

75VÝZKUMNÝ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY, v.v.i.



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



REGENT PLUS Žlutice spol. s r.o.



# **Aplikace kompostů různých užitných vlastností na zemědělské půdy podle jejich bonity**



*Certifikovaná metodika pro praxi*

**Plíva a kolektiv**

**Praha 2018**

Certifikovaná metodika pro praxi byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR,  
Odborem rostlinných komodit pod č.j. 67046/2018-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 2018

ISBN 978-80-7569-008-1

Vydáno bez jazykové úpravy

# **Aplikace kompostů různých užitečných vlastností na zemědělské půdy podle jejich bonity**

(certifikovaná metodika pro praxi)

## *Autoři metodiky:*

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

## *Úprava textu, tabulek a obrázků:*

<b>Marcela Vlášková</b>	VÚZT, v.v.i. Praha
-------------------------	--------------------

## *Oponenti metodiky:*

<b>Ing. Michaela Budňáková</b>	Ministerstvo zemědělství ČR
<b>Ing. Květuše Hejátková</b>	ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, z.s.

## **Aplikace kompostů různých užitných vlastností na zemědělské půdy podle jejich bonity**

### **Abstrakt**

Předložená metodika navazuje na předcházející metodiku, která popisovala technologický postup transformace vedlejších produktů z výroby bioplynu a popela ze spalování biomasy a další zbytkové biomasy kompostováním. Metodika seznamuje zemědělce a další zájemce s možností aplikace kompostů s různým obsahem živin na zemědělskou půdu. Komposty s vysokým podílem separátu v základce (50-70) % mají vyšší obsah celkových živin než komposty připravené pouze z biologicky rozložitelného odpadu. Přídavkem popela do základky je možné dále zvyšovat obsah celkových živin v kompostu, především draslíku, hořčíku a vápníku. Komposty s různým obsahem živin lze aplikovat na základě obsahu přijatelných živin v půdě. Metodika poskytuje nové informace, které vycházejí z výsledků řešení projektu NAZV č. QJ1510345.

### **Klíčová slova:**

organické hnojivo; rostlinné živiny; aplikace do půdy; produkce plodin

### **Abstract**

This methodology follows the preceding one, which described processing waste materials, by-products of biogas production and biomass burning and other residual biomass by composting. It informs farmers and other interested persons of possibilities of applications composts with various contents of nutrients on the soil. The composts with high proportion of solid phase of digestate in raw material composition (50-70) % have higher content of total nutrients in comparison with composts based only on waste organic materials. The addition of ash can then increase the nutrient content in compost, especially potassium, magnesium and calcium. The composts with various contents of nutrients can be used according the content of available nutrients in soil. The methodology provides new information patterned on the results of the NAZV project No. QJ1510345.

### **Key words:**

organic fertilizer; plant nutrients; soil application; plant production

## OBSAH

1	CÍL METODIKY .....	6
2	VLASTNÍ POPIS METODIKY.....	6
2.1	Vlastnosti kompostů vyrobených na bázi popela ze spalování biomasy, separátu z bioplynové stanice a biologicky rozložitelných odpadů (BRO) .....	6
2.2	Modelové aplikace kompostů .....	13
2.3	Finanční náklady na jednotlivé aplikace.....	17
2.4	Funkční model využití kompostů ve firmě REGENT PLUS Žlutice spol. s r.o. ....	22
3	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ .....	25
4	POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY .....	25
5	EKONOMICKÉ ASPEKTY A PŘÍNOS PRO UŽIVATELE .....	26
6	ZÁVĚR .....	27
7	SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY .....	28
8	SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE.....	29
9	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK .....	29

## 1 CÍL METODIKY

Cílem předkládané metodiky je seznámit zemědělce a další zájemce s možností využití kompostů s různými užitnými vlastnostmi, jejichž výroba je podrobně popsána v předešlé metodice „*Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů ze spalování a výroby bioplynu kompostováním*“. Stejně jako ona poskytuje nové informace, které vycházejí z výsledků řešení projektu NAZV č. QJ1510345.

Obě metodiky dohromady tvoří soubor návodů, které popisují způsob komplexního řešení využívání produktů ze spalování biomasy rostlinného původu, výroby bioplynu a sběru biologicky rozložitelných odpadů (BRO) pro výrobu inovativních, na míru vyrobených hnojiv kompostováním. Předložená metodika je zaměřena na aplikaci na míru vyrobených kompostů na zemědělsky obdělávané půdy na základě předem otestovaných vlastností těchto půd. Cílem je na základě předem analyzovaných obsahů dostupných živin dodávat takový typ kompostu, který umožní doplnit obsah potřebných živin.

## 2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

Předložená metodika pro praxi navazuje na poznatky, uvedené v předešlé metodice a podrobně popisuje postup, jak inovativní, na míru vyrobená organická hnojiva – komposty efektivně aplikovat na zemědělské pozemky v několika na sebe navazujících krocích.

V jednotlivých krocích jsou popsány:

- I. vlastnosti kompostů vyrobených na bázi popela ze spalování biomasy, separátu z bioplynové stanice a biologicky rozložitelných odpadů;
- II. modelové aplikace kompostů;
- III. finanční náklady na jednotlivé aplikace;
- IV. funkční model využití kompostů ve firmě REGENT PLUS Žlutice spol. s r.o.

### 2.1 Vlastnosti kompostů vyrobených na bázi popela ze spalování biomasy, separátu z bioplynové stanice a biologicky rozložitelných odpadů (BRO)

Pokud kompostárna využívá vedlejší produkty z výroby bioplynu (separovaný digestát) a popel ze spalování biomasy, které kombinuje s BRO a zemědělskou zbytkovou

biomasou, potom se surovinová skladba základky kompostů významně liší od kompostáren, které zpracovávají pouze BRO.

Organická základka kompostu obsahuje (50-70) % hm. separovaného digestátu (separátu), (20-40) % hm. BRO a (5-15) % hm. slámy. BRO je možné v základce nahradit senáží, která není vhodná ke krmení nebo jako vstupní materiál do bioplynové stanice. Složení organické základky kompostu 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 základce podíl separátu až na 70 % hm. Složení základky představuje hmotnostní podíl surovin s přirozenou vlhkostí.

Obsah živin v kompostech je možné ovlivnit přidavkem popela ze spalování biomasy. Obsah živin v popelech závislý na druhu spalované biomasy. U popela z dřevní štěpky se celkový obsah živin v sušině pohybuje v rozmezí (1,0-1,8) % P, (4-7) % K, (1,6-5,5) % Mg a kolem 20 % Ca. Popel ze slámy má obdobný obsah P, Mg a zvýšený obsah K cca 25 % a snížený obsah Ca cca 10 %. Na ornou půdu je možné aplikovat výhradně popel, který vyhovuje z hlediska obsahu rizikových prvků (těžkých kovů) a obsahu polyaromatických uhlovodíků (PAU) podle zákona o hnojivech, č. 156/1998 Sb. a vyhlášky č. 474/2000 Sb. Tyto popele se mohou používat i pro výrobu hnojiv s jejich podílem. Při aplikaci na zemědělskou půdu musí být popel evidován ve 100 % sušině, s limitem aplikace maximálně  $2 \text{ t}_{\text{sušiny}} \cdot \text{ha}^{-1}$  jednou za 3 roky.

Popel z biomasy se vzhledem k zvýšeného obsahu rizikových prvků a PAU používá do základky kompostů (přepočítaný na 100% sušinu) na doporučení ÚKZÚZ v množství do 3 % hmotnosti základky. Tento přídavek popela výrazně neovlivňuje obsah živin ve výsledném kompostu. Ten se zvyšuje až při vyšším přidavku popela ze spalování biomasy, kdy sušina popela představuje (6-10) % hm. organické základky. Při použití kvalitního popela nedochází k překročení limitů rizikových prvků a PAU v těchto kompostech.

Na základě složení základky může kompostárna vyrobit tři typy kompostů, kompost pouze s organickou základkou, kompost s přidavkem popela do 3 % hm. a kompost s přidavkem popela (6-10) % hm. V **tab. 1** jsou uvedeny základní chemické vlastnosti a obsah celkových živin v sušině těchto tří typů kompostů a dále samotného separátu a fugátu, které je možné aplikovat přímo na zemědělskou půdu. Obsahy organické hmoty (podle obsahu SL) a celkových živin jsou v **tab. 2** přepočteny na hmotnost kompostů, separátu a fugátu s přirozenou vlhkostí. Pro srovnání jsou uvedeny tabulkové hodnoty pro statkový hnůj.

Obsah dusíku byl 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. Při stanovení dusíku jsou oxidy NO<sub>x</sub> převedeny na N<sub>2</sub> 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 přidavkem kyseliny fluorovodíkové (k rozpuštění sloučenin křemíku) a kyseliny borité (k potlačení vzniku nerozpustných fluoridů některých prvků).

