

DRVNA INDUSTRIJA

ZNANSTVENO STRUČNI ČASOPIS ZA PITANJA DRVNE TEHNOLOGIJE • ZAGREB • VOLUMEN 61 • BROJ 4
SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL JOURNAL OF WOOD TECHNOLOGY • ZAGREB • VOLUME 61 • NUMBER 4

Diospyros spp.

4/10

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

IZVORNI ZNANSTVENI RADOVI

Original scientific papers 213-249

INFLUENCE OF POLYETHYLENE AND OXIDIZED POLYETHYLENE WAX EMULSIONS ON LEACHING DYNAMICS OF BORIC ACID FROM IMPREGNATED SPRUCE WOOD
Utjecaj polietilenske i oksidirane polietilenske voštane emulzije na dinamiku ispiranja borne kiseline iz impregnirane smrekovine

Boštjan Lesar, Polonca Kralj, Miha Humar 213-221

EFFECT OF GLUELINE SHAPE ON STRENGTH OF MORTISE AND TENON JOINT

Utjecaj oblika lijepljene površine na čvrstoću spoja rupe i čepa
Silvana Prekrat, Jerzy Smardzewski 223-226

ANALIZA POKAZATELJA STANJA NA TRŽIŠTU DRVNIH PROIZVODA REPUBLIKE HRVATSKE
Analysis of Indicators of Wood Products Market in the Republic of Croatia

Andreja Pirc, Darko Motik, Maja Moro, Stjepan Posavec, Aida Kopljar 229-238

UTJECAJ KUTA ORIJENTACIJE SINTETIČKIH VLAKANA NA SAVOJNA SVOJSTVA KOMPOZITNE FURNIRSKE PLOČE
Influence of Synthetic Fibers Angle Orientation on Bending Properties of Composite Plywood

Mladen Brezović, Jaroslav Kljak, Stjepan Pervan, Alan Antonović 239-243

UF-PMDI HYBRID RESIN FOR WATERPROOF PARTICLEBOARDS MANUFACTURED AT A SHORTENED PRESSING TIME
Hibridno ljepilo UF-pMDI za vodootporne ploče iverice proizvedene uz skraćeno vrijeme prešanja

Dorota Dziurka, Radosław Mirski 245-249

PRETHODNO PRIOPĆENJE

Preliminary paper 251-258

ANALIZA ZADOVOLJSTVA KUPACA NAMJEŠTAJA
Analysis of Customer Satisfaction in Furniture Market

Ivana Perić, Kristina Bičanić, Andreja Pirc, Renata Ojurović, Tomislav Grladinović 251-258

PREGLEDNI RAD

Review paper 259-269

OSNOVNI MATERIJALI ZA PROIZVODNJU DRVNO-PLASTIČNIH KOMPOZITA

Basic Materials for Manufacturing Wood-Plastic Composites

Nikola Španić, Vladimir Jambrekić, Alan Antonović 259-269

KONFERENCIJE I SKUPOVI

Conferences and meetings 271-273

SAJMOVI I IZLOŽBE

Fairs and exhibitions 275-282

UZ SLIKU S NASLOVNICE

Species on the cover 283-284

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://drvaindustrija.sumfak.hr>

DRVNA INDUSTRIJA · Vol. 61, 4 · str. 211-288 · zima 2010. · Zagreb
 REDAKCIJA DOVRŠENA 30.11.2010.

Boštjan Lesar¹, Polonca Kralj², Miha Humar¹

Influence of Polyethylene and Oxidized Polyethylene Wax Emulsions on Leaching Dynamics of Boric Acid from Impregnated Spruce Wood

Utjecaj polietilenske i oksidirane polietilenske voštane emulzije na dinamiku ispiranja borne kiseline iz impregnirane smrekovine

Original scientific paper • Izvorni znanstveni rad

Received – prispjelo: 16. 8. 2010.

Accepted – prihvaćeno: 30. 11. 2010.

*UDK: 630*841.14;630*841.515*

ABSTRACT • Boron biocides belong to the most frequently used ingredients of commercial wood preservatives. They are very effective fungicides and insecticides, but they do not react with wood and thus leach from it in wet applications. This fact significantly limits use of boron compounds in the field of wood preservation. In order to reduce leaching of boric acid, the emulsion of polyethylene (WE1) and an emulsion of oxidized polyethylene (WE6) wax were combined with boric acid ($c_B = 0.1\%$ or 0.5% of boron). Spruce wood specimens were vacuum impregnated and afterwards leached according to the prCEN/TS 15119-1, EN 1250-2 and EN 84 procedures. The results showed that the boron leaching is predominantly influenced by moisture content of wood during leaching, and furthermore by the concentration gradient (frequency of water replacement). The fact that the prCEN/TS 15119-1 leaching procedure is less severe than other two methods is also reflected in the results. The results of the EN 84 and ENV 1250 test are comparable, while the results of the prCEN/TS 15119-1 testing are not in line with the other two methods. Considerable portions of boron are leached from wood in the first leaching cycles, already. WE6 wax emulsion (oxidized polyethylene wax emulsion) in combination with heat treatment reduces boron leaching to a certain extent. On the other hand, impregnation of wood with WE1 (polyethylene wax emulsion) does not reduce it and it even enhances it.

Key words: boric acid, leaching, wax emulsion, Norway spruce, wood preservation

SAŽETAK • Biocidi bora pripadaju najčešće upotrebljavanim sastojcima komercijalnih zaštitnih sredstava za drvo. Vrlo su učinkovita zaštita od gljiva i insekata, no ne vežu se s drvom i stoga su skloni ispiranju iz drva, posebno kada se takvo drvo primjenjuje u vlažnim uvjetima. Ta činjenica znatno ograničava upotrebu spojeva bora na području zaštite drva. U nastojanju da se smanji ispiranje borne kiseline, polietilenska emulzija (WE1) i oksidirana polietilenska voštana emulzija (WE6) kombinirane su s bornom kiselinom ($c_B = 0,1$ ili $0,5\%$ bora). Uzorci smrekovine vakuumski su impregnirani i nakon toga ispirani prema procedurama opisanim u prCEN/TS 15119-1, EN 1250-2 i EN 84. Rezultati su pokazali da na ispiranje bora najviše utječe sadržaj vode u drvu tijekom

¹ The authors are PhD student and Associate Professor at Department of Wood Science and Technology, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia. ² The author is Assistant and PhD at Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry and Chemical Technology, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia.

¹ Autori su doktorant i izvanredni profesor Biotehničkog fakulteta Sveučilišta u Ljubljani, Ljubljana, Slovenija. ² Autorica je asistent Fakulteta kemije i kemijske tehnologije Sveučilišta u Ljubljani, Ljubljana, Slovenija.

ispiranja, a zatim gradijent koncentracije (frekvencija zamjene vode). Činjenica da je testiranje ispiranja prema proceduri prCEN/TS 15119-1 manje strogo od druge dvije metode odražava se i na rezultate ispitivanja. Rezultati ispitivanja prema procedurama EN 84 i ENV 1250 usporedivi su, dok se rezultati prema proceduri testiranja prCEN/TS 15119-1 ne mogu usporediti s rezultatima dobivenim drugim dvjema metodama. Znatno dio bora iz impregniranog drva ispire se već u prvom ciklusu ispiranja. WE6 emulzija (oksidirana polietilenska voštana emulzija) u kombinaciji s termičkom obradom donekle smanjuje ispiranje bora. Nasuprot tome, impregnacija drva s WE1 (polietilenskom emulzijom) ne smanjuje već, naprotiv, pojačava ispiranje bora.

Ključne riječi: borna kiselina, ispiranje, voštana emulzija, smrekovina, zaštita drva

1 INTRODUCTION

1. UVOD

Wood preservation in Europe has changed significantly in the past 20 years. There were more changes in the past two decades than in the past 200 years (Connell, 2004). The most important factors that lead to these changes are: increased environmental awareness of the consumers and introduction of the Biocidal Products Directive (BPD 98/8/EC, 1998). It should be considered that there were 89 active ingredients available for wood preservation before introduction of the BPD, and there are only 40 that remained in the list of the approved active ingredients nowadays in the EU. It is forecasted that the number of the approved biocides for wood preservation will decrease further on (Suttie and Englund, 2008).

Boron-based compounds are one of the most important classical biocides that remained in the market after the implementation of the European Biocidal Product Directive (BPD 98/8/EC, 1998). Due to their broad spectrum of fungicidal and insecticidal properties, borates are considered to be more effective preservatives than copper- and zinc-based preservatives, the latter two performing better only because of their fixation in wood, and not because of their inherent fungicidal activity (Obanda *et al.*, 2008). Between 200 ppm and 400 ppm of boron is necessary to inhibit the growth of fungi on nutrient medium. On the other hand, 650 ppm is required to inhibit the growth of copper sensitive species, and up to 1500 ppm of copper is required to inhibit the growth of copper tolerant species (Lesar and Humar, 2009). The use of borates is limited due to their high mobility and good water solubility, which results in insufficient fixation. The solubility and mobility of borates allows them to treat wood species that are difficult to treat with copper-based preservatives. Even when not applied on the whole cross-section, they redistribute by diffusion if sufficient moisture is available in wood to provide one of the most effective preservation systems available today (Peylo and Willeitner, 1999).

However, boron compounds have been classified as substances of very high concern due to potential teratogenic effect according to the GHS (Globally Harmonized System). Therefore, the use of boron compound in "do it yourself" is only allowed, if the concentration of boric acid is not more than 5.5 %.

To increase the use of boron compounds as environmentally benign wood preservatives, several fixation systems have been developed to limit or decrease boron leaching. Some attempts have relied on limiting water penetration of treated wood using water repellents, monomer and polymer systems (Kartal *et al.*, 2007). The most important solutions for limiting boron

leaching are: combination of boron with glycerol/glyoxal (Taussaint-Davergne *et al.*, 2000), vinyl monomers (Yalinkilic *et al.*, 1999), silanes (Kartal *et al.*, 2007), alkydes (Peylo and Willeitner, 1995), tall oil derivatives (Temiz *et al.*, 2008), and montan wax emulsions (Lesar *et al.*, 2009). Despite numerous researches, there is no commercial solution available that could limit boron leaching below 25 % determined according to the standard ENV 1250-2 (2004).

In our investigation boron was combined with polyethylene and oxidized polyethylene wax emulsions. Our previous results showed that these waxes act synergistically with boric acid and improve its performance against fungi (Lesar *et al.*, 2009; Lesar and Humar 2010). The treatment of wood with resin/wax water-repellent formulations greatly reduces the rate of water flow in the capillaries and significantly increases the dimensional stability of specimens exposed to wet conditions (Berninghausen *et al.*, 2006, Kurt *et al.*, 2008). The most important applications of waxes in wood industry are found in particleboard production. Paraffin emulsions are introduced to particleboards, thus reducing the water uptake and improving dimensional stability (Amthor, 1972). Nowadays, wax emulsions are added to the OSB boards for the same reason (Neimsuwan *et al.*, 2008). However, there are reports that wax treatment can reduce the water capillary uptake in wood as well (Scholz *et al.*, 2009). Furthermore, wax treated wood exhibited increased compression strength and hardness (Rapp *et al.*, 2005). In addition, wax and oil emulsion additives are incorporated into aqueous wood preservatives to reduce checking and improve the appearance of treated wood exposed outdoors (Evans *et al.*, 2009). However, up to our best knowledge, this is the first report on the use of polyethylene wax emulsions for improvement of performance of boron-based preservatives.

There are several standard methods developed to evaluate biocides emissions from impregnated wood. The oldest ones DIN 52172-2 (1972), EN 84 (2002) and ENV 1250-2 (2004) were based on continuous leaching, where specimens were in contact with water within the majority of the leaching procedure. These standards were designed for testing wood preservatives in ground contact such as CCA (wood preservative based on Cu, Cr and As compounds) or CCB (wood preservative based on Cu, Cr and B compounds). Boron-based biocides are not used in such wet environments as copper-based preservatives. Thus novel leaching procedures were developed in past years, as in most of the cases hydrophobic properties of wood cannot be expressed if leached according to the continuous methods. The newly designed methods like prCEN/TS

Table 1 Selected properties of undiluted/commercial wax emulsions used

Tablica 1. Određena svojstva upotrijebljenih nerazrijeđenih/komercijalnih voštanih emulzija

Wax emulsion <i>Voštana emulzija</i>	Dry content <i>Sadržaj suhe tvari</i> %	pH	Emulsion viscosity (4 mm 23 °C) ISO 2431 <i>Viskoznost emulzije</i> s	Density <i>Gustoća</i> g/m ³	Melting point of solids <i>Točka topljenja krute tvari</i> °C	Average particle size <i>Prosječna veličina čestice</i> nm	Emulsifier system <i>Sustav emulgatora</i>
WE1	36.4	9.9	20 – 36	1.00	130 – 135	100	Nonionic/anionic
WE6	38.2	8.9	20 – 60	1.00	126 – 133	100	Nonionic/anionic

15119-1 (2007) are designed for estimation of biocidal emissions from wood in use class III (above ground). These standards are significantly less severe, as specimens are in water contact only for the minor part of the leaching experiment. In the present research, boron emissions from impregnated wood were evaluated using continuous and non-continuous methods to prove or reject hydrophobic effect of montan waxes.

2 MATERIAL AND METHODS

2. MATERIJAL I METODE

2.1 Specimens preparation and impregnation

2.1. Priprema uzoraka i impregnacija

Samples (1.5 × 2.5 × 5 cm) made of Norway spruce (*Picea abies*) were vacuum/pressure impregnated with different preservative solutions according to the full cell process (20 min vacuum (0.05 bar), 3 hours pressure (8 bar), 10 min vacuum (0.1 bar). After impregnation, retentions of preservative solutions were determined gravimetrically. Preservative solutions used consist of emulsion of polyethylene (WE1) and an emulsion of oxidized polyethylene (WE6) wax and boric acid ($c_B = 0.1\%$ or 0.5% of boron). Wax emulsions were purchased from BASF (Germany). Concentrations (dry content) and basic properties of wax emulsions can be obtained from Table 1. Impregnation wax emulsions of two different concentrations were used. Namely, the emulsions WE1 25 and WE 6 25 contain 25 % of the original emulsions, while the emulsions WE1 50 and WE 6 50 contain 50 % of the original emulsions. Control specimens were impregnated with aqueous solutions of boric acid, only. Half of the specimens were dried above melting point of the waxes used (140 °C) prior to leaching. Specimens were dried for 3 hours, which ensured that even the centre of the specimens was heated above 135 °C for one hour as determined with temperature sensor EL-USB-TC Lascar electronics (United Kingdom). Specimens used for leaching according ENV 1250-2 (2004) and EN prCEN/TS 15119-1 (2007) had end sealed axial surfaces prior to leaching, while with specimens that were used for leaching according EN 84 (2002) method, axial surfaces remained unsealed during leaching.

2.2 Leaching procedures

2.2. Procedure ispiranja

Leaching was performed according to three different procedures: EN 84 (2002), ENV 1250-2 (2004), and prCEN/TS 15119-1 (2007). ENV 1250-2 (2004) procedure requires the shortest leaching time; it was completed in only four days. In order to further speed up the experiment, the following two modifications were made:

instead of five, three specimens were positioned in the same vessels and water mixing was achieved with shaking on non-rotatory shaker (Kambič) instead of magnetic stirrer. To obtain three parallel leaching procedures, nine specimens per solution/concentration/treatment were put in three vessels (three specimens per vessel). Afterwards, samples in the vessel were positioned with a weight. 300 g of deionized water were added and the vessel with its content was shaken at the frequency of 60 min⁻¹. Water was replaced for six times in four subsequent days, as prescribed by the standard. Leachates from the same vessel were collected and compiled. The concentration of boron in leachates was determined after the first and fourth day of leaching.

EN 84 (2002) protocol requires vacuum pre-treatment of the specimens with water as the first step of leaching; specimens thus take up as much water as possible. Three samples, impregnated by the same treatment were positioned in the vessel and immersed into 300 g of deionized water. There was no water stirring during leaching. Water (300 g) was exchanged ten times in 14 subsequent days. Boron content in leachates was determined after the first day, the first and second week of leaching.

In contrast to ENV 1250-2 (2004) and EN 84 (2002), the prCEN/TS 15119-1 (2007) method is based on non-continuous leaching. The standard prescribes that specimens should be exposed to water for a relatively short period of time within three weeks. Specimens of the same shape and number were soaked in 300 mL of water for one minute only, and afterwards dried for two hours and then leached again for one minute and again dried and leached. This cycle was repeated after two days, in total for nine times in a three-week experiment. Boron content in leachates was determined at the end of each week.

2.3 Detection of boron

2.3. Detekcija bora

The Agilent Technologies (Palo Alto, USA) HP 4500 quadrupole ICP-MS with Burgener Mira Mist nebuliser was used as a detection system for boron. The spray chamber temperature was 4 °C. The plasma RF power was set to 1300 W. Plasma gas flow rate was 15 L·min⁻¹, auxiliary gas flow rate 0.7 L·min⁻¹ and nebuliser gas flow rate 1.05 L·min⁻¹. Sampler and skimmer cones were made of nickel. Standard boron solutions for calibration curve were prepared by diluting a stock standard solution of boron (1000 mg·L⁻¹) (Merck, Germany). Samples were diluted 50-fold with MQ water before the analysis. The final standard and sample solutions contained 1 % (v/v) of nitric acid. The memory effect (as a

consequence of introduction of solutions with high boron concentration was eliminated by washing the system with 20 % (v/v) ammonia solution after each sample (Al-Ammar *et al.* 1999). The washout time was 60 seconds. Analytical grade nitric acid and ammonia solution (Merck, Germany) were used. NIST standard reference material 1643e (trace elements in water) was used to verify the accuracy of the measurements.

