

## MĚŘENÍ HUSTOTNÍHO PROFILU NEROVNOMĚRNĚ SLISOVANÉHO DŘEVA OSIKY OBECNÉ POMOCÍ PŘÍSTROJE X – RAY DENSE – LAB

A. Dejmal, J. Šrajec, J. Hrázský

**Došlo: 27. května 2009**

### Abstract

DEJMAL, A., ŠRAJEC, J., HRÁZSKÝ, J.: *Determination of density profiles of unevenly compressed wood of Populus tremula using the X – RAY DENSE – LAB laboratory device.* Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2009, LVII, No. 5, pp. 71–78

The paper deals with the measuring of the density profile of unevenly pressed wood of European aspen (*Populus tremula* L.). The main aim of the work is to examine in an experimental way the possibilities of using the X – RAY DENSE – LAB laboratory equipment designed for the determination of density profiles of agglomerated and plied large-area materials. The work uses the X – RAY DENSE – LAB equipment to determine the density profile of the cross-section of unevenly pressed aspen wood, plasticized hydrothermally, without the presence of chemical substances. The work also presents calculations of the level of compression/densification in dependence on the density and it describes the factors that can influence the density profile of compressed/densified wood; at the same time, it presents the possible ways to determine the density profile in the cross-section. Further, it includes the creation of the methodology for sample preparation so that the results do not get distorted during measuring. It describes the preparation of sample pieces, the orientation of the anatomic structure, the methodology of pressing, air conditioning, sample preparation, their measuring and analysis. The paper also describes the theory and the principles of measuring with use of X – RAY DENSE – LAB and its calibration. The paper analyses the obtained results of density profiles and searches for and describes the causes of the uneven distribution of the density in the cross-section. It concludes by summarizing the results and recommending the procedure for future measuring.

X – RAY DENSE – LAB, level of compression/densification, density profile, uneven wood compression/densification, wood plasticization

Rostoucí nedostatek tvrdých dřev s dobrými mechanickými vlastnostmi a o vysoké estetické hodnotě vyvolává snahu je nahradit (van Acker, Hill, 2003). V poslední době se stále více odborných prací věnuje numerickému modelování komprimace jehličnatých dřev nebo experimentům se zhušťováním těchto dřev (Haller, Wehsener, 2004; Nakrm, 2005). Jednou z možností zvýšení hustoty dřeva je lisování neboli komprimace nativního dřeva (Kafka a kol., 1989). Zvýšením hustoty dřeva se úměrně zvyšují jeho mechanické vlastnosti (Horáček, 1998). Vzhledem k charakteristické ortotropní stavbě dřeva přichází pro tento účel v úvahu především zhuštění

dřeva lisováním kolmo na dřevní vlákna. Zvýšení užitečných vlastností, zejména pevnosti zhuštěného dřeva, je podmíněno faktem, že nedojde k podstatnější destrukci základních stavebních elementů dřeva. Do určitého stupně lze zhušťovat všechny druhy dřev. Nízký stupeň slisování dřeva lze dosáhnout i bez předchozí plastifikace. Dřeviny s velkým rozdílem hustoty jarního a letního dřeva v rámci letokruhu, zejména jehličnany a dřeviny kruhovitě pórovité, byly prozatím pro zhušťování používány méně. Daleko vhodnější dřeviny pro komprimaci se doposud jeví roztroušeně pórovité dřevo topolů, bříz nebo vrb.

K optimálnímu zhuštění dřeva může dojít v oblasti tzv. plastických deformací. Ke zlepšení plastičnosti (tvárnosti) dřeva se kromě hydrotermické úpravy ve vodě a vodní páře (vaření a paření) používá i úprava chemická v amoniaku – čpavkování (Kafka a kol., 1989), úprava pomocí ohřevu na radiových frekvencích při rovnoměrné vlhkosti dřeva vysušeného na 18 až 24% vlhkosti nebo plastifikace mikrovlnným ohřevem (Makovíny, Zemiar; 2006). Listnaté dřeviny roztroušeně pórovité lze dobře zhušťovat i bez chemické plastifikace. Na úroveň slisování má největší vliv vlhkost dřeva. Optimální vlhkost pro změnu tvaru nativního dřeva (ohýbání, lisování) je mírně pod mezí hygroskopicity. Při této vlhkosti je významně snížena pevnost dřeva. Určitý vliv na snížení pevnosti dřeva má také zvýšení teploty dřeva. Působení obou faktorů se z důvodu zvýšení účinku plastifikace využívá zpravidla současně (Horáček, 1998).

