 NIRS – komplexní index zralosti



Graf 12 Zralost kompostu v závislosti na délce procesu

Intenzita kompostovacího procesu a tím i ekonomika kompostárny je odvislá od vedení procesu především v období hygienizace s dodržení správné surovinové skladby základky. Graf popisuje skutečnost, že u testovaných základek je zralost dosažena v době do 120–130 dnů od homogenizace surovinové skladby a dále trvá. Pokud došlo k porušení základních podmínek kvality surovinové skladby – vlhkost, struktura trval proces delší dobu.

Tabulka 19 Stupnice hodnocení zralosti kompostu NIRS/ spotřeba kyslíku

Označení zralosti NIRS	Popis	Hodnocení kompostu	Potřeba mmol O ₂ /kg OM/h* - 1	Spotřeba kyslíku
8	neaktivní, vysoce zralý, podobný půdě, žádné omezení k použití	zralý	pod 5	V
7	dobře zralý, stabilní			
6	snížená potřeba areace	stabilní		
5	kompost se pohybuje za aktivnífází rozkladu, je připraven k dozrávání, snížená potřeba intenzivní manipulace	aktivní	5 - 10	IV
4	kompost je ve středně až středně aktivním stadiu rozkladu, vyžaduje průběžné řízení procesu		10 - 15	III
3	aktivní kompost - suroviny v čerstvém stavu, potřeba intenzivního monitoringu	hodně aktivní		
2	velmi aktivní čerstvý kompost, vysoké požadavky na potřeby kyslíku, intenzivní překopávka nebo provzdušňování	syrový kompost	15 - 25	II
1	čerstvý, surový kompost typický pro čerstvou surovinovou směs, extrémně vysoký stupeň rozkladu, silné emise - je cítit		nad 25	I



Obrázek 9 NIRS - laboratoř ZERA z. s.

6 Závěr

Hodnocení kvality kompostu pouze přes kvalitativní ukazatele dle stávající legislativy předkládá praxi statický obrázek pouze o kvalitě kompostu bez souvislosti a informací o kvalitě procesu. Testovat nebo analyzovat kromě kvality výstupu – kompostu, také parametry kvality vstupní surovinové je pro praxi velmi drahé. Nový parametr – index zralosti postihne komplex ukazatelů pro hodnocení kvality jak procesu, tak kompostu a finančně nezatíží provozní náklady kompostárny.

Na stanovení biologické stability doposud neexistuje jednotná a obecně používaná metodika, ale existuje řada metod.

V této metodice provozního ověření jsme použili metodu NIRS jako nejjednodušší, nejlevnější a rychlou metodu pro praktické ověření kvality procesu a kvality kompostu. Jako ověřující (srovnávací) metodu ke stanovení zralosti kompostu jsme použili metodu OXYTOP a další parametry: DOC, C: N, NH₄-N, NO₃-N. Tato metoda je v rámci mezinárodního projektu INTEKO ověřena jako inovační metoda pro stanovení kvality kompostu.

Dle předložené metodiky jsou pro stanovení standardu kvality kompostu důležité parametry, které stanoví hodnotu zralosti kompostu, kterým je index zralosti a přítomnost forem iontů NH₄ a NO₃, které jasně definují správnost vedení kompostovacího procesu. Jsou to základní parametry pro Metodiku využití kompostu do oblastí ochrany vod.

Metodika doložila, že za kvalitu kompostu odpovídá řízení procesu kompostu, které musí zvolená technologie zajistit.

7 Metodika

Půdochranné technologie pro aplikaci kompostu na plochy v režimu ochrany vod



funkční úkol č. smlouvy 236-2018-17221

ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, z.s.

Listopad 2018

7.1 Cíl metodiky

Cílem předkládané metodiky je seznámit zemědělce a další zájemce o kvalitě kompostu využitelného do oblastí ploch v režimu ochrany vod. Kvalitu kompostu ovlivňuje zajištění základních technologických kroků jako je kvalita vstupních surovin, tvorba homogenní surovinové skladby (C: N, vlhkost, struktura) a dodržení optimálních podmínek pro rozvoj a činnost mikroorganismů především v první fázi kompostovacího procesu. Metodika nově doporučuje stanovit další znaky jakosti kompostu – zralost, přítomnost $\text{NH}_4\text{-N}$ a $\text{NO}_3\text{-N}$ v průběhu procesu kompostování. Jsou to parametry, které definují kvalitu a správnost procesu kompostárny, ukončení kompostovacího procesu a využití kompostu.

7.2 Vlastní popis metodiky

Metodika podává základní informace o nových parametrech, které charakterizují kvalitu kompostu pro jeho využití v systémech základní agrotechniky zemědělsky obhospodařovaných ploch nejen v režimu ochrany vod. Tento princip je v metodice popsán jako monitoring forem dusíku a stanovení zralosti. Metodika uvádí parametry a jejich dosahované hodnoty v průběhu kompostovacího procesu $\text{NH}_4\text{-N}$ na $\text{NO}_3\text{-N}$ a index zralosti.

Technologie kompostování by měla zajistit podmínky pro správný proces mineralizace organické hmoty, kdy v **1. fázi procesu** dochází díky bakteriím, houbám, plísním, vodě, teplotě, vlhkosti k rozkladu na jednoduché anorganické látky, např. H₂O, CO₂, H₂S, NH₃ (**fáze mineralizace**). Následně v **2. fázi procesu** - dozrávání pak dochází díky biologické aktivitě ke vzniku velmi složitých organických sloučenin např. humusových kyselin (**fáze humifikace**). Tyto dvě fáze jsou spolu úzce propojeny a navzájem se prolínají.

V průběhu biologické úpravy biologicky rozložitelných surovin kompostováním se stabilita zvyšuje.

Parametry pro standardizaci jakosti kompostu a metody pro stanovení biologické stability - zralosti kompostu jsou:

- NO₃-N, NH₄-N
- Index zralosti

Existuje řada technologií – kompostování na volné ploše s překopávačem, intenzivní technologie, kompostování do vaků, vermikompostování. Ať je využívána jakákoli technologie je nutné z důvodu správného vývoje a procesu kompostování proces monitorovat a řídit. Řízení procesu začíná již od samého začátku kompostovacího procesu v I. etapě (zajištění podmínek hygienizace) při optimalizaci surovinové skladby. Kromě výběru vstupních surovin podle jejich chemických, fyzikálních a mikrobiálních vlastností, je nezbytné dodržet správné podmínky skladování surovin, které zásadním způsobem ovlivní průběh a úspěšnost dalších kroků.

Při přípravě surovinové skladby je nutné **dodržet parametry C: N, vlhkost, strukturu**.

