

# Trávy pro energetické účely a spalování v energetických zařízeních

V současné době je hledání alternativních zdrojů obnovitelné energie celosvětovou záležitostí. Obnovitelné zdroje energie jsou přírodní zdroje, které jsou pro využití buď okamžitě, nebo pravidelně k dispozici a neustále se obnovují. Význam obnovitelných zdrojů v České republice se zvyšuje, neboť mohou přispívat k zabezpečení celkové energetické potřeby společnosti.

K obnovitelným zdrojům energie (OZE) v našich podmínkách patří tepelná energie slunečního záření, kinetická energie větru a vodních toků a zejména energie získaná z biomasy rostlin.

Pěstování energetických rostlin na ladem ležící půdě je určitou možností využití této půdy pro nepotravinářské účely. Spontánní úhory vzniklé na ladem ležící půdě jsou negativním jevem hlavně marginálních oblastí z hlediska krajinářského a zemědělského.

Pod pojem biomasa z rostlin můžeme zařadit slámu obilnin, řepkovou slámu, energetické dřeviny a energetické byliny. Byliny pro energetické využití jsou jednoleté a víceleté. Z jednoletých rostlin jsou vhodné pro spalování proso, konopí a rostliny rodu čirok.

OZE by měly pokrýt část energie doposud získávané z fosilních zdrojů (uhlí, ropa). Podle návrhů z EU bude v roce 2020 až 7–18 % produkce energie z obnovitelných zdrojů. Z těchto OZE by měla mít nezastupitelný podíl energie pocházející z biomasy (Stražil, 2009).

Využíváním biomasy travní hmoty pro energetické účely se v tuzemsku zabývá OSEVA PRO, s. r. o., Výzkumná stanice travinářská Rožnov-Zubří (VST-Zubří), Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., Praha (VÚZT), Vysoká škola báňská – Technická univerzita v Ostravě (VŠB) a Česká zemědělská univerzita v Praze (ČZU). Využívání biomasy pro energetické účely je předmětem zájmu Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v. v. i., Českého vysokého učení technického, Vysoké školy chemicko-technologické, Akademie věd ČR aj.



Psineček veliký Rožnovský – perspektivní energetická tráva

Foto Jan Frydrych

## Doporučené druhy trav

Jednou z možností využití trav pro energetické účely je spalování biomasy trav v technických zařízeních. Výzkum energetického využití trav má zázemí především v severovýchodních zemích a Německu. Pěstování *Phalaris arundinacea* pro energetické účely doporučuje Hoví (1994), jenž jí dává přednost před rychlerostoucími dřevinami z důvodu výrazně nižších nákladů na založení porostu.

V České republice se energetickým využitím trav od 20. let minulého století do současnosti zabývá VST-Zubří. Výzkum zahrnuje širokou oblast využití trav, travního semenářství a trávnickářství. Využití trav pro energetické účely rozšiřuje spektrum jejich dalšího použití. Průmyslové využití trav je novým směrem výzkumu v této oblasti.

Pro energetické účely se doporučuje pěstování psinečku velikého (*Agrostis gigantea*), ovsíku vyvýšeného (*Arrhenatherum elatius*), kostřavy rákosovité (*Festuca arundinacea*) a chrastice rákosovité (*Phalaris arun-*

*dinacea*), (Frydrych, 2001). Tyto druhy poskytují nejvyšší produkci sušiny a energie.

Pro poměrně vysokou produkci sušiny se pěstuje zejména v Německu ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis*). Náklady na pořízení jednoho hektaru této kultury se pohybují na úrovni 3000–5000 eur. Rentabilita je již při výnosu 15 t/ha. Výnos sušiny je ve druhém užitkovém roce 5–10 t/ha, ve třetím 15–20 t/ha. Pro vysoký obsah celulózy je *Miscanthus* vhodný jako surovina k využití v papírenském průmyslu.

V ČR je využití této traviny problematické vzhledem k přezimování (v prvním roce v horších klimatických podmínkách vymrzá). Ve světě se ověřuje přímo pro účely spalování několik desítek vybraných jednoletých nebo vytrvalých druhů.

