

# SROVNÁNÍ VYBRANÝCH ZPŮSOBŮ ÚPRAVY DŘEVA Z PROŘEZU JABLONÍ ZA ÚČELEM ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ

COMPARISON OF SELECTED METHODS FOR TREATMENT OF WOOD  
FROM PRUNING OF APPLE TREES FOR THE PURPOSE OF ENERGY USE

*S. Ust'ak<sup>1</sup>, P. Hutla<sup>2</sup>, J. Šinko<sup>1</sup>, J. Muňoz<sup>1</sup>, V. Váňa<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., <sup>2</sup>Výzkumný ústav zemědělské techniky v.v.i., Praha

## Abstract

The publication is dedicated to the processing and energy use of woody biomass from the pruning of apple trees. It was demonstrated, that by crushing and compression of such woody biomass, the mechanical and physical properties can be substantially improved, but the fuel characteristics vary only to a slight extent. This improvement is primarily manifested by the substantial increase of the bulk density, when it is about double in briquettes and threefold in pellets compared to the chips, which substantially improves the conditions for logistics. Similarly, chipping increases the bulk density of woody biomass from pruning of apple trees, which calculated on dry weight reaches 2 to 4 - times the original wood. Pellets from apple tree wood, in comparison with standard pellets prepared from spruce wood without bark, show slightly worse fuel properties, namely higher ash content and emission characteristics, but the heating value of apple tree pellets is only slightly lower (about 2%). This deterioration is mainly due to the higher proportion of bark in the wood from pruning of apple trees. In terms of achieving the desired quality of solid biofuels for household needs, can be primarily recommended the treatment by briquetting. In case of short transport distances from the producer to the user of solid biofuels is preferable the direct use of wood chips, especially in municipal boiler houses. In terms of economic efficiency, it is recommended to prioritize the local use of woody biomass from pruning of fruit trees.

**Keywords:** apple trees; tree pruning; woody waste; energy biomass; solid biofuels

## ÚVOD

V ČR je zbytková dřevní biomasa získávána především z lesnictví. V rezortu zemědělství je však hlavním zdrojem zbytkové dřevní biomasy pěstování ovocných dřevin, především jabloní, jejichž rozloha v ČR zabírá více než 50 % celkové plochy ovocných dřevin, dále následují peckoviny (v klesajícím pořadí dle pěstitelských ploch slivoň, višně, třešeň, meruňka a broskvoň) s celkovou plochou 38,2 %, dále následuje hrušeň s cca 5 % podílu plochy, zbylých cca 6 % připadá na ovocné keře červeného a černého rybízu a angreštu.

Celková plocha ovocných dřevin v ČR v současné době dosahuje cca 14 250 ha. Sice je to o cca 1/5 menší rozloha ve srovnání s rokem 2012, ale pořád je to značná rozloha. Z této výměry je však 6 000 hektarů sadů přestárých, které je třeba v horizontu několika málo let obměnit. Každoročně se vysazuje jen kolem 350 hektarů nových sadů, letos se odhaduje výsadba nových sadů na necelých 400 hektarů. Tato výměra nestačí nahrazovat zrušené sady. Za posledních pět let byla zrušena již pětina sadů. Jde o plochu 3 320 ha, kde ovocné sady byly nahrazeny běžnými polními plodinami - obilninami nebo olejnami. Takový vývoj v posledních letech přispívá, kvůli kacení sadů při jejich obnově nebo likvidaci, k dočasnému nárůstu

celkového potenciálu odpadní biomasy ovocných dřevin.

Dle zahraničních zdrojů, dřevo z prořezu ovocných stromů tvoří jeden z nejvýznamnějších odpadů v zemědělství (Hidding, 1997; Rosua a Pasadas, 2012). Proto je dřevní zbytková biomasa výhledově perspektivní alternativou k získávání relativně velkého množství lignocelulózy biomasy, a tedy k produkci levné bioenergie z této suroviny.

Záměrem zavedení systému využití zbytkové dřevní biomasy z ovocných stromů je zvýšení produkce lokální bioenergie ze zdrojů místní biomasy, aby došlo ke snížení závislosti na vnějších dodávkách energie z neobnovitelných surovin, k inovaci nových technologií a zvýšení zaměstnanosti na regionální úrovni. V oblasti využití vlastní surovinové základny by mohlo dojít k omezení využívání biomasy k energetickým účelům z lesního sektoru a zlepšení rentability produkce. Tím by se omezily negativní dopady nadměrného využívání lesních porostů, což by zvýšilo hodnotu kulturního, estetického a rekreačního rázu ekosystému a stupeň ochrany životního prostředí, a to zachováním mimoprodukčních funkcí lesa, např. protierozními účinky pro zabránění sesuvů půd a lavin (Radtko et al., 2014).