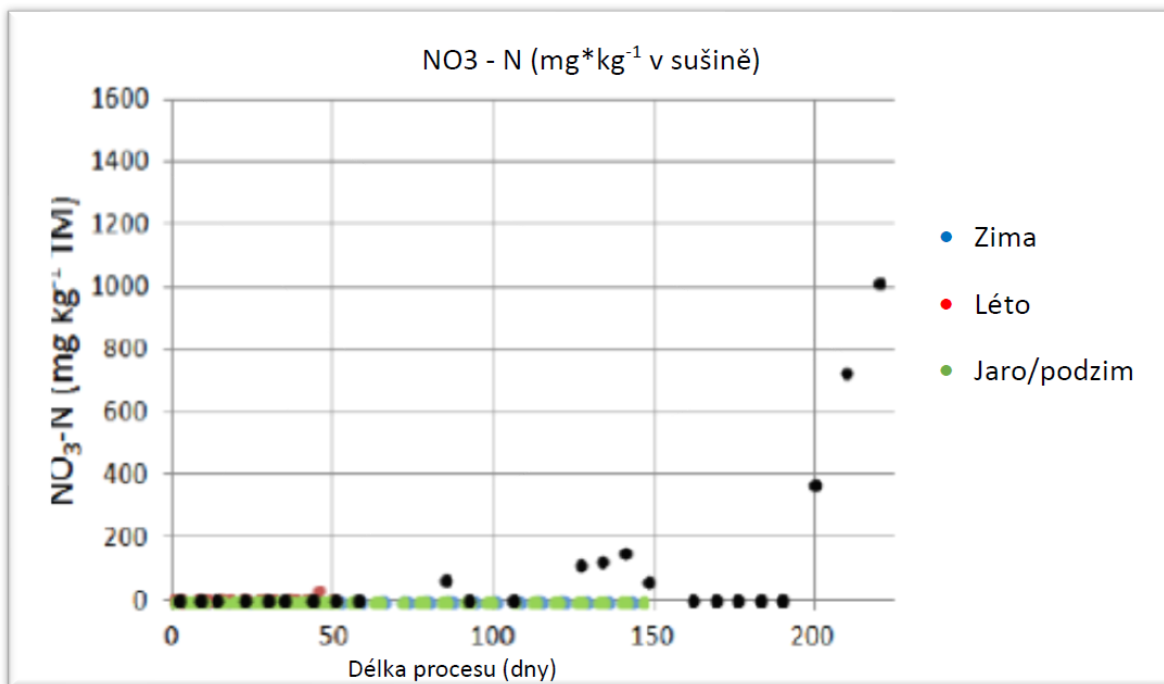
V jednotlivých fázích procesu je nevyhnutelné sledovat teplotu, obsah vzdušného kyslíku a vlhkost. Monitorování těchto veličin umožňuje načasovat vhodný zásah do kompostovacího procesu – provzdušnění, úprava vlhkosti. Monitorování a úprava uvedených veličin umožňuje ovlivňovat i dobu rozkladu organické hmoty. Intenzitu kompostování ovlivňuje i zvolená technologie a určení výsledné kvality kompostu. Délka periody kompostování může být klíčovým faktorem ekonomické náročnosti kompostování.

Kritéria procesu ovlivňující správný kompostovací proces – přeměnu organické hmoty:

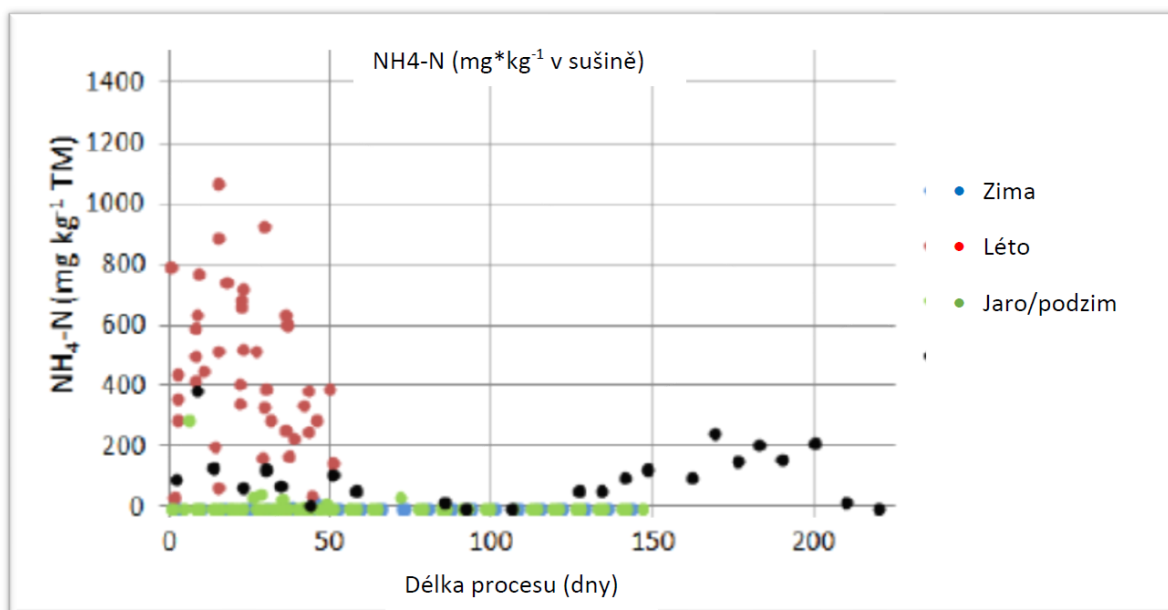
- surovinová skladba v kvalitě C: N (max. 30: 1), vlhkost 40–60 %, struktura 30 – 40%
- průběh procesu řídit za dodržení podmínek:
 - 1. fáze (fáze hygienizace)
 - teplotního režimu 21 dnů po dobu nad 55 °C nebo 5 dnů nad 65 °C
 - vlhkost 40–60%
 - 2. fáze (fáze dozrávání)
 - teplotní režim – postupné snižování teplot až na trvalý stupeň teploty, který koresponduje s okolím (cca 30 °C),

Metodika stanovení

- iontů dusíku – extrakt v CaCl₂
- index zralosti – nepřímá metoda měření založená na spektroskopii



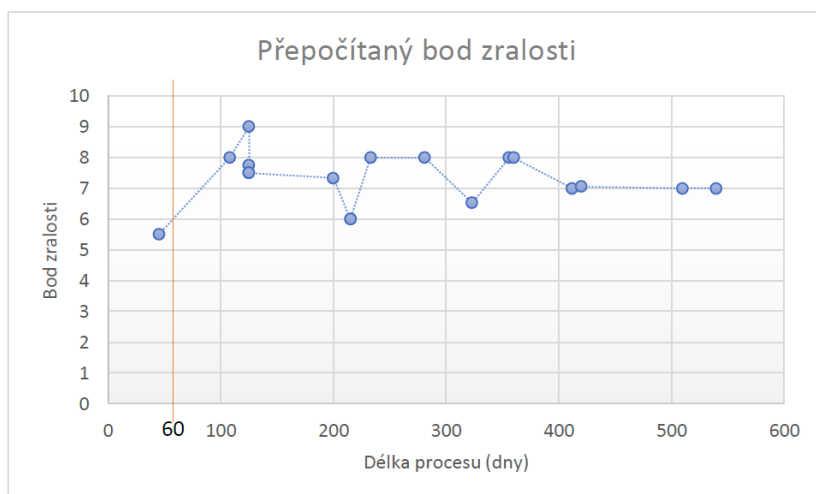
Graf 13 Model – monitoring iontů forem dusíku – NO₃-N (zdroj BFA)



Graf 14 Model – monitoring iontů forem dusíku – NH₄-N (zdroj BFA)

Grafy 13 a 14 modelově uvádí správný průběh přeměny organické hmoty – proces mineralizace, kdy v počáteční fázi kompostování převládají amoniakální ionty (do 50 dne procesu) a NO₃ jsou na nule. NO₃ se objevuje po cca 125 dnech – nitrifikační proces – živiny jsou v organických vazbách a vyplavování do spodních vod je na minimu. Amonné ionty (NH₄-N) jsou po cca 125 dnech na hodnotě nula

nebo v trvale minimu (v průměru 200 mg/kg sušiny). Černě označené body jsou hodnoty mimo průměrná spektra kalibrované křivky.