Velmi dobré výsledky vykazuje plastifikace vlhkého dřeva amoniakem za zvýšené teploty. Následně zhuštěné dřevo je vzhledově, a také některými materiálovými vlastnostmi, porovnatelné s těžkými tmavými exoty, jakými jsou např. eben nebo teak. Také tvarovou stabilitu ve vlhkém a mokřem prostředí má takto modifikované dřevo vyšší než dřevo zhuštěné bez předchozí chemické plastifikace (Kafka a kol., 1989). V tomto případě plastifikace ale zůstává ve dřevě určitý reziduální těžko odstranitelný podíl nenavázaného amoniaku, který je patrný zejména při obrábění tohoto materiálu (Dejmal, Holan, Horáček; 2001).

Cílem naší práce bylo experimentálně ověřit možnost využití laboratorního zařízení X – RAY DENSE – LAB, určeného pro zjišťování hustotního profilu aglomerovaných a překližovaných velkoplošných materiálů. Zařízení bylo použito pro stanovení hustotního profilu průřezu nerovnoměrně lisovaného nativního dřeva osiky obecné, plastifikované hydrotermicky, bez přítomnosti chemických látek.

## ZHUŠŤOVÁNÍ DŘEVA

Při komprimaci dřeva převažují postupy lisování dřeva kolmo na dřevní vlákna.

Kafka (1989) uvádí, že pro většinu způsobů zhušťování dřeva platí pro stupeň slisování (zhuštění) –  $\varepsilon$  lze použít vzorec:

$$\varepsilon = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0},$$

kde:

$\varepsilon$ ..... stupeň slisování,

$\rho_0$ ... původní hustota dřeva ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ),

$\rho$  .... konečná hustota zhuštěného dřeva ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

Tento způsob výpočtu stupně zhuštění je možný za předpokladu konstantní hustoty zpracovávaného dřeva. Maximální stupeň slisování dřeva –  $\varepsilon_{\max}$  je limitován jeho počáteční hustotou a hustotou samotné dřevní substance, která je pro všechny dřeviny přibližně stejná ( $\rho_s = 1530 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

$$\varepsilon_{\max} = 1 - \frac{0,64 \rho_s}{1 + K_0 w_h},$$

kde:

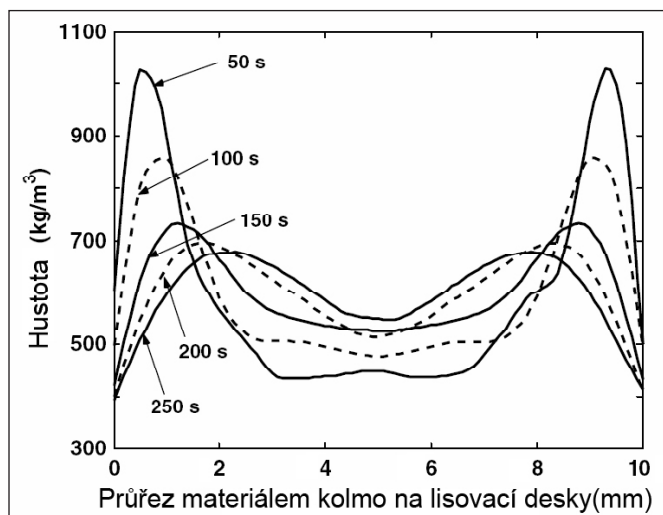
$\varepsilon_{\max}$ ..... maximální stupeň slisování,

$\rho_s$ ..... hustota dřevní substance,

$K_0$ ..... koeficient objemového sesychání,

$w_h$ ..... vlhkost dřeva do meze hygroskopicity (Kafka a kol., 1989).

Uvedené vzorce počítají s průměrnou hodnotou hustoty a nezobrazují možné nerovnoměrné rozložení hustoty na průřezu tělesa. Na rovnoměrnost zhuštění dřeva má, kromě anatomické stavby, vliv rychlost pohybu lisovací desky (obr. 1) a stupeň zhuštění. Čím pomalejší je rychlost lisování a čím větší je stupeň zhuštění, tím rovnoměrněji je dřevo zhuštěno (viz obr. 1). Naopak nerovnoměrného zhuštění materiálu po průřezu lze docílit buďto tva-



1: Model vlivu rychlosti uzavírání lisu na hustotní profil (Painter, Budman, Pritzker; 2006)

rovanou lisovací deskou nebo úpravou tvaru povrchu dřeva a následným slisováním do roviny, případně vysokou rychlostí lisování.