**Tab. 1 Základní vlastnosti kompostů, separátu a fugátu**

Typ kompostu	vlhkost	pH	SL	C:N	N	P	K	Mg	Ca	S	Na
	%	--	%		% v sušině						
organický	55,4 ±9,7	8,4 ±0,3	59,9 ±5,2	9,8 ±0,7	3,1 ±0,1	1,2 ±0,1	3,2 ±0,3	0,9 ±0,04	2,5 ±0,4	0,66 ±0,03	0,32 ±0,09
popel (1,5-3) %	54,6 ±9,0	8,9 ±0,2	54,0 ±4,8	10,5 ±1,0	2,6 ±0,2	1,2 ±0,2	3,7 ±0,6	1,0 ±0,13	4,2 ±0,3	0,7 ±0,11	0,3 ±0,07
popel (6-10) %	52,3 ±3,0	8,9 ±0,3	45,3 ±5,4	26,6 ±2,4	2,3 ±0,2	1,4 ±0,1	4,5 ±0,3	1,3 ±0,13	5,4 ±0,9	0,7 ±0,11	0,4 ±0,02
separát	79,0 ±1,9	8,8 ±0,3	85,3 ±1,5	25,9 ±3,0	1,7 ±0,2	0,8 ±0,0	1,6 ±0,1	0,5 ±0,03	1,3 ±0,2	0,4 ±0,03	0,1 ±0,02
fugát	95,8 ±0,5	8,1 ±0,2	65,8 ±1,8	10,1 ±0,5	3,3 ±0,2	1,8 ±0,2	7,5 ±0,7	1,0 ±0,11	2,7 ±0,2	0,8 ±0,02	0,7 ±0,09

**Legenda:**

Vlhkost (ČSN EN 13040), SL – obsah spalitelných látek (ČSN EN 13039)

pH – hodnota pH vodného výluhu (ČSN EN 13037)

C:N – poměr uhlíku a dusíku (ČSN 46 5735),

celkový N stanoven analyzátozem TruSpec CN (LECO), obsah celkových hlavních živin a sodíku stanoven metodou ICP OES, průměrná hodnota a směrodatná odchylka



**Tab. 2 Obsah organické hmoty (org.) a celkových živin přepočítaný na hmotnost kompostů, separátu a fugátu s přirozenou vlhkostí, průměrná hodnota a směrodatná odchylka, statkový hnůj – tabulkové hodnoty**

Typ kompostu	sušina	org.	N	P	K	Mg	Ca	S	Na
	%	kg.t <sup>-1</sup> kompostu s přirozenou vlhkostí							
organický	44,6	267 ±23	13,6 ±0,6	5,5 ±0,6	14,5 ±1,5	4,2 ±0,2	11,0 ±1,6	3,0 ±0,1	1,4 ±0,4
popel (1,5-3) %	45,4	245 ±22	11,8 ±0,9	5,5 ±1,0	16,6 ±2,7	4,7 ±0,6	19,3 ±1,2	3,0 ±0,5	1,4 ±0,3
popel (6-10) %	47,7	216 ±24	10,8 ±0,7	6,5 ±0,3	21,6 ±1,3	6,2 ±0,6	25,7 ±3,9	3,5 ±0,5	1,8 ±0,1
separát	21,0	179 ±6	3,5 ±0,7	1,7 ±0,2	3,4 ±0,4	1,0 ±0,1	2,8 ±1,1	0,9 ±0,1	0,3 ±0,1
fugát	4,2	28 ±8	1,4 ±0,9	0,7 ±1,0	3,1 ±3,0	0,4 ±0,5	1,1 ±1,0	0,3 ±0,1	0,3 ±0,4
statkový hnůj	24	17	4,8	1,0	5,1	3,6	4,0	-	-

Dále byl stanoven obsah přijatelných živin podle normy ČSN EN 13651 (**tab. 3**), která se používá pro hodnocení organických substrátů a jejich komponentů, včetně kompostů. Stanovuje se ve vyluhovacím činidle CAT s vyluhovacím poměrem 1v:5v. Při výpočtu navážky se vychází z objemové hmotnosti stanovené podle ČSN EN 13040, stejně jako při měření hodnot EC (ČSN EN 13038) a pH (ČSN EN 13037). V **tab. 4** je obsah přijatelných živin přepočítán na hmotnost kompostů s přirozenou vlhkostí. V **tab. 5** je dále uvedeno orientační porovnání obsahu celkových a přijatelných živin (N, P, K, Mg) u kompostů s přirozenou vlhkostí.

**Tab. 3 Obsah přijatelných živin v kompostech, separátu a fugátu**

Typ kompostu	OHV	sušina	OHS	EC	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P	K	Mg
	g.l <sup>-1</sup>	%	g.l <sup>-1</sup>	mS.cm <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup> kompostu				
organický	449 ±101	45,4 ±9,0	200 ±40	2,26 ±0,33	89 ±55	281 ±91	447 ±156	5381 ±801	368 ±51
popel (1,5-3) %	494 ±80	46,2 ±11,5	221 ±27	2,52 ±0,64	132 ±92	288 ±95	276 ±96	6322 ±1798	293 ±109
popel (6-10) %	585 ±49	50,9 ±3,2	299 ±40	3,51 ±0,43	156 ±46	402 ±162	275 ±55	8108 ±740	315 ±50
separát	294 ±28	21,0 ±1,9	61 ±1	1,26 ±0,07	538 ±72	4 ±3	164 ±41	1062 ±74	186 ±25
fugát	1027 ±12	4,2 ±0,5		4,34 ±0,21	2060 ±418	18 ±3	73 ±22	2924 ±216	247 ±10

**Legenda:**

OHV – objemová hmotnost vlhkého vzorku,

OHS – objemová hmotnost suchého vzorku (ČSN EN 13040),

EC – hodnota elektrické vodivosti vodného výluhu (ČSN EN 13038)

Obsah přijatelných živin – stanovení ve vyluhovacím činidle CAT, vyluhovací poměr 1v:5v (ČSN EN 13651), průměrná hodnota a směrodatná odchylka

**Tab. 4 Obsah přijatelných živin přepočítaný na hmotnost kompostů, separátu a fugátu s přirozenou vlhkostí, průměrná hodnota a směrodatná odchylka**

Typ kompostu	OHV	V	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Suma N	P	K	Mg
	kg.l <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup>	kg.t <sup>-1</sup> kompostu s přirozenou vlhkostí					
organický	0,449	2,23	0,20 ±0,12	0,62 ±0,20	0,82 ±0,33	1,00 ±0,35	11,98 ±1,78	0,82 ±0,11
popel (1,5-3) %	0,494	2,03	0,27 ±0,19	0,58 ±0,19	0,85 ±0,38	0,56 ±0,19	12,81 ±3,64	0,59 ±0,22
popel (6–10) %	0,585	1,71	0,27 ±0,08	0,69 ±0,28	0,95 ±0,36	0,47 ±0,09	13,86 ±1,26	0,54 ±0,09
separát	0,311	3,22	1,73 ±0,23	0,01 ±0,01	1,74 ±0,24	0,53 ±0,13	3,42 ±0,24	0,60 ±0,08
fugát	1,027	0,97	2,00 ±0,41	0,02 ±0,00	2,02 ±0,41	0,07 ±0,02	2,85 ±0,21	0,24 ±0,01

**Legenda:**

OHV – objemová hmotnost vlhkého vzorku (ČSN EN 13040)

V – objem kompostu o hmotnosti 1 t

**Tab. 5 Porovnání obsahu celkových a přijatelných živin v kompostech, separátu a fugátu v kg.t<sup>-1</sup> hnojiva s přirozenou vlhkostí, podíl přijatelné živiny na celkovém obsahu**

Typ kompostu	živina	N		P		K		Mg	
		kg.t <sup>-1</sup>	%	kg.t <sup>-1</sup>	%	kg.t <sup>-1</sup>	%	kg.t <sup>-1</sup>	%
organický	celková	14,5		5,5		14,5		4,2	
	přijatelná	0,8	5,7	1,0	18,0	12,0	82,8	0,8	19,6
popel (1,5-3) %	celková	12,6		5,5		16,6		4,7	
	přijatelná	0,9	6,7	0,6	10,1	12,8	76,9	0,6	12,6
popel (6-10) %	celková	11,7		6,5		21,6		6,2	
	přijatelná	1,0	8,1	0,5	7,2	13,9	64,2	0,5	8,7
separát	celková	5,2		1,7		3,4		1,0	
	přijatelná	1,7	33,3	0,5	30,2	3,4	100,0	0,6	57,4
fugát	celková	3,4		0,7		3,1		0,4	
	přijatelná	2,0	59,6	0,1	9,6	2,8	90,7	0,2	58,1

**Legenda:**

Přijatelný N – suma N-NH<sub>4</sub> a N-NO<sub>3</sub> (tab. 4)

Komposty připravené pouze z organické zakládky měly, vzhledem k vysokému podílu separátu v zakládce, vysoký obsah celkových živin v sušině, vyšší oproti údajům z literatury (Dubský a Kaplan, 2012). Přídavek popela (1,5-3) % do zakládky výrazně neovlivňuje obsah celkových (**tab. 1, 2**) ani přijatelných (**tab. 3, 4**) živin. Výraznější zvýšení obsahu celkového i přijatelného draslíku a dále celkového vápníku a hořčíku bylo zjištěno při vyšším přídavku popela, kdy sušina popela představuje (6-10) % hm organické zakládky.

