

DRVNA INDUSTRIJA

ZNANSTVENO STRUČNI ČASOPIS ZA PITANJA DRVNE TEHNOLOGIJE • ZAGREB • VOLUMEN 62 • BROJ 2
SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL JOURNAL OF WOOD TECHNOLOGY • ZAGREB • VOLUME 62 • NUMBER 2

Alstonia spp.

2/11

DRVNA INDUSTRIJA

ZNANSTVENO STRUČNI ČASOPIS ZA PITANJA DRVNE TEHNOLOGIJE
SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL JOURNAL OF WOOD TECHNOLOGY

IZDAVAČ I UREDNIŠTVO
Publisher and Editor's Office

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Faculty of Forestry, Zagreb University
10000 Zagreb, Svetošimunska 25
Hrvatska – Croatia
Tel. (*385 1) 235 24 30

SUIZDAVAČI
Co-Publishers

Exportdrvo d.d., Zagreb
Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb
Hrvatske šume d.o.o., Zagreb

OSNIVAČ
Founder

Institut za drvnoindustrijska istraživanja, Zagreb

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK
Editor-in-Chief

Ružica Beljo Lučić

UREDNIČKI ODBOR
Editorial Board

Mladen Brezović, Zagreb, Hrvatska
Denis Jelačić, Zagreb, Hrvatska
Vlatka Jirouš-Rajković, Zagreb, Hrvatska
Darko Motik, Zagreb, Hrvatska
Stjepan Pervan, Zagreb, Hrvatska
Silvana Prekrat, Zagreb, Hrvatska
Stjepan Risović, Zagreb, Hrvatska
Tomislav Sinković, Zagreb, Hrvatska
Ksenija Šegotić, Zagreb, Hrvatska
Jelena Trajković, Zagreb, Hrvatska
Karl – Friedrich Tröger, München, Njemačka
Štefan Barcik, Prag, Češka
Jože Resnik, Ljubljana, Slovenija
Marko Petrič, Ljubljana, Slovenija
Mike D. Hale, Bangor, Velika Britanija
Peter Bonfield, Watford, Velika Britanija
Klaus Richter, Dübendorf, Švicarska
Jerzy Smardzewski, Poznań, Poljska
Marián Babiak, Zvolen, Slovačka
Željko Gorišek, Ljubljana, Slovenija
Katarina Čufar, Ljubljana, Slovenija

IZDAVAČKI SAVJET
Publishing Council

prof. dr. sc. Ivica Grbac (predsjednik),
izv. prof. dr. sc. Radovan Despot,
izv. prof. dr. sc. Vladimir Jambrečević,
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu;
Ivan Slamić, dipl. ing., Tvin d.d.;
Zdravko Jelčić, dipl. oecc., Spin Valis d.d.;
Vlado Jerbić, dipl. ing., Belišće d.d.;
Petar Jurjević, dipl. ing., Hrvatsko šumarsko društvo;
Darko Vuletić, dipl. ing., Hrvatske šume d.o.o.;
Marin Filipović, dipl. ing., Finvest corp. d.d.;
Mato Ravlić, Hrast Strizivojna d.o.o.;
Mladen Galeković, PPS-Galeković Tvornica parketa

TEHNIČKI UREDNIK
Production Editor

Stjepan Pervan

POMOĆNIK TEHNIČKOG UREDNIKA
Assistant to Production Editor

Zlatko Bihar

LEKTORICE
Linguistic Advisers

Zlata Babić, prof. (hrvatski – Croatian)
Maja Zajšek-Vrhovac, prof. (engleski – English)
Vitarnja Janković, prof. (njemački – German)

DRVNA INDUSTRIJA je časopis koji objavljuje znanstvene i stručne radove te ostale priloge iz cjelokupnog područja iskorištavanja šuma, istraživanja svojstava i primjene drva, mehaničke i kemijske prerade drva, svih proizvodnih grana te trgovine drvom i drvnim proizvodima.

Časopis izlazi četiri puta u godini.

DRVNA INDUSTRIJA contains research contributions and reviews covering the entire field of forest exploitation, wood properties and application, mechanical and chemical conversion and modification of wood, and all aspects of manufacturing and trade of wood and wood products.

The journal is published quarterly.

OVAJ BROJ ČASOPISA
SUFINANCIRA:



Sadržaj

Contents

NAKLADA (Circulation): 700 komada · **ČASOPIS JE REFERIRAN U (Indexed in):** CA search, CAB Abstracts, Compendex, DOAJ, EBSCO, Forestry abstracts, Forest products abstracts, Geobase, Paperchem, SCI-Expanded, SCOPUS · **PRIOLOGE** treba slati na adresu Uredništva. Znanstveni i stručni članci se recenziraju. Rukopisi se ne vraćaju. · **MANUSCRIPTS** are to be submitted to the editor's office. Scientific and professional papers are reviewed. Manuscripts will not be returned. · **KONTAKTI s uredništvom (Contacts with the Editor)** e-mail: editordi@sumfak.hr · **PRETPLATA (Subscription):** godišnja pretplata (annual subscription) za sve pretplatnike 55 EUR. Pretplata u Hrvatskoj za sve pretplatnike iznosi 300 kn, a za đake, studente i umirovljenike 100 kn, plativo na žiro račun 2360000 – 1101340148 s naznakom "Drvena industrija" · **ČASOPIS SUFINANCIRA** Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske. · **TISAK (Printed by)** – DENONA d.o.o., Getaldićeva 1, Zagreb, tel. 01/2361777, fax. 01/2332753, E-mail: denona@denona.hr; URL: www.denona.hr · **DESIGN** Aljoša Brajdić · **ČASOPIS JE DOSTUPAN NA INTERNETU:** <http://drvnaindustrija.sumfak.hr> · **NASLOVNICA** Uzdužni presjek drva *Alstonia spp.*, ksiloteka Zavoda za znanost o drvu, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

DRVNA INDUSTRIJA · Vol. 62, 2 · str. 85-168 · ljeta 2011. · Zagreb
REDAKCIJA DOVRŠENA 30.5.2011.

IZVORNI ZNANSTVENI RADOVI <i>Original scientific papers</i>	87-127
THE INFLUENCE OF SOLVENT CONTENT IN LIQUEFIED WOOD AND OF THE ADDITION OF CONDENSED TANNIN ON BONDING QUALITY Utjecaj količine otapala u utekućenom drvu i dodatka kondenziranog tanina na kvalitetu vezanja <i>Aleš Ugovšek, Franc Budija, Mirko Kariž, Milan Šernek</i>	87-95
MOTIVATING EMPLOYEES OF SLOVENIAN AND CROATIAN WOOD-INDUSTRY COMPANIES IN TIMES OF ECONOMIC DOWNTURN Motiviranje zaposlenih u slovenskim i hrvatskim drvoprerađivačkim poduzećima u uvjetima gospodarske krize <i>Jože Kropivšek, Denis Jelačić, Petra Grošelj</i>	97-103
ASSESSMENT OF WOOD SURFACE QUALITY OBTAINED DURING HIGH SPEED MILLING BY USE OF NON-CONTACT METHOD Upotreba beskontakne metode za ocjenu kvalitete površine drva nakon visokobrzinskog blanjanja <i>Vít Novák, Miroslav Rousek, Zdeněk Kopecký</i>	105-113
VRIJEME TRAJANJA ZAVARIVANJA KAO VAŽAN ČIMBENIK ZAVARIVANJA BUKOVINE Welding Time as an Important Factor of Beech Welding <i>Ivica Župčić, Andrija Bogner, Ivica Grbac</i>	115-121
STRENGTH CHARACTERISTICS OF OSB IN BENDING – DIFFERENCE BETWEEN UPPER AND LOWER PANEL FACES Savojna čvrstoća OSB ploča – razlika između gornje i donje strane ploče <i>Martin Böhm, Přemysl Šedivka, Jan Bomba, Jan Reisner</i>	123-127
PRETHODNO PRIOPĆENJE <i>Preliminary paper</i>	129-136
ANALYSIS OF COOPERATION BETWEEN FURNITURE INDUSTRY AND DESIGNERS IN PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS Analiza suradnje proizvođača namještaja i dizajnera u procesu razvoja proizvoda <i>Jordan Berginc, Jasna Hrovatin, Matjaž Feltrin, Saša Mächtig, Anton Zupančič, Leon Oblak</i>	129-136
STRUČNI RADOVI <i>Professional papers</i>	137-152
UTJECAJ NESTABILNOSTI BOČNIH STRANICA MDF PLOČA NA PUCANJE LAKIRANIH FILMOVA Impact of MDF Board Side Plane Instability on Lacquer Film Crack Appearance <i>Vladimir Jambrečević, Nikola Španić, Tajana Jambrečević, Borče Iliev</i>	137-146
POVIJESNI PREGLED RAZVOJA RIJEČKE TVORNICE PAPIRA Historical Overview of the Development of the Rijeka Paper-mill <i>Maja Hadžić, Branka Lozo</i>	147-152
NOVOSTI IZ STRUKE <i>Technical novelties</i>	153-158
ZNANSTVENICI I NJIHOVE KARIJERE <i>Scientist and their careers</i>	159-161
NOVE KNJIGE <i>New books</i>	162-164
UZ SLIKU S NASLOVNICE <i>Species on the cover</i>	165-166

The Influence of Solvent Content in Liquefied Wood and of the Addition of Condensed Tannin on Bonding Quality

Utjecaj količine otapala u utekućenom drvu i dodatka kondenziranog tanina na kvalitetu vezanja

Original scientific paper • Izvorni znanstveni rad

Received – prispjelo: 23. 11. 2010.

Accepted – prihvaćeno: 27. 4. 2011.

UDK: 630*824.31; 630*874.4

doi:10.5552/drind.2011.1039

ABSTRACT • Liquefied wood (LW) is a promising natural material that can be used as a part of the adhesive formulation. However, adhesive bonds made of LW only, have low durability. The aim of this study was, therefore, to increase the durability of adhesive bonds containing LW. LW was obtained with liquefaction of black poplar wood in ethylene glycol (EG) as the solvent and sulphuric acid (SA) as the catalyst. An optimal time of 120 minutes and a wood/EG mass ratio of 1:3 was defined for liquefaction at 180 °C. After liquefaction, the EG was evaporated in order to achieve a low solvent content LW with a final mass ratio of 1:1. A hydroxyl number for 1:3 and 1:1 LW was determined in order to examine the reduction of hydroxyl groups. Four different adhesive mixtures were prepared: LW with a mass ratio of 1:1 ($LW_{1:1}$), LW with a mass ratio of 1:3 ($LW_{1:3}$), LW with a mass ratio of 1:1 and added condensed tannin (CT) ($LW_{1:1}/CT$), and LW with a mass ratio of 1:3 and added CT ($LW_{1:3}/CT$). The solid beech wood lamellas, which were bonded with these adhesive mixtures, were tested directly after bonding, and later on, after 7, 30 and 50 days. The test results indicated greater bonding shear strength in the case of $LW_{1:1}$ compared to $LW_{1:3}$. The addition of CT did not contribute to essentially higher shear strength values. The adhesive mixtures $LW_{1:1}$ and $LW_{1:1}/CT$ (uncured and cured) were analyzed using FT-IR spectroscopy. No significant differences were observed between the cured $LW_{1:1}$ and the $LW_{1:1}/CT$ samples.

Key words: adhesive, condensed tannin, FT-IR, liquefied wood, shear strength

SAŽETAK • Utekućeno drvo (LW) perspektivan je prirodni materijal koji može biti upotrijebljen kao tvar za izradu ljepila. Međutim, vezivna ljepila napravljena samo od utekućenog drva imaju malu trajnost. Stoga je cilj provedenih istraživanja bio povećati trajnost vezivnih ljepila koja sadržavaju LW. U provedenim je istraživanjima LW dobiven utekućenjem drva topole u etilen glikolu (EG) kao otapalu i sumpornoj kiselini (SA) kao katalizatoru. Definirano je optimalno vrijeme utekućenja od 120 minuta i maseni omjer drvo:EG u iznosu 1:3 za utekućenje pri temperaturi 180 °C. Nakon utekućenja EG je ishlapljen da bi se postigao nizak sadržaj otapala u LW-u s konačnim masenim omjerom 1:1. Utvrđen je hidroksilni broj za LW s omjerom 1:3 i LW s omjerom 1:1 da bi se ispitalo

¹ Authors are research assistant, researcher, assistant and associate professor at Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia.

¹ Autori su asistent istraživač, istraživač, asistent i izvanredni profesor na Biotehničkom fakultetu Sveučilišta u Ljubljani, Ljubljana, Slovenija.

zmanjenje broja hidroksilnih skupina. Pripremljene su četiri različite mješavine ljepila: LW s masenim omjerom 1:1 ($LW_{1:1}$), LW s masenim omjerom 1:3 ($LW_{1:3}$), LW s masenim omjerom 1:1 te dodanim kondenziranim taninom (CT) ($LW_{1:1}/CT$), i LW s masenim omjerom 1:3 i dodanim CT-om ($LW_{1:3}/CT$). Lamele od bukovine lijepljene su navedenim mješavinama ljepila i ispitane odmah nakon lijepljenja, zatim nakon 7, 30 i 50 dana. Rezultati testa pokazali su veću smicajnu čvrstoću vezanja u slučaju $LW_{1:1}$ u odnosu prema $LW_{1:3}$. Dodavanje CT-a nije znatno pridonijelo većoj smicajnoj čvrstoći. Mješavine ljepila $LW_{1:1}$ i $LW_{1:1}/CT$ (nesušene i osušene) analizirane su FT-IR spektroskopijom. Nisu zapažene signifikantne razlike između osušenih uzoraka $LW_{1:1}$ i $LW_{1:1}/CT$.

Ključne riječi: ljepilo, kondenzirani tanin, FT-IR, utekućeno drvo, smicajna čvrstoća

1 INTRODUCTION

1. UVOD

Adhesives are an indispensable part of wood-based composites. They are mainly composed of oil-based derivatives, which make them dependent on an ever-increasing oil price. One of the basic constituents of a large number of synthetic wood adhesives is formaldehyde, which is, however, potentially carcinogenic (IARC, 2004). Due to the free formaldehyde emission, the increasing prices of oil-based derivatives, strict environmental requirements, and increasing ecological awareness, there have been many attempts to produce wood adhesives based on natural and renewable sources.

Liquefied wood is one of the naturally-based products that has been developed in recent years. Liquefied wood is a product of the thermochemical reaction between wood (wood residues), solvent, and added catalyst. Liquefied wood can be used for the production of various biocopolymers. These biocopolymers include coatings (Budija *et al.*, 2009; Kurimoto *et al.*, 2000), various polymers (Wang *et al.*, 2008; Doh *et al.*, 2005), carbon fibres (Xiaojun and Guangjie, 2010), foams (Alma and Shiraishi, 1998; Lee and Ohkita, 2004), and adhesives.

Over the last 20 years there have been many attempts to use liquefied wood as a part of the adhesive formulation. In the earlier years, the development of liquefied wood adhesives was based on liquefied wood that was prepared with phenol and added formaldehyde (Alma and Bastürk, 2001, 2006; Li *et al.*, 2004; Fu *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2007). Many studies were performed in connection with the application of liquefied wood to epoxy resin systems (Kobayashi *et al.*, 2000, 2001; Asano *et al.*, 2007; Wu and Lee, 2010), and there have been some other attempts to blend liquefied wood with synthetic resins such as diisocyanates (Juhaida *et al.*, 2010), urea-formaldehyde (Antonović *et al.*, 2010), melamine-urea-formaldehyde (Kunaver *et al.*, 2010) and phenol-formaldehyde resin (Ugovšek *et al.*, 2010).

One of disadvantages of liquefied wood-based adhesives, besides low durability of the adhesive bond, is the low wood content in the final adhesive mixture. For example, if the wood/solvent mass ratio is 1:3, and later on 25 % of the liquefied product is incorporated into the adhesive mixture, the latter will only contain 6.25 % of wood (Ugovšek *et al.*, 2010). Reducing the quantity of solvent in the final liquefied product was therefore the author's fundamental goal. This could either be achieved by liquefying at different wood/solvent mass ratios, or with solvent evaporation after liquefac-

tion. Due to the higher content of the non-liquefied residue when liquefying at lower mass ratios (1:2 or 1:1), solvent evaporation turned out to be more appropriate method.

The above mentioned problem – low durability of liquefied wood based adhesives – could be potentially alleviated with the incorporation of a chemical substance that would help to crosslink the components of the liquefied wood. Based on the aim of creating an environmentally-friendly adhesive, the authors tried to use natural substances that are used as a part of adhesive mixtures. Tannins have been one of the most useful natural sources for wood adhesives (Gornik *et al.*, 2000; Vázquez *et al.*, 2002; Moubarik *et al.*, 2009). They can be divided in two different classes, based on their chemical structure: hydrolyzable and condensed tannins. Almost all tannin-based wood adhesives are made from condensed tannins, due to their widespread availability and higher reactivity. The most reactive part of condensed tannin is resorcinol or the phloroglucinol A-ring of the flavonoid unit. The resorcinol A-rings of mimosa (*Accacia* sp.) and quebracho (*Schinopsis* sp.) tannins show reactivity toward formaldehyde that is comparable to that of resorcinol (Pizzi, 2008). In this study spruce condensed tannin was used, and it was found that it contained approximately 60 % procyanidin and 40 % prodelphinidin (Behrens *et al.*, 2003). Condensed tannins can thus be added to liquefied wood due to their high reactivity at elevated temperatures, so that they can react with the free phenolic and alcoholic hydroxyl groups that are present in the liquefied wood.

The objective of this study was to optimize the liquefaction of black poplar (*Populus nigra* L.) using ethylene glycol (EG) as the solvent, and the preparation of liquefied wood with a low content of EG. Additionally, the properties of adhesive mixtures using liquefied wood with different solvent contents and added condensed tannin (hydroxyl number and infrared spectroscopy) were studied. Finally the shear strength of adhesive bonds that were produced with different adhesive mixtures was tested.

2 MATERIALS AND METHODS

2. MATERIJALI I METODE

2.1 Preparation of liquefied wood

2.1. Priprema utekućenog drva

Sawdust (fractions of 0.237 mm or smaller) of the black poplar (*Populus nigra* L.) was used for the production of liquefied wood. Prior to the liquefaction process, the sawdust was dried in a laboratory oven (103 °C, 24

h). Ethylene glycol (p.a. grade) was used as the solvent, and sulphuric acid (p.a. grade) was used as a catalyst. 3 % of SA based on the EG mass was added. Liquefaction was carried out in a 1000 mL three-neck glass reactor equipped with mechanical stirrer. The reactor was immersed in an oil bath that was preheated to 180 °C.

2.2 Temporary amount of residue and liquefaction yield determination

2.2. Određivanje količine ostatka i postignutog utekućenja

Different mass ratios between wood and EG (1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5) and different liquefaction times were investigated in order to achieve the optimum results. By calculating the temporary amount of the residue (*TAR*), (Eq (1)) the optimum liquefaction time was assessed. During liquefaction, the samples of liquefied wood were dispossessed, diluted with a mixture of 1.4-dioxane/water, and filtered through filter disks (Sartorius filter disks 388 grade/84/mm²) every 15 minutes. The insoluble parts were dried in a laboratory oven (103 °C, 24 h), and weighed in order to calculate the *TAR* according to Eq (1).

$$TAR = \left(1 - \left(\frac{W_1 - W_2}{W_4} \right) \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

*W*₁ represents the mass of the filter paper with the dry residue (g), *W*₂ is the mass of the filter paper (g), *W*₃ is the mass of the dispossessed sample (g), and *TAR* represents the temporary amount of the residue (%).

After the optimum liquefaction time, the reactor was immersed in cold water in order to quench the reaction. The liquefied product was then diluted with a mixture of 1.4-dioxane and water (4/1, v/v), and filtered through filter disks (Sartorius filter disks 388 grade/84/mm²) in order to remove the insoluble parts of the liquefied wood, with the aim of calculating the liquefaction yield (*LY*). The *LY* (i.e. the percentage of the 1.4-dioxane soluble part) was calculated for liquefied wood with wood/EG ratios of 1:2, 1:3 and 1:4, using Eq. (2). In order to obtain the liquefied wood containing EG, the mixture of 1.4-dioxane and water was evaporated at 55 °C using a rotavapor instrument. Evaporation was performed under reduced pressure achieved by means of a vacuum pump.

$$LY = \left(1 - \left(\frac{W_1 - W_2}{W_4} \right) \right) \cdot 100\% \quad (2)$$

*W*₁ represents the mass of the filter paper with the dry residue (g), *W*₂ is the mass of the filter paper (g), *W*₄ is the mass of wood (g) and *LY* represents the liquefaction yield (%).

After evaporation of the 1.4-dioxane, the EG in the LW was additionally evaporated (120 °C, 10 mbar) to achieve a final mass ratio wood/EG of approximately 1:1. The mass of the evaporated EG was determined gravimetrically. The evaporation of the EG was also important due to very low viscosity of LW_{1:3}, which was problematic when applying LW to the wood surface prior to bonding.

2.3 Determination of hydroxyl number of liquefied wood

2.3. Određivanje hidroksilnog broja utekućenog drva

The hydroxyl (OH) numbers of liquefied wood with wood/EG ratios of 1:3 (LW_{1:3}) and 1:1 (LW_{1:1}) were determined according to standard ASTM D 4274-05, test method C – reflux phthalation. 0.45 g of sample LW_{1:3} and 0.85 g of sample LW_{1:1} was dissolved in 25 mL of a phthalic anhydride-pyridine reagent (115 g phthalic anhydride and 700 mL pyridine) and heated at 115 ± 2 °C, for 1h, under reflux. After esterification, 50 mL of pyridine was added through a condenser, and a phenolphthalein solution in pyridine was added. The mixture was titrated with 0.5 M sodium hydroxide. Due to the dark colour of the solution and the severe difficulty in perceiving the colour change to pink, the titration end point was determined with a pH meter (Mettler Toledo, SevenEasy, pH meter S20). The end titration point was determined when a significant change in the mV value occurred.

2.4 Preparation of adhesive mixtures

2.4. Priprema mješavine ljepila

The adhesive mixtures were prepared according to Table 1. Condensed tannin (CT) (Tanin Sevnica, Slovenia) from the Norway spruce (*Picea abies* L.) was used to prepare mixtures with different proportions of CT and LW.

2.5 Bonding and testing of specimens

2.5. Lijepljenje i testiranje uzoraka

Solid beech wood lamellas were used as a substrate for the preparation of two-layered test specimens, which were bonded according to EN 12765 by using conventional hot-pressing. Prior to the bonding, all of the beech wood lamellas were planed in order to ensure

Table 1 Adhesive mixtures made of liquefied wood with different wood/solvent ratios and the addition of condensed tannin
Tablica 1. Mješavine ljepila napravljene od utekućenog drva s različitim omjerom drva i otapala te s dodatkom kondenziranog tanina

Adhesive mixture <i>Mješavina ljepila</i>	Mass ratio between wood and EG* <i>Maseni omjer drva i EG-a</i>	Weight portion of CT <i>Težinski udjel CT-a</i> %	Weight portion of LW <i>Težinski udjel LW-a</i> %
LW _{1:3}	1:3	0	100
LW _{1:3} /CT (85/15)	1:3	15	85
LW _{1:1}	1:1	0	100
LW _{1:1} /CT (85/15)	1:1	15	85

*EG – ethylene glycol / *etilen glikol*; CT – condensed tannin / *kondenzirani tanin*; LW – liquefied wood / *utekućeno drvo*

smooth and flat surfaces. Two lamellas were then bonded together with different adhesive mixtures (Table 1). Each of the adhesive mixtures was applied by means of a roller, using an application rate of 200 g/m². The press temperature was 200 °C, and the press time was 900 seconds. The specific press pressure was 1.5 MPa. The bonded specimens were tested immediately after bonding ($n=12$), and later on after 7, 30 and 50 days of conditioning in a standard climate (20±2 °C, relative humidity 65±5 %). All the shear tests were carried out on a ZWICK/Z005 universal testing machine according to the standard EN 205.

2.6 FT-IR analysis

2.6. FT-IR analiza

Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) was used to investigate and compare the samples of LW_{1:1} and LW_{1:1}/CT (85/15) in their uncured state. Both samples were later on placed on aluminium foil and cured in an oven for 600 seconds at 200 °C. The cured LW_{1:1} and LW_{1:1}/CT (85/15) specimens were also investigated using a Perkin-Elmer Instruments Spectrum One, FT-IR spectrometer. All the spectra were compared using Perkin-Elmer Spectrum 6.3.5 software. The spectra were recorded by the ATR technique, using a HATR ZeSn Trough Plate 45°, over the 4000-650 cm⁻¹ wave number range. The spectral resolution of the spectrometer was 1 cm⁻¹.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1 Preparation of the liquefied product

3.1. Priprema utekućenih proizvoda

The temporary amounts of residue versus the reaction time at different wood/EG ratios are shown in Figure 1. By calculating the *TAR*, the optimal liquefac-

tion time was assessed. The optimum liquefaction time was assessed when the *TAR* was the least. The figure shows that the optimum liquefaction time for the ratios 1:3, 1:4 and 1:5 is above 120 min. With the aim of achieving the lowest possible (and optimal) wood/EG ratio, the 1:3 ratio turned out to be optimal. In the case of the ratio 1:2 the lowest *TAR* was at 135 minutes. After 135 minutes the *TAR* increased and re-condensation of the liquefied product occurred. In the case of 1:1 ratio, wood liquefaction did not occur, and the stirring in the reactor was aggravated. The ratio 1:1 turned out to be inappropriate for wood liquefaction. The optimal time for liquefying black poplar wood at 180°C was therefore 120 minutes.

The LY was determined for LW with wood/EG mass ratios of 1:2, 1:3 and 1:4. The highest LY was attained at a mass ratio of 1:3 (91 %) and the lowest LY at a mass ratio of 1:2 (84 %). LY for LW with a mass ratio of 1:4 was similar to LW with a mass ratio of 1:3. Due to the above mentioned purpose of achieving the lowest wood/EG ratio, the LY for 1:5 ratio was not investigated. At 1:1 ratio, liquefaction did not occur. A wood/EG mass ratio of 1:3 was therefore the most appropriate for the liquefaction of black poplar with EG, and 120 minutes at 180°C was required for the highest liquefaction yield.

The liquefaction process at the optimal conditions and the preparation of low-solvent liquefied product is shown in Figure 2. As can be seen, a theoretical wood/EG mass ratio of 1:1 was obtained. The exact mass ratio of the final product was actually 1:1.05. The evaporation of EG also contributed to the suitable viscosity of the LW when applying it to the wood surface.

3.2 Determination of hydroxyl number of liquefied wood

3.2. Određivanje hidroksilnog broja za utekućeno drvo

The OH numbers of the liquefied wood with different wood/EG mass ratios (1:3 and 1:1) was investi-

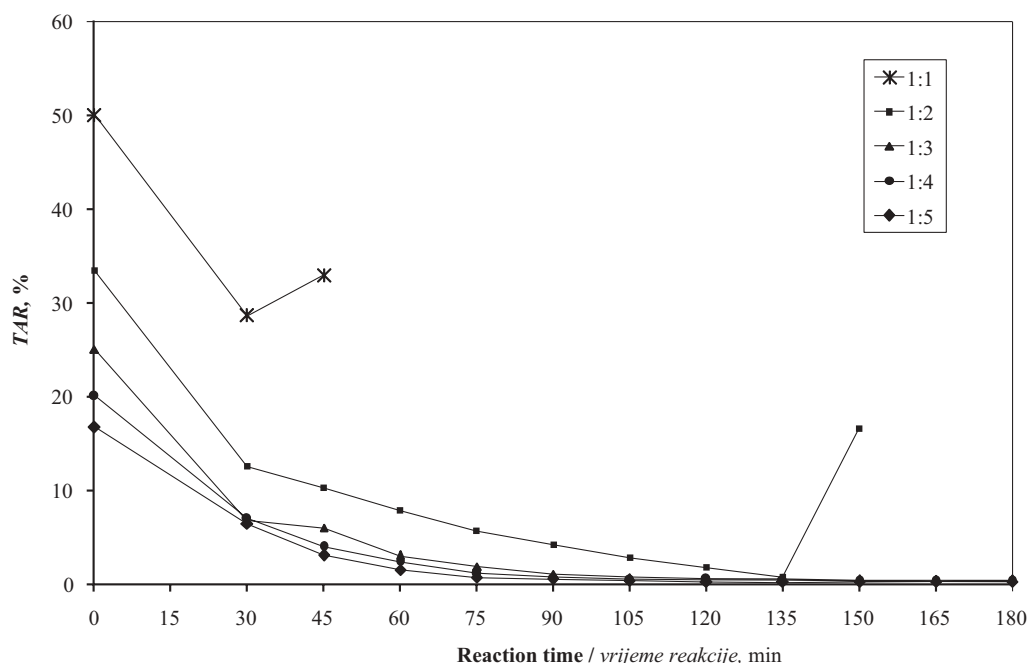


Figure 1 The temporary amount of residue (*TAR*) at different liquefaction reaction times and different wood/EG ratios
Slika 1. Privremena količina ostatka (*TAR*) pri različitim vremenima reakcije utekućenja i različitim omjerima drva i otapala

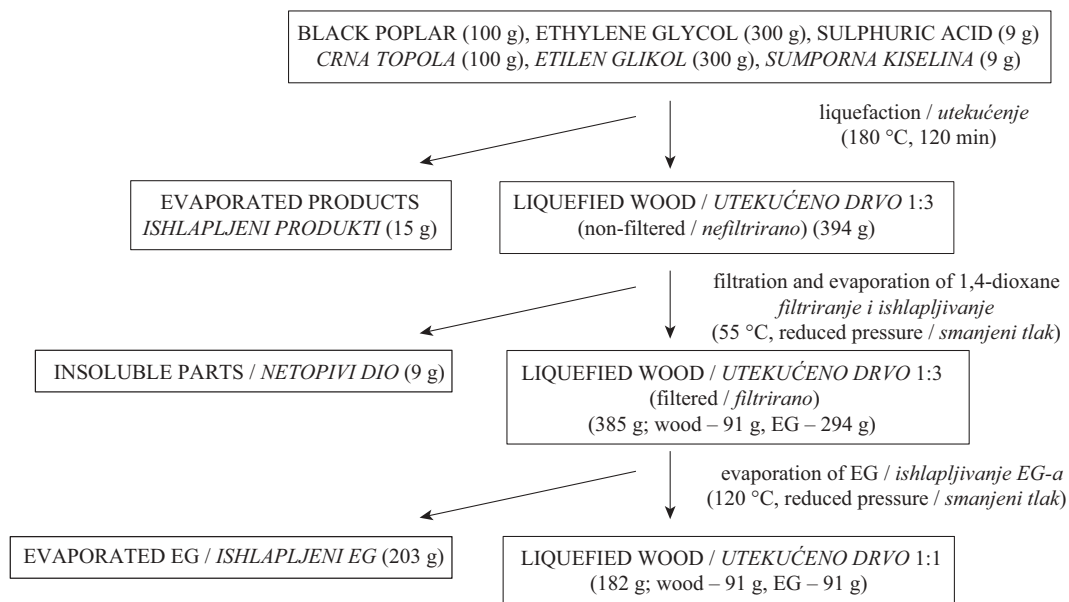


Figure 2 Liquefaction process and EG evaporation for achieving a final wood/EG mass ratio of 1:1
Slika 2. Proces utekućenja i ishlapljivanja EG-a za postizanje konačnog omjera drvo:EG u iznosu 1:1

gated as this could hypothetically affect the bonding properties of the specimens, and the durability of the bond-line. Table 2 shows the calculated OH number of the EG and determined OH number of the samples LW_{1:3} and LW_{1:1}. Liquefaction of the wood significantly reduced the OH number of the liquefied product containing EG, which occurred due to the dehydration and thermal oxidation of the glycols, as well as due to the condensation reactions between the glycol and wood components, such as cellulose, hemicelluloses and lignin (Kunaver *et al.*, 2010). The reduction of the OH number is also the consequence of solvent evaporation (Budija *et al.*, 2009). It can be seen that the additional evaporation of EG to obtain a mass ratio of 1:1 lowered the number of OH groups to almost one half of the LW_{1:3} OH value. The reduction of free OH groups could potentially affect the durability of the bond-line. This is because free OH groups are potentially reactive locations, which interact with other functional groups, but are also possibly weak points for water deterioration if the adhesive bond is inadequately cured.

3.3 Shear strength of tested specimens

3.3. Smicajna čvrstoća ispitivanih uzoraka

The initial shear strength values of the specimens bonded with EG liquefied wood adhesive mixtures

Table 2 Hydroxyl numbers (OH) of liquefied wood with wood/EG mass ratios of 1:3 and 1:1, and theoretically calculated hydroxyl number of EG

Tablica 2. Hidroksilni broj (OH) utekućenog drva s masenim omjerom drvo:EG u iznosu 1:3 i 1:1 te teorijski izračunana vrijednost hidroksilnog broja za EG

Substance <i>Tvari</i>	Wood/EG mass ratio <i>Maseni omjer drvo:EG</i>	OH (mg KOH/g) <i>Hidroksilni broj</i>
EG (theory)	/	1807
LW _{1:3}	1:3	1270
LW _{1:1}	1:1	667

were low (Table 3), and also, they did not exceed the requirements of the standard for any of the durability classes. It is interesting that they did not decrease drastically over the following period of time, which is typically the main problem of bonding only with LW (Ugovšek *et al.*, 2010). It can also be seen that the shear strength values of the adhesive mixtures with a wood/EG ratio of 1:1 exhibited higher shear strength values than those with a ratio of 1:3. This was probably due to the more suitable viscosity of the sample LW_{1:1}, which contributed to the appropriate flow and penetration of the adhesive and wetting of the wood surface (Marra, 1992). The durability of the LW_{1:1} adhesive bonds was also better compared to those corresponding to LW_{1:3}. The unreacted EG in the LW_{1:3} influenced negatively the shear strength durability. The latter could be correlated to fewer free OH groups in the LW_{1:1} than in the LW_{1:3}, which has more OH groups from the excessive EG. The free OH groups could be potential locations for water deterioration.

The addition of condensed tannin to the EG liquefied wood adhesive mixtures did not contribute significantly to higher shear strength values of the adhesive bond. This could be due to the high viscosity of the adhesive mixture containing tannin, and, consequently, poor penetration and anchoring. It could also be due to the low solubility of the tannins in the liquefied wood, which has a very low pH value (less than 1).

As the curing mechanism and the rate of crosslinking at the given curing conditions (200 °C, 900 s) of the liquefied wood adhesive mixtures is not known, it should be investigated in the future.

The wood surface was considerably deteriorated in the area where the adhesive had been applied, which was probably the consequence of either liquefaction of the wood surface during pressing or acidic damage of the wood tissue due to very low pH of the adhesive mixture. The wood surface had, therefore, much lower shear strength values than normal (unaffected) wood,

Table 3 Shear strength values (N/mm²) of specimens tested after conditioning in a standard climate for 0, 7, 30 and 50 days, for adhesive mixtures containing wood liquefied with EG (1:3 and 1:1) or wood liquefied with EG with added condensed tannin

Tablica 3. Vrijednosti smicajne čvrstoće (u N/mm²) ispitivanih uzoraka nakon kondicioniranja u standardnim uvjetima nakon 0, 7, 30 i 50 dana, za mješavine ljepila koje sadržavaju utekućeno drvo i EG (u omjeru 1:3 i 1:1) ili utekućeno drvo i EG uz dodatak kondenziranog tanina

Adhesive mixture Mješavina ljepila	LW _{1:3}		LW _{1:3} /CT (85/15)		LW _{1:1}		LW _{1:1} /CT (85/15)	
	Shear strength Smicajna čvrstoća N/mm ²		Shear strength Smicajna čvrstoća N/mm ²		Shear strength Smicajna čvrstoća N/mm ²		Shear strength Smicajna čvrstoća N/mm ²	
Time, day Vrijeme, dani	Average	St.dev	Average	St.dev	Average	St.dev	Average	St.dev
0	5.4	0.95	4.7	1.08	5.8	1.06	5.8	1.01
7	4.6	0.98	4.4	1.12	5.1	1.23	5.8	0.8
30	5.2	0.96	4.5	1.02	4.8	0.66	5.2	0.64
50	5.6	0.72	5.1	1.75	6.4	0.99	6.5	0.71

and a higher percentage of wood failure (Figure 3). The latter is, apart from poor water resistance, the main problem that needs to be worked on.

3.4 FT-IR analysis

3.4. FT-IR analiza

Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) was used to investigate and compare samples of LW_{1:1} and LW_{1:1}/CT (85/15). Both samples were also cured (cured LW_{1:1} and cured LW_{1:1}/CT (85/15)) and their spectra were investigated. A comparison of all four spectra is shown in Figure 4. It can be seen that spectra corresponding to LW_{1:1} and LW_{1:1}/CT (85/15) are almost indistinguishable, which is proof that there were no new functional groups in the LW_{1:1}/CT (85/15) adhesive mixture.

After curing, the spectra of the LW_{1:1} and LW_{1:1}/CT (85/15) mixtures changed. If the focus is placed on changes in peaks, then the most evident changes was at 1120 cm⁻¹, which could correspond to the reduction of -OH groups after curing (evaporation and reaction of the solvent) (Budija *et al.*, 2009) or C-O stretch in the cellulose (Pandey and Pitman, 2003). Reduction of the peak

at 1050 cm⁻¹ can be associated with C-O stretch in the cellulose (glucose) (Morohoshi, 1991; Ibrahim *et al.*, 2006; Gierlinger *et al.*, 2008), and reduction in the peak at 883 cm⁻¹ can be linked to antisymmetric out-of-phase stretching of cellulose (Morohoshi, 1991). All three peak reductions correspond to changes in the cellulose, or a reduction in the number of hydroxyl groups, which is a reasonable explanation and the consequence of curing. New peaks around 1090 cm⁻¹ and 1020 cm⁻¹ correspond to C-O ether vibrations (Budija *et al.*, 2009). This indicates the presence of new compounds after curing.

A comparison of the spectra of the cured LW_{1:1} and LW_{1:1}/CT (85/15) is shown in Figure 5. It explains the possible differences due to the addition of condensed tannin. Both spectra are rather similar, but with three differences in the fingerprint region. Reduction of the peak at 1242 cm⁻¹ could either be associated with a syringyl ring and C-O stretch in the lignin and xylan (Pandey and Pitman, 2003), or C-H and -OH deformation and C-O-C stretching vibration of the cellulose (Morohoshi, 1991; Gierlinger *et al.*, 2008). The peak around 1065 cm⁻¹ is attributed to pyranose ring stretching (Bouchard, 1990). The absorption at 853 cm⁻¹ is associated with C-H out-of-planes in positions 2, 5 and 6 of the G lignin units (vanillin) (Faix, 1991). It can be clearly seen that the latter absorption peak and the peak at 1242 cm⁻¹ disappeared during the LW_{1:1}/CT (85/15) curing. This means that during the curing of the LW_{1:1}/CT (85/15) sample, vanillin and syringyl units of lignin, xylan or parts of cellulose could interact with the other functional groups or molecules. Despite the mentioned changes in the FT-IR spectra of the cured LW_{1:1} and LW_{1:1}/CT (85/15) samples, the effect of the addition of tannin to LW cannot be confirmed, which also coincides with the results of the shear strength test.

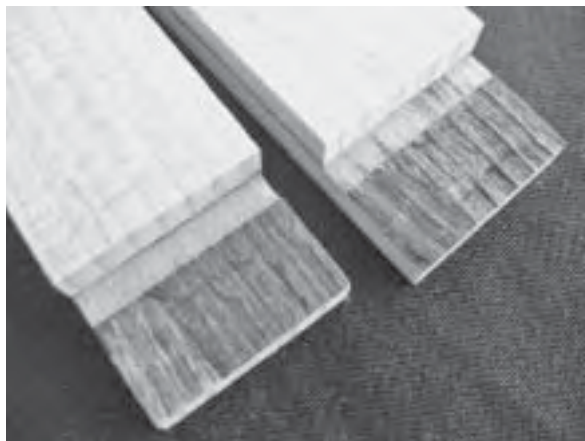


Figure 3 Wood failure and surface deterioration of the bonded specimens

Slika 3. Lom po drvu i uništenje površine slijepjenih uzoraka

4 CONCLUSIONS

4. ZAKLJUČCI

The bonding properties of low solvent content liquefied wood, with the addition of condensed tannin, have been investigated. It was determined that the mass

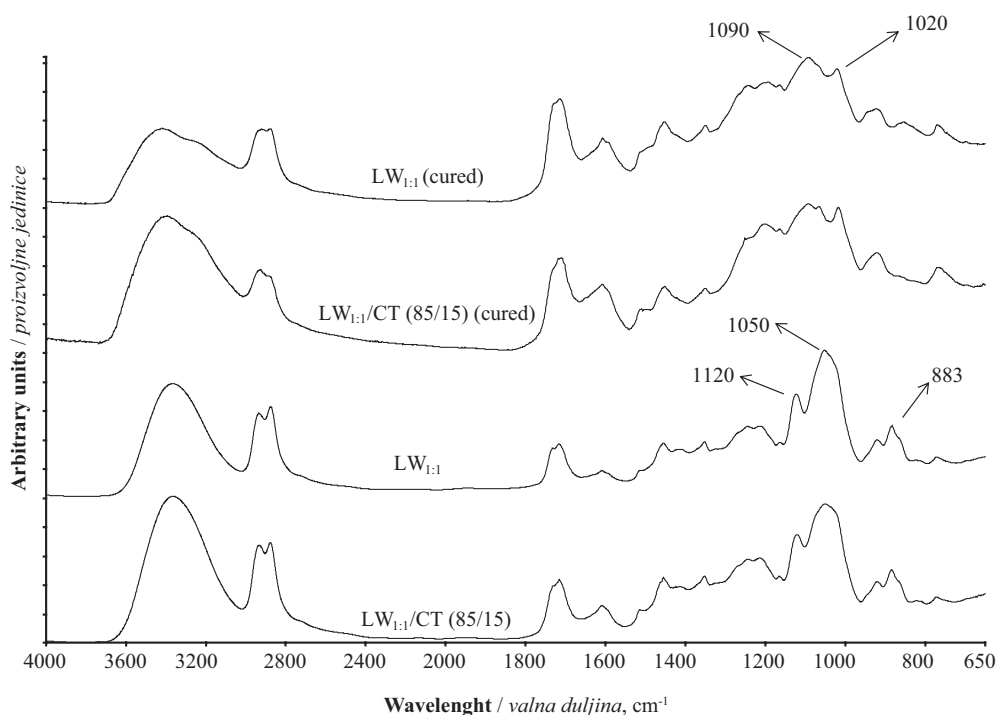


Figure 4 FT-IR spectra of liquefied wood with a wood/EG mass ratio of 1:1 ($LW_{1:1}$), liquefied wood with a wood/EG mass ratio of 1:1 and the addition of condensed tannin ($LW_{1:1}/CT$ (85/15)), cured liquefied wood with a wood/EG mass ratio of 1:1 ($LW_{1:1}$ (cured)), and liquefied wood with a wood/EG mass ratio of 1:1 and the addition of condensed tannin ($LW_{1:1}/CT$ (85/15) (cured))

Slika 4. FT-IR spektar utekućenog drva s masenim omjerom drvo:EG u iznosu 1:1 ($LW_{1:1}$), utekućenog drva s masenim omjerom drvo:EG u iznosu 1:1 i dodanim kondenziranim taninom ($LW_{1:1}/CT$ (85/15)), utekućenog drva s masenim omjerom drvo:EG u iznosu 1:1 i osušen ($LW_{1:1}$ (cured)), utekućenog drva s masenim omjerom drvo:EG u iznosu 1:1, dodanim kondenziranim taninom i osušen ($LW_{1:1}/CT$ (85/15) (cured))

ratio between the solvent and wood of 1:3 during liquefaction for 120 minutes at 180 °C was optimal in terms of the highest liquefaction yield achieved. The preparation of this low solvent liquefied wood was performed with ethylene glycol evaporation at 120 °C and at reduced

pressure. The final mass ratio obtained between the solvent and wood was 1:1. The hydroxyl group number of the low solvent $LW_{1:1}$ was reduced to almost one half of the $LW_{1:3}$ hydroxyl number after the evaporation of ethylene glycol. The specimens bonded with

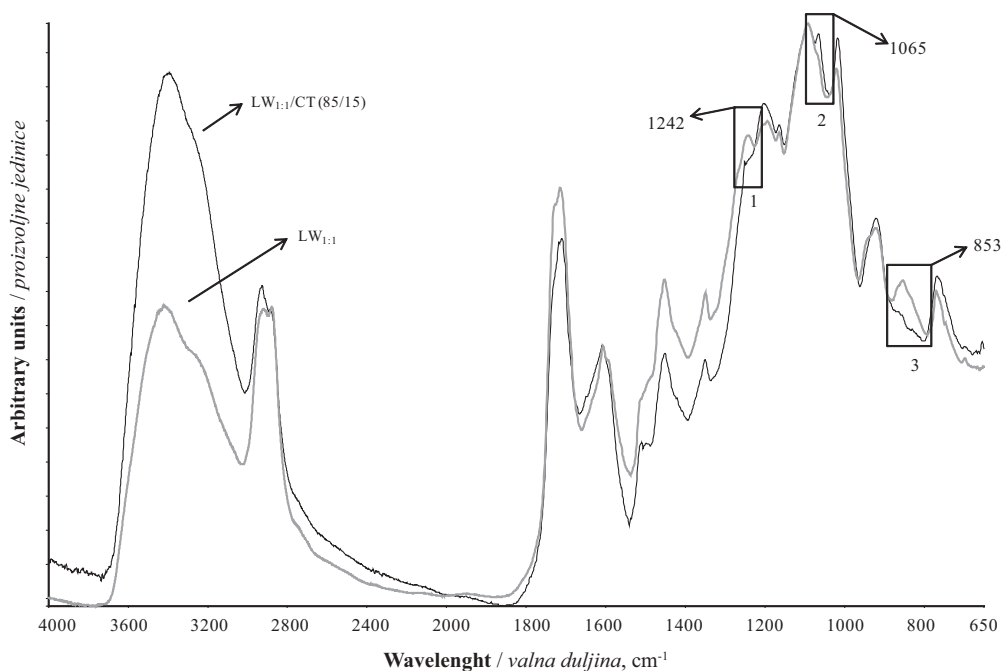


Figure 5 FT-IR spectra of cured liquefied wood with a wood/EG mass ratio of 1:1 ($LW_{1:1}$ (cured)) and of liquefied wood with a wood/EG mass ratio of 1:1 and the addition of condensed tannin ($LW_{1:1}/CT$ (85/15) (cured))

Slika 5. FT-IR spektar osušenog utekućenog drva s masenim omjerom drvo:EG u iznosu 1:1 ($LW_{1:1}$ (cured)) i osušenoga utekućenog drva s masenim omjerom drvo:EG u iznosu 1:1 i dodanim kondenziranim taninom ($LW_{1:1}/CT$ (85/15) (cured))

liquefied wood (LW_{1:1} and LW_{1:3}), and the liquefied wood with added condensed tannin, were tested for shear strength. It was found that the evaporation of ethylene glycol contributed to better durability of the adhesive bonds. The addition of condensed tannin did not contribute essentially to better durability or higher shear strength. The specimens did not fulfil the requirements of the standard EN 12765 for any of durability classes. FT-IR spectra of the low solvent content LW, with and without the addition of condensed tannin, were investigated. Some minor differences among spectra were observed. The presence of new functional groups was not confirmed. The results of this study indicated that LW containing less EG (a mass ratio of 1:1) exhibited better bonding properties than LW with an initial mass ratio of 1:3, and that the addition of condensed tannin did not contribute to an improvement in the bonding quality.

ACKNOWLEDGEMENTS – ZAHVALA

The authors acknowledge the financial support of the Slovenian Research Agency through the Project J4-2177 and Research Program P4-0015.

