

VÝZKUMNÝ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY, v.v.i.



VÝZKUMNÝ ÚSTAV SYLVA TAROUČY PRO KRAJINU
A OKRASNÉ ZAHRADNICTVÍ, v.v.i.



REGENT PLUS, s.r.o. ŽLUTICE



Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů ze spalování a výroby bioplynu kompostováním

Certifikovaná metodika pro praxi

Plíva a kolektiv



Praha 2017

Certifikovaná metodika pro praxi byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR,
Odborem rostlinných komodit pod č. j. 74441/2017-MZE-17221

Pro zpracování certifikované metodiky pro praxi bylo použito výsledků
výzkumných aktivit realizovaných v rámci řešení výzkumného projektu NAZV
č. QJ1510345 **„Příprava a využití kompostů na bázi digestátu, popele ze
spalování biomasy a BRO“**

© Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.,

Praha 2017

ISBN 978-80-7569-000-5

Vydáno bez jazykové úpravy

Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů ze spalování a výroby bioplynu kompostováním

(certifikovaná metodika pro praxi)

Autoři metodiky:

Ing. Petr Plíva, CSc.	VÚZT, v. v. i. Praha
Ing. Martin Dědina, PhD.	VÚZT, v. v. i. Praha
Ing. Jiří Souček, PhD.	VÚZT, v. v. i. Praha
Ing. Martin Dubský, Ph.D.	Výzkumný ústav Sylva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.
Ing. Julie Sucharová, Ph.D.	Výzkumný ústav Sylva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.
Ing. Marie Holá	Výzkumný ústav Sylva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.
Rostislav Pilný	REGENT Plus, s.r.o. Žlutice

Oponenti metodiky:

Ing. Michaela Budňáková	Ministerstvo zemědělství ČR
Ing. Květuše Hejátková	ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, z.s.

Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů ze spalování a výroby bioplynu kompostováním

Abstrakt

Metodika seznamuje zemědělce a další zájemce se zpracováváním vedlejších produktů ze spalování biomasy a výroby bioplynu kompostováním a poskytuje jim nové informace, které vycházejí z výsledků řešení projektu NAZV č. QJ1510345.

Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů z výroby bioplynu a popela ze spalování biomasy kompostováním je rozdělen do následujících kroků:

- I. vytvoření katalogu surovin pro tvorbu surovinové skladby základek kompostů;
- II. sestavení různých surovinových skladeb základek kompostů ze surovin zahrnutých do katalogu pro výrobu kompostu;
- III. výroba kompostu s různými užitnými vlastnostmi (obsahy živin) - volba optimálního technologického postupu kompostování pro dané složení základky.

Klíčová slova:

vedlejší produkt; bioodpady; technologie kompostování; surovinová skladba; rostlinné živiny;

Abstract

The methodology informs farmers and other interested persons of processing waste materials, by-products of biomass burning and biogas production by composting. It provides new information patterned on the results of the NAZV project no. QJ1510345.

The technical procedure of the transformation of remaining biomass, especially by-products from biogas production, and ash from biomass burning by composting is divided into these steps:

- I. compilation of the catalogue of raw materials for the compost composition;
- II. creation of various compost compositions from raw materials included in the catalogue;
- III. production of composts with various utility values, especially various nutrient content, and choosing the optimal technical procedure for the given raw material compost composition.

Key words:

by-product; biowaste; composting technology; raw material composition; plant nutrients.

OBSAH

1	CÍL METODIKY	7
2	VLASTNÍ POPIS METODIKY	7
2.1	Tvorba katalogu surovin	7
2.2	Sestavování surovinové skladby základky kompostu	10
2.3	Popis technologie kompostování	15
2.4	Komposty s různými užitnými vlastnostmi	17
3	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	20
4	POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	20
5	EKONOMICKÉ ASPEKTY A PŘÍNOS PRO UŽIVATELE	21
6	ZÁVĚR	23
7	SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	24
8	SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE.....	24
9	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	25

1 CÍL METODIKY

Cílem předkládané metodiky je poskytnout zemědělcům a dalším zájemcům nové informace, které vycházejí z výsledků řešení projektu NAZV č. QJ1510345.

Hlavním výsledkem zmiňovaného projektu je metoda, popisující způsob zpracování zbytkové biomasy ze spalování biomasy a separovaného digestátu z provozu bioplynových stanic (BPS), dále biologicky rozložitelných komunálních a zemědělských odpadů kompostováním s následnou bezpečnou aplikací těchto zpracovaných vedlejších produktů na zemědělsky obdělávané půdy.

2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

Metodika popisuje postup jak z vedlejších produktů ze spalování biomasy a separace digestátu, dále z biologicky rozložitelného komunálního a zemědělského odpadu včetně další zbytkové biomasy lze zajistit jejich vhodné zpracování a vyrobit výsledný produkt – kompost se stabilizovanou organickou hmotou a rostlinnými živinami, který je využitelný jako účinné organické hnojivo.

Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů ze spalování a výroby bioplynu kompostováním lze rozdělit do následujících kroků:

- I. vytvoření katalogu surovin pro tvorbu surovinové skladby základek kompostů;
- II. sestavení různých surovinových skladeb základek kompostů ze surovin zahrnutých do katalogu pro výrobu kompostu;
- III. výroba kompostu s různými užitnými vlastnostmi (obsahy živin) – volba optimálního technologického postupu kompostování pro dané složení základky.

2.1 Tvorba katalogu surovin

Katalog surovin pro zakládání a výrobu kompostů je výchozím materiálem pro variantní skládání základek kompostů různých užitných vlastností.

Do katalogu jsou zařazeny zejména vedlejší produkty ze spalování biomasy (popel) a provozování bioplynových stanic (separát – separovaný digestát). Dále jsou tam zařazeny biologicky rozložitelné odpady (BRO) a zemědělská zbytková biomasa – sláma, senáž nevhodná ke krmení (**tab. 1**).

Tab. 1: Katalog surovin pro zakládání kompostů

surovina	SL	Celk. N	C/N	vlhkost	pH	OHV	charakteristika
	%	%	---	%	---	g.l ⁻¹	
BRO	84,5	2,16	19,6	65,4	6,6	570	BRO z údržby městské zeleně
	±0,2	±0,13	±1,2	±4,0	±0,5	±76	
sláma	94,0	0,46	109,3	48,7	7,4	187	nedrcená sláma obilovin
	±1,1	±0,14	±36,3	±6,5	±0,2	±32	
senáž	89,3	0,95	47,1	69,0	7,3	443	senáž nevhodná ke krmení
	±0,9	±0,04	±1,5	±0,6	±0,5	±17	
separát	87,5	1,45	30,2	80,2	8,6	544	separovaný digestát z BPS
	±0,8	±0,08	±1,7	±0,4	±0,1	±61	
popel	22,7	0,16	73,1	31,3	10,9	634	popel ze spalování biomasy
	±1,3	±0,04	±13,6	±4,1	±0,4	±46	

Legenda:

SL – obsah spalitelných látek a hodnota pH (ČSN 46 5735),

Celk. N – obsah dusíku ve vysušeném vzorku v % stanoven analyzátozem TruSpec CN (LECO),

OHV – objemová hmotnost vlhké suroviny stanovena při přípravě zakládky (hmotnost suroviny/objem dávkovacího zařízení, viz tab. 4 a 5), průměrná hodnota a směrodatná odchylka

Tab. 2: Vlastnosti surovin pro sestavování zakládek kompostů

Surovina	OHS	C/SL	C	N	P	K	Mg	Ca	S	Na
	g.l ⁻¹		% ve vysušeném vzorku							
BRO	196	42,3	41,3	2,16	0,41	2,93	0,29	1,08	0,34	0,06
	±16	±0,1	±0,3	±0,13	±0,06	±0,29	±0,02	±0,25	±0,03	±0,01
sláma	94	47,0	44,8	0,46	0,14	0,98	0,07	0,23	0,11	0,02
	±6	±0,6	±0,3	±0,14	±0,01	±0,08	±0,03	±0,07	±0,02	±0,01
senáž	137	44,7	42,8	0,95	0,21	1,37	0,19	0,56	0,18	0,02
	±8	±0,4	±0,4	±0,04	±0,01	±0,05	±0,01	±0,03	±0,01	±0,01
separát	107	43,7	43,5	1,45	0,80	1,51	0,49	0,98	0,47	0,10
	±2,6	±0,4	±0,3	±0,08	±0,03	±0,06	±0,01	±0,03	±0,04	±0,01
popel	435	22,7	22,9	0,16	1,05	6,36	1,62	10,48	0,76	0,26
	±7	±1,3	±2,2	±0,04	±0,17	±0,70	±0,30	±2,44	±0,19	±0,08

Legenda:

OHS – objemová hmotnost suchého vzorku,

C/SL – obsah uhlíku na základě obsahu spalitelných látek (ČSN 46 5735),

celkový obsah C a N stanoven analyzátozem TruSpec CN (LECO),

obsah celkových hlavních živin a sodíku stanoven metodou ICP OES, průměrná hodnota a směrodatná odchylka

2.2 Sestavování surovinové skladby základky kompostu

Sestavení správné surovinové skladby kompostové základky rozhoduje o úspěšném průběhu vlastního kompostování a o výsledné kvalitě fyzikálních a chemických vlastností vyrobeného kompostu.

Na základě typové, vhodně složené surovinové skladby bude u kompostu – organického hnojiva možné se značnou přesností předem určit konečné vlastnosti, zejména jakostní znaky a obsah živin.

Složení finálního výrobku – kompostu bude odpovídat požadavkům na kompost pro aplikaci na konkrétní půdu, u které byly předem stanoveny deficity nebo snížené obsahy přijatelných živin spolu s nízkým obsahem organických látek.

Pro sestavování surovinové skladby základek kompostů přicházejí v úvahu biologicky rozložitelné suroviny uvedené v **tab. 1**, kde jsou uvedeny i jejich základní vlastnosti. Detailní hodnocení je uvedeno v **tab. 2**.