Vedlejší produkty z výroby bioplynu, separát a fugát, měly v rámci hodnocené bioplynové stanice (BPS) standardní vlastnosti. Separát měl nízký obsah sušiny a oproti kompostům nízký obsah celkových živin v sušině. Z přijatelných živin měl vysoký obsah amonného dusíku a poměrně vysoký obsah přijatelného draslíku i fosforu. Podíl přijatelného dusíku v jedné tuně separátu (**tab. 5**) představuje cca 30 % celkové živiny. U draslíku je tento podíl cca 100 %, veškerý draslík v separátu je pro rostliny snadno přijatelný.

Fugát má velmi nízký obsah sušiny, z přijatelných živin má vysoký obsah amonného dusíku a draslíku. Jejich podíl na obsahu celkového dusíku a draslíku vychází cca 60 % resp. 90 %. Fugát má charakter minerálního NK hnojiva s okamžitým účinkem po aplikaci.

U hodnocených kompostů je podíl přijatelného dusíku na celkovém dusíku velmi nízký, převážná část celkového dusíku, přes 90 %, je vázána v organických látkách, které v půdě podléhají mineralizaci. Komposty mají vysoký obsah celkového fosforu a přídavek popela výrazně snižuje podíl přijatelného fosforu na celkovém dusíku. Nejvyšší podíl

okamžitě přístupného fosforu pro rostliny je 18 % u organického kompostu bez přídavku popela. Na základě porovnání obsahu přijatelných a celkových živin je okamžitá dostupnost draslíku pro rostliny nejvyšší u organického kompostu, přes 80 %. Přídavek popela, obdobně jako u fosforu, snižuje dostupnost draslíku i hořčíku v kompostech.

Při použití organické zakládky s výrazným podílem separátu (50-70) %, který je doplněn BRO a slámou, lze připravit kvalitní kompost s vysokým obsahem celkových i přijatelných živin. Obsah živin v kompostu je možné ovlivnit přídavkem popela ze spalování biomasy. Na základě složení zakládky může kompostárna vyrobit tři typy kompostů s různým obsahem živin, kompost pouze s organickou zakládkou a komposty s přídavkem popela do 3 % hm., resp. (6-10) % hm.

Komposty bez přídavku popela i komposty s přídavkem popela vyhovují z hlediska obsahu rizikových prvků zákonu o hnojivech, č. 156/1998 Sb., prováděcí 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.

Na základě typové, vhodně složené surovinové skladby, je u kompostu – organického hnojiva možné se značnou přesností předem určit konečné vlastnosti, zejména jakostní znaky a obsah živin. Kompost se stabilizovanou organickou hmotou a definovaným rozsahem rostlinných živin je využitelný jako účinné organické hnojivo pro aplikaci na zemědělskou půdu se specifickými vlastnostmi.

Vlastnosti kompostu z organické zakládky a kompostu s přídavkem popela (6-10) % hm. byly popsány v užitných vzorech:

- UV 32018 Organické hnojivo na bázi kompostovaného separátu,
- UV 32017 Organické hnojivo na bázi kompostovaného separátu a popela ze spalování biomasy.

Kompost vzniklý z organické zakládky má standardní vlastnosti, hodnota pH je v rozmezí (8,3-8,7), obsah spalitelných látek je v rozmezí (53-63) %, podíl C:N v rozmezí (9-12) a obsah hlavních živin přepočtených na vysušený vzorek v rozmezí (2,8-3,2) % N, (1,0-1,5) % P, (2,7-3,5) % K, (0,8-1,0) % Mg a (2,1-3,0) % Ca.

Kompost vzniklý z organické zakládky, která je doplněna přídavkem popela (6-10) % hm. této zakládky, má zvýšený obsah živin, obsah hlavních živin přepočtených na vysušený vzorek v rozmezí (2,1-2,8) % N, (1,3-1,5) % P, (4,3-5,0) % K, (1,2-1,5) % Mg a (4,5-

6,5) % Ca. Hodnota pH je v rozmezí (8,5-9,1), obsah spalitelných látek je v rozmezí (40-50) %, podíl C:N v rozmezí (7-11). Efekt úzkého poměru C:N a vysoký obsah bazických živin (K, Mg a Ca) tyto komposty předurčuje pro využití na lehké až střední půdy a půdy s cílem rychlejší regenerace a doplnění obsahu přijatelných živin.

## 2.2 Modelové aplikace kompostů

Aplikace kompostů je navržena pro modelový zemědělský podnik, který hospodaří v ekologickém režimu, tj. bez aplikace minerálních hnojiv na výměře 800 ha orné půdy a 900 ha trvalých travních porostů (TTP).

Zemědělský podnik provozuje bioplynovou stanici (el. výkon 750 kW), má k dispozici vedlejší produkty výroby bioplynu, roční produkce je 12 000 t separovaného digestátu (separátu) a 14 600 t fugátu (denní produkce fugátu je 40 t). Dále vlastní kompostárnu s celoročním provozem, jejíž roční produkce kompostu se pohybuje v rozmezí (6 000-8 000) t podle množství vstupních surovin.

Kompostárna má k dispozici minimálně 16 500 t vstupních surovin, přehled je uveden v **tab. 6**. Relativně stabilní je množství separátu a slámy, množství BRO je závislé na dodávkách z okolních obcí. Dodávané množství kolem 3 000 t BRO ročně představuje cca 20 % podíl v celkové zakládce. Potenciální množství v okolním regionu je cca 5 000 t BRO ročně a představuje cca 27 % podíl v celkové zakládce.

Při kompostování zakládky na bázi BRO se v literatuře (Kotoulová, Váňa, 2001) uvádějí hmotnostní ztráty cca 25 %, z toho 2/3 představuje ztráta vody a jednu třetinu ztráta organických látek. Při vysokém podílu separátu, který má vysokou vlhkost kolem 80 %, se hmotnostní ztráty v průběhu kompostování pohybují v rozmezí (50-60) %, výtěžnost je tedy kolem (40-50) %. Výtěžnost je stanovena na základě roční bilance surovin dodaných do zakládky a roční produkce kompostu. Výtěžnost stoupá při zvýšení podílu BRO v zakládce i při zvýšení podílu popela ze spalování biomasy.

Kromě organických komponentů zakládky zpracovává kompostárna popel ze spalování biomasy z centrální výtopy obce s roční produkcí popela 200 t. Popel dodávaný ze spalovny má obsah sušiny kolem 96 %. Pokud by se popel do zakládky přidával rovnoměrně, přírůstek vztažený k hmotnosti zakládky činí (1,1-1,2) %. Přírůstek popela se sezónně pohybuje až kolem 3 % hmotnosti organické zakládky. Pro přípravu kompostu s vyšším obsahem živin

je možné použít přídavek popela (6-10) % hmotnosti organické zakládky. V tomto případě se předpokládá zvýšení výtěžnosti až na 60 %.

Podle zákona o hnojivech, č. 156/1998 Sb., prováděcí vyhlášky č. 474/2000 Sb. musí být popel při aplikaci na zemědělskou půdu evidován v 100% sušině, doporučená aplikace je maximálně 2 t<sub>sušiny</sub>.ha<sup>-1</sup> jednou za 3 roky. Dávkování kompostů s přídavkem popela s ohledem na doporučené aplikace popela jsou uvedeny v **tab. 7**.

**Tab. 6** Roční bilance surovin pro organickou zakládku kompostů a popela ze spalování biomasy. Varianta A – reálný podíl biologicky rozložitelného odpadu (BRO), B – potenciální podíl BRO. Výtěžnost – podíl kompostu na hmotnosti organické zakládky.

varianta	organická zakládka					roční produkce kompostu	výtěžnost
	separát	BRO	sláma	suma	popel		
A	12 000 t	3 000 t	1 500 t	16 500 t	200 t	6 600 t	40 %
	73 %	18 %	9 %	100 %	1,2 %		
B	12 000 t	5 000 t	1000 t	18 000 t	200 t	9 000 t	50 %
	65 %	27 %	8 %	100 %	1,1 %		

**Tab. 7** Orientační dávky popela ze spalování biomasy na jednotku plochy při aplikaci kompostů s jeho různým přídavkem

zakládka	kompost		dávka jednorázová		dávka za 3 roky		
	výtěžnost	obsah popele	kompost	popel	interval	kompost	popel
%	%	%	t.ha <sup>-1</sup>	t.ha <sup>-1</sup>	rok	t.ha <sup>-1</sup>	t.ha <sup>-1</sup>
1,5	40	2,5	40	1	2	60	2,25
3	50	6	40	2,4	3	40	2,4
6	60	10	20	2	3	20	2

**Legenda:**

\*přídavek popela se 100 % sušinou k organické zakládce s přirozenou vlhkostí

V **tab. 8** jsou uvedeny reálné aplikace organických hnojiv na základě jejich roční produkce a výměry orné půdy a TTP. Doporučené jednorázové dávky organických hnojiv jsou přizpůsobeny mechanizaci pro jejich aplikaci. U kompostu je optimální dávka kolem 40 t.ha<sup>-1</sup>, u nekompostovaného separátu (30-40) t.ha<sup>-1</sup> a u fugátu kolem 30 t.ha<sup>-1</sup>.

