



## ZMENA FARBY BUKOVÉHO REZIVA V PROCESSE SUŠENIA

Ivan Klement – Pavol Smilek

### Abstract

*The aim of the article was measuring colour changes on beech wood in two different drying methods. First schedule of drying the high-temperature drying used temperatures about 170 °C and 130 °C in contrast with war-air drying in which we used temperatures about 60 °C and 50 °C. The thickness of samples were 25 mm and 50 mm. The main parameter of scanning was the change in colour on the surface layers of samples, changes in 1/3 of thickness and in the middle (1/2) of the samples. The experimental results show that the during the both drying schedules the most visible colour changes were recorded in first hours of drying process.*

**Key words:** *color difference, color changes,, high-temperature drying, beech wood*

### ÚVOD

Farba dreva patrí medzi základné optické vlastnosti dreva. Táto vlastnosť charakterizuje vzhľad dreva a určuje ju jeho chemické zložky – celulóza, hemicelulóza lignín. Viac závisí od ich výraznosti ako od ich celkového objemového alebo hmotnostného podielu (Požgaj 1997). Stupeň sfarbenia reziva je závislý hlavne od vlhkosti, teploty a času expozície (Balkovský, Klement a Marko 2006). Vplyv teploty na farebné zmeny dreva je intenzívnejší pri vyššej vlhkosti (Kubinec 2002).

Keďže typickým znakom vysokoteplotného sušenia dreva je zmena jeho farby, rozhodli sme sa preto porovnať farebné zmeny v dvoch procesoch sušenia reziva a to teplovzdušného a vysokoteplotného sušenia.

Vysokoteplotné sušenie nie je veľmi rozšíreným spôsobom sušenia, zaujímavé je však najmä tým, že sa pri ňom dosahuje 3 až 5-krát vyššia rýchlosť sušenia, v porovnaní s teplovzdušným sušením (Trebula a Klement 2005), výrazne skracuje čas sušenia, čím ovplyvňuje celkovú ekonomiku sušenia.

### METODIKA

Pre experimentálnu časť práce boli vybrané bukové výrezy (*Fagus sylvatica* L.) o akosti III. A, o stredovom priemere 44 cm a dĺžke 3 m, dodané zo Školského lesného podniku Technickej univerzity vo Zvolene. Z piliarskych výrezov boli vyrezané vzorky o rozmeroch pre teplovzdušné sušenia 50 a 25 x 120 x 500 mm, rezivo pre vysokoteplotné

sušenie 50 a 25 x 125 x 350 mm. Výber bol robený tak, aby nebol medzi nimi veľký rozptyl počiatkových vlhkostí a hustoty.

Teplovzdušné sušenie prebiehalo v laboratórnej sušiarňi, kde rýchlosť prúdenia vzduchu bola zabezpečovaná pomocou frekvenčného meniča. Pri sušení boli použité dva režimy teplovzdušného sušenia rozdelené do jednotlivých etáp s rozdielnou maximálnou teplotou sušenia. Jeden režim sušenia mal maximálnu teplotu 50 °C a druhý maximálnu teplotu 60 °C. Rýchlosť prúdenia vzduchu 3 m.s<sup>-1</sup> bola použitá pri oboch režimoch. Režimy boli zvolené podľa ON 49 0651 pre jednotlivé hrúbky sušeného dreva 25 mm a 50 mm.

Vysokoteplotné sušenia prebiehalo v sušiarňi od firmy Binder. Režim sušenia bol rozdelený do jednotlivých etáp. Prvou bol ohrev sušiaceho prostredia aj materiálu. Teplota bola postupne zvyšovaná až na hodnotu 100 °C, a udržiavaná po dobu, kým vlhkosť vzoriek neklesla pod hodnotu nasýtenie vlákien (BNV). V ďalšej etape nastalo postupné zvyšovanie teploty na maximálnu hodnotu. V prvom režime to bolo na hodnotu 130 °C pre hrúbky vzoriek 25 mm a 50mm, druhý režim bol stanovený na teplotu 170 °C na hrúbku vzoriek 25 mm.