Takto upravené dřevo má následně v různých místech rozdílnou hustotu. U dřeva nerovnoměrně slisovaného může dojít k různému rozložení materiálových vlastností v objemu tělesa, ale i ke změně textury dřeva (Chuchrjanský, 1953). Nabízí se tedy otázka, jak zjistit rozložení hustoty u dřeva nerovnoměrně slisovaného.

## MATERIÁL A METODY

### Příprava a výroba zkušebních těles

Zkušební tělíska byla připravena slisováním jednostranně profilovaného plastifikovaného hranolu – osiky obecné (*Populus tremula* L.). Tato dřevina má měkké a lehké dřevo. Uváděná průměrná hustota je  $\rho_0$  450 kg.m<sup>-3</sup> a průměrná tvrdost 27 MPa (Požgaj a kol., 1997). Tato dřevina se rychle suší, dobře moří, opracovává, impregnuje, ale je měkká a málo trvanlivá (Šlezingerová, Gandelová; 1999).

Radiální řezivo bylo nejprve tvarově opracováno na požadovaný tvar těles (obr. 2, a). Rozměrově a tvarově upravená tělesa o vlhkosti 12 % byla nejprve plastifikována v autoklávu, v prostředí horké vodní páry po dobu tří hodin (ohřev jedna hodina, vlastní plastifikace dvě hodiny). Po plastifikaci proběhlo slisování do požadovaného tvaru obdélníkového průřezu (obr. 2, b), zafixování v přípravku a následné vysušení probíhalo 72 hodin v laboratorní sušárně při teplotě 50 °C na rovnovážnou vlhkost 12 %. Lisovací síla 1 MPa působila na tělíska v jedné rovině v radiálním směru. Pro lisování bylo využito jednostranně uzavíraného lisu. Tímto postupem získala tělíska pravidelný obdélníkový průřez, ale nerovnoměrně rozloženou objemovou hustotu v průřezu. Nerovnoměrné rozložení hustoty dřeva v průřezu zkušebního tělíska však není z makroskopického hlediska zcela zřejmé. Představu o rozložení hustoty v průřezu lze získat několika způsoby. Pomocí mikroskopických preparátů (mikrořezů nebo výbrusů

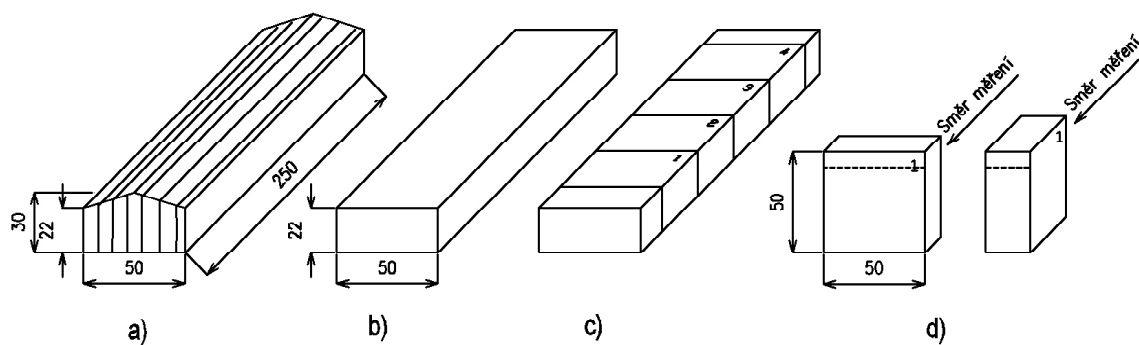
ze vzorků zalitých do pryskyřic), což je ale finančně i časově náročné, nebo pomocí dalších nedestruktivních zařízení jako například zařízení využívající  $\gamma$  a rentgenového záření. K experimentálnímu zjištění rozložení hustoty nerovnoměrně slisovaného dřeva bylo vybráno a použito laboratorní zařízení X – RAY DENSE – LAB. Klimatizovaná tělesa byla dále dle normy ČSN EN 326-1 rozdělena na vzorky o plošných rozměrech 50 × 50 mm (obr. 2, c) tak, aby je bylo možné dále měřit. Na těchto vzorcích byla stanovena hustota.