Graf 15 Index zralosti (zdroj ZERA)

Index zralosti vyhodnocuje kvalitu kompostu – stabilitu /zralost. Průběh hodnot grafu koresponduje s testem monitoringů iontů dusíku. Kompost v rámci testovaných technologií je po 120 – 125 dnech trvale zralý. Stupnice vyhodnocení pro praktické vyhodnocení zralosti kompostu v tab. č. 19. Den 60 je vyznačen pro dokumentaci vyhl.č. 341/3008, která upřesňuje minimální dobu procesu po provedené hygienizaci, ale nespecifikuje, co je tím ukončením procesu. Metodika jasně specifikuje, že parametrem ukončení procesu je zralost kompostu a je odvislý od průběhu procesu technologie kompostování.

7.3 Srovnání novosti postupů

7.3.1 Standardizace kvality kompostu

V metodice jsou uvedeny zcela nové parametry, jejich hodnoty a metody stanovení zralosti kompostu. Inovací je vlastní metoda stanovení zralosti kompostu – komplexní index zralosti metodou NIRS (Near-Infrared Spectroscopy). Je to nepřímá metoda měření založená na spektroskopii – fyzikální vlastnosti kompostu. Záření NIR vybudí: O-H, C-H, N-H vazby. To umožňuje, aby mohly být organické složky měřeny pomocí NIRS. Je to rychlá analýza, bez chemikálií.

Vzhledem k rozmanité kvalitě biologicky rozložitelných surovin a technologického vybavení kompostáren lze vyrobit zralý kompost při dodržení uvedených kritérií řízení kompostovacího procesu – správná praxe.

Výsledky metodiky pro stanovení zralosti kompostu jsou inovační metodou pro ověření kvality kompostu uplatnitelného na půdách v režimu ochrany vod a pro definování ukončení kompostovacího procesu. Ověřený parametr zralost kompostu – standardizace jakosti kompostu dává zemědělské praxi důvěru v tom, že kompostárna produkuje kvalitní výrobek.

7.3.2 Půdoochranná technologie s využitím stabilního kompostu při systémovém využití kompostu v základní agrotechnice půd v režimu ochrany vod

Využití kompostu dle kvality půdy – druh půdy, je nutné hodnotit z pohledu krátkodobého nebo dlouhodobého účinku:

- Lehké půdy (písčité) - pro pozitivní vliv kompostu v režimu krátkodobého účinku je vhodné aplikovat kompost vždy v souvislosti se zařazením zeleného hnojení, *například: aplikace kompostu v dávce cca 8 t/ha v sušině / rok a směska zeleného hnojení (vikev, oves, bob, ředkev olejná)*
- Střední až těžké půdy - pro dlouhodobé zlepšení využívat kompost se širokým poměrem C: N (30 – 35: 1) - dostatek uhlíku v kompostu, pro rychlý a pozitivní vliv využít komposty s uším poměrem C: N.
- Aplikace je variabilní výše dávky kompostu bude v případě bilance živin dána dle potřeb živin v osevním postupu nebo řazení plodin a technologie základní agrotechniky:
 - o 20 t ha⁻¹ (čerstvé hmoty) ročně,
 - o nebo 40 t ha⁻¹ jednou za dva roky,
 - o nebo 60 t ha⁻¹ každý třetí rok,
 - o nebo 60 t ha⁻¹ ve dvou po sobě jdoucích letech,
 - o nebo v jediné dávce 70 t ha⁻¹.

Kvalitní zralý kompost je komplexní organické hnojivo vzniklé cíleným aerobním rozkladem pomocí živých organismů. Kompost má proporce živin, které jsou pro půdu i rostliny pozitivní. Podporuje rovnoměrný příjem živin rostlinami, ostatní jsou půdními mikroorganismy ukládány do organických forem a tak vytváří zásobu živin. **Tato zásoba je nutná obnovovat a doplňovat – dlouhodobý efekt kompostu. Dávkování kompostu buď jednorázovou dávkou na 2–3 roky nebo průběžným hnojením každý rok v dávce 6 - 8 tun kompostu v sušině na ha a rok.** Takto jsou vytvořeny trvalé podmínky pro obnovu humusu v půdě. Potenciál obsahu živin v kompostu je pro různé zemědělské systémy různě využitelný, kdy ekologické zemědělství organickými hnojivy hradí 100 % všech živin, pro konvenční zemědělství je nutné doplnit dusík dle potřeb plánované nebo intenzity produkce a podmínek ochrany vod.

Metodika uvádí nový postup hodnocení kvality kompostu, v kterém je důležitým zjištěním, že aplikace kompostu a snížení odpovídající dávky dusíkatých hnojiv není ovlivněna produkce – naopak se zvyšuje a zároveň je zajištěna stabilita živin v půdě – minimalizace ztrát a charakterizovat zralý kompost jako bezpečné hnojivo.

7.4 Popis uplatnění metodiky

Nová metoda hodnocení zralosti kompostu je uplatňována na zařízení kompostáren Fertia s.r.o., kompostárny Černovice, Havlíčková Borová, Humpolec, Pelhřimov, Jihlava, Třebíč.

Metodika poskytuje zemědělcům novou informaci o kvalitě kompostu – zralost kompostu, který je kompostárna schopna vyrobit za dodržení kvality kompostovacího procesu.

7.5 Ekonomické aspekty a přínos pro uživatele

Ekonomický efekt zralého kompostu jako bezpečné organické hnojivo (zdroje živin a organické hmoty) vyrobeného recyklací biologicky rozložitelných materiálů / odpadů lze hodnotit:

- jako náhrada průmyslových hnojiv N, P, K, Mg, Ca
- udržení původního zemědělského hospodaření na plochách v režimu ochrany vod

7.6 Závěr

Metodika navazuje na Management využití kompostu vyrobeného z bioodpadu na zemědělských plochách – slabě a silně ohrožených erozí *Metodika provozního ověření, závěrečné hodnocení dle smlouvy o dílo č. 666-2017-17253*.

Stávající legislativa hodnotí kvalitu kompostu pouze podle vyhlášky č. 341/2008 Sb. o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. Národní legislativa nemá speciální legislativu zabývající se požadavky na kvalitu kompostu. Metodika je vhodným podkladem pro buď změnu nebo doplnění legislativy nebo zavedení certifikace kompostáren se standardizací kvality kompostu, kterou definuje metodika.