2.4 Moisture content
2.4. Sadržaj vode

In order to understand leaching mechanisms more precisely, moisture content of leached specimens were gravimetrically determined as well. It is believed that moisture content is a suitable indicator for boron diffusion processes. If wood moisture content is kept low, boron diffusion does not appear. Initial mass was derived from the mass of the oven dried wax treated samples considering (subtracting) mass of the epoxy sealer and wax. Mass of the wax and epoxy sealer was calculated from uptakes of impregnation solution/wax sealer considering dry content. Mass of the wax and epoxy sealer in wood cannot be determined by any other method, as some samples were heated above 140 °C, resulting in degradation of wood and epoxy sealer.

3 RESULTS AND DISCUSSION
3. REZULTATI I DISKUSIJA

As a result of impregnation process, specimens retained between 252 kg/m³ and 555 kg/m³ of preservative solutions (Table 2). These values are rather high, but it should be considered that specimens were made of sapwood, and that a rather severe impregnation process was applied. The highest loadings were observed with specimens impregnated with aqueous solution of boric acid ($c_B = 0.5\%$) without wax (555 kg/m³) and the lowest with specimens that were impregnated with WE1 50 emulsion with 0.5 % of boron. This clearly indicates that the addition of wax emulsions reduces the penetration of preservative solution to spruce wood specimens. The emulsion particles are too big to penetrate the cell wall completely. With dry specimens, between 0.25 kg/m³

and 2.77 kg/m³ of boron (equivalent 1.43 and 15.84 of H₃BO₃ kg/m³) remained in wood after impregnation (Table 2). These retentions are sufficient to protect wood against most common basidiomycetes in use class 2 or 3 (Freitag and Morrell 2005; Lesar and Humar, 2009). As there were considerably higher concentrations of wax in treatment solutions, it can be reasonably expected that there were higher retentions of wax determined in wood. The highest retentions of 49.9 kg/m³ were determined with wood treated with preservative WE 1 50 with 0.1 % of boron (Table 2).

Our results reconfirmed that boron does not react with wood, and therefore leaches from wood considerably. The data presented in Tables 3, 4 and 5 clearly show the leach of 10 % to 100 % of retained boron from wood, depending on the methods applied. In line with our expectations, the standard procedure EN 84 is the most severe one, while the prCEN/TS 15119-1 method is the least rigorous. One of the factors that influence the intensity of boron leaching is moisture content. The highest average moisture content of the specimens was measured at the end of the EN 84 procedure (87 %), followed by ENV 1250-2 method (54 %) and prCEN/TS 15119-1 protocol (29 %). Moisture content and boron leaching are tightly correlated, which indicates that migration of boron in wood with higher moisture content is more distinctive (Figure 1). Concentration of the boron in preservative solutions without wax does not influence the fixation determined according to the prCEN/TS 15119-1 and ENV 1250-2 procedure. On the other hand, with specimens leached according EN 84 procedure, more prominent leaching was determined with specimens impregnated with lower concentration of aqueous solutions of boric acid (78 %) compared to the specimens treated with the one of the highest concentration (89 %). Additionally, comparison of the boron leaching according to the ENV 1250-2 and according to the EN 84 revealed that concentration gradient influences boron leaching as well. Despite of the fact that EN 84 leached specimens were vacuum impregnated with water at the beginning of the leaching, higher boron emission are determined with ENV 1250-2 leached specimens, where water was re-

Table 2 Uptake of treatment solutions, retention of wax and boron at vacuum/pressure of impregnated Norway spruce wood specimens (standard deviations are given in the parentheses)

Tablica 2. Unos otopine za impregnaciju, zadržanje voska i bora u impregniranim uzorcima smrekovine (u zagradi su dane standardne devijacije)

Emulsion Emulzija	c_{wax}^* %	c_B^{**} %	Solution uptake Unos otopine kg/m ³	Retention / Zadržanje kg/m ³	
				Wax / vosak	Boron / bor
/	0	0.1	493 (111)	0	0.49 (0.14)
		0.5	555 (88)	0	2.77 (0.44)
WE 1	25	0.1	329 (75)	30.9 (7.1)	0.33 (0.08)
		0.5	351 (89)	33.0 (8.4)	1.75 (0.44)
	50	0.1	274 (105)	49.9 (21.0)	0.27 (0.12)
		0.5	252 (54)	45.9 (9.9)	1.26 (0.27)
WE 6	25	0.1	339 (86)	31.9 (8.1)	0.34 (0.09)
		0.5	307 (72)	28.9 (6.8)	1.54 (0.36)
	50	0.1	249 (43)	47.5 (8.3)	0.25 (0.04)
		0.5	257 (50)	49.2 (9.6)	29.29 (0.25)

* Concentration of the original emulsion in the respective solution / koncentracija izvorne emulzije u odgovarajućoj otopini

** Concentration of boron in the respective solution / koncentracija bora u odgovarajućoj otopini

placed for three times during the first day of leaching, than with EN 84 leached specimens where specimens are soaked in the same water for the whole period (Tables 4 and 5). This clearly indicates the influence of concentration gradient on boron leaching. Half of the specimens were heated prior to leaching. Heat treatment itself does not have considerable influence on boron leaching with specimens impregnated with boron-based aqueous solutions without wax emulsions. It was expected that a film of melted wax would be formed on the surface of the samples and on the surface of the cell walls. It was presumed that this film would be a barrier that would limit water as well as boron diffusion. However, our presumptions were not confirmed.

During the first week of leaching according to the prCEN/TS 15119-1 protocol, consisting of nine one-minute immersion phases, between 5 % and 11 % of boron was leached from impregnated specimens. The differences between various treatments are not significant. Furthermore, leaching rates decrease within the second and third week. This result is reasonable, as during the first week, particularly, boron deposited on the surface layer is leached from wood. However, analyses of wood moisture contents revealed that moisture content of respective wooden specimens during the whole process of leaching were comparable (Table 3). It was expected that the addition of wax emulsions into aqueous solution of boric acid would reduce boron leaching from impregnated specimens. From the results presented

in Table 3 it can be seen that there was some reduction in boron leaching in certain treatments observed, but it was not as distinctive as expected. In general, from specimens that were impregnated with preservatives based on wax emulsions and boric acid, and not heated prior to leaching, no reduction of boron leaching was observed. Between 11 % and 16 % of boron leached from all impregnated, unheated specimens. On the other hand, with specimens that were heated up to 140 °C, some reduction of leaching was observed. This difference was the most notable with specimens impregnated with preservatives based on emulsion WE1 25. For example, from heated Norway spruce specimens impregnated with WE1 25 ($c_b = 0.1$ %) 10 % of the retained boron compounds was leached, while 50 % higher leaching rates were determined at parallel specimens that were not heated prior to leaching (Table 3). It seems like that heat treatment causes redistribution and more uniform formation of film than air drying of wood treated with wax emulsions. From the results presented in Table 3 it becomes obvious that preservatives based on aqueous solution of the lowest wax concentration were more effective than the ones of the highest wax concentration. It can be presumed that the preservatives with the highest wax emulsion concentration were too viscose to achieve good penetration in wood.

Leaching of the boron according to the ENV 1250-2 was more distinctive. It should be considered that specimens leached according to the ENV 1250-2

Table 3 Percentages of boron (B) leached from impregnated wood, determined according to the prCEN/TS 15119-1 procedure and moisture content (MC) of the specimens after respective leaching period (Standard deviations to the averages of triplicates are given in the parentheses)

Table 3. Postotak ispranog bora (B) iz impregniranog drva određen prema proceduri prCEN/TS 15119-1i sadržaj vode (MC) u uzorcima nakon odgovarajućeg vremena ispiranja (u zagradama su dane standardne devijacije srednjih vrijednosti triju mjerenja)

Wax type Tip voska	c_{wax} %	c_b %	Heated Grijano	Leached B during 1 st week	Leached B during 2 nd week	Leached B during 3 rd week	Sum of leached B	MC after 1 st week	MC after 2 nd week	MC after 3 rd week
				Isprani bor B tijekom prvog tjedna %	Isprani bor B tijekom drugog tjedna %	Isprani bor B tijekom trećeg tjedna %	Zbroj ispranog bora B %	Sadržaj vode nakon prvog tjedna %	Sadržaj vode nakon drugog tjedna %	Sadržaj vode nakon trećeg tjedna %
/	0	0.1	Yes	8 (3)	4 (0)	3 (0)	15 (3)	30 (1)	33 (1)	33 (1)
			No	8 (2)	4 (1)	3 (1)	15 (4)	35 (3)	38 (3)	37 (4)
		0.5	Yes	7 (1)	4 (1)	3 (1)	14 (3)	33 (5)	35 (4)	36 (4)
			No	7 (0)	4 (0)	3 (0)	14 (0)	33 (2)	34 (2)	35 (2)
WE 1	25	0.1	Yes	6 (3)	3 (1)	1 (1)	10 (2)	26 (1)	28 (1)	28 (1)
			No	7 (1)	4 (0)	5 (3)	16 (3)	27 (1)	32 (1)	31 (1)
		0.5	Yes	5 (2)	2 (3)	3 (1)	10 (4)	26 (1)	28 (1)	28 (1)
			No	7 (2)	4 (0)	3 (1)	14 (3)	27 (1)	31 (1)	30 (1)
	50	0.1	Yes	6 (0)	2 (1)	3 (2)	11 (1)	22 (1)	24 (1)	24 (5)
			No	8 (3)	3 (2)	2 (0)	13 (1)	26 (1)	28 (2)	30 (2)
		0.5	Yes	8 (3)	4 (0)	3 (1)	14 (4)	24 (1)	26 (1)	27 (1)
			No	8 (1)	4 (1)	3 (1)	15 (1)	26 (1)	30 (1)	28 (1)
WE 6	25	0.1	Yes	7 (0)	4 (0)	3 (2)	14 (2)	24 (2)	27 (4)	28 (1)
			No	8 (1)	2 (0)	1 (0)	11 (1)	27 (1)	29 (1)	29 (1)
		0.5	Yes	5 (0)	4 (0)	3 (0)	12 (4)	27 (1)	29 (1)	25 (4)
			No	8 (3)	4 (0)	3 (1)	15 (4)	28 (1)	31 (1)	29 (1)
	50	0.1	Yes	7 (1)	4 (1)	2 (0)	12 (1)	23 (1)	26 (7)	25 (2)
			No	11 (3)	3 (1)	2 (0)	16 (4)	26 (1)	27 (1)	27 (1)
		0.5	Yes	8 (0)	4 (2)	2 (1)	14 (3)	24 (2)	25 (4)	25 (1)
			No	7 (3)	3 (1)	3 (0)	13 (4)	27 (1)	29 (1)	28 (1)

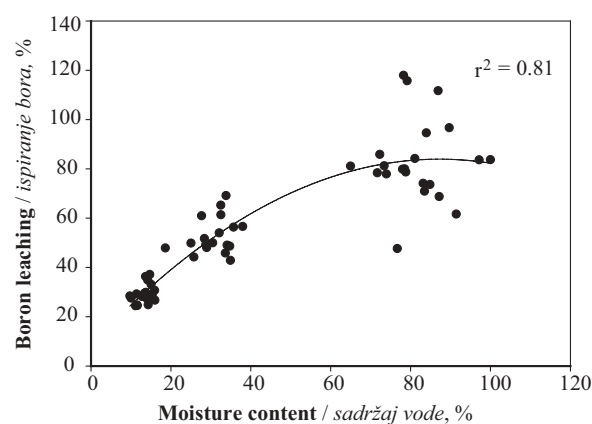


Figure 1 Correlation between wood moisture content and boron leaching

Slika 1. Korelacija između sadržaja vode u drvu i ispiranja bora

procedure were in water contact for almost 80 hours, while specimens leached according to the considerably longer period than specimens leached according to the prCEN/TS 15119-1 protocol (27 min). This reflects in the MC of wood and leached boron. MC of wood at the end varied between 43 % and 69 %, which is considerably higher than MC values measured during prCEN/TS 15119-1 procedure (Tables 3 and 4). In contrast to prCEN/TS 15119-1 method, the difference in boron leaching was firstly evident during the first leaching day (7 hours of leaching). Boron leaching rates varied between 1 % (WE6 50 $c_B = 0.5$ %) and 69 % (WE1 50 $c_B = 0.1$ %) (Table 4). It was surprising that the highest leaching was not determined with control specimens (12.5 %), but on the contrary, with specimens impregnated with a combination of WE1 50 wax emulsion and boron of the lowest concentration. From these specimens in average 66 % of boron was leached during the first day. Heat treatment does not influence the leaching results in this case. This result is somehow surprising, but on the other hand in line with previous results (Grof, 2009). Our previous data clearly indicate that the surface of wood impregnated with this wax is not hydrophobic, as it supposed to be, but quite the opposite - hydrophilic. Therefore, these samples took up more water, predominately in the first leaching periods, which results in more prominent leaching of boron from wood. The reason for hydrophilic properties originates in the morphology of the wax surface on the wood. With WE1 treated wood there were small cracks on the surfaces of the wax impregnated wood samples (Lesar *et al.*, in press). The cracks acted as capillaries, which took up water and reduced the contact angles of the surfaces (de Meijer and Militz, 2000). The contact angle of water on vacuum dried WE6 treated wood was about 10°. This makes penetration of water into the wood considerably faster. However, polyethylene wax formed a compact thin film after curing above the melting point, which repelled water. Hydrophilic influence is not evident for WE6 impregnated wood, and therefore the lowest leaching rates were determined in the first hours of leaching (Table 4). After 4 days of leaching, differences between various treatments were less distinctive. The FTIR analysis of the waxes and boric acid showed that there are no chemical interactions between these two

ingredients (Lesar *et al.*, in press). However, this issue will be addressed in the future studies. With specimens impregnated with WE1 50 emulsion of the lowest boron concentration, the highest boron leaching rates were determined (84 %). If moisture content and boron leaching are correlated (Figure 1) it is evident that with specimens of lower moisture content less boron was leached from wood. Therefore, with specimens with the one of the lowest MC (WE6 50 $c_B = 0.5$ %), the lowest leaching rates were determined as well.

However, during the third leaching protocol (EN 84), the most pronounced leaching rates were determined. This was expected, as EN 84 procedure is known as one of the most severe standard leaching procedures. Moisture contents of all specimens were very high. The highest one was determined with control specimens (113 %). Moisture content of all other specimens were lower, as the cell lumina was at least partly filled up with wax, which resulted in lower water uptake compared to control specimens. However, moisture contents of wax treated wood were still two to three times above fibre saturation point, which enables efficient diffusion (Morell and Freitag, 1995). EN 84 method was found less sensitive for determination of boron leaching from wood impregnated with hydrophobic treatments, as all specimens were vacuum treated with water prior to leaching, which diminished the hydrophobic effect. This can also be seen from our results. For example, from control specimens in average 83 % of boron was leached, while from the specimens impregnated with WE1 50 emulsion of the lowest boron concentration, the highest boron leaching rates were determined (98 %), similarly as observed at ENV1250-2 leaching (Tables 4 and 5). One of the reasons for low difference in boron leaching among different treatments is related to MC. As can be obtained from Figure 1, moisture content has more significant influence on boron leaching at lower MC, while at MC higher than 60 % this influence is not significant any more.

Comparison of the methods can be obtained from Figure 2. It can be clearly seen that there is a rather good correlation between moisture content of the specimens after leaching according to various procedures. The correlation varied between 0.68 and 0.38 (Figure 2A, B and C). On the other hand, there is less correlation between boron leaching determined according to various procedures. Although there is some correlation between B leaching ratios determined according to the EN 84 and ENV 1250-2, there is actually no correlation between prCEN/TS 15119-1 method and the other two continuous methods (Figure 2D, E and F). This is predominately due to different approaches. PrCEN/TS 15119-1 method is no-continuous, while the other two methods are the continuous ones.

4 CONCLUSIONS

4. ZAKLJUČCI

The results of the boron leaching studies indicate that boron leaching is predominantly influenced by moisture content of wood during leaching. If wood moisture content is kept low, boron leaching can be slowed down considerably. Considerable portions of boron are leached from wood in the first leaching cycles, already. WE6 wax emulsion (oxidized polyethylene wax emul-

Table 4 Percentages of boron (B) leached from impregnated wood determined according to the ENV 1250-2 procedure and moisture content (MC) of the specimens after respective leaching period. Standard deviations to the averages of triplicates are given in the parentheses.