Venkovské oblasti, kde je široce rozšířené pěstování ovocných stromů, mají velký potenciál v zavedení systému využití alternativního zdroje energie pocházejícího z těchto trvalých kultur. Ovocné sady vyžadují každoroční agrotechnické zásahy, především prořezávku, jejímž cílem je mj. podpora plodnosti těchto dřevin. Odřezané větve jsou pak zdrojem dřevní biomasy. Na konci životnosti dřeviny mohou být zdrojem dřeva celé kmeny i pařezy. V současné době jsou kmeny prořezaných stromů využívány jako topivo do kamen nebo domovních kotlů. Další možností je dřevo z prořezu rozdrtit a zapravit do půdy nebo kompostovat buď na vlastním pozemku, nebo na kompostárně. Zbavení se tohoto odpadu se provádí i formou odvozu na skládku. Tyto způsoby likvidace biomasy z prořezu ovocných stromů vedou ale ke ztrátě potencionálního hodnotného zdroje tepelné energie a jsou spojeny s určitými riziky. Např. zapravení rozdrčeného odpadního dřeva z révy vinné do meziřadí vinic může vést ke zvýšení výskytu chorob a škůdců (Badalíková a Červinka, 2008).

Využití zbytkové (odpadní) dřevní biomasy z údržby ovocných dřevin pro energetické účely by mohlo představovat možnost zvýšení příjmů zemědělcům a z environmentálního hlediska má význam ve formě omezení využívání fosilních paliv (Brassard et al., 2014). Efektivnímu využití biomasy z prořezu ovocných stromů k vytápění však musí předcházet vhodná další úprava biomasy (Radojevic et al., 2007).

Důležitou součástí využití této suroviny k energetickým účelům je systémové řešení sběru, svozu, úpravy a konečného využití biomasy, tj. způsoby sběru a štěpkování (mezitím je možné sušení na pozemku), přeprava zpracované suroviny na místo spotřeby, její optimální dosoušení pro spalování a přeměna suroviny na teplo a elektřinu v dané jednotce. Přitom kvalita suroviny hraje velkou roli při zavedení systému jejího využití, které v největší míře závisí na chemickém složení (především obsahu celulózy, hemicelulózy a ligninu) a na výši sušiny suroviny (konečný obsah vlhkosti by měl být optimálně cca 20 % a méně).

Zavedení systému využití odpadů ovocných stromů se může podílet při implementaci programů využití OZE k omezení nepříznivých dopadů energetického sektoru na životní prostředí, jako je změna klimatu, acidifikace krajiny, vyčerpávání fosilních paliv a další.

## MATERIÁL A METODY

Pro experimenty použitý dřevní odpad z ovocných stromů, především jabloní, pochází z pokusného sadu VÚRV v Praze - Ruzyni. Pro testování bylo zhotoveno a upraveno dostatečné množství štěpky z řezu jabloní.

Pro tyto účely byl použit štěpkovač Pezzolato PZ 110MB od výrobce f. Pezzolato, Itálie (viz foto 1 a 2). Hlavním cílem bylo zjištění možností použití uvedeného materiálu pro výrobu komprimovaných tuhých biopaliv (topných briket a pelet) a následné ověření vlastností původní štěpky a těchto biopaliv, včetně testování kvality a provedení palivářských zkoušek.

Štěpka byla následně usušena v roštové sušárně a poté uskladněna pod střechou a tím připravena pro další zkoušky a testy. Pro další měření a zpracování byla použita vysušená štěpka, u níž byl opětovně změřen obsah vody, který činil  $M_{ar} = 7,9 \%$ .

Důležitou charakteristikou štěpky pro energetické účely, zejména pro výrobu tuhých biopaliv, je její rozdělení podle velikosti částic. Stanovení rozdělení podle velikosti částic bylo provedeno dle ČSN EN 15149-1 pomocí sady oscilačních sít. Stanovení dalších fyzikálních a chemických parametrů se provádělo dle příslušných odborových postupů a norem (uvedeno při popisu jednotlivých výsledků). Většina palivových zkoušek tuhé biomasy se prováděla na zařízeních Výzkumného ústavu zemědělské techniky, v.v.i. Ostatní experimenty a analýzy se prováděly v laboratořích Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i.