Základní vlastnosti surovin pro základku kompostů a výsledných kompostů (obsah spalitelných látek, poměr C/N, vlhkost, hodnota pH) byly stanoveny podle ČSN 46 5735. Objemová hmotnost výsledných kompostů byla stanovena při laboratorním hodnocení podle ČSN EN 13040.

Uhlík spolu s dusíkem byl dále stanoven analyzátozem TruSpec CN (LECO). Ve fázi spalování je vzorek spuštěn do vyhřáté pece (950 °C), kde je k němu přiveden kyslík a spaliny jsou pak shromažďovány ve směšovací komoře. V analytické fázi je uhlík měřen jako CO₂. Při stanovení dusíku jsou oxidy NO_x převedeny na N₂ a pro stanovení dusíku je použita tepelně-vodivostní cela.

Celkový obsah živin v surovinách i kompostech byl stanoven metodou optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP OES PerkinElmer Optima 5300DV). Totální rozklad vzorků byl proveden mikrovlnnou mineralizací v uzavřeném systému za zvýšeného tlaku a teploty (Mineralizační systém CEM Mars 5). K úplnému rozkladu vzorků byla použita kyselina dusičná, peroxid vodíku s přídavkem kyseliny fluorovodíkové (k rozpuštění sloučenin křemíku) a kyseliny borité (k potlačení vzniku nerozpustných fluoridů některých prvků).

V **tab. 3** jsou uvedeny různé skladby surovinových základek celkem pro 9 typů kompostů, 4 typy bez přídavku popela, 5 typů s odstupňovanou dávkou popela.

V **tab. 4 a tab. 5** jsou uvedeny modelové postupy při přípravě zakládky kompostů pouze z organických surovin, resp. s odstupňovaným přídavkem popela do organické zakládky. Zakládka se připravuje na základě objemových hmotností organických surovin tak, aby byl dodržen plánovaný hmotnostní podíl jednotlivých surovin. Objemová hmotnost vlhké suroviny pro zakládku se stanovuje při přípravě zakládky na základě celkové hmotnosti suroviny a objemu dávkovacího zařízení.

Objemová hmotnost organických surovin s přirozenou vlhkostí se stanovuje při přípravě zakládky (hmotnost suroviny/objem dávkovacího zařízení).

Popel se do organické zakládky dávkuje jako hmotnostní přídavek (**obr. 1**), kdy hmotnost organické zakládky představuje 100 %.



Obr. 1: Dávkování popela do zakládky kompostu (foto: P. Plíva)

Tab. 3: Surovinové skladby pro zakládky různých typů kompostů

	Typ kompostu	BRO		sláma		senáž		separát		popel	
		% hm.	% obj.	% hm.	% obj.	% hm.	% obj.	% hm.	% obj.	% hm.	% obj.
1	KOMPOST I	20	15	10	30	---	---	70	55	---	---
2	KOMPOST II	25	30	10	20	---	---	65	50	---	---
3	KOMPOST III	40	45	5	15	---	---	50	40	---	---
4	KOMPOST IV	---	---	10	20	30	35	60	45	---	---
5	KOMPOST V	20	15	10	30	---	---	70	55	1,5	0,8
6	KOMPOST VI	20	15	10	30	---	---	70	55	3	1,7
7	KOMPOST VII	30	25	5	20	---	---	65	55	4,2	3,4
8	KOMPOST VIII	30	25	5	20	---	---	65	55	8,5	6,8
9	KOMPOST IX	30	25	5	20	---	---	65	55	12,7	10,2

Tab. 4: Modelové zakládky kompostů II–IV na bázi organických surovin bez přidavku popela

surovina	hmotnost plného manipulátoru	hmotnost průměrná	tára	průměrná hmotnost 1 nákladu	objem lopaty	kompost	počet lopat do zakládky	celková hmotnost suroviny v zakládce	celkový objem suroviny v zakládce	hmotnostní podíl	objemový podíl
	kg	kg	kg	kg	m ³		ks	t	m ³	%	%
separát	12 660	12 935	10 560	2 375	4	II	17	40,4	68,0	64	53
	13 270					III	17	40,4	68,0	51	41
	12 730					IV	13	30,9	52,0	57	46
	13 080										
sláma	11 220	11 130	10 280	850	3	II	7	6,0	22,2	9	17
	11 270					III	7	6,0	22,2	7	13
	10 900					IV	7	6,0	22,2	11	19
BRO	11 550	11 656	10 280	1 376	3	II	12	16,5	38,0	26	30
	11 480					III	24	33,0	76,0	42	46
	11 330										
	11 560										
	12 360										
senáž	12 370	12 310	10 560	1 750	4	IV	10	17,5	40,0	32	35
	12 250										
celkem	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		xxx	146,0	292,4	xxx	xxx