### Zařízení X – RAY DENSE – LAB

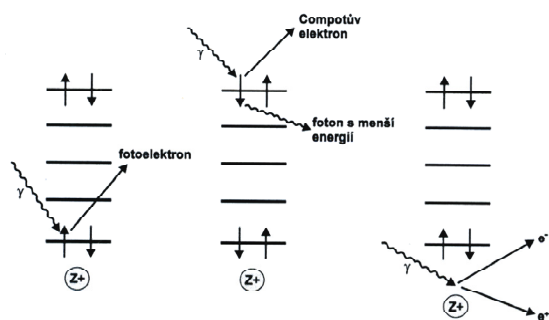
Zřízení pracuje na principu  $\gamma$  a rentgenového záření, které při energii menší než 0,1 MeV reaguje převážně s elektrony ve vnitřních atomových orbitalech. Samotné  $\gamma$  záření nemá schopnost ionizovat přímou elektromagnetickou interakcí jako částice nesoucí náboj. Ionizuje nepřímo účinkem sekundárních elektronů, které vznikají při průchodu  $\gamma$  záření látkou, a to třemi ději (fotoefektem, Comptonovým rozptylem a tvorbou párů (obr. 3). Při energii menší než 0,1 MeV se tedy na elektron přenášela celá energie fotonu, foton zaniká a elektron se z atomu uvolňuje jako tzv. fotoelektron. Děj se nazývá fotoefekt. V důsledku zaplňování vzniklé vakance elektrony z vyšších orbitalů je fotoefekt provázen vznikem charakteristického rentgenového záření (Hála, 1998). Ionizující záření je posléze snímáno pomocí polovodičového detektoru z germania. Na obrázku č. 3 je znázorněn přístroj X – RAY DENSE – LAB, na kterém bylo provedeno měření.

### Kalibrace přístroje X – RAY DENSE – LAB

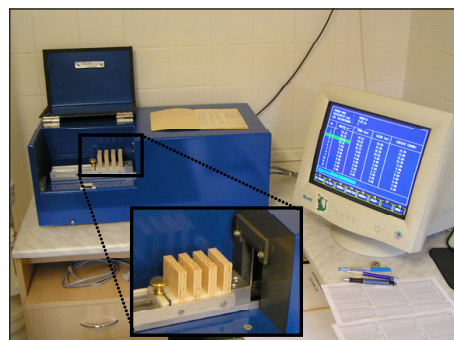
Před samotným měřením je zapotřebí provést kalibraci přístroje pro zkoumaný materiál. Tento krok se provádí z důvodu rozdílné absorpce  $\gamma$  paprsků v různých materiálech. Kalibrace probíhá pomocí zjištění rozdílů mezi nejmenší a největší absorpcí při definované hustotě materiálu, z čehož je posléze složena kalibrační křivka, podle které jsou vyhodnoceny výsledky. Přístroj je upraven pro měření zkušebních těles o rozměrech 50 × 50 mm, s tolerancí



2: Postup přípravy zkušebních těles pro měření hustotního profilu nerovnoměrně slisovaného dřeva topolu: a) rozměry zkušebního tělesa vyrobeného z radiálního řeziva topolu před slisováním se znázorněním průběhu vláken, b) rozměry zkušebního tělesa po slisování jednostranně uzavíraným lisem v radiálním směru při tlaku 1 MPa, c) rozmístění zkušebních vzorků pro měření hustotního profilu dle ČSN EN 326-1, d) rozměry zkušebních těles, směr a místo měření hustotního profilu



3: Interakce vznikající při absorpci  $\gamma$  záření: a) fotoefekt, b) Comptonův rozptyl, c) tvorba párů, (Hála, 1998)



4: Zařízení X – RAY DENSE – LAB na měření hustotního profilu a umístění měřených vzorků

v rozmezí +1 mm a – 4 mm (obr. 2, d) a délce od 0,1 do 180 mm. Pro kalibraci je nejprve změřen vzorek o rozměrech 50 × 50 mm s co nejmenší délkou (co nejmenší absorpcí  $\gamma$  záření) a vzorek o rozměrech 50 × 50 × ≤50 mm nebo rozměru co nejvíce se blížícímu k této hodnotě (s co největší absorpcí  $\gamma$  záření). Ze zjištěných hodnot je proložena absorpční křivka, podle které probíhá měření. Kalibrační křivka je uložena v počítači a lze ji kdykoliv použít. Kalibrační měření probíhá kolmo na směr, ve kterém je zapotřebí zjišťovat hustotní profil (obr. 2, d).

### Měření hustotního profilu

Měření hustotního profilu bylo provedeno na 12 vzorcích ze tří vzorových těles, které byly náhodně vybrány ze souboru odlisovaných a klimatizovaných těles. Vzorky byly připraveny dle normy ČSN EN 326-1 (obr. 2), dále byly klimatizovány a dle normy ČSN EN 323 byla zjištěna hustota slisovaných tělísek. Rozměry vzorků byly zjištěny pomocí posuvného digitálního měřidla s přesností na 0,01 mm. Dále byly zváženy pomocí laboratorních vah s přesností na 0,001 g a opětovně byla zjištěna jejich vlhkost. Takto připravené vzorky byly dle obr. 4 umístěny do přístroje X – RAY DENSE – LAB a byl změřen hustotní profil v požadovaném směru (obr. 2, d). Měření hustotního profilu probíhalo v krocích po 0,01 mm. Pro ucelený přehled rozložení hustoty ve zkoumaných vzorcích bylo měření provedeno také kolmo na již měřenou plochu. Naměřené hodnoty byly vyhodnoceny graficky.

