



VPLYV TEPLoty SÝTEJ VODNEJ PARY V PROCESĚ FAREBNEJ HOMOGENIZÁCIE BUKOVÝCH PRÍREZOV NA SPOTREBU TEPLA

Ladislav Dzurenda¹ – Nencho Deliiski²

Abstract

In this paper we present the results of heat consumption in the process of colour homogenisation of beech timber with measures 27 x 75 x 320 mm in pressure autoclave AZ 240 using saturated water steam in range of temperatures: $t = 115 \div 140$ °C by steaming regimes I, II and III.

Normative of heat consumption Q_{TZN} for the colour homogenisation of beech timber by regime I., changing the colour to a pale brown-pink tint with coordinates $L^ = 68,4 \pm 2,8$; $a^* = 10,1 \pm 2,3$; $b^* = 20,6 \pm 1,3$ in colour space CIE- $L^*a^*b^*$ is $Q_{TZN} = 101,30 \text{ kWh.m}^{-3}$. Normative Q_{TZN} for the colour homogenisation of beech timber by regime II. creating a brown-pink colour with coordinates $L^* = 58,1 \pm 3,8$; $a^* = 15,5 \pm 2,2$; $b^* = 24,9 \pm 1,3$ is $Q_{TZN} = 102,10 \text{ kWh.m}^{-3}$ and for the regime III, creating a dark brown-red colour with coordinates: $L^* = 53,2 \pm 2,4$; $a^* = 17,9 \pm 2,0$; $b^* = 26,1 \pm 1,5$, the value of Q_{TZN} is $102,86 \text{ kWh.m}^{-3}$.*

The dependence of normative Q_{TZN} on the temperature of saturated water steam in the process of colour homogenisation of beech timber describes the formula: $Q_{TZN} = 94.608e^{0.0006 \cdot t}$

Key words: *steaming of wood, colour homogenisation, temperature of saturated water steam, normatives of heat energy consumption*

ÚVOD

Farba dreva je základnou optickou vlastnosťou dreva a typickým znakom pre beľové, či jadrové drevo jednotlivých drevín. Farebná škála natívneho dreva hospodársky významných drevín používaných ako konštrukčný materiál v stolárstve a nábytkárskom priemysle vyplňa značne široký farebný diapazón: od svetlých bielo-šedo-žltých farebných odtieňov dreva drevín: smrek obyčajný, jedľa biela, lipa malolistá, hrab obyčajný, cez červeno-hnedé odtiene jadrového dreva drevín: borovica lesná, až po tmavé hnedo-šedé farebné odtiene jadrového dreva drevín: dub letný, jaseň štíhly, orech kráľovský *Drapela (1980), Makoviny (2010)*.

¹ Technical University of Zvolen, T.G.Masaryka 24, 96053, Zvolen, SLOVAKIA
e-mail: dzurenda@tuzvo.sk

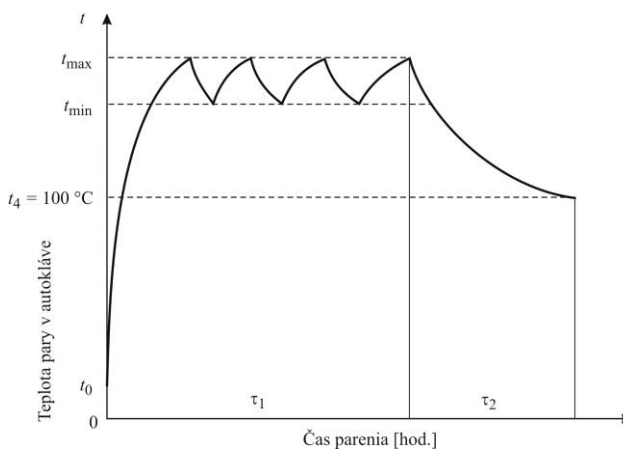
² University of Forestry, Kliment Ohridski Bd. 10, 1797 Sofia, BULGARIA,
e-mail: deliiski@netbg.com