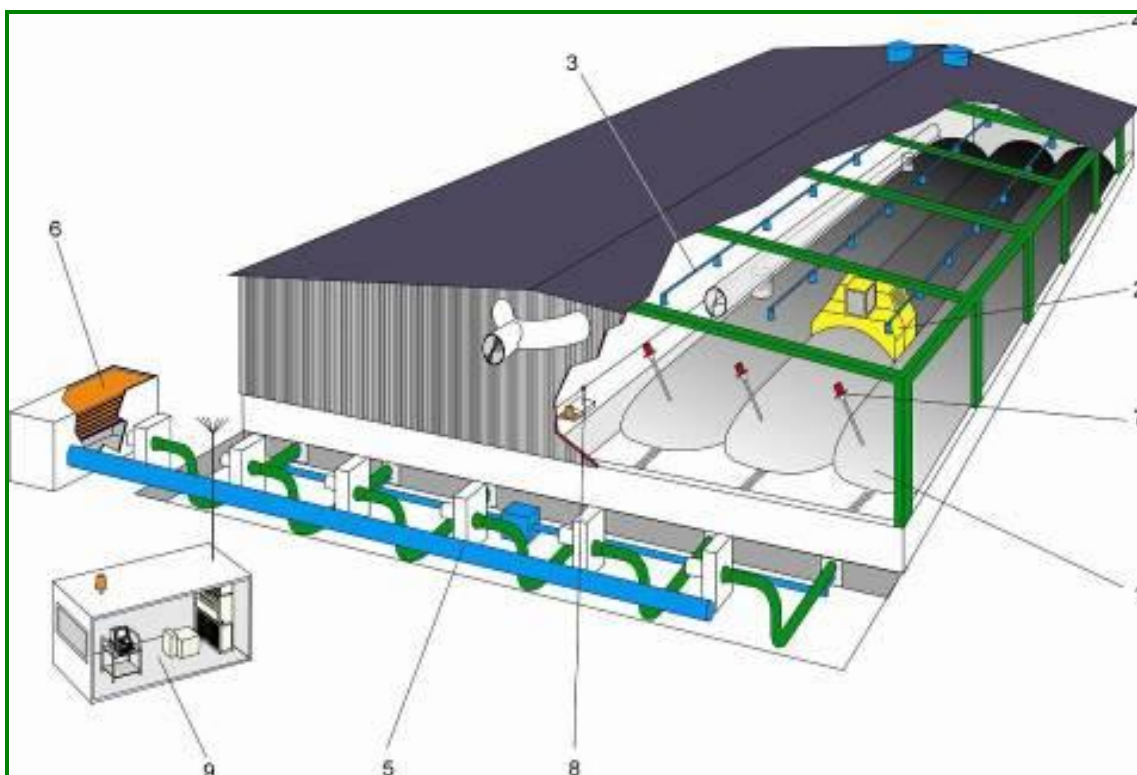
Tab. 5: Modelové zakládky kompostů VII–IX s přidavkem popela

surovina	kompost	hmotnost plného manipulátoru	hmotnost průměrná	tara	průměrná hmotnost 1 nákladu	objem lopaty	počet lopat do zakládky	celková hmotnost zakládky	celkový objem zakládky	hmotnostní podíl	objemový podíl	
		kg	kg	kg	kg	m ³	ks	t	m ³	%	%	
separát	společná zakládka pro kompost VII, VIII, IX	12 800	12 713	10 540	2 173	4	51	110,8	204,0	65	57	
		12 700										
		12 640										
		12 300										
		12 800										
sláma		10 690	10 765	10 240	525	3	21	11,0	66,5	6	19	
		10 840										
BRO		12 470	12 820	10 540	2 280	4	21	47,9	84,0	29	24	
		12 990										
		13 000										
celkem	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	169,7	354,5	100	100		
popel	VII	12 940	12 940	10 540	2 400	4	1	2,4	4,0	4,24	3,39	
	VIII	12 940	12 940	10 540	2 400	4	2	4,8	8,0	8,48	6,77	
	IX	12 940	12 940	10 540	2 400	4	3	7,2	12,0	12,72	10,16	

2.3 Popis technologie kompostování

Pro zpracovávání výše uvedených surovin je nejvhodnější technologie řízeného kompostování v pásových hromadách na volné ploše s důrazem na zabezpečení základních podmínek pro správný průběh kompostovacího procesu.

Metodika je navržena pro kompostárnu s celoročním provozem. Kompostování probíhá v zastřešené hale (**obr. 2, 3**), kde je vodohospodářsky zabezpečená plocha, kterou tvoří betonová podlaha. Použitou technologií lze spolehlivě zajistit optimální podmínky kompostovacího procesu, tj. zejména dostatečný přísun zpracovávaných biologicky rozložitelných surovin, optimální aeraci (míry provzdušnění) zpracovávaných surovin včetně jejich optimální vlhkosti.