Na meranie farebnej diferencie bol použitý kolorimeter Color Reader CR 10, pomocou ktorého bolo možné popísať farbu v L\*a\*b súradniciach. Farebné zmeny boli merané na povrchových vrstvách bukových vzoriek, a tiež sme uskutočňovali meranie v 1/3 hrúbky vzoriek a v 1/2 hrúbky vzoriek. Počas teplovzdušného sušenia bol stanovený interval zaznamenávania zmena farby na 12 hodín pri hrúbke 25 mm a 24 hodín pri hrúbke vzoriek 50 mm. Časový interval pre vysokoteplotné sušenie bol stanovený na 3 hodiny vzhľadom na podstatne kratší čas sušenia.

Získané údaje z kolorimetra boli vyhodnocované podľa vzorca (1) pre výpočet farebnej diferencie  $\Delta E_{ab}$  (Hunter 1948):

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2} \quad (1)$$

kde:  $L^*$  je jas alebo svetlosť farby v rozsahu -100 (čierna) do +100 (biela)  
 $a^*$  je súradnica s odtieňom medzi červenou a zelenou  
 $b^*$  je súradnica s odtieňom medzi žltou a modrou.

## VÝSLEDKY

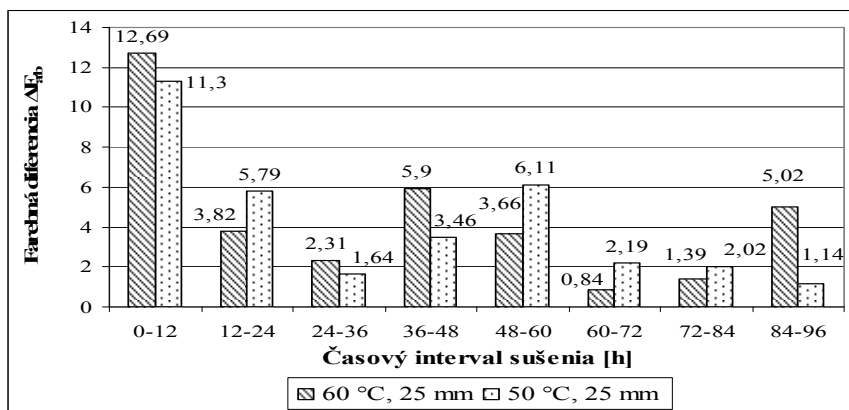
V tabuľke 1 sú uvedené základné charakteristiky procesu sušenia pri vysokoteplotnom aj teplovzdušnom sušení pre jednotlivé režimy. Priemerná počiatková vlhkosť vzoriek pri vysokoteplotnom sušení bola v intervale od 83,6 do 88,5 %. Konečná vlhkosť bola od 8,26 do 9,81 %.

Pri teplovzdušnom sušení priemerná počiatková vlhkosť bola pomerne nižšia ako pri vysokoteplotnom a bola v intervale od 58 do 61,41 %, konečná bola dosiahnutá vyššia a bola v intervale od 12,11 do 15,22 %.

Tab. 1 Základné charakteristiky procesov sušenia

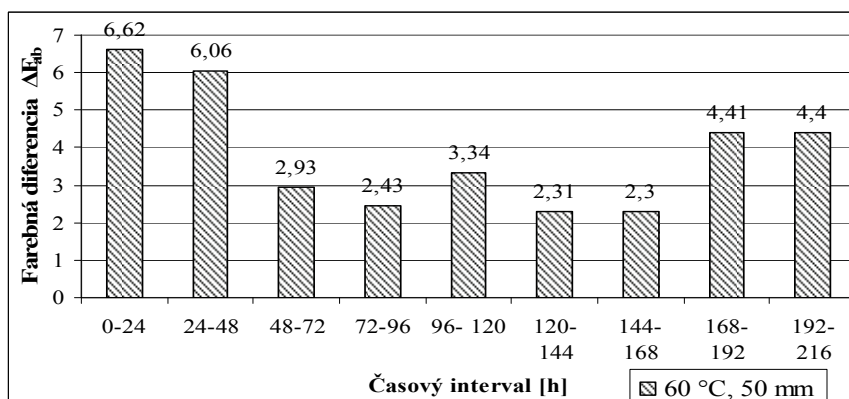
Režim sušenia		Počiatková vlhkosť [%]	Konečná vlhkosť [%]
Vysokoteplotné sušenie	130 °C, 25 mm	83,67	9,81
	130 °C, 50 mm	86,30	9,56
	170 °C, 25 mm	88,51	8,26
Teplovzdušné sušenie	60 °C, 25 mm	60,03	12,11
	60 °C, 50 mm	61,41	15,22
	50 °C, 25 mm	58,05	12,88

Farebné diferencie bolo zaujímavé sledovať aj v jednotlivých časových intervaloch. Obrázok 1 uvádza farebné zmeny na povrchu vzoriek pre teplovzdušné sušenie v časovom intervale 12 hodín pre hrúbku vzoriek 25 mm.