Tablica 4. Postotak ispranog bora (B) iz impregniranog drva određen prema proceduri ENV 1250-2 i sadržaj vode (MC) u uzorcima nakon odgovarajućeg vremena ispiranja (u zagradama su dane standardne devijacije srednjih vrijednosti triju mjerenja)

Wax type Tip voska	c_{wax} %	c_B %	Heated Grijano	Leached B during 1 st day Isprani bor B tijekom prvog dana %	Leached B during 2 nd , 3 rd and 4 th day Isprani bor B tijekom drugog, trećeg i četvrtog dana %	Sum of leached B Zbroj ispranog bora B %	MC after 1 st day Sadržaj vode nakon prvog dana %	MC at the end Sadržaj vode na kraju
/	0	0.1	Yes	12 (6)	21 (2)	33 (4)	42 (9)	61 (9)
			No	10 (3)	24 (8)	34 (5)	38 (9)	69 (9)
		0.5	Yes	15 (1)	18 (3)	34 (2)	41 (7)	66 (6)
			No	13 (3)	19 (9)	33 (5)	43 (5)	65 (9)
WE 1	25	0.1	Yes	10 (4)	24 (3)	34 (5)	34 (9)	49 (9)
			No	8 (2)	20 (9)	28 (5)	36 (9)	61 (9)
		0.5	Yes	11 (4)	25 (9)	36 (6)	30 (3)	56 (4)
			No	12 (1)	17 (0)	28 (6)	33 (5)	52 (9)
	50	0.1	Yes	69 (7)	22 (2)	91 (2)	31 (4)	62 (9)
			No	64 (7)	13 (5)	77 (6)	29 (9)	48 (6)
		0.5	Yes	10 (1)	22 (4)	32 (3)	24 (4)	54 (3)
			No	12 (1)	22 (4)	35 (3)	25 (8)	49 (1)
WE 6	25	0.1	Yes	10 (0)	25 (4)	35 (0)	18 (4)	43 (5)
			No	9 (1)	16 (2)	26 (4)	30 (4)	44 (9)
		0.5	Yes	11 (1)	27 (3)	38 (2)	41 (9)	57 (2)
			No	8 (1)	17 (1)	25 (3)	30 (7)	50 (2)
	50	0.1	Yes	8 (1)	20 (3)	29 (2)	24 (7)	49 (3)
			No	10 (1)	21 (1)	30 (3)	34 (9)	50 (9)
		0.5	Yes	1 (1)	28 (1)	29 (1)	26 (9)	48 (2)
			No	1 (1)	17 (1)	19 (1)	27 (5)	48 (2)

Table 5 Percentages of boron (B) leached from impregnated wood determined according to the EN 84 procedure and moisture content (MC) of the specimens after respective leaching period (Standard deviations to the averages of triplicates are given in the parentheses)

Tablica 5. Postotak ispranog bora (B) iz impregniranog drva, određen prema proceduri EN 84 i sadržaj vode (MC) u uzorcima nakon odgovarajućeg vremena ispiranja (u zagradama su dane standardne devijacije srednjih vrijednosti triju mjerenja)

Wax type Tip voska	c_{wax} %	c_B %	Heated Grijano	Leached B during 1 st day Isprani bor B tijekom prvog dana %	Leached B during 1 st week Isprani bor B tijekom prvog tjedna %	Leached B during 2 nd week / Isprani bor B tijekom drugog tjedna %	Sum of leached B Zbroj ispranog bora B %	MC after 1 st day Sadržaj vode nakon prvog dana %	MC after 2 nd week Sadržaj vode nakon drugog tjedna %
/	0	0.1	Yes	12 (2)	34 (3)	32 (1)	78 (3)	82 (12)	118 (12)
			No	10 (2)	37 (1)	32 (3)	79 (4)	71 (15)	116 (10)
		0.5	Yes	9 (1)	38 (2)	43 (1)	90 (1)	69 (10)	107 (9)
			No	8 (1)	37 (2)	41 (1)	87 (2)	74 (9)	112 (11)
WE 1	25	0.1	Yes	13 (2)	36 (4)	24 (1)	74 (4)	38 (2)	78 (5)
			No	14 (4)	39 (3)	26 (5)	79 (1)	27 (3)	80 (9)
		0.5	Yes	10 (1)	30 (2)	32 (4)	72 (6)	54 (12)	86 (11)
			No	13 (3)	35 (5)	36 (2)	84 (2)	61 (13)	95 (13)
	50	0.1	Yes	17 (2)	36 (5)	45 (2)	97 (7)	46 (11)	84 (10)
			No	16 (3)	39 (4)	45 (5)	100 (8)	38 (10)	84 (12)
		0.5	Yes	12 (1)	38 (3)	34 (1)	83 (4)	33 (5)	71 (5)
			No	14 (4)	35 (2)	29 (4)	78 (5)	36 (7)	80 (13)
WE 6	25	0.1	Yes	19 (2)	29 (4)	23 (1)	72 (7)	38 (9)	78 (14)
			No	16 (1)	32 (2)	26 (4)	73 (7)	33 (11)	81 (8)
		0.5	Yes	9 (1)	36 (4)	37 (2)	81 (1)	49 (11)	84 (7)
			No	12 (3)	33 (4)	34 (1)	79 (6)	38 (13)	79 (8)
	50	0.1	Yes	23 (2)	42 (3)	21 (4)	85 (6)	40 (7)	74 (9)
			No	17 (1)	32 (2)	17 (4)	65 (5)	35 (8)	81 (12)
		0.5	Yes	11 (4)	37 (3)	35 (3)	83 (1)	42 (10)	74 (7)
			No	12 (1)	38 (3)	38 (2)	87 (5)	24 (4)	69 (9)

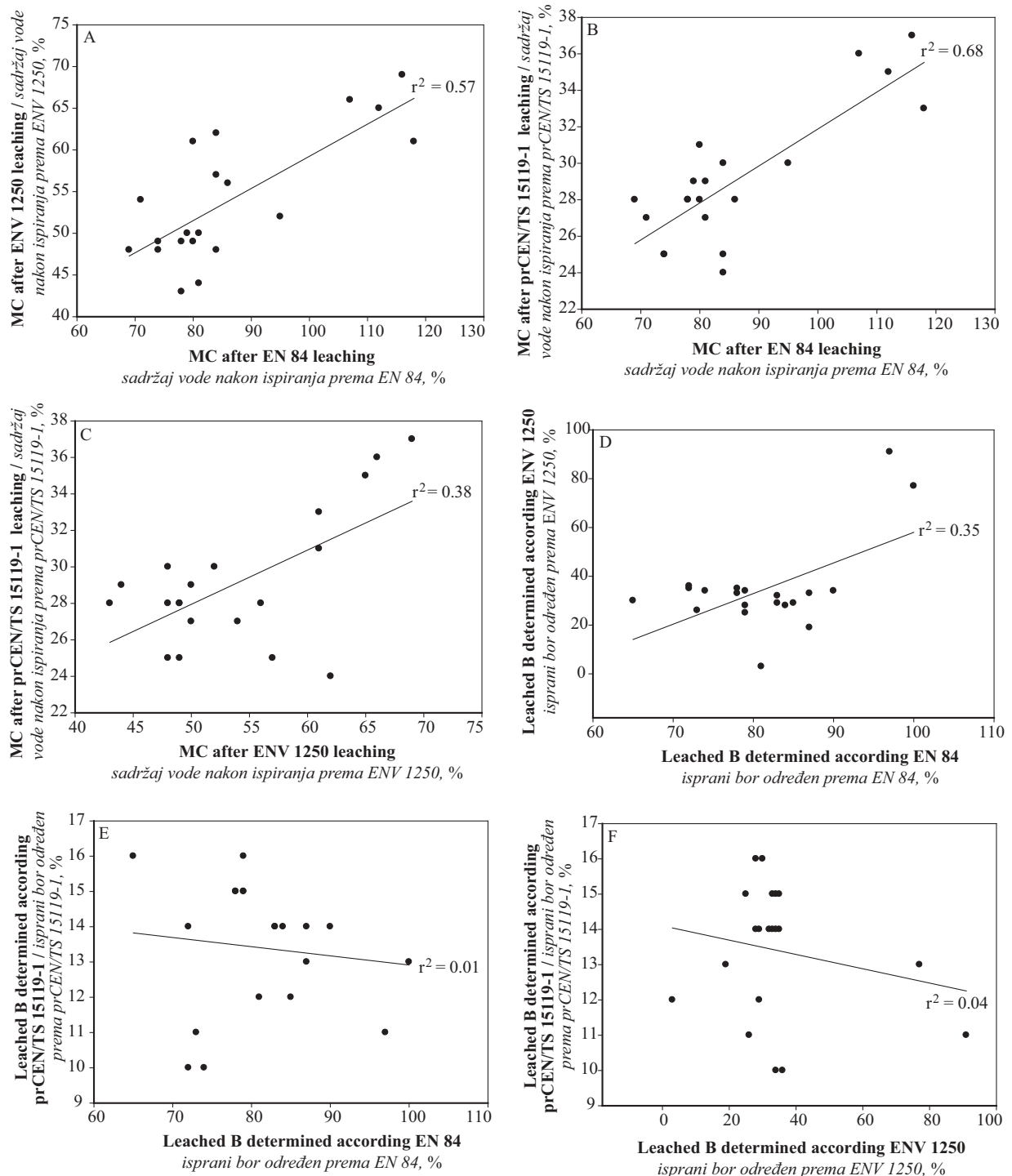


Figure 2 Correlation between moisture content (MC) of the samples after different leaching procedure: A – EN 84 versus ENV 1250-2; B – EN 84 versus prCEN/TS 15119-1; C – ENV 1250-2 versus prCEN/TS 15119-1. Correlation between boron leaching determined according various procedures is shown as well D – EN 84 versus ENV 1250-2; E – EN 84 versus prCEN/TS 15119-1; F – ENV 1250-2 versus prCEN/TS 15119-1.

Slika 2. Korelacija između sadržaja vode (MC) u uzorcima nakon različitih testova ispiranja: A – EN 84 i ENV 1250-2; B – EN 84 i prCEN/TS 15119-1; C – ENV 1250-2 i prCEN/TS 15119-1. Korelacija između vrijednosti ispranog bora određenih različitim metodama testiranja: D – EN 84 i ENV 1250-2; E – EN 84 i prCEN/TS 15119-1; F – ENV 1250-2 i prCEN/TS 15119-1.

sion) in combination with heat treatment reduced boron leaching to a certain extent. On the other hand, impregnation of wood with WE1 (polyethylene wax emulsion) did not reduce it and it even enhanced it.

The fact that prCEN/TS 15119-1 leaching procedure is less severe than other methods is reflected in the results. There is no correlation between boron leaching obtained according to this method and other two methods (EN 84 and ENV 1250-2). From the practical point

of view, the method ENV 1250-2 is the most suitable one, as it is rather short and simple. On the other hand, prCEN/TS 15119-1 is the most suitable method for the estimation of the emissions in above ground applications. It provides information regarding leaching dynamics, but this method is rather long lasting and more expensive. In order to further improve the predictability of the applied methods, laboratory methods will be compared to field test results in future.

Acknowledgments – Zahvala

The authors would like to acknowledge the Slovenian Research Agency for financial support in the framework of the project L4-0820-0481 and P4-0015-0481. Furthermore, technical support of Marko Košir is appreciated as well.

5 REFERENCES

5. LITERATURA

- Al-Ammar, A.; Gupta, R. K.; Barnes, R. M. 1999: Elimination of boron memory effect in inductively coupled plasma-mass spectrometry by addition of ammonia. *Spectrochimica Acta Part B* 54: 1077-1084.
- Amthor, J. 1972: Paraffin dispersions for waterproofing of particle board. *Holz als Roh-und Werkst.* 30(11): 422-425
- Berninghausen, C.G.; Rapp, A.O.; Welzbacher, C. 2006: Impregnating agent, process for impregnating of dried and profiled wood, and wood product impregnated therewith, patent EP1660285.
- Biocidal Products Directive, 98/8/EC. Official Journal of the European Community 1998, L 123: 1-63.
- Connell, M. 2004: Issues facing preservative suppliers in changing market for treated wood. Brussels, COST E22
- de Meijer M.; Militz H. 2000: Moisture transport in coated wood. Part 1: Analysis of sorption rates and moisture content profiles in spruce during liquid water uptake. *Holz Als Roh-Und Werkstoff.* 58: 354-362.
- European Committee for Standardization 2002: Wood preservatives: Accelerated ageing of treated wood prior to biological testing – Leaching procedure. EN 84. Brussels.
- European Committee for Standardization 2007: Durability of wood and wood-based products - Determination of emissions from preservative treated wood to the environment - Part 1: Wood held in the storage yard after treatment and wooden commodities exposed in Use Class 3 (not covered, not in contact with the ground) - Laboratory method, prCEN/TS 15119-1. Brussels.
- European Committee for Standardization ENV 1250-2, 1994: Wood preservatives – Methods for measuring losses of active ingredients and other preservative ingredients from treated timber – Part 2: Laboratory method for obtaining samples for analysis to measure losses by leaching into water or synthetic sea water. ENV 1250-2. Brussels.
- Evans, P.D.; Wingate-Hill, R.; Cunningham, R.S. 2009: Wax and oil emulsion additives: How effective are they at improving the performance of preservative-treated wood? *Forest Products Journal.* 59(1-2): 66-70.
- Freitag, C.; Morrell, J.J. 2005: Development of Threshold values for boron and fluoride in non soil contact applications. *Forest Products Journal* 55(4): 97-101.
- Grof, T. 2009: Sorpcijske lastnosti smrekovine impregnirane z vodnimi emulzijami polietilenskega voska = Sorption properties of spruce wood impregnated with water polyethylene wax emulsion, University of Ljubljana, Ljubljana, 66 p. http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/vs_grof_tomaz.pdf
- Kartal, N. S.; Hwang, W.J.; Yamamoto, A.; Tanaka, M.; Matsumura, K.; Imamura, Y. 2007: Wood modification with a commercial silicon emulsion: Effects on boron release and decay and termite resistance. *International Biodeterioration and Biodegradation* 60 (3): 189-196.
- Kurt, R.; Krause, A.; Militz, H.; Mai, C. 2008: Hydroxymethylated resorcinol (HMR) priming agent for improved bondability of wax-treated wood. *Holz als Roh und Werkst.* 66(5):333-338.
- Lesar, B.; Humar, M. 2009: Re-evaluation of fungicidal properties of boric acid. *Eur. J. Wood Prod.* 67 (4): 483-484.
- Lesar, B.; Humar, M. 2010: Use of wax emulsions for improvement of wood durability and sorption properties, *Eur. J. Wood Prod.*, DOI 10.1007/s00107-010-0425-y.
- Lesar, B.; Pavlič, M.; Petrič M.; Sever Škapin, A.; Humar, M. in press: Effects of artificially accelerated weathering on surface properties and FTIR spectra of wax treated wood, *Polymer degradation and stability*
- Lesar, B.; Kralj, P.; Humar, M. 2009: Montan wax improves performance of boron-based wood preservatives. *International Biodeterioration and Biodegradation* 63 (3): 306-310.
- Morrell, J.; Freitag, C. 1995: Effect of wood moisture content on diffusion of boron-based biocides through Douglas-fir and western hemlock lumber. *Forest Products Journal* 45 (3): 51-55.
- Neimsuwan, T.; Wang, S.; Via, B.K. 2008: Effect of processing parameters, resin, and wax loading on water vapor sorption of wood strands. *Wood and Fiber Science* 40(4): 495-504.
- Obanda, D.N.; Shupe, T.F.; Barnes, H.M. 2008: Reducing leaching of boron-based wood preservatives – A review of research *Bioresource Technology* 99 (15): 7312-7322.
- Peylo, A.; Willeitner, H. 1995: The Problem of reducing Leachability of Boron by Water Repellents. *Holzfor-schung* 49: 211-216.
- Peylo, A.; Willeitner, H. 1999: Five years leaching of boron. The International Research Group on Wood Preservation. IRG/WP/99-30195
- Rapp, A.O.; Beringhausen, C.; Bollmus, S.; Brischke, C.; Frick, T.; Haas, T.; Sailer, M.; Welzbacher, C. 2005: Hydrophobierung von Holz-Erfahrungen nach 7 Jahren Freilandtest. In: 24th Holzschutztagung der DGFH, Leipzig, Germany, 157-170.
- Scholz, G.; Krause, A.; Militz, H. 2009: Capillary water uptake and mechanical properties of wax soaked Scots pine. In: Englund F. (ed); Hill C.A.S. (ed); Militz H. (ed); Segerholm B.K. (ed), 4th European conference on wood modification, Stockholm, pp 209–212.
- Standard DIN 52172-2, 1972: Deutsches Institut für Normung, Prüfung von Holzschutzmitteln; Beschleunigte Alterung von geschütztem Holz, Auswaschbeanspruchung für die Bestimmung der ausgewaschenen Wirkstoffmenge.
- Suttie, E.; Englund, F. 2008: Market challenges - Outcome of a questionnaire, Brussels, COST e37
- Taussaint-Davergne, E.; Solounganga, P.; Gerardin, P.; Loubinoux, B. 2000: Glycerol/glyoxal: a new boron fixation system for wood preservation and dimensional stabilization. *Holzfor-schung* 54: 123-126.
- Temiz, A.; Alfrerdsen, G.; Eikenes, M.; Terziev, N.; 2008: Decay resistance of wood treated with boric acid and tall oil derivatives. *Bioresource Technology* 99: 2102-2106.
- Yalinkilic, M.K.; Imamura, Y.; Takahashi, M.; Yalinkilic, A.C. 1999: In situ polymerization of vinyl monomers during compressive deformation of wood treated with boric acid to delay boron leaching. *Forest Products Journal* 49: 43-51.