Obr. 1: Štěpkovač PZ 110MB



Obr. 2: Proces štěpkování

Z laboratorních analytických metod byly použity následující postupy:

1) stanovení sušiny klasickou gravimetrickou metodou;

2) stanovení popelu a spalitelných látek při 550°C, což je ekvivalentní parametr podílu organické sušiny neboli množství organických látek v sušině; palivářské a krmivářské výsledky jsou často uváděny jak na celkovou sušinu (tj., na vzorek bez vody), tak i na organickou sušinu (tj., na vzorek bez vody a popelu);

3) celkový obsah N byl stanoven klasickou destilační metodou Kjeldale po mineralizaci kyselinou sírovou s katalyzátory;

4) stanovení všech prvků, s výjimkou dusíku, bylo provedeno pomocí ICP analyzátoru Integra XL od firmy GBC s využitím standardních operačních postupů;

5) elementární rozborů na obsah C, H, N, O, S pomocí elementárního analyzátoru Vario Elementar Analyzer (DE) podle ČSN EN 15104;

6) spalné teplo, event. výhřevnost, pomocí kalorimetru PARR-1356-Bomp dle ČSN EN 15400.

Výše pojmenované analytické rozborů se prováděly dle běžných metodických postupů nebo příruček k specializovaným přístrojům.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Zjištěné hodnoty rozdělení štěpky podle velikosti částic jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1: Rozdělení částic štěpky z řezu jabloní

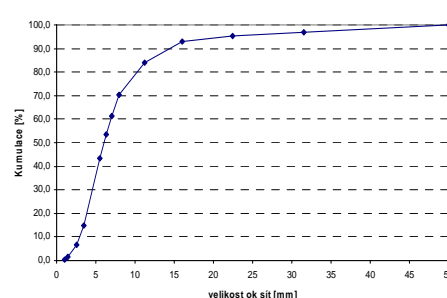
Třída síta	Velikost ok síta [mm]	Frakce [g]	Frakce [%]	Kumulace [%]
0 - 1	1	0,6	0,2	0,2
> 1-1,4	1,4	3,9	1,4	1,7
> 1,4 - 2,5	2,5	13,4	5,0	6,6
> 2,5 - 3,5	3,5	21,9	8,1	14,8
> 3,5 - 5,5	5,5	77,0	28,5	43,3*
> 5,5 - 6,3	6,3	27,8	10,3	53,6
> 6,3 - 7	7	21,0	7,8	61,4
> 7 - 8	8	24,1	8,9	70,3
> 8 - 11,2	11,2	36,8	13,6	84,0
> 11,2 - 16	16	24,7	9,2	93,1
> 16 - 22,4	22,4	6,3	2,3	95,4
> 22,4 - 31,5	31,5	4,0	1,5	96,9
> 31,5 - 85	50	8,3	3,1	100
<b>Celkem</b>		<b>269,8</b>	<b>100,0</b>	

Poznámka: \* vypočtený  $d_{50} = 6,02 \text{ mm}$

Z těchto výsledků je vidět, že přes 50 % hmoty štěpky představují částice menší než 6,02 mm, přes 70 % hmoty štěpky představují částice menší než 8 mm a přes 95 % hmoty je tvořeno částicemi menšími než 22,4 mm.

Kumulativní rozdělení částic štěpky z řezu jabloní je znázorněno na obr. 3 a struktura štěpky je též zřejmá z obr. 4. Pro tuto štěpku byla dále stanovena sypaná hmotnost dle ČSN EN 15103, a to dle rovnice:

$$BD_{ar} (\text{pro } M_{ar}) = \frac{m_2 - m_1}{V} = 265,7 \text{ kg / m}^3 \quad (1)$$



Obr. 3: Rozdělení částic štěpky z řezu jabloní

**Brikety.** Výše popsaná hrubá štěpka byla dále zpracována lisováním do formy topných briket. Pro lisování byl použit briketovací lis HLS 50 od českého výrobce firmy Brikliis, spol. s r.o. (obr. 5). Brikety jsou válcového tvaru a mají průměr 65 mm (obr. 6). Brikety byly lisovány v běžném provozním stavu (na obrázku vlevo) a dále při dlouhodobém stlačení (na obrázku vpravo).