## Nový směr výzkumu

V České republice se počítá s využitím části půdy dočasně vyřazené z intenzivní zemědělské výroby pro

nepotravinářské účely. Do oblastí nepotravinářského využití půdy patří i pěstování rostlin pro výrobu energie. Půdu, která nemá využití v oblasti potravin, je však nutné udržovat v kulturním stavu. Ladem ležící půda je zdrojem plevelů, ale i chorob a škůdců. Důležitý je i kulturní stav krajiny.

Současně alternativou pro hospodaření na půdě v horských a podhorských oblastech je cílené pěstování a využití trav pro energetické účely. Využitím kulturních a planých druhů rostlin jako zdroje uvádění orné půdy do klidu s cílem zjištění jejich energetického potenciálu se zabývali Cagaš, Macháč a Šrámek (1995). Autoři uvádějí výnosový potenciál zkoumané skupiny trav a jejich spalné teplo a výhřevnost.

Produkce psinečku velikého v podmínkách výzkumné stanice při ročním hnojení 50 kg dusíku na hektar a výnosu sušiny 10,086 t/ha ve druhém užitkovém roce a první seči odpovídá ekvivalentnímu množství 6,213 t černého uhlí. Na tuto práci navazuje výzkum a využití energetických trav VST-Zubří v souvislosti s ladem ležící půdou v marginální oblasti Beskyd a výzkum ve spolupráci VST-Zubří, VÚZT a VŠB.

## Výzkum energetických druhů trav

Výzkum využití trav pro energetické účely byl zaměřen na stanovení vhodných travních druhů pro energetiku a jejich výnosového potenciálu. Na základě výsledků první etapy výzkumu energetických trav byly stanoveny druhy trav nejvhodnější pro energetické využití (psineček veliký, kostřava rákosovitá, ovsík vyvýšený a lesknice




**Pelety 5 mm – sveřep horský**

Foto Ondřej Zajonc


**Pelety 5mm – kostřava rákosovitá**

Foto Ondřej Zajonc

rákosovitá). Výzkum byl zaměřen na ověření výnosových parametrů trav (výnos zelené a suché hmoty a sušiny) a na stanovení spalného tepla a výhřevnosti u travních druhů.

Ve druhé etapě výzkumu byl zjišťován výnos zelené a suché hmoty a sušiny u vybraných travních druhů a lučních směsí v období jednoho až dvou měsíců před sklizňovou a v termínu do dvou měsíců po sklizňové zralosti trav na semeno. Cílem bylo zjistit nevhodnější termín sklizně trav pro energetické účely.

Do výzkumu energetických trav byl zařazen psineček veliký (Rožnovský), kostřava rákosovitá (Kora), ovsík vyvýšený (Rožnovský), chrastice rákosovitá (Palaton, Chrifton a Chrastava, odrůda VST-Zubří), sveřep horský (Tacit), luční směs do vlhkých a do suchých podmínek.

Nejvyššího výnosu sušiny dosahovaly trávy při sklizni celých rostlin v červenci až srpnu, tzn. v období sklizňové zralosti na semeno a měsíc po této sklizňové zralosti na semeno. Nejvyšších výnosů dosahovala lesk-

nice rákosovitá Palaton a Chrastava v třetím užitkovém roce. Na základě těchto dosažených výsledků lze doporučit sklizeň energetických trav v období sklizně trav na semeno u všech zařazených travních druhů druhé etapy výzkumu.

Pozdější sklizeň lze doporučit pouze u chrastice rákosovité (Palaton, Chrifton, Chrastava), kde ztráty sušiny i dva měsíce po termínu sklizně trav na semeno (v září) byly nevýznamné. Současně proběhlo v této etapě ověřování spalování travní biomasy v technických zaří-

zeních. Cílem bylo zjistit nejvhodnější energetické zařízení (kotel), ve kterém lze spalovat travní biomasu. V průběhu řešení výzkumného projektu druhé etapy výzkumu probíhaly zkoušky spalování travní biomasy v malých i velkých kotlích. Pro zkoušky v malých kotlích byla travní biomasa peletována.