Produkce nestabilního / nezralého kompostu může pro rostliny obsahovat jedovaté látky, na které jsou citlivé zvláště mladé nebo klíčící rostliny, rychleji uvolňují živiny, podporují opětovný rozvoj patogenních mikroorganismů. **Stanovení stability by měla být součástí validace technologie – splnění podmínek hygienizace.**

Výroba kvalitního zralého kompostu je jediným způsobem jak v oblastech ochrany podzemních a povrchových vod zajistit zdroje živin a zajistit tak v rámci systematického využívání kompostu jejich trvalou a bezpečnou zásobu v půdě. Významnějším efektem kompostuje dodávka organické hmoty v optimální kvalitě C: N 10–12: 1, změny vlastností půdy (fyzikální, chemické, biologické), které ovlivní zadržování vody v krajině a stabilitu pěstované produkce.

Pro naplnění podmínek kvality kompostu pro obnovu půdní úrodnosti, snížení rizik eroze a ochrany vod je metodika vhodným nástrojem pro testování kvality kompostu – standardizovat kvalitu kompostu z pohledu jeho stability:

- Kvalitní regenerace půdy
- Zlepšení procesního a ekonomického managementu kompostárny



Obrázek 10 Laboratoř – pracoviště CETT, ZERA Náměšť nad Osl.

Tabulka 20 Stupnice hodnocení zralosti kompostu

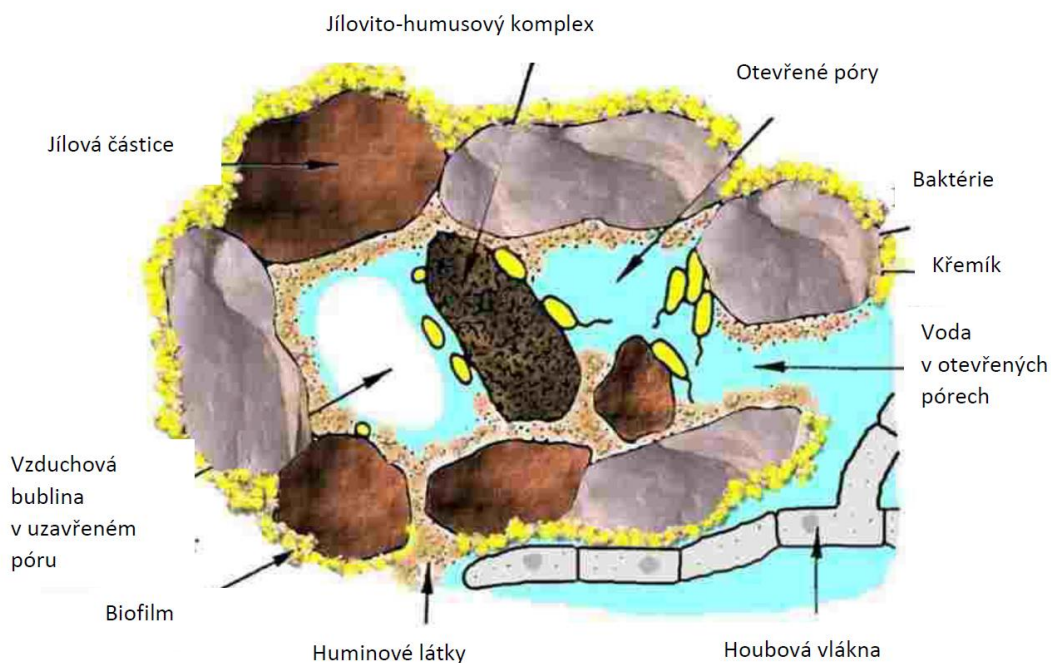
Označení zralosti NIRS	Popis	Hodnocení kompostu
8	neaktivní, vysoce zralý, podobný půdě, žádné omezení k použití	zralý
7	dobře zralý, stabilní	
6	snížená potřeba aerace	stabilní
5	kompost se pohybuje za aktivní fázi rozkladu, je připraven k dozrání, snížená potřeba intenzivní manipulace	aktivní
4	kompost je ve středně až středně aktivním stadiu rozkladu, vyžaduje průběžné řízení procesu	
3	aktivní kompost – suroviny v čerstvém stavu, potřeba intenzivního monitoringu	hodně aktivní
2	velmi aktivní čerstvý kompost, vysoké požadavky na potřeby kyslíku, intenzivní překopávka nebo provzdušňování	syrový kompost
1	čerstvý, surový kompost typický pro čerstvou surovinovou směs, extrémně vysoký stupeň rozkladu, silné emise – je cítit	

7.7 Použitá literatura

- Plíva P. a kolektiv, 2017: „Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů ze spalování a výroby bioplynu kompostováním“, VÚZT v.v.i. Praha, ISBN 978-802-7569-000-5
- Kovaříček a kolektiv, 2012: „Technologie a ekonomika zvyšování protierozní odolnosti půdy zapravením organické hmoty“ VÚZT v.v.i, Praha
- Hůla a kolektiv, 2012: „Úprava fyzikálních vlastností půdy a retenční schopnosti půdy zapravením kompostů z odpadní biomasy“, VÚZT v.v.i, Praha
- „Management využití kompostu vyrobeného z biodpadu na zemědělských plochách - slabě a silně ohrožených erozí“ Metodika provozního ověření, závěrečné hodnocení dle smlouvy o dílo č. 666-2017-1725
- Projekt INTEKO: https://www.at-cz.eu/cz/ibox/po-2/atcz42-_intek

8 Metodika

Bilance živin a organické hmoty / humusu



(podle PAUL&CLARK, 1989, změněno ZERA)

funkční úkol č. smlouvy 236-2018-17221

ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, z. s.

Listopad 2018

8.1 Cíl metodiky

Cílem metodiky je doporučit zařazení kompostu do bilance živin a organické hmoty v rámci stávajících „kalkulaček organické hmoty“, kdy systémové využití organického materiálu ve formě kompostu zvyšuje obsah humusu v půdě. Kvalitní kompost je nejbližší půdním formám humusu, protože organická část kompostu je v humusu rozsáhle přeměněna a „humifikována“ a zralý kompost má podobný poměr C: N (10 -17:1) jako půdní humus (10:1). Kompost je proto v půdě pozitivním a rychlým opatřením pro tvorbu a udržení humusu v půdě. Kompost mimo podporu obsahu humusu uvede do chodu živiny jako fosfor a draslík, ale i mikro prvky, a uzavře tak místní koloběh živin.

Bilance humusu je pomůckou k udržení trvalé úrodnosti půdy.