5 REFERENCES

5. LITERATURA

1. Antonović, A.; Jambrekić, B.; Kljak, J.; Španić, N.; Medved, S., 2010: Influence of urea-formaldehyde resin modification with liquefied wood on particleboard properties. *Drvena Industrija*, 61(1):5-14
2. Alma, H. M.; Bastürk, M. A., 2006: Liquefaction of grapevine cane (*Vitis vinifera* L.) waste and its application to phenol-formaldehyde type adhesive. *Industrial crops and products*, 24: 171-176. doi:10.1016/j.indcrop.2006.03.010
3. Alma, M. H.; Bastürk, M. A., 2001: Cocondensation of NaOH-catalyzed liquefied wood wastes, phenol, and formaldehyde for the production of resol-type adhesives. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 40: 5036-5039. doi:10.1021/ie000858x
4. Alma, M. H.; Shiraiishi, N., 1998: Preparation of polyurethane-like foams from NaOH-catalyzed liquefied wood. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 56: 245-246. doi:10.1007/s001070050311
5. Asano, T.; Kobayashi, M.; Tomita, B.; Kajiyama, M., 2007: Syntheses and properties of liquefied products of ozone treated wood/epoxy resins having high wood contents. *Holzforschung*, 61: 14-18. doi:10.1515/HF.2007.003
6. Behrens, A.; Maie, N.; Knicker, H.; Kögel-Knaber, I., 2003: MALDI-TOF mass spectrometry and PSD fragmentation as means for the analysis of condensed tannins in plant leaves and needles. *Phytochemistry*, 62: 1159-1170. doi:10.1016/S0031-9422(02)00660-X
7. Bouchard, J.; Garnier, G.; Vidal, P.; Chornet, E.; Owend, R. P., 1990: Characterization of depolymerized cellulosic residues .2. Residues derived from ethylene-glycol solvolysis cellulose. *Wood science and technology*, 24(2): 159-169.
8. Budija, F.; Tavzes, Č.; Zupančič-Kralj, L.; Petrič, M., 2009: Self-crosslinking and film formation ability of liquefied black poplar. *Bioresource Technology*, 100: 3316-3323. doi:10.1016/j.biortech.2009.02.004

9. Doh, G.; Lee, S.; Kang, I.; Kong, Y., 2005: Thermal behavior of liquefied wood polymer composites (LWPC). *Composite structures*, 68: 103-108. doi:10.1016/j.compstruct.2004.03.004
10. Faix, O., 1991: Classification of lignins from different botanical origins by FT-IR spectroscopy. *Holzforschung*, 45: 21-27. doi:10.1515/hfsg.1991.45.s1.21
11. Fu, S.; Ma, L.; Li, W.; Cheng, S., 2006: Liquefaction of bamboo, preparation of liquefied bamboo adhesives, and properties of the adhesives. *Front. For. China*, 2: 219-224. doi:10.1007/s11461-006-0005-9
12. Gierlinger, N.; Goswami, L.; Schmidt, M.; Burgert, I.; Coutand, C.; Rogge, T.; Scwanninger, M., 2008: In situ FT-IR microscopic study on enzymatic treatment of poplar wood cross-sections. *Biomacromolecules*, 9: 2194-2201. doi:10.1021/bm800300b
13. Gornik, D.; Hemingway, R. W.; Tišler, V., 2000: Tannin-based cold-setting adhesives for face lamination of wood. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 58: 23-30. doi:10.1007/s001070050380
14. IARC (International Agency for research on cancer) 2004: IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to humans. Press release N° 153. <http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2004/pr153.html> (17.11.2010).
15. Ibrahim, M.; Alaam, M.; El-Haes, H.; Jalbout, A. F.; de Leon, A., 2006: Analysis of the structure and vibrational spectra of glucose and fructose. *Eclética Química*, 31(3): 15-21. <http://www.scielo.br/pdf/eq/v31n3/02.pdf> (17.11.2010).
16. Juhaida, M. F.; Paridah, M. T.; Mohd. Hilmi, M.; Sarani, Z.; Jalaluddin, H.; Mohamad Zaki, A. R., 2010: Liquefaction of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) core for wood laminating adhesive. *Bioresource technology*, 101: 1355-1360. doi:10.1016/j.biortech.2009.09.048
17. Kobayashi, M.; Hatano, Y.; Tomita, B., 2001: Viscoelastic Properties of Liquefied Wood/Epoxy Resin and its Bond Strength. *Holzforschung*, 55: 667-671. doi:10.1515/HF.2001.108
18. Kobayashi, M.; Tukamoto, K.; Tomita, B., 2000: Application of liquefied wood to a new resin system-synthesis and properties of liquefied wood/epoxy resins. *Holzforschung*, 54: 93-97. doi:10.1515/HF.2000.014
19. Kunaver, M.; Medved, S.; Čuk, N.; Jasiukaityte, E.; Poljanšek, I.; Strnad, T., 2010: Application of liquefied wood as a new particle board adhesive system. *Bioresource Technology*, 101: 1361-1368. doi:10.1016/j.biortech.2009.09.066
20. Kurimoto, Y.; Takeda, M.; Koizumi, A.; Yamauchi, S.; Doi, S.; Tamura, Y., 2000: Mechanical properties of polyurethane films prepared from liquefied wood with polymeric MDI. *Bioresource technology*, 74: 151-157. doi:10.1016/S0960-8524(00)00009-2
21. Lee, S. H.; Ohkita, T., 2004: Ring-opening polymerization of cyclic esters onto liquefied biomass. *Journal of polymers and the environment*, 12(4): 203-210. doi:10.1007/s10924-004-8147-z
22. Li, G.; Qin, T.; Tohmura, S.; Ikeda, A., 2004: Preparation of phenol formaldehyde resin from phenolated wood. *Journal of forestry research*, 15(3): 211-214. doi:10.1007/BF02911027
23. Marra, A. A., 1992: *Technology of wood bonding - Principles and practise*. 1st ed. Van Nostrand Reinhold: New York.
24. Morohoshi, N., 1991: *Chemical characterisation of wood and its components*. Wood and cellulosic chemistry. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel.

25. Moubarik, A.; Pizzi, A.; Allal, A.; Charrier, F.; Charrier, B., 2009: Cornstarch and tannin in phenol-formaldehyde resins for plywood production. *Industrial Crops and Products*, 30: 188-193. doi:10.1016/j.indcrop.2009.03.005
26. Pandey, K. K.; Pitman, A. J., 2003: FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi. *International biodeterioration & biodegradation*, 52: 151-160. doi:10.1016/S0964-8305(03)00052-0
27. Pizzi, A., 2008: Tannins: Major sources, properties and applications. In: Belgacem M. N., Gandini A. (Eds.) *Monomers, polymers and composites from renewable resources*. Elsevier, pp. 179-199. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780080453163>.
28. Ugovšek, A.; Kariz, M.; Sernek, M., 2010: Bonding of beech wood with an adhesive mixture made of liquefied wood and phenolic resin, in: Németh R. and Teischinger A. (Eds.). *Proceedings of the "Hardwood Science and Technology" - The 4th conference on hardwood research and utilisation in Europe*. Sopron, Hungary, 17-18 May 2010, 64-68.
29. Vázquez, G.; González-Álvarez, J.; López-Suevos, F.; Antorrena, G., 2002: Rheology of tannin-added phenol formaldehyde adhesives for plywood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 60: 88-91. doi:10.1007/s00107-001-0277-6
30. Wang, T.; Zhang, L.; Li, D.; Yin, J.; Wu, S.; Mao, Z., 2008: Mechanical properties of polyurethane foams prepared from liquefied corn stover with PAPI. *Bioresource Technology*, 99: 2265-2268. doi:10.1016/j.biortech.2007.05.003
31. Wu, C.; Lee, W., 2010: Curing behavior and adhesion properties of epoxy resin blended with polyhydric alcohol-liquefied *Cryptomeria japonica* wood. *Wood Science and Technology*, <http://www.springerlink.com/content/c35529h734w12m78/fulltext.pdf>.
32. Xiaojun, M.; Guangjie, Z., 2010: Preparation of carbon fibers from liquefied wood. *Wood science and technology*, 44: 3-11. doi:10.1007/s00226-009-0264-3
33. Zhang, Q.; Zhao, G.; Yu, L.; Jie, S., 2007: Preparation of liquefied wood-based resins and their application in molding material. *For. Stud. China*, 9(1): 51-56. doi:10.1007/s11632-007-0009-z
34. *** EN 205: 2003: Adhesives - Wood adhesives for non-structural applications - Determination of tensile shear strength of lap joints: 13pp.
35. *** EN 12765: 2002: Classification of thermosetting wood adhesives for non-structural applications: 9pp.

Corresponding address:

Assoc. Prof. MILAN ŠERNEK, Ph.D.

University of Ljubljana, Biotechnical Faculty
Department of Wood Science and Technology
Rožna dolina, C. VIII/34
SI-1000 Ljubljana, SLOVENIA
e-mail: milan.sernek@bf.uni-lj.si



Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
u suradnji s



Zagrebački
Velesajam

organizira i poziva Vas na

22. MEĐUNARODNO ZNANSTVENO SAVJETOVANJE “DRVO JE PRVO – IZAZOVI SEKTORA PRED ULASKOM U EU”

21. listopada 2011. godine, Zagrebački velesajam

Poštovani,

Naše tradicionalno savjetovanje u okviru 38. međunarodnog sajma namještaja, unutarnjeg uređenja i prateće industrije održat će se **21. listopada 2011. na Zagrebačkom velesajmu** pod pokroviteljstvom Ministarstva regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva. Tema ovogodišnjeg savjetovanja je “DRVO JE PRVO – IZAZOVI SEKTORA PRED ULASKOM U EU”.

Pozivamo Vas da nam se pridružite.

Predsjednik
Znanstvenog odbora
Savjetovanja AMBIENTA '11
prof. dr. sc. Ivica Grbac

Koordinator
projekta Znanstvenog
savjetovanja AMBIENTA '11
doc. dr. sc. Goran Mihulja

Motivating Employees of Slovenian and Croatian Wood-industry Companies in Times of Economic Downturn

Motiviranje zaposlenih u slovenskim i hrvatskim drvoprerađivačkim poduzećima u uvjetima gospodarske krize

Original scientific paper • Izvorni znanstveni rad

Received – *prispjelo*: 13. 12. 2010.

Accepted – *prihvaćeno*: 27. 4. 2011.

UDK: 630*79

doi:10.5552/drind.2011.1040

ABSTRACT • *Motivating the employees is of key importance for providing their efficiency and quality of work. This applies especially to employment in times of economic downturn, when the growth can be recognized of demotivational factors that have a negative influence on the motivation of employees. The aim of this research was to establish the current situation of motivation of the employees of Slovenian and Croatian wood-industry companies. It was established that the company managements pay most attention to assuring employees' security and their mutual relations, which is without doubt of great importance in the period of increased insecurity of business and growing tension among people. Interest was also focused on differences between Slovenian and Croatian companies. It was established that there are some differences in classification of different motivational factors according to their importance, but they are mostly not statistically significant.*

Key words: *motivation, motivation theories, economic downturn, Slovenia, Croatia, wood-industry company*

SAŽETAK • *Motiviranje zaposlenih ima ključnu važnost za ostvarenje njihove učinkovitosti i kvalitete rada. To se posebice odnosi na poslovanje u uvjetima gospodarske recesije jer se bilježi porast demotivacijskih čimbenika koji negativno utječu na motiviranost uposlenika. U istraživanju nas je zanimalo trenutačno stanje motiviranja zaposlenih u slovenskim i hrvatskim drvoprerađivačkim poduzećima, pri čemu je ustanovljeno da se u poduzećima pri upravljanju najveća pozornost pridaje sigurnosti zaposlenih i njihovim međusobnim odnosima, što je u vrijeme velike nesigurnosti poslovanja i rastućih napetosti među ljudima nedvojbeno iznimno bitno. Zanimale su nas i razlike među slovenskim i hrvatskim poduzećima. Ustanovljeno je da postoje neke razlike u razvrstavanju pojedinih motivacijskih čimbenika po važnosti, koje najčešće nisu statistički značajne.*

Ključne riječi: *motivacija, motivacijske teorije, gospodarska recesija, Slovenija, Hrvatska, drvoprerađivačko poduzeće*

¹ Authors are assistant professor and assistant at Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia. ² Author is professor at Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

¹ Autori su docent i asistent na Biotehničkom fakultetu Sveučilišta u Ljubljani, Ljubljana, Slovenija. ² Autor je profesor Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Republika Hrvatska.

1 INTRODUCTION

1. UVOD

Economic recession has strongly influenced the operation of companies in the last two years (Charan, 2008). Some macro-economists (for example Mussa, 2010) believe that it hit the bottom in the middle of 2009. Its influence can be noticed in all business fields, and thus also in the motivation of the employees. A lot of de-motivational factors occurred, and the ones that already existed became even stronger. The employees are experiencing insecurity and some other fears (i.e. fear of losing a job, fear of lower wages, etc.). In order to avoid all the above mentioned and other problems, companies need to focus on seeking opportunities for sales increase and cost reduction on one hand, and on the other hand they need to establish conditions for more efficient work (Bryan and Farrell, 2008). The latter is strongly connected with the way the employees are motivated. It is a fact that the motivational strategies applied in the past are not so efficient in the current difficult economic conditions. If the managers continue to treat the employees in the same way, their already low motivation for work will decrease even more (Charan, 2008). In wood-industry companies the recent researches (Kropivšek, 2003; Kropivšek and Rozman, 2007) discovered an organizational culture, where the primary objective is not to motivate the employees, which can present an additional problem in current conditions. The management of the companies can count on satisfactory working results and satisfied workers mostly if they insert motivational factors into the working environment. It can be said that practically all motivators are in the hands of the management. The only question is if they know how to use them (Možina, 1998).

Motivation means that somebody does something because he wants to and all that needs to be done is to stimulate him (Keenan, 1996; Herzberg, 2008; George and Jones, 1999). Motivation is a process of challenging (awakening) a person's activity, focusing him on certain items and regulation in order to reach a certain objective, overcome possible obstacles and achieve the set objective. It could be said that motivation covers all factors (enthusiasm, wish, intention, persistence, etc.) that either encourage or direct our behavior (Daft *et al.*, 2000).

Možina (2002) claims that there are no unmotivated human activities. Studies proved that all of the human activities are motivated not by one, but by numerous very complicated known and unknown factors (Možina, 2002). These factors that encourage human activity can also be called motives. They are strictly individual and apply to the social part of human lives. Therefore the so-called routine motivation approaches can be very ineffective, because they are not adapted to individuals (Lipičnik, 1998). The goal of these activities is to satisfy the expectations and wishes of an individual that are formed on the basis of his material and social needs, needs for respect, independence and personal growth.

The motivational theories can be largely divided into two groups: (1) content motivational theories and (2) process or cognitive motivational theories. The first group

studies the factors that encourage the behavior and the other group studies the reasons for a certain behavior.

Among content theories, the most recognized are Maslow's theory of needs and Glasser's theory of choice. Both presume that all human activity is directed towards satisfying the basic needs (Lipičnik, 1998; Glasser, 1999; Glasser, 1994; Kropivšek, 2007; Jelačić *at al.*, 2008). Knowing the profile of an individual's needs is the basis for selection of correct approach for efficient and successful leading of a person (Kropivšek, 2007; Jelačić *at al.*, 2007). One of these theories is also Herzberg's two-factor motivational theory, where the factors are divided into motivators (the factors motivating the employees) and hygiene factors (the factors that preserve the normal level of satisfaction) (Možina, 1998). According to this theory it is not enough to ensure to the employees favorable working conditions, but it is also necessary to acknowledge their achievements, give them responsibility and allow them to develop (Herzberg *et al.*, 1993).

In the group of process or cognitive motivational theories, there is the problem-based motivational theory, which is based on the assumption that people are leaning towards solving a problem. It automatically provokes appropriate reactions of the employees (Lipičnik and Možina, 1993). Hackman – Oldhamer's model of work enrichment is based on three critical psychological circumstances (experiencing the importance of work and responsibility and knowing the results) that influence the motivation at workplace (Lipičnik and Možina, 1993). Fromm's motivational theory explains that people work either because they want to have something or because they want to be somebody (Fromm, 1996).

The main goal of this research was to study the situation of motivating the employees of Slovenian and Croatian wood-industry companies in times of economic recession that occurred at the end of 2008. The idea was to find out the factors of motivation that were in the focus of managers' attention, and to establish whether the existing ways of motivation enabled efficient satisfaction of the employees' needs. Efforts were also made to establish the differences in the types of motivation among the companies from both countries.

In the second chapter, the methods used for the research are presented. Chapter 3 covers the results of the research, and chapter 4 consists of discussion and conclusions.

2 MATERIAL AND METHODS

2. MATERIJAL I METODE

The information needed for the research was collected with the method of direct opinion poll method with questionnaires. Its purpose was to establish the actual condition in the field of employees' motivation in Slovenian and Croatian wood-industry companies in the time of economic crisis. The condition of key presumptions of different motivational theories was checked with the questionnaire. Questions were of closed type and respondents used Likert five or four-level scale of importance for each statement.

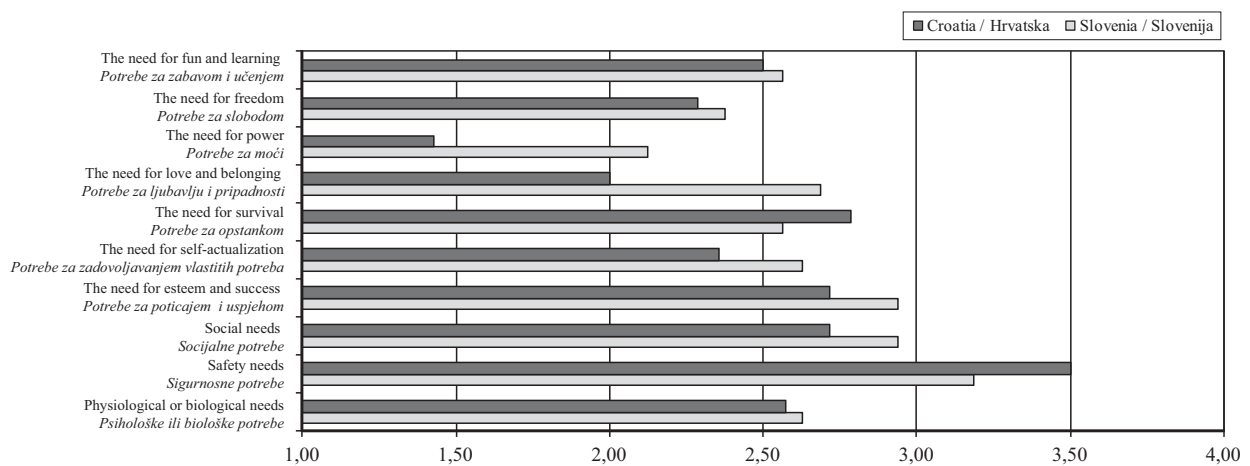


Figure 1 Management focusing on the satisfaction of employees' needs (1 – never, 2 – rarely, 3 – often, 4 – always)
Slika 1. Koncentracija menadžmenta na zadovoljavanje potreba uposlenika (1 – nikada, 2 – pokatkad, 3 – često, 4 – uvijek)

The pool in Slovenia was implemented in 2009 and in Croatia in 2010. We used e-mail as a communication channel. The questionnaires were sent to the companies in e-form. The questionnaire was filled out by 16 Slovenian and 14 Croatian randomly selected wood-industry companies of all sizes. In smaller companies, the questionnaire was filled out by managers and in bigger companies by human resources managers, by which general orientations of the companies were covered. To compare the results, the means of individual factors were calculated.

To compare the results for Slovenia and Croatia, Fisher's exact test was used. Comparison was made of frequencies of individual values from the Likert scale. If the calculated two-tailed p-values were smaller than 0.05, they were considered as statistically significant. The statistic analysis was implemented with the software SPSS.

3 RESULTS

3. REZULTATI

3.1 Needs

3.1. Potrebe

The research showed that the managers pay most attention to satisfying the employees' need for security, which is stated as one of the basic needs in Maslow's and Glasser's theory of needs. The managers assessed this need as very important, so they often focus on its satisfaction with the mean of 3.19 in Slovenia and 3.50 in Croatia (Figure 1), which is surely a consequence of great insecurity of business in the time of recession. The managers also assessed that the need for esteem/success and social needs are very important – in Slovenia they were placed second and in Croatia third. In Croatia, the need for survival was placed second (in Slovenia it was placed 7th). The biggest differences in responses in both countries occurred in focusing on the need for love and belonging (in Slovenia placed 4th, in Croatia placed 9th) and the need for power, but the differences are not statistically significant.

It is an interesting fact that the managers estimated the need for power as the least important – especial-

ly in Croatia (the mean in Slovenia was 2.13 and in Croatia 1.43). There are probably multiple reasons for such low marks. Managers believe that their employees do not have the need for power, so they do not pay any attention to satisfy this need.

3.2 Motivators and hygiene factors

3.2. Motivatori i higijenski čimbenici

The responding companies estimated that paycheck and financial rewards are two of the most important hygiene factors, which especially applies to Croatia, where the salary is estimated as the most important hygiene factor (in Slovenia on 2nd place) (Figure 2). In these answers, the security was also estimated as a very important hygiene factor; the Croatian companies placed it 2nd, while the Slovenian companies placed it 14th, and however the differences between means are small. The responses show that building and keeping good relations between the manager and employees is one of the key factors for a successful motivation. This especially applies to Slovenian companies that participated in the research, as the type of management – namely the relationship between the manager and employees was assessed with the highest mean, 3.81. Here statistically significant differences between Slovenian and Croatian companies ($p=0.008$) were also noticed.

Interesting work, success in work and possibility of promotion were also estimated as more important motivation factors (Figure 3). From the results of the questionnaire, it can be assumed that all the factors (hygiene factors and motivators) are very important for the respondents. The mean of all motivators in the economic crisis is 3.34, and of hygiene factors it is 3.18 in Slovenia, but slightly lower in Croatian (average mark of motivators 2.85, hygiene factors 2.93). It is interesting that the managers of Slovenian companies give more importance to motivators, while in Croatia the ratio is slightly different in favor of hygiene factors. The exceptions that were given less importance (mean lower than 3) are status, general development and reputation of the company, being informed about the company's condition, policy and strategy, and with the lowest mark the factor exterior supervision and control. For the latter the respondents believe that it is less important (in Slovenia 2.19, in Croatia 2.14). More ex-

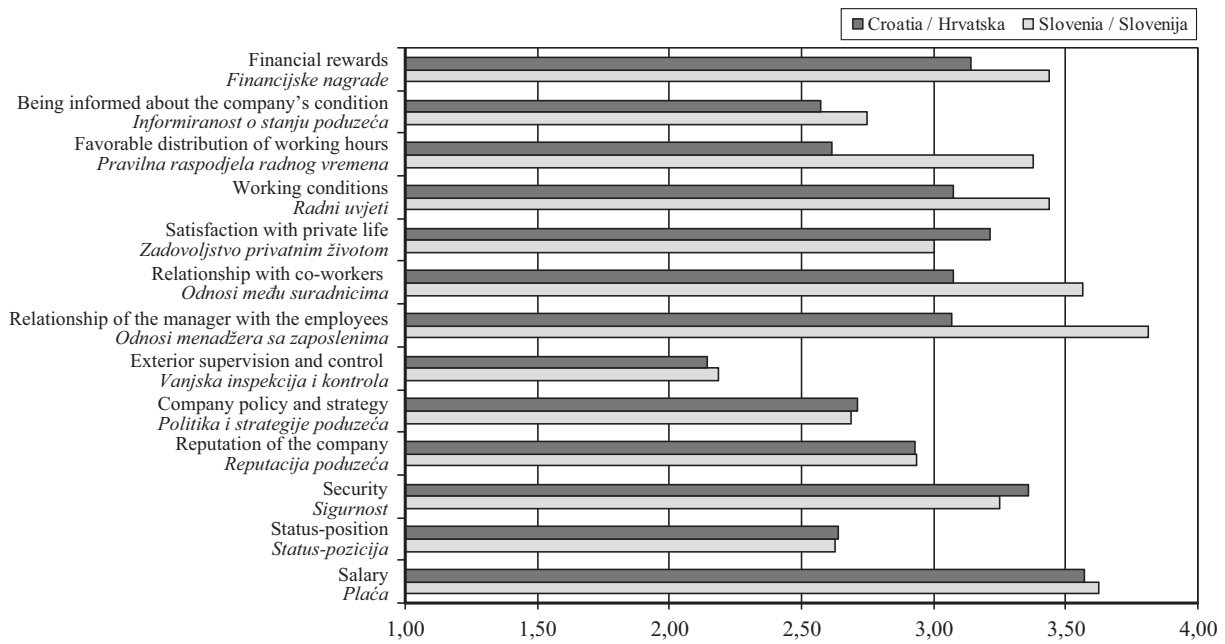


Figure 2 Importance of management hygiene factors in times of economic downturn (1 – unimportant, 2 – less important, 3 – more important, 4 – very important)

Slika 2. Važnost higijenskih čimbenika pri upravljanju u vrijeme gospodarske krize (1 – nevažno, 2 – manje važno, 3 – važno, 4 – vrlo važno)

terior supervision and control of the employees can be demotivating in certain cases.

When comparing the results of Slovenian and Croatian wood-industry companies, it was established that there are no statistically significant differences in the factors important for motivation. Statistically significant differences were only established for the above mentioned type of management – the relationship between the manager and employees and for favorable distribution of working hours ($p=0.015$). The Slovenian respondents gave more importance to both factors than the Croatian respondents.

In this research, it was established that the decrease of salary in wood-industry companies is the most important demotivator (Figure 4), which especially applies to Slovenian companies (Croatian companies placed this demotivator 3rd). The Croatian com-

panies estimated lay-offs of workers as the most important demotivator (in Slovenia it was placed 5th). In the latter, the difference between both countries is also statistically significant ($p=0.049$).

Creating tension among workers is also an important demotivator (placed 3rd in both countries). Slovenian companies estimated that decreasing working hours is a more present demotivator (placed 2nd), while the Croatian respondents did not give this demotivator almost any attention (placed 9th). The differences originate in different governmental anti-recession measures in both countries. In Croatia, worsening of working conditions is an important demotivator (placed 2nd), while in Slovenia it is only placed 7th.

In average, the demotivational factors are less present, which is a good thing. The respondents gave very different answers, and the order of precedence of

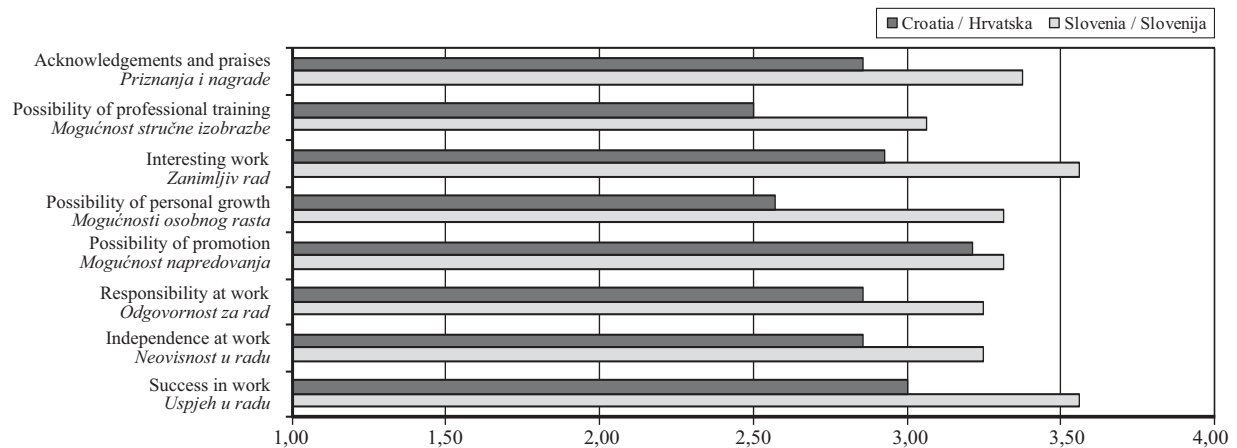


Figure 3 Importance of management motivators in times of economic downturn (1 – unimportant, 2 – less important, 3 – more important, 4 – very important)

Slika 3. Važnost motivatora pri upravljanju u vrijeme gospodarske krize (1 – nevažno, 2 – manje važno, 3 – važno, 4 – vrlo važno)

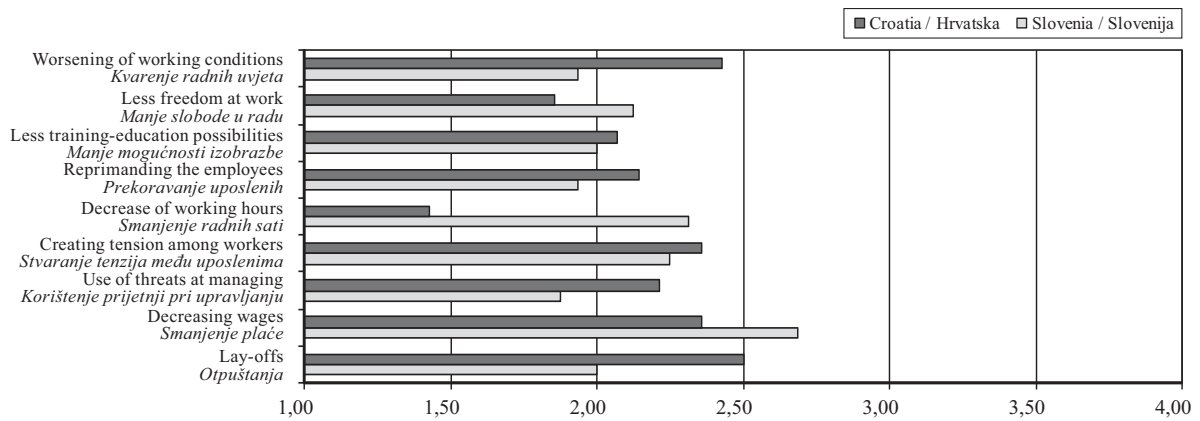


Figure 4 Presence of demotivational factors in times of economic crisis (1 – not present, 2 – less present, 3 – more present, 4 – the most present)

Slika 4. Postojanje demotivacijskih čimbenika u vrijeme gospodarske krize (1 – ne postoji, 2 – slabo zastupljeno, 3 – postoji, 4 – vrlo zastupljeno)

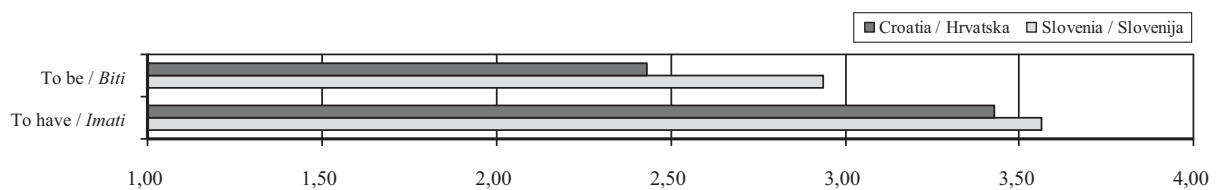


Figure 5 Importance of reasons for work– Fromm’s model (1 – unimportant, 2 – less important, 3 – more important, 4 – very important)

Slika 5. Važnost razloga za rad – Frommov model (1 – nevažno, 2 – manje važno, 3 – važno, 4 – vrlo važno)

demotivators also differs considerably in both countries. However, a statistically important difference can only be established for the use of threats in managing ($p=0.027$), which is more present in Croatian than in Slovenian companies.

3.3 Reasons for work 3.3. Razlozi za rad

Studying the reasons for work according to Fromm’s model gave the following results (Figure 5). It can be assumed that in the time of recession the prevalent opinion is that people mostly work because they want to have something (mean app. 3.50), and not so much because they want to be somebody. This is especially noticeable for the Croatian respondents, and however differences between Slovenia and Croatia are not statistically significant. This result is not surprising and fully complies with the evaluation of importance of the satisfaction of needs, where it was established how important the need for security is – the basis of which is to have something.

According to Hackman–Oldhamer’s model of work enrichment, all the critical psychological circum-

stances must be at a sufficiently high level in order to achieve good motivation. Based on the results of the questionnaire, it can be established that all three critical psychological circumstances are currently at a very high level, as the respondents graded them with an average of 3 in Slovenia and slightly below 3 in Croatia (Figure 6) and they are believed to be more important or very important for motivation and work. Most of the respondents believe that experiencing the importance of work and consequentially the perception of one’s work as meaningful are more or very important. This is more emphasized for Slovenian respondents, as the mean this circumstance is 3.44, and also the distribution of grades shows statistically significant differences among both countries ($p=0.034$). It is also very important to know the results and therefore the responsibility experience of employees and awareness of results. For these two psychological circumstances there are no statistically significant differences between the countries.

The respondents believe that a problem can also be a motivator (Figure 7), if the right conditions for its solution are established. This especially applies to Slovenian companies. The respondents from both countries

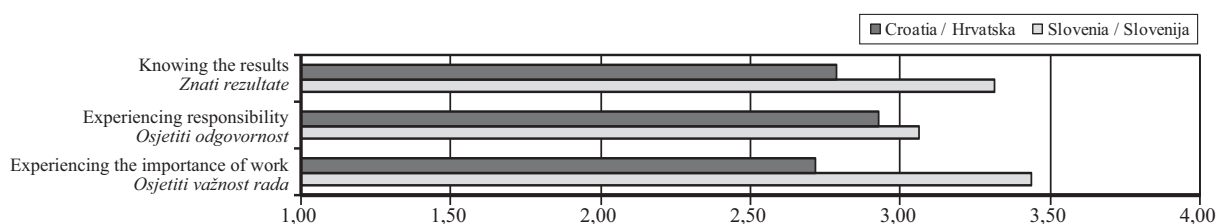


Figure 6 Importance of key psychological circumstances for work (1 – unimportant, 2 – less important, 3 – more important, 4 – very important)

Slika 6. Važnost ključnih psiholoških uvjeta za rad (1 – nevažno, 2 – manje važno, 3 – važno, 4 – vrlo važno)

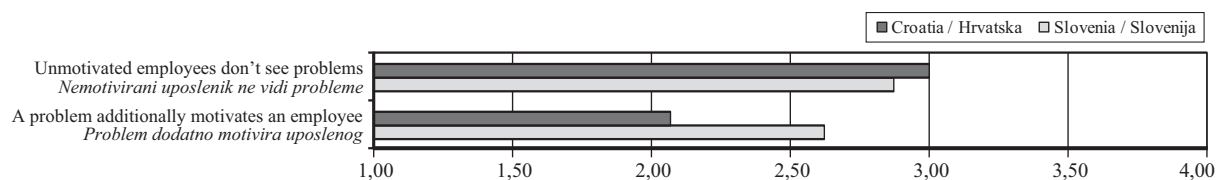


Figure 7 Problem as a motivator (1 – never, 2 – rarely, 3 – often, 4 – always)

Slika 7. Problem kao motivator (1 – nikada, 2 – pokatkad, 3 – često, 4 – uvijek)

believe that the employees that are not motivated in the first place will not see the problems, which is the reason why in such cases the problems have no influence on (additional) motivation. For this answer there is no statistically significant difference for both countries.

In Slovenia as much as 69 % of the respondents believe that the problem often additionally motivates employees, but not all them agree; 25 % believe that this only happens every once in a while. In Croatia, only 21 % of the respondents believe that a problem can additionally motivate an employee, while 64 % believe that it only happens every once in a while. Here, there are statistically significant differences between Slovenian and Croatian companies ($p=0.023$).

4 DISCUSSION AND CONCLUSION 4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

The results of the research in Slovenian and Croatian wood-industry companies show that the respondent companies pay more attention to satisfying the need for safety of the employees, which is surely of great importance in this time of insecurity. This need is often unsatisfied and therefore also much expressed in accordance with the control theory. Safety and paycheck, which indirectly influence the safety, are among the most important hygiene factors as well. Next to that, knowing the results is what motivates the employees, because in this case they recognize the objectives and feel safer. The results of studying the assumptions of all motivational theories, besides the orientation towards providing safety, also indicate the orientation towards building and preserving good relationship between the manager and employees. All motivators and hygiene factors that apply to the relationships in the company according to Herzberg's theory are evaluated as more important, which is a logical consequence of the fact that the respondent companies are experiencing a state of tension among the workers as one of the most important demotivators. This is also confirmed by the fact that (exterior) supervision and control of the company was evaluated as demotivator. Thus it has been proved that in the time of recession, it is necessary to provide safety and establish trustworthy relations between employees to motivate them, and this was also one of the objectives of this research.

Next to very common orientation of managers towards satisfying the need for safety, the companies also focus on creating conditions for satisfying other needs, especially the need for esteem/success and social needs. However, the evaluation of the employees' need for power is alarming, as the managers do not pay much attention to it. The results show that the mana-

gers rarely enable the employees to satisfy their need for power, since as much as 75 % of the respondents answered that they rarely or never pay attention to satisfying this need. This especially applies to Croatian companies. It can be concluded that the existing types of motivating do not provide for efficient satisfaction of all the needs of employees. This results in a lower motivation of employees, so it is necessary for the companies to establish suitable mechanisms that will also enable the satisfaction of the need for power. Here the introduction of rewards and praises is suggested, but also and above all including the employees into resolving problems, which also turned out to be very important in the research.

One of the aims of this research was to establish the differences between Slovenian and Croatian wood-industry companies. It was established that there are some differences in the classification of individual motivational factors according to their importance, but they are mostly not statistically significant. Despite that statistically significant differences were established in the experience of the importance of work, in the relationship between the manager and employees and in experiencing problems as motivators. Slovene companies gave to all of those factors more importance than the Croatian companies. These differences can be seen as a result of cultural differences between the countries. Furthermore, layoffs and threatening the employees are statistically significantly more present demotivators in Croatia than in Slovenia.

It can be concluded that both Slovenian and Croatian wood-industry companies recognized some demotivational factors that are surely a consequence of the economic downturn. It is a positive thing that the attention of all of the studied companies is focused on motivational factors that can reduce the negative influence of aggravated circumstances in the environment. Providing for security and taking care of the relationship between employees are among the most important guidelines of the companies for motivating the employees. Relatively small deviations of results between wood-industry companies in both countries show that there are similar economic conditions and consequently similar guidelines for motivation of employees apply.

5 REFERENCES 5 LITERATURA

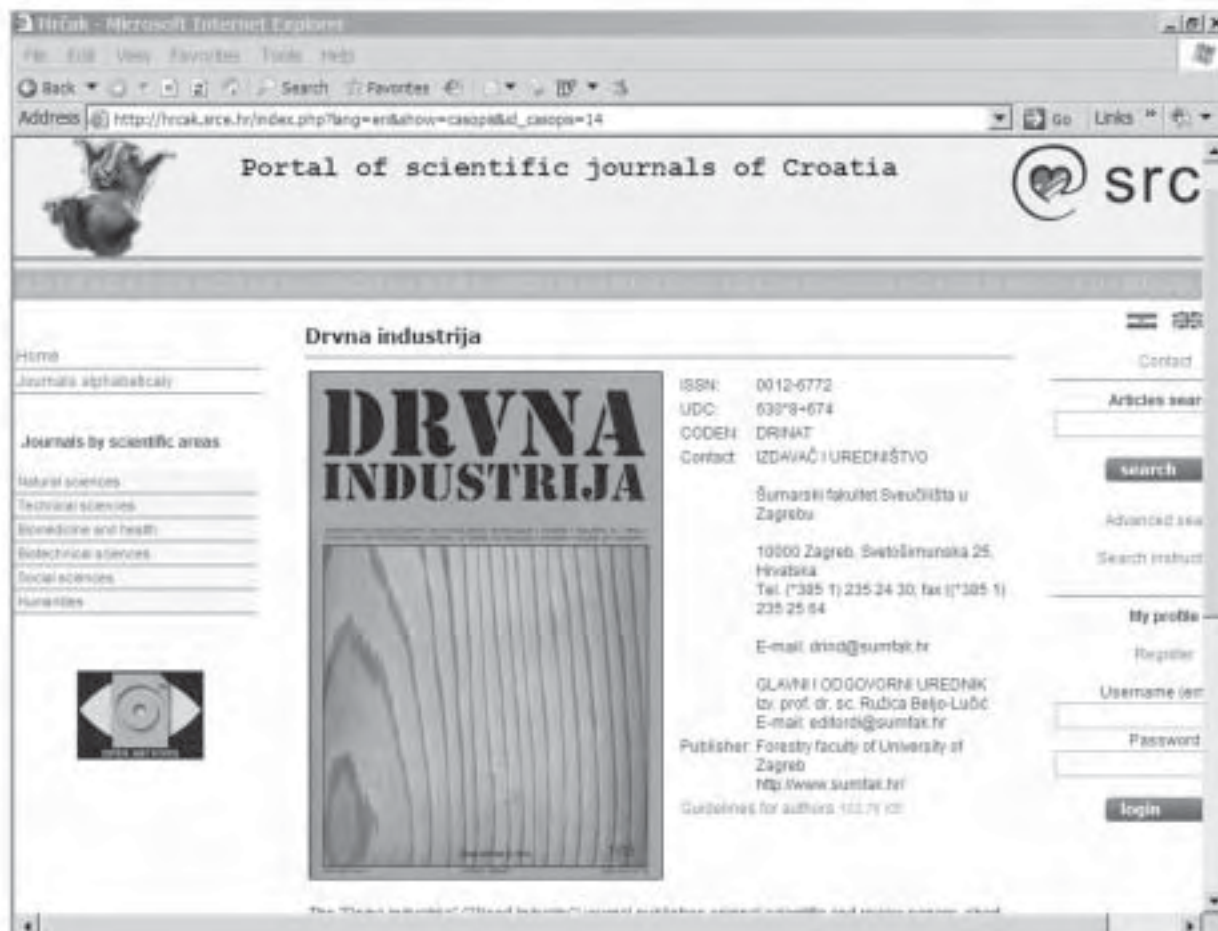
1. Bryan, L.; Farrell, D., 2008: Leading through uncertainty. McKinsey & Company <http://www.vedzen.com/Mackenzie.pdf>
2. Charan, R. 2008: Leadership in the Era of Economic Uncertainty: Managing in a Downturn (1st edition). McGraw-Hill. 160 p.

3. Daft, L. R.; Marcic, D., 2000. Understanding management. London, Thompson Learning, 666 p.
4. Fromm, E., 1996: To Have or to Be? Continuum International Publishing Group, 242 p.
5. George, J.M.; Jones, G.R., 1999: Organizational Behaviour. Second edition. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 724 p.
6. Glasser, W., 1994: The control theory manager. New York, HarperBusiness. 123 p.
7. Glasser, W., 1999: Choice theory : a new psychology of personal freedom. New York, HarperPerennial. 352 p.
8. Herzberg, F.; Mausner, B.; Bloch Snyderman, B., 1993: The Motivation to Work. Transaction Publishers, 180 p.
9. Herzberg, F., 2008: One More Time: How Do You Motivate Employees? Harvard Business Press. 80 p.
10. Jelačić, D.; Galajdova, V.; Sujova, A., 2007: Employees satisfaction in wood processing plants in Slovakia and Croatia. Human resource management & Ergonomics (HRM&E), 1(3/2007): 15-23.
11. Jelačić, D.; Grladinović, T.; Sujova, A.; Galajdova, V., 2008: Motivirajući čimbenici u preradi drva i proizvodnji namještaja. Drvna industrija, 59 (1): 11-21.
12. Keenan, K., 1996: The management guide to motivating. Ravette Publishing 62 p.
13. Kropivšek, J., 2003: The impact of human resources management and organizational culture on adaptability of Slovenian wood-industry firms. Zb. gozd. lesar., 70: 5-29.
14. Kropivšek, J.; Rozman, R., 2007: Organisational model of a globally oriented wood industry company. Zb. gozd. lesar., 83: 15-21.
15. Kropivšek, J., 2007: Vodenje z uporabo teorije potreb. Lesarski utrip, 13: 42 – 43.
16. Lipičnik, B.; Možina, S., 1993: Psihologija v podjetjih, Ljubljana, DZS. 166 p.
17. Lipičnik, B., 1998: Ravnanje z ljudmi pri delu. Ljubljana, Gospodarski vestnik, 422 p.
18. Možina, S., 1998: Zadovoljstvo zaposlenih in motivacija za poslovno odličnost. Industrijska demokracija, pp 5-8.
19. Možina, S., 2002: Managet kadrovskih virov. Kranj, Fakulteta za organizacijske vede, 431 p.
20. Mussa, M., 2010: Global Economic Prospects as of September 30, 2010: A Moderating Pace of Global Recovery. Peterson Institute for International Economics, <http://piie.com/publications/papers/mussa20100930.pdf>

Corresponding address:

Assis. Prof. JOŽE KROPIVŠEK, Ph.D.

University of Ljubljana, Biotechnical Faculty
Department of Wood Science and Technology
Rožna dolina, C. VIII/34
SI-1000 Ljubljana, SLOVENIA
e-mail: joze.kropivsek@bf.uni-lj.si



Portal of scientific journals of Croatia

<http://hrcak.srce.hr/>

Assessment of Wood Surface Quality Obtained During High Speed Milling by Use of Non-Contact Method

Upotreba beskontakne metode za ocjenu kvalitete površine drva nakon visokobrzinskog blanjanja

Original scientific paper • Izvorni znanstveni rad

Received – prispjelo: 23. 8. 2010.

Accepted – prihvaćeno: 25. 2. 2011.

UDK: 630*823.121

doi:10.5552/drind.2011.1027

ABSTRACT • This paper presents the method of surface quality evaluation at high-speed milling of wood. The effects of specific parameters of machining on the surface quality are described and results are presented of experiments carried out on selected tree species, where the effects of specific parameters on the surface quality were noted. The surface quality is evaluated by a non-contact method using a confocal sensor (CLA), which processes the results of the roughness measurement, Talysurf CLI 1000. It can be concluded that this method could actually be used for the evaluation of the surface quality.

Keywords: high-speed milling, wood surface quality, roughness, waviness, shape, filter

SAŽETAK • U radu se analizira metoda za ocjenu kvalitete površine drva nakon visokobrzinskog blanjanja. Opisan je utjecaj pojedinih parametara obrade na kvalitetu površine drva i izneseni su rezultati mjerenja kvalitete površine nakon eksperimentalnog blanjanja izabranih vrsta drva. Kvaliteta površine drva ocijenjena je beskontaktnom metodom uz pomoć konfokalnih senzora (CLA) koji procesuiraju rezultate mjerenja hrapavosti. Mjerenje hrapavosti obavljeno je uređajem Talysurf CLI 1000. Zaključeno je da postoji realna mogućnost primjene prezentirane beskontaktno metode za ocjenu kvalitete površine drva.

Cljučne riječi: visokobrzinsko blanjanje, kvaliteta površine drva, hrapavost, valovitost, kontura, filter

1 INTRODUCTION

1. UVOD

Milling is a technological process used for making the surface of certain shape, dimensions and quality cutting material particles (chips) or wood fibre bundles (cutting operation). Fig. 1 shows the kinematics of

cutting a chip in standard milling (conventional milling). In practice, however, the actual chip cross-section can differ from the nominal cross-section due to blunting, inaccurate spindle run, deviations of cutting edges from the cutting circle, irregularities of the feeding device cycle and, particularly, due to splitting off and heterogeneity of the workpiece material.

¹ Authors are PhD student, professor and assistant professor at Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University, Brno, Czech Republic.

¹ Autori su student doktorskog studija, profesor i docent na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije Mendelova sveučilišta, Brno, Republika Češka.

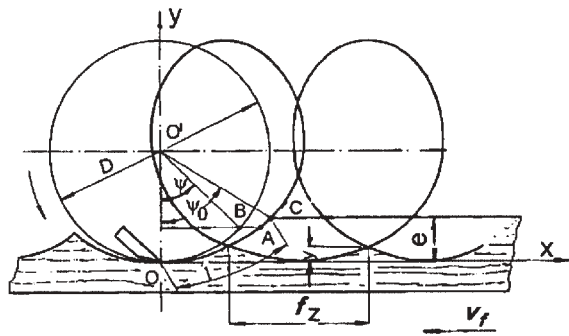


Figure 1 Milling of wood workpieces
Slika 1. Blanjanje drvenog obratka

The tool edge trajectory creates a cycloid curve, cutting speed being, however, very high at higher diameters of milling tools in proportion to the feed rate. Thus, at the section of the edge cut, it can be supposed with high probability that its cutting track will form a circle.

The problems of milling and machining surface quality have already been thoroughly investigated. The paper is based on findings of authors and their publications (Lisičan, 1996; Prokeš, 1965) and some other foreign and Czech authors.

The process of chip production shows a fundamental effect on the workpiece surface quality. So, it can be quite well described by relationships (1) and (2) resulting from Fig. 2.

Problems of machining are dealt with by Koch (1964). Problems of high-speed machining have been discussed recently. Lichtág *et al.* (2003) lay out in their research report an opinion of the general division of machining to normal, high-speed and extreme (Fig. 3) specifying a limit between normal and high-speed machining according to the relation (3). For the field of high-speed machining, they mention the rate $v_c = 70 - 130$ m/s.

According to Prokeš (1965), decisive importance for the quality of a machined surface is shown by the size of feed per tooth (see equation 4). Problems of measuring the surface roughness using a contact method are dealt with by Škaljić *et al.* (2009). The authors give results of measuring surface quality with samples of four wood species.