Corresponding address:

Associate Professor MIHA HUMAR, Ph.D.

University of Ljubljana, Biotechnical Faculty
Department of Wood Science and Technology
Jamnikarjeva 101
SI-1000 Ljubljana, SLOVENIA
e-mail: miha.humar@bf.uni-lj.si

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

Effect of Glueline Shape on Strength of Mortise and Tenon Joint

Utjecaj oblika lijepljene površine na čvrstoću spoja rupe i čepa

Original scientific paper • Izvorni znanstveni rad

Received – prispjelo: 21. 7. 2010.

Accepted – prihvaćeno: 30. 11. 2010.

UDK: 630*824.42;630*836.1;674.23

ABSTRACT • Tenon joints are widely used in constructions of skeletal furniture and numerous laboratory experiments were conducted with the aim of determining the rigidity and strength of such joints. In industrial practice, the sloppily applied glue often covers only flat, rectangular planes of the tenon. In this situation, it can be intuitively predicted that such joints are characterised by low strength but the precise assessment of this difference, requires carrying out appropriate experiments and numerical calculations. Therefore, the aim of the performed investigations was: to define the strength of a tenon joint in the construction of a chair with a connecting piece, to determine the distribution of shear and normal stresses in the glue bond and to ascertain the influence of the glueline on this strength. The finite element mesh for the tenon joint was developed by using orthotropic, 20-node block elements, whereas the glue bond was modelled using isotropic elements 0.1 mm thick. The performed investigations showed that the shape of the glueline exerts a strong influence on the strength of the tenon joint. The pressure of the tenon on the mortise via the layer of the glue bond changes the form of deformations. Non-dilatational deformations, which generate shear stresses of values exceeding the ultimate strength, develop in rectangular bonds, whereas in superellipse bonds non-dilatational deformations clearly restrict the pressure of the tenon on the mortise and, by doing so, decrease considerably the level of dangerous shear stresses.

Key words: glueline, mortise and tenon joint, numerical analysis, wood

SAŽETAK • Zaobljeni čepovi i rupe česti su elementi okvirnih konstrukcija namještaja s kojima su obavljani brojni laboratorijski eksperimenti s ciljem određivanja krutosti i čvrstoće takvih spojeva. U industrijskoj praksi nepravilno izvedenim postupkom lijepljenja često je moguće pokrivati samo ravne pravokutne površine čepa. U takvom se slučaju može intuitivno predvidjeti da će takvi spojevi imati manju čvrstoću, no za preciznu potvrdu navedenih sumnji trebaju se provesti odgovarajući eksperimenti i računalne simulacije. Stoga je cilj ovog rada bio definirati čvrstoću spoja čepa i rupe u konstrukciji noge i poveznika stolice, odrediti posmična i normalna naprezanja u lijepljenom spoju i utvrditi utjecaj oblika lijepljene površine na čvrstoću. Mreža konačnih elemenata za spoj čepa i rupe bila je izvedena ortotropnim 20-čvornim elementima, pri čemu je sloj ljepila modeliran kao izotropni element debljine 0,1 mm. Provedena su istraživanja pokazala da oblik sloja ljepila ima velik utjecaj na čvrstoću spoja čepa i rupe. Pod utjecajem tlaka u sljebu čepa i rupe putem sloja ljepila mijenja se oblik deformacije. Nerastezljiva deformacija koja stvara posmična naprezanja čija vrijednost prelazi graničnu čvrstoću razvija se u pravokutnom obliku površine lijepljenog spoja pri čemu u zaobljenom dijelu lijepljenog spoja čepa i rupe nerastezljiva deformacija vidno smanjuje tlak kojim čep djeluje na rupu i čime se znatno smanjuje stupanj neželjenih posmičnih naprezanja.

Ključne riječi: lijepljena površina, spoj čepa i rupe, numerička analiza, drvo

¹ The author is assistant professor at the Wood Technology Department, Faculty of Forestry, University of Zagreb, Zagreb, Croatia. ²The author is professor at the Department of Furniture Design, Faculty of Wood Technology, Poznan University of Life Sciences, Poznań, Poland.

¹ Autorica je docentica Drvnotehnološkog odsjeka Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska. ²Autor je profesor u Zavodu za dizajn namještaja Fakulteta drvne tehnologije Sveučilišta u Poznańu, Poznań, Poljska.

1 INTRODUCTION

1. UVOD

Skeletal furniture represents the oldest wooden constructions manufactured by connecting individual elements with one another by means of shape joints and glue. Changes in production technologies as well as types of the applied materials have not altered the fact that tenon joints still remain the most frequently applied and continue to be considered as the strongest connections used in furniture industry. Despite practical and sound knowledge about the strength and dimensional proportions of such joints, attempts are still being made to find solutions that would improve the behaviour of loaded constructional wood elements and joints and, at the same time, new methods of stress control are being developed. In an attempt to develop the optimal shapes of shape-adhesive joints, (Nakai and Takemura, 1995) elaborated mathematical formulas which describe correctly the rigidity of tenons in rectangular and superellipse cross sections. In other studies, the same researchers (Nakai and Takemura, 1996) analysed the distribution of shear stresses in the tenon and indicated the need to avoid torsional loads, which could cause cracks and tearing of wood tissue. Also (Hill and Eckelman, 1973) investigated the problems related to deformability and bending stresses. (Eckelman, 1970) and (Smardzewski, 1990) developed computer programs dedicated to the analysis of furniture rigidity and strength in semi-rigid joints, including tenon joints. However, in the above-mentioned studies, the researchers failed to take into account glue bonds and their impact on the rigidity and strength of the analysed joints. Several other studies were also devoted to problems connected with the distribution of shear stresses in glue bonds of shape-adhesive joints (Haberzak, 1975; Matsui, 1991; Pelicane, 1994; Smardzewski, 1996; Smardzewski, 1998; Smardzewski, 2002) in which researchers analysed the character of stress distributions in tests of tensile, bending and torsional loads. Mathematical models describing these distributions were also elaborated. However, in the case of tenon joints, all these investigations failed to assess how the shape of the glueline affects the strength of the joint. In the case of careful application of the glue, both on the tenon and mortise, the glue bond should have a shape of a thin-walled superellipse sticking well to the tenon and joint on their entire circumference. Unfortunately, in industrial conditions, it is not very uncommon that carelessly applied glue covers only flat, rectangular surfaces of the tenon and in the contact with the mortise it forms two parallel bonds which are not connected with each other. Intuitively, it can be predicted that such joints are characterised by poorer strength but the precise assessment of this difference requires carrying out appropriate experiments and numerical calculations. Numerical modelling provides a rational alternative to expensive and time-consuming laboratory experiments, especially in the situation when such investigations involve the determination of deformations and stresses in thin layers of glue bonds difficult for experimental analyses. That is why, the author decided to use in this study the

method of finite elements for the analysis of the state of stresses in the glueline.

The objective of the performed investigations was to define the strength of a tenon joint in the construction of a chair with a connecting piece, to determine the distribution of shear and normal stresses in the glue bond and to ascertain the impact of the glueline shape on this strength.

2 MATERIALS AND METHODS

2. MATERIJALI I METODE

A chair construction with a connecting bar was selected for investigations, choosing the connection of the stretcher with the back leg as the construction node (Fig. 1)

Bearing in mind the perpendicular position of the connecting bar and the leg in the global coordinate system and the different longitudinal course of wood fibres resulting from this fact, two separate local systems were applied. For the connecting bar, it was assumed that wood fibres would run parallel to the Y axis and the radial-tangential plane would be situated on the XZ plane of the global system of coordinates. In the case of the leg, fibres would be oriented towards the Z axis, while the radial-tangential plane would be situated on the XY plane. A gap 0.1 mm thick along the entire circumference was placed between the tenon and the mortise in which a superellipse glue bond was formed. Bearing in mind the symmetry of the examined construction, only one of its side frames was subjected to strength analysis during which the front edge of the seat was loaded with a concentrated force of 800 N value (Fig.2).

The value, direction and sense of this force corresponded to extreme conditions of this piece of furni-

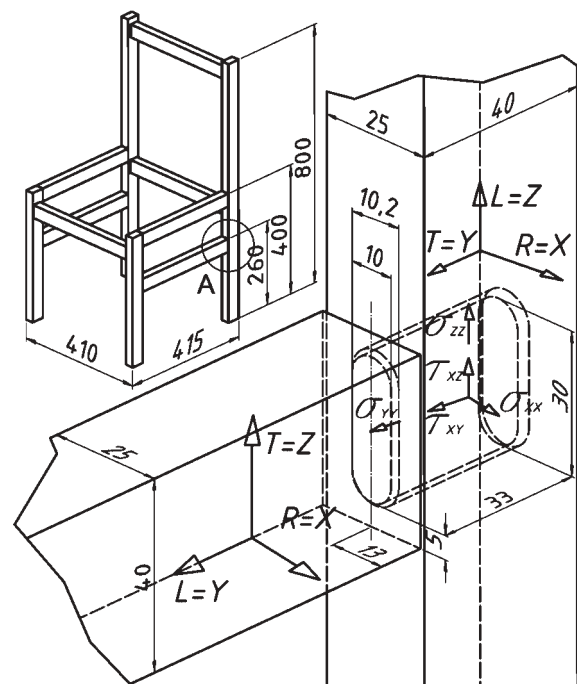


Figure 1 Measurements of the chair and tenon joint
Slika 1. Dimenzije stolice te spoja čepa i rupe

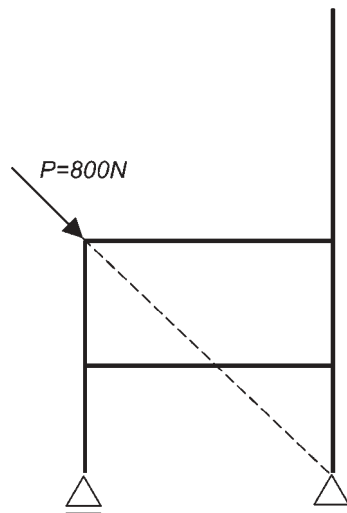


Figure 2 Static diagram of the chair construction loading
Slika 2. Dijagram statičkog opterećenja stolice

ture by a user weighing about 160 kg. In the course of the static analysis of the chair side frame, appropriate concentrated forces were transferred onto the construction node which corresponded to internal bending moments, shear forces and normal forces (Fig. 3).

The finite element mesh for the tenon joint was developed in the environment of the Algor® program (Fig. 4). For this purpose, for the modelling of the joint wooden parts, the author used orthotropic, 20-node block elements, whereas the glue bond was modelled using isotropic elements 0.1 mm thick.

When selecting experimental material from which the model of the chair frame was prepared, numerical calculations were carried out for beech wood (*Fagus sylvatica* L.). Its elastic properties are presented in Tab. 1 on the basis of investigations carried out by Hearmon (1948), Bodig and Goodman (1973). Taking into account different orientation of individual wood anatomical directions in individual joint elements, the Table 1 gives values corresponding to two local coordinate systems. Another material component, commonly used during furniture assembly, is polyvinyl acetate (PVAC) glue. In order to determine the modulus of lin-

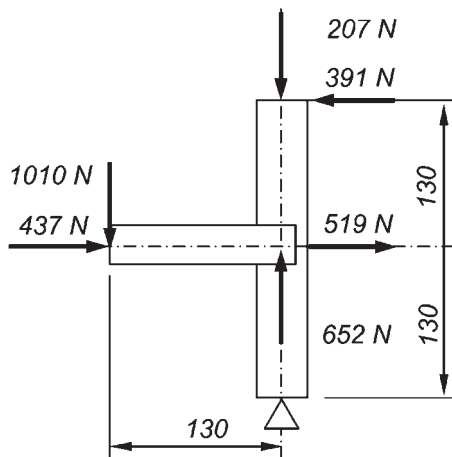


Figure 3 Loading diagram of the back leg joint with the connecting bar
Slika 3. Dijagram opterećenja stražnje noge i okvirnice

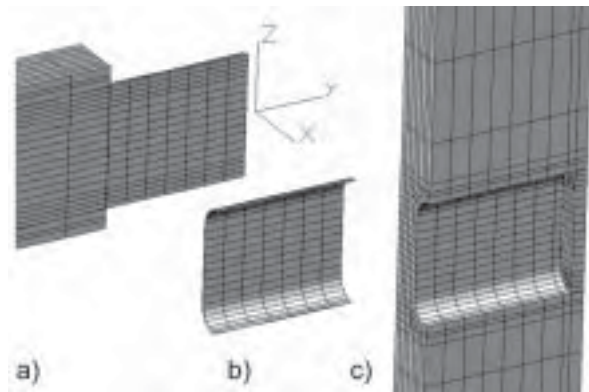


Figure 4 Numeric model of the tenon joint: a) tenon, b) glueline, c) mortise
Slika 4. Numerički model spoja čepa i rupe: a) čep, b) sloj ljepila, c) rupa

ear elasticity of this glue, the author used both results of his own investigations as well as literature data.

Table 1 Elastic properties of beech (*Fagus sylvatica* L.) wood used in experiments according to Hearmon (1948), Bodig and Goodman (1973)

Tablica 1. Elastične vrijednosti za bukovicu (*Fagus sylvatica* L.) korištenu u istraživanju (Hearmon, 1948; Bodig and Goodman, 1973)

Element / Element		Value
Leg / Noga	Connecting bar / Okvirnica	Vrijednost
Wood density / Gustoća drva g/cm ³		0,75
Modulus of elasticity / modul elastičnosti, MPa		
$E_L = E_Z$	$E_L = E_Y$	13969,98
$E_R = E_X$	$E_R = E_X$	2284,97
$E_T = E_Y$	$E_T = E_Z$	1160,06
Rigidity modulus / modul krutosti, MPa		
$G_{LT} = G_{ZY}$	$G_{LT} = G_{ZY}$	1082,72
$G_{LR} = G_{ZX}$	$G_{LR} = G_{YX}$	1645,18
$G_{RT} = G_{XY}$	$G_{RT} = G_{XZ}$	471,06
Poisson's ratio / Poissonov koeficijent		
$\nu_{LR} = \nu_{ZX}$	$\nu_{LR} = \nu_{YX}$	0,450
$\nu_{LT} = \nu_{ZY}$	$\nu_{LT} = \nu_{ZY}$	0,510
$\nu_{RT} = \nu_{XY}$	$\nu_{RT} = \nu_{XZ}$	0,750
$\nu_{TR} = \nu_{YX}$	$\nu_{TR} = \nu_{ZX}$	0,360
$\nu_{RL} = \nu_{XZ}$	$\nu_{RL} = \nu_{XY}$	0,075
$\nu_{TL} = \nu_{YZ}$	$\nu_{TL} = \nu_{YZ}$	0,044

According to Wilczynski (1998), modulus of linear elasticity of the PVAC glue determined in the torsional test of prismatic glued samples amounted to 358 MPa. Dziegielewski (1990) in their indirect investigations, determined the linear elasticity modulus of the PVAC glue at the level of 28450-33450 MPa. The value similar to that reported by Wilczynski (1998), equalling 465.74 MPa was obtained by Smardzewski (1998) investigating uniform, oar-shaped samples subjected to stretching. Taking into consideration the results of direct laboratory tests, the value equalling 465.74 MPa was selected for further investigations from the result by which glue linear elasticity modulus was determined.

Numerical calculations comprised two models of joints which differed with regard to the glueline shape. The first model was represented by the joint in which the glue bond - in the form of two cuboids measuring

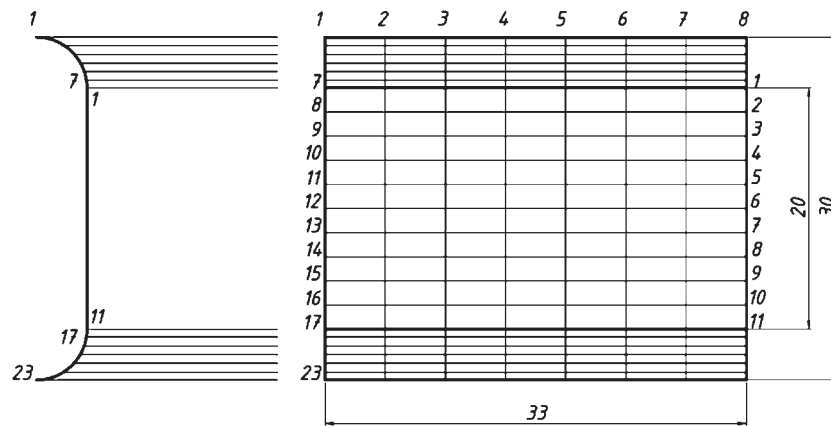


Figure 5 Measurements of glue bond and designations of stress measurement points
Slika 5. Veličine nanosa ljepila i oznake mjernih točaka naprezanja

0.1x20x33 mm – was developed on the opposite flat surfaces of the tenon. In Figure 5, numbers 1 to 11 in the vertical plane and 1 to 8 in the horizontal plane designate nodes of the finite element network. In the case of the second model, the superellipse glue bond 0.1 mm thick in the joint was developed along the entire surface of the tenon. Here, the vertical numbering from 1 to 23 also included parts of the bond solidified on the cylindrical parts of the tenon (Fig. 5). During numerical calculations, the change of the glueline shape and thickness caused by the pressure of the tenon on the mortise was determined as well as changes of the reduced, shear and normal stresses in the network nodes on the surface of the glue bond.