Obr. 2: Schéma kryté kompostárny na volné, zabezpečené ploše (kreslil: V. Kadlec)

(1 – pásová hromada, 2 – překopávání kompostu, 3 – regulace vlhkosti surovin, 4 – větrací šachta, 5 – vzduchotechnické rozvody, 6 – biofiltr, 7 – měření teploty, 8 – měření obsahu vzdušného kyslíku, 9 – velín – administrativní prostor)

Technické vybavení kompostárny:

- kolový traktor s plazivou rychlostí,
- traktorový adaptér pro manipulaci se zpracovávanými surovinami,
- traktorový překopávač kompostu rotorový, návěsný, záběr 3 m (**obr. 4**),
- rotační síto válcové,
- čelní nakladač.



Obr. 3: Kompostování v zastřešené hale (foto: P. Plíva)



Obr. 4: Překopávání kompostu (foto: P. Plíva)

2.4 Komposty s různými užitnými vlastnostmi

Pro výrobu kvalitního kompostu ze surovin uvedených v katalogu surovin (**tab. 1**) je vhodná organická zakládka, která obsahuje (50–70) % hm. separátu, (20–40) % hm. BRO a (5–15) % hm slámy. BRO je možné v zakládce nahradit senáží, která není vhodná ke krmení nebo jako zakládka do bioplynové stanice. Složení organické zakládky je možné, v rámci výše uvedených poměrů, sezóně přizpůsobit aktuální surovinové skladbě, která je na kompostárně k dispozici. Při nedostatku BRO je možné zvyšovat v zakládce podíl separátu až na 70 % hm.

Přídavek popela do zakládky v hmotnostním podílu do 5 % hm. chemické a fyzikální vlastnosti výsledných kompostů výrazně neovlivňuje (**tab. 6**). Tyto vlastnosti kompostů ovlivňuje až vyšší dávka popela, (10–15) % hm. Tento vyšší přídavek popela snižuje obsah

spalitelných látek a obsah celkového dusíku, výrazně zvyšuje hodnotu pH a obsah celkového draslíku a vápníku a mírně zvyšuje obsah celkového hořčíku a síry.

Komposty bez přídavku popela vykazují obsah spalitelných látek v rozmezí 53–63 % a obsah hlavních živin přepočtených na vysušený vzorek: 3 % N, 1,2 % P, 3,5 % K, 1 % Mg, 2,5 % Ca a 0,6 % S, hodnota pH se pohybuje v rozmezí 8,3–8,7. Tyto komposty jsou vhodné především pro aplikaci na půdy s nízkým obsahem organické hmoty. Při aplikaci 40 t kompostu s průměrnou vlhkostí 55 % se na jeden hektar dodá 9,5–11,3 t organické hmoty, 540 kg N, 216 kg P, 630 kg K, 180 kg Mg, 450 kg Ca a 108 kg S.

Komposty s přídavkem popela kolem 10 % hm. vykazují obsah spalitelných látek v rozmezí 40–45 % a obsah hlavních živin přepočtených na vysušený vzorek: 2,5 % N, 1,4 % P, 4,5 % K, 1,2 % Mg, 5 % Ca a 0,8 % S, hodnota pH se pohybuje v rozmezí 8,5–9,1. Tyto komposty jsou vhodné pro aplikaci na kyselé půdy s nízkým obsahem přijatelného draslíku, vápníku a hořčíku. Při aplikaci 40 t kompostu s průměrnou vlhkostí 51 % se na jeden hektar dodá 7,8–8,8 t organické hmoty, 490 kg N, 274 kg P, 882 kg K, 235 kg Mg, 980 kg Ca a 157 kg S.

Důležitým parametrem pro využití kompostu na zemědělskou půdu je poměr C:N. U modelových kompostů se tento poměr pohybuje v rozmezí 8,8–11,0. Efekt úzkého poměru C:N tyto komposty preferuje pro využití na lehké až střední půdy a půdy degradované s cílem rychlejší regenerace.

Komposty bez přídavku popela i komposty s přídavkem popela vyhovují z hlediska obsahu rizikových prvků zákonu o hnojivech, č. 156/1998 Sb., vyhlášce č. 474/2000 Sb. i obsahu PAU stanovených podle ČSN P CEN/TS 16181.

Obsah rizikových prvků byl u všech typů kompostů stanoven pod maximální hodnoty v mg sledované látky na kg vysušeného vzorku: 10 As, 2 Cd, 100 Cr, 100 Cu, 1,0 Hg, 5 Mo, 50 Ni, 100 Pb a 300 Zn. Stanovené hodnoty byly výrazně nižší než výše uvedené limity, pouze u kompostů s vysokým podílem popela se hodnoty Zn pohybovaly kolem limitní hodnoty 300,0 mg.kg⁻¹.

Při hodnocení obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) byla suma 12 PAU (naftalen, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, benzo(g,h,i)perylene, indeno(1,2,3-c,d)pyren) stanovena pod 0,50 mg.kg⁻¹ v sušině u všech typů kompostů i popelů použitých pro přípravu zakládky.