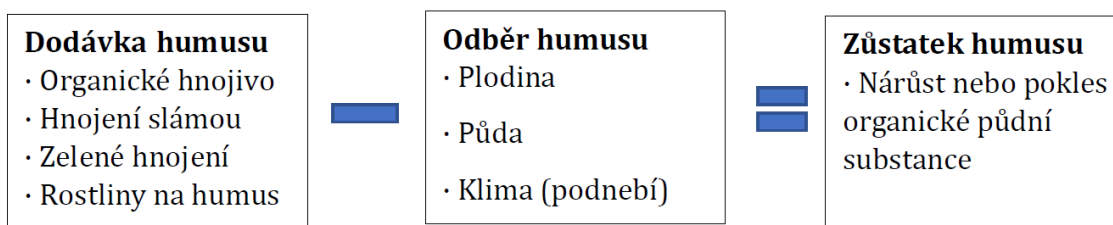
8.2 Vlastní popis metodiky

8.2.1 Bilance organické hmoty

Základní tézí metodiky je, jsou-li zdroje a spotřeba v souladu, pak je bilance organické hmoty vyvážená. Vlastní bilance organické hmoty je závislá na intenzitě mineralizace organické hmoty, tedy na půdních vlastnostech, zpracování půdy – intenzitě pracovních operací, minerálním výnosu plodiny, osevním postupu.

Výsledná bilance organické hmoty se stanoví jako rozdíl mezi mineralizací organické hmoty a tvorbou organické hmoty z organických hnojiv a posklizňových zbytků pěstovaných rostlin. Humusová bilance ukazuje, jak se dá obsah humusu v půdě udržet a zlepšit: pěstování kultur vytvářejících humus (luskoviny, ozelenění), přísun organického materiálu (kompost, chlévský hnůj), ponechání zbytků sklizně (sláma) na poli, zamezení častého a příliš intenzivního obdělávání půdy.

Bilance organické hmoty / humusu se hodnotí na základě stanoveného celkového organického uhlíku v organické hmotě:



Jako zdroj živin a organické hmoty kompostu do bilance je důležitá kvalita kompostu - jaký je skutečný poměr C: N – tedy obsah uhlíku.

Provedené testy kvality kompostu dosahují poměr C: N 9 – 15:1, do bilance organické hmoty je nutné započítat skutečnou kvalitu kompostu - uhlíku.

Kvalitní kompost se kvalitou (C: N) přibližuje přirozenému C: N stabilního humusu. Přesto nelze jasně kvantifikovat časový přínos pro bilanci humusu. Dle předpokladů se podílí již v prvním roce na 40 - 60 % zvýšení uhlíku v půdě. Procento je závislé na druhu půdy, struktuře půdy, četnosti agrotechnických zásahů a osevním postupu. Nejvyšší účinek má kompost, pokud je dodáno 58 – 92 kg organického dusíku v tuně kompostu. Čím je kompost méně zralý, tím povrchněji má být do půdy zapracován („povrchové kompostování“). U lehkých půd je lépe aplikovat kompost v každém roce s variantou meziplodin v osevním postupu.

Z dalších experimentů lze obecně dovodit, že u středně těžkých půd v mírných klimatických podmínkách jsou střední dávky kompostu (kolem 6-7 t ha⁻¹ rok⁻¹ sušiny) obvykle postačující pro udržení hladiny půdního humusu.

8.2.2 Balance živin

Kompost je stabilní organické hnojivo s vysokým podílem organické hmoty a s pomalu uvolnitelným dusíkem obsahující harmonický obsah živin včetně mikroprvků – NPK, Ca, Mg, mikroprvky, stabilní humus a půdní mikroorganismy.

Důležitým faktorem pro bilanci živin je základní agrotechnika (osevní postupy, intenzita kultivace půdy) a další faktory ovlivňující procesy v půdě (klimatické a půdní poměry).

Dusík:

Kompost obsahuje relativně velké množství (cca 1-2 % v sušině) celkového dusíku a je z cca 95 % vázán v organických vazbách ve formě dusičnanů a amonných iontů, které jsou pro rostliny k dispozici. Ionty $\text{NH}_4\text{-N}$ a $\text{NO}_3\text{-N}$ svůj obsah v průběhu kompostovacího procesu mění s tím, že podmínkou správného vedení kompostovacího procesu je stabilita kompostu – formy dusíku jsou kontrolované uhlíkovou složkou.

Rozpad organické hmoty kompostu průběžně uvolňuje dusík pro rostliny:

- v prvním roce je možné počítat s uvolněním dusíku cca 5%
- v následujících letech cca 10%
- a dlouhodobě v rozsahu 15 – 30%

Draslík, fosfor, vápník

Fosfor je okamžitě přístupný ze 40% a draslík z 58%. Po 3 – 4 letech kompost nahradí 100% těchto živin.

Pro bilanci těchto živin v osevním postupu je důležité systémové využití kompostu, které pro systém ekologického zemědělství může nahradit 100% potřebných živin, u systému konvenčního zemědělství doplnit pouze dusík dle potřeb pěstovaných rostlin.

Tabulka 21 Výsledky analýz registrovaných kompostů - ÚKZUZ (2015), ZERA 2016 - 2017

Ukazatel	Jednotka	Hodnoty ve zkoušených kompostech		
		Min.	Max.	Průměr
vlhkost	%	21,2	66,5	56,0
spalitelné látky	% v sušině	16,3	54,1	35,0
celkový N	g/kg v sušině	2,3	57,0	18,2
CaO	g/kg v sušině	x	x	x
K ₂ O	g/kg v sušině	2,4	45,6	18,8
MgO	g/kg v sušině	1,4	26,8	9,1
P ₂ O ₅	g/kg v sušině	3,6	55,1	13,9
Celkem živin		9,6	184,5	60,1
Celkem živin - analýzy testů ÚKZUZ				
vlhkost	%	21,3	77,3	43,0

spalitelné látky	% v sušině	16,6	80,1	44,0
celkový N	g/kg v sušině	10,0	49,0	19,2
CaO	g/kg v sušině	7,1	41,7	24,0
K ₂ O	g/kg v sušině	9,6	45,1	18,1
MgO	g/kg v sušině	3,2	14,8	6,0
P ₂ O ₅	g/kg v sušině	2,5	27,0	9,0
Celkem živin		32,4	177,6	76,3
Celkem živin - analýzy testů ZERA				

Obsahy základních živin (N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO) v sušině kompostu se pohybují v rozsahu (tabulka 19):

- 10 – 185 kg/t (analýzy ÚKZUZ 2015)
- 32 – 178 kg/t (analýzy pilotního ověření ZERA)

8.3 Srovnání novosti postupů

Další efekt po aplikaci kompostu je způsoben zvýšením obsahu organické půdní hmoty v půdě. Tím je vytvořen základní předpoklad pro výrazné ovlivnění struktury půdy – ke zlepšení fyzikálních vlastností půdy, jako například **stabilita půdních agregátů, objemová hmotnost, pórovitost, využitelná vodní kapacita a infiltrace**.

Zvýšení stability agregátů dávkami kompostu je pozorovatelné většinou už po krátké době, přičemž **zralé komposty mají větší účinek než nezralé komposty**. Ze zvýšené stability agregátů profitují nejvíce těžké a hlinité půdy.

Rovněž množství pórů v půdě se hnojením kompostem zvyšuje. Obzvláště podíl velkých podélných vertikálních pórů je rozhodující pro odvětrávání a oteplování půdy a tím i pro růst kořenů, ale také pro vsakování srážkové půdy.