3 RESULTS AND DISCUSSION 3. REZULTAT I DISKUSIJA

The analysis of deformed networks of the numerical model revealed that the joint tenon underwent both rotation and bending. The result of this deformation was an apparent non-proportionality of linear and non-dilatational stresses of the glue bond along its edges. In the case of rectangular bond, non-dilatational stresses are dominant and the greatest ones occur in corners and along the edge adjacent to the tenon base (Fig. 6a).

These deformations developed as a result of the bending of the tenon, where the farthest fibres underwent extreme elongation or shortening. In the remaining portions of the tenon, linear deformations were not significant enough to exert influence on bond deformations. Therefore, in this part the glueline was subjected to proportional torsion between two rigid adherents. When examining the deformations of the superellipse glue bond, it was found that both non-dilatational and linear deformations occurred in it. Figure 6b shows the change of the glueline thickness caused by the pressure of the tenon on the mortise. Both at the front and at the back of the tenon, as a result of pressure, the glue bond reduced its thickness from 0.1 mm to 0.087 or 0.099 mm and as a result of tension it increased its thickness to 0.102 or 0.103 mm. The pressure of the tenon on the mortise via the glue line reduced significantly non-dilatational deformations and consequently reduced the value of the developing stresses.

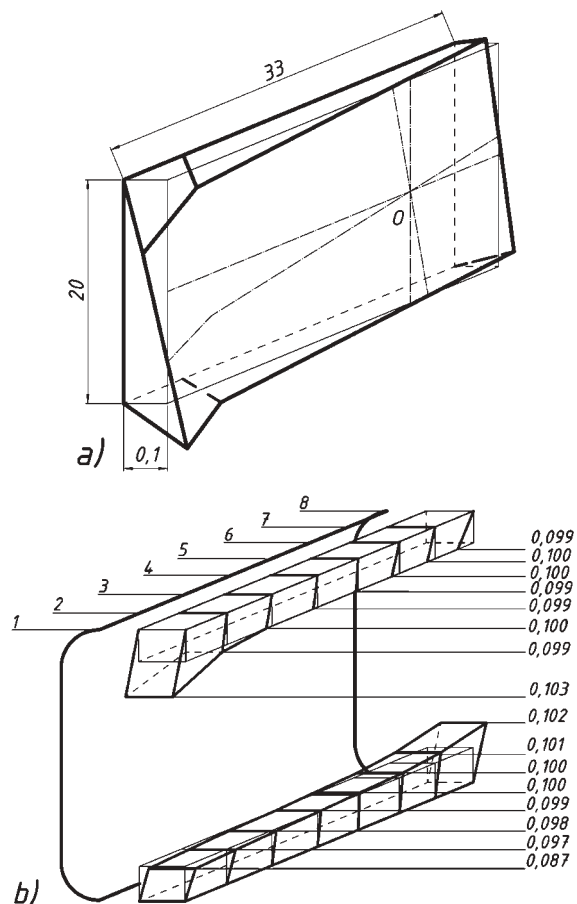


Figure 6 Glueline deformations: a) rectangular bond, b) superellipse bond

Slika 6. Deformacija površine ljepila: a) pravokutna površina, b) zaobljena površina

The observed non-proportionality of non-dilatational deformations in the glue bond causes migration of its permanent centre and unequal distribution of stresses. By assigning the complex state of stress which develops in the glue bond a uniaxial state characterised by the reduced stress σ_R according to the formula:

$$\sigma_{Rmax} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left((\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{xx} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{yy})^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{zy}^2 + \tau_{xz}^2) \right)^{0.5} \quad (1)$$

where:

σ_{ij} - normal stress for selected direction,

τ_{ij} - shear stress for selected plane,

it was determined that, in the case of rectangular bonds, the greatest reduced stresses according to Von Mises occurred in the left bottom corner of the bond reaching the value of 112.84 MPa (Fig. 7a). At the same time, it should be emphasised that stresses in the remaining corners were from 1.33 to 2.62 times smaller. Appropriate normal and shear stresses constitute components of the reduced stresses. Figure 7b shows the distribution of shear stresses τ_{xz} , τ_{xy} . These stresses are responsible for the shear of the glue bond, and hence for the strength of the entire tenon joint. The highest shear stresses, similar to the greatest reduced stresses, developed in the left bottom corner of the glue bond. Their value amounted to 59.89 MPa. In the remaining corners, stresses were found to be by 30 % to 50 % of the value of maximal stresses. Bearing in mind the technical shear strength of the PVAC glue bonds which ranges from 17 MPa to 23 MPa, the destruction process is initiated in the glue bond corners. This, obviously, does not mean that once the shear stresses reach the critical values in these particularly critical points of the glueline, the entire joint must necessarily be destroyed. The fact of a high concentration of reduced or shear stresses in the corners of the glue bond causes only decohesion in sev-

eral places on a small surface. At a short distance from these corners the level of stresses declines dramatically below the level of permissible values. By the calculation of mean values of the reduced and shear stresses for the entire surface of the glue bond, the following values were obtained: $\sigma_R=32.46$ MPa and $\tau=16.28$ MPa, respectively. Therefore, it can be said that in conditions of extremely unfavourable operational loading of the chair construction, shear stresses balanced at the limit of the employed glue shear strength.

Additionally, in the case of the experimental glue bonds, it was also found that the permanent centre of the bond was not situated in its geometrical centre. By linking opposite sides of the bond with intervals in points characterised by the smallest values of the reduced and shear stresses (Fig. 6), the true position of the permanent centre "O" was obtained. This point moved to the right on the bond horizontal axis of symmetry. The displacement of the permanent centre was caused, primarily, by the bending of the tenon.

According to von Mises it was found that the greatest reduced stresses for superellipse glue bonds also occurred in the left bottom corner of the unwound glue bond (i.e. under the tenon axis) and reached the value of 52.96 MPa (Fig. 8a). It should be emphasised that stresses in the corners of the opposite edge were by 7.8 to 18.3 times smaller. (Fig. 8b) also shows the distribution of shear stresses τ_{xz} , τ_{xy} . The greatest of them, reaching the value of 18.92 MPa, were generated at the point where the shape of the glue bond changed from rectangular into round (node number 17). It is also interesting to observe that the stresses on the horizontal edges of the glue bond were negligibly small.

After calculating the mean value of reduced and shear stresses on the entire glue bond surface, the following values were obtained: $\sigma_R=14.31$ MPa and $\tau=4.35$ MPa. It is therefore evident that the shear stresses, at the selected unfavourable operational load of the construction of the examined piece of furniture, constitutes only 25% of the value of the permissible stresses corresponding to the glue shearing strength limit. Slightly higher mean values of reduced stresses were caused by the presence of normal stresses, σ_{ZZ} and σ_{YY} . During the bending of the joint and torsion of the glueline, the tenon was subjected to deflection and torsion and pressed on the bottom and top portions of the glue bond causing very high normal stresses σ_{ZZ} inside it. This is why small and safe shear and reduced stresses were generated in the glueline which resulted in a smaller material effort in comparison with the rectangular glue bond.

A regularity also observed in the case of the superellipse glue bond was the fact that its permanent centre was not situated in its geometrical centre. Linking opposite sides of the bond with intervals in points characterised by the smallest and the greatest values of the reduced and shear stresses, another position of the point of the permanent centre was obtained (Fig. 8). This point moved to the right but its precise position was difficult to establish precisely.

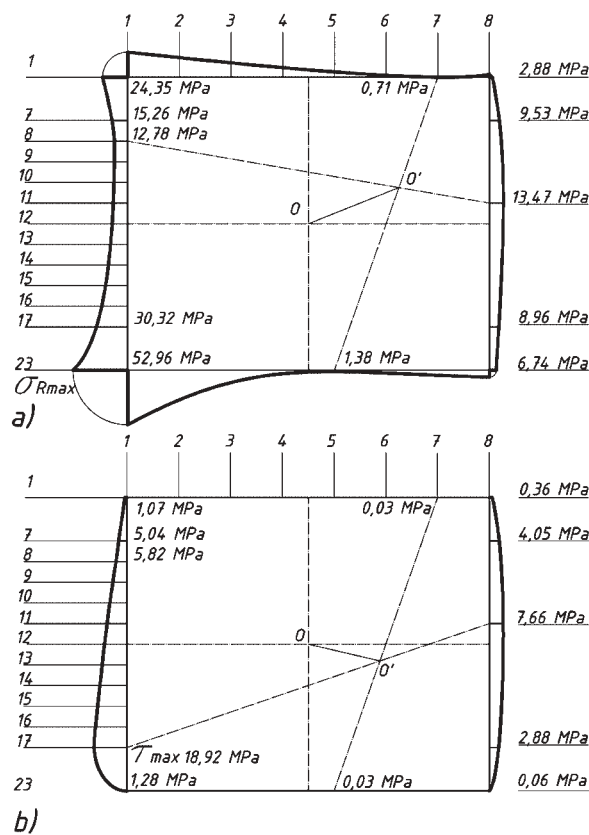


Figure 7 Stress distribution in the rectangular glue bond: a) reduced stresses according to Von Mises, b) shear stresses τ_{xz} , τ_{xy}
Slika 7. Raspodjela naprezanja u pravokutnom sljubu: a) smanjena naprezanja prema von Misesu, b) posmična naprezanja τ_{xz} , τ_{xy}

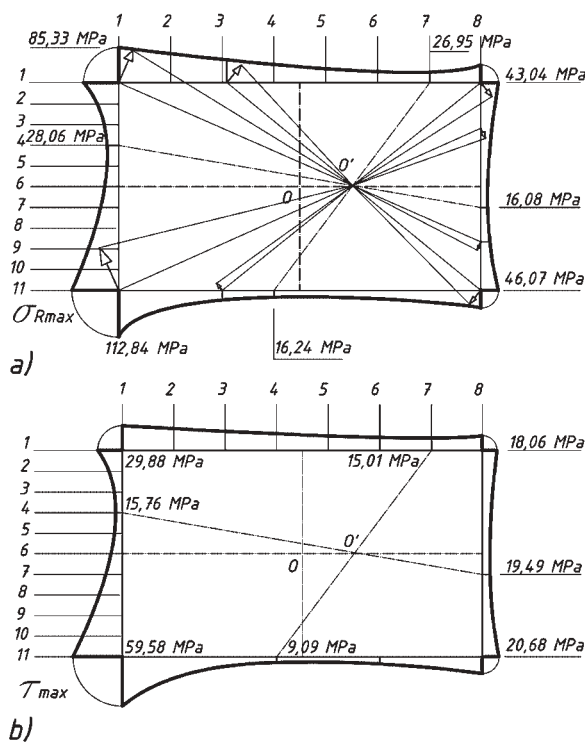


Figure 8 Stress distribution in the superellipse glue bond: a) reduced stresses according to von Mises, b) shear stresses

τ_{xz}, τ_{xy}
Slika 8. Raspodjela naprezanja u zaobljenom sljubu: a) smanjena naprezanja prema von Misesu, b) posmična naprezanja τ_{xz}, τ_{xy}

4 CONCLUSION
4. ZAKLJUČAK

The performed investigations revealed that the shape of the glueline exerted a definite influence on the strength of the examined tenon joint. The pressure of the tenon on the mortise via a layer of glue bond changed the form and size of its stresses. In the case of rectangular bonds, only non-dilatational stresses developed which generated shear stresses whose values exceeded the limiting strength. In the case of superellipse glue bonds, non-dilatational stresses clearly restricted the pressure of the tenon on the mortise reducing significantly the level of dangerous shear stresses.

Bearing in mind the results of the performed numerical calculations, the following conclusions were drawn:

1. Properly executed and well solidified superellipse glue bonds, in comparison with rectangular bonds, increase four-fold the strength of the tenon joint at the identical operational loads.
2. In the case of rectangular gluelines, shear stresses are of destructive nature and are distributed non-linearly along all its edges.
3. In superellipse glue bonds, the greatest shear stresses occur on one edge adjoining the tenon offset.
4. As the result of the pressure of the tenon on the mortise via the superellipse glue bond, the highest normal stresses are generated which reduce significantly shear stresses.
5. In industrial practice, it is important to apply glue on the entire surface of the tenon and mortise.

5 REFERENCES

5. LITERATURA

1. Bodig, J.; Goodman, J.G. 1973: Prediction of Elastic Parameters for Wood. Wood Sci. Tech. 4:249-264.
2. Dziegielewski, St.; Wilczyński, A. 1990: Elasticity of furniture elements glued by layers. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 379: 89-107.
3. Eckelman, C.A. 1970: CODOFF - Computer Design of Furniture. User's manual. Research Bulletin, Wood Research Laboratory, No. 357.
4. Haberzak, A. 1975: Analysis of stress distribution in glueline of mortise and tenon joint. Przemysł Drzewny, 10:11-12.
5. Hearmon, R.F.S. 1948: Elasticity of wood and plywood. Forest Products Research, Department of Scientific and Industrial Research, London. Special Report No. 7.
6. Hill, M.D.; Eckelman, C.A. 1973: Flexibility and bending strength of mortise and tenon joints. Report from the Jan. & Feb. Issues of Furniture Design and Manufacturing, 1973.
7. Matsui, K. 1991: Size effects on nominal ultimate shear stresses of adhesive bonded circular or rectangular joints under torsion. Int. J. Adhesion and Adhesives, (2): 59-64.
8. Nakai, T.; Takemura, T. 1995: Torsional properties of tenon joints with ellipsoid like tenons and mortises. J. Jap. Wood Res. Soc. (4):387-392.
9. Nakai, T.; Takemura, T. 1996a: Stress analysis of the through-tenon joint of wood under torsion I. Measurements of shear stresses in the male by using rosette gauges. J. Jap. Wood Res. Soc. (4): 354-360.
10. Nakai, T.; Takemura, T. 1996b: Stress analysis of the through – tenon joint of wood under torsion II. Shear stress analysis of the male using the finite element method. J. Jap. Wood. Res. Soc. (4): 361-368.
11. Pellicane, P.; Gutkowski, R.M.; Jaustin, C. 1994: Effect of glueline voids on the tensile strength of finger-jointed wood. Forest Prod. J. 44 (6): 61-64.
12. Smardzewski, J. 1990: Numerical analysis of furniture construction use finite element method. Przemysł Drzewny, (7):1-5.
13. Smardzewski, J. 1996: Distribution of stresses in finger joints. Wood Science and Technology (6): 477-489.
14. Smardzewski, J. 1998b: J. Numerical analysis of furniture constructions. Wood Science and Technology 32(4): 273-286.
15. Smardzewski, J. 2002: Strength of profile-adhesive joints. Wood Science and Technology 36 (2): 173-183.
16. Wilczyński, A. 1998: Analysis of the shear stresses in the glueline in wood. Wydawnictwo Uczelniane WSP, Bydgoszcz.

Corresponding address:

Assistant Professor SILVANA PREKRAT, Ph.D.

Department for Furniture and Wood Products
 University of Zagreb, Faculty of Forestry,
 Svetošimunska cesta 25
 10002 Zagreb, CROATIA
 e-mail: prekrat@sumfak.hr

Analiza pokazatelja stanja na tržištu drvnih proizvoda Republike Hrvatske

Analysis of Indicators of Wood Products Market in the Republic of Croatia

Izvorni znanstveni rad • Original scientific paper

Prispjelo – received: 26. 7. 2010.

Prihvaćeno – accepted: 30. 11. 2010.

UDK: 630*79

SAŽETAK • Prerada drva i proizvodnja namještaja Republike Hrvatske razvila se na visokovrijednoj šumskoj sirovini, a svoj rad temelji na njezinu iskorištavanju, dugogodišnjoj tradiciji prerade drva te na kvalitetnim ljudskim resursima. Stoga je ta djelatnost važan segment gospodarstva Republike Hrvatske. Međutim, kako zbog globalnih gospodarskih kretanja, tako i zbog nedovoljno obnovljene i niskoproduktivne proizvodnje, nepopunjenosti kapaciteta te nerazvijene proizvodnje viših faza prerade, ukupni je prihod industrijske prerade drva u odnosu prema potencijalu sirovine relativno nizak, pa je potrebno što prije steći uvid u stanje sektora, u čemu važnu ulogu ima istraživanje tržišta. Stoga je provedena analiza i usporedba pojedinih tržišnih pokazatelja poput proizvodnje, izvoza, uvoza, potrošnje, prodaje i udjela prodaje hrvatskih proizvođača na domaćem tržištu proizvoda područja prerade drva (DD 20) i namještaja (DN 36). Proizvodnja ostalih drvnih proizvoda, kao i proizvodnja namještaja u promatranom su se povećavale iz godine u godinu razdoblju i to u korist proizvodnje ostalih drvnih proizvoda. Vrijednosti izvoza ostalih drvnih proizvoda u odnosu prema vrijednosti izvoza namještaja u razdoblju od 2000. do kraja 2008. godine bile su veće, dok je na području uvoza utvrđen obrnut odnos. S obzirom na 2000. godinu svake sljedeće godine do kraja 2008. potrošnja proizvoda primarne prerade (DD 20), kao i potrošnja namještaja (DN 36) se povećavala. Prodaja proizvoda hrvatskih proizvođača područja DD 20 i područja DN 36 na domaćem je tržištu u promatranom razdoblju bila promjenjiva.