Svoboda *et al.* (2009) deal with the application of a non-contact method and lay out that the method can be

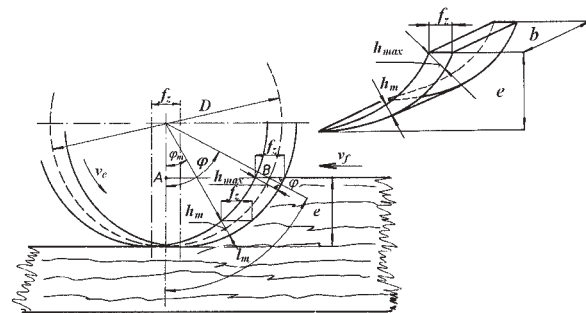


Figure 2 The scheme of cutting chips by cylindrical milling cutter

Slika 2. Shema odvojene čestice pri blanjanju drva cilindričnom glavom za blanjanje

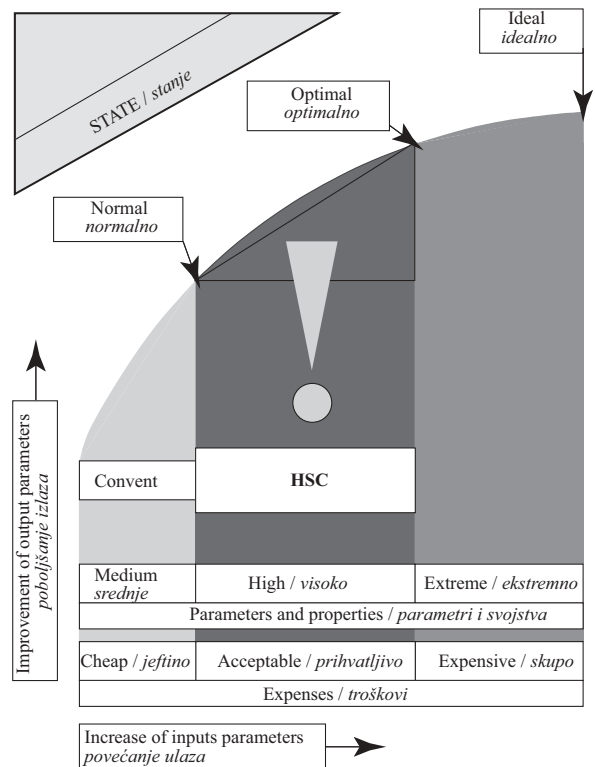


Figure 3 The scheme depending on inputs and outputs for high-speed milling

Slika 3. Shema obilježja visokobrzinskog blanjanja

used for the evaluation of roughness and waviness of the wood surface. The paper of Kowalski *et al.* (2008), where modelling the surface geometrical structure originating in the process of wood milling is discussed at a theoretical level, is rather inspiring. Sandak (2008) dealt with the problem similarly. After a theoretical analysis, he used the non-contact method of measurement to evaluate the surface quality. Using the laser sensor for surface inspection is discussed in a paper by Barčík *et al.* (2009), where differences determined between the surface quality of juvenile and mature wood are presented. A laser sensor of the surface profile was also used in a paper by Siklienka *et al.* (2008) at surface roughness quantification in cutting by horizontal band saw.

The theoretical mean chip thickness (h_m) is the function of feed per tooth (f_z). For its determination the following relations can be used:

$$h_m \approx f_z \cdot \sin \varphi_m \quad (1)$$

$$\varphi_m \approx \frac{1}{2} \arccos \left(1 - \frac{e}{R} \right) \quad (2)$$

where:

h_m – mean chip thickness / srednja debljina strugotine, mm

f_z – feed per milling head edge / zahvat po oštrici alata, mm

φ_m – average angle / srednji kut zahvata, °

R – cutting edge radius of a milling head / polumjer kružnice koju opisuju rezne oštrice, mm

e – cutting depth / dubina blanjanja, mm

Cutting speed:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000} \quad (3)$$

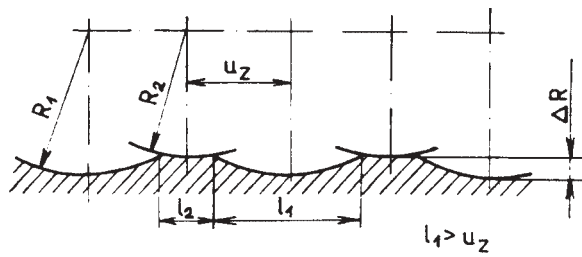


Figure 4 The workpiece surface in case of inaccurate setting of knives

Slika 4. Površina obratka pri netočno postavjenim noževima

Feed per tooth:

$$f_z = \frac{v_f \cdot 1000}{n \cdot z} \quad (4)$$

where:

v_c – cutting speed / brzina rezanja, m/s

n – tool revolutions / frekvencija vrtnje alata, min^{-1}

D – cutting edge diameter of a milling head / promjer kružnice koju opisuju rezne oštrice, mm

v_f – feed speed / posmična brzina, m/min

z – number of edges of a milling head / broj oštrica

Considering the fact that the milling cutter edge creates a circle, it is possible to determine the theoretical depth of the surface roughness (y) of milled surfaces up to hundredths of mm. Then, a known relationship can be accepted to determine the wave theoretical depth y :

$$y = \frac{f_z^2}{4 \cdot D} \Rightarrow f_z = \sqrt{4 \cdot D \cdot y} \quad (5)$$

where:

y – depth of the surface kinematical roughness / dubina površinske kinematičke hrapavosti, mm

The relation (5) applies to absolutely accurate setting of the milling head knives. In practice, it is often rather difficult to set up milling heads into a cutting edge with absolute accuracy. Thus, a situation shown in Fig. 4 can occur, if we know that $R = D/2$.

Characteristic factors determining the surface quality of a milled workpiece are as follows: tree species, volume weight, mechanical properties, moisture content, and orientation of wood fibres with respect to

the direction of the cutting edge movement. For the purpose of this paper it is sufficient when these factors are expressed by the tree species and its moisture content. The optimum moisture of wood is $8 \pm 2\%$.

Kinematic roughness is the result of mutual motion of a milling head and a workpiece. The rotational motion of a milling cutter and usually the straight-line shift of a workpiece cause typical surface roughness – cycloid waves. The waves are characterized by their depth and the distance of their tops. This type of regular inequality is termed as waviness. Roughness arising from the wood structure results from the non-homogeneous structure of wood and different behaviour of early and late wood during machining. It is assessed as irregular waviness. Picking-up the wood fibres is also related to the wood structure and behaviour. Torn bundles of wood fibres and microscopic and macroscopic cavities on the wood surface are characterized by their roughness (smoothness). The occurrence of this roughness is mostly irregular on the tooled surface.

2 MATERIAL AND METHODS

2. MATERIЈAL I METODE

Samples of Norway spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) were milled on an experimental stand.

Parameters of milling on the experimental stand were selected in two regimes:

1. spindle speed: $9\,000\ \text{min}^{-1}$, feed speed: 18, 20 and 22 m/min and chip removal: 2 mm resulting in sample thickness of 42 mm
2. spindle speed: $10\,000\ \text{min}^{-1}$, feed speed: 18, 20 and 22 m/min and chip removal: 2 mm resulting in sample thickness of 42 mm

Tool parameters:

- milling head: 125 mm in diameter, 100 mm in width,
- number of knives: 6, shaft (spindle) bore $\varnothing 40$ mm

The process of sensing the milling machine parameters:

- parameters (spindle speed, spindle motor current, speed of feed cylinders, motor currents of feed cylinders)

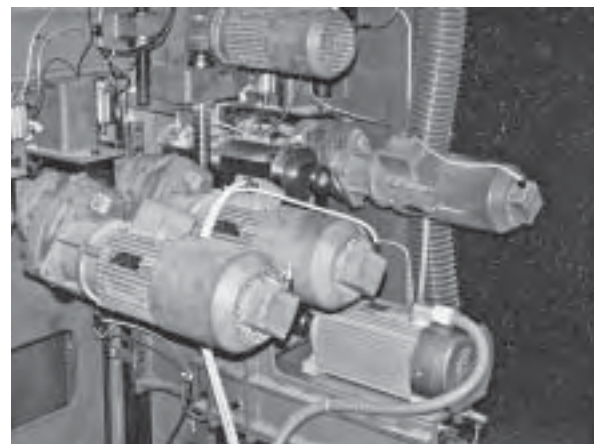
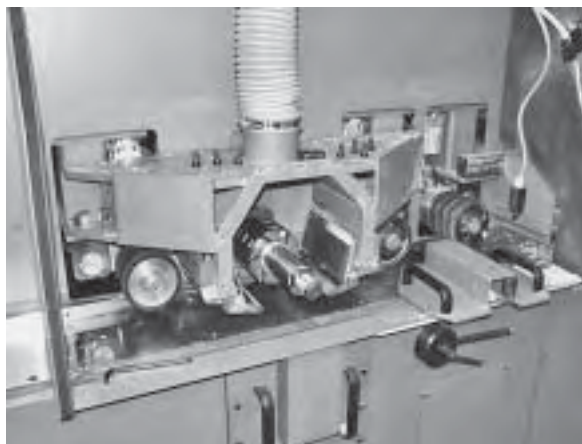


Figure 5 Experimental stand – a view of the workplace and motor place

Slika 5. Prikaz stroja za eksperimentalno blanjanje, radni i pogonski dio

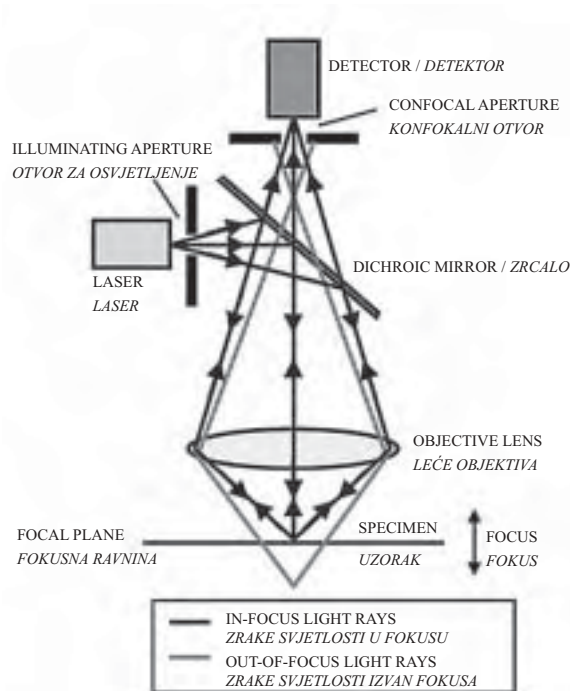


Figure 6 The principle of a raster confocal microscope
Slika 6. Načelo rada točkastoga konfokalnog mikroskopa
http://fyzika.fce.vutbr.cz/file/kusak/konfokalni_mikroskopie.pdf

- sampling time: 10 ms
- measurement time: 15 s.

For the surface evaluation, an optical method was used based on the surface topography by a non-contact confocal sensor CLA (Chromatic Length Aberration), which is part of a system for the surface texture evaluation (Talysurf CLI 1000). This system can carry out evaluation of the 2D (in total 117 parameters) and 3D (in total 40 parameters) surface structure.

Laser beam (intensive laser point source of light) is focused on a diaphragm, and it goes through the object lens up to a sample, where the diaphragm image is focused into a point whose diameter corresponds to the diffraction limit (differential limit).

Also, light reflected or scattered on the sample goes by return through the same object lens or fluorescence occurs.

Secondary light going back passes again through a diaphragm whose point image is localized by the beam divider through a photomultiplier (PMT), where

the second confocal point diaphragm is placed, which filters light coming from an area outside the microscope focal plane.

An image of the whole focused plane can be obtained through stepwise scanning using some of the following procedures: wobbling a laser beam, transverse feed of a sample before object lens, the object lens feed over the sample.

Methods of the surface quality evaluation by Talysurf CLI 1000:

1. Levelling the surface – levelling the surface according to the selected area
2. Zoom – the selection of an area from the measured surface for further adjustments and analyses
3. Form removal – used for the geometrical shape separation in measuring the actual surfaces
4. Thresholding – including the corresponding spectrum of data into analysis
5. Obtaining the basic area
6. Filtration – obtaining the area of waviness and roughness
7. Depiction of the 3D area
8. Determination of 3D parameters of the area surface structure

The surface of milled samples was evaluated using the following parameters:

- S* parameter – the surface amplitude parameter
- R* parameter – a parameter calculated from the roughness profile
- W* parameter – a parameter calculated from the waviness profile

Gaussian filters of 0.8 and 2.5 were used for roughness and waviness parameters.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3. REZULTATI I RASPRAVA

The results of the surface quality measurement were processed using the Talymap program in Talysurf system (see Fig. 8). An example is given of the 3D image of a beech sample, data on roughness and waviness and a selected section of the 2D basic profile, waviness profile and roughness profile.

Through the processing of data, waviness parameters can be obtained that can be compared with

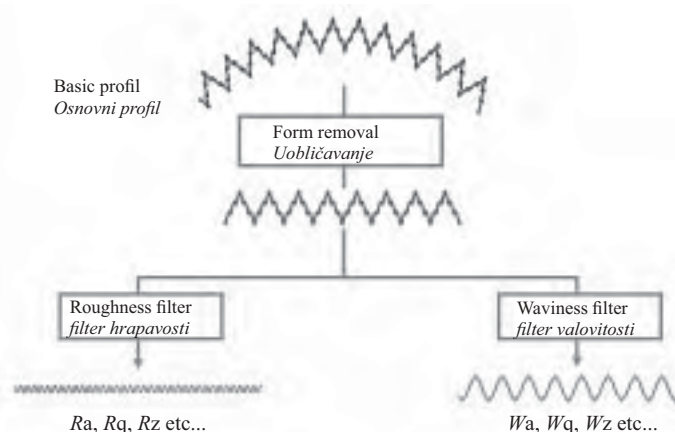
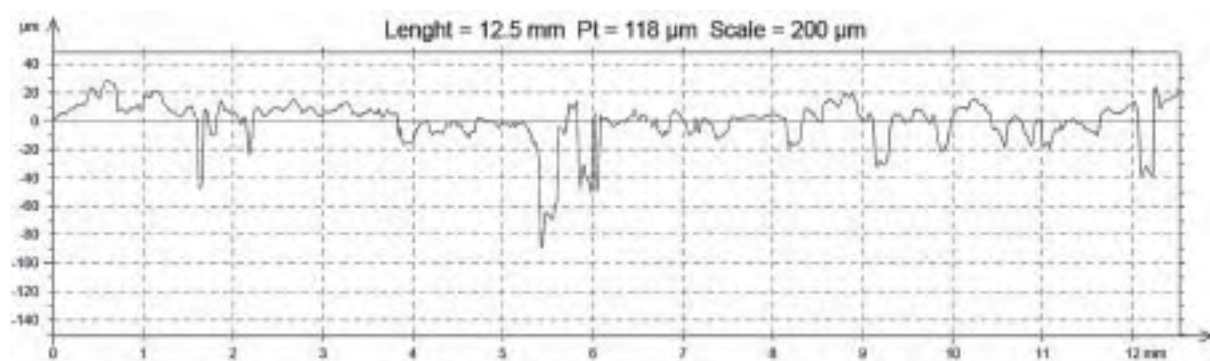
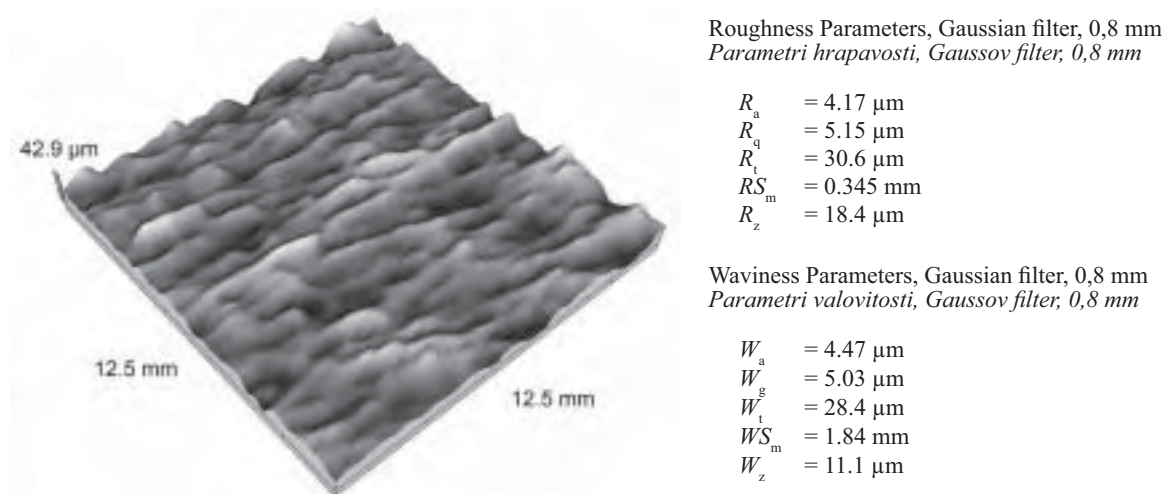
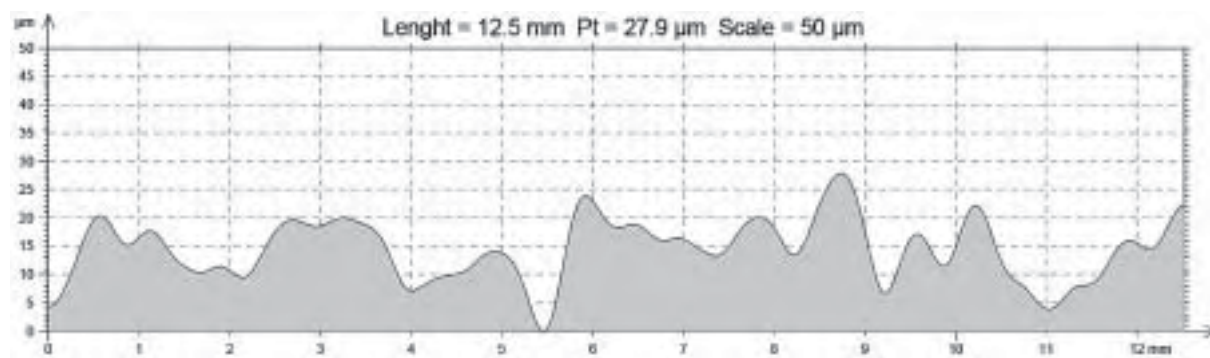


Figure 7 Evaluation of the surface quality by Talysurf CLI 1000
Slika 7. Ocjena kvalitete površine upotrebom uređaja Talysurf CLI 1000

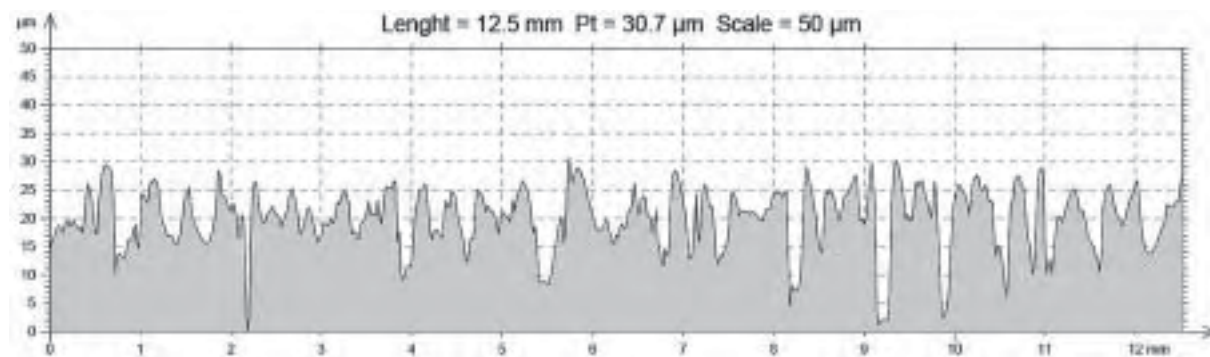




2D basic profile / 2D osnovni profil



2D waviness profile / 2D profil valovitosti



2D roughness profile / 2D profil hravavosti

Figure 8 Basic data on the surface quality of a beech-wood sample from a PC
Slika 8. Osnovni podaci o kvaliteti površine bukovih uzoraka dobivenih na računalu

theoretically calculated values. Fig. 9 illustrates that the actual length of waves is higher than the theoretical value. Thus, an assumption is proved that all knives are not in gear.

The measured parameters of the surface quality were then processed in the form of well-arranged tables. Only changes of the waviness parameters Wz (Fig. 10) were processed in diagrams. Data on roughness were processed in the same way.

By parameters of waviness it is possible to monitor kinematic unevenness, i.e. the process of high-speed milling, changes during machining, machine and tool instability, changes in the operation of a cutting tool. By roughness parameter it is possible to monitor the effects of particular species on the surface quality or chipped (torn) grain.

The mean arithmetic deviation of parameters of waviness Wa ranges from $4.27 \mu\text{m}$ at 9000 min^{-1} to

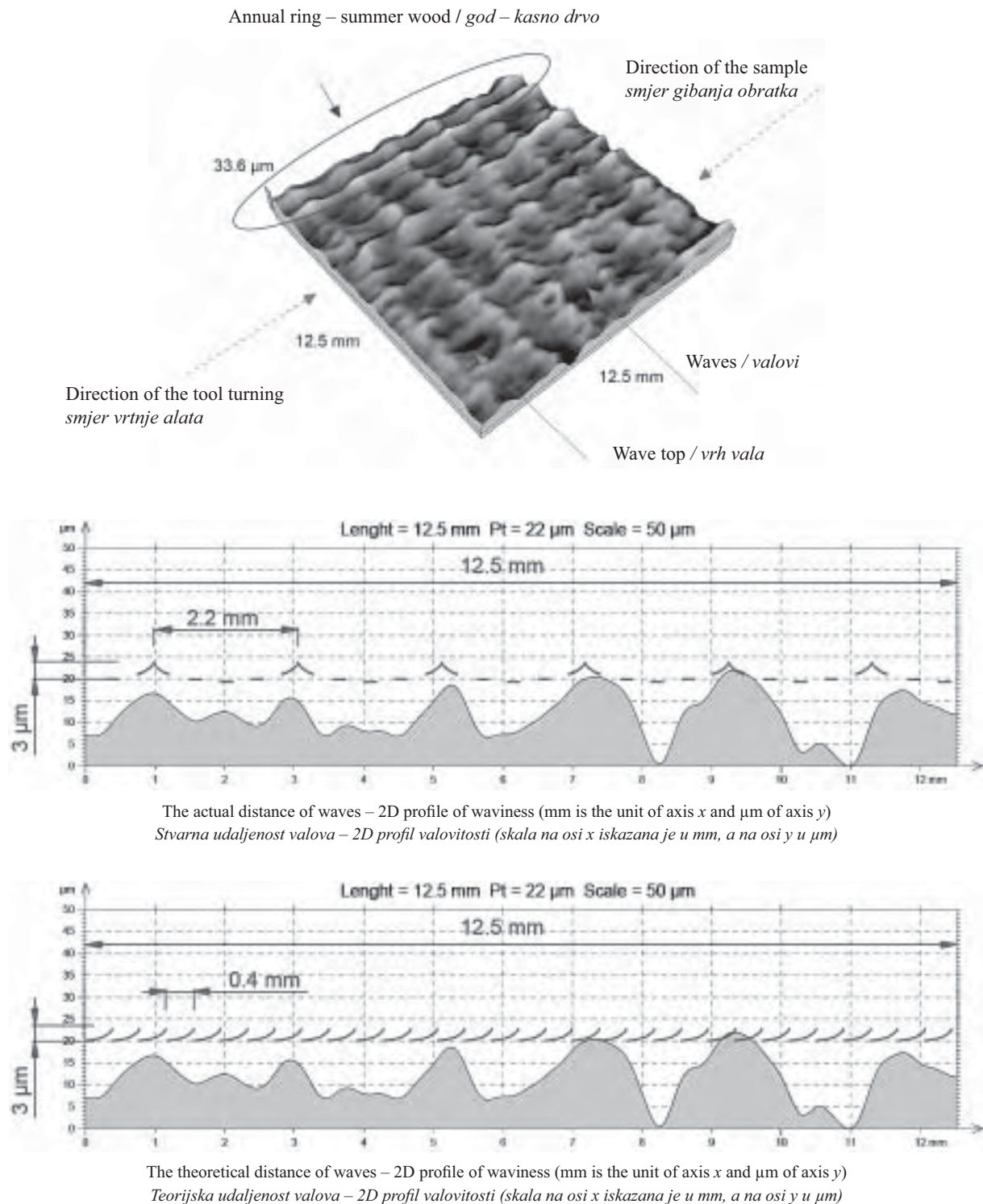


Figure 9 The profile of waviness of spruce at 9000 min^{-1} , feed 20 m/min

Slika 9. Profil valovitosti smrekovih uzoraka pri frekvenciji vrtnje alata $9\ 000 \text{ min}^{-1}$ i posmičnoj brzini 20 m/min

Table 1 Values of roughness and waviness of experimental spruce-wood samples
Tablica 1. Vrijednosti hrapavosti i valovitosti uzoraka od smrekovine

Spruce-wood samples / Uzorci od smrekovine							
Rotational speed, min ⁻¹ / Brzina vrtnje, min ⁻¹		9 000 min ⁻¹			10 000 min ⁻¹		
Feed speed, m/min / Posmična brzina, m/min		18	20	22	18	20	22
Parameters of the basic area <i>Parametri osnovne površine</i>	$S_a, \mu\text{m}$	9.55	9.13	9.23	9.30	8.18	7.99
	$S_q, \mu\text{m}$	13.05	12.40	12.65	12.70	10.85	10.73
	$S_p, \mu\text{m}$	111.00	96.70	95.15	100.95	84.25	84.10
	$S_z, \mu\text{m}$	110.50	96.20	94.90	100.53	84.05	83.65
Parameters of the waviness area <i>Parametri valova površine</i>	$S_a, \mu\text{m}$	4.29	3.78	3.71	3.54	4.06	4.95
	$S_q, \mu\text{m}$	5.66	4.83	4.61	4.45	4.92	6.32
	$S_p, \mu\text{m}$	46.85	35.20	35.90	32.80	33.65	48.60
	$S_z, \mu\text{m}$	37.20	29.60	28.65	26.85	27.35	36.90
Filter 0.8 / Filtar 0,8							
Roughness parameters <i>Parametri hrapavosti</i>	$R_a, \mu\text{m}$	2.05	2.78	3.06	2.40	1.92	2.66
	$R_q, \mu\text{m}$	2.55	3.49	3.81	3.00	2.38	3.30
	$R_p, \mu\text{m}$	20.43	23.88	27.33	21.75	16.78	22.75
	$R_z, \mu\text{m}$	10.28	13.85	15.23	11.68	9.66	13.24
	RS_m, mm	0.30	0.31	0.30	0.29	0.29	0.27
Waviness parameters <i>Parametri valovitosti</i>	$W_a, \mu\text{m}$	4.00	4.27	4.36	3.32	2.83	4.46
	$W_q, \mu\text{m}$	4.44	4.76	4.87	3.77	3.20	4.97
	$W_p, \mu\text{m}$	22.30	25.32	21.75	19.55	16.32	23.10
	$W_z, \mu\text{m}$	7.67	9.07	9.11	7.34	6.23	8.82
	WS_m, mm	2.00	1.73	2.01	1.62	1.67	1.94
Filter 2.5 / Filtar 2,5							
Roughness parameters <i>Parametri hrapavosti</i>	$R_a, \mu\text{m}$	3.54	4.78	4.62	3.73	3.05	4.06
	$R_q, \mu\text{m}$	4.45	6.04	5.72	4.79	3.79	5.02
	$R_p, \mu\text{m}$	24.80	29.33	30.97	26.07	20.27	27.43
	$R_z, \mu\text{m}$	12.67	25.88	24.73	21.18	15.88	21.38
	RS_m, mm	7.09	0.51	0.41	0.54	0.45	0.41
Waviness parameters <i>Parametri valovitosti</i>	$W_a, \mu\text{m}$	2.81	2.47	2.50	1.96	1.71	2.93
	$W_q, \mu\text{m}$	3.19	2.87	2.91	2.32	1.98	3.41
	$W_p, \mu\text{m}$	11.40	11.60	11.20	9.87	7.18	12.74
	$W_z, \mu\text{m}$	7.57	7.06	6.75	6.41	5.32	9.14
	WS_m, mm	3.29	2.96	3.47	3.21	2.92	3.18

Legend / Legenda: S_a, R_a, W_a – the mean arithmetical deviation of a profile / *srednje aritmetičko odstupanje profila*, μm ; S_q, R_q, W_q – the mean quadratic deviation of a profile / *srednje kvadratno odstupanje profila*, μm ; S_p, R_p, W_p – the total profile height / *ukupna visina profila*, μm ; S_z, R_z, W_z – the largest height of a profile / *najveća visina profila*, μm ; RS_m, WS_m – the mean width of a profile / *srednja širina profila*, mm

2.831 μm at 10000 min^{-1} in spruce and from 3.50 μm at 9000 min^{-1} to 4.56 μm at 10000 min^{-1} in beech. The mean quadratic deviation of the waviness profile Wq ranges from 4.76 to 3.20 μm in spruce and from 3.93 to 5.18 μm in beech. With the decreasing feed per tooth these values diminish and, vice versa, with the increasing feed per tooth these values increase.

The average arithmetic deviation of parameters of waviness W_a is the most common parameter in industry. It refers to a stable parameter not affected by accidental changes. The average quadratic deviation of the waviness profile W_q shows a foregrounding effect on particular or accidental projections and depressions. Therefore, it is a parameter that enables the differentiation between very fine surface and similar surface with traces and defects that are not typical. In our case, it rather determines extreme values of waviness. This parameter corresponds to the theoretical calculation of the waviness depth. However, theoretical values of waviness are about 2 μm

smaller. The total height of the waviness profile W_p is the maximum distance between the profile projection and hollow, i.e. their extreme limits. Particular measurements failed to show the dependence of W_p on parameters of high-speed milling. The measured average values W_p show extreme limits of the profile; however, these are not reliable. The largest profile height W_z ranges from 8.61 μm at 9000 min^{-1} to 7.46 μm at 10000 min^{-1} in spruce and from 9.41 μm at 9000 min^{-1} to 7.62 μm at 10 000 min^{-1} in beech. The average width of the waviness profile WS_m determines the mean width of unevenness. It refers to a very important parameter because its values are often numerically equal to feed per tooth.

Roughness parameters are particularly affected by wood type/species and properties of the machined material. Of course, RS_m parameters can partly determine the distance where torn grain occurs. The average quadratic deviation of the roughness profile R_q differentiates between a typical surface and a surface with non-

Table 2 Values of roughness and waviness of experimental beech-wood samples
Tablica 2. Vrijednosti hrapavosti i valovitosti za uzorke od bukovine

Beech-wood samples / Uzorci od bukovine							
Rotational speed, min ⁻¹ / Brzina vrtnje, min ⁻¹		9 000 min ⁻¹			10 000 min ⁻¹		
Feed speed, m/min / Posmična brzina, m/min		18	20	22	18	20	22
Parameters of the basic area Parametri osnovne površine	S_a , μm	11.60	10.30	10.35	9.71	10.35	9.83
	S_q , μm	15.60	14.45	14.30	13.05	14.30	14.60
	S_t , μm	109.70	102.00	105.50	93.30	107.50	108.00
	S_z , μm	109.05	101.5	104.95	93.00	106.50	108.00
Parameters of the waviness area Parametri površine	W_a , μm	6.24	4.36	4.76	4.95	4.38	4.15
	W_q , μm	8.23	5.48	6.00	6.27	5.48	5.13
	W_t , μm	56.80	41.50	47.55	49.40	40.95	37.00
	W_z , μm	45.60	34.75	32.80	39.60	34.00	33.05
Filter 0.8 / Filtar 0,8							
Roughness parameters Parametri hrapavosti	R_a , μm	4.81	1.88	1.90	1.72	2.09	1.87
	R_q , μm	5.96	2.38	2.40	2.13	2.61	2.39
	R_t , μm	38.50	19.25	19.52	16.73	18.90	20.75
	R_z , μm	22.60	9.57	9.62	8.49	10.29	9.59
	RS_m , mm	0.35	0.33	0.29	0.31	0.33	0.31
Waviness parameters Parametri valovitosti	W_a , μm	6.56	3.50	4.15	3.51	4.56	3.70
	W_q , μm	7.47	3.93	4.64	3.90	5.18	4.16
	W_t , μm	36.18	21.03	22.98	18.07	25.33	20.72
	W_z , μm	14.08	6.92	7.25	6.26	9.16	7.45
	WS_m , mm	1.83	2.01	2.57	1.76	2.07	1.95
Filter 2.5 / Filtar 2,5							
Roughness parameters Parametri hrapavosti	R_a , μm	6.77	3.14	3.12	3.08	4.02	3.24
	R_q , μm	8.79	4.05	4.00	3.82	5.12	4.28
	R_t , μm	48.45	23.05	23.30	21.18	26.97	25.72
	R_z , μm	39.12	18.98	18.50	17.07	22.00	20.48
	RS_m , mm	0.47	0.51	2.00	0.54	0.56	0.58
Waviness parameters Parametri valovitosti	W_a , μm	4.45	2.22	2.74	2.65	3.09	2.24
	W_q , μm	5.04	2.55	3.01	2.97	3.71	2.64
	W_t , μm	19.20	10.20	12.60	10.34	14.42	10.41
	W_z , μm	11.32	5.53	6.56	5.59	8.20	5.91
	WS_m , mm	3.77	4.81	3.52	5.00	4.00	3.09

typical changes, which is theoretically characterized by torn grain caused by specific knives. The average width of elements of the roughness profile RS_m is numerically equal to the distance of surface waviness tops – the cut of six knives. The measured values R_q range from 3.49 μm at 9000 min⁻¹ to 2.38 μm at 10 000 min⁻¹ in spruce and from 2.38 μm at 9000 min⁻¹ to 2.61 μm at 10 000 min⁻¹ in beech. Based on the comparison

between the results of measurements made by two different Gaussian filters of 0.8 and 2.5 mm, with the use of the 0.8 mm filter, roughness is suppressed in favour of waviness and, on the contrary, the 2.5 mm filter released the higher wave length of waviness parameters at the expense of the roughness parameter. It can be concluded that the 2.5 filter is more suitable for assessing waviness than the 0.8 filter.

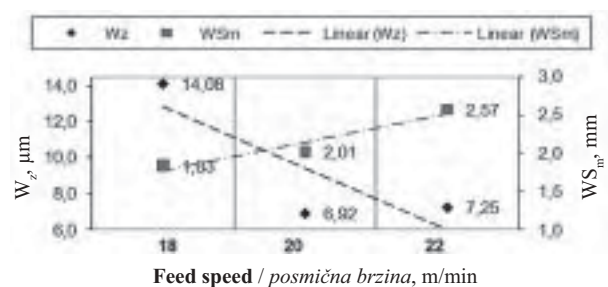
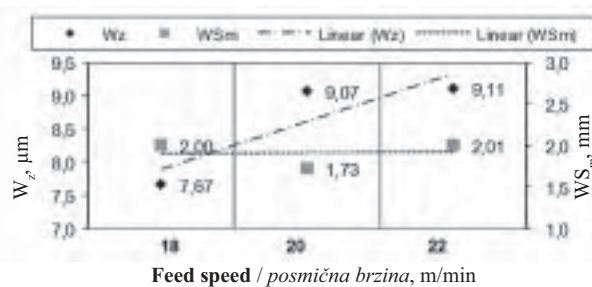


Figure 10 Waviness parameters W_z and WS_m in a function of feed speed while milling spruce (a) and beech (b) samples with the head rotational speed of 9 000 min⁻¹

Slika 10. Parametri valovitosti W_z and WS_m u ovisnosti o posmičnoj brzini pri blanjanju smrekovih uzoraka (a) i bukovih uzoraka (b) uz frekvenciju vrtnje alata 9 000 min⁻¹

4 CONCLUSIONS

4. ZAKLJUČCI

The measurement of surface quality was carried out by 3D spatial characteristics that enabled processing of a large number of data. These data then described the assessed profile of the monitored surface. More samples should be measured so as to prove or disprove their dependence. Parameters of high-speed milling were selected with respect to maximum revolutions of ordinary machines. The feed of cut material was chosen in accordance with the requirement to achieve the best possible quality surface. The average quadratic deviation of the waviness profile W_q corresponds to the theoretical calculation of the waviness depth that is, however, about 2 μm higher, which can be attributed to the imperfect torn grain that causes "hairy surface". Differences in the W_q parameter among particular species are negligible and the growth of W_q with the feed speed has been confirmed.

The average width of the waviness profile elements WS_m corresponds to the theoretical calculation of the actual distance of the wave tops (one knife cut) particularly for beech; in spruce, the value of WS_m is greater by 0.2 mm, which is affected by the microscopic structure of wood. Samples of spruce showed clearly how differences among early and late wood affected waviness. The growth of WS_m with the increase of feed speed has been proved. With parameters of high-speed milling, 9000 and 10 000 min^{-1} , tool edges set to 0.001 mm and feed of 18 m/min, it was not possible to fully differentiate the parameter of waviness WS_m because it partly interfered with the roughness parameter RS_m . It follows that this surface corresponds to the quality of the ground surface. However, on the milled surface, waviness is partly preserved.

With the other samples, it was also possible to observe waviness caused by the local increase of the wear of knives. With the selected parameters, the final surface quality is particularly affected by the condition and accuracy of knife setting.

Generally, it is possible to determine the following characteristics of the method:

- Parameters used in mechanical engineering can also be partly used for wooden materials.
- It is possible to observe changes during machining.
- It is possible to observe changes in the tool geometry.
- The method enables processing of a large number of data.

5 REFERENCES

5. LITERATURA

1. Barčík, Š.; Pivolusková, E.; Kminiak, R.; Wieloch, G. 2009: The influence of cutting speed and feed speed on surface quality at plane milling of poplar wood. Wood Research 54 (2): 109-115.

2. Koch, P. 1964: Wood Machining Processes. Ronald Press Company, New York, 530 p.
3. Kowalski, M.; Rousek, M.; Cichosz, P.; Karolczak, P. 2008: Modelling the geometrical structure of surface originating in the process of wood milling. Chip and Chipless Woodworking Processes, Štúrovo, 143-148.
4. Lichtág, J. 2003: Progressive technologies of wood machining. Final report of the EUREKA research project No. E!2379TM
5. Lisičan, J. 1996: Teória a technika spracovania dreva (*Theory and technology of wood processing*) Zvolen, Matcentrum, 625 p.
6. Prokeš, S. 1965: Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. (*Machining wood and new wood-based materials*). SNTL Praha, 372 p.
7. Sandak, J. 2008: Measuring wood surface roughness without contact. Chip and Chipless Woodworking Processes, Štúrovo, pp. 201-206.
8. Siklienka, M.; Šustek, J.; Hajník, I. 2008: Kvantifikácia nerovnosti povrchu s využitím laserového profilometra pri pilení na horizontálnej pásovej pile. (*Quantification of surface roughness using a laser profile-meter at cutting on a horizontal band saw*). Chip and Chipless Woodworking Processes, Štúrovo, pp. 207-212.
9. Svoboda, E.; Rousek, M.; Maňas, K.; Kopecký, Z.; Hrubý, V. 2009: Surface structure of milling wood. Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW Forestry and Wood Technology, 69: 303-310.
10. Škaljić, N.; Beljo Lučić, R.; Čavlović, A.; Obučina, M. 2009: Effect of Feed Speed and Wood Species on Roughness of Machined Surface. Drvna Industrija, 60 (4): 229-234.
11. *** ČSN EN ISO 4287 (1999). Standard – Geometrical demands on products (GPS) – Surface structure: Profile method - Terms, definitions and parameters of the surface structure
12. *** ČSN EN ISO 4288 (1999). Standard - Geometrical demands on products (GPS) – Surface structure: Profile method - Rules and procedures to assess the surface structure
13. ***2010: http://fyzika.fce.vutbr.cz/file/kusak/konfokalni_mikroskopie.pdf

Acknowledgement – Zahvala

This paper was prepared in connection with a partial project within the CR MSM 6215648902 Research Plan and IGA project 5/2010 LDF Mendelu. The author thanks for the financial support provided for the project.

Corresponding address:

Professor MIROSLAV ROUSEK, Ph.D.

Mendel University
Faculty of Forestry and Wood Technology
Zemědělská 3
613 00 Brno, CZECH REPUBLIC
e-mail: rousek@mendelu.cz

LABORATORIJ

ZA HIDROTERMIČKU OBRADU DRVA I DRVNIH MATERIJALA



Ispitivanje procesa hidrotermičke obrade
drva i drvnih materijala

Kontrola i određivanje sadržaja vode u drvu
standardnim i nestandardnim metodama

Određivanje makro i mikroklimatskih uvjeta
za prirodno sušenje, organizacija stovarišta

Projektiranje i razvoj klasičnih i
nekonvencionalnih načina sušenja

Projektiranje parionica

Izrada i modifikacija režima sušenja drva

Savjetovanje u odabiru tehnologije sušenja

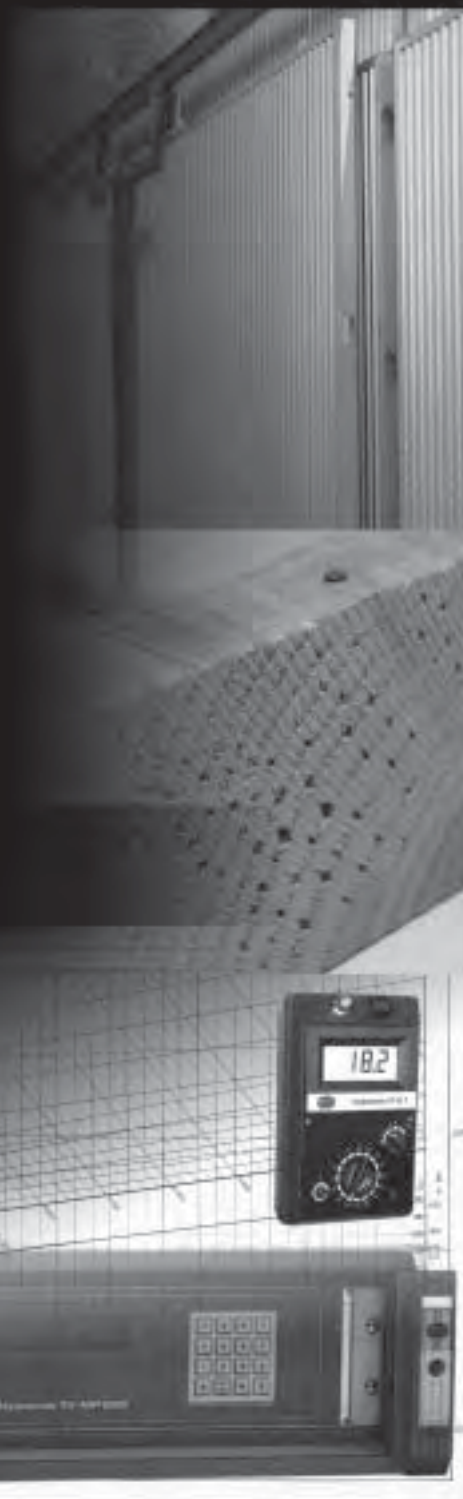
Provođenje standarda kvalitete sušenja

Odabir parametara savijanja drva

Detekcija pogrešaka u hidrotermičkoj
obradi drva i sprečavanje njihovog nastanka

Skraćivanje postupka sušenja drva

Izračun troškova sušenja drva



385 1 235 2509 tel
385 1 235 2544 fax
hidrolab@sumfak.hr
pervan@sumfak.hr
www.sumfak.hr



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
ZAVOD ZA TEHNOLOGIJE MATERIJALA
Svetošimunska c. 25, p.p. 422
HR-10002 ZAGREB

Vrijeme trajanja zavarivanja kao važan čimbenik zavarivanja bukovine

Welding Time as an Important Factor of Beech Welding

Original scientific paper • Izvorni znanstveni rad

Received – prispjelo: 15. 12. 2010.

Accepted – prihvaćeno: 27. 4. 2011.

UDK: 630*824; 674.028.1

doi:10.5552/drind.2011.1041

SAŽETAK • Spajanje drva klinovima bez ikakva lijepljenja i zavarivanja bilo je korišteno stoljećima. Ako ti klinovi (u ovom istraživanju moždanici) rotiraju prilikom spajanja s podlogom (u kontroliranim uvjetima), uz određene parametre nastaje čvrsti spoj znatne čvrstoće. Zavarivanje drva je proces u kojemu se zbivaju kemijsko-fizikalne reakcije, zbog trenja nastaje toplina koja tali i omekšava strukturu drva, a hlađenjem tako nastale taline dobiva se čvrsti spoj. U radu su prikazane dosadašnje svjetske spoznaje, ali i rezultati vlastitih istraživanja utjecaja trajanja procesa zavarivanja na izvlačnu silu između bukova moždanika i podloge. Najbolje rezultate izvlačne sile (4 994 N) imali su spojevi kod kojih je proces zavarivanja moždanika trajao od 0,56 do 0,9 s (po svakom okretaju moždanika pomak je bio 1,41 do 0,88 mm), a najmanja izvlačna sila (2 869 N) zabilježena je pri trajanju zavarivanja od 1,81 do 2,61 s. Prosječna izvlačna sila spoja lijepljenih spiralno nažlijebljenih moždanika iznosila je 5 028 N.

Ključne riječi: zavarivanje masivnog drva, vrijeme zavarivanja, čvrstoća zavarenog spoja, moždanici, izvlačna sila

ABSTRACT • Bonding of wood by virtue of wedge, without any adhesives and welding, has been done for centuries. If such wedge (in this research wood dowels) are rotated during the bonding with the surface (in controlled conditions) at certain parameters, a firm joint is formed. Welding of wood is a process where chemical and physical reactions take place, heat is formed during the friction that melts and softens the structure of wood, and a firm joint is formed by cooling of the melt. The paper shows world findings so far, as well as the results of our own research of the influence of welding process on the dowel embedded force between the beech wood dowel and the beech surface. The joints with the best results concerning the dowel embedded force (4994 N) were the joints where the process of impressing wood dowels lasted from 0.56 to 0.9 s (with each turn of the wood dowel, the movement was 1.41 to 0.88 mm) and the lowest dowel embedded force (2869 N) was recorded when the duration of the impressing lasted from 1.81 to 2.61 s. The average embedded force of glued spirally grooved dowels amounts to 5028 N.

Key words: welding of beech, welding time, strength of the welded joint, dowels, embedded force

¹ Autori su viši asistent i redoviti profesori Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Republika Hrvatska.

¹ Authors are senior assistant and professors at Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

1. UVOD 1 INTRODUCTION

Dvije najčešće primjenjivane metode zavarivanja masivnog drva i drvnih ploča jesu zavarivanje uz pomoć vibracije i zavarivanje uz pomoć rotacije. Vibracijsko zavarivanje može se podijeliti ovisno o smjeru vibriranja na linearno i kružno. Pri rotacijskom zavarivanju podloga (elementi) miruje, a moždanik (drveni čep) rotira uz pomak u smjeru svoje uzdužne osi. Obilježje obiju metoda jest trenje na kontaktnim površinama. Zbog trenja na kontaktnim površinama stvara se toplina koja „omekša i rastali” strukturu drva (drvene polioze i lignin), a vlakanca drva međusobno se isprepleću. Pri hlađenju zbiva se kemijsko-fizički proces (struktura drva otvrdnjava) povezivanja spojenih elemenata te nastaje čvrsto zavareni spoj.

Od 2000 IBOIS (Swiss Federal Institute of Technology Lausanne) razvija i istražuje metodu spajanja drva uz pomoć trenja (zavarivanje drva), bez dodavanja ikakvih vezivnih sredstava (Gliniorz i Natterer, 2000; Gliniorz i dr., 2001). Objavili su kako je zavarivanje drva za drvo uz pomoć trenja inovativni proces s velikim potencijalom za buduća istraživanja.

Utjecaj trajanja procesa zavarivanja moždanika u toplinski tretiranu i netretiranu grabovinu istraživali su Župčić i dr. (2009.), kao i u bukovinu (Župčić i dr., 2009.). Iz rezultata istraživanja vidljivo je smanjenje izvlačne sile s produljenjem trajanja procesa zavarivanja.

Zador pri zavarivanju moždanika jedan je od vrlo bitnih čimbenika zavarivanja te ima znatan utjecaj na čvrstoću spoja (Pizzi i dr., 2003; Ganne-Chedeville i dr., 2005). Optimalni zador pri rotacijskom zavarivanju moždanika (prema spomenutim autorima) iznosi 2 mm, pa je zbog toga u ovim istraživanjima korišten zador od 2 mm. Najveća izvlačna sila postignuta je kada je bukovo nažljebljeni moždanik zavaren u bukovo podlogu, u provrt od 8 mm, frekvencijom vrtnje od 1 200 okr./min. Dubina zavarivanja iznosila je 12 mm, a prosječna izvlačna sila 883 N (Pizzi i dr., 2004). Prema provedenim istraživanjima (Župčić i dr., 2010), vidljivo je da izvlačna sila postiže maksimalne iznose pri zadoru od 2 do 2,5 mm, pa su to ujedno i optimalni zadori za rotacijsko zavarivanje nažljebljenih moždanika (frekvencija vrtnje 1 520 okr./min, dubina zavarivanja 20 mm). Kada se zadori povećavaju ili smanjuju u odnosu prema optimalnima statistički se značajnije smanjuju izvlačne sile odnosno čvrstoća spoja.

Veza između temperature, vremena trajanja trenja i toplinskih strujanja pri rotacijskom zavarivanju moždanika (drvenog čepa) visokom frekvencijom vrtnje može se pratiti uz pomoć matematičkog modela prijenosa topline (Zoulalian i Pizzi, 2007). Temperatura kontaktnih površina (sljubnica) može se odrediti kao funkcija vremena i trajanja trenja (zavarivanja) prema formuli:

$$T_0 = T_i + \frac{2 \cdot \beta \cdot \mu \cdot \tau \cdot \sqrt{\alpha}}{h \cdot \sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{t}$$

gdje je:

T_0 – temperatura zavarivanja (sljubnica)

T_i – početna temperatura drva

t – vrijeme zavarivanja

τ – trenje pri pritisku

μ – frekvencija vrtnje ili vibracije

β – mehanička energija trenja pretvorena u toplinsku energiju

h – toplinska vodljivost

α – difuznost drva.