Obr. 4: Hrubá štěpka z prořezu jabloní

U obou druhů briket byla dále změřena jejich mechanická odolnost dle ČSN EN 15210-2 Tuhá biopaliva – Stanovení mechanické odolnosti a hustota dle ČSN EN 15150 Tuhá biopaliva – Stanovení hustoty částic. Výsledky uvádíme v tab. 2.



Obr. 5: Briketovací lis HLS 50



Obr. 6: Topné brikety vytvořené ze štěpky jabloní

Tab. 2: Mechanická odolnost a hustota topných briket vytvořených ze štěpky z prořezu jabloní

Briketa	Mechanická odolnost DU %	Hustota $\rho$ kg/dm <sup>3</sup>
běžný provoz lisu (typ I)	88,9	0,84
dlouhodobé stlačení (typ II)	94,6	1,06

Dále byly zjištěny teploty tavení popelu briket dle ČSN P CEN/TS 15370-1. Zjištěné hodnoty jsou následující: DT – 1180°C; HT – 1210°C; FT – 1220°C.

Pro oba druhy briket byla stanovena sypná hmotnost dle rovnice (1). Pro méně stlačené brikety (typ I) je tato hodnota 352 kg/m<sup>3</sup>, pro více stlačené brikety (typ II) je to 445 kg/m<sup>3</sup>.

**Pelety.** Z uvedených údajů je zřejmé, že struktura hrubé štěpky není úplně optimální pro další komprimaci, zejména do formy pelet. Proto tato primární neboli hrubá štěpka byla dodatečně rozdrobena použitím kladívkového šrotovníku ŠV 15 (výrobce STOZA s.r.o.) – viz obr. 7.



Obr. 7: Kladívkový šrotovník ŠV 15

Desintegrace byla provedena ve dvou stupních - nejprve se sítím s průměry ok 25/20 mm, následně s průměry 6/5 mm. Prvé číslo označuje oka v plášti síta, druhé ve dně síta. Výsledné produkty (jemná štěpka I a jemná štěpka II) byly proměřeny obdobně jako hrubá štěpka (viz výše). Zjištěné mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4.

Tab. 3: Rozdělení částic po desintegraci na sítu 25/20 (jemná štěpka I)

Třída síta	Velikost ok síta [mm]	Frakce [g]	Frakce [%]	Kumulace [%]
0 - 1	1,0	1,6	0,6	0,6
> 1-1,4	1,4	3,1	1,2	1,8
> 1,4 - 2,5	2,5	22,4	8,4	10,1
> 2,5 - 3,5	3,5	11,8	4,4	14,5
> 3,5 - 5,5	5,5	128	47,9	62,4
> 5,5 - 6,3	6,3	69,5	26,0	88,3
> 6,3 - 7	7,0	7,5	2,8	91,2
> 7 - 8	8,0	8,2	3,1	94,2
> 8 - 11,2	11,2	9,1	3,4	97,6
> 11,2 - 16	16,0	3	1,1	98,7
> 16 - 22,4	22,4	2,9	1,1	99,8
> 22,4 - 31,5	31,5	0,5	0,2	100
> 31,5 - 85	31,6	0	0,0	100
<b>Celkem</b>		<b>268</b>	<b>100</b>	

Poznámka: \* vypočtený  $d_{50} = 4,98$  mm

Fyzická struktura dodatečně rozdrobené štěpky je z obr. 7 a 8 též vizuálně zřejmá. Pro oba desintegrované materiály byla stanovena sypná hmotnost dle rovnice (1). Pro jemnou štěpku I (materiál 25/20) je tato hodnota 252,2 kg/m<sup>3</sup>, pro jemnou štěpku II (materiál 6/5) je hodnota 205,6 kg/m<sup>3</sup>. Zde vidíme, že čím jemnější je štěpka, tím je „nadýchanější“, a proto má nižší sypnou

hmotnost, což je důvod potřeby následné komprimace na brikety a pelety, aby se zvýšila sypaná neboli objemová hmotnost biopaliva.