Na základě provedených spalných zkoušek ve velkých kotlích je možné doporučit spalování sena trav předně v kotlích určených pro spalování slámy. Jde o velké kotle Verner Golem s výkonem nad 900 kW. Dále byl úspěšně odzkoušen v roce 2007 kotel LIN-KA dánské firmy Danstoker o výkonu 190 kW. V roce 2009 proběhly srovnávací zkoušky spalování lučního sena a slámy v kotli Step Trutnov. Z hlediska dosažených výsledků se jeví spalování obilné slámy a lučního sena v kotli typu Step jako rovnocenné.

### Praktické využití travní biomasy

Pro hospodaření v horských a podhorských oblastech je určitou alternativní možností využití trav pro energetické účely. Výzkumem a využitím energetických trav se zabývala VST-Zubří ve spolupráci s VÚZT a VŠB.

Jedním z cílů řešených v projektu bylo určit vhodné zařízení (kotel), ve kterém lze spalovat travní biomasu. Na základě výsledků provedených spalných zkoušek v průběhu řešení projektu ve velkých kotlích je možné doporučit spalování sena předně v kotlích určených pro spalování obilné slámy. Veškeré praktické zkoušky spalování travní hmoty přímo v kotlích jsou přínosem pro

**Tab. 1 – Výsledky rozborů sena**

Psineček	Jednotka	Vzorek v původním stavu	Vzorek bezvodý	Hořlavina
Voda celková	%	9,91		
Popel	%	4,9	5,3	
Hořlavina	%	89,20	96,90	100,00
Spalné teplo	kJ/kg	18 035	19 425	19850
Výhřevnost	kJ/kg	15 880	18 190	18645
Vodík	%	6,08	6,54	6,67
Uhlík	%	39,64	43,73	45,56
Dusík	%	0,36	0,38	0,39
Kyslík	%	42,18	46,48	47,36
Síra	%	<0,001	<0,001	<0,001

**Tab. 2 – Výsledky rozborů slámy**

Sláma	Jednotka	Vzorek v původním stavu	Vzorek bezvodý	Hořlavina
Voda celková	%	8,9		
Popel	%	8,7	9,3	
Hořlavina	%	83,3	86,7	100
Spalné teplo	kJ/kg	15 500	15 820	18 850
Výhřevnost	kJ/kg	13 650	13 990	16 900
Vodík	%	5,36	6,76	7,84
Uhlík	%	38,00	39,60	46,70
Dusík	%	0,84	0,88	1,04
Kyslík	%	36,79	38,30	45,22
Síra	%	<0,001	<0,001	<0,001



**Tab. 3 – Vlastnosti použité biomasy stanovené v sušině (Laboratoř geologického inženýrství, VŠB, Zajonc, Frydrych, 2012)**

Druh traviny/ parametr	Psineček veliký Rožnovský	Chrastice rákosovitá Chrastava	Kostřava rákosovitá Kora	Ovsík vyvýšený Rožnovský	Sveřep horský Tacit	Hybrid Lofa	Hybrid Perun	Hybrid Bečva	Hnědé uhlí (Bílina) <sup>3</sup>
Voda celková – vzorek v dodaném stavu (%)	54,46	50,22	54,84	49,87	32,31	48,52	53,39	47,78	30,20
Popel (%)	8,00	9,24	9,07	7,02	5,01	6,93	7,98	7,79	9,80
Hořlavina (%)	92,00	90,76	90,93	92,98	94,99	93,07	92,02	92,21	–
Spalné teplo (kJ/kg)	16 925	16 924	18 258	17 435	19 362	17 104	16 912	16 809	30 200
Výhřevnost (kJ/kg)	15 607	15 632	16 956	16 139	18 068	15 794	15 651	15 489	17 600
Výhřevnost při vyšší vlhkosti (kJ/kg) <sup>1</sup>	5 855	6 627	6 396	6 944	11 487	7 015	6 067	6 989	–
Vodík (%)	6,40	6,27	6,32	6,29	6,28	6,36	6,12	6,41	5,60
Uhlík (%)	43,90	41,65	41,56	44,30	44,45	44,48	42,72	42,83	65,60
Dusík (%)	1,15	1,24	1,75	1,00	0,701	1,01	0,89	0,65	–
Kyslík (%)	40,55	41,60	41,30	41,39	43,56	41,22	42,29	42,32	–
Síra (%)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,77
Sodík <sup>2</sup> (mg/kg)	20,3	13,1	24,6	5,9	14,2	25,5	16,9	16,0	–
Draslík <sup>2</sup> (g/kg)	7,086	9,236	10,993	7,212	9,006	6,746	6,049	5,790	–
Chlor <sup>2</sup> (g/kg)	3,65	3,21	3,71	4,28	1,28	4,02	3,00	4,55	–
Lignin (%)	21,19	19,36	16,10	12,16	17,53	17,50	17,76	16,45	–
Celulóza (%)	50,17	42,12	49,55	54,15	53,40	48,60	55,55	56,51	–
Hemicelulóza (%)	26,87	25,47	33,81	31,24	21,71	20,42	26,39	25,17	–