Jedným zo spôsobov, ktorým je možné danú optickú vlastnosť dreva objektívne kvantifikovať, je jej vyjadrenie prostredníctvom súradníc vo farebnom priestore $CIE-L^*a^*b^*$. Farebný koordinačný systém (podľa CIE – Commission Internationale de l'Eclairage) v zmysle ISO 7724 je založený na meraní troch parametrov: svetlosti L^* od 100 pre bielu po 0 pre čiernu farbu, chromatickej súradnice a^* pre stanovenie odtieňa medzi červenou a zelenou farbou a chromatickej súradnice b^* stanovujúca odtieň medzi žltou a modrou farbou. Svetlá, bielo-šedá farba so žltým nádychom dreva dreviny *Fagus silvatica*, vo farebnom priestore $CIE-L^*a^*b^*$, je podľa práce: Babiak – Kubovský – Mamoňová (2004) popísané súradnicami farebného priestoru: $L^* = 75,96$; $a^* = 6,62$; $b^* = 17,63$. Procesmi termickej úpravy – parením, resp. hydrotermickej úpravy dreva – sušením v závislosti na podmienkach realizácie technologického procesu Deliiski (1991, 2003, 2011), Halaj (1999), Molnár – Tolvaj (2002), Dzurenda – Deliiski (1994, 2003, 2012), Babiak – Hrčka – Holpit (2004), Klement – Balkovský. – Smilek (2011), Deliiski – Brezin – Sokolovski – Manolova (2009), Dzurenda (2013, 2014) sa farba bukoveho dreva zo svetlej bielo-šedej farby so žltým nádychom mení cez hnedo-ružový odtieň až po tmavo červeno-hnedý odtieň pri zachovaní pôvodnej štruktúry a textúry dreva.

Cieľom tohto príspevku je stanovenie normatífov spotrieb tepla formou technicko-zdôvodniteľných noriem TZN v závislosti na teploty sytej vodnej pary v procese parenia bukoveho dreva v autokláve AZ 240 za účelom farebnej homogenizácie dreva bukoveho dreva prířezov sýtou vodnou parou o teplote $t = 112,5 \pm 2,5$ °C (režim I.) na bledý hnedo-ružový farebný odtieň, sýtou vodnou parou o teplote $t = 127,5 \pm 2,5$ °C (režim II.) na hnedo-ružový farebný odtieň a sýtou vodnou parou o teplote $t = 137,5 \pm 2,5$ °C na tmavý červeno-hnedý odtieň (režim III.).

MATERIÁL A METODIKA

Bukové drevo vo forme prířezov s rozmermi 27 x 75 x 320 mm a vlhkosťou $W_p = 70,2 \pm 3,5$ % bolo termicky upravované sýtou vodnou parou v tlakovom autokláve: APDZ 240 (LIGNOTHERM Ltd). Prířezky boli vyrobené z beľového, resp. zrelého bukoveho dreva bez prítomnosti pajadra. Režim tlakoveho parenia bukoveho dreva sýtou vodnou parou je zobrazený na obr. 1 a rozpis podmienok termickej úpravy pre jednotlivé stupne parenia uvádza tabuľka 1.



Obr.1. Režim termickej úpravy bukoveho dreva sýtou vodnou parou

Tab. 1. Režimy termickej úpravy bukového dreva sýtou vodnou parou.

Režimy	Teplota sýtej pary [$^{\circ}\text{C}$]			Čas parenia v hodinách [hod]		
	t_{\max}	t_{\min}	t_4	τ_1 - fáza I	τ_2 - fáza II	Celkový čas
Režim parenia I.	115	110	100	4,5	1,0	5,5
Režim parenia II.	130	125	100	4,5	2,0	6,5
Režim parenia III.	140	135	100	4,5	3,0	7,5

Následne parené bukové prírezy boli vysušené na vlhkosť $W_p = 12 \pm 0,5 \%$ v konvenčnej teplovzdušnej sušiarňi: KAD 1x6 (KATRES s.r.o). Ložné plochy vysušených prírezov boli opracované na horizontálnej rovinnej fréžke FS 200. Farba dreva bukových prírezov vo farebnom priestore CIE-L* a b* sa hodnotila prostredníctvom kolorimetra Color Reader CR-10 (Konica Minolta, Japan) so zdrojom svetla D65 a priemerom optického snímacieho otvoru 8 mm, obr. 2.