Za rotacijsko i linearno zavarivanje vrijednost β jednaka je $0,080 \pm 0,01$. Prema rezultatima istraživanja (za rotacijsko zavarivanje), optimalna temperatura zavarivanja iznosi oko 180 °C (183 °C). S prestankom djelovanja trenja ta se temperatura naglo smanjuje. Za vibracijsko zavarivanje drva raspodjelu temperature zavarivanja istraživala je Ganne-Chedeville i dr. (2008). Od početka procesa zavarivanja do 5,5 s trajanja zavarivanja događa se naglo povećanje temperature od 25 na 250 °C. Od 5,5 do 10,5 s temperatura se stabilizira na približno 250 °C, krivulja prikazuje nekoliko skokova, ali nema znatnije promjene. Nakon 10,5 s uređaj za vibracijsko zavarivanje se zaustavlja, vibracije prestaju i temperatura se smanjuje jer nema trenja (koje je uzrok nastajanja topline).

Važan čimbenik koji utječe na čvrstoću spoja odnosno izvlačnu silu jest frekvencija vrtnje. Ona je usko povezana s pomakom moždanika u smjeru uzdužne osi moždanika za vrijeme rotacije. Najveću izvlačnu silu imali su moždanici zavareni frekvencijom vrtnje 1 500 okr./min, a trajanje zavarivanja iznosilo je 4 s (Leban i dr., 2008). Najslabiji rezultati postignuti su s moždanicima zavarenim frekvencijom vrtnje 6 500 okr./min, u vremenu 2,3 s. U ovom je istraživanju korišteno vrijeme zavarivanja od 2 do 4 s, ovisno o frekvenciji vrtnje. Frekvencija vrtnje moždanika važan je čimbenik zavarivanja (Župčić, 2010). Utječe na izvlačnu silu i na čvrstoću spoja na način da je zabilježeno povećanje izvlačne sile, ali i čvrstoće (s obzirom na to da površina spoja nije promijenjena) s njezinim povećanjem od 865 okr./min do 1720 okr./min. Utjecaj frekvencije vrtnje na izvlačnu silu može se smanjiti ako se poštuje pomak moždanika po okretaju, odnosno ako se trajanje zavarivanja prilagodi frekvenciji vrtnje.

Cilj rada bio je utvrditi utjecaj trajanja procesa zavarivanja na izvlačnu silu i čvrstoću rotacijski zavarenih moždanika okomito na smjer vlakancu drva (radijalno-tangentna tekstura).

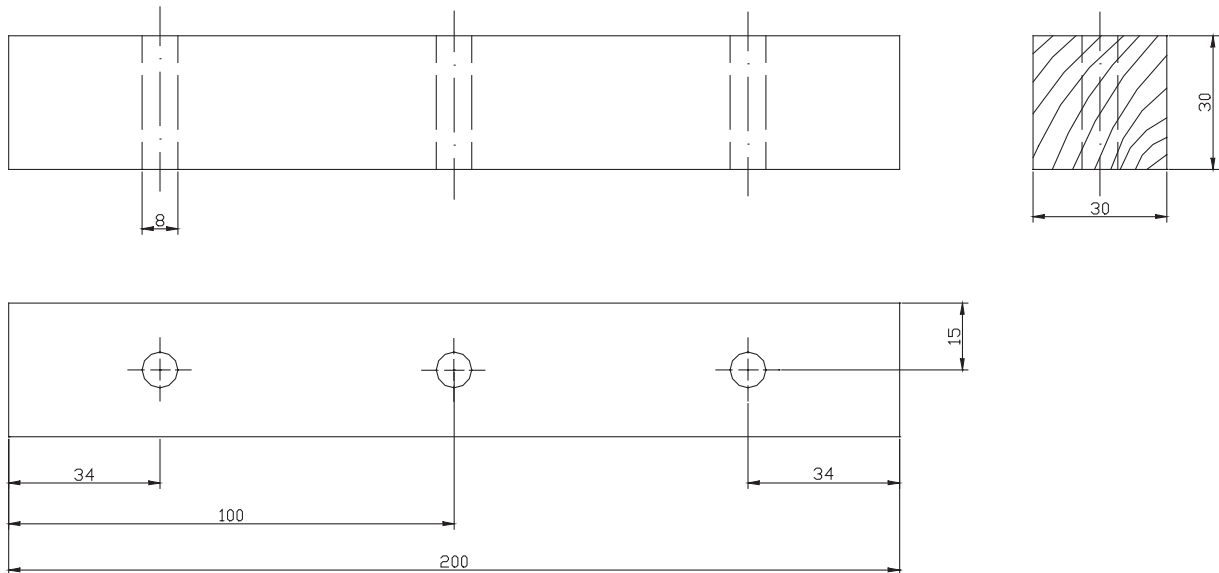
2. MATERIJALI I METODE 2 MATERIALS AND METHODS

Istraživanja utjecaja trajanja procesa zavarivanja moždanika u podlogu od bukovine provedena su na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Bukovi nažljebljeni moždanici zavareni su u podlogu od bukovine okomito na smjer drvnih vlakancu (radijalno-tangentna tekstura).

2.1. Ispitni uzorci

2.1 Test samples

Za zavarivanje moždanika metodom rotacije upotrijebljeni su uzorci dimenzija 200 x 30 x 30 mm (sl. 1).



Slika 1. Ispitni uzorak za određivanje izvlačne sile
Figure 1 Test sample for determination of the embedded force

Na svakom uzorku izbušene su po tri rupe (34 mm od oba kraja uzorka te u sredini uzorka), svrdlom promjera 8,1 mm. Promjer rupe bio je od 0,06 do 0,1 mm manji od promjera svrdla, na što su utjecale elastične deformacije drva za vrijeme bušenja rupe. Prosječni promjer moždanika (mjeren na vrhu nažljebljenja unakrsno) iznosio je 10,04 mm, pa je prosječni zador pri zavarivanju iznosio 2,02 mm. Moždanici su bili ravno nažljebljeni, duljine 120 mm, a zavarivani su na dubinu od 20 mm frekvencijom vrtnje od 1 520 okr./min. Od ukupno 130 zavarenih moždanika, 120 ih je uključeno u istraživanje, dok je u 10 uzoraka za vrijeme zavarivanja raspucala podloga ili se dogodio lom moždanika pri ispitivanju izvlačne sile pa nisu uključeni u daljnja istraživanja.

Kontrolni su uzorci lijepljeni poliuretanskim (PU) ljepilom (komercijalnog naziva TIMBER MAX) Bison International, koje je prema deklaraciji otporno na slatku i slanu vodu. Korištena su dva tipa moždanika: jedan je bio spiralno nažljebljen, srednjeg promjera 10,35 mm, a drugi tip bili su ravno nažljebljeni moždanici srednjeg promjera 10,05 mm. Promjer rupe bio je od 0,06 do 0,1 mm manji od promjera svrdla. Uzorci su bili jednakih dimenzija kao i za zavarivanje, jedina je razlika bio promjer svrdla od 10 mm. Za svaki tip moždanika izrađeno je po pet uzoraka s tri rupe u svakome (ukupno 14 + 15). Na jednom uzorku sa spiralno nažljebljenim moždanikom nastao je lom po žici drva izvan spoja, pa nije korišten u daljnjim razmatranjima. Prosječni zador pri lijepljenju ravno nažljebljenih moždanika iznosio je 0,13 mm, a u spiralno nažljebljenih zador je iznosio 0,42 mm.

Nakon zavarivanja i lijepljenja uzorci su kondicionirani u određenim klimatskim uvjetima (temperatura 23 °C, relativna vlaga zraka 50 %) tijekom osam dana, nakon čega je provedeno ispitivanje izvlačne sile.

2.2. Određivanje sadržaja vode i gustoće

2.2 Determination of moisture content and density

Prije zavarivanja uzorci su oko šest mjeseci držani u određenim klimatskim uvjetima (temperatura



Slika 2. Presjek zavarenog moždanika
Figure 2 Cross section of welded dowels

23 °C, relativna vlaga zraka 50 %), ali sadržaj vode u drvu nije mjeren. Nakon završetka ispitivanja izvlačne sile svaki se uzorak određivao sadržaj vode. Na udaljenosti 50 mm od kraja uzorka ispiljena je po jedna proba, kojima je odmah određena masa (vaganjem) te su stavljeni u sušionik. Svi uzorci (probe) osušeni su na 0 % sadržaja vode (103 ± 2 °C) do konstantne mase. Sadržaj vode određivao se prema HRN ISO 3130 : 1999. (hrvatska norma za određivanje sadržaja vode za ispitivanje fizikalnih i mehaničkih svojstava drva). Prosječan sadržaj vode iznosio je 7,1 % (min. 6,5 %, maks. 7,7 %).

Tablica 1. Opis korištenih oznaka
Table 1 Description of used designations

Oznaka / Code	Opis / Description
(0,56-0,9)	vremenski interval zavarivanja <i>Turnaround time of welding</i>
(0,91-1,2)	vremenski interval zavarivanja <i>Turnaround time of welding</i>
(1,21-1,5)	vremenski interval zavarivanja <i>Turnaround time of welding</i>
(1,51-1,8)	vremenski interval zavarivanja <i>Turnaround time of welding</i>
(1,81-2,61)	vremenski interval zavarivanja <i>Turnaround time of welding</i>
MLSN	lijepljeni spiralno nažlijebljeni moždanik (kontrolni uzorak) <i>Glued spirally grooved dowels (control sample)</i>
MLRN	lijepljeni ravno nažlijebljeni moždanik (kontrolni uzorak) <i>Glued straight grooves dowels (control sample)</i>

Nakon što je određen sadržaj vode u drvu, istim je probama određivana gustoća drva prema HRN ISO 3131 : 1999. (hrvatska norma za određivanje gustoće drva za ispitivanje fizikalnih i mehaničkih svojstava drva). Prosječna gustoća (ρ_0) iznosila je 0,69 g/cm³ (min. 0,61 g/cm³, maks. 0,78 g/cm³).

2.3. Metoda ispitivanja 2.3 Testing method

Ispitivanje izrađenih (zavarenih) uzoraka provedeno je na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (Zavod za znanost o drvu), na univerzalnoj kidalici. Aksijalni pomak (u smjeru uzdužne osi moždanika) za vrijeme ispitivanja iznosio je 5 mm/min. Uz pomoć dinamometra spojenog preko računala obavljena su mjerenja sile i pomaka, pa su sve vrijednosti točno i precizno određene. Sva su ispitivanja rađena najmanje sedam dana nakon zavarivanja ili lijepljenja (kondicioniranje uzoraka).

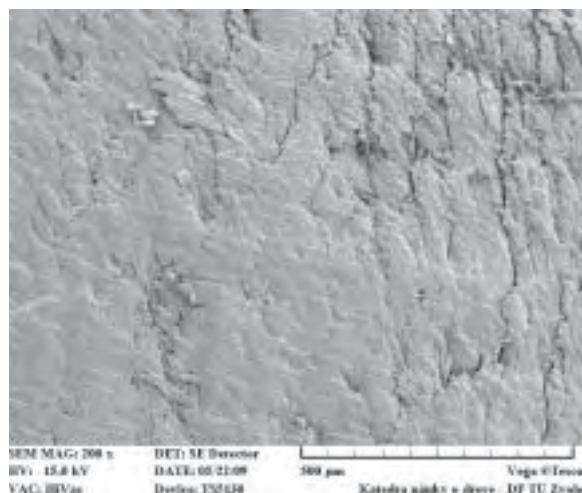
S obzirom na to da je riječ o specifičnom ispitivanju, konstruiran je i napravljen poseban prihvat za moždanike kako bi se spriječilo proklizavanje uzorka (moždanika) za vrijeme ispitivanja. Alat je omogućivao da os simetrale ispitnog uzorka bude u smjeru osi simetrale kidalice po kojoj djeluje sila.

3. REZULTATI I DISKUSIJA 3 RESULTS AND DISCUSSION

Da bi se moglo ostvariti trenje između površina u kontaktu (pri rotacijskom zavarivanju), potreban je određeni zador (razlika između promjera rupe i moždanika) i frekvencija vrtnje moždanika u određenome vremenskom trajanju. Frekvencija vrtnje moždanika i trajanje procesa zavarivanja međusobno su povezani i ovise jedno o drugome. Posljedica trenja je pojava topline na kontaktnim površinama (sljubnicama) i smanjenje volumena moždanika te povećanja volumena rupe. Toplina površinski omekša i rastali strukturu drva na mjestu dodira i nastaje talina čijim se hlađenjem do-

biva čvrsti spoj. Smanjenje volumena moždanika i povećanje volumena rupe ima dva učinka: urušavaju se stanične stijenke (zatvara se lumen stanica) i povećava površinska gustoća sljubnice, koja obično iznosi do 1,4 g/cm³ (Pizzi i dr., 2004). Drugi dio volumena nestaje zbog abrazivnog djelovanja trenja i otjecanja taline iz zone sljubnice. Upravo u tim procesima zador, frekvencija vrtnje moždanika i trajanje procesa zavarivanja imaju važnu ulogu. Zador utječe na raspoloživi volumen drva potreban za stvaranje spoja. Pri prevelikim zadorima i frekvencijama vrtnje veće je mehaničko trošenje drva (mehanička destrukcija vlakancaca) i veća je toplina zbog čega se smanjuje čvrstoća spoja. Uz povišenu frekvenciju vrtnje i produljeno vrijeme trajanja zavarivanja dobivaju se spojevi male čvrstoće. U tom je slučaju površina sljuba odnosno linija zavarivanja zaglađena i na toj se površini ne ostvaruje zavarivanje (sl. 3).

Utjecaj vremena zavarivanja za radialno-tangentni presjek (smjer zavarivanja okomit na vlakanca drva) na izvlačnu silu u nažlijebljenih moždanika ispitivan je u vremenskom intervalu od 0,56 s do 2,61 s (prosječno 1,213 s). Tih 2,05 sekundi podijeljeno je na pet intervala. Svaki je interval trajao približno tri desetinke sekunde osim zadnjeg petoga, koji je trajao sedam desetinki sekunde (od 1,81 do 2,61 s). U vremenskom intervalu od 0,56 do 0,9 s pomak moždanika iznosio je od 1,41 do 0,88 mm po okretaju, a u najduljem intervalu zavarivanja (1,81 do 2,61 s) taj je pomak iznosio od 0,43 do 0,30 mm po okretaju, što je gotovo 4,7 puta manje. Iz grafičkog prikaza na slici 4. i 5. vidljivo je postupno smanjenje izvlačne sile s povećanjem trajanja procesa zavarivanja. Najbolji rezultati postignuti su u prvom intervalu zavarivanja, u trajanju od 0,56 do 0,9 s, pri čemu je prosječna izvlačna sila iznosila 4 994 N. Prosječna izvlačna sila za interval od 1,81 do 2,61 s iznosila je 2 869 N što je gotovo 1,7 puta manje nego u intervalu od 0,56 do 0,9 s.



Slika 3. Površina moždanika s dna spoja (vrha moždanika): glatka površina loma upućuje na velik udio lignina i lom po sloju lignina. Snopovi vlakancaca usmjereni su i zaglađeni u smjeru rotacije (Župčić, 2010).

Figure 3 Dowel surface from the bottom joint (top of the dowel), smooth surface of refraction shows a large portion of lignin and refraction according to the lignin layer. Wood fibres are lined up in spin direction (Župčić, 2010).

Tablica 2. Deskriptivna statistika izvlačne sile u ovisnosti o vremenu zavarivanja
Table 2 Descriptive statistics of embedded force in correlation with welding time

Vrijeme zavarivanja <i>Welding time</i>	Aritmetička sredina izvlačne sile <i>Embedded force Mean</i>	Broj uzoraka <i>Number of samples</i>	Standardna devijacija izvlačne sile <i>Embedded force Std. Dev.</i>	Minimalna izvlačna sila <i>Embedded force Minimum</i>	Maksimalna izvlačna sila <i>Embedded force Maximum</i>
s	N	n	N	N	N
(0,56-0,9)	4 994,0	30	562,7	4 040	5 940
(0,91-1,2)	4 634,4	39	615,5	3 500	5 720
(1,21-1,5)	4 470,3	31	736,0	2 640	5 840
(1,51-1,8)	3 800,0	7	818,2	2 700	5 320
(1,81-2,61)	2 869,2	13	742,5	1 930	4 360
MLSN	5 028,6	14	582,8	4 020	6 000
MLRN	3 198,7	15	503,9	2 560	4 000
Sve grupe <i>All groups</i>	4 371,9	149	942,1	1 930	6 000

Vrijeme zavarivanja mnogo manje od 0,5 s nije moguće postići zbog lomova u podlozi i moždaniku. Pukotine u podlozi pojavljuju se zbog sile koja djeluje na obod rupe što je uzrokuje moždanik zbog zavarivanja. Ako je smjer zavarivanja radijalni, pukotine se šire po drvnim tracicima, dok radijalno-tangentna tekstura smanjuje pojavu pukotina. Dimenzija podloge svakako utječe na pojavu pukotina za vrijeme zavarivanja. Ako je vrijeme zavarivanja kratko, dolazi do loma moždanika zbog momenta koji djeluje na moždaniku u obliku torzije.

Između prva tri intervala zavarivanja (sl. 4) ne postoji statistički značajna razlika, pa proizlazi kako je prihvatljivo vrijeme zavarivanja ograničiti do 1,5 s. Pri zavarivanju od 1,5 s moždanik napravi 38 okretaja ili pomak po okretaju od 0,53 mm. Između lijepljenja spiralno nažlijebljenog moždanika i zavarivanja (prva tri intervala zavarivanja) također ne postoji statistički značajna razlika. Usporedbom zavarivanja moždanika u vremenu od 1,51 do 2,61 s i lijepljenja ravno nažlijebljenog moždanika ne postoji statistički značajna razlika. Među ostalim kombinacijama usporedbe postoji statistički značajna razlika. Usporedba zavarivanja i lijepljenja moždanika u podlogu samo uz pomoć izvlačne sile nije u potpunosti opravdana s obzirom na to da se zavarivanjem moždaniku smanjuje površina. Sa znanstvenoga gledišta mnogo je primjerenije uspoređivati zavareni i lijepljeni spoj prema čvrstoći. Prosječna površina ravno nažlijebljenog moždanika zavarenoga na dubinu od 20 mm iznosi 560,24 mm², a moždanika lijepljenog na jednaku dubinu površina je veća i iznosi 668,06 mm². Površina zavarenog moždanika je oko 16 % manja u usporedbi sa zalijepljenim moždanikom, a kako je čvrstoća omjer sile po jedinici površine, proizlazi da za iste vrijednosti izvlačne sile čvrstoća spoja raste u korist zavarivanja. Prosječna čvrstoća zavare-

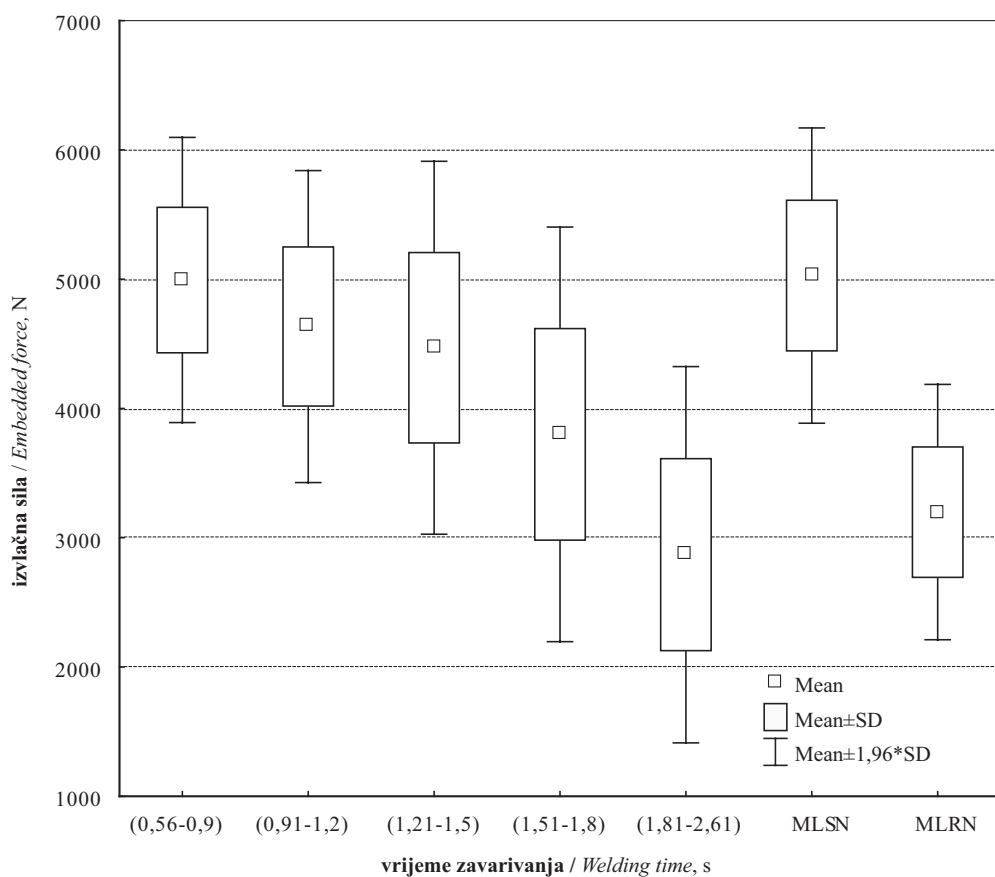
nog moždanika za interval od 0,56 do 0,9 iznosi 9,46 N/mm², a čvrstoća ravno nažlijebljenog lijepljenog moždanika iznosi 4,79 N/mm².

Prosječna izvlačna sila lijepljenih spiralno nažlijebljenih moždanika iznosi 5 029 N pri zadoru od 0,42 mm. Ako je taj zador 0,13 mm i moždanici su ravno nažlijebljeni, prosječna izvlačna sila moždanika iznosi 3 199 N. Oblik nažlijebljenja i zador utječu na veličinu izvlačne sile. Zador od 0,13 mm svakako je premali i statistički značajno utječe na izvlačnu silu. Prema ovom istraživanju, optimalno je pri lijepljenju koristiti zador od 0,42 mm i spiralno nažlijebljenje moždanika. Cilj rada nije bio definirati optimalni zador i tip moždanika pri lijepljenju već samo usporediti izvlačne sile lijepljenih komercijalnih moždanika u podlogu, na dubinu od 20 mm.

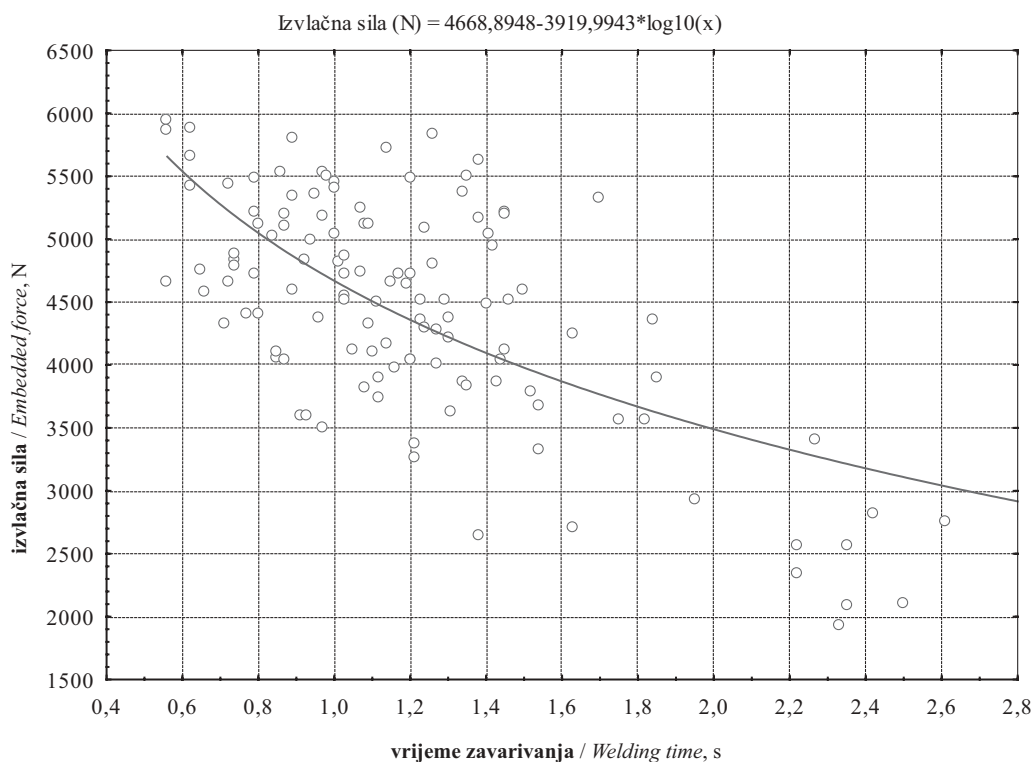
Utjecaj vremena zavarivanja na izvlačnu silu (za ravno nažlijebljeni moždanik zavaren okomito na vlakanca u radijalno-tangentnom smjeru) u vremenskom intervalu od 0,56 s do 2,61 s može se promatrati uz pomoć logaritamske krivulje ($y = 4668,9 - 3920,0 \cdot \log_{10}(x)$). Bilo je pokušaja prikazivanja rezultata istraživanja i uz pomoć drugih krivulja, ali se logaritamska pokazala najboljom. Logaritamska krivulja dobro opisuje os x jer se postupno primiče osi s povećanjem vremena zavarivanja. Budući da je najkraće vrijeme zavarivanja iznosilo 0,56 s, nije poznato što se događa s krivuljom u vremenu zavarivanja manjemu od 0,56 s. Može se pretpostaviti da u vremenu manjemu od 0,5 s izvlačna sila smanjuje jer se u tako kratkom vremenu ne može dobro formirati talina kojom se postiže zavarivanje. Izvlačna sila kretala se u rasponu od maksimalnih 5 940 N do minimalnih 1 930 N, što je tri puta manje. Prema korelacijskom koeficijentu ($r = 0,726$) proizlazi da je riječ o znatnoj povezanosti uspoređivanih podataka.

Tablica 3. Deskriptivna statistika utjecaja vremena zavarivanja
Table 3 Descriptive statistics of impact of welding time

Varijabla <i>Variable</i>	Aritmetička sredina <i>Mean</i>	Standardna devijacija <i>Std. Dev.</i>	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>
izvlačna sila, N / <i>Embedded force, N</i>	4 442,0	898,7	1 930,0	5 940,0
vrijeme zavarivanja, s / <i>Welding time, s</i>	1,21	0,44	0,56	2,61



Slika 4. Ovisnost izvlačne sile o vremenskom intervalu zavarivanja te vrijednosti izvlačnih sila za kontrolne uzorke
Figure 4 Dependence of the dowel embedded force on time intervals of welding, and values of the dowel embedded force for controlled samples



Slika 5. Usporedba izvlačnih sila i vremena zavarivanja
Figure 5 Comparison of embedded force and welding time

4. ZAKLJUČAK 4 CONCLUSION

Ravno nažlijebljeni moždanici mogu se uspješno zavariti metodom rotacijskog zavarivanja za podlogu od bukovine u smjeru okomitome na drvena vlakanca (radijalno-tangentni presjek). Dobivene vrijednosti izvlačne sile odnosno čvrstoće zavarenog spoja mogu se uspoređivati sa čvrstoćama lijepljenog spoja.

Iz rezultata istraživanja vidljivo je smanjenje izvlačne sile odnosno čvrstoće spoja s produljenjem trajanja zavarivanja ($y = 4668,9 - 3920,0 \cdot \log_{10}(x)$). S obzirom na to da je u vremenskom intervalu od 0,56 do 0,9 s izvlačna sila najveća, proizlazi da je to optimalan interval zavarivanja. Ako se utjecaj vremena zavarivanja promatra uz pomoć vremenskih intervala, tada je prihvatljivo vrijeme zavarivanja ravno nažlijebljenog moždanika do 1,5 s jer u tom vremenu nema statistički značajnog smanjenja izvlačne sile. Frekvencija vrtnje pritom je iznosila 1 520 okr./min, dubina zavarivanja 20 mm, a zador 2,02 mm, jer ako se ti parametri mijenjaju, potrebno je odabrati drugačije vrijeme zavarivanja.

Zador ravno nažlijebljenog moždanika pri lijepljenju od 0,13 mm je premalen i utječe na statistički značajno smanjenje izvlačne sile u usporedbi s lijepljenjem spiralo nažlijebljenog moždanika sa zadorom od 0,42 mm.

5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. Ganne-Chedeille, C.; Pizzi, A.; Thomas, A.; Leban, J.M.; Bocquet, J.-F.; Despres, A.; Mansouri, H., 2005: Parameter interactions in two-block welding and the wood nail concept in wood dowel welding. *J. Adhesion Sci. Technol.*, 19 (13-14): 1157 - 1174. doi:10.1163/156856105774429037
2. Ganne-Chedeville, C.; Properzi, M.; Leban, J. M.; Pizzi, A.; Pichelin, F., 2008: Interface microstructure development during wood welding. *Proceedings of Final Conference in COSTE 34, Bonding of Timber, Enhancing bondline performance, Sopron, Hungary, 6-7 May 2008.*, 130-140.
3. Gliniorz, K. U.; Natterer, J., 2000: Holzschweißen – Innovative Verbindungs-technologien in Holzbau, *Symposium der ligna Plus/Weltmesse für die Forst- und Holzwirtschaft in Hannover*, 9-18.
4. Gliniorz, K. U.; Mohr, S.; Natterer, J.; Navi, P., 2001: Wood Welding. *Proceedings of the 1st International Conference of the European Society for Wood Mechanics, Lausanne, Switzerland, 571-574.*
5. Leban, J.-M.; Mansouri, H.R.; Omreni, P.; Pizzi, A., 2008: Dependence of dowel welding on rotation rate. *Holz Roh Werkst.* (66): 241-242.
6. Pizzi, A.; Properzi, M.; Leban, J.M.; Zanetti, M.; Pichelin, F., 2003: Mechanically – induced wood welding. *Maderas. Ciencia y tecnologia*, 5 (2): 101-106.
7. Pizzi, A.; Leban, J.-M.; Kanazavwa, F.; Properzi, M.; Pichelin, F., 2004: Wood dowel bonding by high-speed rotation welding. *J. Adhesion Sci. Technol.*, 18 (11): 1263-1278. doi:10.1163/1568561041588192
8. Zoulalian, A.; Pizzi, A., 2007: Wood-dowel rotation welding – a heat – transfer model. *J. Adhesion Sci. Technol.*, 21 (2): 97-108. doi:10.1163/156856107780437435
9. Župčić, I.; Bogner, A.; Grbac, I.; Hasan, M.; Hrovat, B., 2009: New findings in wood-welding research. *Proceedings of International conference: Wood is good – new materials, quality and design of products: University of Zagreb, Faculty of Forestry, INNOVAWOOD, Zagreb, October 16th 2009*, 77-83.
10. Župčić, I.; Mihulja, G.; Govorčn, S.; Bogner, A.; Grbac, I., 2009: Zavarivanje termički modificirane grabovine, *Drvena industrija*, 60 (3): 161-166.
11. Župčić, I., 2010: Čimbenici koji utječu na spajanje bukovih tokarenih elemenata tehnikom zavarivanja. *Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Disertacija*, 1-237.
12. Župčić, I.; Bogner, A.; Grbac, I.; Lozančić, I., 2010: New insights into rotation welding of beech wood. *Proceedings of International conference: Wood is good – transfer of knowledge in practice as a way out of the crisis: University of Zagreb, Faculty of Forestry, INNOVAWOOD, Zagreb, October 15th 2010*, 147-152.
13. *** HRN ISO 3130 : 1999. (hrvatska norma za određivanje sadržaja vode za ispitivanje fizikalnih i mehaničkih svojstava drva).
14. *** HRN ISO 3131 : 1999. (hrvatska norma za određivanje gustoće drva za ispitivanje fizikalnih i mehaničkih svojstava drva).

Corresponding address:

Assis. IVICA ŽUPČIĆ, Ph.D.

Department of Furniture and Wood Products
Faculty of Forestry
University of Zagreb
Svetošimunska 25, p.p. 422
HR-10002 Zagreb, CROATIA
e-mail: izupcic@sumfak.hr

LABORATORIJ ZA ISPITIVANJE NAMJEŠTAJA I DIJELOVA ZA NAMJEŠTAJ



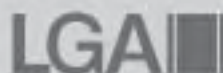
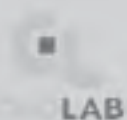
- ovlaštenu laboratorij za ispitivanje kvalitete namještaja i dijelova za namještaj
- istraživanje drvnih konstrukcija i ergonomije namještaja
- ispitivanje zapaljivosti i ekološkičnosti ojašanog namještaja
- sudska stručna vještačenja
- ispitivanje materijala i postupaka površinske obrade

Kvaliteta namještaja se ispituje i istražuje, postavljaju se osnove normi za kvalitetu, razvijaju se metode ispitivanja, a znanost i praksa, ruku pod ruku, kroče naprijed osiguravajući dobar i trajan namještaj s prepoznatljivim oznakama kvalitete. Kvalitete koja je temelj korisniku za izbor namještaja kakav želi. Taj pristup donio je Laboratoriju za ispitivanje namještaja pri Šumarskom fakultetu međunarodno priznavanje i nacionalno ovlaštenje te članstvo u domaćim i međunarodnim asocijacijama, kao i usku suradnju s njemačkim Institutom LGA. Laboratorij je član udruge hrvatskih laboratorija CROLAB čiji je cilj udruživanje hrvatskih ispitnih, mjeriteljskih i analitičkih laboratorija u interesu unaprjeđenja sustava kvalitete laboratorija te lakšeg pridruživanja europskom tržištu korištenjem zajedničkih potencijala, dok je Šumarski fakultet punopravni član udruženja INNOVAWOOD kojemu je cilj doprinijeti poslovnim uspjesima u šumarstvu, drvenoj industriji i industriji namještaja s naglaskom na povećanje konkurentnosti europske industrije.

Istraživanje kreveta i spavanja, istraživanja dječjih kreveta, optimalne konstrukcije stolova, stolica i korpurnog namještaja, zdravog i udobnog sjedenja u školi, uredu i kod kuće neka su od brojnih istraživanja provedena u Zavodu za namještaj i drvene proizvode, kojima je obogaćena riznica znanja o kvaliteti namještaja.

Dobra suradnja s proizvođačima, uvoznicima i distributerima namještaja čini nas prepoznatljivim.

Znanje je naš kapital



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
ZAVOD ZA NAMJEŠTAJ I DRVNE PROIZVODE
HR-10002 ZAGREB

Svetošimunska 25, p.p. 422
Tel.: 385 (0)1/235 2454
Fax: 385 (0)1/235 2431
e-mail: info@sumfak.hr
www.sumfak.hr

Strength Characteristics of OSB in Bending – Difference between Upper and Lower Panel Faces

Savojna čvrstoća OSB ploča – razlika između gornje i donje strane ploče

Original scientific paper • Izvorni znanstveni rad

Received – prispjelo: 2. 11. 2010.

Accepted – prihvaćeno: 27. 4. 2011.

UDK: 630*863.2; 674.815

doi:10.5552/drind.2011.1036

ABSTRACT • This article is focused on evaluating the differences between the upper and lower faces of OSB/3 – Superfinish in the course of bending stress. OSB is a material manufactured from wood chips of a large surface area, irregular shape and unequal length, which are partly randomly distributed and at the same time not perfectly oriented. Differences regarding the content of OSB surface layers cause unequal properties, which can be demonstrated, especially under bending load. The measurements made show that OSB positioned with upper face downwards in the course of the bending test are capable of withstanding a higher load, and reaching an essentially lower deflection, compared to those with lower face downwards.

Keywords: oriented strand boards (OSB), modulus of elasticity in bending (MOE), maximum deflection, image analysis

SAŽETAK • Rad se bavi procjenom razlika između gornje i donje strane OSB/3 ploča, prije svega u smislu savojnog naprezanja. OSB ploče drveni su materijal proizveden od drvnog iverja velike površine, nepravilnog oblika i nejednake duljine. Drvno je iverje slučajno raspoređeno te stoga nije uvijek potpuno pravilno orijentirano. Razlike u sastavu površinskih slojeva OSB ploča bitno utječu na nejednolikost svojstava ploča, posebice pri opterećenju na savijanje. Provedena mjerenja pokazala su da OSB ploče koje su pri testiranju okrenute gornjom površinom ploče prema dolje mogu podnijeti veća opterećenja na savijanje i bilježe manje deformacije od ploča koje su pri testiranju bile postavljene donjom površinom prema dolje.

Ključne riječi: ploče s orijentiranim iverjem (OSB ploče), modul savojne elastičnosti (MOE), maksimalna deformacija, analiza slike

1 INTRODUCTION

1. UVOD

At present, with the rapid development of engineering and technology, the number of wood-based materials is increasing, and the possibilities for their application are being extended. OSB is a state-of-the-

art material especially suitable for use in building industry as construction material for walls, roofs and floors, as well as for the manufacture of the so-called “I” beams. OSB is a material manufactured from flat wood chips arranged in layers (usually 3 layers), which are oriented perpendicular to each other and connected under pressure with some water-resistant adhesive. The

¹ Authors are assistants at the Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Prague, Czech Republic.

¹ Autori su asistenti Fakulteta šumarstva i znanosti o drvu Sveučilišta bioloških znanosti u Pragu, Prag, Republika Češka.

orientation of the layers has the same purpose and provides the same advantages as the cross-like bonding of veneer layers used in plywood manufacturing – especially with respect to reducing the anisotropic properties and dimensional changes (Baker, 2002).

For OSB – the same applies to other construction materials used in the building industry – the modulus of elasticity is one of the most important material parameters considered in static designing of structures, and also in dimensioning individual elements.

The modulus of elasticity in bending and the bending strength of OSB are most significantly influenced by the size and geometry of the chips (Suchsland, 1968; Lam, 2001; Nishimura *et al.*, 2004) as well as by the orientation of fibers of individual chips in surface layers (Geimer, 1986; Xu, 2002; Painter *et al.*, 2006^{ab}), although some other manufacturing factors significantly influence strength characteristics as well, for instance the distribution and shaping of chips during the pressing process (Sharma and Sharon, 1993; Oudjehane *et al.*, 1998), pressing time and pressure (Xu and Winistorfer, 1995; Xu, 1999), interactions between layers (Kamke, 2004), type and quantity of adhesive mixtures used, etc.

Modern technologies for manufacturing OSB strive for very thin and long chips. In general, the optimum dimensions of the chips may be formulated as follows: 0.4 to 0.6 mm in thickness, 5 to 20 mm in width, 60 to 120 mm in length (Peña and Rojas, 2006). The length of chips manufactured by means of a ring splitting machine may reach up to 150 mm. The longest chips – and thus the best quality ones – are used for the surface layers of OSB, while small chips are used for intermediate layers. Using longer and thinner chips, as well as orienting them precisely, increase the strength, rigidity and dimensional stability of panels. Usually, smaller chip fractions (smaller than 6 mm) are used for other purposes (Štefka, 2002). The ratio of small wood particles in OSB is usually about 3 – 10% (Han *et al.*, 2006, 2007).

For industrially manufactured OSB, the density of the surface layers is higher than the density of the intermediate layer (Xu and Winistorfer, 1995). During bending tests, the greatest tension is applied to surface layers of the test specimen. Thus it is preferable to manufacture OSB with some “U” shaped density profile along the panel thickness, i.e., the surface layers have a higher density than the intermediate ones. A panel manufactured in this way achieves higher bending stren-

gth compared to panels with an equal cross density profile, at an identical average OSB density (Painter *et al.*, 2006^a).

The advantages of the consequent orientation and equal shaping of the chips are well-known; however, an unequal distribution of chips within the layers of the OSB may take place. During the shaping process and placing of chips, some smaller fractions may penetrate into the lower layers of the chip sandwiches, while the level of their orientation is also reduced. Although no reference of this fact is made in expert literature, for commercially manufactured OSB the lower face may be usually distinguished in some easy way from the upper face. This difference is due to a larger ratio of smaller chips in the lower face of the panels (see Fig. 1).

2 MATERIAL AND METHODS

2. MATERIJSAL I METODE

For the testing measurements, specimens of construction panels of OSB/3 – Superfinish were used (bearing panels to be used in a wet environment in accordance with the requirements of the ČSN EN 300 standard), with the thickness of 12 mm and average density of 590 kg/m³. For manufacturing chips, spruce (80 %) and pine (20 %) were used. The intermediate layer was bonded with an MDI (isocyanate) adhesive (3.5 %) and the surface layers were bonded with an MUF (melamine-urea-formaldehyde) adhesive (8.5 %). The approximate ratio of surface chips to chips in the intermediate layer was 50/50.

The extraction and preparation of test specimens followed the ČSN EN 326-1 and ČSN EN 310 standards dealing with testing the modulus of elasticity in bending and bending stress.

The test specimens were collected from eight different panels. From each panel, six test specimens were extracted for each of the two main manufacturing directions (96 pieces in total). The specimens were then subdivided into two identical groups, each one containing 24 test specimens for the parallel direction and 24 test specimens for the perpendicular direction. During the testing, the first group was placed onto the supports with lower face downwards, whereas the test specimens of the second group were loaded with lower face upwards.

The MOE (modulus of elasticity) was evaluated using a UTS 100K test machine (measuring range of 5 to 100 kN) in accordance with the ČSN EN 310 (1995) standard. The maximum force needed to break the specimen, the corresponding deflection and the calculation of the modulus of elasticity in bending were processed with Phoenix software (Version 5.04.006, UTS-Testsysteme).

For determining the difference between the upper and lower faces of the panels, an image analysis was made with the software NIS Elements AR. The principle of image analysis consists in creating a copy of an image by means of cameras, visualizing the panel, and analyzing the typical characteristics of individual objects using a computer program. Nowadays, this analysis is primarily used for measuring chip orientation (Xu, 2002; Nishimura *et al.*, 2002; Nishimura *et al.*



Figure 1 Top view: Lower and upper faces of OSB/3 – Superfinish, test specimens of 50 x 290 mm – parallel direction

Slika 1. Pogled odozgo: donja i gornja strana OSB/3 ploče – izvrsne završne obrade, uzorci dimenzija 50 x 290 mm – paralelni smjer

al., 2004; Painter et. al., 2006^b). For the purposes of this article, image analysis was used for calculating the average size and quantity of chips placed in the upper and lower layers of the OSB.

Prior to the test measurements, all test specimens were scanned (scanner Epson GT 15 000, optical resolution of 600). The raster images scanned (6 855 x 1 163 pixels) were vectorized by means of the „Peak Detection“ function, and for calculation of the chip area in the upper layer, the „Threshold“ (0 – 110) and „Cleaning“ (1x) functions were used. All calculations were executed under a color depth of 8 bits.

3 RESULTS AND DISCUSSION 3. REZULTATI I RASPRAVA

The basic descriptive statistics were computed: arithmetic mean, standard deviation and coefficient of variation, and the range of data were expressed with a maximum and minimum value. The assumption of the measured data normality by a Shapiro-Wilks W test was verified before computing the statistical analysis (using Statistics 8.0 CZ). The results of tests on the modulus of elasticity in bending and the maximum deflection of the OSB/3 are presented in Tables 1 and 2 and Figures 2 and 3.

In the table with results, the values of modulus of elasticity in bending and of bending strength are rounded to three significant figures (in accordance with the

ČSN EN 310 standard). For statistical analysis, unrounded values were used. After computation of the basic statistical indicators, an analysis of the scattering was elaborated (ANOVA), whose results are shown in Fig. 2. For evaluating the significance of differences between the individual groups, multiple comparison tests (Post-Hoc) were carried out.

An analysis of the scattering shows that OSB achieves higher values of the modulus of elasticity in bending if they are loaded with upper face downwards. The differences in value are by no means high, reaching 1.5 % in the parallel direction and 3.4 % in the perpendicular direction. However, the deflection values resulting from maximum load (see Fig. 3) demonstrate a different statement.

As demonstrated in Fig. 3, the deflection of specimens loaded with upper face downwards is 12.5 % lower, in comparison with panels loaded with lower face downwards – in the parallel direction. For the perpendicular direction this difference amounts to 5 %. The executed post-hoc test demonstrated different deflections of groups in the parallel direction (Fisher's LSD test, a less stringent test – Tukey's HSD failed to prove a statistically significant difference).

The difference between values of the modulus of elasticity in bending and the maximum deflection between the upper and lower faces of the panels is just on the limit of statistical significance, but the values reached with the upper face are clearly higher. A larger

Table 1 Modulus of elasticity in bending of OSB/3 – Superfinish

Tablica 1. Modul savojne elastičnosti OSB/3 ploča – izvrsne završne obrade

	Modulus of elasticity in bending, MPa / Modul savojne elastičnosti, MPa				
	Mean <i>srednji</i>	Minimum <i>najmanji</i>	Maximum <i>najveći</i>	Std. Dev. <i>stand. dev.</i>	Coef. Var. <i>koef. var.</i>
Lower Face – Parallel <i>Donja strana – paralelno</i>	4760	3770	6610	735	15.42
Upper Face – Parallel <i>Gornja strana – paralelno</i>	4840	3290	6700	794	16.42
Lower Face – Perpendicular <i>Donja strana – okomito</i>	2010	748	2490	358	17.86
Upper Face – Perpendicular <i>Gornja strana – okomito</i>	2080	1390	4050	537	25.85

The sample size $n=24$ / *veličina uzorka n=24*

Table 2 Maximum deflection of OSB/3 – Superfinish

Tablica 2. Maksimalna deformacija OSB/3 ploča – izvrsne završne obrade

	Deflection, mm / Deformacija, mm				
	Mean <i>srednji</i>	Minimum <i>najmanji</i>	Maximum <i>najveći</i>	Std. Dev. <i>stand. dev.</i>	Coef. Var. <i>koef. var.</i>
Lower Face – Parallel <i>Donja strana – paralelno</i>	6.502	5.218	8.219	0.724	11.14
Upper Face – Parallel <i>Gornja strana – paralelno</i>	5.687	3.898	8.290	1.137	19.99
Lower Face – Perpendicular <i>Donja strana – okomito</i>	8.020	5.463	10.097	1.069	13.33
Upper Face – Perpendicular <i>Gornja strana – okomito</i>	7.616	4.894	9.868	1.330	17.47

The sample size $n=24$ / *veličina uzorka n=24*

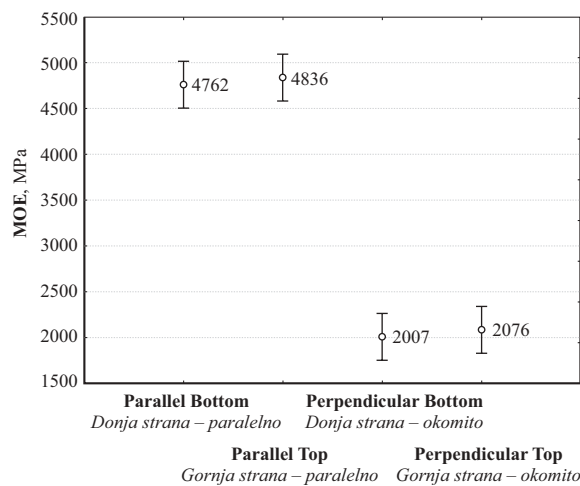


Figure 2 The values of the modulus of elasticity in bending for individual specimen groups (ANOVA – vertical bars denote 0.95 confidence intervals)

Slika 2. Vrijednosti modula savojne elastičnosti za svaku skupinu uzoraka (ANOVA – vertikalne duljine označavaju 0,95 intervala pouzdanosti)

deflection of construction materials causes some higher force moments, and the overall construction is more likely to be damaged. Due to the rheological properties of wood and the irreversible changes induced by a change of humidity inside the OSB, the larger deflection is a disadvantage, not only from the viewpoint of the stress to be accepted but also from the viewpoint of deteriorated use properties.