Vysvětlivky: <sup>1</sup>vzorek v dodaném stavu, <sup>2</sup>vodorozpuštná forma; analýza obsahu alkálií byla provedena podle metodiky ČSN P CEN/TS 15105 Solid biofuels – Method for determination of the water soluble content of chloride, sodium and potassium, <sup>3</sup>Katalog hnědého uhlí (online), Severočeské doly, a. s.

další výzkum této problematiky a její realizaci v praxi.

V roce 2009 proběhly zkoušky spalování travní biomasy ve Florcentru, s. r. o., v Olomouci. Cílem zkoušek bylo potvrdit vhodnost kotlů pro obilnou slámu na využití travní biomasy a současně srovnat spalování sena s obilnou slámou přímo v provozních podmínkách spalovny, zejména z hlediska porovnání určitých charakteristik spalovacího procesu. Pro zkoušky bylo využito luční seno z travního porostu se zastoupením zejména vytrvalých trav *Agrostis stolonifera*, *Trisetum flavescens* P. B., *Festuca rubra* a *Festuca ovina*. Pro vytápění se využívá ve spalovně obilná sláma, která byla odzkoušena ve srovnání s tímto senem.

### Kotelna na biomasu

Společnost Florcenter Ekotop, s. r. o., byla založena v roce 2006 jako dceřiná společnost firmy Florcenter, s. r. o., s cílem zajišťovat mateřské firmě spolehlivé dodávky tepla pro vytápění skleníků. Do té doby byl jako palivo pro vytápění 2,88 ha skleníků používán zemní plyn, což bylo pro udržení ekonomiky výroby ve sklenících vzhledem k neustálému



Spalování sena v kotli Sep

Foto Jan Frydrych

nárůstu cen plynu neudržitelné (roční spotřeba plynu se pohybovala mezi 800–1000 tis./m<sup>3</sup>).

Proto byl vypracován projekt „Kotelna na biomasu o výkonu 2,3 MW“ na spalování balíkové slámy. Projekt byl realizován ve dvou etapách, kdy v první etapě byl postaven kotel o výkonu 1600 kW a příslušná technologie a ve druhé etapě kotel o výkonu 700 kW. V roce 2008 byla již kotelna provozována na plný výkon a bylo vyrobeno 22 202 GJ tepla při spotřebě kolem 1800 tun slámy.

Celý projekt byl spolufinancován Evropským fondem pro regionální rozvoj a Ministerstvem průmyslu a obchodu. Celkové náklady na realizaci projektu včetně skladovacích prostor zhruba pro 1500 tun slámy činily 20,8 mil Kč, roční úspora na provozních nákladech 4 až 5 mil. Kč, očekávaná návratnost 4 až 5 let. Plynová kotelna je nyní využívána pouze jako náhradní a špičkový zdroj.

Kotelna skleníkového areálu Florcentra s. r. o. Olomouc je vybavena dvěma kotli Sep Trutnov o výkonu 1600 a 700

kW s přesuvným roštovým topeništěm. Oba jsou určeny ke spalování nerozdružené obilné slámy v celých balících o rozměru asi 0,8 x 0,8 m a délce 2,4 m, hmotnost balíku zhruba 200 kg, které jsou celé vtlačovány do spalovací komory. Kotle jsou nastaveny a seřízeny na dosažení co nejlepších emisních výsledků při jednom spalovacím režimu. Mají společnou dávkovací dráhu, která umožňuje střídavě zavážet oba kotle. U kotlů není instalována jiná palivová cesta.