### VÝSLEDKY A DISKUSE

Na obr. 6 jsou rozeznatelné jednotlivé letokruhy jarního a letního dřeva s rozdílnou hodnotou hustoty. Proložená polynomičká křivka znázorňuje nerovnoměrné rozložení hustoty i v ploše lisovaného vzorku. Nerovnoměrnost je zřejmě způsobena tvarem tělesa. Střední část je z důvodu stříškovitého tvaru vzorku zhuštěna více, kdežto okrajové části vzorku byly zhuštěny jen minimálně. Lisováním se zároveň mírně snížil rozdíl hodnot hustoty mezi jarním a letním dřevem. Z obou předchozích grafů lze sestavit celkovou představu o hustotním profilu zkušebních těles a z nich vyrobených vzorků.

Před lisováním byla hustota dřeva v průřezu kolmém na radiální směr zhruba konstantní. V důsledku lisování profilovaného tělíska došlo k nerovnoměrnému zhuštění na průřezu materiálu. Zjištěná průměrná hustota dřeva  $\rho_0$  před plastifikací a lisováním při vlhkosti 12 % činila 362,15 kg.m<sup>-3</sup>. Po slisování při stejné vlhkosti vzrostla na 420,3 kg.m<sup>-3</sup>. Nárůst hustoty činí v průměru 58 kg.m<sup>-3</sup>. Tento přírůstek hustoty dřeva lze vysvětlit právě změnou příčných rozměrů průřezu zkušebního vzorku vyvolanou komprimací dřeva.

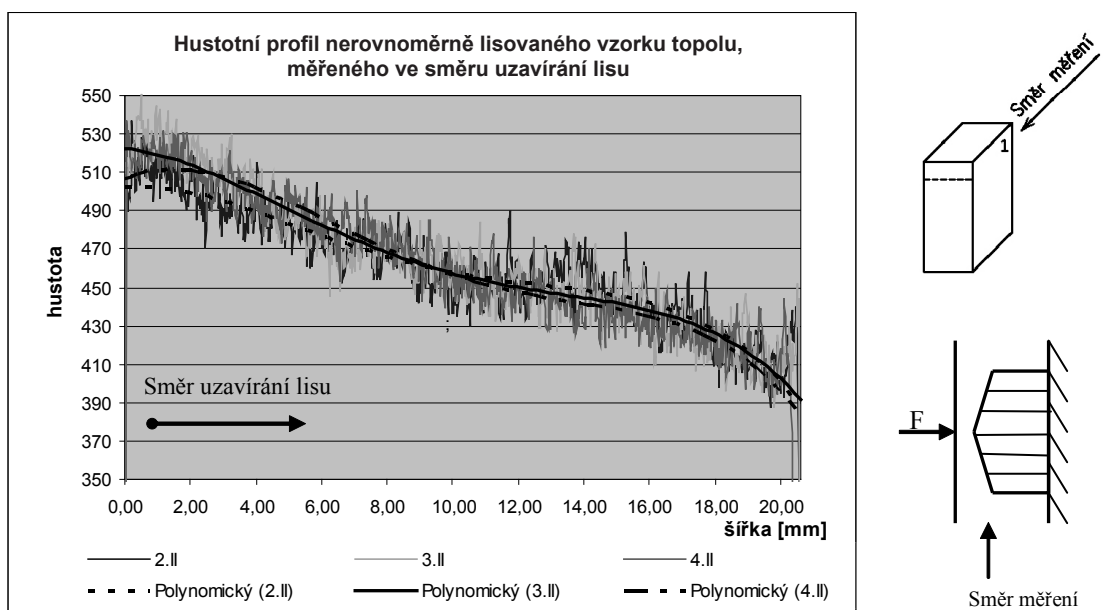
Experimentem se prokázalo, že pomocí jednoduché úpravy rozměrů vzorků určených ke kalibraci přístroje i vzorků zkoumaných lze pro určení nerovnoměrně rozložené hustoty u nerovnoměrně lisovaného dřeva použít laboratorní přístroj X Ray Denselab. Pro dosažení nezkráceného výsledku je však zapotřebí, aby vzorek určený ke kalibraci byl ze stejného materiálu, jako jsou měřené vzorky o stejné vlhkosti a stejné orientaci letokruhů.