Hospodaření půdy s vodou je v mnoha ohledech ovlivněno humusem. Organická hmota zvyšuje využitelnou polní kapacitu půdy, každé množství vody, které je využitelné rostlinami. Využitelná polní kapacita je definována jako rozdíl mezi obsahem vody v půdě při plné polní kapacitě a při permanentním bodu vadnutí. Humus sám na jednu stranu absorbuje vodu, na druhé straně zapřičiňuje organická hmota tvorbu a stabilizaci agregátů a porézní struktury s množstvím pórů zadržujících vodu. V rámci každého druhu půdní textury (písčité, hlinité půdy) narůstá s přibývajícím obsahem humusu využitelná polní kapacita. Při nárůstu obsahu humusu z 0,5 % na 3 % se využitelná polní kapacita zdvojnásobí. Tato zlepšená kapacita zadržování vody byla pozorována na mnoha polních pokusech s kompostovým hnojením, i když to několik let trvá, než je efekt porovnatelný.

Hlavní novosti postupu metodiky je:

- podpora systémového využití kompostu jako předpoklad pro výraznou úsporu základních živin
- nové zdroje živin a organické hmoty

- komplexní opatření pro ochranu půdy – zvýšení stability půdních agregátů a tím zajištění zadržování vody v půdě (v krajině)

8.4 Popis uplatnění metodiky

Pro zemědělce důležité vědět, jakým směrem se obsah humusu v půdě vyvíjí. Bilance organické hmoty umožní zemědělci samému s pomocí podnikových záznamů, které má k dispozici vypočítat, zda množství organické hmoty v závislosti na způsobu hospodaření v jeho podniku, resp. na jednotlivých polích stoupá nebo se zmenšuje. Bilance organické hmoty staví proti úbytku organické hmoty, která je závislá na druhu plodiny, půdě a klimatu, přísunu humusu skrz organické hnojivo, slámu, zazelenění a plodiny podporující tvorbu humusu. Výsledkem je zůstatek humusu, který vypovídá, zda obsah humusu stoupá nebo klesá.

8.5 Ekonomické aspekty a přínos pro uživatele

Humus je rozhodující pro skladbu půdy. Zvýšení obsahu humusu, zejména pokud je hnojením kompostem do půdy přiváděn CaO, zlepšuje fyzikální půdní vlastnosti jako **stabilitu agregátů**, hustotu, pórovitost, přítomnost vody pro rostliny a infiltraci. Vyšší obsah humusu může v zaznamenaném rozsahu zmírnit negativní důsledky vysokého obsahu u písčivých nebo jílovitých půd.

Ve skladbě půdy je také podstatné, že je trvalá a že klade odpor vlivům počasí. Měřítkem pro to je stabilita agregátů. Kompost zvyšuje stabilitu půdních částic, takže odporují i silnému dešti, aniž by se rozpadly. Půdní póry se neucpávají jemným materiálem, nýbrž zůstávají otevřené a srážka se může rychle vsáknout a nespláchnout se povrchově.

Přísun lehce odbouratelné organické substance jako ozeleňování biomasou vede k rychlému, ale krátkodobému nárůstu stability agregátů. Oproti tomu způsobuje přísun kompostu pomalý, ale dlouhodobý nárůst stability agregátů, protože kompost obsahuje dostatek humusovitých látek, které představují relativně stabilní spojovací materiál. Proto je velmi optimální kombinace zeleného hnojení a kompostu, protože spojuje přednosti obou.

Kalkulace zdrojů živin kompostu u testovaných podniků konvenčního zemědělství snižuje náklady na živiny průmyslových hnojiv v rozmezí u dusíku 17 – 40 %, u fosforu 31 – 100 %, u draslíku 48 – 100 %, u vápníku 100 %, u hořčíku 100 %.

Jakmile se v průběhu několika let po aplikaci kompostu stane fosfor a draslík v kompostu téměř kompletně dostupný pro rostliny, lze celkový obsah draslíku a fosforu v kompostu započítat do bilance živin. Množství oxidu vápenatého, který je dodáván do půdy prostřednictvím menších dávek kompostu, je dostatečný pro náhradu za standardní vápnění půdy.

8.6 Závěr

České metodiky počítají bilanci organické hmoty v půdě v organických látkách nebo obsahu uhlíku, neuvažují o kompostu jako o organickém hnojivu, které je již ve formě humifikované organické hmoty ve stabilní podobě. Dále nerespektují postupné uvolňování živin v průběhu následných let.

V současné době je správné hospodaření s ornou půdou kontrolováno prostřednictvím DZES 6, který mimo jiné požaduje na určitou část pozemků aplikaci organických hnojiv. Vůbec nerozeznává, zda se

jedná o primární organickou hmotu, nebo organické hnojivo, které již prošlo částečně nebo zcela procesem humifikace.

Metodika předkládá parametry a hodnoty pro zohlednění stávajících pomůcek – „kalkulaček“ pro bilanci organické hmoty a živin dodávaných stabilním kompostem do půdy.

8.7 Použitá literatura

- Kovaříček a kolektiv, 2012: „Technologie a ekonomika zvyšování protierozní odolnosti půdy zapravením organické hmoty“ VÚZT v.v.i, Praha
- Plíva P. a kolektiv, 2018: „Aplikace kompostů různých užitných vlastností na zemědělské půdy podle jejich bonity, VÚZT v.v.i, Praha
- Klír J., 2008 – „Rámcová metodika výživy rostlin a hnojení“, VÚRV v.v.i, Praha, ISBN 978-80-87011-61-4
- Wollnerová J., Klír J., 2008: „Metodika pro hospodaření ve zranitelných ve zranitelných oblastech“, VÚRV, v.v.i, Praha
- VÚMOP <http://www.organickahmota.cz/#/intro>
- Výzkumný projekt OJ 1530034 „Legislativní podklady pro větší uplatnění kompostů, zejména vermikompostu, na zemědělskou půdu“.

9 Metodika

Zkvalitnění procesu kompostáren, zvýšení kvality kompostu pro zemědělskou praxi



funkční úkol č. smlouvy 236-2018-17221

ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, z. s.

listopad 2018

9.1 Cíl metodiky

Cílem metodiky je na základě řady testů a praxe definovat kvalitu procesu kompostárny, který vytvoří uvědomění praxe pro zajištění vedení procesu kompostárny a výroby kvalitního kompostu v rámci ekonomické i ekologické udržitelnosti. Řízení procesu kompostování přes monitoring základních procesních parametrů je klíčovým faktorem kvality kompostu a ekonomické náročnosti kompostování.

9.2 Vlastní popis metodiky

Metodika poskytuje provozovateli kompostárny základní informace k zajištění kvalitního a udržitelného provozu kompostárny. Uvádí kritické body – standardy vedení procesu kompostování, jejich parametry a hodnoty, které je nezbytné splnit pro správný průběh procesu kompostování. Metodika navazuje na stávající legislativu a zároveň předkládá doplňující a nové parametry a jejich hodnoty pro zajištění standardu jakosti kompostu respektovaného jako bezpečné organické hnojivo pro zemědělskou praxi:

- Technologický management kompostárny
- Standardy kvality kompostu

9.2.1 Technologický management kompostárny

Technologie kompostárny musí dle chemických, fyzikálních a mikrobiologických vlastností vstupních surovin:

- zajistit provozní řízení procesu kompostování,
- definovat kvalitu kompostu a jeho využití

Základním kritériem pro provozování kompostárny je vedle kvality vstupních surovin jejich množství v tunách a v časových intervalech návozu a pak celkové množství přijatých tun bioodpadu za rok.