As has already been proven in previous studies (Suchsland, 1968), the strength of the strand panels is influenced by the strength of the individual contact areas of chips to be bonded. Larger chips increase the overlapping factor, and thus the adhesive transfers a higher force. The different size of chips (and partly the more random orientation of wood elements in the lower face) may explain the different values of modulus of elasticity in bending between the lower and upper faces of the OSB. Therefore, the differences with regard to

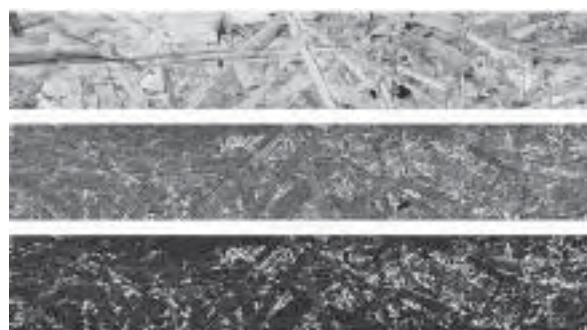


Figure 4 OSB/3 – Superfinish, parallel direction – lower face. Top-down: raster image scanned, vectorized image; image created by means of the „Threshold“ function (the white color stands for clearances between the chips within the surface layer)

Slika 4. OSB/3 – izvrsne završne obrade, paralelni smjer – donja strana; odozgo prema dolje slijedi skenirana rasterska slika koja je vektorizirana, a na dnu je slika nastala primjenom funkcije „Threshold“ (bijela boja označava zračnost između iverja u površinskom sloju)

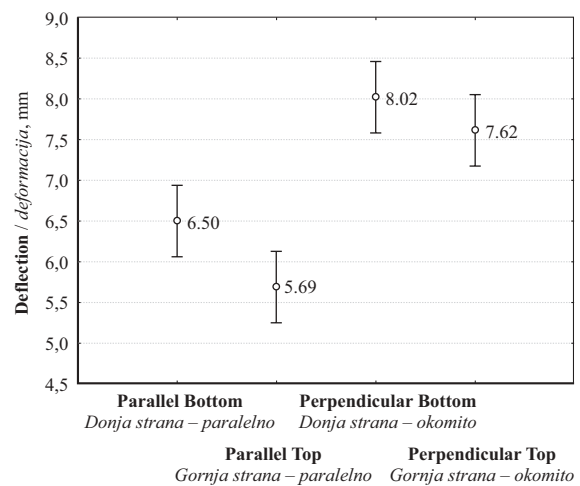


Figure 3: Maximum deflection under load (ANOVA – vertical bars denote 0.95 confidence intervals)

Slika 3. Maksimalna deformacija pod opterećenjem (ANOVA – vertikalne duljine označavaju 0,95 intervala pouzdanosti)

quantity and size of chips in the lower and upper faces of the panels were analyzed (see Figures 4 and 5).

For the parallel direction, the average quantity of wood particles in the lower surface layer of the OSB was 6.7 % higher in comparison with the upper face, but the average size of the wood particles in the lower face was 1.6 % smaller than in the upper face. For the perpendicular direction, the average quantity of wood particles in the lower surface layer of the OSB was 16.2 % higher, and their size was 1.5 % smaller than in the upper face of the OSB.

4 CONCLUSION 4. ZAKLJUČAK

OSB is a state-of-the-art material that – although manufactured from low-quality raw materials – does provide very good mechanical properties, which make

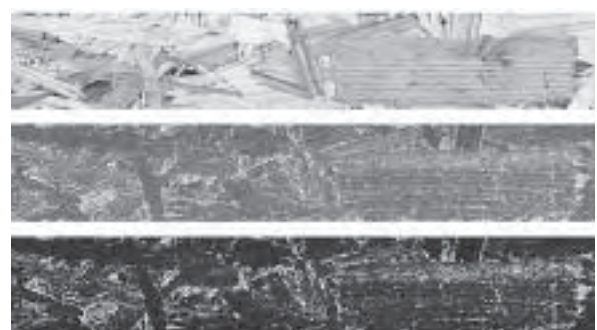


Figure 5 OSB/3 – Superfinish, parallel direction – upper face. Top-down: raster image scanned, vectorized image; image created by means of the „Threshold“ function (the white color stands for clearances between the chips within the surface layer)

Slika 5. OSB/3 – izvrsne završne obrade, paralelni smjer – gornja strana; odozgo prema dolje slijedi skenirana rasterska slika koja je vektorizirana, a na dnu je slika nastala primjenom funkcije „Threshold“ (bijela boja označava zračnost između iverja u površinskom sloju)

it suitable to be used in the building industry. In order to use the advantageous properties of this material even more efficiently, OSB should be placed with the upper face downwards so as to withstand bending loads (floors, roofs, etc.). The characteristic properties of this material will thereby be used more efficiently, the resulting constructions will be of a higher strength, and a lower deflection under load will be achieved.

Furthermore, using OSB with the upper face downwards is advantageous because of the relatively high variability in the values of modulus of elasticity in bending (15.4 to 25.9 % in the parallel direction). Test specimens whose surface layers included large chips achieved – within the testing groups – some significantly higher MOE values in comparison with specimens having surface layers containing larger quantities of smaller chips. Thus the size and quantity of the chips in the surface layer are significant factors influencing the modulus of elasticity in bending, as well as the deflection, primarily because wood-based materials loaded by bending are broken mostly on the lower face of the test specimen under tension.

Current standards ruling the determination of modulus of elasticity in bending use the know-how of the manufacturing of strand panels but are not appropriate for evaluating the properties of OSB. For determining the modulus of elasticity in bending, one half of the test specimens were placed with the lower face downwards and the other half with the lower face upwards. This procedure is sufficient to determine the quality of the bonding (in accordance with the ČSN EN 310 standard); however, it is less appropriate for determining the characteristic properties of building materials (in accordance with the ČSN EN 789 standards) to be expressed within the 5 % percentile. Although the variation in the properties of the upper and lower faces of the panels is just on the limit of statistical determination, it is significant enough to generally place all OSB test specimens with lower face downwards. Reaching the lower 5 % percentile more objectively will thereby be secured.

Acknowledgments – Zahvala

This work was supported by the Internal Grant Agency of the Czech University of Life Sciences in Prague (Grant No. 4323013123108).

5 REFERENCES

5. LITERATURA

- Baker, W. A., 2002: Wood Structural Panels. In: Williamson, T. G.: Wood Handbook, APA – The Engineered Wood Association. N.Y., McGraw-Hill Companies, Inc.
- Geimer, R. L., 1986: Mechanical Property Ratios: A Measure of Flake Alignment. Research Paper FPL 468, USDA, Forest Products Laboratory, Madison.
- Han, G.; Wu, Q.; Lu, J. Z., 2006: Selected properties of wood strand and oriented strandboard from small-diameter southern pine. *Wood and Fiber Science*, 38 (4): 621-632.
- Han, G.; Wu, Q.; Lu, J. Z., 2007: The influence of fines content and panel density on properties of mixed hardwood oriented strandboard. *Wood and Fiber Science*, 39 (1): 2-15.
- Kamke, F. A., 2004: Physics of hot pressing. General Technical Report, Forest Products Laboratory, USDA Forest Service FPL-GTR-149: 3-18.
- Lam, F., 2001: Modern structural wood products. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 4 (3): 238-245. doi:10.1002/pse.79
- Nishimura, T.; Ansell, M. P., 2002: Monitoring fiber orientation in OSB during production using filtered image analysis. *Wood Science and Technology*, 36: 229-239. doi:10.1007/s00226-001-0126-0
- Nishimura, T.; Ansell, M. P.; Amin, J., 2004: Image analysis and bending properties of model OSB panels as a function of strand distribution, shape and size. *Wood Science and Technology*, 38: 297-309. doi:10.1007/s00226-003-0219-z
- Oudjehane, A.; Lam, F.; Avramidis, S., 1998: Forming and pressing processes of random and oriented wood composite mats. *Composites Part B (29B)*: 211-215.
- Painter, G.; Husman, H.; Pritzker, M., 2006^a: Prediction of oriented strand board properties from mat formation and compression operating conditions. Part 1. Horizontal density distribution and vertical density profile. *Wood Science and Technology*, 40: 139-158. doi:10.1007/s00226-005-0044-7
- Painter, G.; Husman, H.; Pritzker, M., 2006^b: Prediction of oriented strand board properties from mat formation and compression operating conditions. Part 2: MOE prediction and process optimization. *Wood Science and Technology*, 40: 291-307. doi:10.1007/s00226-005-0050-9
- Peña, S. V.; Rojas, I. M., 2006: *Tecnología de la madera* (3^a edición). Artes Gráficas Cuesta, S.L., Madrid.
- Sharma, V.; Sharon, A., 1993: Optimal orientation of Flakes in oriented strand board (OSB). *Experimental Mechanics*, June 1993: 91-98. doi:10.1007/BF02322483
- Suchsland, O., 1968: Particle-board from Southern Pine. *Southern Lumberman*. December (15): 139-144.
- Štefka, V., 2002: *Kompozitné drevné materiály II*, *Technológia aglomerovaných materiálov*. Technická univerzita, Zvolen.
- Xu, W., 1999: Influence of vertical density distribution on bending modulus of elasticity of wood composite panels: A theoretical consideration. *Wood and Fiber Science*, 31 (3): 277-282.
- Xu, W., 2002: How to analyze strand alignment of oriented strandboard. *Forest Products Journal*, 52 (4): 48-52.
- Xu, W.; Winistorfer, P. M., 1995: A procedure to determine thickness swell distribution in wood composite panels. *Wood and Fibre Science*, 27 (2): 119-125.
- *** ČSN EN 300 (2006): Oriented Strand Boards (OSB) – Definitions, classification and specifications.
- *** ČSN EN 310 (1995): Wood-based panels – Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength.
- *** ČSN EN 326-1 (1997): Boards of wood. Sampling, cutting and inspection. Part 1: Sampling, cutting specimens and the formulation of test results.
- *** ČSN EN 789 (2005): Timber structures – Test methods – Determination of mechanical properties of wood based panels.

Corresponding author

Ing. MARTIN BÖHM, Ph.D.

Czech University of Life Sciences Prague
Faculty of Forestry and Wood Sciences
Department of Wood Processing
Kamycka Str. 1176
165 21 Prague 6, CZECH REPUBLIC
e-mail: boh@fld.czu.cz

Vodeći informativni
časopis u sektoru
prerade drva i
proizvodnje namještaja

Distribucija na
2000 stručnih
adresa u Hrvatskoj
i zemljama Regije

Šest brojeva godišnje,
26 rubrika s
aktualnostima,
besplatnim malim
oglasima i tržišnim
barometrom

Tjedne elektronske
vijesti s pregledom
najnovijih
informacija



TJEDNO BESPLATNO DOSTAVLJAMO SEKTORSKE VIJESTI NA VAŠ E-MAIL

REGISTRIRAJTE SE: newsletter@drvo-namjestaj.hr

Izdavač: Centar za razvoj i marketing d.o.o.
J. P. Kamova 19, 51 000 Rijeka

Tel.: + 385 (0)51 / 458-622, 218 430, int. 213
Faks.: + 385 (0)51 / 218 270
E-mail: mail@drvo-namjestaj.hr

www.drvo-namjestaj.hr

STRUČNI ČASOPIS



TEMATSKI PRILOZI

Analysis of Cooperation Between Furniture Industry and Designers in Product Development Process

Analiza suradnje proizvođača namještaja i dizajnera u procesu razvoja proizvoda

Preliminary paper • Prethodno priopćenje

Received – prispjelo: 16. 2. 2011.

Accepted – prihvaćeno: 27. 4. 2011.

UDK: 630*836; 674.23; 630*79

doi:10.5552/drind.2011.1106

ABSTRACT • *The aim of our research was to analyze the cooperation of furniture industry and designers in product development process. The results indicate the difficulties of and impediments to such cooperation. SWOT analysis was used for analyzing the strengths and opportunities as well threats and weaknesses of cooperation of furniture industry with designers in product development process. The leading management of furniture companies and designers identified greater creativity (more innovative solutions), better design and more fresh ideas as the highest strength and opportunity of cooperation.*

Key words: furniture industry, product development, design, SWOT analysis

SAŽETAK • *U istraživanju je analizirana suradnja industrije namještaja i dizajnera u procesu razvoja proizvoda. Rezultati upućuju na teškoće i suzdržanost pri takvoj suradnji. Primjenom SWOT analize istražene su prednosti i mogućnosti te opasnosti i nedostaci suradnje industrije namještaja s dizajnerima pri razvoju proizvoda. Najvećom korišću od te suradnje vodeći menadžment proizvođača namještaja i dizajneri ocjenjuju veću kreativnost (više inovativnih rješenja), bolji dizajn i više svježih ideja.*

Gljučne riječi: industrija namještaja, razvoj proizvoda, dizajn, SWOT analiza

1 INTRODUCTION

1. UVOD

In recent decades the furniture industry has gone through major changes. The life cycles of products are becoming increasingly shorter, leading to an increasing need for intensified development of new products or

updating the existing ones, and at the same time it is necessary to continually update the technology and equipment as well as to include developmental and research activities, education and the search for financial resources for the development and business operation of companies. Furniture industry needs to recognize that while developing and investing in the organization, computeri-

¹ The author is employed with the firm Vox medii d.o.o., Ljubljana, Slovenia. ²The author is assistant professor at the Academy of Design, Ljubljana, Slovenia. ³The author is employed with the firm Mlinar & Mlinar d.o.o., Ljubljana, Slovenia. ⁴The author is professor at the Academy of Fine Arts and Design, University of Ljubljana, Slovenia. ⁵The authors are technical assistant and associate professor at the Department of Wood Science and Technology, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Slovenia.

¹ Autor je zaposlen u tvrtki Vox medii d.o.o., Ljubljana, Slovenija. ²Autorica je docentica na Visokoj školi za dizajn u Ljubljani, Slovenija. ³Autor je zaposlen u tvrtki Mlinar & Mlinar d.o.o., Ljubljana, Slovenija. ⁴Autor je profesor Akademije za likovnu umjetnost i dizajn Sveučilišta u Ljubljani, Slovenija. ⁵Autori su redom tehnički suradnik i izvanredni profesor Biotehničkog fakulteta Sveučilišta u Ljubljani, Slovenija.

zation, automation and equipment, it must also invest in product development. This is certainly a major undertaking, but it is feasible with appropriate strategies of work, business operation and education.

The problem of (non)competitiveness of Slovenian furniture industry is, among other things, also reflected in the lack of innovation and improper or lack of intensive investment in product development. The issue of innovation covers all stages of development from concept, prototyping, through laboratory studies of material and structures, market research as well as research of technological abilities of the company to the selection of concepts and product manufacture. Qualitative development of innovative products of the company is much more difficult to derive by companies themselves due to various socio technological factors (company size, level of education, environment, company strategy, etc.) so it is desirable to develop cooperation with external experts (designers, ergonomists, ecologists, etc.). In many Slovenian furniture companies developing innovative products does not fall between the main strategies of the company's business activities. Companies too often decide to indiscriminately copy and transfer practices from abroad, but this rarely has a long-term positive effect on company performance (Feltrin, 2010).

Our research was carried out to demonstrate the problems of (non)cooperation between the companies and designers as well as external experts for product development and furniture industry. We wished to identify the areas that, due to the current situation, cause negative impacts on product development in furniture industry and the most influencing factors on the development of own products according to the opinion of designers and furniture companies. The literature dealing with the above-mentioned areas (Green and Bonollo, 2002; Hubka, 1987; Perne, 1999; Wainwright, 1995; Hague *et al.*, 2003; LU and Wood, 2006; Howard and Lewis, 2002; Mital, 1994; Blanchard, 1996; Prekrat and Španič, 2009; Jošt and Šernek, 2009; Mughal and Osborne, 1995; Driscoll, 2001; Fabricius, 1994; Kuo *et al.*, 2001; Grošelj *et al.*, 2011; Prekrat *et al.*, 2004), the industry design on the one hand and the area of furniture industry companies on the other hand, can indicate the characteristics of developmental activities of the two poles.

2 MATERIALS AND METHODS

2. MATERIJALI I METODE

Our research includes furniture companies classified as follows:

- manufacture of office and shop furniture;
- manufacture of kitchen furniture;
- manufacture of other furniture.

1325 companies have been classified in accordance with the above classification. Among these companies, manufacturers of wood furniture that employ less than 10 workers were eliminated as well as those that failed to cooperate with external designers in developmental projects. In this way, we selected 147 com-

panies suitable for carrying out the said research. We conducted telephone interviews with each company, in which we presented the problem and determined the adequacy of the company itself. The interviews showed that some companies could develop products, some companies did not cooperate with designers and even had their own development, and some companies simply did not wish to participate. So, we finally received 138 responses and processed their results.

A separate questionnaire was also developed to obtain the opinions of designers involved in product development in the Slovenian furniture companies. We obtained 111 completed questionnaires of active furniture designers.

The interview was used as a research method, and the questionnaire as a research tool. In the research, the measurement of phenomena was done by using different approaches. For some questions in this study we used a nominal scale, which involves a simple form of measurement, when a specific number is used only to identify the object of study or any of the characteristics (gender, demographic area, etc.) We also used calculating operations, where we counted individual phenomena, and among different scales of measurement, we used the ordinal scale, which was very useful and of great assistance in classifying objects of research according to certain characteristics (excellent, very good, good, satisfactory, unsatisfactory, etc.).

Our questionnaire mainly consisted of closed type questions, which were answered by respondents so that they chose between pre-prepared answers. The answers were mutually exclusive and we have tried to formulate them in such a way that they covered a greater range of plausible answers. Such system was mainly used because it is much easier to explain and to classify answers to closed type questions. Some questions were dichotomous, i.e. they were offered just two completely opposite possibilities, and most of the questions were provided with multiple-choice answers. We also used Likert scale, where respondents expressed their degree of agreement / disagreement with a given position, and some questions were designed so that the respondents evaluated the answers based on a scale according to the characteristics of the specific items. In addition, we also used evaluation scale and sorting by relevance.

We carried out a SWOT analysis of cooperation of furniture industry companies with designers in the development of products. Designers and the leading managers in the furniture industry companies have evaluated factors that represent strengths and opportunities for product development with the assistance of external experts, as well as threats and weaknesses that may arise in such cooperation.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3. REZULTATI I DISKUSIJA

At the beginning of our research, we asked the leading managers in the furniture companies and designers whether they believed that the Slovenian furniture industry companies should invest more resources in

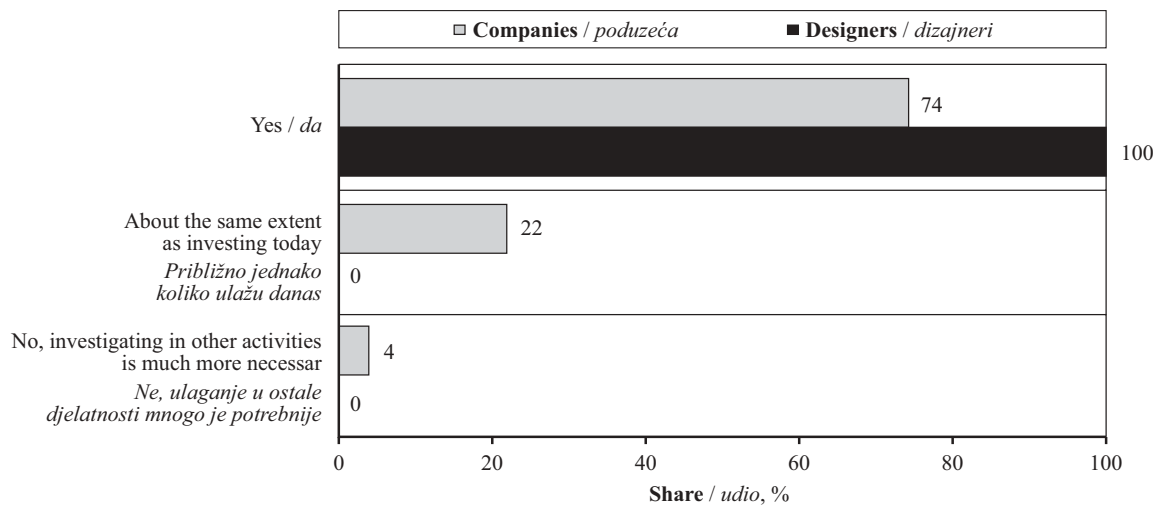


Figure 1 The need for greater investment in product development as compared with investment in other activities. (Number of companies (N) = 158, number of designers (N) = 111)

Slika 1. Potreba za većim ulaganjima u razvoj proizvoda nego u druge djelatnosti. (Broj poduzeća (N) = 158, broj dizajnera (N) = 111)

the development of their own products as compared to investing in other activities. The answers are shown in Figure 1.

Figure 1 indicates the same views of companies and designers, and namely that they should invest more in developing their own products than in other activities within the company. Experts are completely convinced of that, one fifth of companies would invest the same amount of resources into product development as done so far, while a few companies interestingly believe that investing in other activities is much more important.

To learn further about the availability of designers 'on the market', we asked the leading management in companies and designers whether they believed that Slovenia had enough designers, professionals or organizations that furniture companies could engage for product development. The answers are shown in Figure 2.

Almost two third of the companies believe that experts are available, but companies make no use of that (50%) or are unable to afford that (13%), while more than one third of responsible managers in the companies (38%) believe that there are not enough such professionals. It is very important for our study to note that companies are aware of the presence of these

experts, and however they do not engage them, which suggests a missed opportunity.

To better understand the lack of quality of cooperation of companies and designers in product development, we wanted to establish by a questionnaire to whom and to what extent an individual's "prejudices" affect the interest in cooperation. The question was: "Evaluate factors that affect the disinterestedness of furniture industry companies to cooperate with designers and other external experts. «Evaluations in this case meant: 5 – I agree with the statement, 3 – it applies in certain cases, and in certain cases it does not apply, 1 – I disagree with the statement. The answers are shown in Figure 3.

The most problematic factor in our study proved to be »very few examples of good practice, bad experience from the past«, which was confirmed by more than one third of the companies. Since there are only few examples of good practice, the companies rather choose other ways of operation, because they do not recognize opportunities and strengths in cooperation.

Through SWOT analysis, we examined the factors that, in the opinion of the leading management of the furniture companies, represent the strengths and opportunities in product development with designers. In doing so, evaluation 5 meant that the factor repre-

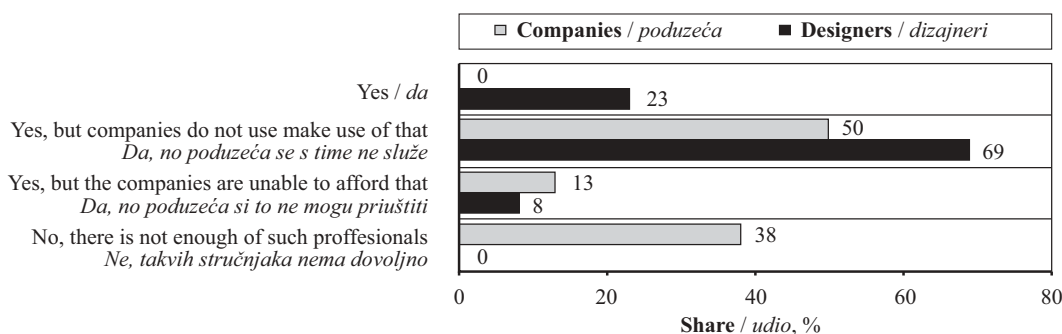


Figure 2 Opinion on the availability of appropriate designers for product development. (Number of companies (N) = 158, number of designers (N) = 111)

Slika 2. Dostupnost odgovarajućih dizajnera za razvoj proizvoda. (Broj poduzeća (N) = 158, broj dizajnera (N) = 111)

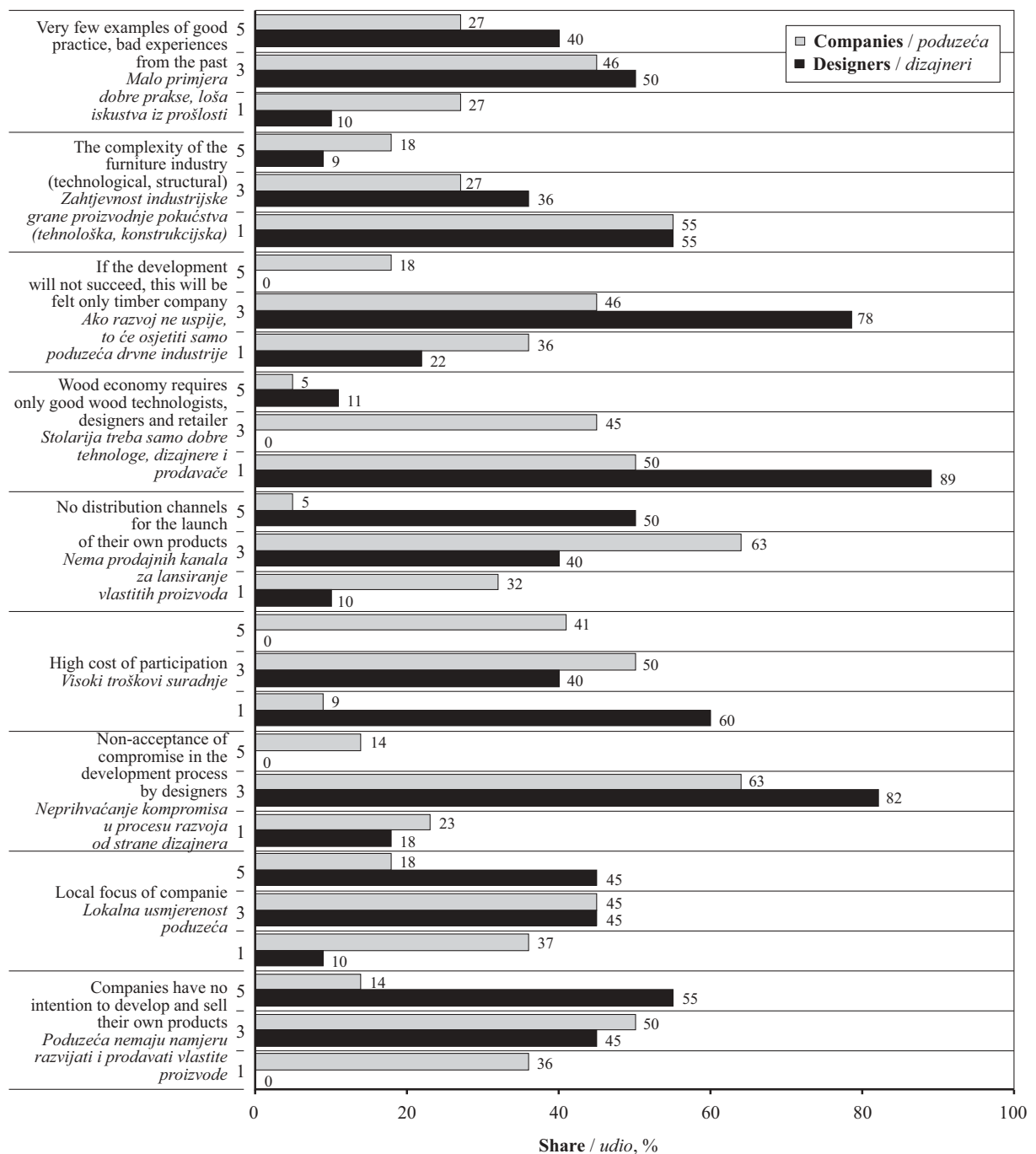


Figure 3 Impact factors on non-desirability of companies to work with designers. (Number of companies (N) = 158, number of designers (N) = 111)

Slika 3. Utjecajni čimbenici nepoželjnosti tvrtki za rad s dizajnerima. (Broj poduzeća (N) = 158, broj dizajnera (N) = 111)

sents an important priority, 3 that the factor is partly important and 1 that the factor is not important at all. Figure 4 shows the first part of the SWOT analysis.

Both designers and leading management of the companies evaluated “the greater creativity (more innovative solutions), better design and more fresh ideas” as the highest strength and opportunity among the selected factors. The next best evaluated strength and opportunity in the product development with designers represented “building your own brand through an image of an external expert”. Nearly 80% of designers and more than one half of the companies made such assessment. The results are expected and stress the advisability of their cooperation with external experts.

Figure 5 shows the second part of the SWOT analysis of cooperation of companies with designers. Respondents evaluated the factors that may affect the threats and weaknesses of product development with the help of designers who are not employees of the company by evaluations: 5 - very critical, 3 - medium critical, 1 - non-critical.

According to nearly half of the designers and half of the companies that participated in the research, ignorance of the market and customer in the products development process is very problematic. Market and customer research is actually one of the basic phases in the project of product development. Conducting a thorough market research can provide an easier and sim-

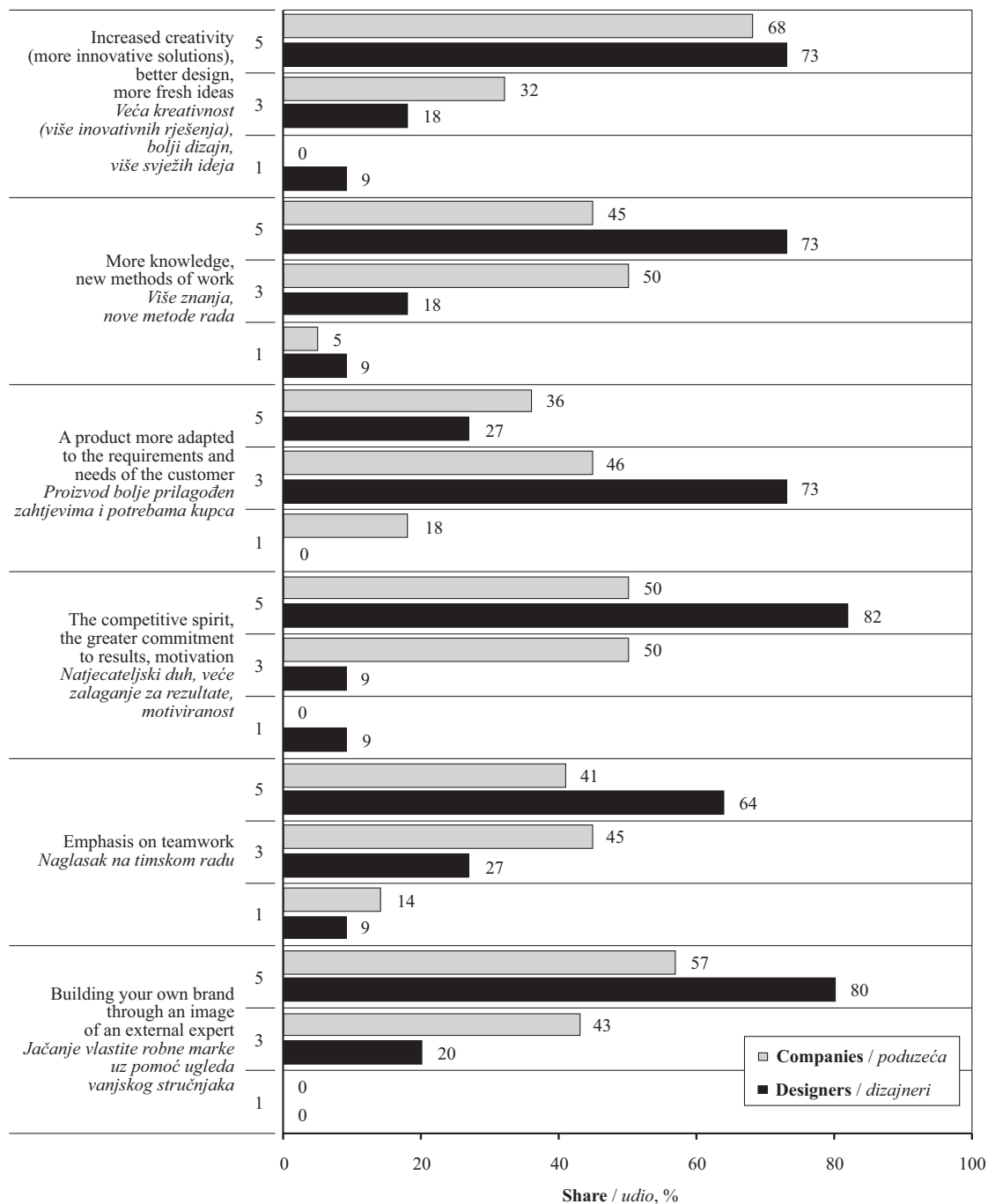


Figure 4 Strengths and opportunities of product development by designers who are not employees of the company. (Number of companies (N) = 158, number of designers (N) = 111)

Slika 4. Prednosti i mogućnosti razvoja proizvoda od dizajnera koji nisu zaposleni u poduzeću. (Broj poduzeća (N) = 158, broj dizajnera (N) = 111)

pler process and more qualitative results of development. Lack of confidence in the skills of designers has also proved to be very critical – both by companies and designers. Nearly one half of the companies evaluated very critically the non-familiarity with the methods of work in the company. This factor was evaluated as very critical by only one fourth of designers.

We also wanted to know which information was considered relevant and important in the product development by the company leading management and designers. Table 1 shows the answers classified according to the percentages from the most important ones to the least important ones.

Table 1 clearly indicates comparable evaluations made by designers and companies in all cases, with the exception of the evaluation of reasonableness of information on organization of the company, knowledge and human resources in it, on company activities (basic, additional, future ones, cooperation) and economic indicators of the company. In the above-mentioned cases more than one half of the designers identified information as necessary, while the companies identified them as partially necessary for the development of products.

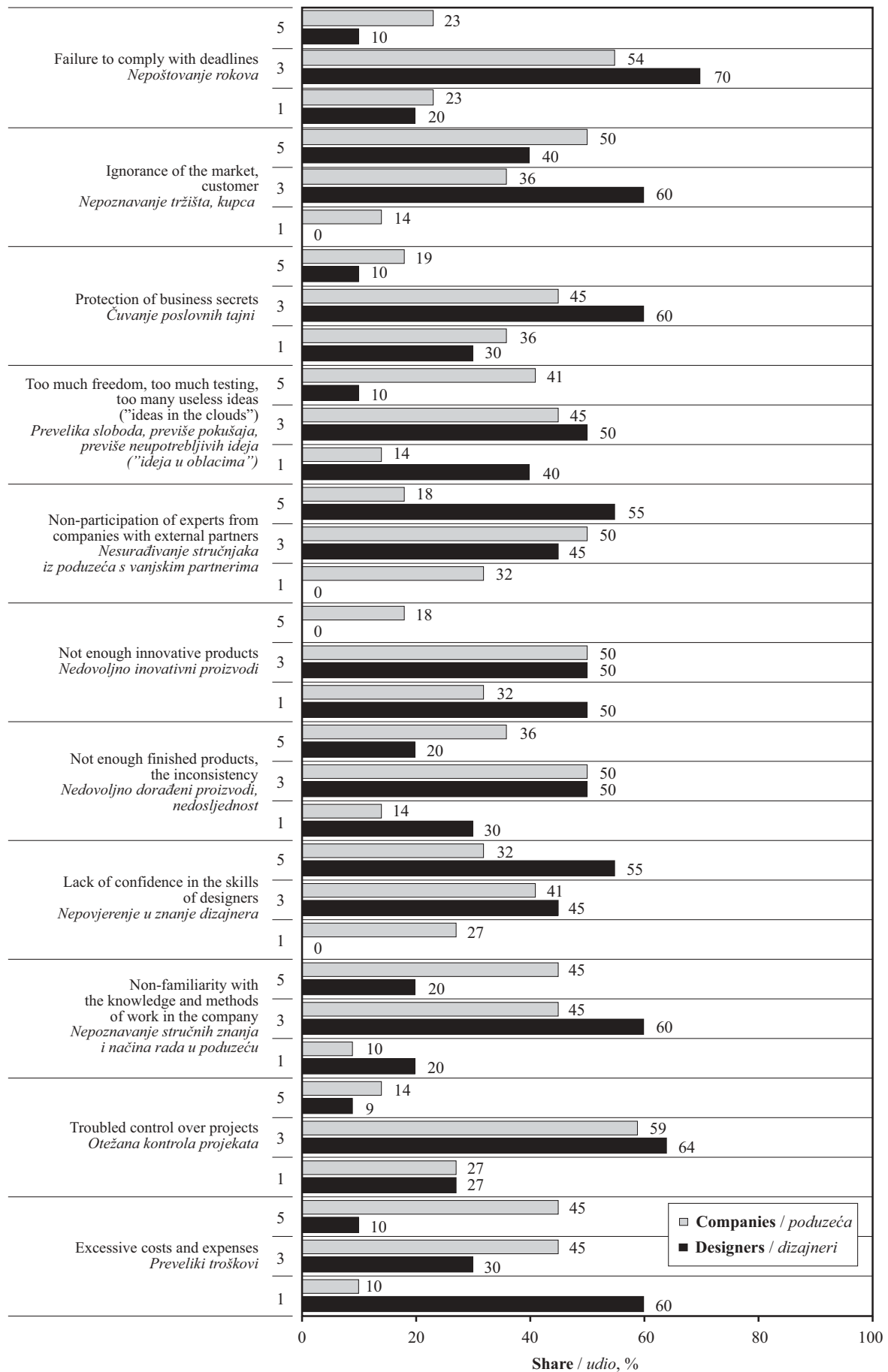


Figure 5 Threats and disadvantages of product development by designers who are not employees of the company. (Number of companies (N) = 158, number of designers (N) = 111)

Slika 5. Prijetnje i nedostaci razvoja proizvoda od dizajnera koji nisu zaposleni u poduzeću. (Broj poduzeća (N) = 158, broj dizajnera (N) = 111)

Table 1 Key information about the company in product development process

Tablica 1. Ključne informacije o poduzeću u procesu razvoja proizvoda

Very important information <i>Vrlo važna informacija</i>	Companies <i>Poduzeća</i> %	Designers <i>Dekorateri</i> %
Strengths and opportunities of a company / <i>prednosti i mogućnosti poduzeća</i>	95	91
Characteristics of products that will be the most desired ones among potential buyers in future <i>svojstva proizvoda koja će u budućnosti biti najpoželjnija za potencijalne kupce</i>	91	91
Company markets (niches, competition, etc.), buyer, price ranger, etc. <i>tržišta poduzeća (niše, konkurencija...), kupac, cjenovni razred, ...</i>	90	82
Trademarks of the company, classification, objectives, vision <i>Robne marke poduzeća, uvrštavanje, ciljevi, vizija</i>	77	91
Characteristics of the actual products (materials, technology, etc.) <i>značajke postojećih proizvoda (materijali, tehnologija, ...)</i>	64	64
The current situation (technology, marketing, advertising, competition, etc.) <i>postojeće stanje (tehnologija, komercijalizacija, promidžba, konkurencija, ...)</i>	59	64
Expected investments (technology, human resources, development, etc.) <i>Predviđene investicije (tehnologija, kadrovi, razvoj,...)</i>	50	64
Company deficiencies / <i>nedostaci poduzeća</i>	50	45
Company organization, knowledge, human resources / <i>organizacija poduzeća, znanje, kadrovi</i>	41	55
Basic, additional and future activities, cooperation <i>osnovne, dodatne i buduće djelatnosti, kooperacija</i>	36	55
Economic indicators of the company (sales, profit, development resources, etc.) <i>ekonomski pokazatelji poduzeća (prodaja, dobit, sredstva za razvoj, ...)</i>	32	55
Less important information / <i>manje važna informacija</i>		

4 CONCLUSION

4. ZAKLJUČAK

The survey showed the unity of designers and companies who believe that in the past there were more innovative and designed products in the furniture industry and that industry should improve the ratio of investment in development, compared to investing in other activities. According to the interviewed companies and designers, in the development of innovative products it is most difficult to provide and ensure resources for the development and low costs of the complete process (development, production, sales, etc.) with regard to the achieved outcome. Companies believe that it is difficult to ensure the implementation in due time, designers are of the opinion that it is difficult to ensure a high degree of innovation, concentration skills and / or the professionals or teamwork.

There is only a small level of cooperation between the companies and designers and other professionals. In order to achieve a better cooperation, it is firstly necessary to overcome the myths and formal barriers of high costs of participation, to be aware of the importance of project work, innovation, cooperation at all levels and of poor negative experiences. As confirmed by our research, it is necessary to consolidate and strengthen the awareness that an individual does not have all the necessary skills and practical ability to handle the scale, which is required today by high-quality product development.

5 REFERENCES

5. LITERATURA

1. Blanchard, D., 1996: Design for Manufacturability. Printed circuit design, 13 (9): 14–21.

2. Driscoll, M. O., 2001: Design for manufacture. Journal of Materials Processing Technology, 122: 318–321. doi:10.1016/S0924-0136(01)01132-3

3. Fabricius, F., 1994: A seven step procedure for Design for Manufacture. World Class Design to Manufacture, 1 (2): 23–30. doi:10.1108/09642369210054243

4. Feltrin, M., 2010: Perspektive in pogoji za usmerjen razvoj konkurenčnih, inovativnih izdelkov v slovenski pohištveni industriji. Magistrsko delo, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, 148 p.

5. Green, L.N.; Bonollo, E., 2002: The development of a suite of design methods appropriate for teaching product design. Global Journal of engineering education, 6 (1): 45–51.

6. Grošelj, P.; Pezdevšek Malovrh, Š.; Zadnik Stirn, L., 2011: Methods based on data envelopment analysis for deriving group priorities in analytic hierarchy process. Central European Journal of Operations Research, DOI: 10.1007/s10100-011-0191-x

7. Hague, R.; Mansour, S.; Saleh, N., 2003: Design opportunities with rapid manufacturing. Assembly Automation, 23 (4): 346–356. doi:10.1108/01445150310698643

8. Howard, L.; Lewis, H., 2002: The development of a database system to optimise manufacturing process during design. Journal of Materials Processing Technology, 134: 374–382. doi:10.1016/S0924-0136(02)01127-5

9. Hubka, V., 1987: Principles of engineering design. Berlin, Heurista: 118 p.

10. Jošt, M.; Šernek, M., 2009: Shear strength development of the phenol-formaldehyde adhesive bond during cure. Wood science and technology, 43 (1-2): 153-166. doi:10.1007/s00226-008-0217-2

11. Kuo, T.C.; Huang, S.H.; Zhang, H.C., 2001: Design for manufacture and design for »X«: concepts, applications and perspectives. Computers and Industrial Engineering, 41 (3): 241–260. doi:10.1016/S0360-8352(01)00045-6

12. LU, Q.; Wood, L., 2006: The refinement of design for manufacture: inclusion of process design. International Journal of Operations & Production Management, 26 (10): 1123–1145. doi:10.1108/01443570610691102

13. Mital, A., 1994: The role of ergonomics in design for manufacturability and human in advanced manufacturing technology: Preparing the American workforce for global competition beyond the year 2000. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15: 129–135.
doi:10.1016/0169-8141(94)00073-C
14. Mughal, H.; Osborne, R., 1995: Design for profit. *World Class Design to Manufacture*, 2 (5): 16–26.
doi:10.1108/09642369310095184
15. Perne, T., 1999: Razvoj novega izdelka. *Podjetnik*, 15 (8): 28–33.
16. Prekrat, S.; Jazbec, A.; Pervan, S., 2004: Analysis of the bending moment of innovative corner joints during static testing, *Wood Research* 49 (1): 21-32.
17. Prekrat, S.; Španič, N., 2009: Znanstvene metode određivanja drvnih konstrukcija kutnih sastava, *Drvena industrija*, 60 (4): 245-251.
18. Wainwright, C., 1995: Design: a missing link in manufacturing strategy. *World Class Design to Manufacture*, 2 (3): 25–32. doi:10.1108/09642369310087075

Corresponding address:

Assoc. Prof. LEON OBLAK, Ph.D.

University of Ljubljana, Biotechnical Faculty
Department of Wood Science and Technology
Rožna dolina, C.VIII/34
1000 Ljubljana, SLOVENIA
e-mail: leon.oblak@bf.uni-lj.si

Utjecaj nestabilnosti bočnih stranica MDF ploča na pucanje lakiranih filmova

Impact of MDF Board Side Plane Instability on Lacquer Film Crack Appearance

Stručni rad • Professional paper

Prispjelo – received: 5. 2. 2010.

Prihvaćeno – accepted: 27. 4. 2011.

UDK: 630*863.312

doi:10.5552/drind.2011.1004

SAŽETAK • U radu su provedena istraživanja konkretnog problema drvnotehnoške prakse u tvrtki koja proizvodi dovratnike od srednje gustih ploča vlaknatica (MDF, engl. medium density fiberboards). Vidljive stranice MDF dovratnika površinski su lakirane bijelim poliuretanskim lakom. Tridesetak dana nakon ugradnje na bočnim stranicama dovratnika pojavile su se dužinske pukotine u lakiranom filmu. U istraživanju pojave tih pukotina ispitana su tehnička svojstva i koncentracija slobodnog formaldehida MDF ploča originalnog dovratnika proizvođača K, MDF ploča istog proizvođača iz pogona proizvodnje dovratnika, MDF ploča proizvođača H te lakiranih eksperimentalnih MDF ploča oba proizvođača. Eksperimentalne ploče s oznakom KE, proizvođača K, jedine su zadovoljile zahtjeve normi HRN EN 622-5 za ploče vlaknaticе za opću uporabu u suhim uvjetima (tip MDF). Struktura lakirane površine testirana je nanošenjem 97-postotne sulfatne kiseline (H_2SO_4) na tanke lamele debljine 5 mm koje su ispiljene od bočnih stranica eksperimentalnih uzoraka te uzoraka originalnog dovratnika. Djelovanjem kiseline destruiran je završni sloj laka, a pigmentirani temelj s ostalim dodacima sastrugan je s površine. Uočeno je da lakirani film originalnoga lakiranog dovratnika proizvođača MDF ploča K nema sloj dvokomponentnoga poliuretanskog bezbojnog temelja ili je nanesen u neznačajnoj količini. Pucanje lakirnog filma na bočnim stranicama posljedica je dubinskih pukotina u strukturi MDF ploče, koje se pojavljuju tridesetak dana nakon lakiranja. Eksperimentalne ploče s oznakom KE, proizvođača MDF ploča K, imaju optimalan sloj dvokomponentnoga poliuretanskog bezbojnog temelja, dvokomponentni poliuretanski bijeli temelj te poliuretanski dvokomponentni polumat lak i na njima nisu uočene izrazitije pukotine na bočnim stranicama. Pri lakiranju MDF ploča potrebno je nanijeti optimalan sloj dvokomponentnoga bezbojnog poliuretanskog temelja na bočne stranice te potpuno zaštititi dovratnike poliuretanskim filmovima, a ne samo na vidljivim stranicama. Nužno je primijeniti nosive MDF ploče za uporabu u suhim uvjetima tipa MDF.LA, a u uvjetima povišene relativne vlage zraka primijeniti ploče vlaknaticе za opću uporabu u vlažnim uvjetima tipa MDF.H ili nosive ploče za uporabu u vlažnim uvjetima tipa MDF.HLS. Tanka MDF ploča, slijepljena s debelom MDF pločom, mora imati povećanu otpornost na vodu ili to mora biti ploča vlaknatica iz skupine HDF ploča.

Ključne riječi: tip MDF ploča, poliuretanski film, tehnička svojstva, pukotine lakiranih filmova, pukotine MDF ploča

ABSTRACT • This paper presents the research of a specific problem met in woodworking practice by the company K that manufactures door frames made of MDF boards (medium density fibreboards). Visible side surfaces of MDF door frames were lacquered with white polyurethane lacquer. Thirty days after installation, longitudinal surface

¹ Autori su izvanredni profesor i asistent na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Republika Hrvatska. ² Autorica je zaposlenica u Holzcluster Steiermark GmbH, Graz, Republika Austrija. ³ Autor je izvanredni profesor na Univerzitetu Sv. Kiril i Metodij, Skopje, Republika Makedonija.

¹ Authors are associated professor and assistant at Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia. ² Author is BSc in wood technology, employee of Holzcluster Steiermark GmbH, Graz, Austria. ³ Author is associated professor at University of Sv. Kiril i Metodij, Skopje, Republic of Macedonia.

cracks appeared in the lacquer film on side planes of the door frame. Within the research of the said appearance of cracks, testing was carried out of technical properties and free formaldehyde concentration of the original door frame made of MDF boards by the manufacturer K, MDF boards of the same manufacturer from door frame plant, MDF boards made by the manufacturer H and lacquered experimental MDF boards of both manufacturers.

The lacquered surface structure was tested by applying 97 % sulphuric acid (H_2SO_4) on 5 mm thick lattices that were cut out from side planes of experimental and original door frame samples. The action of acid destructed the lacquer final layer, and pigmented base with other additives was scraped off the surface. It was noticed that the lacquer film on the original door frame made of MDF panels by the manufacturer K had no two-component polyurethane clear base, or that it was applied in a very small quantity.

Lacquer film cracking on side planes is the consequence of in-depth cracks in the structure of MDF panels that occur thirty days after lacquering. Experimental boards designated KE, produced by MDF manufacturer K, have an optimum layer of two-component polyurethane clear base, two-component polyurethane white base and two-component polyurethane semi gloss enamel paint. On side planes of these boards no distinctive cracks were observed. In lacquering MDF boards, it is necessary to apply two-component polyurethane clear base on side planes, and to fully protect the door frames with polyurethane films, and not only the visible planes.

The use of load bearing MDF boards is necessary in dry conditions - MDF.LA type, and in increased relative humidity, fibreboards are required for general use in humid conditions - MDF.H type or load bearing boards for use in humid conditions - MDF.HLS type. Thin MDF board, glued to a thick MDF board, must be resistant to water or be an HDF fibreboard.

Key words: MDF board, polyurethane film, technical properties, lacquer film cracks, MDF board cracks

1. UVOD

1 INTRODUCTION

Ovaj se rad temelji na istraživanjima industrijski proizvedenih dovratnika od MDF ploča lakiranih bijelim poliuretanskim lakom na kojima je tridesetak dana nakon ugradnje popucala prevlaka na bočnim stranicama. No do pucanja prevlaka došlo je i na neugrađenim lakiranim dovratnicima u skladištu. S obzirom na to da je proizvođač lakiranih dovratnika rabio MDF ploče dvaju proizvođača, provedeno je istraživanje spomenute pojave na pločama obaju proizvođača. Prethodna istraživanja (Jambreković i sur., 2009) pokazala su da razlog pukotina mogu biti MDF ploče, pa se u ovom radu detaljnije analiziraju njihova svojstva.