Ključne riječi: drvni sektor, namještaj, ostali drvni proizvodi, tržišni pokazatelji

ABSTRACT • Wood processing and furniture manufacture in the Republic of Croatia have been developed on high quality forest raw material, and their activities are based on the use of forest raw material, long wood-processing tradition and good quality of human resources. Therefore, this is an important economic segment of the country. However, due to global economic trends, and also due to inadequately developed and low production efficiency, insufficient use of capacities and underdeveloped production of higher processing stages, the total income of the industrial wood processing is relatively low with respect to the potential of raw materials. It is, therefore, important to determine the position of the sector with the focus on market research. For this reason, the analysis was conducted and comparison made between certain market indicators such as production, exports, imports, consumption, and sales share of Croatian manufacturers, wood processing (DD 20) and furniture manufacture (DN 36), in the domestic market. In the observed period, an increasing trend was recorded of the production of other wood products and furniture manufacture, in favor of production of other wood products. From 2000 to the end of 2008 export values of other wood products were higher in relation to furniture export values, while in the field of import determinant values reversed. In the observed period, product sales of Croatian manufacturers in sectors DD 20 and DN 36 in the domestic market were variable.

Key words: wood sector, furniture, other wood products, market indicators

¹ Autori su znanstvena novakinja, izvanredni profesor, asistentica i docent na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska. ²Autorica je načelnica u Ministarstvu regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva, Zagreb, Hrvatska.

¹ The authors are internal doctorant, associate professor, assistant and assistant professor at Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

²The author is head in the Ministry of Regional Development, Forestry and Water Management, Zagreb, Croatia.

1. UVOD 1 INTRODUCTION

Prerada drva i proizvodnja namještaja Republike Hrvatske razvila se na visokovrijednoj šumskoj sirovini, a svoj razvoj temelji na njezinu iskorištavanju, dugogodišnjoj tradiciji prerade drva te na kvalitetnim ljudskim resursima. Stoga čini značajan segment gospodarstva Republike Hrvatske. Čak 48 % površine Republike Hrvatske nalazi se pod šumama, a više od 2 milijuna ha šuma u Republici Hrvatskoj osigurava drvenu zalihu veću od 350 milijuna prostornih metara (Hrvatske šume, 2006). No bez obzira na to što Republika Hrvatska raspolaže velikim, moglo bi se reći, zavidnim količinama drvene sirovine potrošnja drva i drvnih proizvoda po stanovniku je uvijek još gotovo 10 puta manja nego, primjerice, u Finskoj ili Austriji koje su, u svjetskim razmjerima, predvodnice trenda povećanja potrošnje drva (Motik i Pirc, 2008).

Glavni cilj svakoga gospodarstva, u užem smislu poslovnoga gospodarskog subjekta, jest biti efikasan i uspješan, tj. postići maksimalan poslovni rezultat uz minimalno uložena sredstva (Oblak i dr., 2008). Iako je 2008. godina zabilježena kao početak usporavanja rasta i početak recesijskih kretanja u hrvatskom gospodarstvu, u razdoblju koje joj je prethodilo (2000. do 2007.) ostvarena je prosječna realna stopa ukupne gospodarske aktivnosti od 4,5 % (HGK, 2008). Pomatrajući sliku gospodarske aktivnosti unutar drvoprerađivačkog sektora, prema podacima Ministarstva regionalnog razvoja, šumarastava i vodnoga gospodarstva (2006), industrijska prerada je drva, primjerice, u ukupnoj strukturi BDP-a Republike Hrvatske u 2004. godini sudjelovala s 0,9 %, dok je, za usporedbu u istom razdoblju u Finskoj taj broj dosegnuo gotovo 20 % (Kiander i dr., 2006). Slijedom navedenoga, u 2008. godini industrijska je prerada drva u ukupnoj strukturi BDP-a Republike Hrvatske činila 1,3 % (Motik i Pirc, 2008). Udio izvoza industrijske prerade drva u ukupnom izvozu Republike Hrvatske u 2004. godini iznosio je 7,9 % (MRVŠG, 2006), dok je u istom razdoblju u Finskoj taj udio iznosio oko 26 % (Kiander i dr., 2006). Nadalje, udio uvoza proizvoda područja DD 20 u ukupnom uvozu RH u 2004. godini iznosio je 1,5 %, dok je udio uvoza proizvoda područja DN 36 u ukupnom izvozu RH iznosi 3,3% (MRVŠG, 2006).

Zbog zastarjele i niskoproduktivne proizvodnje, nepopunjenosti kapaciteta te nerazvijene proizvodnje viših faza prerade, ukupan prihod industrijske prerade drva s obzirom na potencijal sirovine relativno je nizak, stoga je potrebno što prije dobiti uvid u stanje sektora, u čemu važnu ulogu ima istraživanje tržišta. Prema Scherr (2004), istraživanje tržišnih uvjeta i mogućnosti osnovni je element napretka svake pojedine gospodarske grane ili industrije, kojemu je najvažniji cilj povećanje prihoda i konkurentnosti. U brojnim situacijama prikupljamo dodatne informacije kako bismo smanjili nesigurnost prilikom odlučivanja. Razvojem ekonomske misli, kao i tehnologije, tržište se definiralo na velik broj načina. Ne tako davno u teoriji tržišta najčešće su se pojavljivale definicije tržišta prema kojima je tržište određeno mjesto na kojemu se susreću ponuda i potražnja, ponajprije zbog uvriježene činjenice

da se proizvodi razmjenjuju na određenome mjestu. Međutim, danas je to u praksi prevladano razmišljanje jer današnji suvremeni tržišni odnosi, ponajprije zahvaljujući znatnom razvoju tehnologije, ne zahtijevaju nikakav izravan kontakt između ponuđača i potrošača. Prema tomu, sudionici tržišne transakcije (razmjene) mogu biti na dvije različite strane svijeta, da se uopće ne vide i ne čuju. Zbog toga se tržište definira kao stalni i organizirani oblik dovođenja povezivanja ponude i potražnje roba i usluga u kojima sudionici ostvaruju svoje ciljeve i interese (Grbac i Meler, 2007).

Prema Grbac i Meler (2007), pod pojmom ponuda razumijeva se količina nekog dobra koje su proizvođači spremni proizvesti uz određene cijene. Proizvodnja je vrlo važan element gospodarstva neke zemlje, a njezino povećanje utječe na ekonomski rast – na povećanje BDP-a. Za razliku od proizvodnje, potrošnja označava fizičko trošenje, odnosno trošenje proizvoda i usluga za svrhu kojoj su namijenjeni, a u krajnjoj liniji njome se zadovoljavaju potrebe koje su i prouzročile kupnju tih proizvoda (Bazala, 1991). Elementi koji definiraju ponudu neke gospodarske grane čine svi proizvodi/dobra koji su uvezeni, uvećani za sve proizvode proizvedene na domaćem tržištu koji pripadaju toj gospodarskoj grani, te umanjeni za vrijednost izvoza svih proizvedenih dobara/proizvoda. Nadalje, uvoz proizvoda/usluga uz domaću proizvodnju jedan je od elemenata koji je povezan s potrošnjom proizvoda/usluga u određenom gospodarskom sektoru (Truett i Truett, 1998). To je moguće proširiti spoznajom da povećanje izvoza može pridonijeti ubrzanju ekonomskog rasta, stoga je promicanje izvoza postalo jedna od najvećih zadaća hrvatske gospodarske politike (Stručka, 2004).

Konkurentnost utemeljena na povećanoj potrošnji domaćeg namještaja, kvaliteta sirovinskog potencijala, dugogodišnja tradicija u preradi drva i izraziti trend povećanja uporabe drva kao ekološkoga i obnovljivog materijala vrlo su važni elementi povećanja proizvodnje i ukupnih prihoda hrvatske drvne industrije u idućim razdobljima. Stoga je cilj ovoga istraživanja na temelju pojedinih tržišnih pokazatelja pokušati definirati trenutačno stanje na tržištu namještaja i ostalih drvnih proizvoda te pokušati uočiti mjesta glavnih razloga nekonkurentnosti hrvatske drvne industrije.

2. MATERIJALI I METODE 2 MATERIALS AND METHODS

Za potrebe rada analizirani su sekundarni podaci o proizvodnji, izvozu i uvozu proizvoda područja prerade drva i proizvodnje namještaja u razdoblju od početka 2000. do kraja 2008. godine.

Za analizu proizvodnje korišteni su podaci Financijske agencije Republike Hrvatske (FINA) koji su na temelju Nacionalne klasifikacije djelatnosti (Pravilnik o razvrstavanju poslovnih subjekata prema Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti NKD 2002, NN broj 52/2003) podijeljeni na proizvodnju područja DD 20 - *Prerada drva i proizvodnja proizvoda od drva i pluta* te proizvodnju područja DN 36 - *Proizvodnja namještaja i ostala prerađivačka industrija*.

Za analizu uvoza i izvoza korišteni su podaci Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske koji su na temelju Carinske tarife (Zakon o carinskoj tarifi, NN broj 61/2000, 117/2001, 119/2001) podijeljeni na uvoz i izvoz područja 44 – *Drvo i proizvodi od drva* te uvoz i izvoz područja 94 – *Pokućstvo*, ali su u radu radi jednostavnijeg prikaza podaci o uvozu i izvozu drva i proizvoda od drva označeni prema NKD-u za tu granu, odnosno s oznakom DD 20, dok su podaci o uvozu i izvozu namještaja označeni prema NKD-u za tu granu, odnosno s DN 36.

Analiza podataka provedena je primjenom programa *MS Excel* i *Statistica* za Windows platforme.

Potrošnja proizvoda područja DD 20 i DN 36 izračunana je na temelju tzv. izvedene potrošnje prema izrazu:

$$Potrošnja = (Proizvodnja + Uvoz) - Izvoz \quad (1)$$

Prodaja proizvoda hrvatskih proizvođača proizvoda područja DD 20 i DN 36 na domaćem tržištu (PHPDT) izračunata je prema izrazu:

$$PHPDT = Proizvodnja - Izvoz \quad (2)$$

Sve izračunane vrijednosti iskazane su u novčanim jedinicama – eurima.

Udio prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača područja DD 20 i DN 36 na domaćem tržištu (*HD*) u ukupnoj vrijednosti prodaje izračunan je prema jednadžbi:

$$HD = \frac{(Proizvodnja - Izvoz)}{(Proizvodnja + Uvoz) - Izvoz} \cdot 100 \quad (3)$$

Individualni indeksi (I_t) koji pokazuju relativne promjene u tekućem razdoblju u odnosu prema nekom odabranom baznom razdoblju, u promatranom primjeru u odnosu prema 2000. godini, izračunani su iz izraza:

$$I_t = \frac{Vrijednost\ u\ godini\ t}{Vrijednost\ u\ baznoj\ godini} \cdot 100 \quad (4)$$

Verižni indeksi (V_t) pokazuju relativne promjene pojave u tekućem razdoblju s obzirom na prethodno razdoblje. Izračunani su prema izrazu:

$$V_t = \frac{Vrijednost\ u\ godini\ t}{Vrijednost\ u\ godini\ (t-1)} \cdot 100 \quad (5)$$

Prosječnu stopu promjene (\bar{S}) možemo izračunati uz pomoć individualnih ili verižnih indeksa prema izrazima:

$$\bar{S} = \left(\sqrt[t-1]{\frac{I_t}{I_1}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (6)$$

$$\bar{S} = (\sqrt[n]{V_1 \cdot V_2 \cdot \dots \cdot V_n}) \cdot 100 \quad (7)$$

3. REZULTATI I DISKUSIJA 3 RESULTS AND DISCUSSION

Proizvodnja proizvoda primarne prerade (DD 20) u 2000. godini iznosila je 309,2 milijuna eura, dok je u 2008. godini narasla na 567,7 milijuna eura. U istom razdoblju i proizvodnja namještaja (DN 36) bilježi povećanje pa je tako sa 291,4 milijuna eura u 2000. proizvodnja namještaja narasla na 512,2 milijuna eura u 2008. godini.

U uvozu i izvozu proizvoda navedenih područja (DD 20 i DN 36), u promatranom razdoblju također je postignuto povećanje. Uvoz proizvoda područja DD 20 sa 106,3 milijuna eura u 2000. godini povećao se za 155,1 milijun eura, a za gotovo jednak iznos (za 155 milijuna eura) povećao se i izvoz proizvoda istog područja, i to s 245,4 milijuna eura u 2000. na 401,1

Tablica 1. Analizirani pokazatelji stanja na tržištu područja DD 20 i DN 36
Table 1 Analysed market indicators of sectors DD 20 and DN 36

Oznaka Symbol	Naziv varijable / Variable name
P_{DD20}	proizvodnja drva i proizvoda od drva / <i>Production of wood and wood products</i>
P_{DN36}	proizvodnja namještaja / <i>Production of furniture</i>
U_{DD20}	uvoz drva i proizvoda od drva / <i>Import of wood and wood products</i>
U_{DN36}	uvoz namještaja / <i>Import of furniture</i>
I_{DD20}	uzvoz drva i proizvoda od drva / <i>Export of wood and wood products</i>
I_{DN36}	uzvoz namještaja / <i>Export of furniture</i>
PO_{DD20}	potrošnja drva i proizvoda od drva / <i>Consumption of wood and wood products</i>
PO_{DN36}	potrošnja namještaja / <i>Consumption of furniture</i>
$PHPDT_{DD20}$	prodaja proizvoda hrvatskih proizvođača drva i proizvoda od drva na domaćem tržištu drva i proizvoda od drva / <i>Sale of products of Croatian wood producers and wood products in domestic market of wood and wood products</i>
$PHPDT_{DN36}$	prodaja proizvoda hrvatskih proizvođača namještaja na domaćem tržištu namještaja / <i>Sale of products of Croatian furniture producers in domestic furniture market</i>
HD_{DD20}	udio prodaje hrvatskih proizvođača drva i drvnih proizvoda na domaćem tržištu drva i proizvoda od drva / <i>Sales share of Croatian wood producers and wood products in domestic market of wood and wood products</i>
HD_{DN36}	udio prodaje hrvatskih proizvođača namještaja na domaćem tržištu namještaja / <i>Sales share of Croatian furniture producers in domestic furniture market</i>

milijun eura u 2008. godini, što pokazuje razliku u vrijednosti uvoza i izvoza proizvoda područja prerade drva i to u korist izvoza. U usporedbi s područjem DD 20, odnos uvoza i izvoza namještaja (područje DN 36) je obrnut, vrijednosti uvoza područja DN 36 veće su u odnosu prema vrijednosti izvoza u promatranom razdoblju. Uvoz namještaja u 2000. godini iznosio je 124,4 milijuna eura, dok je vrijednost izvoza bila manja za 11,6 milijuna eura. Isto, i to s mnogo većom razlikom, uočeno u odnosu uvoza i izvoza i u 2008. godine, kad je vrijednost uvoza namještaja u odnosu prema vrijednosti izvoza bila veća za 87,7 milijuna eura. Nadalje, vrijednost uvoza namještaja u razdoblju od 2000. do kraja 2008. godine porasla je gotovo 3 puta (sa 124,4 milijuna eura na 354,1 milijun eura), a vrijednost izvoza zasamo nešto više od 2 puta (sa 112,8 milijuna eura na 266,4 milijuna eura). Potrošnja je kao rezultat proizvodnje, izvoza i uvoza proizvoda proizvoda područja DD 20 i DN 36 također postigla pozitivan trend u razdoblju od 2000. do kraja 2007. godine, kada počinje padati. Uspoređujući vrijednosti potrošnje proizvoda područja DD 20 s područjem DN 36, uočava se da je potrošnja proizvoda područja DD 20 u razdoblju od 2000. do kraja 2007. godine narasla sa 170,1 milijun eura na 449,9 milijun eura, a u 2008. smanjila se na 429 milijuna eura. Vrijednost potrošnje namještaja u razdoblju od 2000. do kraja 2003. narasla je sa 303 milijuna eura na 419,6 milijuna eura, u idućoj se godini smanjila na 410,3 milijuna eura, dok od početka 2005. raste te je na kraju 2008. iznosila 599,9 milijuna eura (tabl. 2 i sl. 1). Međutim, također prema tablici 2, vidljivo je da je razlika u vrijednosti potrošnje primarne prerade (DD 20) s obzirom na vrijednost potrošnje namještaja (DN 36) 2000. iznosila 133 milijuna eura u korist potrošnje namještaja, dok se u 2008. godini promatrana razlika povećala na 170,9 milijuna eura, također u korist vrijednosti potrošnje namještaja.

Prodaja proizvoda hrvatskih proizvođača područja DD 20 i DN 36 na domaćem se tržištu u razdoblju od

2000. do 2008. također povećala. Vrijednost prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača područja DD 20 na domaćem tržištu u navedenom je razdoblju sa 63,8 milijuna eura u 2000. godini porasla za 100,8 milijuna eura, te je u 2008. godini iznosila 164,6 milijuna eura, pri čemu je važno napomenuti da je u godini prije, tj. u 2007., definirana razlika bila veća te je iznosila 126,2 milijuna eura. Vrijednost prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača područja DN 36 na domaćem tržištu u promatranom je razdoblju također rasla (sa 178,7 milijuna eura u 2000. godini na 245,8 milijuna eura u 2008), ali manje od prodaje unutar područja DD 20, a rast nije bio konstantan, kao ni u području DD 20.