Obr. 2. Pohľad na kolorimeter Color Reader CR-10

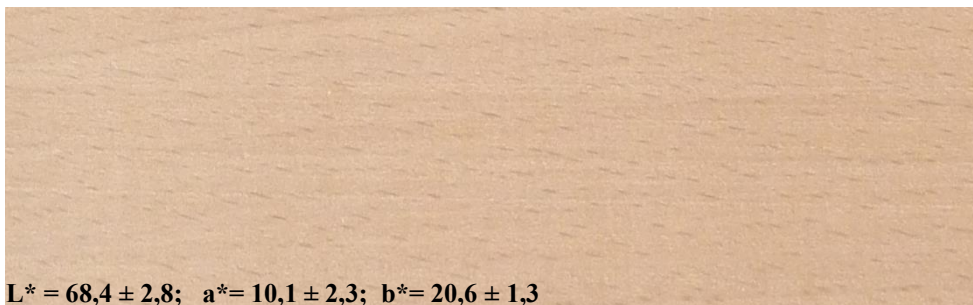
Spotreba tepla na realizáciu technologického procesu je stanovená formou tzv. technicko-zdôvodniteľná norma (TZN), čo je špecifická spotreba tepla vyjadrujúca objektívne nutné množstvo tepla spotrebované na výrobu jednotky výrobku. Na stanovenie TZN je možné aplikovať matematicko-fyzikálny model (TZN) spotreby tepla pre technologický proces farebnej homogenizácie bukového dreva sýtou vodnou parou v tlakových avtoklávoch, *Dzurenada – Deliiski (2008, 2010)*. Normatív technicko-zdôvodniteľnej normy farebnej homogenizácie bukového dreva popisuje rovnica:

$$Q_{\text{TZN}} = \frac{Q_D + Q_A + Q_I + Q_S + Q_P + Q_K}{V_D}, \quad (1)$$

- kde: Q_D – teplo potrebné na ohrev farebne homogenizovaného dreva, kWh;
 Q_A – teplo potrebné na ohrev konštrukč. materiálu avtokláva, kWh;
 Q_I – teplo potrebné na ohrev izolácie avtokláva, kWh;
 Q_S – teplo potrebné na krytie tepelných strát z povrchu tlakového avtokláva emitovaných počas technologického procesu do atmosféry, kWh;
 Q_P – teplo odvedené sýtou parou po otvorení avtokláva pri jeho vyprázdňovaní, kWh;
 Q_K – teplo odvedené kondenzátom z tlakového avtokláva, kWh;
 V_D – objem farebne homogenizovaného dreva v tlakovom avtokláve, m^3 .

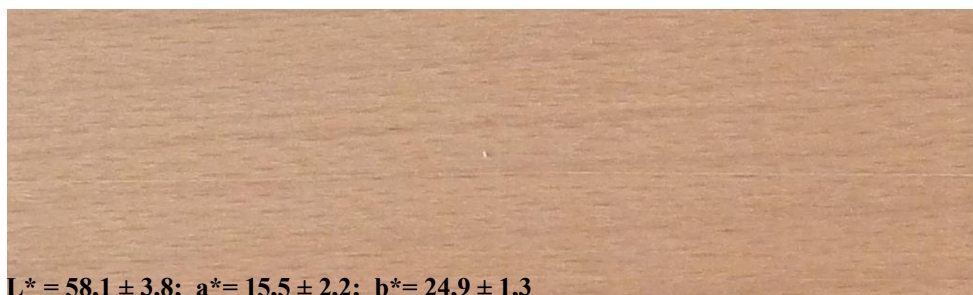
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Farbu bukového dreva nadobudnutú procesom termickej úpravy – sýtou vodnou parou režimami: I., II. a III. po vysušení a ohobľovaní s priemernými hodnotami súradníc farebného priestoru CIE $L^*a^*b^*$ zobrazuje obr. 3.



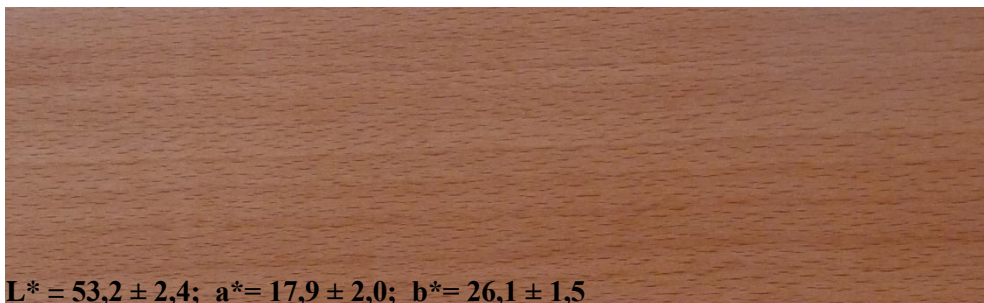
$L^* = 68,4 \pm 2,8$; $a^* = 10,1 \pm 2,3$; $b^* = 20,6 \pm 1,3$