U posljednje vrijeme sve je češća uporaba ploča vlaknatica, osobito MDF ploča u graditeljstvu (konstrukcijske ploče, vrata, nogostupi, ograde, podovi, zidne i stropne obloge i sl.) kao alternativa masivnom drvu. Iako se MDF smatra najboljom zamjenom za masivno drvo, svojstva MDF-a osjetno su drugačija. MDF ploče imaju prilično ujednačena svojstva u svim smjerovima, no ipak su im površine bočnih stranica, osobito u MDF ploča veće debljine (>35 mm), osjetno poroznije od plošnih površina te imaju veću poroznost prema sredini ploče (Medved i Jambreković, 2001). Sorpcijski procesi (bubrenje, utezanje) u debelih MDF ploča mogu uzrokovati nestabilnost ploča te oštećenja na sintetičkim prevlakama.

Uočeno je da se s povećanjem gustoće MDF i HDF ploča (> 850 kg/m³) povećava linearno širenje/utezanje i debljinsko bubrenje/utezanje. Pri tome je debljinsko bubrenje i utezanje veće od linearnog širenja i utezanja (Ayrilimis, 2007).

U ispitivanju ovisnosti modula smika, čvrstoće raslojavanja i gustoće profila MDF ploča nije ustanovljena korelacija između mjesta popuštanja i parametara dobivenih snimkom gustoće profila. Popuštanja u središnjem dijelu uzoraka događala su se samo ako je najniža

gustoća bila manja od 30% srednje vrijednosti gustoće (Schulte i Frühwald, 1996). Modul elastičnosti i modul smika povećavaju se s povećanjem gustoće, a smanjuju sa smanjenjem sadržaja vode (Ganev i sur., 2005).

Istraživanje linearnog širenja i debljinskog bubrenja MDF ploča kao funkcije gustoće ploča i stanja sorpcije (Ganev i sur., 2005) pokazala su da je linearno širenje u ravnini ploče homogeno. S povećanjem gustoće povećava se linearno širenje, koeficijent linearnog širenja, koeficijent debljinskog utezanja, linearno utezanje i koeficijent linearnog utezanja. Koeficijent debljinskog bubrenja viši je od koeficijenta debljinskog utezanja za nižu gustoću. Vrijednosti linearne kontrakcije i koeficijenta linearne kontrakcije (u desorpciji) više su od vrijednosti linearnog širenja i koeficijenta linearnog širenja (u adsorpciji). Utjecaj gustoće na linearno širenje, koeficijent linearnog širenja i koeficijent linearnog utezanja osjetno je veći od utjecaja gustoće na debljinsko bubrenje, koeficijent debljinskog bubrenja i debljinsko utezanje.

U istraživanjima dimenzijske stabilnosti MDF i ploča iverica (Niemz i Poblete, 1996) mjereno je longitudinalno i debljinsko bubrenje kondicioniranih ploča. Ravnotežni sadržaj vode i bubrenje MDF ploča bilo je manje od odgovarajućih vrijednosti ploča iverica. Rekondicioniranjem ploča ustanovljeno je da su MDF ploče dimenzionalno stabilnije.

Zbog temperaturnoga gradijenta i gradijenta vlage koji se u pločama vlaknaticama razvijaju tijekom vrućeg prešanja u ploči se pojavljuju zaostala naprezanja za vrijeme postizanja ravnotežnog stanja u sobnim uvjetima. Obavljena su mjerenja zaostalih naprezanja u pločama vlaknaticama srednje gustoće (Houts i sur., 2000) i određen njihov utjecaj na svojstva ploče kao što su modul elastičnosti, savojna čvrstoća, čvrstoća raslojavanja i dimenzijska stabilnost. Sve ispitane MDF ploče pokazale su slične trendove raspodjele zaostalog naprezanja, ali su zamijećene značajne razlike u veličini izmjenjenoga zaostalog naprezanja.

Taguchi metodom istraživano je zaostalo naprezanje u MDF pločama (Houts i sur., 2001). Ploče su izložene toplini, vlazi i povišenom tlaku, a nakon uravnoteženja na sobne uvjete izmjerene su promjene u zaostalim naprezanjima po slojevima ploče metodom seciranja. Primjenom topline i/ili vlage smanjena je veličinu zaostalih naprezanja, dok primjena tlaka nije imala utjecaj na zaostala naprezanja.

U istraživanjima smanjenja zaostalih naprezanja u MDF pločama ispitan je utjecaj na debljinsko bubrenje i ostala svojstva (Houts i sur., 2001). Mjerena je čvrstoća raslojavanja, modul rastezanja površinskog sloja, čvrstoća površinskog rastezanja i debljinsko bubrenje obrađenih uzoraka. Otkrivena je jaka korelacija između zaostalih naprezanja i debljinskog bubrenja. Kada je promjena zaostalih naprezanja kroz vanjski sloj ploče gotovo potpuno uklonjena, uočeno je 20% manje debljinsko bubrenje.

Poliuretanski lakovi (PU) dijele se u četiri karakteristične skupine: klasični dvokomponentni PU lakovi, transparentni sustavi s poliakrilatima, High Solid PU lakovi (s visokim sadržajem suhe tvari) te pigmentirani sustavi sa svjetlootpornim izocijanatima (Ljuljka, 1990). Podloge za pigmentirani lak najčešće su neoplemenjene ili folijama oplemenjene ploče (iverice i MDF), a rjeđe furnirana ploča i masivno drvo. Na MDF pločama zbog manje gustoće središnjeg dijela ploče u odnosu prema plohamo mogu nastati znatni problemi. Rubovi jače upijaju lak nego plohe, kroz takve porozne rubove ulazi voda i uzrokuje bubrenje te nastaju pukotine lakirne prevlake.

Cilj ovog rada jest utvrditi uzroke pojave dužinskih pukotina u poliuretanskome lakirnom filmu na bočnim stranicama dovratnika izrađenoga od MDF ploča koje se pojavljuju tridesetak dana nakon lakiranja.

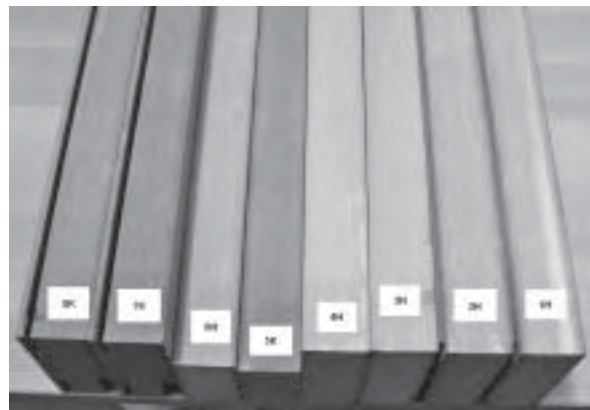
2. MATERIJALI I METODE 2 MATERIALS AND METHODS

2.1. Materijali 2.1 Materials

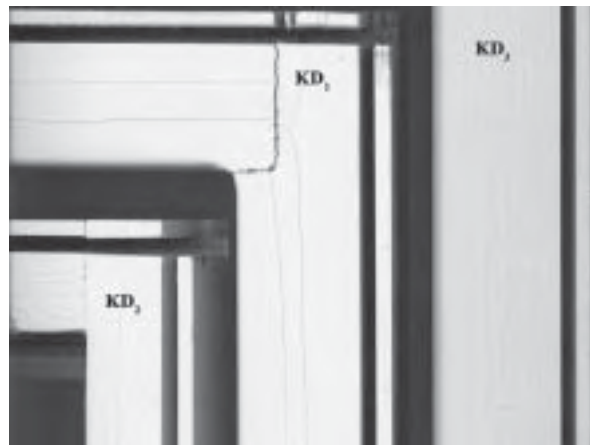
Istraživanja su provedena na sljedećim MDF pločama (sl. 1. i 2):

- nelakirane i neslijepljene MDF ploče
 - proizvođača H sa skladišta uvoznika (HA)
 - proizvođača H iz proizvodnog pogona (H-3, H-4, H-6)
 - proizvođača K iz proizvodnog pogona (K-5)
- nelakirane MDF ploče slijepljene s tankom vlaknaticom
 - proizvođača H iz proizvodnog pogona (H-1, H-2)
 - proizvođača K iz proizvodnog pogona, profilirane (K-7, K-8)
- eksperimentalne lakirane MDF ploče
 - proizvođača H (HE)
 - proizvođača K (KE)
- MDF ploče originalnoga ugrađenog lakiranog dovratnika (KD).

Nelakirane, neslijepljene i MDF ploče slijepljene s tankim vlaknaticama izdvojene su metodom slučajnog izbora.



Slika 1. Materijali istraživanja: 1H, 2H – MDF ploče proizvođača H slijepljene s tankom vlaknaticom; 3H, 4H, 6H – MDF ploče proizvođača H; 5K – MDF ploče proizvođača K; 7K, 8K – MDF ploče proizvođača K slijepljene s tankom vlaknaticom i profilirane
Figure 1 Research materials: 1H, 2H – MDF boards, manufacturer H, glued with thin fibreboard; 3H, 4H, 6H – MDF boards, manufacturer H; 5K – MDF boards, manufacturer K; 7K, 8K – MDF boards, manufacturer K, glued with thin fibreboards and then profiled



Slika 2. Materijali istraživanja: a) lakirani dovratnik, (KD₁, KD₂, KD₃); b) eksperimentalni uzorak proizvođača H, lijeva (HE₁) i desna (HE₂) bočna stranica; c) eksperimentalni uzorak proizvođača K, lijeva (KE₁) i desna (KE₂) bočna stranica
Figure 2 Research materials: a) Lacquered door post, (KD₁, KD₂, KD₃); b) Experimental sample, manufacturer H, left (HE₁) and right (HE₂) side plane; c) Experimental sample, manufacturer K, left (KE₁) and right (KE₂) side plane

Dovratnik od MDF ploče
Dovratnik je izrađen od MDF ploče nazivne debljine 38 mm, iskrojene na širinu 100 mm. Ploče su krojene od osnovnog formata 2 650 × 2 070 mm. Na nosivu MDF ploču dovratnika lijepjen je tanki MDF

nazivne debljine 3,2 mm. Za lijepljenje je upotrijebljeno karbamid-formaldehidno ljepilo u prahu, emisijske klase E1. Pripremljeno je odmjeravanjem 3 kg ljepila u prahu i ½ litre vode. Ljepilo je nanošeno valjcima, samo na tanku MDF ploču. Prešanje je obavljeno u troetažnoj vrućoj preši dimenzija ploča 3 300 × 1 300 mm. Zbog brzine vezanja ljepila korištene su samo dvije etaže. U svaku je etažu stavljano po osam elemenata, s razmakom od 10 mm. Duljina MDF ploča za lijepljenje bila je 2 600 mm. Tlak prešanja bio je 150 kg/cm², a temperatura prešanja 60 °C. Vrijeme prešanja iznosilo je četiri minute. Nakon prešanja elementi su slagani u složaj u proizvodnom pogonu temperature oko 10 °C i relativne vlage oko 80 %. Slijepljeni materijali MDF ploča profilirani su u gotove elemente za izradu dovratnika, a potom je uslijedilo krojenje i spajanje elemenata sljepljivanjem i dodatnim pojačanjima vijcima na kutnim spojevima.

Nakon izrade dovratnika obavljeno je lakiranje u otvorenoj lakirnici, u kojoj je također bila vrlo niska temperatura (oko 12 °C). Prije lakiranja dovratnici nisu brušeni. Lakirane su samo vidljive stranice dovratnika. Za lakiranje dovratnika i eksperimentalnih elemenata upotrijebljen je poliuretanski bezbojni temelj s visokim sadržajem suhe tvari, poliuretanski dvokomponentni bijeli temelj te poliuretanski dvokomponentni polumat lak s pigmentima postojanim na UV svjetlost, kontakt i razrjeđivač. Lakiranje dovratnika provedeno je na ovaj način:

1. nanošenje bezbojnog temelja s kontaktom, bez razrjeđivanja,
2. brušenje, nakon 40 minuta (granulacija brusnog sredstva 280),
3. nanošenje bijelog temelja s kontaktom, uz razrjeđivanje,
4. brušenje (granulacija brusnog sredstva 280),
5. završno lakiranje (polumat) bijelim lakom s kontaktom, uz razrjeđivanje.

Nakon svakog nanošenja poliuretanskih sredstava eksperimentalni su uzorci odlagani na police u otvorenoj lakirnici. Ukupno vrijeme površinske obrade bilo je oko pet sati.

Eksperimentalni uzorci

Iz serije iskrojanih ploča izdvojeni su elementi proizvođača H i elementi proizvođača K, dimenzija 38 × 100 × 1 267 mm. Eksperimentalni elementi lakirani su u pogonskim uvjetima kao i originalni dovratnik.

2.2. Metode rada

2.2 Research methods

Primjenom HRN EN normi obavljena su ispitivanja fizikalnih svojstava (debljine, gustoće, sadržaja vode, bubrenja, otpornosti na vruću vodu), mehaničkih svojstava (čvrstoće raslojavanja, savojne čvrstoće, modula elastičnosti savojne čvrstoće) i koncentracije slobodnog formaldehida MDF ploča. Struktura lakiranih filmova analizirana je nakon kemijske obrade, koja se sastojala od nanošenja 97-postotne sulfatne kiseline H₂SO₄ (1:1) na površinu filma, djelovanjem tijekom pola sata, ispiranja destiliranom vodom te skidanja pojedinih slojeva. Da bi se provjerilo jesu li evidentirane pukotine samo u filmu ili se dubinski protežu i u strukturu bočnih profila, površine su premazane jodom koncentracije c(I₂) = 1 mol/L.

Osim MDF ploča proizvođača H, izdvojenih metodom slučajnog izbora iz složaja sa skladišta dobavljača, te iskrojanih prema shemi navedenoj u normi HRN EN 326-1:1999, ispitni uzorci iz ostalih elemenata krojeni su prema mogućnostima s obzirom na male dimenzije i broj dostupnih elemenata.

Ispitivanje koncentracije slobodnog formaldehida obavljeno je ekstrakcijskom perforatorskom metodom, uz spektrofotometrijsku analizu formaldehidne otopine (HRN EN 120).

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3 REASERCH RESULTS

3.1. Zbirna analiza ispitnih rezultata

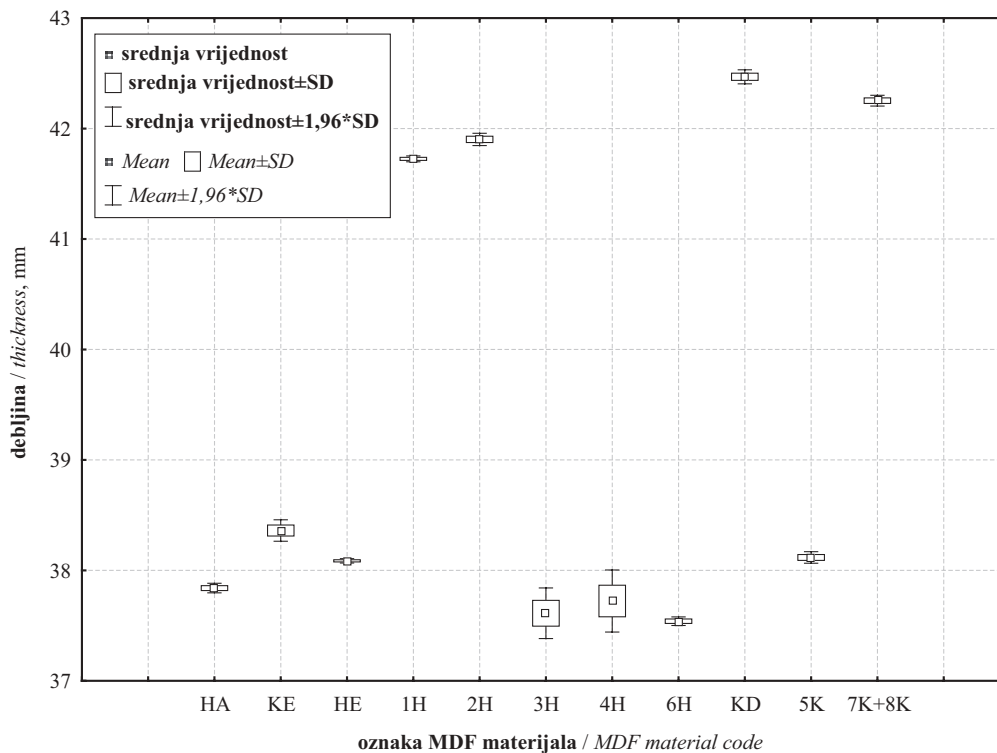
3.1 Summary analysis of test results

U tablici 1. dana je zbirna analiza ispitnih rezultata te sukladnosti pojedinih MDF elemenata s HRN EN normama za MDF ploče namijenjene uporabi u suhim uvjetima, za tip ploča vlaknatica za opću uporabu u

Tablica 1. Zbirna analiza ispitnih rezultata pojedinih elemenata od MDF ploča i stupanj sukladnosti s normiranim zahtjevima za tip MDF i MDF.LA

Table 1 Summary analysis of test results of individual MDF board elements and the degree of compliance with standard requirements for MDF and MDF.LA type

Oznaka MDF materijala MDF material code	Bubrenje Q-24 Swelling Q-24 %	Čvrstoća raslojavanja Tensile strength MPa	Savojna čvrstoća Bending strength MPa	Modul elastičnosti Modulus of elasticity MPa	Tip MDF MDF type				Tip MDF.LA MDF.LA type			
HA	2,95	0,429	31,93	1707	+	-	+		+	-	+	-
KE	2,71	0,505	36,50	2891	+	+	+	+	+	-	+	+
HE	4,67	0,395	24,37	2854	+	-	+	+	+	-	+	+
1H	7,13	0,360	17,08	932	+	-	+		+	-	-	-
2H	5,74	0,427	20,76	1619	+	-	+		+	-	-	-
3H	4,79	0,398	23,22	2140	+	-	+	+	+	-	+	+
4H	6,49	0,308	19,77	2037	+	-	+	+	+	-	-	-
6H	6,80	0,456	24,52	2477	+	-	+	+	+	-	+	+
KD	5,85	0,375	18,05	1564	+	-	+	-	+	-	-	-
5K	9,12	0,448	23,47	1976	-	-	+	+	-	-	+	-
7K+8K	-	-	18,84	1514			+	-			-	-



Slika 3. Grafički prikaz debljine pojedinih elemenata od MDF ploča
Figure 3 Graphic presentation of thickness of individual MDF board elements

suhim uvjetima (tip MDF) i nosivih ploča vlaknatica za uporabu u suhim uvjetima (tip MDF.LA). Zbog ograničenih mogućnosti krojenja ispitnih uzoraka nelakiranih MDF ploča slijepljenih s tankim vlaknaticama i profiliranih (7K, 8K) ispitni su rezultati prikazani zajedno.

Iz navedene analize ispitnih rezultata pojedinih elemenata od MDF ploča vidljivo je da samo lakirani eksperimentalni uzorak MDF ploče oznake KE proizvođača K zadovoljava zahtjeve HRN EN normi, i to samo tip MDF, dakle ploče vlaknatica za opću uporabu u suhim uvjetima. MDF ploče originalnog dovratnika ne zadovoljavaju zahtjeve HRN EN normi.

3.2. Fizikalna i mehanička svojstva 3.2 Physical and mechanical properties

3.2.1. Fizikalna svojstva 3.2.1 Physical properties

Debljina

Svi su elementi u granicama dopuštenog odstupanja od nazivne debljine ($\pm 0,3$ mm). Uzorcima koji imaju slijepljenu tanku MDF ploču (1H, 2H, KD, 7K+8K) debljina je mjerena zajedno s tankom MDF pločom, pa imaju oko 3 mm veću debljinu od ne slijepljene MDF ploče. Uzorci MDF ploča originalnoga lakiranog dovratnika (KD) imaju najveću debljinu zbog slijepljene tanke vlaknatice i laka nanesenoga na površinu ploče (sl. 3).

Gustoća

Gustoće svih elemenata od MDF ploča nalaze se u području srednje gustih vlaknatica. Gustoće elementa proizvođača K uglavnom su veće od $0,700$ g/cm³, dok se gustoće proizvođača H kreću između $0,687$ g/

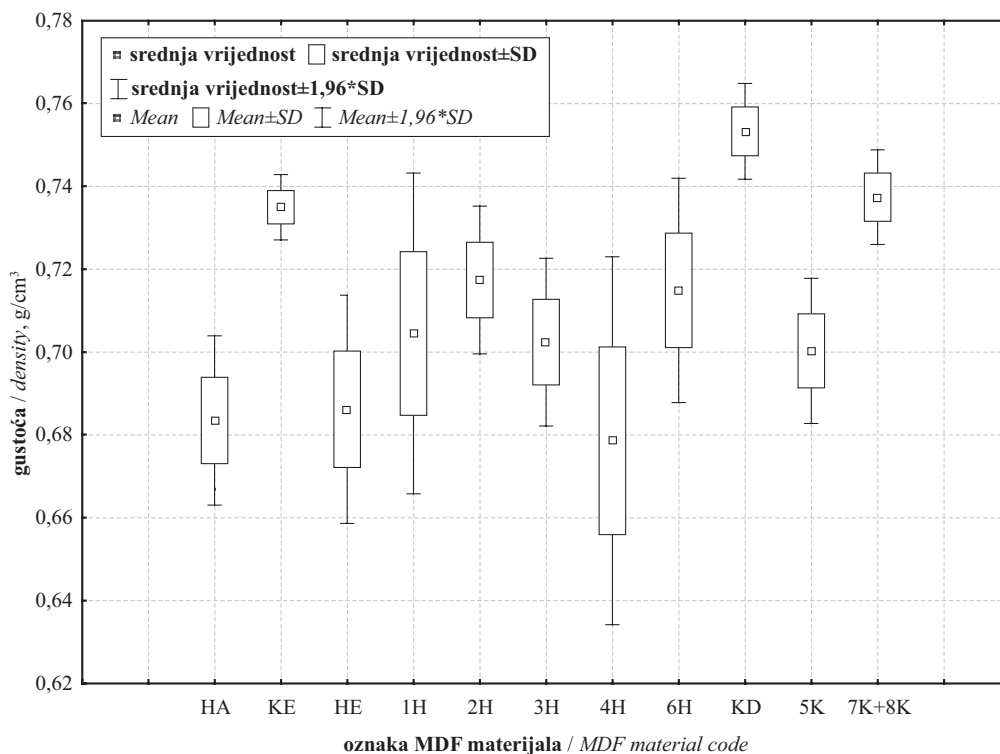
cm³ i $0,717$ g/cm³. Zanimljivo je da najveću gustoću ima originalni dovratnik (KD) proizvođača K ($0,753$ g/cm³). Iz grafičkog prikaza vidljivo je da je najveće rasipanje podataka za uzorak 4H, a to je MDF element proizvođača H, neslijepljen i nelakiran, izdvojen iz ruba složaja (sl. 4). Najmanje rasipanje podataka ima MDF element KE, lakirani eksperimentalni element. S iznimkom elementa 4H, može se reći da su gustoće unutar pojedinih elemenata vrlo ujednačene.

Sadržaj vode

Sadržaj vode kreće se u granicama od 5,66 do 6,49 %, s iznimkom uzoraka proizvođača H sa skladišta dobavljača (7,58 %) i nelakiranih debelih MDF elemenata slijepljenih s tankim MDF elementima (4,99 %) (sl. 5). Svi se elementi po sadržaju vode nalaze u granicama propisanim normama (od 4 do 11 %). Vidljiva je vrlo ujednačena raspodjela sadržaja vode, osim za profilirane, slijepljene MDF elemente proizvođača K (7K+8K).

Bubrenje

Prema HRN EN 622-5, za sve tipove MDF ploča maksimalno dopušteno bubrenje u 24- satnom tretmanu jest 8 %. Proizvođač MDF ploča K ima MDF elemente i s najmanjim (KE) i s najvećim bubrenjem (5K). Bubrenje MDF originalnog dovratnika (KD) ima najveće rasipanje podataka (sl. 6). Širok interval bubrenja MDF-a obaju proizvođača znak je nejednolike kvalitete MDF-a, kako pojedinačnih, tako i serija ploča. MDF sa skladišta uvoznika proizvođača H ima najmanje bubrenje (2,95 %) u odnosu prema ostalim elementima u pogonu proizvodnje MDF dovratnika (od 4,67 do 7,13 %). Element 6H ima najveće rasipanje podataka. Ploče 7K+8K profilirane su pa nije bilo moguće ispitati njihovo bubrenje u skladu s normiranim.



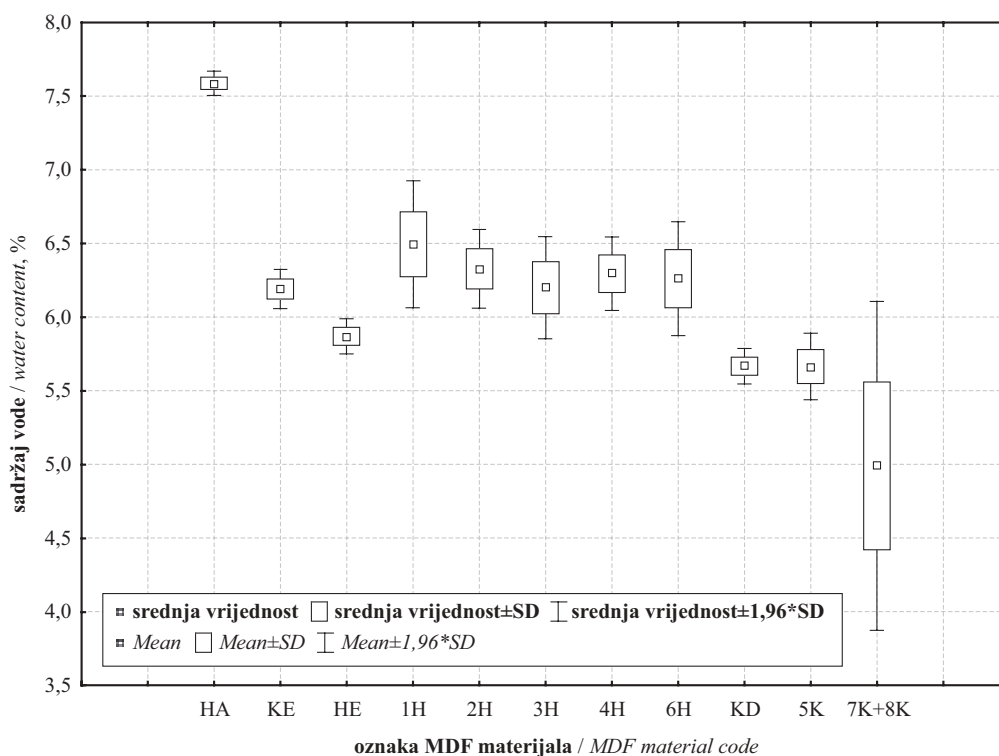
Slika 4. Grafički prikaz gustoće pojedinih elemenata od MDF ploča
 Figure 4 Graphic presentation of density of individual MDF board elements

3.2.2. Mehanička svojstva 3.2.2 Mechanical properties

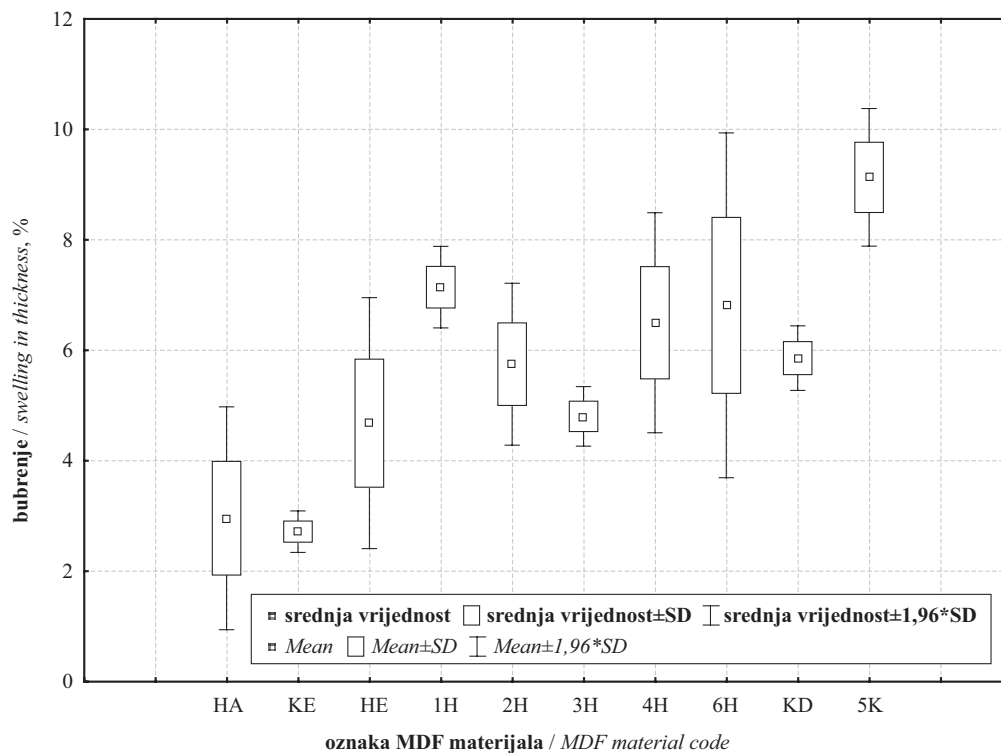
Čvrstoća raslojavanja

Prema normama HRN EN 622-5, minimalna čvrstoća raslojavanja MDF ploča za opću uporabu u suhim uvjetima za tip MDF jest 0,50 MPa, a za tip MDF.LA iznosi 0,55 MPa. Za MDF ploče vlaknatice namijenjene uporabi u vlažnim uvjetima (tip MDF.H) i

nosive MDF ploče vlaknatice za uporabu u vlažnim uvjetima (tip MDF.HLS) propisana je minimalna čvrstoća raslojavanja 0,70 MPa. Samo eksperimentalni uzorak KE proizvođača K zadovoljava navedene normirane zahtjeve za tip MDF. Vrijednosti čvrstoće raslojavanja MDF elemenata proizvođača K uglavnom su osjetno više. I u tome je uočljiva nejednolika kvaliteta MDF ploča iz pojedinih serija, odnosno iz pojedinih



Slika 5. Grafički prikaz sadržaja vode pojedinih elemenata od MDF ploča
 Figure 5 Graphic presentation of water content of individual MDF board elements

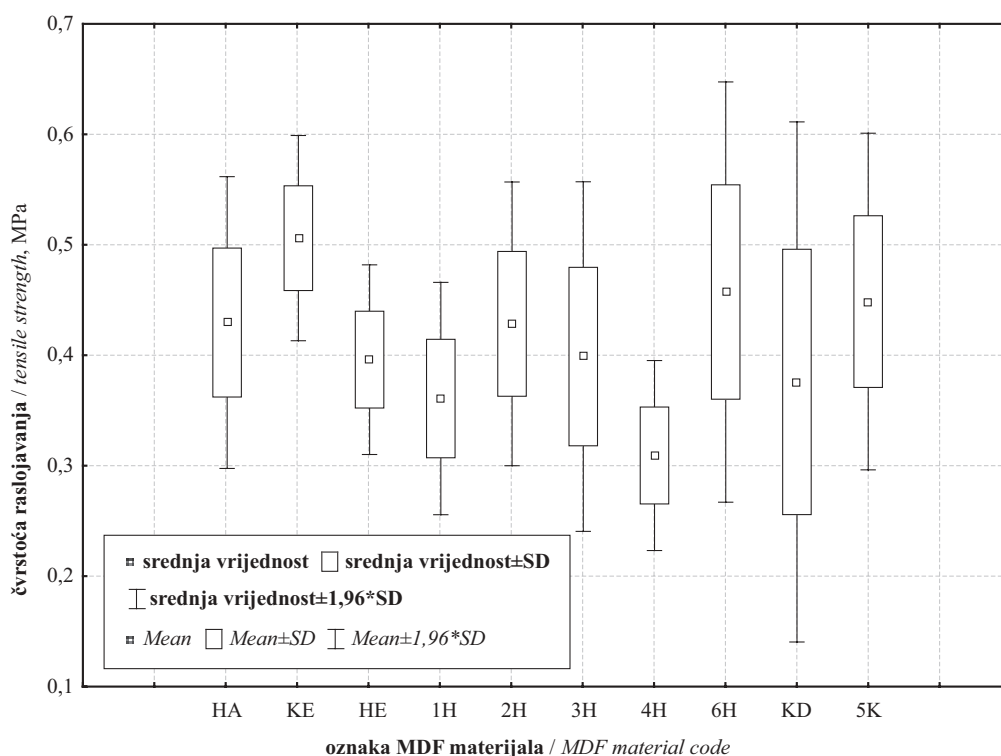


Slika 6. Grafički prikaz bubrenja pojedinih elemenata od MDF ploča
Figure 6 Graphic presentation of swelling of individual MDF board elements

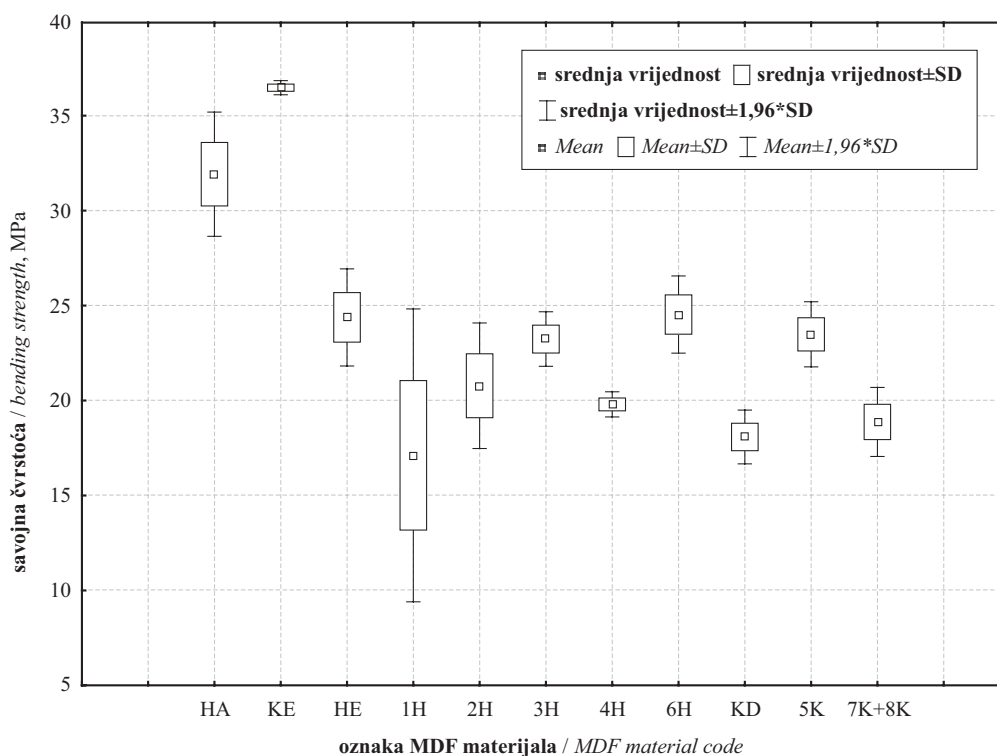
nih mjesta osnovnog formata MDF ploče. Mogući su problemi s nanošenjem ljepila na vlakanca pri izradi vlaknastog tepiha, zbog čega može doći do nejednolike kvalitete MDF materijala u pojedinim elementima. Ploče 7K+8K profilirane su pa nije bilo moguće ispitati njihovu čvrstoću raslojavanja u skladu s normiranim.

Savojna čvrstoća

Prema normama HRN EN 622-5, minimalna savojna čvrstoća MDF ploča za opću uporabu u suhim uvjetima za tip MDF iznosi 17 MPa, a za tip MDF.LA ona je 21 MPa. Za MDF ploče vlaknatičice namijenjene uporabi u vlažnim uvjetima tip MDF.H propisana je minimalna savojna čvrstoća 17 MPa, a za nosive MDF



Slika 7. Grafički prikaz čvrstoće raslojavanja pojedinih elemenata od MDF ploča
Figure 7 Graphic presentation of tensile strength of individual MDF board elements



Slika 8. Grafički prikaz savojne čvrstoće pojedinih elemenata od MDF ploča
Figure 8 Graphic presentation of bending strength of individual MDF board elements

ploče vlaknatice za uporabu u vlažnim uvjetima 21 MPa. Sve ispitane MDF ploče zadovoljavaju zahtjeve za tip MDF i MDF.H. Elementi MDF ploča s oznakama 1H, KD i 7K+8K ne zadovoljavaju zahtjeve MDF.LA i MDF.HLS. Uzorci proizvođača H sa skladišta dobavljača (HA) osjetno su veće savojne čvrstoće od elemenata istog proizvođača u pogonu proizvođača dovratnika (1H, 2H, 3H, 4H, 6H). Originalno vratno krilo izrađeno od MDF ploče proizvođača K ima vrlo nisku savojnu čvrstoću od samo 18,05 MPa. U složaju u pogonu proizvođača dovratnika također su bile ploče proizvođača K (7K+8K) slične savojne čvrstoće (18,84 MPa), ali je eksperimentalni MDF element imao savojnu čvrstoću čak 36,50 MPa.

Modul elastičnosti savojne čvrstoće

Prema normama HRN EN 622-5, minimalni modul elastičnosti savojne čvrstoće MDF ploča za opću uporabu u suhim uvjetima za tip MDF jest 1 900 MPa, a za tip MDF.LA iznosi 2 100 MPa. Za MDF ploče vlaknatice namijenjene uporabi u vlažnim uvjetima tipa MDF.H iznosi 2 200 MPa, a za nosive MDF ploče vlaknatice za uporabu u vlažnim uvjetima propisan je minimalni modul elastičnosti savojne čvrstoće 2 400 MPa. Od ispitanih MDF ploča one s oznakama HA, 1H, 2H, KD i 7K+8K ne zadovoljavaju uvjete ni jednog tipa ploča. Eksperimentalni uzorci MDF elemenata obaju proizvođača (KE i HE) imaju najveći modul elastičnosti savojne čvrstoće, vrijednosti su im gotovo identične te zadovoljavaju zahtjeve svih tipova MDF ploča. Uzorak 6H (proizvođač H, nelakiran) također zadovoljava zahtjeve za sve tipove MDF ploča. Uzorci 3H i 4H zadovoljavaju zahtjeve za tip MDF i MDF.LA, a uzorak 5K zadovoljava zahtjeve tipa MDF. Zanimljivi

vo je da uzorak originalnog MDF dovratnika ne zadovoljava zahtjeve modula elastičnosti savojne čvrstoće ni za jedan tip (sl. 9).

3.3. Koncentracija slobodnog formaldehida 3.3 Free formaldehyde concentration

Prema normama HRN EN 622-1, propisana je maksimalno dopuštena koncentracija slobodnog formaldehida MDF ploča vlaknatice u iznosu od 9 mg HCHO/100 g a.s.t. Testirani su eksperimentalni uzorci. Vidljivo je da i MDF elementi proizvođača H i MDF elementi proizvođača K imaju vrijednost koncentracije slobodnog formaldehida osjetno nižu od maksimalno dopuštene (tabl. 2).

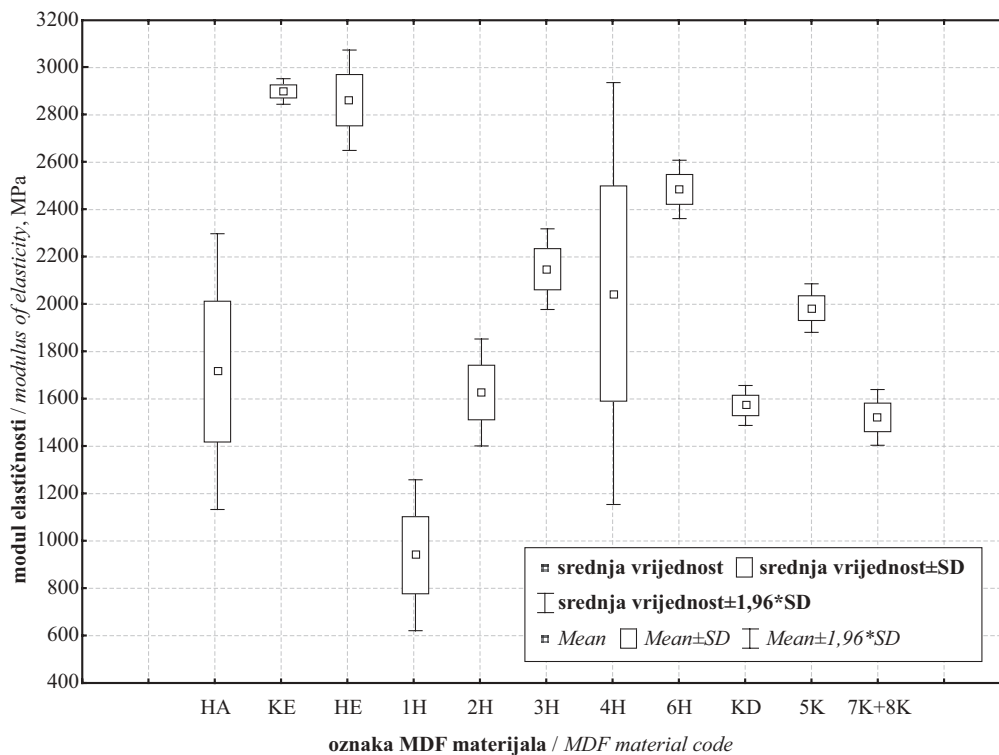
3.4. Otpornost na vlagu 3.4 Moisture resistance

Prema HRN EN 622-5, suhim se postupkom proizvode dva tipa MDF ploča za uporabu u suhim uvjetima i dva tipa za uporabu u vlažnim uvjetima. Pločama vlaknaticama za opću uporabu u vlažnim uvjetima (tip MDF.H) i pločama vlaknaticama, opterećenima, za uporabu u vlažnim uvjetima (tip MDF.HLS) ispituje se otpornost na vlagu testom kuhanja prema normama HRN EN 1087-1:1999. U postupku testiranja kuhanjem uzoraka tijekom jednog sata došlo je do potpune destrukcije MDF uzoraka, te se može konstatirati da testirane MDF ploče nisu projektirane za uporabu u vlažnim uvjetima.

3.5. Struktura lakirane površine i površinske pukotine 3.5 Lacquered surface structure and surface cracks

Eksperimentalni uzorci proizvođača H

Na površinama eksperimentalnih uzoraka proizvođača H tridesetak dana nakon lakiranja pojavile su se



Slika 9. Grafički prikaz modula elastičnosti pojedinih elemenata od MDF ploča

Figure 9 Graphic presentation of modulus of elasticity of individual MDF board elements

uzdužne pukotine. Iz eksperimentalnih uzoraka iskrojene su tanke letvice (debljine 5 mm). Potom je lakirana površina premazana 97%-postotnom sulfatnom kiselinom H_2SO_4 (1:1). Nakon polusatnog djelovanja sulfatne kiseline nastala je destrukcija bijelog poliuretanskog dvokomponentnog polumat laka, koji je skinut s površine, te je uslijedilo skidanje dvokomponentnoga poliuretanskog bijelog temelja. Iako je ispod bijelog temelja trebao biti sloj dvokomponentnoga poliuretanskog bezbojnog temelja, on nije uočen. Stoga bezbojni temelj nije nanesen ili je nanesen u tako maloj količini da ga nije bilo moguće uočiti. Potom se pojavila sumnja da pukotine nisu nastale samo u lakirnom filmu, već da je riječ o dubinskim pukotinama koje se protežu u strukturu MDF ploče. Stoga je površina obrađena jodom koncentracije $c(\frac{1}{2} I_2) = 1$ mol/L. Nakon kraćeg vremena pukotine u MDF ploči bile su jasno vidljive (sl. 10).

Eksperimentalni uzorci proizvođača K

Na površinama eksperimentalnih uzoraka K tridesetak dana nakon lakiranja nisu bile uočljive pukotine, osim jedne kratke pukotine. Isti postupak lakiranja koji je primijenjen na eksperimentalnim uzorcima proizvođača H trebao je biti primijenjen i na eksperimentalnim uzorcima proizvođača K. No na tim je uzor-

cima uočen izraziti donji sloj dvokomponentnoga poliuretanskog bezbojnog temelja.

Dovratnik KD

Na bočnim površinama MDF ploča tridesetak dana nakon što su postavljene u stambeni objekt na gradilištu kao unutarnja sobna vrata, pojavile su se brojne uzdužne pukotine. Analiza je provedena analogno prethodnima, a pokazala je vrlo slične rezultate kao i eksperimentalni uzorci proizvođača H. Također nije bilo moguće utvrditi nanošenje sloja dvokomponentnoga poliuretanskog bezbojnog temelja. Pukotine su također bile dubinske. Pažljivom analizom dovratnika tanke MDF ploče također su uočene izrazite dubinske pukotine u samom središtu ploče (sl. 11).

Evidentno je da je za uspješnu primjenu MDF ploča u izradi lakiranih dovratnika nužno upotrijebiti MDF ploče visoke kvalitete te ih dobro zaštititi radi sprečavanja osjetnijih sorpcijskih procesa.

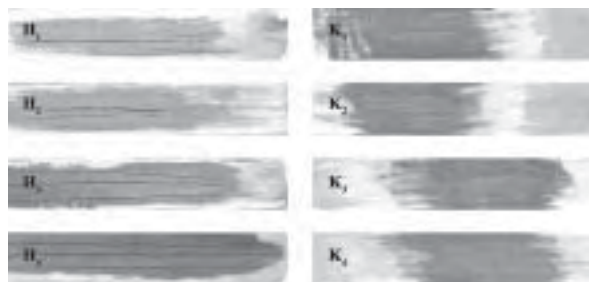
4. ZAKLJUČAK 4 CONCLUSION

U proizvodnji MDF ploča tijekom vrućeg prešanja stvara se temperaturni gradijent i gradijent sadržaja vode, što uzrokuje zaostala naprezanja u ploči nakon

Tablica 2. Koncentracija slobodnog formaldehida pojedinih elemenata od MDF ploča

Table 2 Free formaldehyde concentration of individual MDF board elements

Svojstva materijala / Material characteristics	Uzorak HA / HA sample	Uzorak KE / KE sample
debljina / thickness, mm	37,83	38,36
gustoća / density, g/cm ³	0,683	0,735
sadržaj vode / water content, %	7,39	6,19
perforatorska spektrofotometrijska vrijednost perforator spectrophotometric value, mg HCHO/100 g	4,97	5,49



Slika 10. Izgled uzoraka eksperimentalnih MDF ploča nakon premazivanja kiselinom i jodom

Figure 10 Layout of experimental samples of MDF boards after treatment with acid and iodine

proizvodnje, a ona negativno utječu na dimenzijsku stabilnost ploče.

MDF ploče najčešće se plasiraju na tržište bez prethodno obavljenog kondicioniranja, pa zbog zaostalih naprezanja dolazi do povećanoga debljinskog bubrenja.

U procesu izrade dovratnika također se primjenjuje postupak prešanja tanke MDF ploče na povišenoj temperaturi, pa se ponovno stvaraju zaostala naprezanja.

Dodatni je faktor nestabilnosti manja gustoća središnjeg dijela ploče u odnosu prema plohama, zbog čega pri nanošenju poliuretanskih prevlaka na površinu MDF ploča rubovi upijaju više laka nego plohe, a kroz takve porozne rubove ulazi voda i uzrokuje bubrenje ploče te dolazi do pukotina lakirnih prevlaka.

Osnovna pretpostavka za stabilnost lakirnih površina jest MDF ploča koja udovoljava zahtjevima HRN EN normi.

Eksperimentalne ploče s oznakom KE, proizvođača MDF ploča K, jedine zadovoljavaju zahtjeve normi HRN EN 622-5 za ploče vlaknatice za opću uporabu u suhim uvjetima (tip MDF) i na njima se nisu pojavile izrazitije pukotine.

Da bi se izbjegle pukotine lakirnih prevlaka, na dovratnik se mora nanijeti optimalan sloj dvokomponentnoga poliuretanskog bezbojnog temelja, dvokomponentni poliuretanski bijeli temelj te poliuretanski dvokomponentni polumat lak.

Nužno je provesti potpunu zaštitu dovratnika poliuretanskim filmovima, a ne samo na vidljivim stranicama, kako bi se onemogućila sorpcija vodene pare i vlage.

S obzirom na zahtjevnost primjene MDF ploča za dovratnike u graditeljstvu, nužno je primijeniti nosive MDF ploče za uporabu u suhim uvjetima tipa MDF. LA, a u uvjetima povišene relativne vlage zraka potrebna je primjena ploča vlaknatice za opću uporabu u



Slika 11. Pukotine u tankoj MDF ploči originalnog dovratnika

Figure 11 Cracks in thin MDF board of the original door frame

vlažnim uvjetima tipa MDF.H ili nosivih ploča za uporabu u vlažnim uvjetima tipa MDF.HLS.