Pro měření byla použita stávající měřicí místa v čisticích dvířkách komínového průduchu. Měřené koncentrace byly po celou dobu zkoušky zaznamenávány jako minutové průměry pomocí distribuovaného systému sběru dat.

Doprava paliva do kotle probíhala po dobu zkoušek bez problémů, doprava je schopna tento materiál zpracovat bez poruch a výpadků. Z dlouhodobého provozu vyplývá, že problémy dělají pouze nestandardní velikosti balíků.

Srovnávací měření proběhlo na menším kotli o tepelném výkonu 700 kW. Nejdříve jsme prováděli měření při spalování slámy a potom lučního sena.



## Emise při spalování

Emise CO se při spalování obilné slámy z pšenice pohybovaly kolem 582 mg/m<sup>3</sup> N při 11 % O<sub>2</sub> ve spalínách. Z hlediska spalování je proschlá obilná sláma pro kotle tohoto typu vhodným palivem. Emise NO<sub>x</sub> byly 437 mg/m<sup>3</sup> N při 11% O<sub>2</sub> ve spalínách. Tyto hodnoty jsou příznivě nízké a svědčí o seřizeném spalovacím procesu s nízkým přebytkem vzduchu. Obsah spalitelných látek v popelu byl 10 %, což je nízká hodnota.

Emise CO se při spalování lučního sena pohybovaly kolem 550 mg/m<sup>3</sup> N při 11 % O<sub>2</sub> ve spalínách. Z hlediska spalování je travina lučního sena pro kotle tohoto typu vhodným palivem. Emise NO<sub>x</sub> byly 383 mg/m<sup>3</sup> N při 11 % O<sub>2</sub> ve spalínách. Tato hodnota je rovněž příznivě nízká a svědčí o seřizeném spalovacím procesu s nízkým přebytkem vzduchu. Pro porovnání emisí bylo počítáno pouze s časy provozu kotle. V útlumovém režimu je odstaven spalínový ventilátor a průtok spalín do komína přes zavřenou klapku je minimální. Obsah spalitelných látek v popelu byl 11 %, což je nízká hodnota.

Z hlediska dosažených výsledků se jeví spalování obilné slámy a lučního sena v kotli typu Step jako rovnocenné. Emise při spalování jsou velmi podobné. Spalitelné látky v popelu jsou na úrovni 10 a 11 %, což je opět velmi podobné. Při vizuální kontrole popela ze slámy byl patrný vyšší podíl uhlíku v podobě prachu, spečené zbytky se téměř nevyskytovaly.

Při spalování sena byl v popelu patrný výrazný podíl spečenců popela. Nálepy na stěnách kotle se neprojevovaly. Při spalování slámy mělo palivo snahu držet se v hořáku kotle a vyhrnovací rošt vynášel převážně zuhelnatělou hmotu. Podle současné platné legislativy (nařízení vlády č. 146/2007) jsou emisní limity spalovacích zařízení o výkonu 0,2–5 MW spalující dřevo a biomasu přepočítané na 11% O<sub>2</sub>: CO – 650 mg/m<sup>3</sup> N, NO<sub>x</sub> – 650 mg/m<sup>3</sup> N, tuhé znečišťující látky – 250 mg/m<sup>3</sup> N.

V podmínkách České republiky se jeví nevhodnější sklizeň energetických trav v období jejich sklizně na semeno s využitím vymláčené slámy pro energetické účely. Na základě výsledků výzkumu druhé etapy energetických trav a provedených spalných zkoušek ve velkých kotlích je možné doporučit spalování sena předně v kotlích určených pro spalování obilné slámy, což potvrdily i tyto zkoušky ve spalovně Florcentra, s. r. o.

## Zkušenosti z peletování trav

V rámci spolupráce VŠB, Centrum ENET s VST-Zubří a VÚZT byly odebrány vzorky travin pro určení peletovatelnosti jednotlivých druhů. Jednalo se o vybrané druhy vypěstované v Zubří. Byly to psineček veliký (Rožnovský), chrastice rákosovitá (Chrastava), kostřava rákosovitá (Kora), ovsík vyvýšený (Rožnovský), sveřep horský (Tacit), hybrid Lofa, hybrid Perun a hybrid Bečva.