Tab. 6: Základní vlastnosti kompostů s různou surovinovou skladbou

Typ kompostu	OHV	vlhkost	OHS	pH	SL	C/N	C/SL	C	N	P	K	Mg	Ca	S	Na
	g.l ⁻¹	%	g l ⁻¹	---	%	---	% ve vysušeném vzorku								
Kompost I	576 ±1	66 ±1	197 ±9	8,3 ±0,00	62,1 ±0,1	10,5 ±0,1	31,1 ±0,1	31,9 ±0,2	3,0 ±0,1	1,4 ±0,1	2,8 ±0,1	0,9 ±0,02	3,0 ±0,1	0,66 ±0,01	0,24 ±0,02
Kompost II	394 ±32	54 ±4	180 ±7	8,4 ±0,12	60,7 ±4,5	9,8 ±0,4	30,4 ±2,2	31,2 ±0,7	3,1 ±0,1	1,2 ±0,1	3,4 ±0,2	1,0 ±0,02	2,3 ±0,0	0,63 ±0,04	0,33 ±0,01
Kompost III	381 ±16	60 ±1	152 ±7	8,1 ±0,10	63,8 ±4,5	9,9 ±0,6	31,9 ±2,2	34,3 ±1,2	3,2 ±0,1	1,3 ±0,1	3,2 ±0,1	0,9 ±0,03	2,1 ±0,1	0,67 ±0,01	0,27 ±0,02
Kompost IV	420 ±31	42 ±2	246 ±13	8,7 ±0,06	53,0 ±2,0	9,0 ±0,6	26,5 ±1,0	27,9 ±0,2	3,0 ±0,1	1,0 ±0,1	3,6 ±0,1	0,9 ±0,08	2,5 ±0,1	0,68 ±0,05	0,44 ±0,09
Kompost V	561 ±13	65 ±3	198 ±12	8,9 ±0,05	59,8 ±3,3	11,0 ±0,2	29,9 ±1,6	31,5 ±1,2	2,7 ±0,1	1,2 ±0,1	2,9 ±0,2	1,0 ±0,03	4,2 ±0,3	0,64 ±0,01	0,23 ±0,01
Kompost VI	603 ±1	63 ±5	224 ±30	8,9 ±0,00	57,5 ±1,2	11,0 ±0,5	28,8 ±0,6	30,6 ±0,3	2,6 ±0,1	1,4 ±0,1	3,2 ±0,1	1,1 ±0,01	4,4 ±0,1	0,68 ±0,05	0,27 ±0,04
Kompost VII	526 ±18	55 ±4	238 ±15	8,6 ±0,23	49,7 ±5,7	8,8 ±1,0	24,8 ±2,8	28,2 ±0,5	2,8 ±0,1	1,5 ±0,1	4,5 ±0,4	1,2 ±0,04	4,5 ±0,3	0,84 ±0,03	0,37 ±0,03
Kompost VIII	526 ±16	51 ±2	257 ±8	9,0 ±0,10	45,5 ±3,8	9,4 ±1,0	22,7 ±1,9	26,6 ±0,8	2,4 ±0,1	1,4 ±0,0	4,3 ±0,2	1,2 ±0,03	4,9 ±0,3	0,78 ±0,03	0,38 ±0,01
Kompost IX	595 ±17	51 ±1	292 ±9	9,1 ±0,12	40,8 ±3,1	9,5 ±0,9	20,4 ±1,6	23,9 ±0,5	2,1 ±0,0	1,4 ±0,0	4,8 ±0,1	1,5 ±0,07	6,4 ±0,6	0,84 ±0,03	0,40 ±0,03

Legenda:

OHV – objemová hmotnost kompostu s přirozenou vlhkostí, OHS – objemová hmotnost suchého vzorku (ČSN EN 13040), hodnota pH, SL – obsah spalitelných látek, C/SL – obsah uhlíku na základě obsahu spalitelných látek, poměr C/N (ČSN 46 5735), celkový obsah C a N stanoven analyzátozem TruSpec CN (LECO), obsah celkových hlavních živin a sodíku stanoven metodou ICP OES, průměrná hodnota a směrodatná odchylka

3 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

V metodice je uveden zcela nový postup, podle kterého lze vytvářet surovinové skladby zákládek kompostů z vedlejších produktů ze spalování biomasy a separace digestátu, dále z biologicky rozložitelného komunálního odpadu a zemědělského zbytkové biomasy, čímž lze řešit jejich komplexní využití.

Vzhledem k rozmanitosti jejich vlastností, lze vhodným složením vyrobit komposty - inovativní organická hnojiva, u kterých je možné se značnou přesností předem určit konečné vlastnosti, zejména jakostní znaky a obsah živin. Znalosti o složení inovativního organického hnojiva lze využívat při aplikaci vyrobeného produktu na půdu podle jejich agrotechnických vlastností.

Aplikaci kompostu je tedy možné předem navrhnout podle půdoochranných a protierozních požadavků, které jsou určeny půdními podmínkami, svažitostí a skladbou pěstovaných plodin na konkrétním půdním bloku.

Uvedený postup pro výrobu inovativního organického hnojiva a jeho následné předem směřované aplikace nebyl dosud formou certifikované metodiky publikován.