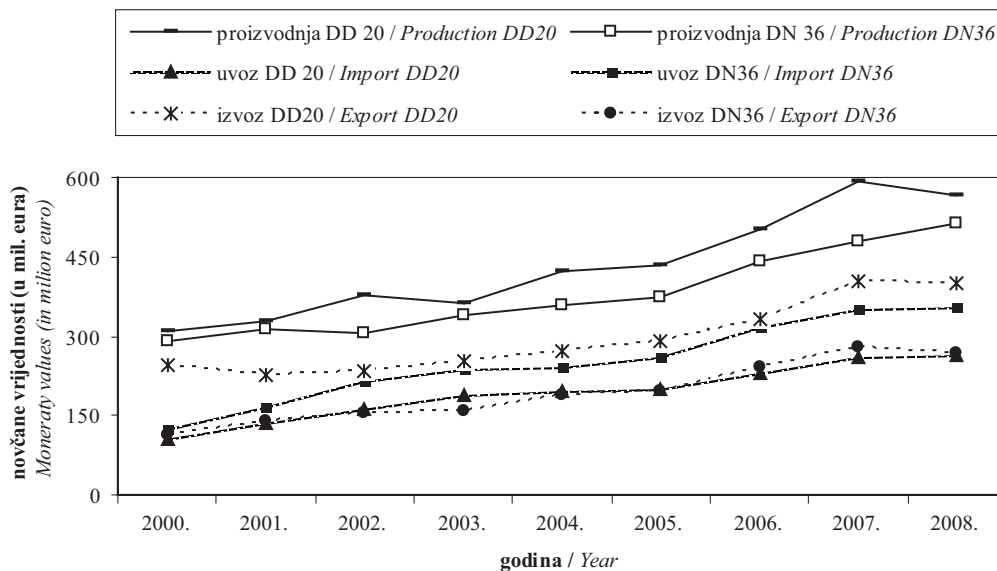
Promatrajući udio prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača primarne prerade i namještaja u ukupnoj vrijednosti prodaje iz tablice 2 vidljivo je da je u području prerade drva udio u promatranom razdoblju iznosio između 36,4 i 46,5 % ukupne vrijednosti prodaje područja DD 20, ali bez stalne tendencije rasta. U području namještaja udio prodaje hrvatskih proizvođača namještaja u ukupnoj vrijednosti prodaje područja DN 36 iznosio je između 36,2 i 59 %, bez stalne tendencije rasta. Najmanji udio prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača područja DD 20 u ukupnoj vrijednosti prodaje područja DD 20 ostvaren je 2003. godine kada je iznosio 36,4 %, dok je najveći udio (46,5 %) ostvaren u prethodnoj godini. U području DN 36, najveći je udio prodaje hrvatskih proizvođača namještaja u ukupnoj vrijednosti proizvodnje područja DN 36 ostvaren 2000. godine, i to u iznosu od 59 %. Navedeni se udio nakon 2000. godine postupno smanjivao do kraja 2007. pa je tako najmanji ostvaren udio prodaje hrvatskih proizvođača namještaja u ukupnoj vrijednosti prodaje područja DN 36 u toj godini iznosio nešto više od 36 %, dok se u sljedećoj, 2008., povećao na 41 %.

Promatrajući samo proizvodnju i potrošnju proizvoda područja DD 20 i DN 36, iz slike 2. vidljivo je da je u prikazanom razdoblju proizvodnja, kao i potrošnja unutar promatranih područja rasla. Nadalje, vrijednosti proizvodnje područja DD 20 u odnosu prema

Tablica 2. Vrijednosti pokazatelja stanja na hrvatskom tržištu primarne prerade i namještaja u razdoblju od 2000. do kraja 2008. godine

Table 2 Values of condition indicators in the Croatian wood processing and furniture market from 2000 to the end of 2008

Godina Year	Proizvodnja Production		Uvoz Import		Izvoz Export		Potrošnja Consumption		PHPDT		HD	
	DD20	DN36	DD20	DN36	DD20	DN36	DD20	DN36	DD20	DN36	DD20	DN36
	mil. eura	mil. eura	mil. eura	mil. eura	mil. eura	mil. eura	mil. eura	mil. eura	mil. eura	mil. eura	%	%
2000	309,2	291,4	106,3	124,4	245,4	112,8	170,1	303,1	63,8	178,7	37,5	59,0
2001	326,8	312,6	134,9	164,9	226,7	139,4	235,0	338,1	100,1	173,1	42,6	51,2
2002	376,6	306,8	162,3	216,8	235,7	155,2	303,2	368,3	140,9	151,5	46,5	41,1
2003	361,4	340,6	187,9	236,5	254,0	157,6	295,4	419,6	107,4	183,0	36,4	43,6
2004	424,2	356,6	195,5	241,7	271,0	188,0	348,7	410,3	153,2	168,6	43,9	41,1
2005	434,5	374,4	199,9	260,4	292,3	197,3	342,1	437,6	142,2	177,2	41,6	40,5
2006	500,5	442,2	231,3	317,7	332,9	241,9	398,9	518,1	167,6	200,4	42,0	38,7
2007	592,8	478,8	259,9	351,8	402,9	279,2	449,9	551,4	190,0	199,6	42,2	36,2
2008	567,7	512,2	264,4	354,1	401,1	266,4	429,0	599,9	164,6	245,8	38,4	41,0
Srednja vrijednost Mean	432,4	379,5	193,6	252,0	295,8	193,1	330,3	438,5	136,7	186,4	41,2	43,6
Standardna devijacija Standard deviation	101,7	79,8	53,6	79,2	68,2	58,3	98,8	99,8	39,4	26,9	3,2	7,1



Slika 1. Trendovi proizvodnje, uvoza i izvoza područja DD 20 i DN 36 od početka 2000. do kraja 2008. godine
Figure 1 Trends in production, import and export of sectors DD 20 and DN 36 from 2000. to the end of 2008

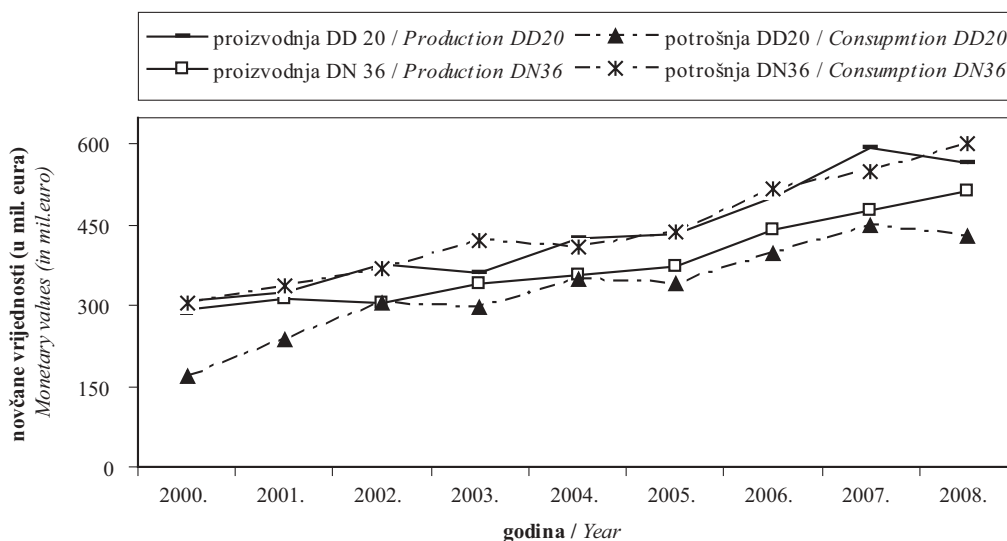
vrijednosti potrošnje u svakoj promatranoj godini bila je veća, što nije slučaj u području DN 36 gdje su vrijednosti potrošnje namještaja u svim promatranim godinama bile veće od onih u proizvodnji.

Prethodno je utvrđeno da postoji razlika u pokazateljima stanja na tržištu namještaja i ostalih drvnih proizvoda, kako među promatranim granama (DD 20 i DN 36) tako i unutar njih. Željeli smo utvrditi jesu li definirane razlike i statistički značajne. Za tu je svrhu primijenjen Studentov t-test. Prva je hipoteza glasila - H_0 : "Postoji statistički značajna razlika između pokazatelja stanja na tržištu područja DD 20 i područja DN 36", uz razinu značajnosti $p < 0,05$. Usporedbom pokazatelja stanja na tržištu područja DD 20 i pokazatelja stanja na tržištu područja DN 36 uočeno je da postoji statistički značajna razlika uz razinu značajnosti $\alpha = 0,05$ između vrijednosti izvoza područja DD 20 i vrijednosti izvoza područja DN 36 ($t = 3,432$; $p = 0,003$). Statistički značajna razlika, uz razinu značajnosti $\alpha = 0,05$, također je utvrđena između vrijednosti potrošnje područja DD

20 i vrijednosti potrošnje područja DN 36 ($t = -2,407$; $p = 0,029$) te između vrijednosti prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača područja DD 20 na domaćem tržištu i vrijednosti prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača područja DN 36 na domaćem tržištu ($t = -3,134$; $p = 0,006$).

Nadalje, rezultati su pokazali kako među ostalim pokazateljima stanja (proizvodnja, uvoz i udio prodaje hrvatskih proizvođača na domaćem tržištu u ukupnoj vrijednosti prodaje) na tržištu područja DD 20 i ostalim pokazateljima stanja (proizvodnja, uvoz i udio prodaje hrvatskih proizvođača na domaćem tržištu u ukupnoj vrijednosti prodaje) na tržištu područja DN 36 postoji razlika, ali ona nije statistički značajna na razini značajnosti $\alpha = 0,05$ (tabl. 3).

Druga je hipoteza glasila - H_0 : "Postoji statistički značajna razlika između pokazatelja stanja na tržištu unutar područja DD 20 i unutar područja DN 36", uz razinu značajnosti $p < 0,05$. Rezultati su pokazali da između vrijednosti proizvodnje i vrijednosti potrošnje



Slika 2. Trendovi proizvodnje i potrošnje područja DD 20 i DN 36 od početka 2000. do kraja 2008. godine
Figure 2 Trends in production and consumption of sectors DD 20 and DN 36 from the beginning of 2000 to the end of 2008

Tablica 3. Rezultati statističke analize
Table 3 Results of statistical analysis

Grupa 1 naspram Grupa 2 <i>Group1 versus Group2</i>	Srednja vrijednost grupa 1 <i>Mean Group 1</i>	Srednja vrijednost grupa 1 <i>Mean Group1</i>	t	Stupnjevi slobode <i>Degrees of freedom</i>	p	Veličina uzorka grupa 1 <i>Sample size Group 1</i>	Veličina uzorka grupa 2 <i>Sample size Group 2</i>	Standardna devijacija grupa 1 <i>Standard deviation Group 1</i>	Standardna devijacija grupa 2 <i>Standard deviation Group 2</i>	F	p
P_{DD20} naspram P_{DN36} / P_{DD20} versus P_{DN36}	432.4	379.5	1.227	16	0.237	9	9	101.7	79.8	1.622	0.509
U_{DD20} naspram U_{DN36} U_{DD20} versus U_{DN36}	193.6	252.0	-1.833	16	0.085	9	9	53.6	79.2	2.188	0.289
I_{DD20} naspram I_{DN36} I_{DD20} versus I_{DN36}	295.8	193.1	3.432	16	0.003	9	9	68.2	58.3	1.367	0.669
PO_{DD20} naspram PO_{DN36} PO_{DD20} versus PO_{DN36}	330.3	438.5	-2.407	16	0.029	9	9	90.8	99.8	1.208	0.796
$PHPDT_{DD20}$ naspram $PHPDT_{DN36}$ $PHPDT_{DD20}$ versus $PHPDT_{DN36}$	136.7	186.4	-3.134	16	0.006	9	9	39.4	26.9	2.150	0.299
HD_{DD20} naspram HD_{DN36} HD_{DD20} versus $PHPDT_{DN36}$	41.2	43.6	-0.911	16	0.376	9	9	3.2	7.1	4.782	0.402
P_{DD20} naspram PO_{DD20} PO_{DD20} versus PO_{DD20}	432.4	330.3	2.249	16	0.039	9	9	101.7	90.8	1.255	0.756
P_{DN36} naspram PO_{DN36} PO_{DN36} versus PO_{DN36}	379.5	438.5	-1.384	16	0.185	9	9	79.8	99.8	1.562	0.543
U_{DD20} naspram I_{DD20} U_{DD20} versus I_{DD20}	193.6	295.8	-3.534	16	0.003	9	9	53.6	68.2	1.623	0.509
U_{DN36} naspram I_{DN36} U_{DN36} versus I_{DN36}	252.0	193.1	1.798	16	0.091	9	9	79.2	58.3	1.844	0.405

T-test za nezavisne uzorke / T-test for independent variables

unutar područja DD 20 postoji statistički značajna razlika na razini značajnosti $\alpha=0,05$ ($t=2,249$; $p=0,039$). Isti rezultat, statistički značajna razlika na razini značajnosti $\alpha=0,05$ utvrđen je usporedbom vrijednosti uvoza i vrijednosti izvoza ($t=-3,534$; $p=0,003$) unutar područja DD 20. Nije utvrđena statistički značajna razlika na razini značajnosti $\alpha=0,05$ između vrijednosti proizvodnje i vrijednosti potrošnje područja DN 36 te između vrijednosti uvoza i vrijednosti izvoza područja DN 36 (tabl. 3).

Izračunom individualnih indeksa svih promatranih pokazatelja područja DD 20 i DN 36 u odnosu prema baznoj 2000. godini rezultati su pokazali povećanje vrijednosti proizvodnje, uvoza i potrošnje u obje promatrane grane u svakoj godini, dok su pojedini indeksi unutar ostalih definiranih pokazatelja bili manji od 100, što znači da su u pojedinim godinama smanjene vrijednosti pojedinih pokazatelja unutar promatranih grana s obzirom na baznu 2000. godinu. Najveća promjena utvrđena je kod prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača područja DD 20 na domaćem tržištu, i to s povećanjem u 2007. godini za 197,7 % s obzirom na baznu 2000. godinu, dok je najmanja promjena utvrđena kod udjela prodaje hrvatskih proizvođača namještaja u ukupnoj prodaji namještaja i to sa smanjenjem od 38,6 % u 2007. godini u odnosu na promatranu 2000. godinu. Usporedbom individualnih indeksa proizvodnje područja DD 20 i DN 36 u 2008. godini utvrđeno je veće povećanje proizvodnje

područja DD 20 ($I_{2008} = 183$) u usporedbi s područjem DN 36 ($I_{2008} = 175,7$) u odnosu prema promatranj 2000. godini. Isti je rezultat utvrđen usporedbom potrošnje (I_{2008} za DD 20 = 252,2; I_{2008} DN 36 = 197,9), prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača na domaćem tržištu (I_{2008} za DD 20 = 258,0; I_{2008} DN 36 = 137,6) i udjela prodaje hrvatskih proizvođača u ukupnoj vrijednosti prodaje (I_{2008} za DD 20 = 102,3; I_{2008} DN 36 = 69,5). Nasuprot tome, rezultati su pokazali veće promjene u 2008. godini u uvozu i izvozu namještaja u odnosu prema promjenama u uvozu i izvozu proizvoda primarne prerade, pa je tako uvoz namještaja u 2008. godini porastao za 184,6 %, a uvoz ostalih drvnih proizvoda za 40 % manje s obzirom na polaznu 2000. godinu. Jednako, u 2008. godini izvoz namještaja je u odnosu prema 2000. porastao za 136,2 %, a izvoz proizvoda područja DD 20 za samo 63,5 %. Kako su izračunom individualnih indeksa definirane promjene svih pokazatelja u obje promatrane grane u odnosu na baznu 2000., veriznim su indeksima utvrđene promjene u svim definiranim pokazateljima u pojedinim razdobljima, ali u odnosu prema prethodnim razdobljima. Izračunom unutar obje promatrane grane nisu utvrđene posebne zakonitosti promjene pojedinih pokazatelja, stoga su radi zornijeg prikaza promjena pojedinih pokazatelja izračunani prosječni verižni indeksi svih promatranih pokazatelja u oba područja i iz njih su definirane prosječne stope promjene područja DD 20 i

DN 36. Za sve su promatranje pokazatelje unutar oba područja izračunane prosječne stope promjene bile su pozitivne, osim za udio prodaje hrvatskih proizvođača namještaja u ukupnoj prodaji namještaja, u kojoj je zabilježena negativna prosječna stopa od 4,4 %. Usporedbom grana najveća je razlika u prosječnim stopama promjene zabilježena između prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača područja DD 20 na domaćem tržištu proizvoda područja DD 20 i prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača područja DN 36 na domaćem tržištu proizvoda područja DN 36, i to od 8,5 %, dok je najmanja razlika u prosječnim stopama promjene (0,5 %) utvrđena između proizvodnje namještaja i proizvodnje ostalih drvnih proizvoda u razdoblju od 2000. do kraja 2008. godine (tabl. 4).