Tanka MDF ploča, slijepljena s debelom MDF pločom, također mora imati povećanu otpornost na vodu, odnosno to mora biti ploča vlaknatice iz skupine HDF ploča.

5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. Ayrlimis, N., 2007: Effect of panel density on dimensional stability of medium and high density fiberboards, *Journal of Material Sciences*, 42(20):8551-8557 doi:10.1007/s10853-007-1782-8
2. Bruči, V.; Jambreković, V., 1996: Ploče iverice i vlaknatice, Šumarski fakultet, Zagreb.
3. Ganev, S.; Gendron, G.; Cloutier, A.; Beauregard, R., 2005: Mechanical properties of MDF as a function of density and moisture content, *Wood and fiber science*, 37(2): 314-326
4. Ganev, S.; Cloutier, A.; Beauregard, R.; Gendron, G., 2005: Linear expansion and thickness swell of MDF as a function of panel density and sorption state, *Wood and fiber science*, 37(2):327-336.
5. Houts, J.; Bhattacharyya, D.; Jayaraman, K., 2000: Determination of residual stresses in medium density fibreboard, *Holzforchung*, 54(2):176-182. doi:10.1515/HF.2000.030
6. Houts, J.; Debes, B.; Krishnan, J., 2001: Reduction of residual stresses in medium density fibreboard. Part 1. Taguchi analysis, *Holzforchung*, 55(1):67-72. doi:10.1515/HF.2001.011
7. Houts, J.; Debes, B.; Krishnan, J., 2001: Reduction of residual stresses in medium density fibreboard. Part 2. Effects on thickness swell and other properties, *Holzforchung*, 55(1):73-81. doi:10.1515/HF.2001.012
8. Jambreković, V., 2004: Drvne ploče i emisija formaldehida, Šumarski fakultet, Zagreb.
9. Jambreković, V.; Španić, N.; Jambreković, T.; Iliev, B., 2009: Applicability of MDF for lacquered door frame manufacturing. 20th International scientific conference, Wood is good - new materials, quality and design of products, Proceedings, 51-59, Zagreb.
10. Ljuljka, B., 1990: Površinska obrada drva, Šumarski fakultet, Zagreb.
11. Medved, S.; Jambreković, V., 2001: Bending of refined MDF boards. *Wood - Future material in Furniture Design*. Zagreb, Šumarski fakultet, 61-66.
12. Niemz, P.; Poblete, H., 1996: Investigations of dimensional stability of MDF and particleboards, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 54(2):141-144. doi:10.1007/s001070050154
13. Schulte, M.; Frühwald, A., 1996: Shear modulus, internal bond and density profile of MDF board, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 54(1):49-55. doi:10.1007/s001070050132

Corresponding address:

Assoc. Prof. VLADIMIR JAMBREKOVIĆ, Ph.D.

University of Zagreb, Faculty of Forestry
Department of Wood Technology
Svetošimunska 25
10000 Zagreb, CROATIA
e-mail: vladimir.jambrekoVIC@zg.htnet.hr

Maja Hadžić, Branka Lozo¹

Povijesni pregled razvoja riječke tvornice papira

Historical Overview of the Development of the Rijeka Paper-mill

Stručni rad • Professional paper

Prispjelo – received: 25. 10. 2010.

Prihvaćeno – accepted: 27. 4. 2011.

*UDK: 630*861*

doi:10.5552/drind.2011.1035

SAŽETAK • Povijest jedne od prvih i najutjecajnijih tvornica papira u Hrvatskoj počinje industrijski davne 1821. godine u Rijeci. Uz odvažne investicije i pogonske modernizacije tvornica je rasla i stjecala ugled na europskoj i svjetskoj razini. Zasluge za imponantne poslovne rezultate treba pripisati vizionarima, počevši od prvog vlasnika Andrije Ljudevite Adamicha, preko idućih vlasnika i upravitelja Charlesa te, kasnije Henryja Meyniera, te, poglavito, Eugenea Frémonta. Razvoj tvornice odražavao se i na razvoj gradova Sušaka i Rijeke, poglavito u smislu elektrifikacije, ali i životnog standarda građana. U najplodnijim razdobljima u tvornici je radilo više od 1 000 radnika, a godišnji volumen proizvodnje premašivao je 8 000 tona. Više puta tijekom 180-godišnjega radnog vijeka tvornica je doživjela havarije, od poplava do požara, no posljednji gospodarski udar 2005. godine nije uspjela preživjeti.

Ključne riječi: Riječka tvornica papira, povijesni pregled, industrijska proizvodnja papira, inovacije i kapaciteti, svjetski ugled

ABSTRACT • The history of one of the first and most important paper-mills in Croatia begins in the industrially distant year of 1821 in Rijeka. Thanks to courageous investments and propelling power modernizations, the factory grew and gained reputation on the European and world scene. The credit for impressive business results goes to the visionaries starting with the first owner Andrija Ljudevit Adamich, subsequent owners and managers Charles and (later also) Henry Meynier, and especially Eugene Frémont. The development of the factory affected the development of the cities of Sušak and Rijeka, especially in terms of electrification, but also the living standard of the citizens. At the peak of its production more than a thousand workers were employed in the factory, and the yearly output exceeded 8000 tonnes. The paper-mill experienced severe damages several times during its 180 years of working life, both floods and fire, but the fatal shock that the factory could not survive was the economic one in 2005.

Key words: the Rijeka paper-mill, historical overview, industrial paper production, innovations and capacities, world reputation

1. UVOD 1 INTRODUCTION

Povijest jedne od prvih i najutjecajnijih industrija papira u Hrvatskoj počinje davne 1821. godine u Rijeci, administrativnom središtu Primorsko-goranske županije i najvažnijoj hrvatskoj luci. Taj se treći po veličini grad

u Hrvatskoj zbog svoga idealnog zemljopisnog položaja i pristupa sjevernom Jadranu i Kvarnerskom zaljevu razvio u jednu od najvećih srednjoeuropskih luka i jako industrijsko središte. Rijeka je bila poznata i kao jedno od najvažnijih financijskih središta tijekom svoje povijesti i upravo zbog brojnih prednosti koje je nudila bila je pravi izbor za otvaranje tvornice papira (sl. 1).

¹ Autorice su magistrica grafičke tehnologije i izvanredna profesorica Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.

¹ The authors are a master of science of graphic technology and an associate professor at the Faculty of Graphic Arts of the University of Zagreb, Croatia.



Slika 1. Grad Rijeka, 1850. g. (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)
Figure 1 The city of Rijeka, 1850 (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)

2. OSNUTAK TVORNICE PAPIRA RIJEKA 2 FOUNDING OF THE RIJEKA PAPER-MILL

Prvi koraci u pokretanju proizvodnje papira zbivali su se u doba teških političkih, gospodarskih i socijalnih kriza u Europi koje su grad dovele do potpunoga gospodarskog osiromašenja. U svim tim teškim okolnostima našao se čovjek koji je imao dovoljno hrabrosti pokrenuti i iz siromaštva stvoriti tvornicu koja se uspjela uzdići i zadržati tijekom dugih 180 godina neprekidne proizvodnje. Taj veliki korak učinio je Andrija Ljudevit Adamich, jedan od najistaknutijih i najsvestranijih riječkih poduzetnika čija je mreža poslovanja sezala i do prekoceanskih zemalja (Afrike, Kube,



Slika 2. Andrija Ljudevit Adamich (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)
Figure 2 Andrija Ljudevit Adamich (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)

Brazila itd.). Kao početak – datum rođenja tvornice u Rijeci – zapisan je rujn 1821. (Lisac, 1961). Te je godine A. Lj. Adamich kupio mlin na Lučicama, u dolini Rječine, i preuredio ga za proizvodnju papira (sl. 2), te zaposlio 21 radnika.

Godine 1824. A. Lj. Adamich je zbog velike zauzetosti i drugih poslovnih prilika koje su mu se otvarale prodao mlin engleskom industrijalcu Williamu Molineu, izdanku ugledne obrtničke obitelji. No nakon samo tri godine Moline je prodao tvornicu engleskim industrijalcima Charlesu Meynieru (sl. 3) i Walteru Craftonu Smithu za 14 000 zlatnih franaka (Lisac, 1961). Novi su vlasnici od samog početka u tvornicu ulagali znatan kapital osiguravajući tako njezin razvoj i modernizaciju. Sva ta ulaganja i rad ostvaren u tvornici nisu ostali bez rezultata. U Rijeci se proizvodio papir koji je svojom kvalitetom odnosio pobjede na najvećim smotrama tog vremena u svijetu. Riječki se papir prodavao na svim kontinentima, u ukupno pedeset zemalja svijeta.

Prvi tehnološki ulog u tvornicu bio je Fourdrinierov stroj za izradu papira, tzv. papir-stroj, najmoderniji u tadašnjoj austrijskoj carevini, na kojemu se proizvodila kontinuirana traka papira, u to vrijeme vrhunac tehnoloških dostignuća u industriji papira. Danas se pod tim nazivom misli na dio papir-stroja s ravnim dugim sitima na kojima se odvaja najveći dio vode od celuloznih vlakana.

Pogonsku snagu tog stroja činili su vodeni kotači, a potrebna se voda dovodila s obale Rječine uz pomoć drvenih vodova. Taj je sustav omogućivao stvaranje energije od 300 konjskih snaga. U to vrijeme tvornica je zapošljavala oko 250 radnika. Njezini su proizvodi ponajprije bili namijenjeni izvozu, dok su se na domaćem tržištu pojavili tek 1878. g. (Lisac, 1961).

Zbog velikog broja narudžbi i potrebe za što većom energijom, u tvornici je 1833. g. instaliran parni stroj, prvi na jugoistoku Europe, a nedugo nakon toga instaliran je i drugi Fourdrinierov papir-stroj. Prvu službenu potvrdu kvalitete svojih proizvoda tvornica je dobila na Prvoj industrijskoj izložbi održanoj u Beču 1835. g. dobivši srebrnu medalju, prvo u nizu priznanja koja su slijedila (sl. 3).



Slika 3. Charles Meynier (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)
Figure 3 Charles Meynier (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)

3. USPON TVORNICE PAPIRA RIJEKA 3 THE RISE OF THE RIJEKA PAPER-MILL

U uzlaznoj putanji razvoja tvornici se 1838. g. pridružio Eugene Frémont, stručnjak, organizator i predani tehnički inovator iz Dreuxa u Francuskoj. Svoje znanje i sposobnosti pokazao je na mjestu tehničkog ravnatelja i ponajprije njemu pripada zasluga za tehnički napredak tvornice, na čijem je vrhu kao ravnatelj proveo punih četrdeset i osam godina (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010). Usporedno s poslovanjem u Rijeci, putovao je u Francusku, gdje je znao provesti i godinu dana kako bi u tamošnjim tvornicama papira proučio najnovija tehnička dostignuća na području proizvodnje papira te ih primijenio u riječkoj tvornici. Godine 1841. tvornici se pridružila još jedna osoba, koja će dugo sudjelovati u njezinu razvoju i ostaviti svoj trag. Bio je to Henry Meynier, nećak Charlesa Meyniera, koji će neprekidno djelovati u tvornici čak 70 godina (sl. 4). Tijekom njegova upravljanja tvornica je doživjela brojne uspone, ali i padove. Prvi takav pad dogodio se 11. listopada 1852, kada je velika poplava, nastala izlivanjem Rječine iz korita, u potpunosti uništila tvornicu. Skladišta su bila poplavljena, a strojevi teško oštećeni. Taj udarac ipak nije doveo do zatvaranja tvornice, već je, naprotiv, tvornica potpuno preuređena i modernizirana (Lisac, 1961).

Krajnji rezultat te obnove bila je potpuno nova tvornica, znatno većeg kapaciteta od prethodne. Glavni voditelj obnove bio je Frémont. Stari vodeni kotači zamijenjeni su turbinama, prtok vode urađen je prema novim i tehnološki modernijim nacrtima, a drvenu branu zamijenila je betonska. Zbog potrebe dovoda vode prokopano je brdo uz obalu Rječine, pa se voda na turbine dovodila kroz tunel. Bili su potrebni i novi parni uređaji, čime se ukupna pogonska snaga tvornice s pri-



Slika 4. Henry Meynier (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)
Figure 4 Henry Meynier (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)

jašnjih 300 povećala na 600 konjskih snaga. U to vrijeme pogoni tvornice zapošljavali su nevjerojatnih 600 radnika. Zahvaljujući pozitivnom poslovanju, tvornica je othranjivala generacije radnika s područja Grobnika i Trsata – u njoj bi radili otac, sin, unuk – i tako iz generacije u generaciju (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010). Potrebe proizvodnje zahtijevale su nabavu još dva papir-stroja. Veliko gospodarsko značenje tvornice za tadašnju Hrvatsku naglašavali su i predstavnici hrvatskoga narodnog preporoda i grof Janko Drašković (Lisac, 1961), koji je kasnije inicirao osnivanje zagrebačke tvornice papira (Lozo, 2001).

Novi val unapređenja tvornice zabilježen je 1872. godine, još uvijek pod uspješnom upravom Eugenea Frémonta. Tada je izgrađena nova brana, a istodobno je izgradnjom novog tunela pogonska vodena snaga dosegla jačinu od 1200 konjskih snaga. Te iste godine osnovana su zastupništva sa skladištima svih vrsta papira u Beču i Budimpešti. Na taj način tvornica je mogla uspješno sudjelovati na javnim licitacijama za dobavu papira za državnu tiskaru (sl. 5). Godine 1867. tvornica je dobila još jedno tehničko pojačanje – automatizirani stroj za proizvodnju papira, koji je u tvornicu dopremljen odmah nakon prezentacije na pariškoj izložbi.

Riječka tvornica papira bila je poznata i po proizvodnji cigaretnog papira, koji se prvi put počeo proizvoditi 1890. g. Po proizvodnji cigaretnog papira bila je na drugome mjestu u Europi. Te godine tvornica je zapošljavala 629 radnika, koji su radili na pet strojeva



Slika 5. Tvornica papira Rijeka, 1860. g. (www.klub-susacana.hr, 2010)
Figure 5 The Rijeka Paper-mill, 1860 (www.klub-susacana.hr, 2010)

za proizvodnju papira. Godine 1896. tvornica je proizvela ukupno oko 24 000 kvintala papira, što znači oko 2 400 tona, od čega za pisanje i crtanje 15 000, omotnog 5 000, tiskovnog 2 000 i cigaretnog papira 2 000 kvintala (Lisac, 1961).

4. GOSPODARSKA KRIZA I PAD TVORNICI **4. ECONOMIC CRISIS AND DECLINE OF THE FACTORY**

Krajem osamdesetih godina 19. st. za riječku tvornicu papira počinje razdoblje pada i stagnacije. Tu je krizu uzrokovala zamjena sirovina za proizvodnju papira – umjesto krpa, tj. tekstilnih otpadaka kao sirovine, kojih je bilo razmjerno sve manje, tražio se izlaz u sirovini bogatoj vlaknima, i to onoj koje ima dovoljno u prirodi. Stoga su se počela upotrebljavati drvena celulozna vlakna (Golubović, 1984). Problem je bio u tome što se veće količine te sirovine nisu mogle nabavljati na domaćem tržištu po povoljnim uvjetima, pa je uvoz drva i prerađene celuloze bio velik trošak. Visoke cijene sirovina uvjetovale su znatno povećanje troškova proizvodnje, što je utjecalo na smanjenje profita.

Od 1887. do 1911. g. tvornica je bilježila više teških trenutaka. Pogone su zahvatila čak četiri požara, nakon kojih su slijedili skupi popravci i ulaganja u obnovu. Prvi požar izbio je 1887. g., i u njemu je izgorio dio tvornice zvan „Marganovo”. Drugi je požar izbio 1903. g. i uništio zgradu koja je pripadala starom dijelu tvornice. Treći je požar zahvatio odjel za krpe 1904. g. i potpuno ga uništio, a ista je sudbina taj odjel pogodila i 1911. g. Osim požara, tvornicu je 8. listopada 1898. g. pogodila i druga poplava napravivši veliku štetu i uništivši u cijelosti elektranu i nekoliko novih strojeva koji su u pogon pušteni samo nekoliko dana prije toga (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010).

Pokazatelj krize je podatak da su tijekom 1901. g. u pogonu radila samo tri papir-stroja, a smanjen je i broj zaposlenih, najprije na 450 radnika, a već sljedeće



Slika 6. Natpis i logo tvornice (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)
Figure 6 The factory lettering and logo (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)

godine na samo 290. Sredinom lipnja 1903. g. vlasnik trgovačke tvrtke Smith & Meynier Henry Meynier zbog nemogućnosti osiguranja prijeko potrebnih financijskih sredstava pretvorio je tvornicu u obiteljsko dioničko društvo pod nazivom Smith & Meynier – prva kraljevska povlaštena riječka tvornica papira (sl. 6).

Do 1906. g. jedini vlasnik poduzeća bila je obitelj Meynier, ali nakon toga u poslovanje se sve više uključivala Prva ugarska industrija papira d.d. Svoj utjecaj novi su dioničari pokazali odlukom da se od 1910. g. proizvodnja usmjeri isključivo na proizvodnju cigaretnog papira. Nakon te odluke iz poduzeća su uklonjeni svi strojevi koji su bili namijenjeni proizvodnji ostalih vrsta papira, iako je potražnja za njima i dalje postojala (Lozo, 2007).

5. RIJEČKA TVORNICI PAPIRA TIJEKOM 20. STOLJEĆA **5 THE RIJEKA PAPER-MILL DURING THE 20TH CENTURY**

Raspadom Austro-Ugarske Monarhije prestaje utjecaj mađarskog kapitala koji je dotad bio zastupljen u upravi tvornice. Godine 1922. sjedište tvornice premješteno je iz Rijeke u Zagreb jer se tvornica udružila s kompanijom „Jela – industrija papira”, no 1925. g. to je partnerstvo raskinuto i tvornica je pala pod upravu

Prve hrvatske štedionice. Zbog potrebe veće učinkovitosti u vođenju tvornice, 1926. g. osnovan je Mjesni odbor ravnateljskog vijeća Smith i Meynier tvornice papira na Sušaku (Lozo, 2001). Na čelu tog odbora bio je Milivoj Crnadak.

U tom razdoblju kompleks tvornice činila su četiri glavna dijela:

1. odjel za krpe i sirovine (sl. 7),
2. stara tvornica – u kojoj se ponovno proizvodio pisaći i tiskovni papir,
3. nova tvornica – u kojoj se proizvodio svileni i cigaretni papir (sl. 8),
4. Marganovo – gdje se proizvodio papir za pakiranje.

Cijeli kompleks sastojao se od 66 građevina koje su se prostirale na površini većoj od 72 000 m². Na tri papir-stroja tvornica je proizvodila više vrsta papira: cigaretni papir, svileni papir, papir za kopiranje, biblijski i oslojeni (premazani) papir itd. a godišnja proizvodnja iznosila je 1 200 tona.

Proizvodi su se izvozili po cijelom svijetu, no u uvozu riječkih papira prednjačili su SAD, Argentina, Španjolska, Rumunjska, Egipat i zemlje Dalekog istoka. Prepoznatljivi simbol tvornice, koji postoji i danas, bio je 83 metara visok dimnjak sagrađen uz električnu centralu. Ta je centrala osim tvornice dugi niz godina u razdoblju prije Drugoga svjetskog rata električnom energijom opskrbljivala i grad Sušak.

Još 1910. g. uprava tvornice uvidjela je prednosti proizvodnje cigaretnog papira i preorijentirala se pretežito na njegovu proizvodnju, te do 1939. g. 70 % ukupne proizvodnje otpada na taj papir. Ta preorijentacija u proizvodnji dovela je do učlanjenja tvornice u Sindikat tvorničara cigaretnog papira u Parizu. Oko 1940. g. tvornica je ponovno radila svojim punim kapacitetom i



Slika 7. Krparnica (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)

Figure 7 Rags as raw material (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)



Slika 8. Odjel cigaretnog papira (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)

Figure 8 Department of cigarette paper (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)

raspolagala najsvremenijim postrojenjem za proizvodnju papira, a zapošljavala je 497 radnika (sl. 9). U najkritičnijim trenucima prije kraja Drugoga svjetskog rata, zahvaljujući organizaciji radnika, tvornička su postrojenja u cijelosti sačuvana od razaranja i uništenja.

Nakon oslobođenja Sušaka od talijanske okupacije 1. svibnja 1945. tvornicu je preuzela „narodna vlast“ te je prešla u državno vlasništvo. U to vrijeme tvornica je ponovno proizvodila sve vrste papira, a kvaliteta papira i opseg proizvodnje kontinuirano su rasli, a s njima i broj radnika. Tako su 1950. proizvodnju od 3 500 tona papira godišnje ostvarivala 634 radnika. Povijesna je zanimljivost da je tvornica osnivanjem Radničkog savjeta među prvima, 31. siječnja



Slika 9. Kemijski laboratorij (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)

Figure 9 Chemical laboratory (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010)

1950, u tadašnjoj FNRJ uvela model radničkog samoupravljanja.

Godine 1962. tvornica je ponovno modernizirana i proizvodnja papira povećala se na 8 000 tona u godini. U sklopu tvornice osnovana je jedina tvornica parafinskih šibica u zemlji, čija je proizvodnja iznosila i do 55 milijuna kutija u godini. Svoju uzlaznu putanju tvornica je zadržala sve do 1991. g., kada je bila na drugome mjestu u Europi po količini proizvedenog cigaretnog papira, a u svjetskim razmjerima držala je čak 5 % ukupne količine proizvedenog papira te vrste (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010).

Na tom vrhuncu uspješnosti u tvornici je radilo čak 1 150 radnika, a 80 % ukupnih proizvoda izvezio se (<http://muzej-rijeka.hr>, 2010).

Promjene u organizaciji vlasničkih udjela, kao i u tržišnom natjecanju 1990-ih godina, odrazile su se na proizvodnju i poslovanje tvornice. Osim toga, ratna događanja koja su zahvatila osamostaljenu Hrvatsku dodatno su otežala poslovanje, zastoji u tehničkom transportu sirovina remetili su kontinuiranu proizvodnju ali i isporuku, naručitelji su se počeli osipati i promet se dramatičnom brzinom smanjivao. Nakon teških ratnih i poratnih vremena tvornica papira izgubila je gotovo sve svoje nekadašnje tržište, što je konačno rezultiralo proglašenjem stečaja 2005. g. i zatvaranjem te slavne tvornice. No objekti tvornice nisu potpuno pali u zaborav. Objekt Marganovo preuzeo je grad Rijeka i pod današnjim nazivom Hartera preuređen je kao rekreacijski prostor za mlade.

6. LITERATURA 6 REFERENCES

1. Golubović, A., 1984: Tehnologija izrade i svojstva papira, Zagreb, Viša grafička škola.
2. Lisac, A. Lj., 1961: Razvoj industrije papira u Zagrebu, Zagreb, Zagrebačka tvornica papira.
3. Lozo, B., 2007: Povijesni pregled izrade papira, Theaurus Archigymnasii, Zagreb, Klasična gimnazija.
4. Lozo, B.; Vujnović, M.; Bertić, I., 2001: Proizvodnja papira – crtice iz prošlosti, Zbornik radova "Blaž Baromić", Senj, Matica hrvatska – Ogranak Senj.
5. *** <http://muzej-rijeka.hr/projekti.asp>
6. *** <http://muzej-rijeka.hr/tvornica-papira/index.html>
7. *** <http://www.klub-susacana.hr/revija/clanak.asp?Num=42-43&C=20>

Corresponding address:

Assoc. Prof. BRANKA LOZO, Ph.D.

Grafički fakultet
Sveučilište u Zagrebu
Getaldićeva 2
HR-10000 Zagreb, CROATIA
E-mail: branka.lozo@grf.hr

Napomena:

Rad je dijelom objavljen u diplomskom radu Maje Hadžić 2010. g. pod nazivom *Povijesni pregled razvoja papirne industrije u Hrvatskoj*, <http://bib.irb.hr/prikazi-rad?&rad=479396>

Ovlaštenje Šumarskog fakulteta za obavljanje poslova ispitivanja i ocjenjivanja sukladnosti drvnih ploča za opću uporabu

Uvod

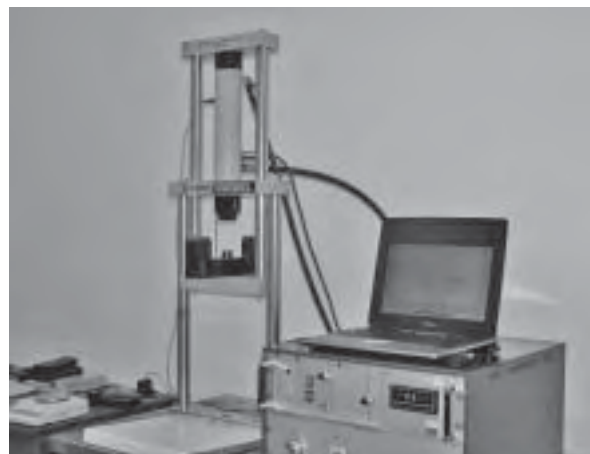
Gotovo istodobno s izlaskom rada *Uspostava i razvoj hrvatskog sustava kontrole kvalitete drvnih ploča utemeljenog na europskoj tehničkoj regulativi* (Jambreković i sur., 2011) iz tiska, u Narodnim novinama br. 24/2011. objavljen je i Pravilnik o tehničkim zahtjevima za drvene ploče za opću uporabu. U radu je dan pregled hrvatskog sustava od osamostaljenja Republike Hrvatske te opisano razdoblje intenzivnog razvoja sustava, razdoblje nestabilnosti sustava, u kojemu nije bila moguća implementacija europske tehničke regulative, te u konačnici stanje sustava koji praktički više nije postojao. Osnovni je problem bila zamjena tehničkih pravila utemeljenih na normama bivše države tehničkim propisima s implementiranim europskim normama. U pokušaju donošenja Tehničkog propisa za drvene ploče, koji je iniciralo Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva (MRRŠVG), više od godine dana nije postignut konsenzus, zbog primjene drvnih ploča i u području opće uporabe i u području graditeljstva. Prognoze su bile da će sustav ostati tako nedefiniran sve do ulaska Republike Hrvatske u Europsku uniju, što se prema optimističnim prognozama može očekivati najranije krajem 2012. godine. Donošenjem Pravilnika o tehničkim zahtjevima za drvene ploče za opću uporabu učinjen je veliki korak naprijed u zaštiti domaćih potrošača drvnih ploča, no, što je još važnije, i ostvarena pretpostavka za osiguranje kvalitetnih materijala za proizvođače finalnih proizvoda namijenjenih europske i svjetskom tržištu. Donošenje Pravilnika također je veliki iskorak Uprave za drvenu industriju, u sklopu Ministarstva regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva, koja je pokazala da ima kritičnu masu kvalitetnih kadrova za implementaciju europske tehničke regulative te podršku znanstveno-nastavnih, stručnih i ostalih institucija u ustrojavanju jake baze mjerodavne za kompletno područje drva i drvene tehnologije. Pravilnik je također prvi tehnički dokument u kojemu je priznat ovlašten inženjer drvene tehnologije, jer voditelj ovlaštenog laboratorija i njegov zamjenik moraju biti ovlašteni inženjeri drvene tehnologije u sklopu Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvene tehnologije.

Laboratorij za drvene ploče

Šumarski fakultet u Zagrebu, u sklopu Zavoda za tehnologije materijala, odnosno Laboratorija za drvene ploče (LAP), praktički još od osamostaljenja Republike Hrvatske (RH) obavlja sustavnu kontrolu kvalitete drvnih ploča na hrvatskom tržištu te provodi implementaciju europske tehničke regulative u područje drvnih materijala i edukaciju.

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu dobio je do sada od Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo (DZNM) tri rješenja o ovlaštenju i dva rješenja Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva. Rješenja se odnose na certificiranje ploča iverica za opću uporabu i graditeljstvo prema Naredbi o obveznom certificiranju ploča iverica za opću uporabu i graditeljstvo iz 1983. g. Voditelj Laboratorija za drvene ploče i stručna ovlaštena osoba za certificiranje ploča iverica od 1995. g. do 2001. godine bio je prof. dr. sc. Vladimir Bruči.

Potom je do 2009. g. voditelj Laboratorija i stručna ovlaštena osoba bio izv. prof. dr. sc. Vladimir Jambreković. Iste godine Laboratorij za drvene ploče prestaje s certificiranjem ploča iverica prema tehničkom pravilu naslijeđenome od bivše države i u sklopu Ministarstva regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva razvija tehnički propis za drvene ploče s implementiranim europskim normama koji treba za-



Uređaj za ispitivanje mehaničkih svojstava drvnih ploča



Perforatorski uređaj za ispitivanje slobodnog formaldehida prema HRN EN 120

mijeniti potpuno neprihvatljivo tehničko pravilo. U poslovima certificiranja ploča iverica za opću uporabu i graditeljstvo Šumarski fakultet je prvi i jedini ovlašten laboratorij u Republici Hrvatskoj. LAP je od 1996. g. bio ovlašten za te poslove i odlukom Ministarstva gospodarstva za obavljanje poslova ispitivanja i izdavanja uvjerenja o kvaliteti svih drvnih ploča.

Neovisno o ovlaštenjima, Laboratorij za drvene ploče već je dvadesetak godina vodeći subjekt u RH u poslovima ispitivanja drvnih ploča, izdavanja dokumentacije o svojstvima ploča, ekspertizama, edukacijama, savjetodavnim aktivnostima te svim ostalim poslovima vezanima za drvene ploče. LAP je od 2004. g. član i osnivač udruge Hrvatski laboratoriji CROLAB, koja je danas punopravni član udruge Europskih laboratorija EUROLAB-a.

Laboratorij ima pet članova koji u nastavnim, znanstvenim i stručnim aktivnostima potpuno pokrivaju cijelo područje drvnih materijala, od masivnog drva, kompozitnih materijala (usitnjeno drvo, uslojeno drvo) pa sve do kemije drva i kemijskih komponenata koje se primjenjuju u proizvodnji drvnih materijala. Tri člana LAP-a članovi su Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvene tehnologije, a dva su članovi tehničkog odbora TO 89 Furniri i drvene ploče. Četiri su



Spektrofotometar za analizu slobodnog formaldehida



Analitički dio laboratorija

člana doktori iz područja drvnotehnoloških procesa i drvnih materijala, a jedan je magistar inženjer drvene tehnologije.

Ovlaštenje Šumarskog fakulteta

Potpredsjednik Vlade Republike Hrvatske i ministar regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva mr. sc. Božidar Pankreć, rješenjem KLASA: UP/I-310-01/11-01/1, URBROJ: 538-11-2/0278-11-6, od 1. travnja 2011. g., ovlastio je ŠUMARSKI FAKULTET za obavljanje poslova ispitivanja i ocjenjivanja sukladnosti drvnih ploča za opću uporabu. Rješenje je izdano na temelju članka 17. stavka 1. Zakona o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanje sukladnosti (NN 20/10) i članka 16. stavka 2. Pravilnika o tehničkim zahtjevima za drvene ploče (NN 24/11). Ispitivanje i ocjenjivanje sukladnosti obavljat će se na Drvnotehnološkom odsjeku, Zavodu za tehnologije materijala, Laboratoriju za drvene ploče (LAP). Voditelj Laboratorija za drvene ploče i stručna odgovorna osoba za postupke ocjenjivanja sukladnosti jest izv. prof. dr. sc. Vladimir Jambrečević. Stupanjem na snagu Pravilnika o tehničkim zahtjevima za drvene ploče, Šumarski fakultet je kao jedina institucija koja objedinjuje sveučilišno obrazovanje, znanstvenoistraživački i stručni rad te ima respektabilan tim eksperata za područje kompozitnih materijala, ponovno prva i jedina ovlaštena institucija. Navedeno će ovlaštenje biti nedvojbeno velik korak prema uspostavi sustava kvalitete drvnih ploča, koji je osnovna pretpostavka za proizvodnju finalnih proizvoda sukladnih europskim tehničkim načelima.

Osnovni elementi Pravilnika o tehničkim zahtjevima za drvene ploče (NN 24/11)

Ploče mogu biti stavljene na tržište i/ili na raspolaganje samo ako ispunjavaju tehničke zahtjeve propisane Pravilnikom o tehničkim zahtjevima za drvene ploče. Primjena tehničkih zahtjeva obuhvaćenih Pravilnikom i postupaka ocjenjivanja sukladnosti provodi se radi sigurnosti, zaštite života i zdravlja ljudi, domaćih životinja i biljaka, zaštite okoliša i prirode, zaštite potrošača i drugih korisnika. Tehnički zahtjevi za ploče kojima se osigurava zaštita života i zdravlja ljudi,

domaćih životinja i biljaka, zaštita okoliša i prirode te zaštite potrošača i drugih korisnika jesu fizikalni, mehanički i ekološki zahtjevi.

Za sve se ploče ispitivanjem određuju osnovna fizikalna svojstva, a to su debljina, gustoća i sadržaj vode. Za sve ploče proizvedene primjenom karbamid-formaldehidnih i melamin-formaldehidnih smola ili njihovih modifikacija obvezno je ispitivanje koncentracije slobodnog formaldehida. Za ploče iverice, OSB ploče, MDF ploče i ploče vlaknatice obvezno je ispitivanje savojne čvrstoće i modula elastičnosti savojne čvrstoće te vlačne čvrstoće (čvrstoće raslojavanja). Za uslojene ploče obvezno je ispitivanje savojne čvrstoće, modula elastičnosti savojne čvrstoće te kvalitete slijepljenog spoja. Za ploče iverice, OSB ploče, MDF ploče i ploče vlaknatice obvezno se ispituje bubrenje. Pločama za uporabu u vlažnim uvjetima obvezno se ispituje otpornost na uvjete povišene relativne vlage. Pločama za uporabu u ekstremnim klimatskim uvjetima obvezno se ispituje otpornost na ekstremne klimatske uvjete.

Proizvođač može na temelju pisanog ovlaštenja ovlastiti fizičku ili pravnu osobu osnovanu u Republici Hrvatskoj za svog ovlaštenog zastupnika. Uvoznik je obvezan na tržište Republike Hrvatske puštati samo ploče sukladne odredbama ovog Pravilnika. Prije puštanja ploča na tržište, uvoznik mora biti siguran da je proizvođač proveo odgovarajući postupak ocjenjivanja sukladnosti, da je sastavio tehničku dokumentaciju, te da su ploče praćene propisanim dokumentima te da zadovoljavaju zahtjeve propisane Pravilnikom. Kad pušta ploče na tržište, distributer mora strogo poštovati propisane zahtjeve. Prije stavljanja ploča na tržište distributer mora provjeriti jesu li ploče praćene propisanim dokumentima, uputama i podacima o sigurnosti na hrvatskom jeziku i latiničnom pismu te da jesu proizvođač i uvoznik zadovoljili zahtjeve Pravilnika.

Ocjenjivanje sukladnosti ploča u smislu Pravilnika obuhvaća provedbu postupka ispitivanja ploča i ocjenjivanja sukladnosti na način da odgovaraju zahtjevima normi sadržanih u popisu iz priloga Pravilnika, a nakon provedbe poslova određenih tim normama. Tijelo za ocjenjivanje sukladnosti ploča, ovlašteno za provedbu zadataka u smislu odredaba ovog Pravilnika, provodi postupke ocjenjivanja sukladnosti na temelju zahtjeva proizvođača ili njegova ovlaštenog zastupnika. Tijelo za ocjenjivanje sukladnosti i podnositelj zahtjeva uredit će pisanim ugovorom međusobna prava i obveze u svezi s izdavanjem isprava o sukladnosti.

Proizvođač ili druga osoba koja stavlja ploče na tržište i/ili u uporabu prije njihova stavljanja na tržište i/ili uporabu mora:

- osigurati provedbu postupaka ocjenjivanja sukladnosti ploča s propisanim tehničkim zahtjevima,
- osigurati izvještaj o ispitivanju te potvrdu o sukladnosti ploča,
- izraditi i čuvati tehničku dokumentaciju proizvoda u propisanom opsegu, obliku i rokovima.

Potvrdu o sukladnosti izdaje ovlašteno tijelo za ocjenjivanje sukladnosti na zahtjev proizvođača ili njegova ovlaštenog zastupnika. Potvrdom o sukladnosti potvrđuje se da su provedene, odnosno da se u postupku ocjenjivanja sukladnosti provode propisane radnje, da je u tom postupku potvrđena sukladnost ploča s odgovarajućim tehničkim specifikacijama te da se proizvod može staviti na tržište i rabiti. Potvrda o sukladnosti može se izdati samo na temelju provedenih ispitivanja i izdanog izvještaja o ispitivanju.

Ovaj se Pravilnik kao tehnički propis temelji na primjeni 54 europske norme koje su kao usklađene izvorne norme prihvaćene u RH kao HRN EN norme.

izv. prof. dr. sc. Vladimir Jambrekić

Promocija stručnih prvostupnika inženjera drvne tehnologije na stručnom studiju Drvna tehnologija u Virovitici

U Velikoj vijećnici Virovitičko-podravške županije u Virovitici 1. travnja 2011. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet održao je svečanu promociju stručnih prvostupnika inženjera drvne tehnologije koji su kao prva generacija završili stručni studij Drvne tehnologije, koji se kao dislocirani studij održava u Virovitici. To je ujedno bila i prva u povijesti svečana promocija pristupnika koji su stekli stupanj visokog obrazovanja u gradu Virovitici.

Ideja o osnivanju stručnog studija Drvne tehnologije u Virovitici datira još iz listopada 2001. g., kada su uspostavljene prve veze između Virovitičko-podravške županije i Šumarskog fakulteta. Bilo je potrebno nekoliko godina da se pronađe model suosnivača i nositelja studija, a nekako je najrealnije bilo da to bude osječko Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera.

Dana 4. ožujka 2004. održana je presudna sjednica Povjerenstva za osnivanje Visoke škole za drvo i drveno inženjerstvo u Virovitici s tadašnjim županom Virovitičko-podravške županije gospodinom Ivanom Begovićem i predstavnikom Šumarskog fakulteta izv. prof. dr. sc. Andrijom Bognerom, doc. dr. sc. Radovanom Despotom i dr. sc. Vladimirom Jambrekovićem. Iskazano je povjerenje Šumarskom fakultetu te je usuglašeno stajalište da Šumarski fakultet samostalno osnuje i vodi stručni studij Drvne tehnologije, dislocirani studij u Virovitici, a da će Virovitičko-podravška županija osigurati potreban prostor i opremu, kao i nužna financijska sredstva za realizaciju studija.

Održavanje stručnog studija Drvne tehnologije kao dislociranog studija u Virovitici započelo je na osnovi Sporazuma o suradnji potpisanog između Ministarstva znanosti obrazovanja i športa, Sveučilišta u Zagrebu, Šumarskog fakulteta u Zagrebu, Virovitičko-podravške županije, tvrtke TVIN d.o.o. Virovitica i Gimnazije Petra Preradovića u Virovitici.

U Velikoj vijećnici Virovitičko-podravške županije 4. listopada 2005. prvi je put u Virovitici izvedena studentska himna *Gaudeamus igitur*. Obraćanjem dekana Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu prof. dr. sc. dr. h. c. Mladena Stjepana Figurića označen je početak rada dislociranog studija Drvne tehnologije u Virovitici. Na svečanosti su, osim 55 studenata, bili nazočni prodekanica Drvnotehnološkog odsjeka Šumarskog fakulteta i voditeljica stručnog studija Drvne tehnologije izv. prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić, profesori Šumarskog

fakulteta, saborski zastupnici Josip Đakić i Tomislav Tomić, predsjednik Županijske skupštine dr. Stjepan Feketić, župan Virovitičko-podravške županije Zvonimir Šimić, gradonačelnik Zvonko Kožnjak, predsjednica Gradskog vijeća Željka Grahovac i mnogi drugi.

Stručni studij razvijen je na temelju 60-godišnje tradicije studija drvne tehnologije na Šumarskome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te anketa i konzultacija s predstavnicima drvne industrije. Studij karakterizira suvremeni nastavni program. Traje tri godine, šest semestara, ukupno iznosi 180 ECTS bodova. Struktura studija obuhvaća 20 obveznih predmeta, četiri izborna predmeta, stručnu praksu i završni rad. Završetkom studija stječe se akademski naziv stručni prvostupnik/ stručna prvostupnica inženjer/inženjerka drvne tehnologije. Studij daje visoko stručno obrazovanje stručnih prvostupnika drvne tehnologije, te im omogućuje nastavak obrazovanja na diplomskim studijima Šumarskog fakulteta u Zagrebu, Drvnotehnološkog odsjeka. Ovo je prva generacija pristupnika koja je primila svjedodžbe i dopunske isprave sukladne europskim ispravama. Dopunske isprave su dokumenti koji daju potpunu sliku o studiju i o svakom pristupniku.

Svečanu promociju 23 stručna prvostupnika obavio je dekan Šumarskog fakulteta u Zagrebu prof. dr. sc. Milan Oršanić, uz asistenciju promotora, prodekana Drvnotehnološkog odsjeka izv. prof. dr. sc. Vladimira Jambrekovića.

Svečanom činu bili su nazočni župan Virovitičko-podravške županije Tomislav Tolušić, saborski zastupnik i predsjednik HVIDRA-e Republike Hrvatske Josip Đakić, gradonačelnik Grada Virovitice Ivica Kirin, predsjednik Hrvatske gospodarske komore Županijske komore Virovitica i direktor drvnoindustrijske tvrtke TVIN d.o.o. Ivan Slamić, prodekan Šumarskog odsjeka prof. dr. sc. Josip Margaletić, prodekan za znanstveno-istraživački rad doc. dr. sc. Goran Mihulja, voditeljica stručnog studija Drvna tehnologija u Virovitici za prvu generaciju studenata prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić, zamjenica predsjednika Skupštine Virovitičko-podravške županije Sanja Kirin, dekanica Visoke škole za menadžment u turizmu i informatici u Virovitici mr. sc. Vesna Bedeković, predstavnici gradova i općina s područja Virovitičko-podravške županije, profesori i asistenti Šumarskog fakulteta u Zagrebu, roditelji, rodbina, članovi obitelji i prijatelji.



Pristupnici svečane promocije prve generacije polaznika stručnog studija Drvne tehnologije u Virovitici

Na promociji stručnih prvostupnika inženjera drvene tehnologije u Virovitici nazočnima su se obratili gradonačelnik Ivica Kirin, predsjednik HGK ŽK Virovitica i direktor TVIN-a Ivan Slamić, župan Tomislav Tolušić, saborski zastupnik i predsjednik HVIDRA-e RH Josip Đakić i dekan Šumarskog fakulteta u Zagrebu prof. dr. sc. Milan Oršanić. Svi su oni svojim govorima, uz čestitke prvostupnicima, naglasili važnost ulaganja u visoko obrazovanje na području Virovitičko-podravске županije.

Gradonačelnik Virovitice Ivica Kirin naglasio je da je ovo prvi studij koji je ikada u povijesti osnovan i izvođen u gradu Virovitici. S obzirom na udio visokoobrazovanih osoba u Virovitičko-podravskoj županiji, osnivanje tog studija i promocija prvih prvostupnika inženjera drvene tehnologije jedan je od najvažnijih događaja u povijesti grada Virovitice i najljepši poklon za njegov 777. rođendan.

Župan Tomislav Tolušić istaknuo je da je toliko ganut ovim trenutkom da čak osjeća laganu tremu tijekom svoga govora, iako su mu govori svakodnevnica. Naglasio je iznimno značenje visokog obrazovanja za Virovitičko-podravsku županiju, čija je kruna je upravo ova svečana promocija prvih stručnih prvostupnika inženjera drvene tehnologije. Također je istaknuo da se suradnja na tom iznimno važnom projektu mora nastaviti upisivanjem nove generacije studenata, te da će nastavku tog projekta dati punu potporu.

Saborski zastupnik Josip Đakić također je istaknuo iznimno značenje stručnog studija Drvne tehnologije za razvoj drvnoindustrijskog kompleksa, koji je vrlo važan za Virovitičko-podravsku županiju, ali i za velike tvrtke susjednih županija.

Direktor tvrtke TVIN d.o.o. Ivan Slamić osobito je naglasio značaj tehnologa u vođenju i razvoju drvnoindustrijskih procesa, rekavši kako struka ne može bez inženjera, uz izrazitu potporu visokom obrazovanju, bez kojega nema kvalitetnog rada. Također je istaknuo da stručni prvostupnici inženjeri drvene tehnologije moraju biti spremni za izazove koje im omogućuje, ali ih na to i obvezuje, njihov novi status akademskih građana. Moraju biti spremni prihvatiti upravljačka mjesta, na kojima će često dolaziti u raskorak s obzirom na emocije i interes održanja i razvoja proizvodnje te osiguranja egzistencije.

Dekan Šumarskog fakulteta prof. dr. sc. Milan Oršanić u svom je govoru zahvalio svima koji su prepoznali važnost ovog studija i dali mu potporu, uz posebno isticanje direktora Ivana Slamića, koji je uvijek bio uz struku i visoko obrazovanje. Naglasio je povijesno značenje Šumarskog fakulteta tijekom 113 godina nastavnih aktivnosti u obrazovnom procesu, te istaknuo da je to jedan od najstarijih fakulteta na Sveučilištu u Zagrebu. Poseban ponos svakog inženjera promoviranoga u Virovitici bit će to da je završio visoko obrazovanje na Sveučilištu u Zagrebu. Dvadeset prvo stoljeće bit će stoljeće znanja i zato se sve nade i očekivanja okreću prema visokoobrazovanim stručnjacima, čiji talenti, entuzijizam i spremnost za požrtvovan rad trebaju biti jamstvo daljnjeg uspjeha u struci. Na kraju je dekan izrazio veliko zadovoljstvo što mu je pripala čast da upravo on u ime Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu može promovirati stručne prvostupnike i poželjeti im uspjeh u daljnjem životu i radu.

Sama promocija protekla je u iznimno svečanom tonu, u emocijama nabijenom ozračju, kojemu je poseban doprinos dalo umjetničko djelo u drvu s povijesnim hrvatskim grbom na gotovo cijelom glavnom zidu dvorane.

U ime promoviranih pristupnika dekanu, prodekanima i ostalim profesorima zahvalio se promovirani prvostupnik Darko Glumac. Prisjetio se prvih koraka na studiju, vrlo napornog praćenja programa studija, uz



Voditeljica stručnog studija Drvne tehnologije za prvu generaciju studenata



Župan Virovitičko-podravске županije gospodin Tomislav Tolušić



Gradonačelnik Virovitice gospodin Ivica Kirin



Saborski zastupnik gospodin
Josip Đakić



Dekan Šumarskog fakulteta
prof. dr. sc. Milan Oršanić



Direktor tvrtke TVIN d.o.o. gospodin
Ivan Slamić

svakodnevni rad u tvrtkama i obiteljske obveze. Istaknuo je ponos što su opravdali stečeno povjerenje i zahvalio profesorima koji su im prenosili svoja znanja, a posebice mentorima koji nisu žalili truda ni vremena kako bi ih uputili u tajne stručnog rada. Zahvalio je dekanu na lijepim riječima, koje će uvijek pamtiti.

Potom je otpjevana studentska himna *Gaudeamus igitur*, nakon čega su svečane kape upravo promoviranih stručnih prvostupnika inženjera drvne tehnologije poletjele u zrak, čime je na jedinstven način označen završetak svečane promocije.

Nakon završetka svečane promocije promovirani stručni prvostupnici inženjeri drvne tehnologije ponovno su stali na isto stubište na kojemu su stajali i u trenucima svečanog prijema studenata polaznika stručnog studija Drvne tehnologije u Virovitici. No, sada kao akademski građani, spremni na praćenje izazova suvremene tehnologije i odlučni nastaviti svoju misiju u primjeni stečenih znanja u drvnoindustrijski razvoj.

Na svečanoj promociji promovirani su ovi stručni prvostupnici inženjeri drvne tehnologije:

Marijo Doležaj, Darko Glumac, Mario Hajduković, Dalibor Horvat, Goran Horvat, Davor Jug, Josip Kalenik, Boris Kolaković, Vjeran Komar, Željko Kovač, Ivana Kraljević, Jelena Miladinov, Miroslav Moslavac,



Svečana dodjela svjedodžbi i dopunskih isprava

Nevena Pavleković, Anita Rajnović, Ivan Ribić, Sascha-Mario Saić, Mirela Srnc, Igor Starčević, Marijana Špondreht, Denis Validžić, Željko Vuga, Mario Žiljak.

Njihova imena postala su i ostatak će dio svijetle povijesti Virovitičko-podravške županije i grada Virovitice, jer su to prvi visokoobrazovani kadrovi koji su svoje zvanje stekli u Virovitici i koji su označili početak visokoškolskog obrazovanja u tom gradu.

izv. prof. dr. sc. Vladimir Jambreković



Stručni prvostupnici inženjeri drvne tehnologije

ANDREJA PIRC OBRANILA DOKTORSKI RAD

Andreja Pirc, dipl. ing., obranila je 6. svibnja 2011. godine na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu doktorsku disertaciju *Utjecaj inovativnosti na konkurentnost tvrtki u industriji namještaja* pred povjerenstvom u sastavu: prof. dr. sc. Denis Jelačić (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu), izv. prof. dr. sc. Darko Motik (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu) i izv. prof. dr. sc. Leon Oblak (Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani) te stekla akademski stupanj doktora znanosti s područja biotehničkih znanosti, znanstvenog polja drvna tehnologija, znanstvene grane organizacija proizvodnje. Mentor rada bio je izv. prof. dr. sc. Darko Motik.