Stávající roční produkce kompostu 6 600 t představuje dávku 33 t kompostu na ha orné půdy ve čtyřletém intervalu. Při navýšení produkce kompostu by bylo možné ve čtyřletém intervalu aplikovat až 45 t kompostu na ha. Pokud by se separát nekompostoval,

jeho roční produkci 12 000 t by bylo možné aplikovat ve tříletém intervalu v dávce 45 t.ha<sup>-1</sup> orné půdy.

U fugátu se počítá s přednostní aplikací na TTP. Případně se může aplikovat v jarním období na luskoobilné směsky. Stávající roční produkce fugátu 14 600 t představuje dávku 32 t.ha<sup>-1</sup> TTP ve dvouletém intervalu.

Zemědělský podnik používá osevní postup, ve kterém se střídají jarní luskoobilní směsky a ozimé obiloviny. Luskoobilní směsky se používají především na produkci biomasy pro přípravu senáže pro produkci bioplynu, částečně i pro krmení skotu. Ozimé obiloviny se sklízí pro produkci zrna, částečně se používají pro přípravu senáže pro produkci bioplynu. Pro tento účel se kombinují s ozimými luskovinami, např. ozimou vikví.

Modelová aplikace kompostu představuje dávku 40 t.ha<sup>-1</sup> v dvouletém intervalu, kdy se kompost aplikuje na podzim při přípravě půdy pro jarní výsev luskoobilné směsky. Tento systém hnojení je možné aplikovat pouze na polovinu výměry orné půdy. V jarním období je možné kompost doplnit aplikací fugátu v dávce 30 t.ha<sup>-1</sup>. Aplikace fugátu se předpokládá především na TTP. Při modelové aplikaci fugátu se počítá s dávkou 30 t.ha<sup>-1</sup> v jednoletém intervalu. Tento systém hnojení je možné aplikovat pouze na polovinu výměry TTP.

**Tab. 8** *Reálné a modelové dávkování kompostu, fugátu, případně samotného separátu v zemědělském podniku*

aplikace	org. hnojivo	produkce	výměra podniku	dávka (t.ha <sup>-1</sup> ) v intervalu	
		t. rok <sup>-1</sup>	ha	jednoletý	dvouletý
reálná	separát	12 000	800	15	30
	kompost	6 600	800	8,25	16,5*
	kompost max.	9 000	800	11,25	22,5*
	fugát	14 600	900	16,2	32,4
modelová			<b>max. výměra pro model</b>		
	separát	12 000	600	20	40
	kompost	6 600	330	20	40
	kompost max.	9 000	450	20	40
	fugát	14 600	480	30	-

**Legenda:**

\* optimální dávkování (33-45) t.ha<sup>-1</sup> možné až při čtyřletém cyklu

Výběr pozemků pro aplikaci organických hnojiv a jejich dávkování je nutné volit z hlediska obsahu přijatelných živin v půdě i z hlediska využití dané kultury (biomasa pro BPS × krmivo). Fugát pro hnojení by se měl využívat přednostně pro produkci biomasy pro BPS.

V **tab. 9** jsou uvedené modelové aplikace organických hnojiv v rámci 4letého osevního postupu a dodané celkové i přijatelné živiny za toto období. U kompostu se předpokládá aplikace kompostu s nízkým přídatkem popela do zakládky (1,5-3) %.

Modelový **příklad M1** byl použit ve vegetačních pokusech, kde zvýšil výnos (viz **tab. 15, kapitola 2.4**) i obsah přijatelných živin v půdě. Dávkou 40 t kompostu na ha se dodá dostatečné množství organické hmoty a celkových živin. Pro dodání přijatelných živin je vhodné aplikaci kompostů doplnit aplikací fugátu.

Modelový **příklad M2** představuje rovnoměrnou aplikaci kompostů z produkce kompostárny na veškerou výměru orné půdy.

Modelový **příklad M3** představuje aplikaci kompostu se zvýšeným přídatkem popela do zakládky (6-10) % a vyšším obsahem celkových živin. U tohoto typu kompostu se doporučuje, i vzhledem ke zvýšenému obsahu popela, aplikovat dávku  $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  ve 3letém intervalu. Tento typ kompostu je vhodný na půdy s nízkou hodnotou pH a nízkým obsahem přijatelných živin, především K, Ca a Mg.

Modelový **příklad M4** představuje alternativu k aplikaci kompostu, jedná se o použití nekompostovaného separátu. Vzhledem k obsahu celkových živin v separátu, se touto modelovou aplikací dodá méně živin než komposty (srovnání s příkladem M1). Po aplikaci separátu nedojde k výraznému navýšení obsahu přijatelných živin v půdě ani k navýšení výnosu (viz **tab. 14, 15, kapitola 2.4**) jako po aplikaci kompostů. Obdobně jako při aplikaci kompostů je vhodné pro dodání přijatelných živin aplikaci separátu doplnit aplikací fugátu. Tato aplikace byla ověřena ve vegetačních pokusech.

Modelová **aplikace M5** představuje použití fugátu na TTP v maximálním množství,  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  v jednoletém intervalu. Touto aplikací se dodá poměrně vysoké množství celkových a především přijatelných živin. Tato aplikace byla odzkoušena ve vegetačních pokusech (viz **tab. 14, obr. 5**). Při rovnoměrné aplikaci fugátu na celou plochu TTP, případně i na doplňkovou aplikaci na ornou půdu, by se dávka fugátu  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  musela aplikovat ve víceletých (např. dvouletých) intervalech.



**Tab. 9 Modelové aplikace organických hnojiv v rámci 4letého osevního postupu, bilance dodané organické hmoty (org.) a jednotlivých celkových i přijatelných živin.**

Model aplikace		dávka t.ha <sup>-1</sup>	Int. rok	živina	dávka hnojiva, org. hmoty a živin za 4letý cyklus								
hnojivo	t.ha <sup>-1</sup>				rok	Celk.	Hnoj. t.ha <sup>-1</sup>	Org.	N	P	K	Mg	Ca
		kg.ha <sup>-1</sup>											
<b>Orná půda</b>													
M1	kompost	40	2	Celk.	80	19,6	1 008	440	1 328	376	1 544	240	112
	(1,5-3) P			Přij.			72	48	1 024	48			
	fugát	30	2	Celk.	60	1,68	204	42	186	24	66	18	18
				Přij.			120	6	168	12			
M2	kompost	40	4	Celk.	60	9,8	504	220	664	188	772	120	56
	(1,5-3)P			Přij.			36	24	512	24			
M3	kompost	20	3	Celk.	30	6,5	351	195	648	186	771	105	54
	(6-10) P			Přij.			30	15	417	15			
M4	separát	30	2	Celk.	60	10,7	312	102	204	60	168	54	18
				Přij.			102	30	204	36			
<b>TTP</b>													
M5	fugát	30	1	Celk.	120	3,4	408	84	372	48	132	36	36
				Přij.			240	12	336	24			

**Legenda:**

Kompost (1,5-3) P - s nízkým přídávkem popela do zakládky (1,5-3) %

Kompost (6-10) P - se zvýšeným přídávkem popela do zakládky do (6-10) %

### 2.3 Finanční náklady na jednotlivé aplikace

Aplikace kompostu je finální operací celého procesu zpracování surovin kompostováním. Kvalita kompostu a logistické řešení jeho aplikace je jedním z kritických bodů a rozhoduje o efektivitě celého procesu z hlediska vylepšení půdních vlastností, výživy rostlin a v neposlední řadě i z pohledu ekonomického. Z hlediska ekonomického závisí konkrétní výše nákladů na jednotlivé operace na mnoha faktorech. Je to zejména použitá mechanizace a s ní spojená finanční zátěž. To znamená výše fixních a variabilních nákladů (odpisy, provozní náklady na paliva a maziva, osobní náklady obsluhy, provozní vytížení stroje, výkonnost, atd.). Dalšími důležitými faktory jsou dopravní vzdálenosti a v neposlední řadě kvalita a cena kompostu.

