

**Antonín LOKAJ<sup>1</sup>, Kristýna VAVRUŠOVÁ<sup>2</sup>**

**DESTRUKTIVNÍ TESTOVÁNÍ VYBRANÝCH DRUHŮ LISTNATÉHO ŘEZIVA MALÝCH  
KONSTRUKČNÍCH ROZMĚRŮ**

**Abstract**

Content of this article is physical and mechanical deciduous timber properties determination using destructive testing and single testing correlative factor assesment.

**1 ÚVOD**

V současné době dochází, díky cenové dostupnosti a výborným materiálových charakteristikám, k stále většímu užití dřeva a materiálů na jeho bázi pro stavební účely. Vedle klasického smrkového řeziva se začíná používat i řezivo listnatých stromů, mezi jehož nejčastěji užívané zástupce patří řezivo bukové a dubové a z tohoto důvodu byly pro testování vybrány soubory vzorků těchto dřevin.

**2 SOUBORY VZORKŮ**

Pro stanovení fyzikálních a mechanických materiálových charakteristik byly sestaveny dva soubory vzorků:

- soubor vzorků bukového řeziva – 60 ks – rozměry: 40\*50\*1000 mm;
- soubor vzorků dubového řeziva – 60 ks – rozměry: 50\*50\*1000 mm.

Tyto soubory vzorků byly sestaveny na základě vizuálního zařídění dle platných norem pro daný druh dřeviny (Tab. 1).

**Tabulka 1:** Vizuální zařídění vybraných souborů vzorků

Druh řeziva	Norma	Posuzovaný typ	Vizuální třída
Buk	ČSN EN 975-1 + A1	Opracované řezivo (vlhkost: 12% ±2%)	F-D A
Dub	ČSN EN 975-1 + A1	Dubový hranol	Q-P A

**3 TESTOVÁNÍ LISTNATÉHO ŘEZIVA**

**Stanovení hustoty**

Hustota byla stanovena ze skutečných rozměrů a hmotností vzorků a následně byla převedena dle kritérií ČSN EN 384 na hustotu při 12% vlhkosti.

Hustota byla při vlhkosti dřeva větší než 12% redukována o 0,5% pro každé procento rozdílu vlhkosti dřeva a při vlhkosti menší než 12% zvětšena o 0,5% pro každé procento rozdílu vlhkosti dřeva.

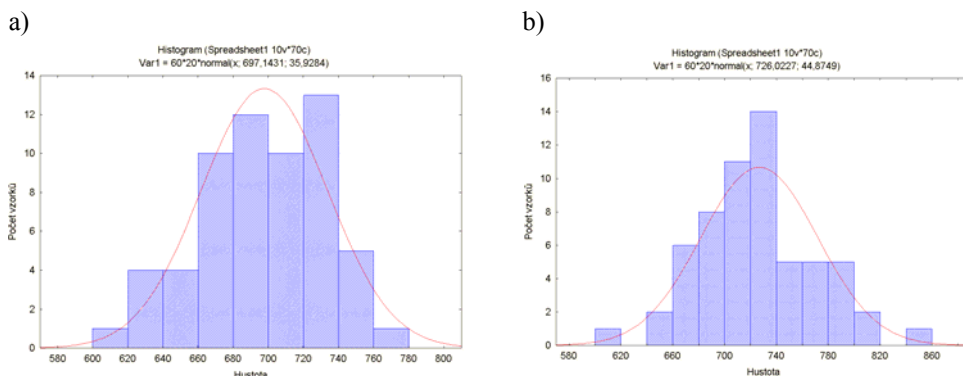
---

<sup>1</sup> Doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 302, e-mail: atonin.lokaj@vsb.cz.

<sup>2</sup> Ing. Kristýna Vavrušová, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 375, e-mail: kristyna.vavrusova@vsb.cz.

Pro měření vlhkosti vzorků souboru byly užity dotykové vlhkoměry WNT 650, WHT 860 a FMW-B. Průměrná hodnota vlhkosti souboru vzorků bukového řeziva byla 12,7% a dubového řeziva 9,0%.

Na základě naměřených hodnot byla spočtena hustota vzorů při 12% vlhkosti. U bukového řeziva je průměrná hodnota hustoty  $697 \text{ kg.m}^{-3}$  a pro dubové řezivo  $726 \text{ kg.m}^{-3}$  (Obr. 1 a) b)).



**Obr. 1:** Histogram naměřených hodnot a aproximace Gaussovým rozdělením hustoty při 12% vlhkosti a) bukového řeziva, b) dubového řeziva

### Pevnost v ohybu

Pro stanovení pevnosti v ohybu byla provedena zatěžovací zkouška na hydraulickém lisu EU 40 (Obr. 2) dle zatěžovacího schématu a podmínek ČSN EN 408.



**Obr. 2:** Hydraulický lis EU 40

Na základě hodnot získaných z ohybové zkoušky je pevnost v ohybu určena dle následujícího vzorce, který uvádí ČSN EN 408:

$$f_m = \frac{a \cdot F_{\max}}{2 \cdot W} \quad [\text{MPa}], \text{ kde} \quad (1)$$

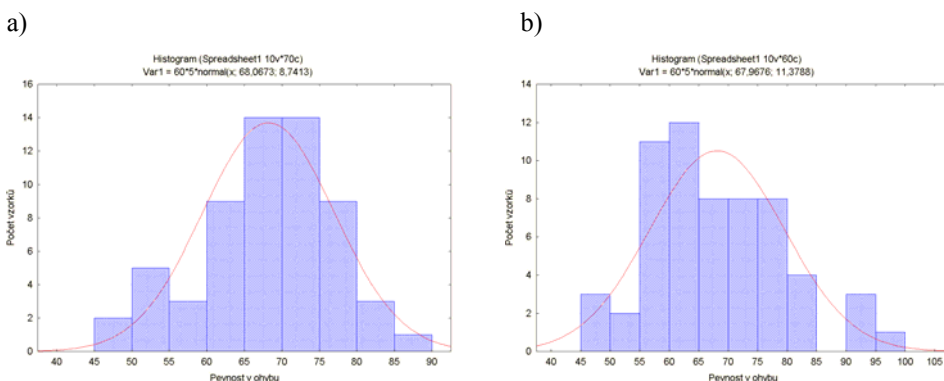
$F_{\max}$ ... je největší zatížení;  
 $W$ ... modul průřezu vzorku;  
 $a$ ... vzdálenost zatěžovacího břemene od bližší podpěry.

Hodnota pevnosti v ohybu určena dle vzorce v ČSN EN 408 je dále redukována dle kritérií normy ČSN EN 384 na výšku  $h = 150$  mm dělením součinitelem:

$$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2}, \text{ kde} \quad (2)$$

$h$  ... výška průřezu vzorku.

Redukovaná pevnost v ohybu bukového řeziva se pohybuje v rozmezí 45 – 90 MPa a průměrná hodnota je 68,01 MPa. U dubového řeziva se pevnost v ohybu pohybuje v rozmezí 45 – 100 MPa s průměrnou hodnotou 67,97 MPa.



**Obr. 3:** Histogram naměřených hodnot a aproximace Gaussovým rozdělením pevnosti v ohybu  
a) bukového řeziva, b) dubového řeziva

Pro možnost zatřídění listnatého řeziva do pevnostních tříd dle ČSN EN 338 je nutno stanovit charakteristickou hodnotu pevnosti v ohybu  $f_k$  dle ČSN EN 384 ze vzorce:

$$f_k = f_{05} \cdot k_s \cdot k_v \text{ [MPa]}, \text{ kde} \quad (3)$$

- $f_{05}$  ... průměr hodnot 5procentních kvantilů pro každý výběr;
- $k_s$  ... součinitel zohledňující počet výběrů a jejich rozsah (pro jeden výběr o 60 vzorcích  $k_s = 0,815$ );
- $k_v$  ... součinitel uvažující nižší variabilitu hodnot  $f_{05}$  pro strojně tříděné dřevo v porovnání s vizuálně tříděným dřevem (pro vizuální zatřídění  $k_v = 1,0$ ).

Dosazením do vzorce (3) získáme charakteristickou hodnotu pevnosti v ohybu pro bukové dřevo  $f_k = 43,34$  MPa a pro řezivo dubové  $f_k = 40,62$  MPa.

### Modul pružnosti v ohybu

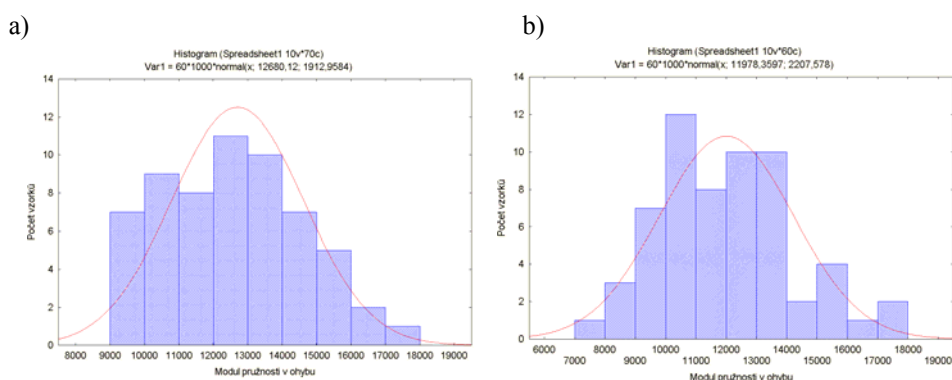
Zatěžovací schéma pro získání modulu pružnosti v ohybu je shodné se zatěžovacím schématem pro získání pevnosti v ohybu.

Na základě hodnot získaných z ohybové zkoušky dle ČSN EN 408, je určen modul pružnosti v ohybu dle následujícího vzorce, za předpokladu  $E/G = 16$ :

$$E_m = \frac{5 \cdot F_{\max} \cdot L^3}{162 \cdot I_y \cdot u} + \frac{16 \cdot \kappa \cdot F_{\max} \cdot L}{3 \cdot A \cdot u} \text{ [MPa]}, \text{ kde} \quad (4)$$

$F_{\max}$ ... je největší zatížení;  
 $L$ ... vzdálenost mezi podporami;  
 $I_y$ ... moment setrvačnosti vzorku;  
 $u$ ... průhyb pod zatěžovacím břemenem;  
 $\kappa$ ... součinitel;  
 $A$ ... plocha průřezu vzorku.

Pro bukové řezivo se modul pružnosti v ohybu pohybuje v rozmezí 9 000 – 18 000 MPa s průměrnou hodnotou 12 680 MPa. U dubového řeziva jsou hodnoty modulu pružnosti v ohybu v rozmezí 7 000 – 18 000 s průměrnou hodnotou 11 978 MPa (Obr. 4).



**Obr. 4:** Histogram naměřených hodnot a aproximace Gaussovým rozdělením modulu pružnosti v ohybu a) bukového řeziva, b) dubového řeziva

U bukového řeziva došlo při ohybové zkoušce v 86% k porušení trámu v tahové oblasti a u 14% trámů došlo primárně k porušení v tlakové oblasti (Obr. 5). U řeziva dubového došlo k primárnímu porušení v tlakové oblasti pouze u 4% vzorků a v 96% v oblasti tahové (Obr. 6).



**Obr. 5:** Porušení bukového řeziva v tlakové oblasti



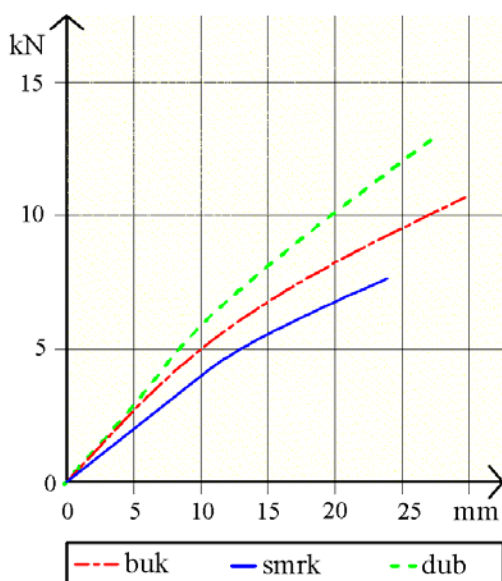
**Obr. 6:** Porušení dubového řeziva v tahové oblasti