Režim parenia I. - teplota sýtej vodnej pary $t = 112,5 \pm 2,5$ °C,



$L^* = 58,1 \pm 3,8$; $a^* = 15,5 \pm 2,2$; $b^* = 24,9 \pm 1,3$

Režim parenia II.- teplota sýtej vodnej pary $t = 127,5 \pm 2,5$ °C,



$L^* = 53,2 \pm 2,4$; $a^* = 17,9 \pm 2,0$; $b^* = 26,1 \pm 1,5$

Režim parenia III.- teplota sýtej vodnej pary $t = 137,5 \pm 2,5$ °C,

Obr. 3. Povrch vysušeného ohobľovaného bukového dreva po termickej úprave sýtou vodnou parou s hodnotami súradníc farebného priestoru CIE $L^*a^*b^*$.

Z porovnania farebných odtieňov bukového dreva dosiahnutými jednotlivými režimami parenia vyplýva, že so zvyšovaním teploty sýtej vodnej pary v procese termickej úpravy a predlžovaním času parenia stráca bukové drevo svetlosť (tmavne) a vzrastom hodnôt na červenej farebnej súradnici a^* a žltej farebnej súradnici b^* vo farebnom priestore CIE- $L^*a^*b^*$ sa dosahuje patričný farebný odtieň. Uvedené konštatovanie je v súlade s

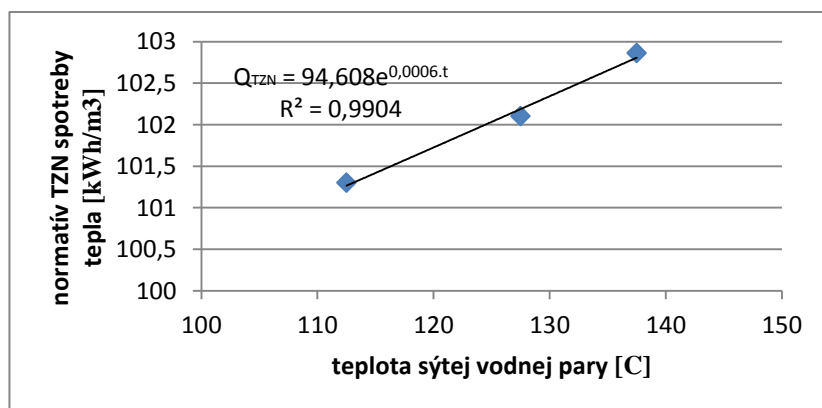
poznatkami o zmenách farby bukového dreva v procesoch termickej úpravy bukového dreva parením deklarovanými v prácach *Deliški (1991)*, *Molnar-Tolvaj (2002)*, *Dzurenda (2013)*, ako aj vysokoteplotným sušením v prostredí prehriatej vodnej pary *Klement – Marko (2009)*.

Spotreby tepla pariaceho autoklávu AZ 240 na parenie 16 m³ bukových prírezov sýtou vodnou parou a normatív TZN pre jednotlivé režimy farebnej homogenizácie uvádza nasledovná tabuľka.

Tab. 2 Spotreby tepla procesu farebnej homogenizácie dreva bukových prírezov s rozmermi: 27 x 75 x 320 mm v autokláve AZ 240 a normatív TZN.

Názov položky spotreby tepla	Symbol	Režim I	Režim II	Režim III
		[kWh]		
Tepló na ohrev termicky upravovaného dreva	Q_D	1 159,24	1 159,24	1 159,24
Tepló na ohrev konštrukčného materiálu autokláva	Q_A	150,00	150,00	150,00
Tepló na ohrev izolácie autokláva	Q_I	25,37	28,99	31,41
Tepló na krytie tepelných strát tlakového autokláva	Q_S	16,95	24,16	31,92
Tepló na krytie tepelných strát odvedenou parou	Q_P	15,26	15,26	15,26
Tepló na krytie tepelnej straty odvedením kondenzátu	Q_K	253,95	255,98	257,90
Celková spotreba tepla na parenie dreva v autokláve	Q_i	1 620,77	1 633,64	1 645,73
Technicko-zdôvodniteľná norma potreby tepla [kWh.m ⁻³]	Q_{TZN}	101,30	102,10	102,86

Závislosť vzrastu spotreby tepla na teplote sýtej pary v technologickom procese farebnej homogenizácie bukového dreva zobrazuje obr. 3.