4 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Prvním uživatelem certifikované metodiky pro praxi je společnost REGENT Plus, spol. s r.o., která podle uvedených receptur zákládek kompostů realizovala všechny experimenty při výrobě kompostů s jeho následnou aplikací na zemědělské pozemky. Na základě výsledků ověřování a získaných zkušeností bude i v dalším období uveřejněné metodické postupy uplatňovat.

Zemědělcům dává metodika přehled o postupu výroby kompostů s jeho přímým uplatněním podle druhu pozemku, takže lze předpokládat, že odběrateli budou podniky rostlinné výroby, které pro svoje pozemky používají organická hnojiva nejen z důvodu zvýšení obsahu živin, ale i za účelem výrazného zlepšení retence půd a snížení eroze půd.

Dalšími potenciálními odběrateli výsledku budou výrobci kompostů, kteří si navrhovaným řešením nových surovinových skladeb zákládek kompostů vhodně rozšíří svůj sortiment.

Uplatněná metodika pro praxi bude nabízena zdarma na seminářích, pracovních setkáních, odborných prezentacích, výstavách a na webových stránkách řešitelů.

5 EKONOMICKÉ ASPEKTY A PŘÍNOS PRO UŽIVATELE

Kompostování biodegradabilních surovin, resp. biologicky rozložitelných odpadů (BRO) v pásových hromadách na volné ploše je základní a jednoduchá technologie kompostování, která je v ČR nejrozšířenější.

Kompostováním bioodpadů je možné získat jednoduchým a levným způsobem živiny, které jsou rostlinami velmi efektivně využitelné. Průměrné náklady na nákup čistých živin v minerálních hnojivech uvádí **tab. 7**. Ceny čistých živin N, P a K bez DPH jsou odvozeny od nejnižší ceny čistých živin v jednosložkovém hnojivu ve volně loženém stavu (<http://www.agrozetaservis.cz>), cena vápníku je odvozena od ceny dolomitického vápence ve volně loženém stavu, cena hořčíku je průměrná cena živiny v dolomitickém vápenci a hořké soli (<http://www.agronormativy.cz>). Pro srovnání jsou uvedeny normativy stanovené v roce 1997.

Tab. 7: Náklady na nákup čistých živin (č. ž.) v minerálních hnojivech, cena bez DPH

hnojivo		čistá živina		cena Kč.kg ⁻¹ č. ž.		
název	cena Kč.t ⁻¹	název	obsah	oxid	prvek	prvek - 1997
Močovina	7 250	dusík	46 % N	-	15,80	15,37
Superfosfát trojitý	8 950	fosfor	45 % P ₂ O ₅	19,90	45,2	39,77
Draselná sůl	8 100	draslík	60 % K ₂ O	13,50	16,3	11,61
Dolomitický vápenec	760	vápník	45 % CaO	1,52	2,14	1,41
		hořčík	2,2 % MgO	0,08	0,13	---
Hořká sůl	8 400	hořčík	15 % MgO	56,0	93,33	---
		hořčík – průměr. cena		28,4	47,33	29,47

Na základě ceny čistých živin v minerálních hnojivech je možno ocenit živiny ve vyrobeném kompostu. K úplnému ohodnocení je třeba ocenit i organickou hmotu. Normativ pro organickou hmotu vypočtený z cen komerčních organických hnojiv a substrátů představuje 0,50 Kč na 1 kg. Pro výpočet hodnoty kompostu byly vybrány dva modelové typy kompostu: **IV-Kompost bez přídavku popela** a **IX-Kompost s vyšším přídavkem popela** (složení zakládky viz **tab. 3**, vlastnosti viz **tab. 6**).

Cena čistých živin v jedné tuně modelového kompostu bez popela je 1 155,- Kč, kompostu s popelem 1 270,- Kč (**tab. 8**).

Při aplikaci kompostu (**obr. 5**) pěstitel kromě dodání organické hmoty do půdy ušetří za živiny, které by musel aplikovat minerálními hnojivy. U ekologických zemědělců jsou komposty s vysokým obsahem živin jedním z hlavních zdrojů dodávaných živin.

Tab. 8: Cena čistých živin a organické hmoty u modelových kompostů

prvek	cena (Kč.kg ⁻¹)	obsah v sušině kompostu (%)		obsah v kompostu (kg.t ⁻¹)		cena živin v kompostu (Kč.t ⁻¹)	
		IV	IX	IV	IX	IV	IX
Org. hmota (SL)	0,5	53	41	307,4	200,9	153,7	100,5
Dusík (N)	15,8	3	2,1	17,4	10,3	274,9	162,6
Fosfor (P)	45,2	1	1,4	5,8	6,9	262,2	310,1
Draslík (K)	16,27	3,6	4,8	20,9	23,5	339,7	382,7
Hořčík (Mg)	47,33	0,9	1,5	5,2	7,4	247,1	347,9
Vápník (Ca)	2,14	2,5	6,4	14,5	31,4	31,0	67,1
Cena živin N, P, K, Mg a Ca						1154,9	1270,3
Celková cena – cena živin a organické hmoty						1308,6	1370,8

IV– kompost bez přídavku popela, sušina 58 %, IX– kompost s přídavkem popela, sušina 49 %