Pro získání relevantních podkladů z provozní praxe bylo v rámci řešení projektu QJ1510345 „Příprava a využití kompostů na bázi digestátu, popele ze spalování biomasy a BRO“ prováděno měření energetické náročnosti a exploatačních parametrů aplikace kompostu na ornou půdu u konkrétních pracovních souprav traktoru s návěsným traktorovým rozmetadlem hnoje. Získané výsledky byly porovnány s provozními ukazateli při

aplikaci chlévského hnoje. Měření bylo realizováno v provozních podmínkách. Stanovení analytických vlastností hnoje a kompostu bylo realizováno laboratorně ze vzorků odebraných před aplikací. Na základě výsledků z měření exploatačních parametrů, energetické náročnosti a analytických vlastností hnoje a kompostu byly sestaveny modelové případy aplikace. Vypočtenými hodnotami byla jednotková spotřeba nafty, časová náročnost nakládky, dopravy a aplikace. Na základě výsledků byly modelově vypočteny měrné náklady na jednotlivé operace pro různé vstupní parametry.

Hodnocenými soupravami pro dopravu kompostu a aplikaci na pole byl traktor John Deere 6190 R s rozmetadlem Western 12 DS (užitečná hmotnost 8,5 t) a traktor Zetor 11441 Forterra s rozmetadlem RUR 55 (užitečná hmotnost 7 t). Šířka pracovního záběru při aplikaci se pohybovala v rozmezí (6,3 až 10,2) m.

V průběhu měření parametrů provozu traktorové soupravy s rozmetadlem byly sledovány následující parametry:

- okamžitá spotřeba motorové nafty u traktoru s rozmetadlem a manipulačního prostředku využívaného pro nakládku hnoje a kompostu do rozmetadla. Hodnoty spotřeby motorové nafty byly stanoveny pomocí průtokoměrů,
- časový snímek práce traktorové soupravy s rozmetadlem a časový snímek nakladače,
- monitoring pohybu mechanizace (pomocí GPS) za účelem stanovení pracovní rychlosti aplikace dávek na půdu, ověření stejného nastavení energetického prostředku pro jednotlivé varianty měření,
- skutečná plocha aplikace,
- hmotnost aplikovaného hnojiva odvažováním na mostové váze.

Při rozdělení pracovního cyklu na jednotlivé pracovní operace byla zvlášť posuzována manipulace (nakládka), doprava (cesta na pozemek + návrat) a aplikace.

Vypočtené a statisticky vyhodnocené údaje pro jednotlivé sledované operace pro kompost a hnůj jsou uvedeny v **tab. 10** až **tab. 12**. Při aplikaci hnoje vychází hodinová spotřeba nafty i měrná spotřeba nafty vyšší než u kompostu vzhledem k vyšší objemové hmotnosti hnoje (tabulkové hodnoty 800-1 000 kg.m<sup>-3</sup>) ve srovnání s kompostem (modelový kompost měl objemovou hmotnost kolem 500 kg.m<sup>-3</sup>, **tab. 3**).

**Tab. 10 Parametry pro aplikaci kompostu a hnoje získané měřením**

veličina	jednotka	kompost			hnůj		
		hodnota		chyba	hodnota		chyba
plošná výkonnost	ha.h <sup>-1</sup>	3,84	±	0,10	3,84	±	0,10
průměrná výkonnost	ha.h <sup>-1</sup>	3,84	±	0,10	3,84	±	0,10
maximální výkonnost	ha.h <sup>-1</sup>	4,95	±	0,13	4,95	±	0,13
hodinová spotřeba nafty	l.h <sup>-1</sup>	32,17	±	0,84	34,20	±	0,79
měrná plošná spotřeba nafty	l.ha <sup>-1</sup>	8,76	±	0,23	11,30	±	0,18
měrná spotřeba nafty	l.t <sup>-1</sup>	0,22	±	0,01	0,28	±	0,00

**Tab. 11 Parametry pro dopravu kompostu a hnoje získané měřením**

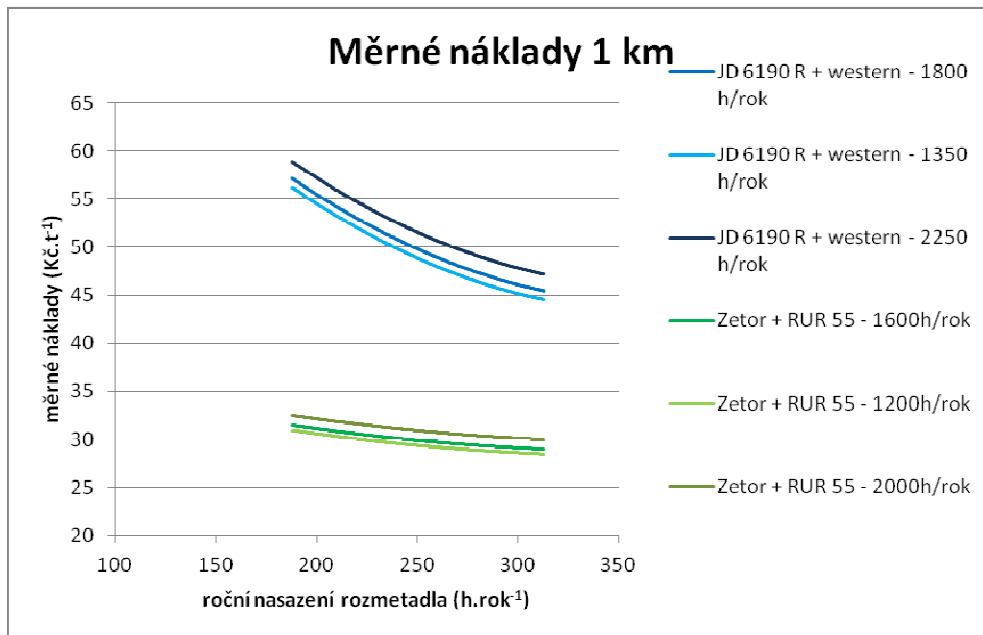
veličina	jednotka	kompost			hnůj		
		hodnota		chyba	hodnota		chyba
maximální výkonnost	tkm.h <sup>-1</sup>	312,04	±	2,80	388,00	±	2,25
průměrná výkonnost	tkm.h <sup>-1</sup>	88,45	±	0,77	102,00	±	0,67
hodinová spotřeba nafty	l.h <sup>-1</sup>	26,81	±	0,23	28,40	±	0,22
měrná spotřeba nafty	l.tkm <sup>-1</sup>	0,08	±	0,0005	0,06	±	0,00

**Tab. 12 Parametry pro nakládku kompostu a hnoje získané měřením**

veličina	jednotka	kompost			hnůj		
		hodnota		chyba	hodnota		chyba
průměrná výkonnost	t.h <sup>-1</sup>	99,72	±	5,31	124,00	±	4,27
maximální výkonnost	t.h <sup>-1</sup>	99,72	±	5,31	124,00	±	4,27
hodinová spotřeba nafty	l.h <sup>-1</sup>	26,81	±	1,47	29,40	±	1,34
měrná plošná spotřeba nafty	l.t <sup>-1</sup>	0,29	±	0,02	0,21	±	0,03

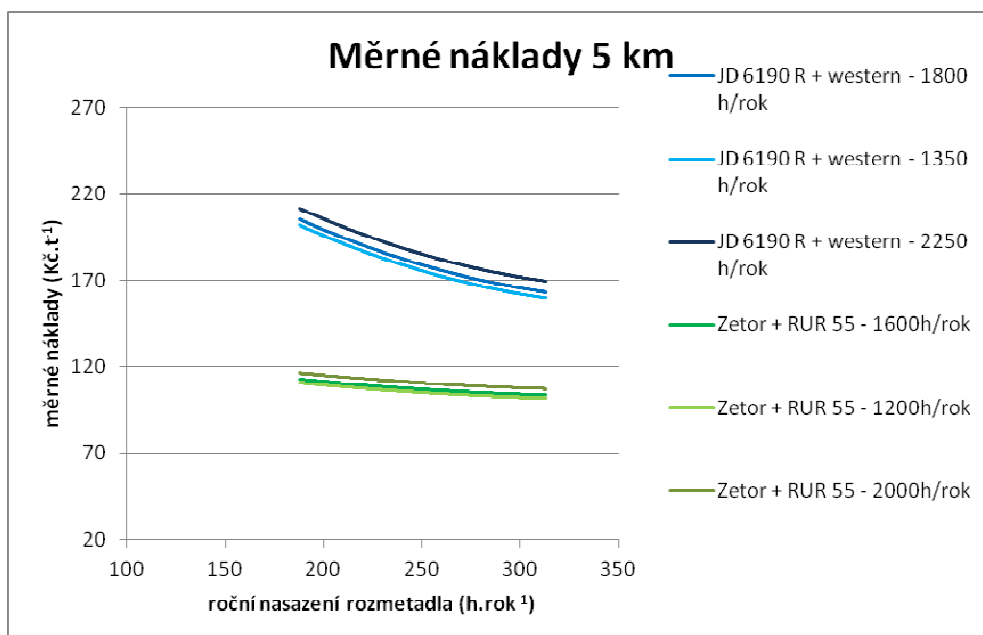
Od získaných údajů byly odvozeny náklady na aplikaci kompostu a hnoje. K výpočtu nákladů byl použit program Agrotekis. Ten je možné využít v rámci expertních systémů, které jsou volně dostupné na webových stránkách [www.vuzt.cz](http://www.vuzt.cz). Při kalkulaci nákladů bylo modelově zohledněno různé využití traktoru a rozmetadla v průběhu sezóny. Pro traktor John Deere bylo kalkulováno s ročním využitím 1 350, 1 800, 2 250 hodin za rok a u traktoru Zetor s vytížením 1 200, 1 600 a 2 000 hodin za rok. U obou rozmetadel bylo shodně kalkulováno s nasazením 188, 250, 313 hodin za rok. Na **obr. 1** je znázorněna vypočtená výše měrných nákladů na manipulaci, dopravu a aplikaci kompostů sledovanými traktorovými soupravami v závislosti na ročním nasazení techniky. Z průběhů je jednak zřejmé, že při nižším nasazení traktoru i rozmetadla jsou logicky vyšší měrné náklady na jejich provoz.