Vzorky travin byly odebrány ze zařízeníové sklizně. Po vysušení byly vzorky nadrceny na kladívkovém drtiči Green Energy 9FQ 50 a peletovány na peletovacím lisu Green Energy JGE 120.

Nadrcené traviny měly zrnitostní složení <0,25 mm (20,6 %), 0,25–0,5 mm (29,9 %), 0,5–1,0 mm (22,0 %), 1,0–2,0 mm (24,8 %), 2,0–3,15 mm (2,6 %). Před peletizací byla hodnota vlhkosti materiálu zvýšena na 16 % u všech druhů travin pro zachování stejných podmínek pro peletizaci (Zajonc, Frydrych, 2012).

Z testu peletizace lučního sena se ukazuje, že pro tuto peletizaci dostává vlhkost peletovaného materiálu do 14 %. Optimální vlhkost se však může lišit v závislosti na složení a vlastnostech daného materiálu, proto je vždy vhodné zjistit optimální hodnotu vlhkosti pro peletizaci.

## Chemické parametry travin

Stanovení energeticky významných parametrů travin bylo provedeno v laboratořích Geologického inženýrství VŠB (tabulka 3). Energeticky významné parametry travin se v průběhu roku mění. Volbou sklizně se mohou ovlivnit parametry, jako je obsah popelovin, obsah dusíku, obsah vodou rozpustných alkálií, chlóru a vlhkost materiálu – závisí to také na klimatických podmínkách v době sklizně (Raclavská, 2011).

Při energetickém využití travin patří mezi nejproblematičtější parametry obsah popelovin a jejich chemické

složení (Na, K), obsah dusíku a obsah chlóru.

Obsah popelovin se pohyboval v rozmezí hodnot 5,01–9,24 %. Průměrná hodnota obsahu popelovin byla 7,63 % (Zajonc, Frydrych, 2012). Mezi problematické parametry patří obsah alkalických kovů (K, Na), které snižují teplotu tání popelovin, což vede ke spékání popela (Technical Assessment of Grass Pellets as Boiler Fuel in Vermont, 2011). Hodnoty obsahu sodíku (vodou rozpustná forma) se pohybovaly v rozmezí 5,9–25,5 mg/kg. Průměrná hodnota obsahu sodíku byla 17,06 mg/kg. Hodnoty draslíku (vodou rozpustná forma) se pohybovaly v rozmezí 5,790–10,993 g/kg. Průměrná hodnota obsahu draslíku byla 7,765 g/kg (Zajonc, Frydrych, 2012).

Obsah chlóru v travinách může způsobovat vznik HCl a KCl, které způsobují korozi spalovacích zařízení (Kassman, 2013). Může také způsobovat vznik dioxinů a furanů – PCDD, PCDF (Oberberger, 2004, Thomas, 2008) Vznik těchto látek je také závislý na účinnosti spalovacího procesu, proto je nutné optimalizovat spalovací zařízení pro daný druh paliva. Obsah chlóru (vodou rozpustná forma) se pohyboval v rozmezí 1,28–4,55 g/kg. Průměrná hodnota obsahu chlóru byla 3,463 g/kg (Zajonc, Frydrych, 2012). V kukuřici je uváděn obsah chlóru 0,3 %, ve smrkovém dřevu 0,1 %, u černého uhlí 0,3 % a lignitu 0,4 % (Demirbas, 2005).



Tab. 4 – Hodnoty naměřených testovaných veličin - PDI, Tvrdost, WI (Zajonc, Frydrych, 2012)

Druh travin	PDI (60s) (%)	Tvrdost (max. zatížení v kg)	WI (30s) (%)	Měrná hmotnost (kg/m <sup>3</sup> )
Chrastice rákosovitá	89,1	45	35,6	1146,4
Sveřep horský	91,3	35	89,6	1033,5
Psineček veliký	90,7	35	47,4	1125,0
Hybrid Perun	92,9	35	37,6	1092,2
Ovsík vyvýšený	93,0	33	42,8	1126,4
Hybrid Lofa	97,8	39	52,4	1173,8
Hybrid Bečva	97,7	39	48,8	1022,9
Kostřava rákosovitá	97,5	37	22,8	1074,4
Průměr	93,8	37	48,7	1099,3