Obr 5: Aplikace kompostu na pokusný pozemek (foto: P. Plíva)

6 ZÁVĚR

Výroba kompostů a jejich aplikace na zemědělskou půdu je jedním z mála způsobů, jak snížit deficit organické hmoty v půdě. Výhodou řešení popsaného v metodice je způsob efektivního využití biodpadu a zbytkových surovin k výrobě kvalitních kompostů s definovanými základními vlastnostmi – obsah živin, pH, obsah spalitelných látek atd. Takové řešení umožňuje aplikaci organického hnojiva na zemědělskou půdu de facto v souladu s principy precizního zemědělství, kdy je konkrétní typ kompostu aplikován v požadované dávce na půdní blok na základě jeho konkrétních vlastností.

Předložená metodika je vhodným nástrojem pro zemědělce, výrobce kompostů a podniky zabývající se bioenergetikou a nakládáním s biologicky rozložitelnými odpady.



Obr 6: Pokusný pozemek v jarním období (foto: P. Plíva)

7 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- [1] VÁŇA J.: *Výroba a využití kompostů v zemědělství*. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR, Praha 1994.
- [2] ČSN 46 5735 *Průmyslové komposty*.
- [3] ČSN EN 13040 (2013): *Pomocné půdní látky a substráty - Příprava vzorků pro chemické a fyzikální zkoušky, stanovení obsahu sušiny, vlhkosti a objemové hmotnosti laboratorně zhutnělého vzorku*. 16 s. [ÚNMZ, Praha].
- [4] ČSN P CEN/TS 16181 (838055) (2014): *Kaly, upravený bioodpad a půdy - Stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) plynovou chromatografií (GC) a vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií (HPLC)* [ÚNMZ, Praha].
- [5] <http://www.agrozetaservis.cz>
- [6] <http://www.agronormativy.cz>

8 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- [1] DUBSKÝ M., KAPLAN L.: *Substráty a zeminy s komposty a separovaným digestátem*. Zahradnictví, 2012, roč. 11, č. 8, s. 62-65.
- [2] PLÍVA, P., a kol.: *Kompostování a kompostárny*. [Composting and composting facilities]. 1. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., 2016. ISBN 978-80-86726-74-8. 149 s.
- [3] PLÍVA, P. a kol.: *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*. Praha: Vydavatelství Profi Press, s.r.o., 2009. 1. vydání, 136 s., ISBN 978-80-86726-32-8.
- [4] PLÍVA, P. a kol.: *Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu*. [Foundation, course and control of composting proces]. Praha: VÚZT 1/2006, 65 s., ISBN 80-86884-11-2.
- [3] PLÍVA P.: *Kompostování-příprava surovin-jemná dezintegrace*. Odpadové fórum, 2014, roč. 15, č. 2, s. 12-16. ISSN 1212-7779
- [5] SUCHAROVÁ, J., SUCHARA, I. (2006): *Determination of 36 elements in plant reference materials with different Si contents by inductively coupled plasma mass spectrometry: Comparison of microwave digestions assisted by three type of digestion mixtures. – Anal. Chim. Acta, 576/2: 163–176.*

9 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1: Dávkování popela do zakládky kompostu	11
Obr. 2: Schéma kryté kompostárny na volné, zabezpečené ploše	15
Obr. 3: Kompostování v zastřešené hale.	16
Obr. 4: Překopávání kompostu.	17
Obr. 5: Aplikace kompostu na pokusný pozemek.	22
Obr 6: Pokusný pozemek v jarním období.	23
Tab. 1: Katalog surovin pro zakládání kompostů	8
Tab. 2: Vlastnosti surovin pro sestavování zakládek kompostů.	9
Tab. 3: Surovinové skladby pro zakládky různých typů kompostů	12
Tab. 4: Modelové zakládky kompostů II–IV na bázi organických surovin bez přídavku popela	13
Tab. 5: Modelové zakládky kompostů VII–IX s přídavkem popela	14
Tab. 6: Základní vlastnosti kompostů s různou surovinovou skladbou	19
Tab. 7: Náklady na nákup čistých živin v minerálních hnojivech, cena bez DPH.	21
Tab. 8: Cena čistých živin a organické hmoty u modelových kompostů	22

Název: Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů ze spalování a výroby bioplynu kompostováním

(certifikovaná metodika pro praxi)

Vydal: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. v Praze 6

**Autoři: Ing. Petr Plíva, CSc.
Ing. Martin Dědina, PhD.
Ing. Jiří Souček, PhD.
Ing. Martin Dubský, Ph.D.
Ing. Julie Sucharová, Ph.D.
Ing. Marie Holá
Rostislav Pilný**

**Oponenti: Ing. Michaela Budňáková
Ing. Květuše Hejátková**

Tisk: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. v Praze 6

Náklad: 50 výtisků

Počet stran: 28

Rok vydání: 2017

Vydání: první

Doporučená cena: neprodejné

ISBN 978-80-7569-000-5



Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praze 6-Ruzyně

2017