Při krátké uvažované dopravní vzdálenosti (1 km) se měrné náklady pohybovaly mezi 28,- Kč.t<sup>-1</sup> až 59,- Kč.t<sup>-1</sup> aplikovaného kompostu.



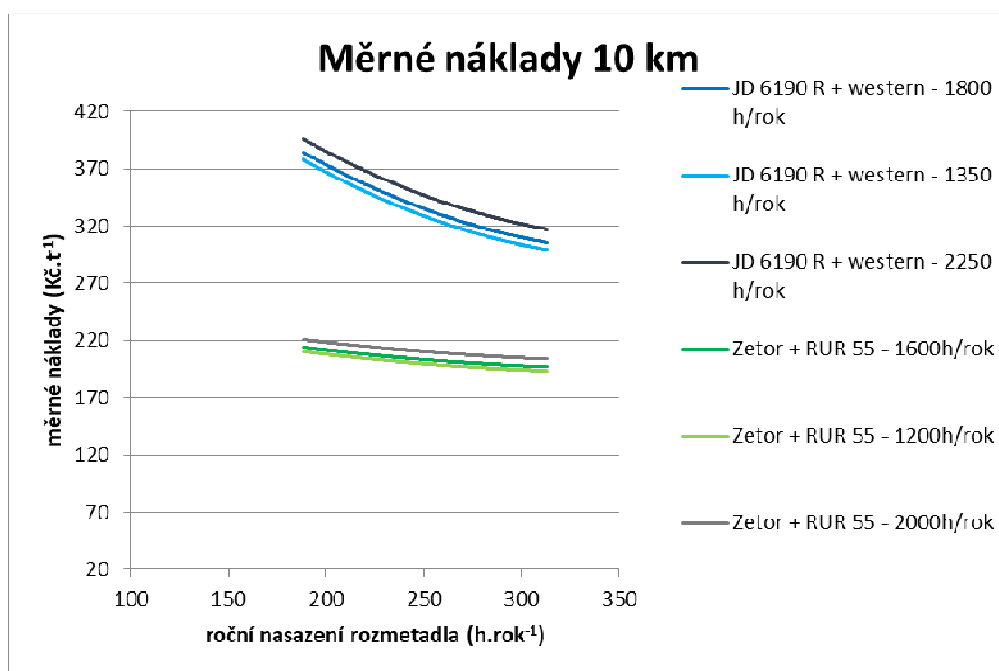
**Obr. 1** Měrné náklady na aplikaci, manipulaci a dopravu kompostu při různém ročním nasazení sledovaných souprav. Uvažovaná dopravní vzdálenost byla 1 km

Při dopravní vzdálenosti 5 km (**obr. 2**) se měrné náklady zvýšily a pohybovaly se v intervalu 102,- Kč.t<sup>-1</sup> až 211,- Kč.t<sup>-1</sup>.



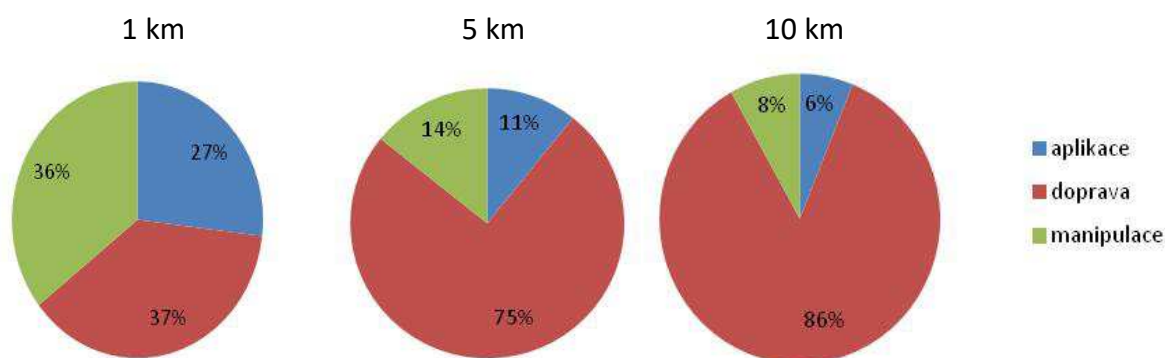
**Obr. 2** Měrné náklady na aplikaci, manipulaci a dopravu kompostu při různém ročním nasazení sledovaných souprav. Uvažovaná dopravní vzdálenost byla 5 km

Při dopravní vzdálenosti 10 km (**obr. 3**) se uvažované měrné náklady ještě výrazně zvednou a dle výpočetního modelu se pohybují v rozmezí od 193,40 Kč.t<sup>-1</sup> do 396,00 Kč.t<sup>-1</sup>.



**Obr. 3** Měrné náklady na aplikaci, manipulaci a dopravu kompostu při různém ročním nasazení sledovaných souprav. Uvažovaná dopravní vzdálenost byla 10 km

Podíl dopravy na měrných nákladech je dobře patrný z grafů na **obr. 4**. Při uvažované dopravní vzdálenosti 1 km činil 37 %, při 5 km 75 % a při 10 km dokonce 86 %. Z těchto údajů je zřejmé, proč celková výše měrných nákladů s rostoucí dopravní vzdáleností poměrně dramaticky narůstá.



**Obr. 4** Struktura měrných nákladů na aplikaci, manipulaci a dopravu kompostu při různém ročním nasazení sledovaných souprav.

Závěrem lze konstatovat, že měrné náklady na aplikaci jedné tuny kompostu pomocí sledovaných traktorových souprav se při uvažované dopravní vzdálenosti 5 km pohybovaly v rozmezí cca 100,- Kč.t<sup>-1</sup> až 210,- Kč.t<sup>-1</sup>. Z uvedených výsledků vyplývá, že při aplikaci kompostu i hnoje je ekonomicky nejnáročnější operací doprava. S rostoucí vzdáleností místa skladování a pozemku, na který má být aplikován, tudíž dramaticky narůstají náklady. Při střední dopravní vzdálenosti 5 km činí podíl nákladů na dopravu až 75 %.

Náklady na aplikaci kompostu se pohybují ve velmi široké škále v závislosti na mnoha faktorech. Nejdůležitějšími z nich je dopravní vzdálenost a použitá mechanizace. Do nákladů se promítají i další aspekty jako pořizovací cena, způsob financování, doba nasazení do provozu během roku atd.

Při aplikaci chlévského hnoje jsou nižší měrné náklady na dopravu a aplikaci jedné tuny ve srovnání s kompostem, vzhledem k cca dvojnásobné objemové hmotnosti hnoje oproti kompostu. Avšak při přepočtu měrných nákladů na aplikaci živin NPK vycházejí nižší jednotkové náklady ve prospěch kompostu, vzhledem k vyššímu obsahu celkových živin v tuně kompostu oproti hnoji (**viz tab. 2**). Ovšem je nutné zdůraznit velký rozptyl jednotlivých hodnot a fakt, že výpočetní model byl aplikován na konkrétní podmínky a zejména konkrétní suroviny. Pokud by byl obsah živin v aplikovaném kompostu a hnoji jiný, vyšla by odlišně i kalkulace měrných nákladů.

#### **2.4 Funkční model využití kompostů ve firmě REGENT PLUS Žlutice spol. s r.o.**

Cílem vytvoření funkčního modelu je návrh trvale využitelného procesu energetického využití biomasy ve spojení s technologií kompostování – kompostování různých biologicky rozložitelných odpadů. Dále optimalizace nakládání s hnojivý a zlepšení ekonomiky provozu. Výchozí stav při tvorbě modelu je odvozen z měření v rámci pokusů a interních dat firmy REGENT PLUS Žlutice spol. s r.o.

Obecné informace:

- Hospodaření v režimu ekologického zemědělství (EZ)
- Obhospodařovaná plocha cca 1 500 ha
- 100 % ploch zařazeno do kategorie se sníženou produktivitou (LFA)
- 90 % ploch III. až V. třída ochrany ZPF
- průměrná nadmořská výška 570 m. n. m.

