

ENERGETICKÉ VLASTNOSTI ŠTIEPKY PLANTAŽNICKY PESTOVANEJ DREVINY *SALIX VIMINALIS* KLON – RAPP

ENERGY CHARACTERISTICS OF THE WOOD-CHIP PRODUCED FROM *SALIX VIMINALIS* – CLONE RAPP.

Ladislav Dzurenda – Jarmila Geffertová – Mykola Zoliak

ABSTRACT

This article explores: the energy characteristics of the wood-chip produced from *Salix viminalis* – clone RAPP which was cultivated at an energy plantation.

The higher heating value of wood and bark of the *Salix viminalis* was assessed through an experimental measurement in a special calorimeter for solid fuels, model IKA C 200. Lower heating value of wood and bark were calculated from the higher heating value Q_s , as well as the hydrogen [H] and water content [W] in the fuel samples that were assessed in a laboratory.

These analyses assessed the higher heating value and lower heating value of a dry *Salix viminalis* wood $Q_s = 19\,450\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, $Q_n = 18\,019\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. The higher heating value and lower heating value of a dry *Salix viminalis* bark was also assessed $Q_s = 19\,159\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, and $Q_n = 17\,767\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

The share of bark in the wood-chip produced from *Salix viminalis* – clone RAPP was assessed [16.79 %], in accordance with the Slovak technical norm [STN 48 0058] for assortments of wood, wood chips containing leaves, and sawdust.

The lower heating value of wood chip produced from *Salix viminalis* – clone RAPP in a dry state was calculated, based on the lower heating value of salix wood, the lower heating value of salix bark, and the share of bark in the wood chip as a weighted average. $Q_n = 17\,977\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Key words: higher heating value, lower heating value, salix, wood, bark, energy chips

ÚVOD

Drevo, drevný odpad z lesného hospodárstva a drevospracujúceho priemyslu je ako palivo, charakterizované stredne vysokou výhrevnosťou, vysokým podielom prchavej horľaviny a nízkym obsahom popola. Patrí medzi prírodné obnoviteľné zdroje.

V ostatných 30-tych rokoch v záujme zvýšenia produkcie dendromasy pre energetické účely sú zakladané plantáže rýchlorastúcich drevín, ktorých minimálna objemová produkcia dendromasy je $10\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Podľa prác: VARGA – GODÓ (2002), HABOVŠTIK – DANIEL (2005), TRENČIANSKY – LIESKOVSKÝ – ORAVEC (2007), VÍGLASKÝ – SUCHOMEL – LANGOVÁ (2008), SPIŠÁK – LIESKOVSKÝ (2009) vhodnými drevinami pestovanými na plantažach za účelom produkcie dendromasy pre energetické účely v Strednej Európe sú dreviny: agát biely (*Robinia pseudoacacia* L.), klony topoľov (*Populus*), vrbica biela (*Salix alba* L.) a vrbica košíkárka (*Salix viminalis*).

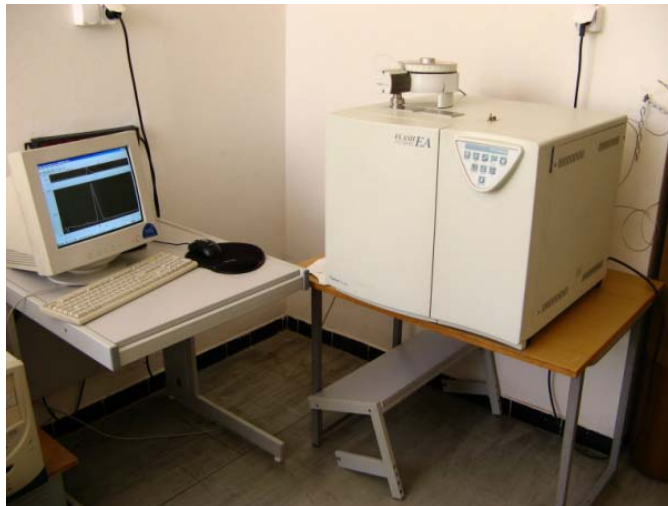
Výskumný ústav trávnych porastov a horského poľnohospodárstva Banská Bystrica sa už niekoľko rokov venuje problematike pestovania rýchlorastúcich drevín na malo produktívnych poľnohospodárskych pôdach. Na svojej výskumnej stanici v Nižnej na Orave sleduje produkčné

možnosti troch klonov dreveny: *Salix viminalis* ULV, ORM a RAPP vyšľachtených vo Výskumnom ústave poľnohospodárskom vo Svälov (Švedsko).