Obr. 3. Závislosť vzrastu normatívu TZN spotreby tepla na teplote sýtej pary procesu farebnej homogenizácie.

Z analýzy podielu jednotlivých položiek spotreby tepla v tabuľke 2. plynie, že najväčšie spotreby tepla na farebnú homogenizáciu dreva bukových prírezov s rozmermi: 27 x 75 x 320 mm v autokláve AZ 240 sú: spotreba tepla na ohrev termicky upravovaného dreva cca 70,9 %, spotreba tepla na ohrev konštrukcie pariaceho autoklavu cca 9,2 % a spotreba tepla krytie tepelných strát tlakového autoklavu vo forme odvedeného kondenzátu cca 15,7 %. Skutočnosť, že cca 70,9 % z privedeného tepla sa priamo využíva na realizáciu technologického procesu svedčí o vysokej účinnosti využitia tepla v termickom procese farebnej homogenizácie dreva v tlakových avtoklavoch. Uvedená hodnota je 3 krát vyššia, než je priame využitie tepla v tradičných technológiách parenia dreva realizovaných pri atmosférickom tlaku *Lawniczak (1995)*.

Z bilancie jednotlivých položiek spotreby tepla v tabuľke 2. Vyplýva, že vplyv vzrastu teploty sýtej pary a času technologického procesu v jednotlivých režimoch sa premieta do zvýšenia spotreby tepla na ohrev izolácie autoklavu, krytie tepelných strát autoklavu a krytie tepelných strát vo forme odvedeného kondenzátu. Uvedené tepelné straty podľa tab. 2 a obr. 3 sa premietajú na zvýšení celkovej spotrebe tepla v porovnaní s režimom I. o 0,8 % u režimu II. a o 1,5 % u režimu III.

ZÁVER

V príspevku je prezentovaná spotreba tepla formou normatívu TZN na proces farebnej homogenizácie dreva bukových prírezov s rozmermi 27 x 75 x 320 mm v tlakovom avtokláve AZ 240 sýtou vodnou parou. Normatív spotreby tepla TZN pre proces farebnej homogenizácie bukového dreva podľa režimu I. na bledý hnedo-ružový farebný odtieň so súradnicami vo farebnom priestore CIE-L*a*b*: $L^* = 68,4 \pm 2,8$; $a^* = 10,1 \pm 2,3$; $b^* = 20,6 \pm 1,3$ je $Q_{TZN} = 101,30 \text{ kWh.m}^{-3}$. Normatív TZN pre proces farebnej homogenizácie podľa režimu II. na hnedo-ružový farebný odtieň s farebnými súradnicami: $L^* = 58,1 \pm 3,8$; $a^* = 15,5 \pm 2,2$; $b^* = 24,9 \pm 1,3$ je $Q_{TZN} = 102,10 \text{ kWh.m}^{-3}$ a TZN pre proces farebnej homogenizácie na tmavý hnedo-červený farebný odtieň s hodnotami farebných súradníc: $L^* = 53,2 \pm 2,4$; $a^* = 17,9 \pm 2,0$; $b^* = 26,1 \pm 1,5$ podľa režimu III. je $Q_{TZN} = 102,86 \text{ kWh.m}^{-3}$.

Z analýzy podielu jednotlivých položiek spotreby tepla plynie, že najväčšie spotreby tepla na farebnú homogenizáciu sú: spotreba tepla na ohrev termicky upravovaného dreva cca 70,9 %, spotreba tepla na ohrev konštrukcie pariaceho autoklavu cca 9,2 % a spotreba tepla krytie tepelných strát tlakového autoklavu vo forme odvedeného kondenzátu cca 15,7 %.