- TTP 775 ha
- Orná 725 ha
- Živočišná výroba – hovězí skot BTPM, základní stádo cca 300 ks

Bilance dostupných hnojiv:

- fugát cca 12 000 t
- separát z BPS cca 12 000 t

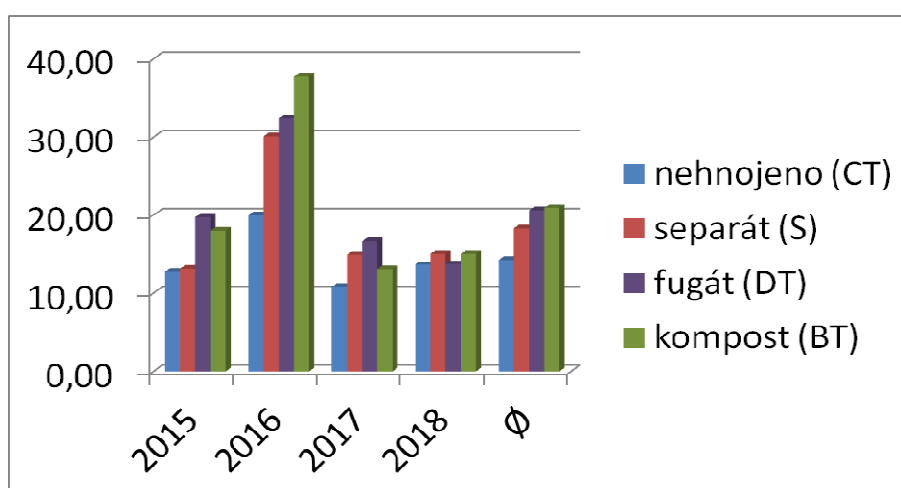
nebo

- kompost cca 6 000 t

V rámci metodiky byly porovnávány výnosy na TTP a na orné půdě pro jednotlivé typy hnojiv – **tab. 13, tab. 14, obr. 5 a obr. 6**. Výnosy byly stanoveny při pokusných aplikačních dávkách (**tab. 8, tab. 9**): kompost – 40 t.ha<sup>-1</sup> v dvouletém intervalu (pokusné plochy CT a A), separát – 30 t.ha<sup>-1</sup> v dvouletém intervalu (pokusné plochy S a F), fugát – v dávce 30 t.ha<sup>-1</sup> v jarním období (TTP – pokusná plocha DT).

**Tab. 13 Výnosy na TTP**

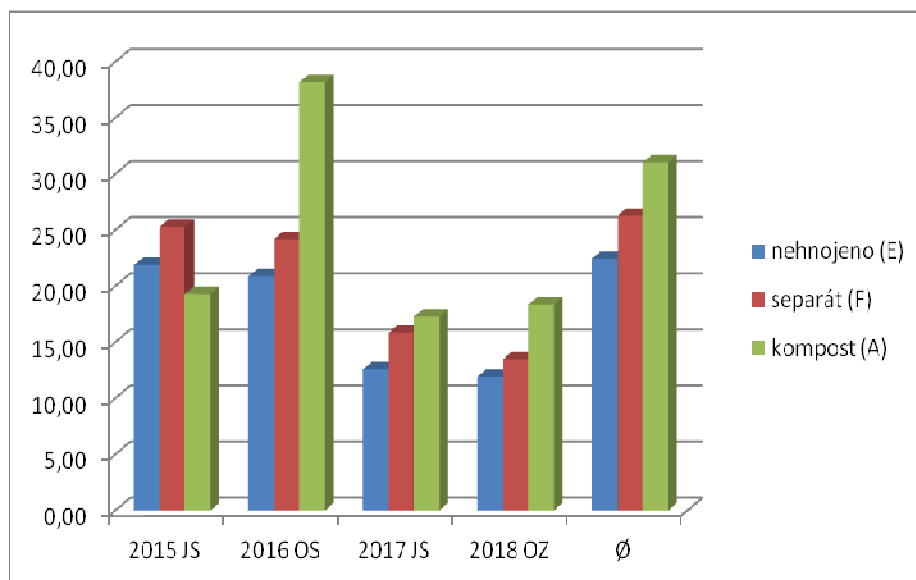
Výnosy – TTP (t.ha <sup>-1</sup> )					
výzkumné plochy	2015	2016	2017	2018	Ø
nehnojeno (CT)	12,72	20,00	10,82	13,66	14,30
separát (S)	13,13	30,10	14,94	15,04	18,30
fugát (DT)	19,71	32,37	16,65	13,74	20,62
kompost (BT)	18,01	37,70	13,06	15,04	20,95



**Obr. 5 Srovnání výnosů na TTP**

**Tab. 14 Výnosy na orné půdě, JS – jarní směska, OZ – ozimá směska**

Výnosy – Orná půda (t.ha <sup>-1</sup> )					
výzkumné plochy	2015 JS	2016 OS	2017 JS	2018 OZ	Ø
nehnojeno (E)	21,90	20,90	12,60	11,95	22,45
separát (F)	25,30	24,20	15,85	13,50	26,28
kompost (A)	19,30	38,20	17,30	18,37	31,06



**Obr. 6 Srovnání výnosů na orné půdě**

Nejvýhodnější varianta využití kompostů na orné půdě a fugátu na TTP je jejich aplikace v množství a intervalech uvedených v návrhu funkčního modelu (**tab. 15**).

**Tab. 15 Návrh funkčního modelu**

Dávka kompostu	40 t.ha <sup>-1</sup> .4 roky <sup>-1</sup>
Dávka fugátu	30 t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup>
Plocha orné půdy hnojené kompostem	150 ha.rok <sup>-1</sup> (600 ha.cykus <sup>-1</sup> )
Plocha TTP hnojená fugátem	400 ha.rok <sup>-1</sup>

Dostupné suroviny pokryjí potřebu hnojení v navrženém modelu z 83 % na orné půdě a 52 % TTP. Deficit hnojiv lze obecně doplnit o kompostované biologicky rozložitelné odpady v případě orné půdy a v případě hnojení TTP fugát doplnit aplikací kejdy v předjaří a mezi sečemi. V konkrétním případě firmy REGENT PLUS Žlutice spol. s r.o. je vzhledem k místním podmínkám doplnění deficitu nereálné z důvodu umístění většiny pozemků v II. ochranném pásmu vod.



### **3 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ**

V metodice pro praxi je uveden zcela nový postup, podle kterého lze pro aplikaci vybrat kompost – inovativní, na míru vyrobené organické hnojivo, u kterého 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 agrotechnických vlastností, podle půdoochranných a protierozních požadavků, které jsou určeny půdními podmínkami, svažitostí a skladbou pěstovaných plodin na konkrétním půdním bloku.

Způsob komplexního řešení využívání produktů ze spalování biomasy, výroby bioplynu a sběru BRO pro výrobu inovativních hnojiv kompostováním a jejich aplikaci na zemědělsky obdělávané půdy podle požadavků, vyplývajících z jejich agrochemických vlastností je popsán v obou metodikách pro praxi, které na sebe úzce navazují a tvoří soubor návodů, které nebyly dosud formou certifikované metodiky pro praxi publikovány.

### **4 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY**

Prvním uživatelem certifikované metodiky pro praxi je společnost REGENT PLUS Žlutice spol. s r.o., která podle uvedených návodů realizovala všechny polní experimenty na pokusných pozemcích – orné půdě a trvalých travních porostech. Na základě výsledků ověřování a získaných zkušeností bude i v dalším období uveřejněné metodické postupy uplatňovat.

Zemědělcům dává metodika návod na aplikaci kompostů s jeho přímým uplatněním podle druhu a agrochemických vlastností 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.

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.

Zcela zásadním přínosem pro uživatele je navýšení výnosů na plochách s aplikovaným kompostem oproti nehnojeným plochám, které jsou typické zejména pro pěstitele v ekologickém zemědělství nebo hnojení ploch v oblastech se sníženou produktivitou (nízká BPEJ) a na erozně ohrožených půdách.

Při uvážení reálných cen komodit a průměrných nákladů vztažených na „motohodiny“ potřebné k přípravě a aplikaci kompostů z roku 2017, jsou průměrné zisky uvedeny v **tab. 16**. Aktuální ceny pro rok 2018 nejsou uvažovány z důvodu extrémního sucha a odpovídající ceně při nedostatku píce, resp. biomasy.

Ceny tzv. „motohodin“ jsou stanoveny na základě běžných tržních cen při **uvažovaném pronájmu potřebné techniky vč. obsluhy pouze na dobu nezbytně nutnou k aplikaci**. Pořízení a provozování velkokapacitní a nejefektivnější aplikační techniky je z pohledu poměru doby využití a nákladů výhodné pouze pro velmi velké podniky s rozlohou pozemků v řádech tisíců hektarů, které ovšem zpravidla nehospodaří v EZ, kde je přínos kompostu jednoznačně nejvyšší. Pro běžného zemědělce je jednoznačně lepší si aplikaci nebo přípravu kompostu objednat ve službě, nebo využít starší, méně efektivní zařízení, které ovšem zásadně zvyšuje cenu hnojení vztaženou na ha plochy. Zemědělci v konvenčním způsobu hospodaření mohou využít ukazatele, které jsou uvedeny v **tab. 10, tab. 11, tab. 12**.