Dle režimu návozu surovin je pro každou kompostárny stanovena konkrétní metodika provozu kompostárny, musí být technologicky vybavena a pro zajištění kvality kompostu je zásadní. Metodika provozu kompostárny je procesním modelem (provozním plánem kompostárny), kde základním principem je oddělit režim I. fáze – hygienizace a II. fáze dozrávání.

Procesní model provozu kompostárny - kritické body a jejich kritéria/hodnoty monitoringu, které rozhodují o kvalitě vlastního procesu:

- *Příjem vstupních surovin dle kvality a množství (pravidelný nebo jednorázový příjem)*
 - o zdroje vhodné pro technologii kompostárny (v souladu s provozní dokumentací)
 - o kvalita C: N (30 – 35: 1), vlhkost 50 – 60%, struktura 30 – 40%
- *Skladování, předúprava*
 - o drcení, prosévání, míchání, zvlhčování, homogenizace surovinové skladby
 - o skladování dle:
 - obsahu sušiny, suroviny se sušinou pod 40% („čerstvé suroviny“) založit do základky hned po návozu (skladovat maximálně po dobu 5 ti dnů)
 - sklad surovin dělit dle kvality surovin (obsahu sušiny, chemických, fyzikálních vlastností, mikrobiálních)
- *Tvorba zakládky – rozhoduje o termínu zahájení kompostovacího procesu*
 - o jednorázově
 - o kontinuálně – postupně
- *Řízení zakládek – provzdušňování, zvlhčování – intenzita procesu*
 - o monitoring procesu – měření obsahu vzdušného kyslíku, teploty, vlhkosti
 - o parametry monitoringu – fáze hygienizace:
 - doba fáze dle zajištění teplotního režimu, po tuto dobu je nezbytné zajištění vlhkosti v rozsahu 50 - 60%, četnost měření teploty a vlhkosti 1 x za den, fáze je ukončena po poklesu hygienizačních teplot
 - o parametry monitoringu – fáze dozrávání
 - doba fáze dle průběhu teplot, po tuto dobu je nezbytné udržovat sníženou intenzitu provzdušňování, četnost měření teplot 1 x týdně, fáze je ukončena při poklesu teplot pod 40°C
- *Hygienizace – proces snížení nebezpečnosti – mikrobiálních patogenů, chorob rostlin a klíčivosti semen plevelných rostlin při teplotním režimu:*
 - o min. 55°C po dobu 21 dnů nebo

- min. 65°C po dobu 5 dnů
- *Dozrávání* – proces dokončení mineralizace organické hmoty, v této fázi nesmí být zvlčování dozrávacího kompostu odpaní vodou z I.fáze . Dozrávání je ukončena testem zralosti kompostu:
 - přítomnost forem iontů dusíku NH₄-N je v minimu a NO₃-N je přístupná rostlinám z organických vazeb
 - index zralosti – ve stupnici 7 - 8
- *Finální úprava kompostu* – úprava (prosévání, třídění) dle potřeb využití kompostu, klasifikace kvality kompostu
- *Skladování kompostu*

9.2.2 Standardy kvality kompostu

- Stávající legislativa
 - kvalitativní znaky (v sušině)
 - základní vlastnosti – obsah organické hmoty (min 25%), C : N (30 : 1), vlhkost (min 20, max 30), celkový dusík (min 0,6%), pH (6,0 – 8,5), nerozložitelné příměsi (max 2%)
 - bezpečnostní znaky
 - salmonela, termotolerantní koliformní bakterie, enterokoky
 - As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
 - biologické parametry
 - ne
- Nadstandard kvality kompostu, které doplní stávající legislativu
 - kvalitativní znaky
 - celkový fosfor, celkový draslík, celkový hořčík,
 - bezpečnostní znaky
 - klíčivost semen plevelných rostlin
 - biologické parametry
 - aerobní biologická stabilita – index zralosti ve stupnici 7 – 8, hodnoty NH₄-N, NO₃-N

9.3 Srovnání novosti postupů

Metodika uvádí:

- kritická místa procesu kompostování, která zásadním způsobem ovlivňují vlastní proces a tím i kvalitu kompostu
- parametry pro hodnocení kvality kompostu, které jsou v současné době nadstandard k stávající legislativě, ale pro deklaraci bezpečného organického hnojiva a klasifikaci kompost pro jeho konkrétní využití

Legislativní podmínky v současné době nestanovují jasná pravidla pro proces kompostování, proto v praxi často dochází k nesrovnalostem na straně uživatelů kompostu (zemědělců) a producentů kompostu (kompostáren). Metodika stanovuje chybějící standardy kvality procesu i kompostu, které by pomohly jednoznačně určit, zda výsledný kompost splňuje či nespĺňuje požadovanou kvalitu.

Metodika identifikuje potřebu praxe na vytvoření jednotného standardizovaného postupu procesu kompostárny, který by tak významným způsobem přispěl ke zlepšení celého systému zpracování a využití odpadů/surovin kompostováním - **tvorba jednotných pravidel, která umožní certifikovat provoz kompostáren, následně tedy standardizovat kvalitu kompostu, a to v souladu s doposud platnou českou legislativou.**

Vytvořená metodika významně usnadní práci zemědělským podnikatelům, provozovatelům kompostáren a v neposlední řadě také orgánům státní a veřejné správy, neboť nabídne nezávislé hodnocení výsledného produktu. Veřejné prostředky vynakládané na podporu kompostování (zejména DZES) pak mohou být snáze cíleně směřovány pro podporu kompostu certifikované kvality, který bude:

- a) nezpochybnitelným kvalitním hnojivem
- b) bezpečným hnojivem pro využití v ochranných pásem vod
- c) významně přispívat ke zlepšování půdní kvality díky prokázanému obsahu důležitých surovin či jejich vhodné kombinace

9.4 Popis uplatnění metodiky

Metodika je určena provozovatelům kompostáren, poradcům, kontrolním organizacím, státní správě MZE a MŽP. Metodika doplňuje stávající legislativu o standardy procesu a kvality kompostu, které jsou ověřeny výzkumem v ČR i zahraničí a praxí. Vytváří tak zahájení diskuze k doplnění legislativy nebo vytvoření systémů certifikace kompostáren s přidělením známky kvality, která bude pro zemědělce ověřenou jistotou kvality.

Prvními uživateli jsou provozovatelé kompostáren, kde v rámci funkčního úkolu (smlouva č. 236-2018-17221) byly testovány procesy kompostárny a kvalita kompostu.