Vplyv vzrastu teploty sýtej vodnej pary o $\Delta t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ a času technologického procesu farebnej homogenizácie o $\tau = 1$ hod sa premieta do zvýšenia spotreby procesu farebnej homogenizácie režimom II. v porovnaní s režimom I. o 0,8 % a vplyv vzrastu teploty sýtej vodnej pary o $\Delta t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ a času technologického procesu farebnej homogenizácie o $\tau = 2$ hod sa premieta do zvýšenia spotreby tepla režimu III. v porovnaní s režimom I. o 1,5 %.

LITERATÚRA

1. BABIAK, M., KUBOVSKÝ, I., MAMOŇOVÁ, M. 2004: Farebný priestor vybraných domácich drevín. In: Interaction of wood with various Forms of Energy. Zvolen: TU Zvolen, s. 113 - 117.
2. BABIAK, M., HRČKA, R., HOEPIT, M. 2004: Zmena farby buka pri mikrovlnom sušení. In: Interaction of wood with various Forms of Energy. Zvolen: TU Zvolen, s. 127 - 130.

3. BUČKO, J. 1995: *Hydrolyznye procesy*. Zvolen: TU Zvolen, 116 s.
5. DELIISKI, N. 1991: Metod dľa ocenki stepeni oblagoraživanja bukovych pilomaterialov vo vremja ich proparki. In: *Súčasné problémy a perspektívy sušenia bukového reziva*. Zvolen. ES-VŠLD vo Zvolene, s. 37- 44.
6. DELIISKI, N. 2003: *Modelirane i tehnologii za proparvane na drvesiny materialy v avtoklavi*. [Dizertačná práca LTU Sofia], Sofia, 358 s.
7. DELIISKI, N., BREZIN, V., SOKOLOVSKI, S., MANOLOVA, N. 2009: Toplinno obrabotvane na obli bukovy materialy s zapazvane na estestvenija cvjat na drvesinata. In: *Drvoobrabotvane i proizvodstvo na mebeli*. № 2, s. 2-7.
8. DRAPELA, J. A KOL. 1980: *Výroba nábytku – Technologie*. Praha: SNTL, 485 s.
9. DZURENDA, L. – DELIISKI, N. 2000: Analysis of moisture content changes in beech wood in the steaming process with saturated water steam. In: *Wood research* 45 (4): 1-8.
10. DZURENDA, L., DELIISKI, N. 2003: Avtomatičeskoe upravlenije procesom konvektivno-kamernoj suški bukovych pilomaterialov s sochranením ili s dopustimym izmenenijem ich estestvennoj okraski. In: *Annals of Warsaw Agricultural University – Forest and Wood Technology* 53. s. 42 – 46.
11. DZURENDA, L., DELIISKI, N. 2012: Convective drying of beech lumber without color changes of wood. In: *Drvna industrija* 63(2): 95 – 103.
12. DZURENDA, L. 2013: Modification of wood colour of *Fagus Sylvatica* L to a brown-pink shade caused by thermal treatment. In: *Wood research* 58 (3):475-482.
13. DZURENDA, L. 2014: Sfarbenie bukového dreva v procese termickej úpravy sýtou vodnou parou. In: *Acta facultatis xylogologiae Zvolen* 56(1) : 13-22.
14. HALAJ, M. 1999: Vplyv hydrotermickej úpravy dreva na zmenu farby bukového dreva. [Dizertačná práca DF - TU Zvolen], Zvolen, 74 s.
15. KLEMENT, I., MARKO, P. 2009: Colour changes of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) during high temperature drying process. In: *Wood research* 54 (3): 45-54.
16. KLEMENT, I., BALKOVSKÝ, I., SMILEK, P. 2011: Vplyv teploty na proces kontaktného sušenia bukového reziva. In: *Acta facultatis xylogologiae Zvolen*, 53 (1): 13 – 17.
17. LAWNNICZAK, M. 1995: *Zarys hydrotermicznej i plastycznej obróbki drewna*. Czesc I. – Warzenie i parzenie drewna. Poznan: Wydawnictwo AR w Poznaniu, 149 s.
18. MOLNÁR, S., TOLVAJ, L. 2002: Colour homogenisation of different wood species by steaming. In: *Interaction of wood with various Forms of Energy*. Zvolen: TU Zvolen, s. 119 - 122.
19. MAKOVÍNY, I. 2010: *Úžitkové vlastnosti a použitie rôznych druhov dreva*. Zvolen: TU Zvolen, 104 s.