V danom príspevku sú prezentované výsledky experimentálnych prác vykonaných za účelom stanovenia energetických vlastností štiepky vrbu košíkárskej v suchom stave (*Salix viminalis* klon RAPP) pestovanej na plantážach, akými sú: spálne teplo a výhrevnosť, ako i jej komponentov suchého vrbového dreva a suchej vrbovej kôry.

EXPERIMENTALNA ČASŤ

Vzorky dreva a kôry dreveny *Salix viminalis* – klon RAPP pre stanovenie energetických vlastností štiepky klonu danej dreveny boli odobraté z energetickej štiepky vyrobenej zo 4 ročného plantážnicku pestovaného porastu. Elementárny prvkový rozbor vzoriek vrbového dreva a vrbovej kôry klonu RAPP dreveny *Salix viminalis* a stanovenie anorganického podielu popola v dreve a kôre bol vykonaný v Centrálnom lesníckom laboratóriu v Národnom lesníckom centre vo Zvolene. Obsah vodíka vo vzorkách vrbového dreva a vrbovej kôry analyzovaného klonu danej dreveny bol stanovený na analyzátore NCS-FLASH EA 1112.



Obr. 1 Prístroj FLASH EA 1112
Fig. 1 FLASH EA 1112 device

Spálne teplo vzoriek dreva a kôry dreveny *Salix viminalis* klon RAPP po ich vysušení na konštantnú hmotnosť ($W_a = 0\%$) bolo stanovené v kalorimetri na tuhe paliva IKA C 200 (softvér Cal Win), na Katedre chémie a chemických technológií, Drevárskej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene, v súlade s STN 44 1352 Stanovenie spálneho tepla a výhrevnosti tuhých palív.

Výhrevnosť vzoriek dreva a kôry v suchom stave bola vypočítaná prostredníctvom matematického vzťahu, na základe meraním stanoveného spálneho tepla vzoriek dreva a kôry a laboratórne stanoveného obsahu vodíka v dreve a kôre analyzovanej energetickej štiepky.

$$Q_n = Q_s - 24,54 \cdot (W_r + 9 \cdot H^{daf}) \text{ [kJ}\cdot\text{kg}^{-1}] \quad (1)$$

kde: Q_s – spálne teplo analyzovanej vzorky v suchom stave [kJ·kg⁻¹],

W_r – obsah vody v analyzovanej vzorke, $W_r = 0\%$,

H^{daf} – pomerne zastúpenie vodíka v horľavine analyzovanej vzorky [%].



Obr. 2 Kalorimeter IKA C 200
Fig. 2 Calorimeter IKA C 200

Podiel kôry v energetickej štiepke dreveny *Salix viminalis* – klon RAPP bol stanovený laboratórne, na Katedre obrábania dreva Drevárskej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene podľa STN 48 0058:2004 Sortimenty dreva – Listnaté štiepky a piliny. Zastúpenie kôry v energetickej štiepke bolo vypočítané zo vzťahu:

$$X_K = \frac{m_K}{m_S} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2)$$

kde: m_K – hmotnosť kôry vo vzorke štiepky [g],
 m_S – hmotnosť vzorky štiepky [g].

Na základe energetických vlastností štiepky klonu RAPP dreveny *Salix viminalis*, akými sú: spalné teplo, výhrevnosť dreva, resp. kôry a pomerného zastúpenia uvedených komponentov v energetickej štiepke klonu danej dreveny bola vypočítaná priemerná energetická hodnota spalného tepla a výhrevnosti energetickej štiepky v suchom stave podľa vzťahov:

Spalné teplo suchej energetickej štiepky:

$$Q_S = \left[\frac{100 - X_K}{100} \right] \cdot Q_{S-D} + \frac{X_K}{100} \cdot Q_{S-K} \quad [\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}] \quad (3)$$

Výhrevnosť suchej energetickej štiepky:

$$Q_n = \left[\frac{100 - X_K}{100} \right] \cdot Q_{n-D} + \frac{X_K}{100} \cdot Q_{n-K} \quad [\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}] \quad (4)$$

kde: X_K – podiel kôry v energetickej štiepke [%],
 Q_{S-D} – spalné teplo dreva [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$],
 Q_{S-K} – spalné teplo kôry [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$],
 Q_{n-D} – výhrevnosť dreva [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$],
 Q_{n-K} – výhrevnosť kôry [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$].

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Elementárny chemický rozbor vzoriek dreva a kôry energetickej štiepky dreveny *Salix viminalis* klon RAPP je v tabuľke č. 1.