Pro experimenty podobného charakteru je zapotřebí, aby testované vzorky měly radiální charakter. Jiná orientace letokruhů ve zkušebních těliscích by způsobila zkreslení dosažených výsledků.

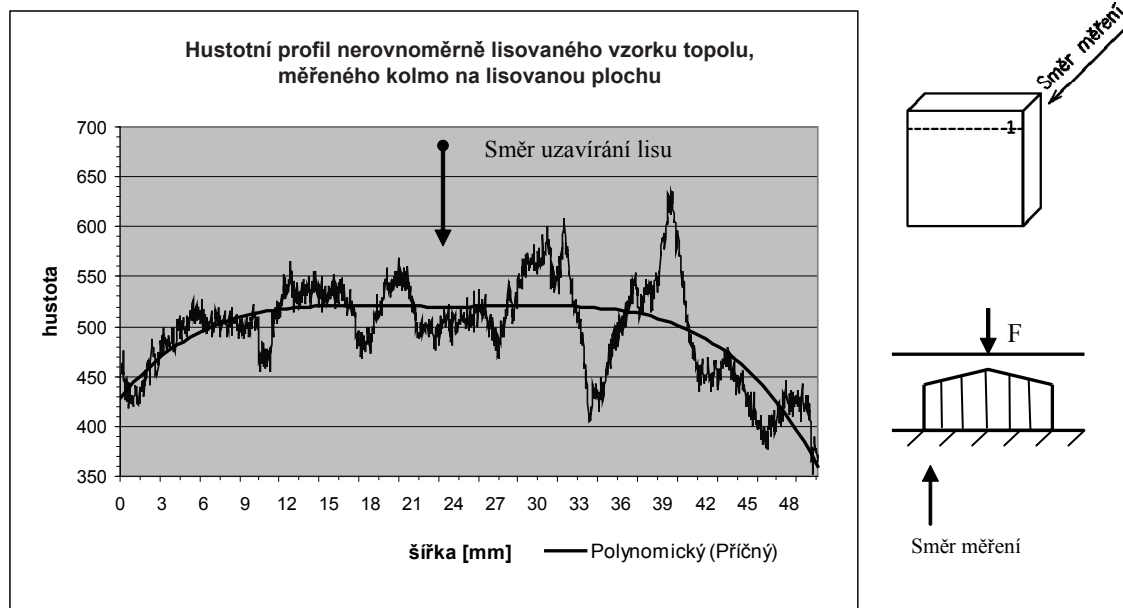
Problematika modifikace dřeva zhušťováním dřevní struktury plastifikovaného dřeva je poměrně perspektivní oblastí zhodnocování tuzemské dřevní suroviny (Militz, Hill; 2005). Výzkum a vývoj se v posledním období soustředil především na oblast vývoje technologie komprimovaného modifikovaného dřeva s nízkou hustotou (Haller, Wehsener; 2004). Materiály na bázi rostlého dřeva tak získávají očekávané vlastnosti.

Dalším krokem výzkumu by mělo být ověření všech zákonitostí, které mají vliv na slisovatelnost dřeva a rovnoměrnost či nerovnoměrnost slisování. Těchto vlastností by se mohlo využít při výrobě nových nebo úpravě stávajících materiálů.





5: Hustotní profil nerovnoměrně lisovaného vzorku topolu. V pravém dolní části je znázorněn směr působení lisovací síly a způsob uzavírání lisu a zároveň směr, ve kterém byla měřena hustota. V pravé horní části je zobrazen směr měření hustotního profilu na vzorku o plošných rozměrech  $50 \times 50$  mm. Z grafu je patrné nerovnoměrné rozložení hustoty v příčném řezu materiálem. Zvýšená hustota způsobená komprimací dřeva lisováním profilovaného vzorku klesá směrem od profilu stříšky ke spodní (statické) lisovací desce. Tento rozdíl hustoty je pravděpodobně způsoben několika faktory. Hlavní roli hrál stříškovitý tvar vzorku. Při postupném uzavírání lisu docházelo nejprve k lisování stříšky, kde bylo na materiál působeno větší silou, z důvodu menší lisovací plochy, při stejném tlaku v hydraulickém obvodu. Druhým faktorem nerovnoměrnosti slisování je pravděpodobně i jednostranné uzavírání lisu.



6: Hustotní profil nerovnoměrně lisovaného vzorku topolu. V pravé části grafu je stejně jako u obr. 5 znázorněn směr působení síly, uzavírání lisu a měření.