Tab. 4: Rozdělení částic po desintegraci na sítu 6/5 (jemná štěpka II)

Třída síta	Velikost ok sít [mm]	Frakce [g]	Frakce [%]	Kumulace [%]
0 - 1	1,0	37,2	13,8	13,8
> 1-1,4	1,4	15,3	5,7	19,4
> 1,4 - 2,5	2,5	90,8	33,6	53,0
> 2,5 - 3,5	3,5	32,1	11,9	64,9
> 3,5 - 5,5	5,5	23,1	8,5	73,5
> 5,5 - 6,3	6,3	68,7	25,4	98,9
> 6,3 - 7	7,0	0,7	0,3	99,1
> 7 - 8	8,0	0,6	0,2	99,4
> 8 - 11,2	11,2	0,8	0,3	99,7
> 11,2 - 16	16,0	0,4	0,1	99,8
> 16 - 22,4	22,4	0,5	0,2	100
> 22,4 - 31,5	31,5	0	0,0	100
> 31,5 - 85	31,6	0	0,0	100
<b>Celkem</b>		<b>270</b>	<b>100</b>	

Poznámka: \* vypočtený  $d_{50} = 2,40$  mm



Obr. 8: Desintegrovaný materiál 25/20 (jemná štěpka I)



Obr. 9: Desintegrovaný materiál 6/5 (jemná štěpka II)

Materiál jemnější struktury (jemná štěpka II) byl dále použit pro výrobu topných pelet s využitím granulační linky MGL 200 (výrobce KOVA Novák) – obr. 10. Výsledné pelety jsou uvedeny na obr. 11.

U vytvořených pelet byly zjištěny jejich palivo-energetické vlastnosti. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tab. 5. Z palivářského hlediska je rovněž velmi důležité elementární složení topných pelet. Výsledky analytických rozborů provedených pomocí elementárního analyzátoru jsou uvedeny v tab. 6.

Dále byly zjištěny teploty tavení popelu pelet dle ČSN P CEN/TS 15370-1. Zjištěné hodnoty jsou následující: DT – 1180 °C; HT – 1210 °C; FT – 1220 °C.



Obr. 10: Granulační linka pro výrobu pelet MGL 200



Obr. 11: Topné pelety ze dřeva z prořezu jabloní

Mimo výše uvedených parametrů, které byly stanoveny i pro štěpku, byly zjišťovány charakteristiky specifické pro komprimovaná tuhá paliva. Byly zjištěny mechanické vlastnosti pelet, a to mechanická odolnost dle ČSN EN 15210-1. Výsledná hodnota je  $D_U = 98,4$  %, což je vyhovující.

Dále byla stanovena hustota dle ČSN EN 15150 Tuhá biopaliva – Stanovení hustoty částic; výsledná hodnota je  $\rho_M = 1,33$  g/cm<sup>3</sup>, a také sypaná hmotnost dle

ČSN 15103 Tuhá biopaliva – Stanovení sypné hmotnosti; výsledná hodnota je  $BD_{ar}$  (pro  $M_{ar}$ ) = 597,5  $kg/m^3$ .

Následně byly stanoveny emisní parametry vyrobených topných pelet. Pro měření emisních parametrů bylo použito spalovací zařízení KNP (výrobce Kovo Novák), uvedené na obr. 12. Jeho jmenovitý výkon je 18 kW. Pro měření emisí ve spalinách byl použit analyzátor Testo 350 XL. Měření bylo prováděno po dobu 2 h. Každých 6 s byl měřen obsah CO a  $NO_x$ . Naměřené hodnoty byly propočteny na 13 % obsah kyslíku ve spalinách.

Pro určení přijatelné hranice CO použijeme ČSN EN 14785 Spotřebiče spalující dřevěné pelety k vytápění obytných prostorů – Požadavky a zkušební metody. Povolená hodnota koncentrace CO je 500  $mg/m^3$  při 13 % koncentraci  $O_2$ . Pro srovnání kvality pelet byla provedena i srovnávací zkouška se standardními peletami ze suchých smrkových pilin bez kůry. Naměřené průměrné hodnoty emisí CO přepočteny na 13 % obsah  $O_2$  ve spalinách jsou následující: pelety z jabloní – 548  $mg/m^3$ ; standardní pelety – 423  $mg/m^3$ . Ze srovnání emisí CO je zřejmé, že pelety z jabloňového dřeva nedosahují kvality standardních pelet, ale jejich kvalita je vcelku vyhovující.