Tab. 1 Podiely základných prvkov horľaviny a popola v dendromase.**Tab. 1 Shares of elementary combustible particles and ash in wood biomass.**

<i>Salix viminalis</i> – klon RAPP		C ^{daf} [%]	H ^{daf} [%]	O ^{daf} [%]	N ^{daf} [%]	Popol [%]
Drevo	vzorka 1	48,29	6,38	44,70	0,33	0,17
	vzorka 2	50,43	6,48	42,44	0,31	0,23
	vzorka 3	48,22	6,24	45,22	0,32	0,23
	priemer	49,09	5,43	43,55	0,32	0,21
Kôra	vzorka 1	50,24	6,25	42,24	1,27	3,22
	vzorka 2	50,14	6,36	42,15	1,35	3,25
	vzorka 3	49,41	6,12	42,74	1,73	3,25
	priemer	50,19	5,30	42,20	1,27	3,24

Z porovnania chemického zloženia juvenilného dreva a kôry energetickej štiepky vypestovanej na energoplantáži daného klonu dreveny *Salix viminalis* s chemickým zložením zrelého dreva a kôry listnatých drevín zo starších stromov plynie, že v juvenilnom dreve dreveny *Salix viminalis* sa nachádza o 3 % až 19 % viac vodíka než je v zrelom dreve listnatých drevín VANIN (1949), PELERIGYN (1965), WIESNER (1918), MARUTZKY – SEEGER (1999), GOLOVKOV – KOPERIN – NAJDENOV (1987) a o 140 % až 380 % viac dusíka než je bežné zastúpenie dusíka v zrelom dreve listnatých drevín: VANIN (1949), WIESNER (1918), MINDAŠ – STANČIKOVÁ (2004), DZURENDA – BANSKI (2003). Vyšší obsah dusíka v juvenilnom dreve vŕby košíkárskej svedčí o vyššom množstve bielkovín nachádzajúcich sa vo vodivých pletivách juvenilného dreva.

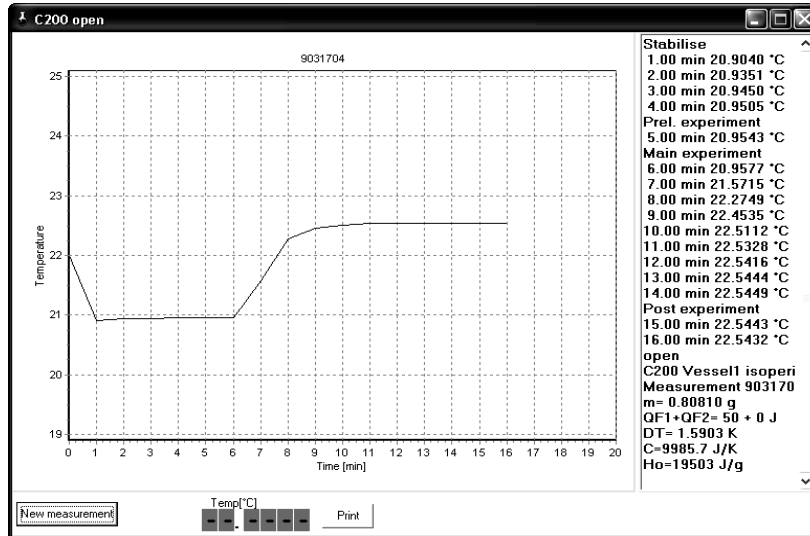
Obsah dusíka v mladej kôre dreveny *Salix viminalis* je o 121 % až 126 % vyšší než je bežné zastúpenie dusíka v kôre starších stromov listnatých drevín. Uvedenú skutočnosť spôsobuje tak prítomnosť bielkovín v kambialných bunkách ako i chlorofyl v povrchových pletivách mladej kôry.

Výsledky experimentálnych prác stanovenia podielu kôry v energetickej štiepke uvádzajú, že priemerný podiel kôry v energetickej štiepke je:

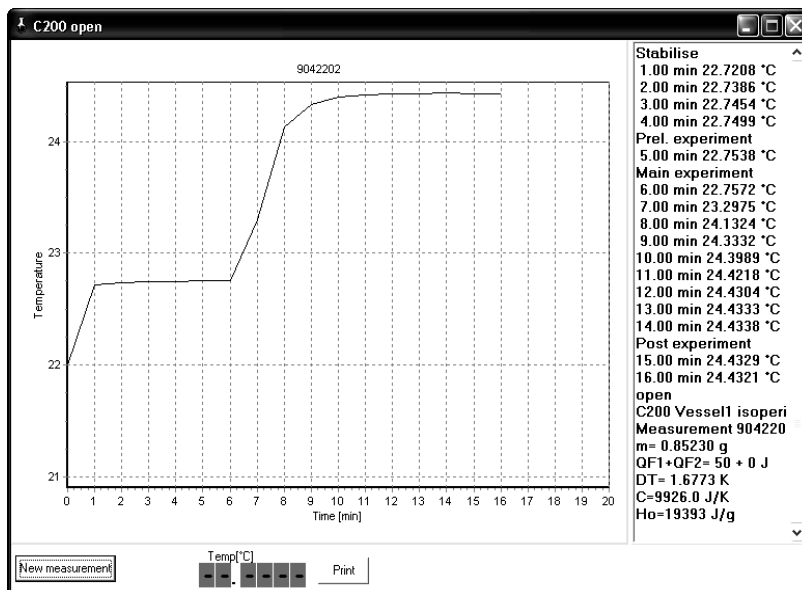
$$X_K = 16,79 \% \pm 0,65 \%$$

Uvedená hodnota nepresahuje prípustnú hranicu podielu kôry v energetickej štiepke v zmysle STN 48 0058:2004, ktorá je $X_K = 30 \%$. Veľkosť podielu kôry je zrovnateľná s podielom kôry v energetickej štiepke vyrobenej z dendromasy dreveny *Salix viminalis* – klon ORM pestovanej na energoplantážach DZURENDA – ZOLIAK – MALIŠ (2009). V porovnaní s podielom kôry v dendromase zrelej stromov je uvedená hodnota približne 2,7 krát vyššia než je podiel kôry v dendromase dreveny buk lesný, 1,7 krát vyššia než je podiel kôry v dendromase drevín dub a topol a 1,5 krát vyššia než je podiel kôry v dendromase dreveny jelša (ČERNÁK 1969).

Grafický záznam priebehu teploty v kalorimetri pri meraní spalného tepla vzorky dreva dreveny *Salix viminalis* klon RAPP je na obr. 3 a grafický záznam priebehu teploty v kalorimetri pri meraní spalného tepla vzorky kôry dreveny *Salix viminalis* klon RAPP je na obr. 4.



Obr. 3 Krivka spalného tepla: analyzovaná vzorka RAPP drevo.
 Fig. 3 Curve of the higher heating value of the analysed wood sample RAPP clone.



Obr. 4 Krivka spalného tepla: analyzovaná vzorka RAPP kôra.
 Fig. 4 Curve of the higher heating value of the analysed bark sample RAPP clone.

Výsledky meraní spalného tepla 3 vzoriek dreva vysušeného do konštantnej hmotnosti ($w_a = 0\%$) dreveny *Salix viminalis* – klon RAPP a 3 vzoriek kôry danej dreveny s vlhkosťou $w_a = 0\%$ sú v tabuľke č. 2. Uvedená tabuľka uvádza i výpočtom stanovené hodnoty výhrevnosti dreva a kôry analyzovanej dreveny v suchom stave.

Tab. 2 Spalné teplo a výhrevnosť dreva a kôry dreviny *Salix viminalis* klon RAPP.

Tab. 2 Higher heating value and lower heating value of wood and bark of *Salix viminalis* - clone RAPP.

Označenie vzorky	Drevo		Kôra	
	spalné teplo [kJ·kg ⁻¹]	výhrevnosť [kJ·kg ⁻¹]	spalné teplo [kJ·kg ⁻¹]	výhrevnosť [kJ·kg ⁻¹]
Vzorka č. 1	19 516	18 085	19 393	18 002
Vzorka č. 2	19 503	18 072	19 149	17 758
Vzorka č. 3	19 332	17 901	18 934	17 543
Priemerná hodnota	19 450	18 019	19 158	17 768

Priemerná energetická hodnota spálneho tepla suchého dreva klonu RAPP dreviny *Salix viminalis* je o 1,0 % vyššie než kôry danej dreviny. Uvedenú skutočnosť spôsobuje, tak vyšší podiel horľaviny dreva (nižší podiel popola v dreve), ako aj nižší podiel dusíka v dreve – endotermickej zložky horľaviny dendromasy.

Priemerná hodnota výhrevnosti energetickej štiepky dreviny *Salix viminalis* klon – RAPP v suchom stave s podielom kôry $X_K = 16,79\%$ vypočítaná podľa rovnice (4) je $Q_n = 17\,977$ kJ·kg⁻¹. V porovnaní s výhrevnosťou suchej energetickej štiepky dreviny *Salix viminalis* klon – ORM, ktorej výhrevnosť je $Q_n = 18\,271$ kJ·kg⁻¹ (DZURENDA – ZOLIAK – MALIŠ 2009) je výhrevnosti energetickej štiepky klonu – RAPP menšia o $Q_n = 0,2\%$.