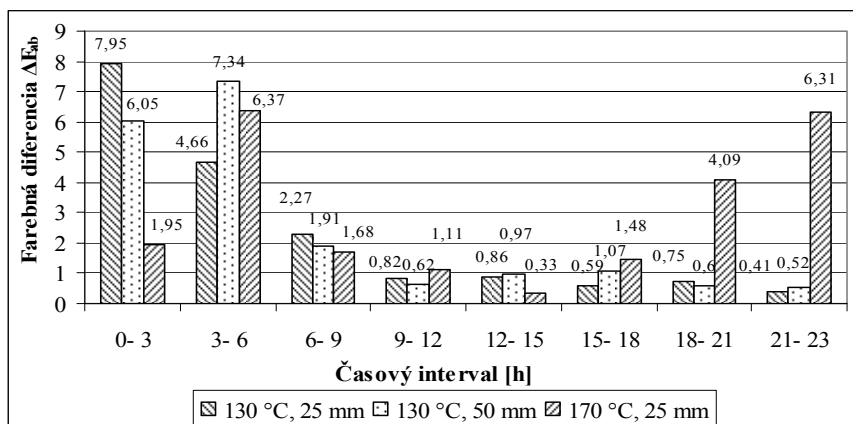
Obr. 1 Farebné zmeny v povrchových vrstvách pre hrúbku 25 mm

Obrázok 2 znázorňuje farebné zmeny na povrchu vzoriek v intervale 24 hodín pre hrúbku 50 mm pri použitej teplote prostredia teplovzdušného sušenia 60 °C.



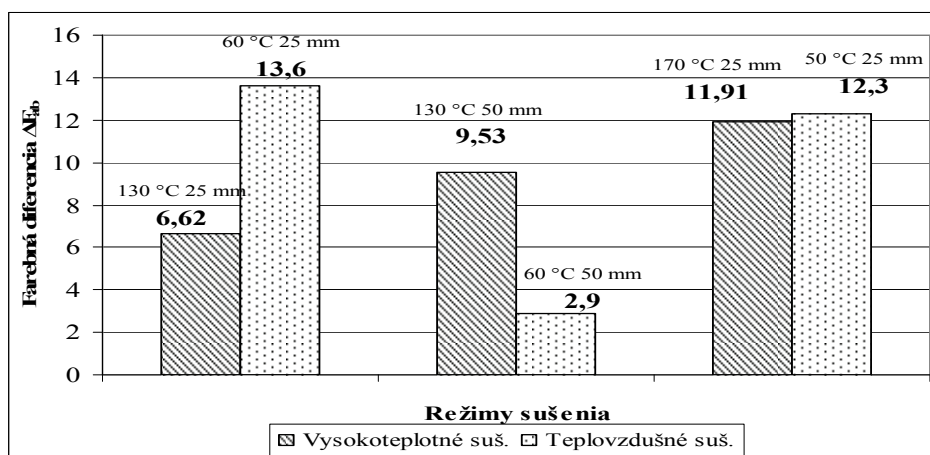
Obr. 2 Farebné zmeny v povrchových vrstvách pre hrúbku 50 mm

Na obrázku 3 sú uvedené hodnoty farebných diferencií  $\Delta E_{ab}$ , ktoré charakterizujú zmenu farby v jednotlivých časových intervaloch pri vysokoteplotnom sušení.