Pozn.: PDI – Pellet durability index (mechanická odolnost), WI – Water resistance (odolnost vůči vlhkosti)

Dusík v palivu je hlavním parametrem způsobující vznik emisí NO<sub>x</sub> v domácích kotlích s malým výkonem (Oberberger, 2006). Hodnoty obsahu dusíku v travinách se pohybovaly v rozmezí 0,65–1,75 %. Průměrná hodnota obsahu dusíku v travinách byla 1,049 % (Zajonc, Frydrych, 2012). Obsah dusíku v dřevu je uváděn mezi 0,1–0,5 %. U bylinné biomasy se může pohybovat mezi 0,5–4,0 % (Oberberger, 2006).

### Výhřevnost travin

Hodnoty výhřevnosti travin ve vysušeném stavu se pohybovaly v rozmezí 15 489–18 068 kJ/kg. Průměrná hodnota výhřevnosti energetických travin ve vysušeném stavu byla 16 167 kJ/kg. Při odběru vzorků se hodnoty vlhkosti travin pohybovaly v rozmezí 32,31–54,84 %. Průměrná hodnota vlhkosti travin byla 48,9 %. Hodnoty výhřevnosti čerstvě odebraných vzorků travin se pohybovaly v rozmezí 5855–11 487 kJ/kg. Průměrná hodnota výhřevnosti čerstvě odebraných travin byla 7173 kJ/kg (Zajonc, Frydrych, 2012). Vlhkost snižuje výhřevnost travin, proto je vhodné nechat traviny vysušit.

### Mechanické vlastnosti pelet

Mezi mechanické vlastnosti pelet významné pro jejich využití se řadí mechanická odolnost, tvrdost, odolnost vůči vlhkosti a měrná hmotnost (tabulka 4).

**Mechanická odolnost** je parametr důležitý z důvodu vzniku odrolu pelet při dopravě a manipulaci s peletami (Lehtikangas, 2001). Větší množství odrolu způsobuje nehomogenitu hoření, může vést k ucpaní doprav-

níkových cest (Vinterbäck, 2002). Při pneumatické dopravě pelet může způsobit i explozi (Hedlund et al., 2014). Všeobecně snižuje komfort při využití pelet.

Hodnoty mechanické odolnosti pelet se pohybovaly v rozmezí 89,1–97,8 %. Průměrná hodnota mechanické odolnosti pelet byla 93,8 %. Nejvyšších hodnot mechanické odolnosti dosahovaly pelety vyrobené ze vzorků travin hybrid Lofa – 97,8 %, hybrid Bečva – 97,7 %, a kostřava rákosovitá – 97,5 % (Zajonc, Frydrych, 2012).

V poslední době vznikly nové evropské normy, které sjednotily požadavky na testování a kvalitu pelet. Tyto normy postupně přebírají i výrobci ze států mimo EU. Jsou uvedeny v souboru norem ČSN EN pod označením Tuhá biopaliva. Norma pro stanovení mechanické odolnosti je ČSN EN 15210-1 Tuhá biopaliva – Stanovení mechanické odolnosti pelet a briket – Část 1: Pelety. Pro zvýšení porovnatelnosti výsledků v praxi je vhodné dodržet podmínky této normy.

Normou stanovená minimální mechanická odolnost pro nedřevní pelety vyrobené z biomasy s obsahem popelovin do 5 % je 97,5 %, pro biomasu s obsahem popelovin do 10 % je 96,0 % (ČSN EN 14961-6, Tuhá biopaliva – Specifikace a třídy paliv – Část 6: Nedřevní pelety pro maloodběratele).

**Tvrdost** pelet představuje odolnost jednotlivých pelet vůči rozdrčení nebo prasknutí (Lehtikangas, 2001). Pelety s větší tvrdostí jsou kvalitnější a mají větší objemovou hmotnost (Jandačka, 2011).