Tab. 4: Palivoenergetické parametry topných pelet ze dřeva z prořezu jabloní

Parametr	Jedn.	Původní vzorek	Bezvodý stav
voda	% hm	8,23	-
prchavá hořlavina	% hm	74,26	80,92
nepřchavá hořlavina	% hm	14,82	16,15
popel	% hm	2,69	2,93
spalné teplo	MJ/kg	18,31	19,95
výhřevnost	MJ/kg	16,92	18,65

Tab. 5: Obsah základních prvků v topných peletách ze dřeva z prořezu jabloní

Prvek	Jedn.	Původní vzorek	Bezvodý stav
C	% hm	46,79	50,99
H	% hm	5,48	5,97
N	% hm	1,05	1,14
S	% hm	0,07	0,08
O	% hm	35,61	38,80
Cl	% hm	0,08	0,09

Při spalování bylo dále provedeno srovnání emisí  $NO_x$  u obou vzorků. Naměřené hodnoty jsou

následující: pelety z jabloní – 440  $mg/m^3$ ; standardní pelety – 173  $mg/m^3$ .



Obr. 12. Kamna na spalování pelet KNP

Ze srovnání emisí  $NO_x$  jsou zřejmé výrazně vyšší hodnoty u pelet z jabloní. Tyto hodnoty odpovídají koncentraci dusíku v palivu (viz tab. 5). U standardních pelet ze smrkového dřeva je tato koncentrace cca 3x nižší. V obou případech sledovaných emisních parametrů jsou naměřené vyšší hodnoty u pelet z jabloní zapříčiněné vysokým podílem obsahu kůry.

Při spalování bylo rovněž provedeno subjektivní posouzení spalovacího procesu. Jedná se o případné hromadění popelu v hořáku a jeho napékání. Hoření pelet z jabloní bylo v průběhu celé spalovací zkoušky bezproblémové, ve spalovacím koši docházelo k mírnému spékání a usazování popelu, což však nemělo vliv na bezproblémový provoz zařízení. Na obr. 13 je zbytek popelu, který byl ve spalovacím koši po ukončení zkoušky, na obr. 14 je totéž, avšak po velmi mírném mechanickém rozdušení. Pro srovnání je na obr. 15 uveden vzorek popelu po spalování standardních dřevěných pelet.



Obr. 13: Mírně spečený popel z pelet z jabloní



Obr. 14: Popel z jabloní, po mírném rozdužení



Obr. 15: Popel po spálení standardních pelet

Z palivářského hlediska je velmi důležité nejen elementární složení tuhých biopaliv, ale rovněž obsah základních živin a rizikových prvků v palivu a v následném popelu, který určuje možnost jeho zpětného využití jako hnojiva. Pokud se popel nevyužije jako hnojivo, může to přinést uživateli vysoké náklady spojené s likvidací popelu jako nebezpečného odpadu. Výsledky odpovídajících analytických rozborů provedených pomocí standardních agrochemických postupů jsou uvedeny v tab. 5 a 6.

Z výsledků uvedených v tabulkách je vidět, že popel obsahuje významné množství základních živin (především K, Ca a Mg) a řadu, pro výživu rostlin nezbytných, mikroelementů jako např. Cu, Zn, Ni, Cr, Co, Mo a V.

Obsah rizikových prvků je z hlediska aplikace na půdu přípustný. Největší problém z hlediska obsahu škodlivých prvků v popelu dřevin obvykle činí obsah Cd, proto se tento prvek musí bedlivě sledovat.

Tab. 5: Celkový obsah nutričních elementů ve štěpce z řezu jabloní a v jejím popelu (% sušiny)

Prvek	Štěpka		Popel štěpky	
	Průměr	± ISP <sub>0,95</sub>	Průměr	± ISP <sub>0,95</sub>
N	0,619	0,208	n.s.	n.s.
S	0,047	0,024	n.s.	n.s.
P	0,064	0,031	n.s.	n.s.
K	0,337	0,129	10,13	4,43
Ca	0,57	0,286	17,5	11,2
Mg	0,062	0,034	1,73	0,87
Na	0,008	0,002	0,27	0,06

Tab. 6: Celkový obsah vybraných rizikových a stopových prvků ve štěpce z řezu jabloní a v jejím popelu (mg/kg suš.)