PODACI IZ ŽIVOTOPISA

Andreja Pirc rođena je 3. siječnja 1983. godine u Bjelovaru, u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji. Osnovnu školu te gimnaziju općeg smjera pohađala je i završila također u Bjelovaru. Godine 2001. upisala je studij na Drvno-tehnološkom odsjeku Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, koji je završila diplomskim radom *Utjecaj izlaganja drva vremenskim uvjetima na adheziju laka* iz predmeta Površinska obrada drva na Zavodu za namještaj i drvne proizvode pod mentorstvom prof. dr. sc. Vlatke Jirouš-Rajković u studenom 2005. godine.

U veljači 2006. zaposlila se u obiteljskom obrtu za proizvodnju namještaja, u Stolariji *Pirc* u Predavcu (nedaleko od Bjelovara), gdje je kao tehnologinja u pripremi proizvodnje te u ostalim poslovima sudjelovala i radila do lipnja 2006. godine. U lipnju 2006. godine zaposlila se u tvrtki AAG Dizajn Centar u Zagrebu gdje je kao jedan od tehnologa sudjelovala u izradi konstrukcijskih nacrti i u pripremi aktivnosti koje se odnose na proizvodnju namještaja i opremanje poslovnih i privatnih prostora. U toj je tvrtki radila do 1. prosinca 2006. godine. Od 1. prosinca 2006. do danas zaposlena je na radnome mjestu znanstvene novakinje, u suradničkom zvanju asistentice na Zavodu za organizaciju proizvodnje Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Od trenutka zapošljavanja radila je kao suradnica na znanstvenom projektu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa pod brojem 68136 – *Modeli gospodarskog razvoja prerade drva i održivog razvoja šumarstva*, voditelja prof. dr. sc. h. c. Mladena Stjepana Figurića, a od 1. ožujka 2008. radi kao suradnica na znanstvenom projektu Ministarstva znanosti obrazovanja i športa 068-0683446-3512 - *Modeli povećanja konkurentnosti u izvozu finalnih proizvoda od drva*, voditelja izv. prof. dr. sc. Darka Motika. Zaposlivši se na Šumarskom fakultetu, 2007. godine upisala je poslijediplomski znanstveni doktorski studij Drvno-tehnološki procesi. Senat Sveučilišta u Zagrebu na svojoj 12. sjednici, održanoj 9. lipnja 2009. godine, odobrio je po-



kretanje postupka stjecanja doktora znanosti u sklopu dokorskog studija, i to s temom *Utjecaj inovativnosti na konkurentnost tvrtki u industriji namještaja*.

Nastavni rad započinje na predmetima Trgovina drvom i drvnim proizvodima, Osnove ekonomike proizvodnje te Ekonomska politika i drvno gospodarstvo, a promjenom nastavnog programa radi u nastavi predmeta Trgovina drvnom i drvnim proizvodima, Planiranje i obračun proizvodnje, Sustavi informacija na tržištu drvnih proizvoda te Međunarodno tržište drvnih proizvoda.

Sudjelovala je i sudjeluje u izradi više diplomskih i završnih radova s područja trgovine drvom, marketinga te ekonomike i planiranja proizvodnje.

U sklopu sudjelovanja i članstva u Akciji E51 COST pod nazivom Integrating Innovation and Development Policies for the Forest Sector provela je tri tjedna (od 13. ožujka do 3. travnja 2009) na stručnom i znanstvenom usavršavanju s područja trgovine i ekonomike na institutu za drvo i proizvode od drva METLA u Finskoj (Vantaa-Helsinki i Joensuu). Iste godine, 2009, kao stipendistica Nacionalne zaklade za znanost i zaklade Jedinstvo uz pomoć znanja, od 10. rujna do 15. prosinca provela je na znanstvenome i stručnom usavršavanju na Louisiana State University Agricultural Center, Louisiana Forest Products Development Center, School of Renewable Natural Resources u Louisiani u SAD-u. Tijekom boravka u toj instituciji pod vodstvom profesora Richarda Vlsokya provela je istraživanje vezano za inovacije proizvoda, procesa i

poslovanja tvrtki u industriji namještaja SAD-a pod naslovom *Innovation in the U.S. furniture industry*.

Aktivno sudjeluje na domaćim i međunarodnim znanstvenim i stručnim skupovima i konferencijama. U suautorstvu je objavila 7 A1, 1 A2 i 12 A3 znanstvenih radova te dvije stručne knjige s područja trgovine i marketinga u preradi drva i porizvodnji namještaja.

U govoru i pismu aktivno se služi engleskim jezikom.

PRIKAZ DISERTACIJE

Disertacija Andreje Pirc, dipl. ing. pod naslovom *Utjecaj inovativnosti na konkurentnost u industriji namještaja* sastoji se od 169 + XIV stranica i 17 stranica priloga. Disertacija sadržava 39 slika, 40 tablica i 246 navoda citirane literature.

Disertacija ima ovakvu strukturu:

1. Uvod (4 str.),
2. Dosadašnje spoznaje (41 str.),
3. Materijal i metode rada (8 str.),
4. Rezultati (80 str.),
5. Rasprava (12 str.),
6. Zaključci (3 str.),
7. Literatura (16 str.),
Popis slika,
Popis tablica,
Prilozi.

1. Uvod

Uvod je podijeljen na tri potpoglavlja (*Uvod, Problematika istraživanja, Ciljevi istraživanja i hipoteze*). U *Uvodu* su predstavljeni osnovni pojmovi vezani za inovativnost i inovacije. Opisana je veza inovativnosti i proizvodnje namještaja te dana osnovna veza između inovativnosti i konkurentnosti u drvoprerađivačkoj industrijskoj grani. U *Problematiki istraživanja* pobliže je obrađeno stanje proizvodnje namještaja u Hrvatskoj s obzirom na konkurentnost te na uvođenje i korištenje inovacijskih rješenja u poduzećima za proizvodnju namještaja. U *Ciljevima istraživanja i hipotezama* predstavljena su četiri osnovna cilja disertacije i postavljene dvije hipoteze koje je autorica u radu pokušala potvrditi.

2. Dosadašnje spoznaje

U poglavlju *Dosadašnje spoznaje*, podijeljenome u četiri potpoglavlja - *Industrija namještaja Republike Hrvatske, Inovacije i inovativnost, Inovativnost i konkurentnost, Inovativnosti i inovacije u tradicionalnoj (Low-medium-tech) industriji*, predstavljeno je trenutno stanje i položaj proizvodnje namještaja s obzirom na ekonomske pokazatelje te na konkurentne prednosti hrvatske proizvodnje namještaja u odnosu prema konkurenciji u zemlji i inozemstvu. Vrlo su detaljno i iscrpno predstavljene dosadašnje spoznaje vezane za inovacije, inovativnost, njihovu povezanost s parametrima konkurentnosti i tehnologijom koje su uočene u proučenoj i citiranoj literaturi mnogih domaćih, a poglavito stranih autora. Posebice se ističu poveznice inovacija i inovativnosti s pojedinim parametrima konkurentnosti i tradicionalnom tehnologijom koja prevladava u pogonima za proizvodnju namještaja u Republici Hrvatskoj.

3. Materijal i metode rada

U tom poglavlju, podijeljenome u pet potpoglavlja (*Priprema uzoraka ispitanika, Metoda prikupljanja podataka, Definiranje varijabli, Odziv ispitanika i demografija ispitanika, Obrada i analiza podataka*), objašnjen je razlog zbog kojega su uzeti u obzir ispitanici iz Nacionalne klasifikacije djelatnosti C.31, kako je pripremljen anketni upitnik i koje su skupine pitanja u njemu sadržane, koje su varijable izabrane i zašto, kako bi se na temelju tih varijabli napravile matrice odnosa i ocijenila inovativnost i konkurentnost pojedinih objekata istraživanja. Na temelju prikupljenih anketnih upitnika određena je demografija ispitanika i uspostavljen odnos odgovora na anketni upitnik. Na temelju broja i odnosa prikupljenih anketnih upitnika određene su statističke metode koje su primjenjene u radu (t-test, jednosmjerna analiza varijance, linearna korelacijska analiza, multipla regresijska analiza, klaster analiza).

4. Rezultati

Poglavlje *Rezultati* podijeljeno je u šest potpoglavlja. U potpoglavlju *Značajke tvrtki za proizvodnju namještaja* navedene su važnije odrednice poduzeća koja su odgovorila na anketu, njihovi opći podaci poput veličine i ekonomskih pokazatelja, proizvodne i tehnološke odrednice poput starosti tehnologije i proizvodnog procesa te marketinška i tržišna obilježja pojedinog poduzeća. Potpoglavlje *Preduvjeti tvrtke za uvođenje inovacija i za razvoj inovativnosti* obrađuje rezultate koji su dobiveni nakon analize vezano za aktivnosti poduzeća u odnosu prema inovacijama proizvoda, inovacijama proizvodnog procesa i inovacijama poslovnog procesa. U trećem potpoglavlju predstavljeni su elementi konkurentnosti poput ukupnih troškova, investicija i udjela izvoza u ukupnom prihodu poduzeća. U poglavlju *Inovacije proizvoda, inovacije procesa i inovacije poslovanja* prikazani su rezultati predočeni u matricama koje u određene odnose stavljaju tri područja inovacija i unutarnje čimbenike poduzeća (poput prihoda, broja zaposlenih, tipova proizvodnje, upotrebe informacijske tehnologije), odnosno inovacije i vanjske čimbenike poduzeća (poput broj dobavljača, njihovih karakteristika i odnosa s kupcima). U petom potpoglavlju prikazani su utjecaji inovacija proizvoda, inovacija procesa i inovacija poslovanja na konkurentnost poduzeća, pri čemu su prikazane matrice odnosa između vrste inovacije i mjera konkurentnosti poduzeća (troškova i investicija). U šestom potpoglavlju dana je dvostruka klaster analiza proizvođača namještaja gdje su određeni unutarnji i vanjski čimbenici kao varijable klaster analize. Dobivena su tri klastera proizvođača namještaja – male tradicionalne tvrtke, inovativne tvrtke i veliki proizvođači namještaja. Uspostavljene su matrice odnosa inovacija proizvoda, procesa i poslovanja s pojedinim klasterima, odnosno matrice odnosa mjera konkurentnosti s pojedinim klasterima.

5. Rasprava

U šest potpoglavlja dana je detaljna, iscrpna i znanstvenim činjenicama utemeljena rasprava o rezultatima predočenima u prethodnom poglavlju. Provedena je ra-

sprava o obilježjima hrvatskih tvrtki za proizvodnju namještaja, njihovim mogućnostima za razvoj i uvođenje inovacija proizvoda, procesa ili poslovanja te predstavljen utjecaj unutarnjih, kao i vanjskih čimbenika na inovacije. Dana je osnova za određivanje utjecaja što ga imaju inovacije proizvoda i procesa proizvodnje ili inovacije u području poslovanja poduzeća na konkurentnost poduzeća na tržištu. Obrađene su pojedine odrednice poduzeća za proizvodnju namještaja, preduvjeti što ih hrvatske tvrtke imaju za uvođenje inovacija, troškovi i investicije kao mjere konkurentnosti u hrvatskim tvrtkama, unutarnji i vanjski čimbenici koji utječu na inovativnost poduzeća odnos inovacija i konkurentnosti poduzeća, te odnosi inovacija i klasterske podjele proizvođača namještaja u Republici Hrvatskoj.

6. Zaključci

Osnovni su zaključci doneseni na temelju iscrpne i znanstveno utemeljene analize prikupljenih podataka. U tom je poglavlju djelomično prihvaćena hipoteza H1, prema kojoj neki unutarnji i vanjski činitelji utječu na inovativnost poduzeća u području inovacija proizvoda, procesa ili poslovanja. To su prihodi tvrtke, udio prihoda ostvaren prodajom poboljšanih ili novih proizvoda, povećanje broja zaposlenih u tri godine, dobna struktura uposlenika, tip proizvodnje, starost strojeva, uporaba CNC strojeva i informatičke tehnologije, korištenje CAD programa i interneta, broj dobavljača i njihove karakteristike te suradnja s kupcima pri dizajniranju novih i poboljšanju postojećih proizvoda. Jednako tako, djelomično je potvrđena hipoteza H2, prema kojoj pojedini tipovi inovacija utječu na mjere konkurentnosti poduzeća. To su utjecaj inovacija proizvoda na ukupne troškove, odnosno utjecaj inovacija procesa na ukupne troškove i vrijednosti investicija. Radom je utvrđen niz matrica mogućih utjecaja pojedinih činitelja tvrtki na inovacije proizvoda, inovacije procesa i inovacije poslovanja te utvrđen njihov utjecaj na konkurentnost tvrtki u industriji namještaja, što će tvrtkama te industrijske gra-

ne omogućiti da definiraju svoj položaj na području inovativnosti i razvoja inovacija, ali i da utvrde smjernice budućih aktivnosti u području inovacija proizvoda, inovacija procesa ili inovacija poslovanja, s ciljem povećanja svoje konkurentnosti.

OCJENA DOKTORSKE DISERTACIJE

U radu je istraživana inovativnost hrvatskih poduzeća za proizvodnju namještaja kao osnova konkurentnosti na svjetskom i europskom tržištu. Tijekom istraživanja u trajanju poslijediplomskog doktorskog studija i tijekom svoga studijskog boravka u inozemstvu (SAD) pristupnica Andreja Pirc, dipl. ing., temeljitim je proučavanjem literature došla do spoznaja koje su joj pomogle u istraživanju i izradi matrica i modela za određivanje stupnja inovativnosti pojedinog poduzeća. U istraživanje je uključila velik broj domaćih poduzeća za proizvodnju namještaja. Metode kojima se pritom koristila u potpunosti zadovoljavaju potrebe istraživanja i disertacije. Sustavnom analizom došla je do kombinacije različitih čimbenika koje je pojedinim kvalitetno odabranim statističkim metodama svrstala u različite matrice, uz pomoć kojih je moguće kvalitetno i sustavno ocijeniti razinu inovativnosti pojedinog poduzeća za proizvodnju namještaja. Rezultati dobiveni istraživanjem upućuju na raznolikost razine inovativnosti u pojedinim poduzećima, ovisno o mnogim čimbenicima poput ekonomskih pokazatelja, razine tehnološke opremljenosti, veličine i starosti poduzeća itd. Zaključci su znanstveno, ispravno i logički interpretirani na temelju dobivenih rezultata, a odnosi čimbenika koji utječu na inovativnost i koji su svrstani u pojedine matrice odnosa daju nov pristup rješavanju problema i kvalitetan znanstveni doprinos istraživanju inovativnosti na području proizvodnje namještaja, ali i na mnogim drugim područjima ljudskog djelovanja.

izv. prof. dr. sc. Darko Motik

Knjiga **Niko Kralj** autorice **Jasne Hrovatin**

U čast 90. rođendana jednoga od najvećih dizajnera na području oblikovanja namještaja prošlog stoljeća, autorica Jasna Hrovatin napisala je monografiju koja je izašla u izdanju Visoke škole za dizajn iz Ljubljane. Monografija je tiskana na slovenskome pod naslovom *Niko Kralj* te na engleskom jeziku pod naslovom *Design for all, all for design*.

Knjiga je podijeljena na dva dijela, od kojih je u prvome opisano povijesno razdoblje Kraljeva djelovanja i njegov životopis, s posebnim opisom pedagoškoga i dizajnerskog rada i posebnostima njegova dizajna, te je dana ocjena njegove uloge i rada kao arhitekta – dizajnera. Drugi je dio upoznavanje s opsegom njegova rada, s kronološkim pregledom. Knjiga završava dojmovima o Niki Kralju koje su izrekli njegovi suradnici, studenti, prijatelji i obitelj.

Niko Kralj utemeljitelj je slovenskoga industrijskog oblikovanja. Kao međunarodno priznati stručnjak na području oblikovanja u drugoj polovici 20. st. uvršten je među najznačajnije dizajnere u svijetu. Njegova inovativna rješenja podarila su svijetu nekoliko bezvremenskih primjeraka namještaja, a brojne domaće i strane nagrade govore o kvaliteti Kraljeva rada na području



Slika 1. Niko Kralj



oblikovanja. Proizvodi koji su zasnovani na velikoserijskoj proizvodnji bili su komercijalno uspješni i izrađeni u stotinama tisuća komada. Zbog svoga bezvremenskog modernističkog oblika, Kraljevi proizvodi pripadaju europskoj modernoj klasici. Njegovoj stolici *Rex* struka je



Slika 2. Autorica monografije doc. dr. sc. Jasna Hrovatin



Slika 3. Namještaj Futura

dodijelila status umjetničkog proizvoda koji je izložen u newyorškom Muzeju moderne umjetnosti MOMA-i.

Niko Kralj svoj je profesionalni put započeo u gospodarstvu, nastavio ga prijenosom znanja i iskustva mladim naraštajima na Fakulteti za arhitekturo, a njegova predavanja slušali su i studenti Biotehniške fakultete u Ljubljani. Bio je osnivač i predstojnik Instituta za oblikovanje. Registrirao je 118 patenata i modela. Bio je inovator i izumitelj na najrazličitijim područjima. Da je riječ o svjetskom dizajneru govori i podatak o njegovu druženju s najeminentnijim europskim dizajnerima među kojima su Charles Eames, Richardom Menti, Richard Buckminster Fullerom, Mies van der Rohem, Marc Zanuso, Tobio Scarpa i drugi. Od 1950-ih do 1970-ih Niko Kralj bio je među najboljim industrijskim dizajnerima prema svjetskim mjerilima.



Slika 4. Stolica Lupina

Iako je oblikovao velik broj različitih proizvoda, bit će zapamćen kao dizajner namještaja.

Osim bezvremenskog oblikovnog rješenja namještaja, Niko Kralj prije svega poštuje funkcionalizam, koji potvrđuje antropometrijskim pravilima i prilagođuje potrebama čovjeka, što rezultira udobnošću pri korištenju. Ova se činjenica posebno odnosi na namještaj za sjedenje.

Osim toga, veliku pozornost pridaje konstrukciji, tehnologiji i njezinoj racionalizaciji u svim segmentima, posebice pri odabiru materijala. Osim cjelovitog drva, u svojim prijedlozima dizajnerskih rješenja kao materijalom za izradu namještaja furnirom često se koristio oplemenjenom ivericom s drvenim letvicama na rubovima i stolarskom pločom. Godine 1979. u članku s naslovom *Tendence v razvoju kakovosti pohištvá (Trendovi u razvoju kvalitete namještaja)* zapisao je da će se za namještaj za odlaganje upotrebljavati lagana i kvalitetna stolarska ploča i debljinske konstrukcije s papirnim saćem, obložene masivnim drvom.

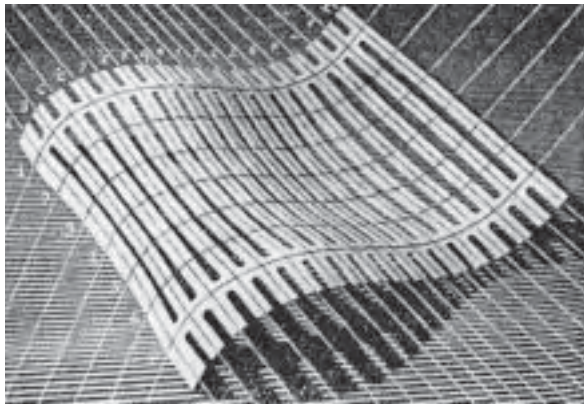
Kraljev namještaj bio je oblikovan tako da je bilo prilagođen zahtjevima materijala i tehnologije tj. racionalnoj industrijskoj proizvodnji. Detalji su smišljeni tako da ponajprije budu prvom mjestu funkcionalni, a potom dekorativni. Proizvodi su bili plod timskog rada dizajnera, konstruktora i tehnologa. Nastali dizajn bio je rezultat razumijevanja racionalnoga industrijskog oblikovanja, i to u smislu uporabe materijala, vremena izrade i transporta. Pri tome je poštovao način života i potrebe potencijalnih korisnika, a jedan od primarnih zadataka koji je želio ispuniti bio je humanizacija životnog okoliša, s funkcionalnim i ekonomično izrađenim uporabnim predmetima koje si može svatko priuštiti. Svoje proizvode nikada nije oblikovao raskošno, ekskluzivno ni glamurozno, pa je stoga većina proizvoda koje je oblikovao i danas moderna i upotrebljiva.

Dosljedno se držao pravila da oblikovno rješenje mora biti prilagođeno svojstvima materijala i njegovoj obradi.

Već 1935. godine najavio je novosti u primjeni materijala za proizvodnju namještaja, koje je ostvario s namještajem Futura. Zagovarao je izradu namještaja od prirodnih materijala ili je nastojao da barem površine koje su u dodiru s korisnikovim tijelom budu oplemenjene prirodnim materijalom.



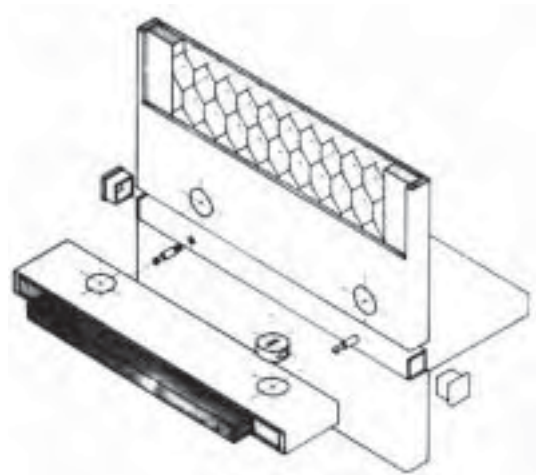
Slika 5. Stolica 4455



Slika 6. Patent 18240

Na Kraljevu inicijativu 1952. u tvornici Stol započeo je razvoj tehnologije izrade perforirane furnirske ploče koja je omogućila prostorno oblikovanje. Taj je patent 1957. prijavljen pod brojem 18240 kao prostorno savijena furnirska ploča. Opisano rješenje s uzdužnim perforacijama omogućuje prijenos tlačnih i vlačnih naprezanja u materijalu.

Autorica knjige Jasna Hrovatin upoznala je Niku Kralja na studiju arhitekture, na kojemu je 1987. diplomirala pod mentorstvom Nike Kralja i za taj rad dobila nagradu Unilesa. Svoju suradnju s Kraljem nastavila je kao mlada istraživačica. U tom je razdoblju imala priliku upoznati Kralja kao pedagoga, dizajnera, menadžera, inovatora i čovjeka. Pod njegovim mentorstvom sudjelovala je u nizu projekata, što joj je bila dobra osnova za stjecanje znanja na području oblikovanja namještaja. Nakon obranjenog doktorata zaposlila se



Slika 7. Kraljeva vizija kutno-plošnog povezivanja ploča

na Odelku za lesarstvo Biotehniške fakultete u Ljubljani. Svoja je znanja prenosila i brojnim studentima ALUO-a u Ljubljani. Od 2009. zaposlena je kao nastavnica na Visoki školi za dizajn u Ljubljani. Od 1999. glavna je urednica tematskih priručnika *Gradnja in oprema*. Njezini važni projekti su oprema Lutkarskog kazališta u Ljubljani i onoga u Splitu. Dobitnica je nagrade *Zlatni ključ* za kolekciju stolica te nekoliko nagrada na sajmu namještaja u Beogradu. Svoje radove izlagala je u Ljubljani, Beogradu, Kölnu i Kopenhagenu. Dobitnica je i brojnih domaćih i inozemnih nagrada. Prijavila je dva patenta s područja konstrukcija.

doc. dr. sc. Silvana Prekrat

Alstonia spp.

NAZIVI I NALAZIŠTE

Alstonia je rod vazdazelenog drveća i grmlja iz porodice Apocynaceae. Ime je dobila po profesoru botanike Charlesu Alstonu (1685-1760). Rod je prirodno rasprostranjen u vlažnim kišnim šumama suptropske i tropske Afrike, Srednje Amerike, jugoistočne Azije, Polinezije, Australije i Malezije, a čini ga 40 - 60 vrsta. Unutar roda *Alstonia* postoji pet sekcija: *Alstonia*, *Blaberopus*, *Dissuraspermum*, *Monuraspermum* i *Tonduzia*. U preradi drva uglavnom su poznate ove vrste sekcije *Alstonia*: *A. congensis* Engl., *A. boonei* De Wild., *A. gillettii* De Wild. iz Afrike (trgovački nazivi mujuu, emien, ekuk, patternwood i cheesewood) te *A. scholaris* R.Br., *A. spathulata* Bl., *A. angustiloba* Miq. iz Azije, Polinezije, Australije i Malezije (trgovački nazivi pulai, shaitan, white cheesewood). Drvo navedenih vrsta male je gustoće, međusobno sličnih tehničkih i uporabnih svojstava, a u ovom su prilogu prikazana svojstva drva *A. congensis* Engl.

Vrste sekcije *Dissuraspermum* i *Monuraspermum* daju gusto drvo, a njihova svojstva ovdje nisu opisana.

STABLO

Stablo *A. congensis* doseže do 30 m (40 m) visine, a promjera je 60 - 100 cm. Deblo je cilindrično i čisto, do 24 m visoko, s užlijebljenim žilištem visokim do 6 m. Kora je ljuskasta, sivobijela do sivosmeđa, sadržava mliječ (lateks) i debela je 1 - 2 cm.

DRVO

Makroskopska obilježja

Svježe posječeno drvo gotovo je bijelo, a izloženo zraku postaje žutobijelo. Nema razlike u boji bjeljike i srži. Bjeljika je široka do 15 cm. Godovi tog difuzno poroznog drva nisu uočljivi. Pore, aksijalni parenhim i drvni traci jedva su uočljivi običnim okom, ali su povećalom su dobro uočljivi. Na tangentnim presjecima vide se pravilno raspoređeni radijalni mliječni kanali visine 20 mm i širine 2 - 5 mm, i to na svakih 30 - 90 cm, u kojima nakon sječe još dugo vremena ostane žitka smola. Tekstura je jednolična i nije ukrasna.

Mikroskopska obilježja

Traheje su difuzno raspoređene, pojedinačno, u parovima i u kratkim radijalnim skupinama. Srednjeg su promjera 70 - 200 mikrometara i vrlo su rijetke, 1 - 11 na mm² poprečnog presjeka. Volumni je udjel traheja oko 11 %. Tile su česte i oskudne.

Aksijalni je parenhim mrežast ili ljestvičast, s volumnim udjelom od približno 8 %.

Drvni su traci nepravilnog rasporeda. Široki su 1 - 2 (4) stanice, a visoki do 30 stanica. Staniče trakova je heterogeno. Gustoća trakova je 7 - 11 na 1 mm, a volumni im je udjel 20 %. U nekim tracima postoje mliječni kanali.

Drvna su vlakanca libriformska, a traheide vlaknaste. Dugačka su 1,2 - 2,1 mm. Dvostruka debljina staničnih stijenki vlakanca iznosi 3,3 - 6,8 mikrometara, a promjer lumena 5,9 - 36,5 mikrometara. Volumni udio vlakanca kreće se oko 62 %.

Fizikalna svojstva

Gustoća standardno suhog drva ρ_0	320 - 390 kg/m ³
Gustoća prosušenog drva ρ	400 - 500 kg/m ³
Gustoća sirovog drva ρ_s	650 - 750 kg/m ³
Poroznost	oko 78 %
Radijalno utezanje β_r	oko 3,8 %
Tangentno utezanje β_t	5,5 - 5,5 %
Volumno utezanje β_v	9,2 - 9,5 %

Mehanička svojstva

Čvrstoća na tlak	24 - 30 MPa
Čvrstoća na vlak, okomito na vlakanca	oko 1,6 MPa
Čvrstoća na savijanje	48 - 60 MPa
Tvrdoća (prema Brinellu), paralelno s vlakancima	26 MPa
okomito na vlakanca	16 MPa
Modul elastičnosti	7,5 GPa

TEHNOLOŠKA SVOJSTVA

Obradivost

Drvo *Alstonia* lako se obrađuje strojnim i ručnim alatima. Samo upotrebom vrlo oštarih alata može se postići čista površina tog mekanog drva. Drvo se može piliti, ljuštiti i rezati. Dobro se lijepi i povezuje čavlima i vijcima. Preporučuje se predbušenje.

Sušenje

Suši se brzo i bez teškoća. Greške sušenja su rijetkost.

Trajnost i zaštita

Drvo je prirodno izrazito slabe trajnosti. Da se izbjegne napad svježeg drva plijesni, gljivama i insektima, preporučuje se sušenje ili kemijska obrada odmah nakon rušenja. Drvo je permeabilno i lako se impregnira.

Uporaba

Drvo *Alstonia* upotrebljava se za izradu raznovrsnog namještaja, sanduka, ambalaže, za modeliranje te, općenito, za sve namjene za koje tamo gdje izgled i čvrstoća nisu od primarne važnosti.

Napomena

Kora, lišće i sok drveća *Alstonia* spp. vrlo su cijenjeni u tradicionalnoj medicini.

Drvo vrlo sličnih tehničkih obilježja ima *Dyera costulata* Hook. f. (jelutong), *Dyera* spp., *Hura crepitans* (assacu), *Ricinodendron heudelotii* Pierre (essesang), *Terminalia superba* Engl. et Diels. (limba) te *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. (abahi).

Literatura

1. *** Alstonia. Preuzeto 21. travnja 04.2011. sa <http://en.wikipedia.org/wiki/Alstonia>
2. Richter, H. G.; Dallwitz, M. J., 2000 onwards: Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, and Spanish. Version: 4th May 2000. <http://biodiversity.uno.edu/delta/>.
3. Sidiyasa, K.; Baas, P., 1998: Ecological and Systematic Wood Anatomy of *Alstonia* (Apocynaceae). *IAWA Journal*, 19 (2): 207 -229.
4. The Timber Research and Development Association (TRADA), 1979: *Timbers of the world*, The Construction Press Ltd., Lancaster, England.
5. Wagenführ, R.; Scheiber, C., 1974: *Holzatlas*, VEB Fachbuchverlag, Leipzig, str. 609-610.
6. *** 1964: *Wood dictionary*, Elsevier publishing company, Amsterdam.

izv. prof. dr. sc. Jelena Trajković
doc. dr. sc. Bogoslav Šefc

Upute autorima

Sve autore molimo da prije predaje rukopisa pažljivo prouče sljedeća pravila. To će poboljšati suradnju urednika i autora te pridonijeti skraćenoj razdoblja od predaje do objavljivanja radova. Rukopisi koji budu odstupali od ovih odredbi i ne budu udovoljavali formalnim zahtjevima bit će vraćeni autorima radi ispravaka, i to prije razmatranja i recenzije.

Opće odredbe

Časopis "Drvena industrija" objavljuje izvorne znanstvene i pregledne radove, prethodna priopćenja, stručne radove, izlaganja sa savjetovanja, stručne obavijesti, bibliografske radove, preglede te ostale priloge s područja iskorištavanja šuma, biologije, kemije, fizike i tehnologije drva, pulpe i papira te drvnih proizvoda, uključivši i proizvodnu, upravljačku i tržišnu problematiku u drvenoj industriji.

Predaja rukopisa razumijeva uvjet da rad nije već predan negdje drugdje radi objavljivanja i da nije već objavljen (osim sažetka, dijelova objavljenih predavanja ili magistarskih radova odnosno disertacija; što mora biti navedeno u napomeni); da su objavljivanje odobrili svi suautori (ako ih ima) i ovlaštene osobe ustanove u kojoj je rad proveden. Kad je rad prihvaćen za objavljivanje, autori pristaju na automatsko prenošenje izdavačkih prava na izdavača te pristaju da rad ne bude objavljen drugdje niti na drugom jeziku bez odobrenja nositelja izdavačkih prava.

Znanstveni i stručni radovi objavljuju se na hrvatskome uz širi sažetak na engleskome ili njemačkome, ili se pak rad objavljuje na engleskome ili njemačkome, s proširenim sažetkom na hrvatskom jeziku. Naslovi i svi važni rezultati trebaju biti dani dvojezično. Ostali se članci uglavnom objavljuju na hrvatskome. Uredništvo osigurava inozemnim autorima prijevod na hrvatski. Znanstveni i stručni radovi podliježu temeljitoj recenziji bar dvaju izabranih recenzenata. Izbor recenzenata i odluku o klasifikaciji i prihvaćanju članka (prema preporukama recenzenata) donosi Urednički odbor.

Svi prilozi podvrgavaju se jezičnoj obradi. Urednici će zahtijevati od autora da priloge tekst preporukama recenzenata i lektora, a urednici zadržavaju i pravo da predlože skraćivanje i poboljšanje teksta.

Autori su potpuno odgovorni za svoje priloge. Podrazumijeva se da je autor pribavio dozvolu za objavljivanje dijelova teksta što je već negdje drugdje objavljen, te da objavljivanje članka ne ugrožava prava pojedinca ili pravne osobe. Radovi moraju izvještavati o istinitim znanstvenim ili tehničkim postignućima. Autori su odgovorni za terminološku i metrološku usklađenost svojih priloga.

Radovi se, u dva tiskana primjerka i u elektronskom zapisu, šalju na adresu:

Uredništvo časopisa "Drvena industrija"
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, HR – 10000 Zagreb
E-mail: drind@sumfak.hr

Rukopisi

Predani rukopisi smiju sadržavati najviše 15 jednostrano pisanih DIN A4 listova s dvostrukim proredom (30 redaka na stranici), uključivši i tablice, slike i popis literature, dodatke i ostale priloge. Dulje članke je preporučljivo podijeliti u dva ili više nastavaka.

Tekst treba biti napisan u MS Wordu, u normalnom stilu bez dodatnog uređenja teksta. Uredništvo prihvaća elektronski zapis na disketi, CD-u ili putem elektronske pošte.

Prva stranica poslanog rada treba sadržavati puni naslov, ime(na) i prezime(na) autora, podatke o zaposlenju (ustanova, grad i država), te sažetak s ključnim riječima (približno 1/2 DIN A4 stranice, u obliku bibliografskog sažetka).

Znanstveni i stručni radovi na sljedećim stranicama trebaju imati i naslov, prošireni sažetak i ključne riječi na jeziku različitom od onoga na kojem je pisan tekst članka (npr. za članak pisan na engleskome ili njemačkome naslov, prošireni sažetak i ključne riječi trebaju biti na hrvatskome, i obratno). Prošireni sažetak (približno 1 1/2 stranice DIN A4), uz rezultate, trebao bi omogućiti čitatelju koji se ne služi jezikom kojim je pisan članak potpuno razumijevanje cilja rada, osnovnih odrednica pokusa, rezultata s bitnim obrazloženjima te autorovih zaključaka.

Posljednja stranica sadrži titule, zanimanje, zvanje i adresu (svakog) autora, s naznakom osobe s kojom će Uredništvo biti u vezi.

Znanstveni i stručni radovi moraju biti sažeti i precizni, uz izbjegavanje dugačkih uvoda. Osnovna poglavlja trebaju biti označena odgovarajućim podnaslovima. Napomene se ispisuju na dnu pripadajuće stranice, a obročuju se susljedno. One koje se odnose na naslov označuju se zvjezdicom, a ostale natpisnim (uzdignutim) arapskim brojkama. Napomene koje se odnose na tablice pišu se ispod tablice, a označavaju se uzdignutim malim pisanim slovima abecednim redom.

Latinska imena pisana kosim slovima trebaju biti podcrtana.

U uvodu treba definirati problem i, koliko je moguće, predočiti granice postojećih spoznaja, tako da se čitateljima koji se ne bave područjem o kojemu je riječ omogući razumijevanje namjera autora.

Materijal i metode trebaju biti što preciznije opisane da omoguće drugim znanstvenicima obnavljanje pokusa. Glavni eksperimentalni podaci trebaju biti dvojezično navedeni.

Rezultati trebaju obuhvatiti samo materijal koji se izravno odnosi na predmet. Obvezatna je primjena metričkog sustava. Preporučuju se SI jedinice. Rjeđe rabljene fizikalne vrijednosti, simboli i jedinice trebaju biti objašnjeni pri prvom spominjanju u tekstu. Za pisanje formula koristiti Equation Editor (program za pisanje formula unutar MS Worda). Jedinice se pišu normalnim (uspravnim) slovima, a fizikalni simboli i faktori kosim slovima. Formule se susljedno obročuju arapskim brojkama u zagradama, npr. (1) na kraju retka.

Broj slika mora biti ograničen na samo one koje su prijeko potrebne za pojašnjenje teksta. Isti podaci ne smiju biti navedeni u tablici i na slici. Slike i tablice trebaju biti zasebno obročene arapskim brojkama, a u tekstu se na njih upućuje jasnim naznakama ("tablica 1" ili "slika 1"). Naznaka željenog položaja tablice ili slike u tekstu treba biti navedena na margini. Svaka tablica i slika treba biti prikazana na zasebnom listu, a njihovi naslovi moraju biti tiskani na posebnim listovima, i to redosljedom. Naslovi, zaglavlja, legende i sav ostali tekst u slikama i tablicama treba biti pisan hrvatskim i engleskim ili hrvatskim i njemačkim jezikom.

Slike i tablice trebaju biti potpuno i jasno razumljive bez pozivanja na tekst priloga. Naslove slika i crteža ne pisati velikim tiskanim slovima. Uputno je da crteži odgovaraju stilu časopisa i da budu tiskani na laserskom printeru. Tekstu treba priložiti izvorne crteže ili fotografske kopije. Slova i brojke moraju biti dovoljno veliki da budu lako čitljivi nakon smanjenja širine slike ili tablice na 160 ili 75 mm. Fotografije trebaju biti crno-bijele; one u boji tiskaju se samo na poseban zahtjev, a trošak tiskanja u boji podmiruje autor. Fotografije i fotomikrografije moraju biti izvedene na sjajnom papiru s jakim kontrastom. Fotomikrografije trebaju imati naznaku uvećanja, poželjno u mikrometrima. Uvećanje može biti dodatno naznačeno na kraju naslova slike, npr. "uvećanje 7500 : 1".

Svaka ilustracija na poleđini treba imati svoj broj i naznaku orijentacije te ime (prvog) autora i skraćeni naslov članka. Originalne se ilustracije ne vraćaju autorima.

Diskusija i zaključak mogu, ako autori tako žele, biti spojeni u jedan odjeljak. U tom tekstu treba objasniti rezultate s obzirom na problem koji je postavljen u uvodu u odnosu prema odgovarajućim zapažanjima autora ili drugih istraživača. Valja izbjegavati ponavljanje podataka već iznesenih u odjeljku "Rezultati". Mogu se razmotriti naznake za dalja istraživanja ili primjenu. Ako su rezultati i diskusija spojeni u isti odjeljak, zaključke je nužno iskazati odvojeno.

Zahvale se navode na kraju rukopisa.

Odgovarajuću **literaturu** treba citirati u tekstu i to prema harvardskom ("ime – godina") sustavu, npr. (Bađun, 1965). Nadalje, bibliografija mora biti navedena na kraju teksta, i to abecednim redom prezimena autora, s naslovima i potpunim navodima bibliografskih referenci. Nazive časopisa treba skratiti prema publikacijama Biological Abstracts, Chemical Abstracts, Forestry Abstracts ili Forestry Products Abstracts. Popis literature mora biti selektivan, osim u preglednim radovima. Primjeri navođenja:

Članci u časopisima: Prezime autora, inicijal(i) osobnog imena, godina: naslov. Skraćeni naziv časopisa, godište (ev. broj): stranice (od – do).
Primjer: Bađun, S. 1965: *Fizička i mehanička svojstva hrastovine iz šumskih predjela Ludbrenik, Lipovljani. Drvena ind.* 16 (1/2): 2 – 8.

Knjige: Prezime autora, inicijal(i) osobnog imena, godina: naslov. (ev. izdavačeditor): izdanje (ev. tom). Mjesto izdavanja, izdavač, (ev. stranice od – do).

Primjeri:

Krpan, J. 1970: *Tehnologija furnira i ploča. Drugo izdanje. Zagreb: Tehnička knjiga.*

Wilson, J.W.; Wellwood, R.W. 1965: *Intra-increment chemical properties of certain western canadian coniferous species. U: W. A. Cote, Jr. (Ed.): Cellular Ultrastructure of Woody Plants. Syracuse, N.Y., Syracuse Univ. Press, pp. 551- 559.*

Ostale publikacije (brošure, studije itd.):

Müller, D. 1977: *Beitrag zur Klassifizierung asiatischer Baumarten. Mitteilung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, Nr. 98. Hamburg: M. Wiederbusch. Web stranice:*

***1997: "Guide to Punctuation" (online), University of Sussex, www.informatics.sussex.ac.uk/department/docs/punctuation/node00.html. First published 1997 (Pristupljeno 27. siječnja 2010).

Tiskani slog i primjerci

Autoru se prije konačnog tiska šalju po dva primjerka tiskanog sloga. Jedan primjerak treba pažljivo ispraviti upotrebom međunarodno prihvaćenih oznaka. Ispravci su ograničeni samo na tiskarske greške: dodaci ili promjene teksta posebno se naplaćuju. Autori znanstvenih i stručnih radova primaju besplatno po pet primjeraka časopisa. Autoru svakog priloga dostavlja se po jedan primjerak časopisa.

Instructions for authors

The authors are requested to observe carefully the following rules before submitting a manuscript. This will facilitate co-operation between the editors and authors and help to minimise the publication period. Manuscripts that differ from the specifications and do not comply with the formal requirements will be returned to the authors for correction before review.

General

The "Drvna industrija" ("Wood Industry") journal publishes original scientific and review papers, short notes, professional papers, conference papers, reports, professional information, bibliographical and survey articles and general notes relating to the forestry exploitation, biology, chemistry, physics and technology of wood, pulp and paper and wood components, including production, management and marketing aspects in the woodworking industry.

Submission of a manuscript implies that the work has not been submitted for publication elsewhere or published before (except in the form of an abstract or as part of a published lecture, review or thesis, in which case that must be stated in a footnote); that the publication is approved by all co-authors (if any) and by the authorities of the institution where the work has been carried out. When the manuscript is accepted for publication the authors agree to the transfer of the copyright to the publisher and that the manuscript will not be published elsewhere in any language without the consent of the copyright holders.

The scientific and technical papers should be published either in Croatian, with extended summary in English or German, or in English or German with extended summary in Croatian. The titles and all the relevant results should be presented bilingually. Other articles are generally published in Croatian. The Editor's Office provides the translation into Croatian for foreign authors.

The scientific and professional papers are subject to a thorough review by at least two selected referees. The Editorial Board makes the choice of reviewers, as well as the decision about the accepting of the paper and its classification – based on reviewers' recommendations – is made by Editorial Board.

All contributions are subject to linguistic revision. The editors will require authors to modify the text in the light of the recommendations made by reviewers and linguistic advisers. The editors reserve the right to suggest abbreviations and text improvements.

Authors are fully responsible for the contents of their contribution. The Editors assume that the author has obtained the permission for the reproduction of portions of text published elsewhere, and that the publication of the paper in question does not infringe upon any individual or corporate rights. Papers must report on true scientific or technical progress. Authors are responsible for the terminological and metrological consistency of their contribution.

The contributions are to be submitted in duplicate printout and an electronic version to the following address:

Editorial Office "Drvna industrija"
Faculty of Forestry, Zagreb University
Svetošimunska 25, HR – 10000 Zagreb, Croatia
E-mail: drind@sumfak.hr

Manuscripts

Submitted manuscripts must consist of no more than 15 single-sided DIN A-4 sheets of 30 double-spaced lines, including tables, figures and references, appendices and other supplements. It is advised that longer manuscripts be divided into two or more continuing series.

Manuscripts should be written in MS Word, in normal style. Electronic version on diskettes, CD or sent by e-mail will be accepted with the printout.

The first page of the typescript should present full title, name(s) of author(s) with professional affiliation (institution, city and state), abstract with keywords in the main language of the paper (approx. 1/2 sheet DIN A4, concise in abstract form).

The succeeding pages of scientific and professional papers should present a title and extended summary with keywords in a language other than the main language of the paper (e.g. for a paper written in English or German, the title, extended summary and keywords should be presented in Croatian, and vice versa). The extended summary (approx. 1 1/2 sheet DIN A4), along with the results, should enable the reader who is unfamiliar with the language of the main text, to completely understand the intentions, basic experimental procedure, results with essential interpretation and conclusions of the author.

The last page should provide the full titles, posts and address(es) of (all) the author(s) with indication as to whom of the authors are editors to contact. Scientific and professional papers must be precise and concise and avoid lengthy introductions. The main chapters should be characterised by appropriate headings.

Footnotes should be placed at the bottom of the same page and consecutively numbered. Those relating to the title should be marked by an asterisk, others by superscript arabic numerals. Footnotes relating to the tables should be printed below the table and marked by small letters in alphabetical order. Latin names to be printed in italic should be underlined.

Introduction should define the problem and if possible the frame of existing knowledge, to ensure that readers not working in that particular field are able to understand author's intentions.

Materials and methods should be as precise as possible to enable other scientists to repeat the work. Main experimental data should be presented bilingually.

Results: only material pertinent to the subject can be included. The metric system must be used. SI units are recommended. Rarely used physical values, symbols and units should be explained at their first appearance in the text. Formulas should be written by using Equation Editor in MS Word. Units are written in normal (upright) letters, physical symbols and factors are written in italics. Formulas are consecutively numbered with arabic numerals in parenthesis (e.g. (1)) at the end of the line.

The number of figures must be limited to those absolutely necessary for clarification of the text. The same information must not be presented in both a table and a figure. Figures and tables should be numbered separately with arabic numerals, and should be referred to in the text with clear remarks ("Table 1" or "Figure 1"). The position of the figure or a table in the text should be indicated on the margin. Each table and figure should be presented on a single separate sheet. Their titles should be typed on a separate sheet in consecutive order. Captions, headings, legends and all the other text in figures and tables should be written in both Croatian and in English or German.

Figures and tables should be complete and readily understandable without reference to the text. Do not write the captions to figures and drawings in block letters.

Line drawings should, if possible conform to the style of the journal and be printed on the laser printer. Original drawings or photographic copies should be submitted with the manuscript. Letters and numbers must be sufficiently large to be readily legible after reduction of the width of a figure/table to either 160 mm or 75 mm. Photographs should be black/white. Colour photographs will be printed only on special request; the author will be charged for multicolour printing.

Photographs and photomicrographs must be printed on highgloss paper and be rich in contrast. Photomicrographs should have a mark indicating magnification, preferably in micrometers. Magnification can be additionally indicated at the end of the figure title (e.g. Mag. 7500:1). Each illustration should carry on its reverse side its number and indication of its orientation, along with the name of (principal) author and a shortened title of the article. Original illustrations will not be returned to the author.

Discussion and conclusion may, if desired, be combined into one chapter. This should interpret results in relation of the problem as outlined in the introduction and of related observations by the author(s) or others. Avoid repeating the data already presented in the "Results" chapter. Implications for further studies or application may be discussed. A conclusion should be added if results and discussion are combined.

Acknowledgements are presented at the end of manuscript.

Relevant **literature** must be cited in the text according to the name – year (Harvard-) system. In addition, the bibliography must be listed at the end of the text in alphabetical order of the author's names, together with the title and full quotation of the bibliographical reference. Names of journals should be abbreviated according to Biological Abstracts, Chemical Abstracts, Forestry Abstracts or Forest Products Abstracts. The list of references should be selective, except in review papers. Examples of the quotation:

Journal articles: Author, initial(s) of the first name, year: Title. Abbreviated journal name, volume (ev. issue): pages (from – to). Example:

Porter, A.W. 1964: *On the mechanics of fracture in wood*. For. Prod. J. 14 (8):325 – 331.

Books: Author, first name(s), year: Title. (ev. editor): edition, (ev. volume), place of edition, publisher (ev. pages from – to). Examples: Kollmann, F. 1951: *Technologie des Holzes und der Holzerzeugnisse*. 2nd edition, Vol. 1. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer
Wilson, J.W.; Wellwood, R.W. 1965: *Intra-increment chemical properties of certain western Canadian coniferous species*. In: W.A. Côte, Jr. (Ed.): *Cellular Ultrastructure of Woody Plants*. Syracuse, N.Y., Syracuse Univ. Press, pp. 551-559.

Other publications (brochures, reports etc.):

Müller, D. 1977: *Beitrag zur Klassifizierung asiatischer Baumarten*. Mitteilung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, Nr. 98. Hamburg: M. Wiederbusch.

Web pages:

***1997: "Guide to Punctuation" (online), University of Sussex, www.informatics.sussex.ac.uk/departments/docs/punctuation/node00.html. First published 1997 (Accessed 27th January 2010).

Proofs and journal copies

Galley proofs are sent to the author in duplicate. One copy should be carefully corrected, using internationally accepted symbols. Corrections should be limited to printing errors; amendments to or changes in the text will be charged.

Authors of scientific and professional papers will receive 5 copies of the journal free of charge. A copy of a journal will be forwarded to each contributor.