Standardy pro hodnocení procesu i kvality kompostu potřebují pro svou činnost také orgány státní a veřejné správy. Jedná se zejména o zástupce odborů životního prostředí obcí a krajů, dále kontrolní organizace (např. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský - ÚKZUZ, Českou inspekci životního prostředí - ČIŽP, Státní veterinární zprávu – SVS a rovněž správy jednotlivých povodí řek. Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí potřebují jasná pravidla, která by umožnila lépe chránit životní prostředí a zemědělskou půdu, podporovat dobrou zemědělskou praxi ve zlepšování kvality půdy a v neposlední řadě by přispěla k recyklaci přírodních surovin (např. fosforu, draslíku, uhlíku), v souladu s nejnovějšími prioritami EU.

9.5 Ekonomické aspekty a přínos pro uživatele

Základní předpokladem ekonomické udržitelnosti provozu kompostárny a výroby organického hnojiva je technologická harmonizace logistiky – toku surovin (zdrojů organické hmoty) do zařízení kompostárny a jejich kvalita. Stanovením provozní metodiky kompostárny je dána její kapacita a technologické vybavení, které koresponduje s kvalitou vstupu a kvalitou výsledného kompostu. Správnost sestavení surovinové skladby podmiňuje procesní správnost kompostovacího procesu – hygienizace, průběh mineralizace a humufikace. Zvolené technické vybavení kompostárny musí zajistit uvedený postup.

9.6 Závěr

Metodika doporučuje parametry a hodnoty standardizace kvality procesu a kvality kompostu jak pro provozovatele kompostáren tak pro kontrolní orgány a státní správu. Využitím metodiky se vytvoří jednotný provozní a kvalitativní systém pro provoz kompostáren a podpoří tak odbyt kompostu, který má jasné definované parametry kvality pro zemědělskou praxi.

9.7 Použitá literatura a zdroje

- Plíva P. a kolektiv, 2017: „Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů ze spalování a výroby bioplynu kompostováním“, VÚZT v.v.i. Praha, ISBN 978-802-7569-000-5
- VÚZT, 2006, Plíva P. a kolektiv: „Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu“ VÚZT v.v.i. Praha
- Klír J., 2008 – „Rámcová metodika výživy rostlin a hnojení“, VÚRV v.v.i, Praha, ISBN 978-80-87011-61-4
- „Management využití kompostu vyrobeného z bioodpadu na zemědělských plochách - slabě a silně ohrožených erozí“ Metodika provozního ověření, závěrečné hodnocení dle smlouvy o dílo č. 666-2017-1725
- Projekt INTEKO: https://www.at-cz.eu/cz/ibox/po-2/atcz42-_inteko

10 Seznam použité související legislativy

- Vyhláška 341/2008 Sb. ze dne 26. srpna 2008 o podrobnostech nakládání s bio-logicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb. O podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady)
- Vyhláška č. 437/2016 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady a změně vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady). "
- Vyhláška č. 237/2017 Sb. ze dne 28. července 2017, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů.

11 Seznam obrázků a tabulek

11.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 - 2P - Černovice (zdroj ZERA, z.s.)	Obrázek 2 - 3,4 P, 12,13,14 H –
Náměšť n. O. (zdroj ZERA)	16
Obrázek 3 6P - kompostárna Jihlava (zdroj ZERA z.s.).....	16
Obrázek 4 8P, 15E - kompostárna Pelhřimov (zdroj ZERA z. s.)	17
Obrázek 5 7P - Třebíč (ZERA z.s.).....	17
Obrázek 6 9P –Humpolec (zdroj TS Humpolec).....	17
Obrázek 7 - 16Z - kompostárna Uherský Brod (zdroj VÚZT v. v. i) (zdroj VÚZT v. v. i.)	Obrázek 8 - 17,18 Z - Vyšehrad 17
Obrázek 9 NIRS - laboratoř ZERA z. s.	31
Obrázek 10 Laboratoř – pracoviště CETT, ZERA Náměšť nad Osl.....	39

11.2 Seznam grafů

Graf 1 Porovnání průběhu procesu - kvalitativní znaky - obsah vlhkosti	21
Graf 2 Porovnání průběhu procesu - kvalitativní znaky – pH	22
Graf 3 Porovnání průběhu procesu - kvalitativní znaky - spalitelné látky	22
Graf 4 Porovnání průběhu procesu – kvalitativní znaky - N celk.....	23
Graf 5 Porovnání průběhu procesu - kvalitativní znaky - C:N.....	23
Graf 6 Spotřeba kyslíku v závislosti na vedení technologie.....	27
Graf 7 Rozpuštěný organický uhlík – průběh změny v procesu	28
Graf 8 Rozpuštěný organický uhlík ve vodním výluhu – kompost.....	28
Graf 9 Poměr C:Norg	29
Graf 10 Obsah NH ₄ -N.....	29
Graf 11 Obsah NO ₃ -N.....	30
Graf 12 Zralost kompostu v závislosti na délce procesu	30
Graf 13 Model -monitoring iontů forem dusíku – NO ₃ -N (zdroj BFA)	35
Graf 14 Model -monitoring iontů forem dusíku – NH ₄ -N (zdroj BFA)	35
Graf 15 Index zralosti (zdroj ZERA).....	36

11.3 Seznam tabulek

Tabulka 1 Kvalitativní znaky kompostu (vyhl. 341/2008 Sb., tab. 5.2.)	6
Tabulka 2 Limitní koncentrace vybraných rizikových látek a prvků (vyhl. č. 341/2008 Sb., tab. č. 5.1)	6
Tabulka 3 Kvalitativní kritéria kompostu pro standardizaci kompostu	11
Tabulka 4 Preventivní kritéria jakosti kompostu pro jeho standardizaci	11
Tabulka 5 Evidence vybraných zařízení kompostáren pro test zralosti – technologie	15
Tabulka 6 Kvalitativní parametry – kompostárny na volné ploše s překopávačem kompostu (modře označené kompostárny - velké zakládky)	18
Tabulka 7 Preventivní kritéria – anorganické polutanty – kompostárna na volné ploše s překopávačem kompostu	19
Tabulka 8 Kvalitativní parametry – kompostárny na volné ploše s ventilátory	19
Tabulka 9 Preventivní kritéria- anorganické polutanty – kompostárny na volné ploše s ventilátory	20
Tabulka 10 Kvalitativní parametry – vaky	20
Tabulka 11 Preventivní kritéria – anorganické polutanty – vaky	20
Tabulka 12 Kvalitativní parametry – fermentační kontejnery	20
Tabulka 13 Preventivní kritéria – anorganické polutanty- fermentační kontejnery	21
Tabulka 14 Biologické parametry – kompostárny na volné ploše s překopávačem kompostu (modře označené kompostárny – velké zakládky)	24
Tabulka 15 Biologické parametry – kompostárna na volné ploše s ventilátory	25
Tabulka 16 Biologické parametry- vaky	25
Tabulka 17 Biologické parametry – fermentační kontejnery	25
Tabulka 18 Biologické parametry – vermikompostování	26
Tabulka 19 Stupnice hodnocení zralosti kompostu NIRS/ spotřeba kyslíku	31
Tabulka 20 Stupnice hodnocení zralosti kompostu	39
Tabulka 21 Výsledky analýz registrovaných kompostů - ÚKZUZ (2015), ZERA 2016 - 2017	42