Prvek	Štěpka		Popel štěpky	
	Průměr	± ISP <sub>0,95</sub>	Průměr	± ISP <sub>0,95</sub>
Al	36,8	12,6	1180	530
B	7,62	3,18	224	142
Fe	42,6	35,1	1480	985
Mn	6,12	2,73	213	72
As	0,187	0,232	7,26	6,54
Be	0,009	0,005	0,28	0,22
Cd	0,0087	0,0032	0,30	0,12
Co	0,264	0,183	10,1	7,5
Cr	0,413	0,232	15,3	8,71
Cu	4,21	1,52	153	63
Mo	0,065	0,031	2,2	1,1
Ni	0,29	0,19	10,3	6,26
Pb	0,82	0,433	27,3	14,2
V	0,39	0,24	12,2	6,9
Zn	6,10	2,56	182	78

Hodnota + ISP<sub>0,95</sub> - interval spolehlivosti průměru 0,95 neboli odchylka průměru pro koeficient spolehlivosti  $P = 0,95$ , tj. 95 %

## SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ A ZÁVĚRY

Souhrnné hodnocení je možné na základě srovnání naměřených charakteristik různých forem tuhého paliva zhotovených ze dřeva z řezu jabloní získaných v průběhu řešení. Na základě jejich souhrnného hodnocení lze zformulovat následující závěry:

1. Drcením a komprimací dřevní biomasy z řezu stromů jabloní lze zásadním způsobem vylepšit mechanicko-fyzikální vlastnosti; palivářské vlastnosti se mění pouze v nepatrné míře. Zlepšení mechanicko-fyzikálních vlastností se projevuje především v zásadním zvýšení sypné hmotnosti, a to cca dvojnásobně u briket a trojnásobně u pelet ve srovnání se štěpkou, což podstatně zlepšuje podmínky pro logistiku těchto biopaliv. Štěpkování rovněž zvyšuje sypnou hmotnost dřevní biomasy z řezu stromů

jabloní, která v přepočtu na sušinu dosahuje 2 až 4 násobku nedrcené dřevní hmoty.

2. Pelety ze dřeva z řezu jabloní mají ve srovnání se standardními peletami zhotovenými ze smrkového dřeva bez kůry mírně horší palivářské vlastnosti, a to vyšší obsah popelu a horší emisní charakteristiky, přesto výhřevnost jabloňových pelet je pouze nepatrně nižší (o cca 2 %) ve srovnání se smrkovými peletami. Toto zhoršení je zapříčiněno především vyšším podílem kůry u dřevní biomasy z řezu stromů jabloní.

3. Dle současných technických standardů dle evropské normy EN 14961-2 lze jabloňové pelety zařadit pouze do třetí skupiny kvality (tzv. třídy B neboli pelety pro průmyslové využití), neboť první dvě třídy (A1 a A2) předpokládají peletování dřevní hmoty bez kůry (A1) nebo pouze s minimálním podílem kůry (A2), přičemž obsah popelu u třídy A2 by měl být nižší než 1,5 %.

4. Z hlediska dosažení kvality tuhých biopaliv vhodných pro domácnosti lze doporučit briketování dřevní biomasy z řezu stromů jabloní.

5. V případě malých dopravních vzdáleností od producenta k uživateli tuhých biopaliv je vhodnější přímé využití štěpky, zejména v obecních kotelnách.

6. S ohledem na problematiku logistiku sběru a svozu dřevní biomasy z prořezu ovocných sadů jsou docela vysoké i náklady na jejich uskutečnění. Dle souhrnu vlastních a literárních údajů se tyto náklady pohybují od 3 do 9 tisíc korun v přepočtu na 1 tunu biomasy při výnosu v rozmezí 1 až 3 tuny v přepočtu na 1 ha. Výnosy jsou vyšší a náklady nižší u větších ovocných stromů s tzv. dutou korunou a naopak, nižší výnosy a vyšší náklady máme u moderních sadů s pěstitelským tvarem stromů štíhlé větveno.

7. V případě obnovy nebo likvidace sadů se náklady na pořízení dřevní biomasy z ovocných sadů blíží běžným nákladům pro lesní stromy. Dle souhrnu vlastních a literárních údajů se tyto náklady pohybují od 1500 do 3000 Kč v přepočtu na 1 tunu biomasy při

výnosu v rozmezí 50 až 150 tun biomasy v přepočtu na 1 ha. Stejně tak jako v předchozím případě jsou vyšší výnosy u výsadeb ovocných stromů starého typu a nižší u moderních typů ovocné výsadby.