## SOUHRN

Cílem práce bylo experimentálně ověřit možnosti využití laboratorního zařízení X – RAY DENSE – LAB, určeného pro zjišťování hustotního profilu aglomerovaných a překližovaných velkoplošných materiálů. Zařízení bylo použito pro stanovení hustotního profilu průřezu nerovnoměrně lisovaného nativního dřeva, plastifikovaného hydrotermicky, bez přítomnosti chemických látek.

Zkušební tělíska byla připravena slisováním jednostranně profilovaného plastifikovaného hranolu osiky obecné (*Populus tremula* L.). Před lisováním byla hustota dřeva v průřezu kolmém na radiální směr zhruba konstantní. V důsledku lisování profilovaného tělíska došlo k nerovnoměrnému zhuštění na průřezu materiálu. Zjištěná průměrná hustota dřeva  $\rho_0$  před plastifikací a lisováním při vlhkosti 12 % činila  $362,15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Po slisování při stejné vlhkosti vzrostla na  $420,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Nárůst hustoty činí v průměru  $58 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Měření hustotního profilu bylo provedeno na 12 vzorcích ze tří vzorových těles, které byly náhodně vybrány ze souboru odlisovaných a klimatizovaných těles. Vzorky byly připraveny dle normy ČSN EN 326-1 klimatizovány a dle normy ČSN EN 323 byla zjištěna objemová hustota. Rozměry vzorků byly zjištěny pomocí posuvného digitálního měřidla s přesností na 0,01 mm. Dále byly zváženy pomocí laboratorních vah s přesností na 0,001 g a opětovně byla zjištěna jejich vlhkost. Takto připravené vzorky byly umístěny do přístroje X – RAY DENSE – LAB a byl změřen hustotní profil v požadovaném směru. Měření hustotního profilu probíhalo v krocích po 0,01 mm. Pro ucelený přehled rozložení hustoty ve zkoumaných vzorcích bylo měření provedeno také kolmo na již měřenou plochu. Naměřené hodnoty byly vyhodnoceny graficky.

Z výsledků je patrné nerovnoměrné rozložení hustoty v příčném řezu materiálem. Zvýšená hustota způsobená komprimací dřeva lisováním profilovaného vzorku klesá směrem od profilu stříšky ke spodní (statické) lisovací desce. Tento rozdíl hustoty je způsoben několika faktory. Hlavní roli hrál stříškovitý tvar vzorku. Při postupném uzavírání lisu docházelo nejprve k lisování stříšky, kde bylo na materiál působeno větší silou, z důvodu menší lisovací plochy, při stejném tlaku v hydraulickém obvodu. Druhým faktorem nerovnoměrnosti slisování je i jednostranné uzavírání lisu. Z výsledků lze sestavit celkovou představu o hustotním profilu zkušebních těles a z nich vyrobených vzorků.

Experimentem se prokázalo, že pomocí jednoduché úpravy rozměrů vzorků určených ke kalibraci přístroje i vzorků zkoumaných lze pro určení hustotního profilu u nerovnoměrně lisovaného dřeva použít laboratorní zařízení X Ray Denselab. Pro dosažení nezkresleného výsledku je však zapotřebí, aby vzorek určený ke kalibraci byl ze stejného materiálu, jako jsou měřené vzorky o stejné vlhkosti a stejné orientaci letokruhů. Pro experimenty podobného charakteru je nutné, aby testované vzorky měly radiální charakter. Jiná orientace letokruhů ve zkušebních tělískách by způsobila zkreslení dosažených výsledků.

X – RAY DENSE – LAB, stupeň slisování, hustotní profil, nerovnoměrné lisování dřeva, plastifikace dřeva

## SUMMARY

The aim of the paper was to examine in an experimental way the possibilities of using the X – RAY DENSE – LAB laboratory equipment designed for the determination of density profiles of agglomerated and plied large-area materials. The X – RAY DENSE – LAB equipment was used to determine the density profile of the cross-section of unevenly pressed native wood, plasticized hydrothermically, without the presence of chemical substances.

The sample pieces were prepared by the process of pressing a one-side profiled plasticized balk of European aspen (*Populus tremula* L.). Before pressing, the wood density in the cross-section perpendicular to the radial direction was quite constant. The pressing of the profiled piece caused uneven densification in the cross-section. The found average wood density  $\rho_0$  before plasticisation and pressing with the humidity of 12 % was  $362.15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . After pressing, the density was  $420.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  with the same humidity. The density increase is  $58 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  on average.