## 4 ZATĚŽOVACÍ KŘIVKY

Zatěžovací křivka vykresluje závislost přetvoření na velikosti působící síly v místě pod zatěžovacím břemenem.

Na základě zatěžovacích křivek, získaných při ohybové zkoušce, byla stanovena průměrná zatěžovací křivka celého souboru vzorků v místě pod zatěžovacím břemenem.

Na obrázku 7 jsou znázorněny průměrné zatěžovací křivky jednotlivých souborů vzorků. Pro srovnání je uvedena i křivka smrkového řeziva získána v předchozím měření na vzorcích obdobných rozměrů.



Obr. 7: Průměrné zatěžovací křivky

Z tohoto obrázku je patrné, že bukové i dubové řezivo vykazuje téměř shodný, lineární průběh zatěžovací křivky pod zatěžovacím břemenem v oblasti do 40% maximálního zatížení. Dále pak při větším zatížení, vykazuje bukové řezivo větší průhyb při stejném zatížení jako řezivo dubové.

## 5 KORELACE ZÍSKANÝCH HODNOT

Pomocí programu Statistica byly určeny korelační součinitele jednotlivých měření (Tab. 2, Tab. 3).

**Tabulka 2:** Korelační součinitele fyzikálně-mechanických vlastností bukového řeziva

	Hustota	Pevnost v ohybu	Modul pružnosti v ohybu
Hustota	1,00	0,53	0,52
Pevnost v ohybu	0,53	1,00	0,45
Modul pružnosti v ohybu	0,52	0,45	1,00

**Tabulka 3:** Korelační součinitele fyzikálně-mechanických vlastností dubového řeziva

	Hustota	Pevnost v ohybu	Modul pružnosti v ohybu
Hustota	1,00	0,53	0,49
Pevnost v ohybu	0,53	1,00	0,83
Modul pružnosti v ohybu	0,49	0,83	1,00

Za základní korelační veličinu je brána hustota vzorku, neboť ta přímo vychází se skutečných rozměrů a hmotnosti vzorků. Z výše uvedených tabulek je patrné, že korelační součinitele pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu s hustotou jsou u obou druhů řeziv téměř shodné s hodnotou v rozmezí 0,49 – 0,53.

## 6 ZÁVĚR

Z výše uvedeného je patrné, že dubové řezivo vykazuje nižší hodnotu pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu při vyšší hustotě než řezivo bukové.

Na základě zjištěných charakteristických pevností v ohybu (bukové řezivo  $f_k = 43,34$  MPa a dubové řezivo  $f_k = 40,62$  MPa) lze tyto 2 testované druhy řeziva zařadit do pevnostní třídy D40 dle ČSN EN 338.

## LITERATURA

- [1] ČSN EN 338 Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti, ČNI, říjen 2003.
- [2] ČSN EN 408 Dřevěné konstrukce – Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo – Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností, ČNI, únor 2004.
- [3] ČSN EN 384 Konstrukční dřevo – Zjišťování charakteristických hodnot mechanických vlastností a hustoty, ČNI.
- [4] ČSN EN 975-1 +A1 Řezivo – Vizuální třídění listnatého dřeva – Část 1: Dub a buk. ČNI, leden 2001.
- [5] LOKAJ, A., VAVRUŠOVÁ, K., HURTA, J., Materiálové charakteristiky jehličnatého dřeva, In *SBORNÍK vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, vydavatel: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 1 – 4, ISBN 978-80-248-1661-6, ISSN 1213-1962.

**Oponentní posudek vypracoval:** Ing. Jan Pajdla, L.A.Bernkop 1883, a.s., Frenštát pod Radhoštěm