Hodnota kompostu v půdě z pohledu doplnění organické složky, zlepšení vlastností půdy z pohledu eroze apod. je nepopíratelná, ale lze jí stanovit pouze pro konkrétní pozemek dle aktuální bonity a erozního ohrožení, proto není tato cena v obecné rovině uvedena. Lze ovšem obecně konstatovat, že pozemek v dobré kondici je o desítky tisíc Kč.ha<sup>-1</sup> dražší, než erodovaný nebonitní pozemek.

Přehled nákladů a dodatečných výnosů pro aplikaci kompostovaných hnojiv ve čtyřletém cyklu je uveden v **tab. 16**.

**Tab. 16 Přehled nákladů a dodatečných výnosů**

náklady na kompostování	cca 1 000 Kč.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup>
náklady na koupi kompostu vč. přepravy a manipulace	cca 4 000 Kč.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup>
aplikace kompostu	cca 170 Kč.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup>
výnosy + 38 % na orné půdě s aplikovaným kompostem oproti dlouhodobě nehnojené půdě	navýšení cca 6 000 Kč.ha <sup>-1</sup>
<b>možný zisk při vlastním kompostování</b>	<b>4 830 Kč.ha<sup>-1</sup></b>
možný zisk při koupi kompostu	1 830 Kč.ha <sup>-1</sup>

## 6 ZÁVĚR

Předložená metodika pro praxi obsahuje postup aplikace inovativních organických hnojiv – kompostů s definovanými základními vlastnostmi (obsah živin, pH, obsah spalitelných látek atd.) do půdy podle požadavků, vyplývajících z jejich agrochemických vlastností. Metodika nabízí informace týkající se systému aplikace kompostu na zemědělskou půdu známých, předem analyzovaných agrochemických vlastností včetně logistického řešení jeho dopravy. Takové řešení umožňuje aplikaci organického hnojiva na zemědělskou půdu v souladu s principy precizního zemědělství, kdy je konkrétní typ kompostu aplikován v požadované dávce na půdní blok na základě jeho konkrétních vlastností.

Komplexní pohled na řešení technologického postupu transformace zbytkové biomasy, zejména ze spalování biomasy, z výroby bioplynu a vedlejších produktů formou aplikace kompostu obsahují certifikované metodiky

***- „Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů ze spalování a výroby bioplynu kompostováním“***

***- „Aplikace kompostů různých užitečných vlastností na zemědělské půdy podle jejich bonity“***, které na sebe úzce navazují a potvrzují skutečnost, že výroba kompostů a jejich aplikace na zemědělskou půdu je jedním z mála způsobů, jak snížit deficit organické hmoty v půdě.

Metodika pro praxi je vhodným nástrojem pro zemědělce a podniky zabývající se bioenergetikou a nakládáním s biologicky rozložitelnými odpady.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- [1] VÁŇA J.: *Výroba a využití kompostů v zemědělství*. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR, Praha, 1994, 40 s. ISBN 80-7105-075-X
- [2] RICHTER R., ŘÍMOVSKÝ K.: *Organická hnojiva, jejich výroba a použití*. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR, Praha, 1996, 40 s. ISBN 80-710-5117-9
- [3] KOTOULOVÁ Z., VÁŇA J.: *Příručka pro nakládání s komunálním odpadem*. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha 2001.
- [4] 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].
- [5] 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].
- [6] <http://www.agrozetaservis.cz>
- [7] <http://www.agronormativy.cz>
- [8] ČSN EN 13037 (2012): *Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení pH*. 12 s. [ÚNMZ, Praha].
- [9] ČSN EN 13038 (2012): *Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení elektrické konduktivity*. 12 s. [ÚNMZ, Praha].
- [10] ČSN EN 13039 (2012): *Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení organických látek a popela*. 12 s. [ÚNMZ, Praha].
- [11] ČSN EN 13651 (2002) *Půdní melioranty a stimulanty růstu – Extrakce živin rozpustných v chloridu vápenatém / DTPA (CAD)*. 20 s. [ÚNMZ, Praha].
- [12] Vyhláška č. 131/2014 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv.
- [13] Vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva.

## 8 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- [1] PLÍVA P., DĚDINA M., SOUČEK J., DUBSKÝ M., SUCHAROVÁ J., HOLÁ M., PILNÝ R.: *Technologický postup transformace zbytkové biomasy, zejména vedlejších produktů ze spalování a výroby bioplynu kompostováním*. Certifikovaná metodika pro praxi. Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 2017, 28 s. ISBN 978-80-7569-000-5
- [2] DUBSKÝ M., KAPLAN L.: *Substráty a zeminy s komposty a separovaným digestátem*. Zahradnictví, 2012, roč. 11, č. 8, s. 62-65. ISSN 1213-7596
- [3] SUCHAROVÁ J., SUCHARA I.: *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, 2006, 576/2: 163-176. ISSN: 0003-2670
- [4] PLÍVA P. a kol.: *Kompostování a kompostárny*. [Composting and composting facilities]. 1. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., 2016, 149 s. ISBN 978-80-86726-74-8

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

- Obr. 1 Měrné náklady na aplikaci, manipulaci a dopravu kompostu při různém ročním nasazení sledovaných souprav. Uvažovaná dopravní vzdálenost byla 1 km..... 20
- Obr. 2 Měrné náklady na aplikaci, manipulaci a dopravu kompostu při různém ročním nasazení sledovaných souprav. Uvažovaná dopravní vzdálenost byla 5 km..... 20
- Obr. 3 Měrné náklady na aplikaci, manipulaci a dopravu kompostu při různém ročním nasazení sledovaných souprav. Uvažovaná dopravní vzdálenost byla 10 km..... 21
- Obr. 4 Struktura měrných nákladů na aplikaci, manipulaci a dopravu kompostu při různém ročním nasazení sledovaných souprav. .... 21
- Obr. 5 Srovnání výnosů na TTP ..... 23
- Obr. 6 Srovnání výnosů na orné půdě ..... 24

Tab. 1	Základní vlastnosti kompostů, separátu a fugátu.....	8
Tab. 2	Obsah organické hmoty (org.) a celkových živin přepočítaný na hmotnost kompostů, separátu a fugátu s přirozenou vlhkostí, průměrná hodnota a směrodatná odchylka, statkový hnůj – tabulkové hodnoty .....	9
Tab. 3	Obsah přijatelných živin v kompostech, separátu a fugátu.....	10
Tab. 4	Obsah přijatelných živin přepočítaný na hmotnost kompostů, separátu a fugátu s přirozenou vlhkostí, průměrná hodnota a směrodatná odchylka .....	10
Tab. 5	Porovnání obsahu celkových a přijatelných živin v kompostech, separátu a fugátu v kg.t <sup>-1</sup> hnojiva s přirozenou vlhkostí, podíl přijatelné živiny na celkovém obsahu ..	11
Tab. 6	Roční bilance surovin pro organickou zakládku kompostů a popela ze spalování biomasy. Varianta A – reálný podíl biologicky rozložitelného odpadu (BRO), B – potenciální podíl BRO. Výtěžnost – podíl kompostu na hmotnosti organické zakládky.....	14
Tab. 7	Orientační dávky popela ze spalování biomasy na jednotku plochy při aplikaci kompostů s jeho různým přídávkem.....	14
Tab. 8	Reálné a modelové dávkování kompostu, fugátu, případně samotného separátu v zemědělském podniku .....	15
Tab. 9	Modelové aplikace organických hnojiv v rámci 4letého osevního postupu, bilance dodané organické hmoty (org.) a jednotlivých celkových i přijatelných živin.....	17
Tab. 10	Parametry pro aplikaci kompostu a hnoje získané měřením .....	19
Tab. 11	Parametry pro dopravu kompostu a hnoje získané měřením .....	19
Tab. 12	Parametry pro nakládku kompostu a hnoje získané měřením.....	19
Tab. 13	Výnosy na TTP .....	23
Tab. 14	Výnosy na orné půdě, JS – jarní směska, OZ – ozimá směska .....	24
Tab. 15	Návrh funkčního modelu .....	24
Tab. 16	Přehled nákladů a dodatečných výnosů .....	27

**Název:** Aplikace kompostů různých užitných vlastností na zemědělské půdy podle jejich bonity

(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

**Úprava textu, tabulek a obrázků:** Marcela Vlášková

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

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

**Náklad:** 50 výtisků

**Počet stran:** 32

**Rok vydání:** 2018

**Vydání:** první

**Doporučená cena:** neprodejné

**ISBN 978-80-7569-008-1**



**Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha 6-Ruzyně**

**2018**