The density profile measuring was carried out using 12 samples from three sample pieces which were chosen randomly from a set of compressed and air-conditioned pieces. The samples were extracted, air-conditioned and their natural density was found out using valid norms (ČSN EN 326-1 and ČSN EN 323 respectively). The dimensions of the samples were measured using a digital calliper with the accuracy of 0.01 mm. Further, they were weighed using a laboratory balance with the accuracy of 0.001 g and their humidity was found out again. The samples prepared in this way were placed in X – RAY DENSE – LAB and their density profile in the demanded direction was measured. The measuring was carried out in 0.01 mm steps. To obtain a complex view of the distribution of the density in the explored samples, the measuring was also carried out in the perpendicular direction to the measured area. The values obtained through measuring were analysed graphically.

The results show an obvious uneven distribution of the density in the cross-section. The increased density caused by the compression/densification of wood by pressing a profiled sample decreases in the direction from the upper edge to the lower (static) pressing board. The difference in the density is caused by several factors. The main one is the roof-shaped upper edge of the sample. As the press was closing, first the upper edge was compressed and the material there was affected by a larger force because of a smaller compression area with the same pressure in the hydraulic circuit. The second fac-

tor of the uneven compression/densification is the one-sided closing of the press. The results enable us to obtain a complex view of the density profile of the sample pieces and the samples made out of them.

The experiment proved that thanks to a simple adjustment of the dimensions of samples for equipment calibration and of examined samples, the density profile of the unevenly pressed wood can be determined using the X – RAY DENSE – LAB equipment. However, to obtain undistorted results, it is necessary that the sample for calibration is of the same material as the sample measured, with the same humidity and the same orientation of growth-rings. Similar experiments have to use samples with radial character for testing. A different orientation of the growth-rings in sample pieces would lead to the distortion of the obtained results.

Tato práce vznikla za podpory projektů MŠMT české republiky, projekt číslo MSM 6215648902 „Les a dřevo“.

### LITERATURA

- VAN ACKER, J., HILL, C. (eds.), 2003: The First International Conference of the European Society for Wood Mechanics, Ghent, Belgium; ISBN 9080656526
- DEJMAL A., HOLAN J., HORÁČEK P., 2001: Fyzikální a mechanické vlastnosti ověřovací série materiálu Lignamon., MZLU v Brně, Brno (odborné posouzení)
- HALLER, P., WEHSENER, J., 2004: Mechanical properties of densified spruce. Holz als Roh- und Werkstoff, Springer-Verlag, ISSN 0018-3768
- HÁLA J., 1998: Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie. 1. vyd., Brno: Konvoj, 311 s. ISBN 80-85615-56-8
- HORÁČEK, P., 1998: Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva., 128 s. MZLU v Brně, Brno, ISBN 80-7157-347-7
- CHUCHRJANSKYJ, P. N., 1953: Zušľachťovanie dreva. 5. svazek Technologia dreva, Práca, Bratislava.
- KAFKA, E. a kol., 1989: Dřevařská příručka, část 1. SNTL, Praha.
- MAKOVÍNY I., ZEMIAR J. 2006: Mikrovlnné zariadenie a technológia plastifikácie dreva mikrovlnným ohrevom – 1. vyd., Technická univerzita vo Zvolene, 40 s, ISBN 4-1189.424
- MILITZ, H., HILL, C. (eds.), 2005: The Second European Conference on Wood Modification, ECWM, October 6–7, Göttingen, Germany. ISBN 3-00-017207-6
- NAKRM, J. A., 2005: Numerical Simulations of Transverse Compression and Densification in Wood. Wood and Fiber Science, ISSN 0735-6161
- PAINTER G., BUDMAN H., PRITZKER M., 2006: Prediction of oriented strand board properties from mat formation and compression operating conditions. Part 1. Horizontal density distribution and vertical density profile. Wood Sci Technol 40: 139–158 DOI 10.1007/s00226-005-0044-7
- POŽGAJ, A., 1997: Štruktúra a vlastnosti dreva. Príroda a. s., druhé vydání Bratislava, ISBN 80-07-00960-4
- ŠLEZINGEROVÁ, J., GANDELOVÁ, L., 1999: Stavba dřeva – cvičení. Dotisk. Brno: Ediční středisko MZLU v Brně, 132 s. ISBN 80-7157-400-7.
- TREBULA, P., KLEMENT, I., 2005: Sušenie a hydrotermická úprava dreva, 2. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 449 s. ISBN 80-228-1421-0

Adresa

Ing. Aleš Dejmal, Ph.D., Ústav nauky o dřevě, Ing. Jan Šrajer, doc. Ing. Dr. Jaroslav Hrázský, Ústav základního zpracování dřeva, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika