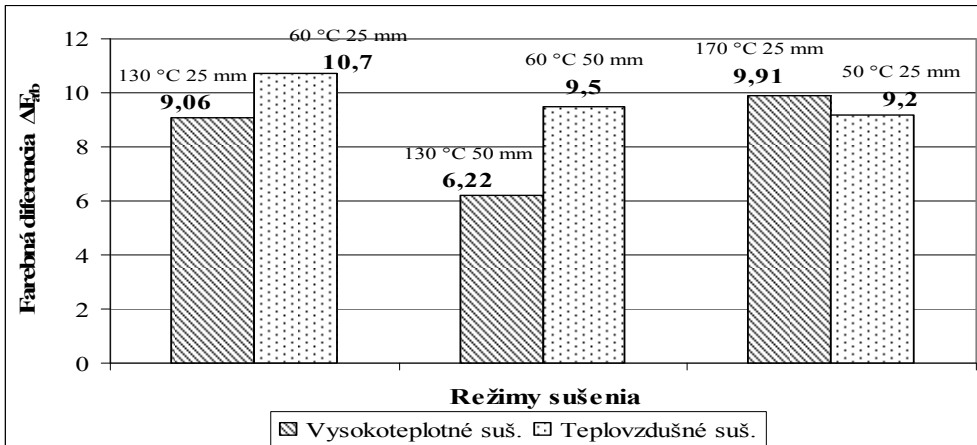
**Obr. 3** Farebné zmeny v časovom intervale pri vysokoteplotnom sušení

Na obrázku 4 sú znázornené hodnoty farebných diferencií  $\Delta E_{ab}$ , ktoré charakterizujú povrchovú zmenu farby sušených vzoriek počítaných od pôvodnej farby na začiatku sušenia. Zaujímavé je, že najvyššia hodnota farebnej diferencie  $\Delta E_{ab} = 13,6$  bola dosiahnutá pri teplovzdušnom sušení pri režime 60 °C a hrúbke vzoriek 25 mm.



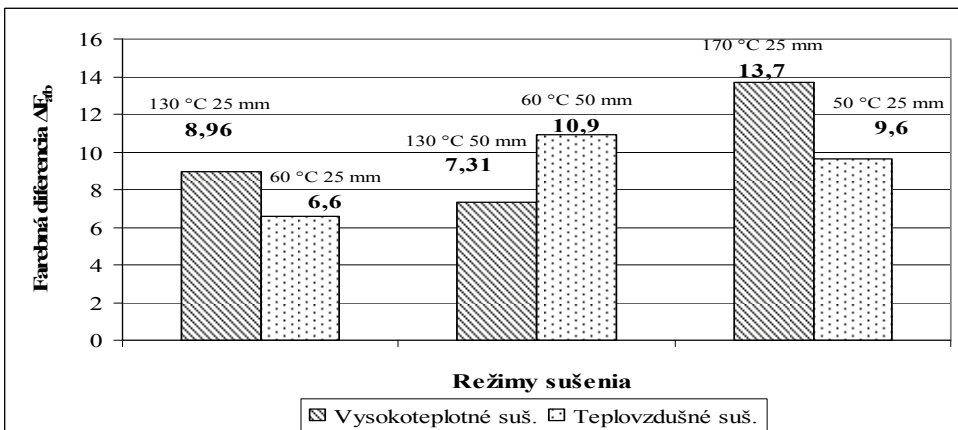
**Obr. 4** Farebné zmeny na povrchu vysúšaných vzoriek

Zmeny hodnoty farebnej diferencie  $\Delta E_{ab}$  sledované v 1/3 hrúbky vzoriek sú uvedené na obrázku 5. Pomerne vysoké hodnoty pri všetkých režimoch sú dôkazom, že zmena farby prebieha po priereze vzoriek, najvyššia diferencia sa prejavila pri teplovzdušnom sušení pri teplote 60 °C a hrúbke vzoriek 25 mm  $\Delta E_{ab} = 10,7$ .



Obr. 5 Farebné zmeny v 1/3 hrúbky vzoriek

To ako sa prejavovali zmeny farby vplyvom prestupovania teploty do stredových častí materiálu, teda po odpílení 1/2 hrúbky vzoriek sú uvedené na obrázku 6. Najvýraznejšia farebná diferenciacia sa prejavila pri teplote 170 °C a hrúbke 25 mm pri vysokoteplotnom sušení, dosiahla hodnotu  $\Delta E_{ab} = 13,7$ .



Obr. 6 Farebné zmeny v 1/2 hrúbky vzoriek

## DISKUSIA

Tak ako je uvedené vo výsledkoch meraní, najväčšia zmena farby na povrchových vrstvách bukových vzoriek  $\Delta E_{ab} = 13,6$  nastala pri teplovzdušnom sušení pri teplote 60 °C a hrúbke vzoriek 25 mm (obr. 4). V porovnaní s vysokoteplotným sušením, kde bola použitá maximálna teplota sušenia 130 °C a hrúbka 25 mm je to farebná diferenciacia na úrovni polovičnej hodnoty a to  $\Delta E_{ab} = 6,62$ . Najnižšia zmena farebnej diferencie  $\Delta E_{ab} = 2,9$  bola

pri teplovzdušnom sušení pri teplote 60 °C a hrúbke 50 mm, bola to odchýlka pod hodnotou  $\Delta E_{ab} = 3$ , ktorá sa považuje za zhodnú a pre pozorovateľa neodlíšiteľnú farbu.

Pri vysokoteplotnom sušení (Obr. 3) sa najväčšia zmena povrchovej diferencie prejavila pri najvyššej teplote 170 °C na hrúbku vzoriek 25 mm a to  $\Delta E_{ab} = 11,91$  ale v porovnaní s teplovzdušným sušením pre tu istú hrúbku a teplotu 50 °C bola táto zmena o niečo nižšia.

Hodnoty farebných zmien, ktoré charakterizujú zmenu farby po odrezaní 1/3 hrúbky vzoriek a počítané od pôvodnej farby sú znázornené na obrázku 5. Celkovo sa hodnoty farebnej diferencie znížili oproti povrchovým zmenám, až na teplovzdušné sušenia pri teplote 60 °C a hrúbke 50 mm kde sa hodnota zvýšila na  $\Delta E_{ab} = 9,5$ . Tu sa prejavil jeden výrazný činiteľ ovplyvňujúci stupeň sfarbenia a to čas sušenia 216 hodín.

Farebná diferencia v 1/2 hrúbky materiálu na obrázku 6 je ovplyvnená ďalším činiteľom a to teplotou sušenia. Pri vysokoteplotnom sušení bola najvyššia hodnota farebnej diferencie  $\Delta E_{ab} = 13,7$  dosiahnutá pri teplote 170 °C na hrúbku 25 mm, pri teplovzdušnom je výrazná zmena  $\Delta E_{ab} = 10,9$ , kde bola použitá teplota 60 °C a spolu s časom expozície výrazne ovplyvnila farebnú zmenu. Zapríčinené je pomalším odparovaním vody z vnútorných častí vzoriek, čo teda potvrdzuje, že so zvýšenou vlhkosťou narastá aj farebná zmena.

V celkovom hodnotení zmeny farby v priebehu sušenia, teda časových intervaloch môžeme konštatovať, že k najväčším farebným zmenám dochádza v prvých hodinách sušenia, či pri teplovzdušnom alebo vysokoteplotnom. Pri vysokoteplotnom sušení najvýznamnejšia zmena farby bola v prvých 6 hodinách (Obr. 3). Zaujímavé je, že po prvých troch hodinách bola zmena farby výraznejšia pri vzorkách sušených pri teplote 130 °C. Túto zmenu nie je možné odôvodňovať teplotou sušenia, pretože teplota prostredia bola v tomto úseku sušenia pri oboch režimoch rovnaká. V závere sušenia pri teplote 170 °C nastalo k výraznej zmene povrchovej farby aj napriek nízkej vlhkosti, a toto spôsobilo, že výsledný rozdiel farby medzi teplotou 130 °C a 170 °C bol významný.

Pri teplovzdušnom sušení boli najväčšie na farby na povrchových vrstvách zmeny v prvých 12 hodinách pri teplote 60 °C na hrúbku 25 mm (Obr. 1). Hodnota farebnej diferencie bola  $\Delta E_{ab} = 12,69$ . Teplota prostredia na konci tohto časového intervalu dosiahla hodnotu 48-51 °C a teplota stredových častí vzoriek 43-45 °C. Hodnota vlhkosti vzoriek na konci tohto úseku bola 45 %. Postupne s úbytkom vlhkosti klesala aj farebná diferencia. Vlhkosť na konci druhého intervalu medzi 12 a 24 hodinou klesla pod hodnotu BNV, čo sa prejavilo znížením hodnoty farebnej diferencie. Pri nižšej teplote ale rovnakej hrúbke 25 mm (Obr. 1) farebná diferencia bola  $\Delta E_{ab} = 11,3$ . Pri tomto režime teplota prostredia v úseku 12 hodín dosiahla hodnotu 46 °C a bola totožná s teplotou v stredových vrstvách.

Na obrázku 2 sú zobrazené farebné zmeny v časovom intervale 24 h pre hrúbku vzoriek 50 mm a teplotu 60 °C. Najvyššia hodnota farebnej diferencie  $\Delta E_{ab} = 6,62$  bola dosiahnutá v prvom intervale, kde teplota prostredia na konci tohto úseku dosiahla hodnotu 57 °C, a teplota materiálu 53-54 °C. Úbytok vlhkosti v tomto úseku bol z hodnoty 61 % na hodnotu 43 %.

## ZÁVER

Vysokoteplotné sušenie patrí medzi špeciálne spôsoby sušenia, kde sa využívajú vysoké teploty sušenia a to dáva predpoklad na zmenu farby dreva v procese sušenia. V tomto príspevku sme sa zamerali na použitie teplôt 130 °C a 170 °C v porovnaní s klasickým teplovzdušným sušením kde sme použili teploty 50 °C a 60 °C. Obidva

spôsoby sušenia v tomto príspevku ukázali spoločný znak, že zmena farby v procese sušenia bukového reziva sa najviac prejavila v prvých hodinách sušenia. Pri teplovzdušnom sušení výraznejšie pri hrúbke vzoriek 25 mm (Obr. 1) a menej pri hrúbke 50 mm (Obr. 2). Pri vysokoteplotnom sušení sa farebná zmena prejavila najviac pri teplote 130 °C a hrúbke 25 mm (Obr. 3). Výsledky ukázali, že zmeny farby po priereze materiálu sú výrazné aj vo vnútorných vrstvách a u vzoriek s hrúbkou 25 mm pri teplote 50 °C u teplovzdušného sušenia mali klesajúcu tendenciu. Vyššie hodnoty zmeny farby na povrchu dreva boli pri teplovzdušnom sušení, čo potvrdzuje vplyv času sušenia.

## LITERATÚRA

1. BALKOVSKÝ, I. – KLEMENT, I. – MARKO, P.: Farebné zmeny bukového reziva pri použití vysokých teplôt v procese sušenia. In: *Technológie spracovanie dreva. Medzinárodná vedecká konferencia, september 2006, Zvolen: TU vo Zvolene, 2006. s. 23 - 29. ISBN 80-228-1666-3.*
2. DZURENDA, L. – DELIISKI, N.: Matematický model pre stanovenie normatívu spotreby tepla na farebnú homogenizáciu bukových prírezov v tlakových autoklávoch. In: *Trieskové a beztrieskové opracovanie dreva. VI. Medzinárodná vedecká konferencia, september 2008, Zvolen: TU vo Zvolene, 2008. s.307-314. ISBN 978-80-228-1913-8.*
3. HUNTER, R. S.: Photoelectric Color Difference Meter. In: *Proceedings of the Winter Meeting of the Optical Society of America, JOSA, vol 38, issue 7. pp. 651-651 July 1948.*
4. KUBINEC, P.: Ako vnímame farby. 2002, s.2 – 4. Dostupné na internete: <<http://www.lsg.sk/~pkubinec/ako%20vnimame%20farby.pdf>>.
5. PLAVÝ, M.: Teplovzdušné sušenie bukového reziva bez zmeny jeho farby: diplomová práca, Zvolen: TUZVO, 2010. 72 s.
6. POŽGAJ, A. et al.: *Štruktúra a vlastnosti dreva. 2 vyd. Bratislava: Príroda, 1997. 488 s. ISBN 80-07-00960-4.*
7. TREBULA, P. – KLEMENT, I.: *Sušenie a hydrotermická úprava dreva. II. vyd. Zvolen: TU vo Zvolene, 2005. 449 s. ISBN 80-228-1421-0.*
8. ON 49 0651 Umelé sušenie reziva

## Podakovanie

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA MŠ SR č. 1/0231/08.