Tvrdost byla vyjádřena jako hmotnostní zatížení v kilogramech. Byla měřena na přístroji KAHL ak-14. Princip testování spočívá v postupném

stlačování hrotu testeru na peletu, která je opřena o stacionární plochu. Hrot testeru se postupně stlačuje pružinou, dokud peleta nepraskne nebo se nerozdrčí. Poté je hodnota zátěže (v kg) odečtena ze stupnice. Postup byl opakován desetkrát. Z výsledků se vypočetla průměrná hodnota.

Hodnoty tvrdosti se pohybovaly v rozmezí 33–45 kg. Průměrná hodnota tvrdosti byla 37 kg (Zajonc, Frydrych, 2012).

**Odolnost vůči vlhkosti** je parametr důležitý pro skladování nebo přepravu pelet v neoptimálních podmínkách. Představuje míru schopnosti pohltit vlhkost z okolí.

Odolnost vůči vlhkosti byla vyjádřena jako tzv. wettability index (WI). WI se stanoví ponořením pelety po dobu 30 sekund do destilované vody (Lindley 1989).

Hodnoty WI se pohybovaly v rozmezí 22,8–89,6 %. Průměrná hodnota vlhkosti byla 48,7 % (Zajonc, Frydrych, 2012).

**Měrná hmotnost** představuje parametr, který určuje míru denzifikace materiálu. Měrná hmotnost pelet byla stanovena pomocí pyknometrické metody. Hodnoty měrné hmotnosti se pohybovaly v rozmezí 1022,9–1173,8 kg/m<sup>3</sup>. Průměrná hodnota měrné hmotnosti byla 1099,3 kg/m<sup>3</sup>.

### Závěr

Traviny představují snadno peletovatelný materiál. Pelety z travin většinou nedosahují hodnot mechanické odolnosti jako pelety vyrobené z dřevní biomasy. Pro danou práci byl použit peletovač pro domácí použití. Při použití vyšší řady peletovačů s optimální maticí pro peletizaci travin může dojít k produkci pelet s vyšší mechanickou

odolností, tvrdostí, měrnou hmotností i odolností vůči vlhkosti. Z důvodu zachování stejných podmínek peletizace byla použita hodnota vlhkosti peletovaného materiálu 16 % pro všechny druhy travin. Nemuselo se jednat o optimální vlhkost pro peletizaci daného druhu travin. Z testu peletizace lučního sena jsou doporučovány hodnoty vlhkosti do 14 %.

Nejvyšší výhřevnost měl ve vysušeném stavu sveřep horský – 18 068 kJ/kg. Nejvyšší hodnoty mechanické odolnosti dosahovaly hybridy jílkového typu Lofa, Bečva a Kostřava rákosovitá.

Energetické využití pelet z travin je zatím ve fázi testů. Je nutné využít optimalizovaného spalovacího zařízení pro tento druh paliva. Dále je nutné získat poznatky z dlouhodobého provozu spalovacího zařízení spalujícího travní pelety nebo směsi s travními peletami.

V podmínkách České republiky se jeví nevhodnější sklizeň energetických trav v období jejich sklizně na semeno pro tržní účely a s využitím vymláčené slámy pro energetické účely. Na základě výsledků výzkumu druhé etapy energetických trav a provedených spalných zkoušek ve velkých kotlích je možné doporučit spalování sena předně v kotlích určených pro spalování obilné slámy, což potvrdily i tyto zkoušky ve spalovně Florcentra, s. r. o., v Olomouci. \*

Publikace byla podpořena projektem NAZV ČR. Č. QI101C246 „Využití fytomasy z trvalých travních porostů a z údržby krajiny“ a projektem OpVaVpi ENET CZ. 1.05/2.1.00/03.0069.

Ing. Jan Frydrych,<sup>1</sup>

Ing. Pavla Volková,<sup>1</sup>

Ing. Ondřej Zajonc, Ph.D.,<sup>2</sup>

Ing. David Andert, CSc.,<sup>3</sup>

Ing. Ilona Gerdrtová,<sup>3</sup>

prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.,<sup>2</sup>

prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.,<sup>2</sup>

<sup>1</sup>OSEVA, vývoj a výzkum, s. r. o.,  
Zubří,

<sup>2</sup>Vysoká škola báňská – Technická  
univerzita, Ostrava,

<sup>3</sup>Výzkumný ústav zemědělské  
techniky, v. v. i, Praha

Literatura je dostupná u autorů.