## PODĚKOVÁNÍ

*Príspevek byl zpracován s finanční podporou MZe ČR v rámci řešení výzkumného projektu NAZV č. QJ1210104 (75 %) a projektu institucionální podpory MZe ČR reg. č. RO 0416 (25 %).*

## LITERATURA

- BADALÍKOVÁ B., ČERVINKA J., 2008: Vývoj půdní struktury po zapravení štěpky vinné révy. Sborník příspěvků z konference 12. Pedologické dny, Antropogenní zatížení půd, ČZU v Praze, 175 s. ISBN 978-80213-1879-3.
- BRASSARD, P., PALACIOS, J.H., GODBOUT, S., BUSSI ERES, D., LAGACE, R., LAROUCHE, J.-P., PELLETIER, F., 2014: Comparison of the gaseous and particulate matter emissions from the combustion of agricultural and forest biomasses. *Bioresour. Technol.* 155, 300 – 306.
- HIDDING J.: Organic waste from agriculture and agrofood industry. *Biomass Gasification Pyrolysis: State of the Art and Future Prospects.* (1997) 89 – 98.
- RADOJEVIC R., ŽIVKOVIC M., UROSEVIC M., RADOJEVIC D.: Technological-technical aspects of using fruit and grapevine pruning residues. *J. Agric. Technic. Energy. Agric.* (2007) 11, 32 – 36.
- RADTKE A., TOE D., BERGER F., ZERBE, S. BOURRIER F., 2014. Managing coppice forest for rockfall protection: lessons from modeling. *Ann. For. Sci.*, 71, 485 – 494.
- ROSUA J.M., PASADAS M.: Biomass potential in Andalusia, from grapevines, olives, fruit trees and poplar, for providing heating in homes. *Renew. Sust. Energ. Rew.* (2012) 16, 4190 – 4195.

## Abstrakt

Publikace se věnuje problematice zpracování a energetického využití dřevní biomasy z řezu stromů jabloní. Bylo prokázáno, že drcením a komprimací takové dřevní biomasy lze zásadním způsobem vylepšit mechanicko-fyzikální vlastnosti; palivářské vlastnosti se mění pouze v nepatrné míře. Zlepšení těchto vlastností se projevuje především v zásadním zvýšení sypné hmotnosti, a to cca dvojnásobně u briket a trojnásobně u pelet, ve srovnání se štěpkou, což podstatně zlepšuje podmínky pro logistiku těchto výrobků. Štěpkování rovněž zvyšuje sypnou hmotnost dřevní biomasy z řezu stromů jabloní, která v přepočtu na sušinu dosahuje 2 až 4 násobku původní dřevní hmoty. Pelety ze dřeva jabloní mají ve srovnání se standardními peletami zhotovenými ze smrkového dřeva bez kůry mírně horší palivářské vlastnosti, a to vyšší obsah popelu a horší emisní charakteristiky, přesto výhřevnost jabloňových pelet je pouze nepatrně nižší (o cca 2 %). Toto zhoršení je zapříčiněno především vyšším podílem kůry u dřeva z řezu stromů jabloní. Z hlediska dosažení požadované kvality tuhých biopaliv pro potřeby domácností lze doporučit především úpravu briketováním. V případě malých dopravních vzdáleností od producenta k uživateli tuhých biopaliv



je vhodnější přímé využití štěpky, zejména v obecních kotelnách. Z hlediska ekonomické efektivity se doporučuje upřednostňovat lokální využití dřevní biomasy z řezu ovocných stromů.

**Klíčová slova:** jabloně; prořez stromů; odpadní dřevo; energetická biomasa; tuhá biopaliva

***Kontaktní adresa:***

***Ing. Sergej Ust'ak, CSc.***

*Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.*

*Cernovicka 4987*

*430 01 Chomutov*

*tel.: 702 087 692, 702 087 773*

*e-mail: [ustak@eto.vurv.cz](mailto:ustak@eto.vurv.cz)*

***Ing. Petr Hutla, CSc.***

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

*Drnovská 507*

*161 01 Praha 6 – Ruzyně*

*tel. 233 022 238, 731 615 042*

*[petr.hutla@vuzt.cz](mailto:petr.hutla@vuzt.cz)*

***Recenzovali:*** *Ing. M. Šlajs, doc. Ing. J. Malat'ák, Ph.D.*