ZÁVER

Na základe vykonaných experimentálnych prác možno konštatovať, že energetická štiepka z plantážnicky pestovanej vrbý košíkárskej (*Salix viminalis* klon RAPP) obsahuje vyšší podiel vodíka a dusíka než dendromasa listnatých drevín z porastov v zrelom veku. Podiel kôry v energetickej štiepke je $X_K = 16,79\%$

Z analýz energetických vlastností štiepky dreviny *Salix viminalis* klon RAPP plynie, že spálne teplo juvenilného dreva v suchom stave danej dreviny má hodnotu: $Q_s = 19\,450$ kJ·kg⁻¹ a suchá kôra: $Q_s = 19\,158$ kJ·kg⁻¹. Výhrevnosť energetickej štiepky, dreviny *Salix viminalis* klon RAPP v suchom stave, pestovanej na plantážach je $Q_n = 17\,977$ kJ·kg⁻¹.

LITERATÚRA

- ČERNÁK, J. 1969. *Fyzikální vlastnosti dřeva*. Ružomberok: SCP.
- DZURENDA, L., BANSKI, A. 2003. Obsah dusíka v jednotlivých častiach stromu a koncentrácia NO₂ v spalinách tvorená formou nízkoteplotnej oxidácie dusíka v procese spaľovania. *Acta Facultatis Xylogiae*. ILV: 7–14, ISSN 1336-3824.
- DZURENDA, L., ZOLIAK, M., MALIŠ, M.: Svojstva energetickej štiepky drevesiny *Salix viminalis* – klona ORM, vyraščeného na plantáciách. In *Annals of Warsaw University of Life Science - SGGW – Forest and Wood Technology*, 68: 219–224, ISSN 1898–5912.
- GOLOVKOV, S. I., KOPERIN, I. F., NAJĐENOV, V. I. 1987. *Energetičeskoe ispolzovanie drevesnych otchodov*. Moskva: Lesnaja promyšlennost', p. 221.
- HABOVŠTIAK, J., DANIEL, J. 2005. Pestovanie odrôd vrbý (*Salix viminalis*) na energetické účely. *Naše pole*. (5): 10.
- MARUTZKY, R., SEEGER, K. 1999. *Energie aus Holz und anderer Biomasse*. Leinfelden-Echterdingen: DRD – Verlag Weinbrenner GmbH & Co, p. 430.
- MINDAŠ, J., STANČIKOVÁ, A. 2004. *Vyhodnotenie obsahu dusíka vo fytomase*. Zvolen: NLC. p.6.
- PERELYGIN, L. M. 1965. *Nauka o dreve*. Bratislava: SVTL, p. 448.

SPIŠÁK, J., LIESKOVSKÝ, M.: Zhodnotenie potenciálu a možností zakladania plantáží rýchlorastúcich drevín. *Acta Facultatis Forestalis*, 51(1): 105–114, ISSN 0231-5785.
STN 44 1352: 2003 Stanovenie spaľovacieho tepla a výhrevnosti pevných palív
STN 48 0058:2004 Sortimenty dreva – Listnaté štiepky a pilina.
TRENČIANSKY, M., LIESKOVSKÝ, M., ORAVEC, J. 2007. *Energetické zhodnotenie biomasy* Zvolen: NLC.
VANIN, S. I. 1949. *Drevesinovedenie*. Moskva & Leningrad: Goslesbumizdat, p. 338.
VARGA, L., GODÓ, T. 2002: Rýchlorastúce dreviny a možnosti zvýšenia produkcie biomasy na energiu. In *Využívanie lesnej biomasy na energetické účely v podmienkach SR*. Zvolen: LVU, pp. 28–37.
VÍGLASKÝ, J., SUCHOMEL, J., LANGOVÁ, N. 2008. Efektívne pestovanie rýchlorastúcich drevín na energetických plantážach. *Životné prostredie* 42(6): 321–324, ISSN 0044-4863.

Pod'akovanie

Táto práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantového projektu: VEGA–SR č. 1/0358/08, ako výsledok práce autora a výraznej pomoci agentúry VEGA–SR.

Adresa autorov

Prof. Ing. Ladislav Dzurenda, PhD.
Ing. Mykola Zoliak
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra obrábania dreva
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
dzurenda@vsld.tuzvo.sk

Ing. Jarmila Geffertová, CSc.
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra chémie a chemických technológií
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
jgeffert@vsld.tuzvo.sk