Na osnovi podataka o stanju svih istraživanih pokazatelja u obje definirane grane u razdoblju od 2000. do kraja 2008. te na osnovi izračunatih prosječnih stopa promjene izrađeni su prognostički trend-modeli. Iz slike 3. vidljivo je da ako u idućem razdoblju prosječne stope promjene proizvodnje (čija je promjena ponajprije uvjetovana promjenama na globalnom ekonomskom tržištu) u području prerade drva i proizvodnje namještaja ostanu nepromijenjene, može se pretpostaviti kako će proizvodnja ostalih drvnih proizvoda iz godine u godinu rasti, i to više nego proizvodnja namještaja. Također, ako prosječne stope promjene uvoza ostalih drvnih proizvo-

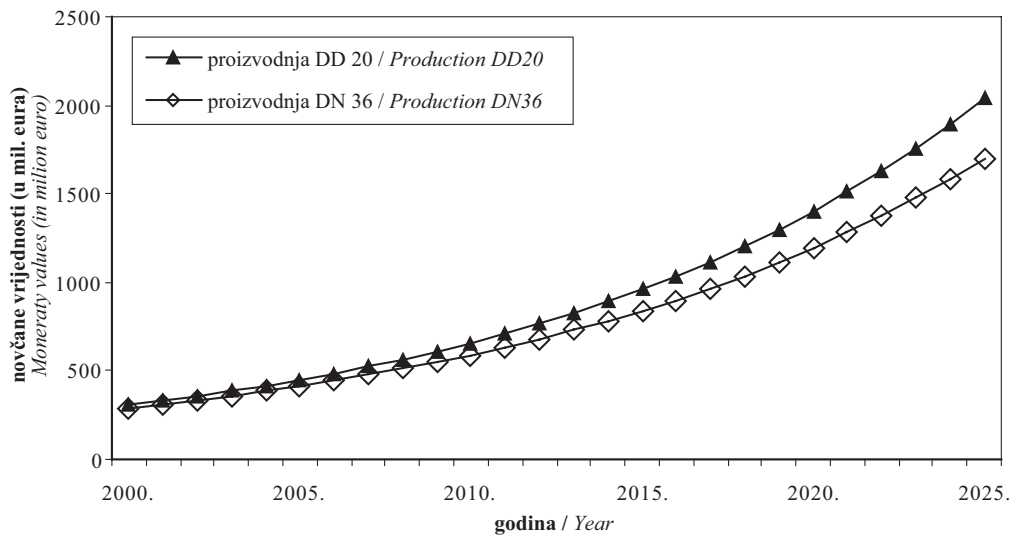
da ($\bar{S} = 12,1 \%$) i uvoza namještaja ($\bar{S} = 14 \%$) ostanu nepromijenjene moguće je pretpostaviti da će uvoz namještaja i dalje biti veći od uvoza ostalih drvnih proizvoda (sl. 4). Iako je prethodno utvrđeno da je u promatranom razdoblju izvoz ostalih drvnih proizvoda bio veći od izvoza namještaja na osnovi izračunatih prosječnih stopa promjene izvoza, ako prosječne stope izvoza ostanu nepromijenjene, 2017. godine vrijednosti izvoza namještaja premašit će vrijednost izvoza ostalih drvnih proizvoda (sl. 5).

Prema slici 6, ako prosječne stope promjene potrošnje namještaja i ostalih drvnih proizvoda ostanu nepromijenjene, vrijednosti potrošnje ostalih proizvoda od drva bit će manje od vrijednosti potrošnje namještaja do 2019. godine, a nakon toga će doći do promjene u korist potrošnje ostalih proizvoda od drva – potrošnja ostalih proizvoda od drva postat će veća od potrošnje namještaja (Slika 6).

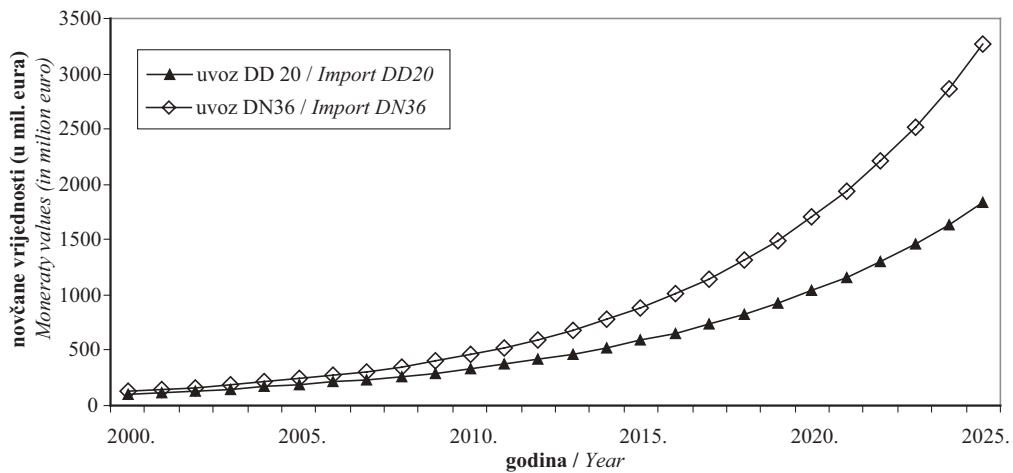
Iako su u razdoblju od 2000. do kraja 2008. godine utvrđene veće vrijednosti u prodaji proizvoda hrvatskih proizvođača namještaja na domaćem tržištu namještaja od vrijednosti prodaje proizvoda hrvatskih proizvođača ostalih drvnih proizvoda na domaćem tržištu drvnih proizvoda, prosječne stope promjene imale su obrnut odnos ($\bar{S}_{\text{PHPDT DD20}} = 12,6 \%$; $\bar{S}_{\text{PHPDT DN36}} = 4,1 \%$). Stoga će, ako ne dođe do promjene prosječnih stopa promjene, u 2013. godini doći do promjene tih od-

Tablica 4. Individualni indeksi, verižni indeksi i prosječne stope promjene za pokazatelje stanja područja DD 20 i DN 36
Table 4 Individual indices, chain indices, and the average rate of change of indicators in sectors DD 20 and DN 36

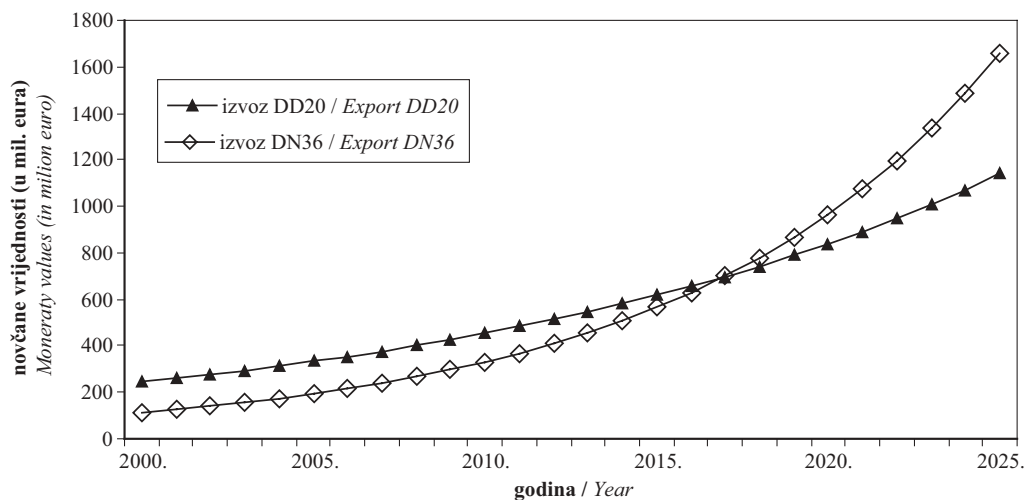
	godina / Year	proizvodnja Production		uvoz Import		izvoz Export		potrošnja Consumption		PHPDT		HD	
		DD 20	DN 36	DD 20	DN 36	DD 20	DN 36	DD 20	DN 36	DD 20	DN 36	DD 20	DN 36
Individualni indeksi u odnosu prema 2000. godini / Individual indices compared to year 2000	2000.	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	2001.	105,7	107,2	127,0	132,6	92,4	123,7	138,2	111,5	156,8	96,9	113,5	86,9
	2002.	121,8	105,3	152,7	174,2	96,1	137,7	178,2	121,5	220,8	84,8	123,9	69,8
	2003.	116,9	116,9	176,8	190,1	103,5	139,7	173,7	138,4	168,4	102,4	96,9	74,0
	2004.	137,2	122,4	184,0	194,3	110,5	166,8	205,0	135,4	240,0	94,3	117,1	69,7
	2005.	140,5	128,5	188,1	209,3	119,1	174,9	201,1	144,4	222,9	99,2	110,8	68,7
	2006.	161,9	151,7	217,6	255,3	135,7	214,5	234,5	170,9	262,7	112,1	112,0	65,6
	2007.	191,8	164,3	244,5	282,7	164,2	247,6	264,5	181,9	297,7	111,7	112,6	61,4
	2008.	183,0	175,7	248,8	284,6	163,5	236,2	252,2	197,9	258,0	137,6	102,3	69,5
Verižni indeksi / Chain indices	2000.												
	2001.	105,7	107,2	127,0	132,6	92,4	123,7	138,2	111,5	156,8	96,9	113,5	86,9
	2002.	115,2	98,1	120,2	131,4	104,0	111,3	129,0	108,9	140,8	87,5	109,1	80,3
	2003.	96,0	111,0	115,8	109,1	107,7	101,5	97,4	113,9	76,2	120,8	78,3	106,0
	2004.	117,4	104,7	104,0	102,2	106,7	119,3	118,1	97,8	142,6	92,1	120,8	94,2
	2005.	102,4	105,0	102,2	107,7	107,9	104,9	98,1	106,6	92,9	105,1	94,6	98,6
	2006.	115,2	118,1	115,7	122,0	113,9	122,6	116,6	118,4	117,8	113,1	101,1	95,5
	2007.	118,4	108,3	112,4	110,7	121,0	115,4	112,8	106,4	113,3	99,6	100,5	93,6
	2008.	95,4	107,0	101,7	100,7	99,6	95,4	95,4	108,8	86,7	123,2	90,9	113,2
	Prosječni verižni indeksi / Average chain indices	107,8	107,3	112,1	114,0	106,3	111,3	112,3	108,9	112,6	104,1	100,3	95,6
Prosječna stopa promjene, % Average change rate, %	7,8	7,3	12,1	14,0	6,3	11,3	12,3	8,9	12,6	4,1	0,3	-4,4	



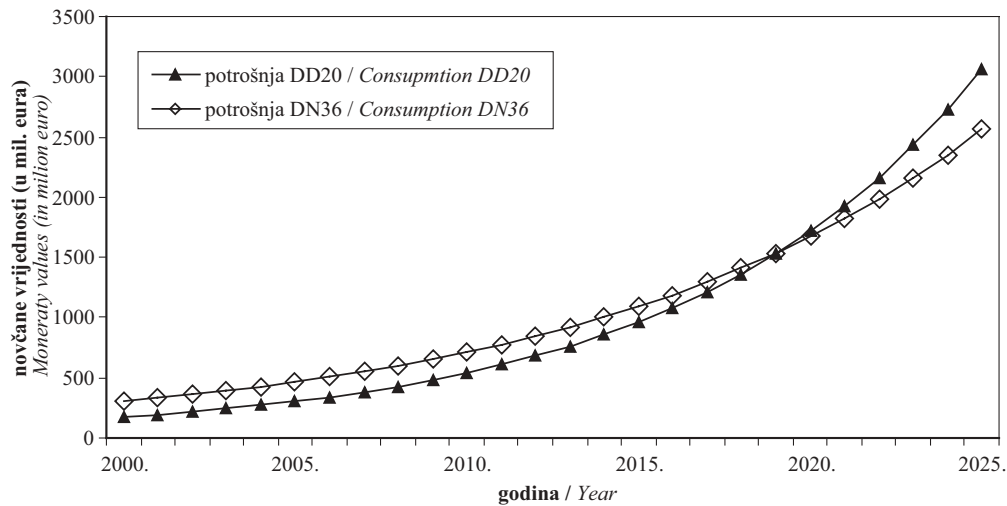
Slika 3. Prognostički trend-model proizvodnje područja DD 20 i DN 36 na osnovi prosječnih stopa promjene
Figure 3 Prognostic trend model of production in sectors DD 20 and DN 36 based on average change rates



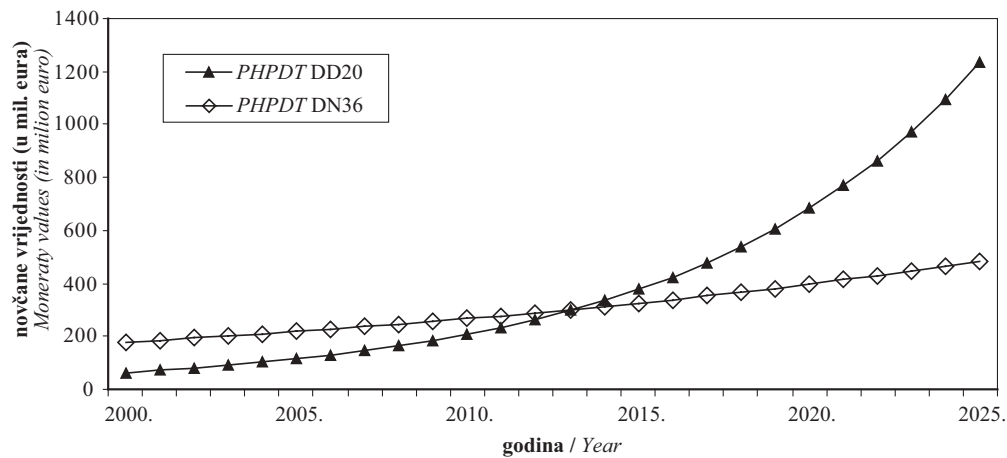
Slika 4. Prognostički trend-model uvoza područja DD 20 i DN 36 na osnovi prosječnih stopa promjene
Figure 4 Prognostic trend model of import in sectors DD 20 and DN 36 based on average change rates



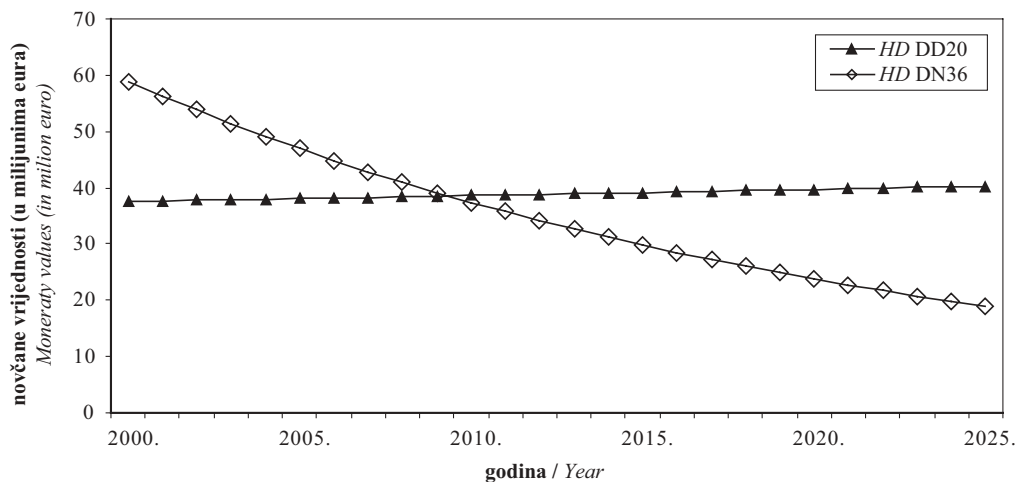
Slika 5. Prognostički trend-model izvoza područja DD 20 i DN 36 na osnovi prosječnih stopa promjene
Figure 5 Prognostic trend model of export in sectors DD 20 and DN 36 based on average change rates



Slika 6. Prognostički trend-model potrošnje područja DD 20 i DN 36 na osnovi prosječnih stopa promjene
Figure 6 Prognostic trend model of consumption in sectors DD 20 and DN 36 based on average change rates



Slika 7. Prognostički trend-model prodaje hrvatskih proizvođača na domaćem tržištu područja DD 20 i DN 36 na osnovi prosječnih stopa promjene
Figure 7 Prognostic trend model of sales of Croatian wood producers in domestic market of wood and wood products in sectors DD 20 and DN 36 based on average change rates



Slika 8. Prognostički trend-model udjela hrvatskih proizvođača u ukupnoj vrijednosti prodaje područja DD 20 i DN 36 na osnovi prosječnih stopa promjene
Figure 8 prognostic trend model of sales share of Croatian wood producers in domestic market based on average change rates

nosa (sl. 7). Na osnovi definiranih prosječnih stopa promjene, prema slici 8, ista se situacija predviđa i za udjele prodaje hrvatskih proizvođača u ukupnoj vrijednosti prodaje na domaćem tržištu, na kojemu je vidljivo da početak promjene u odnosu između područja DD 20 i DN 36 započinje u 2009. godini.

4. ZAKLJUČAK 4. CONCLUSION

Proizvodnja ostalih drvnih proizvoda, kao i proizvodnja namještaja u promatranom razdoblju su se povećavale iz godine u godinu, i to u korist proizvodnje ostalih drvnih proizvoda, no definirana razlika nije statistički značajna. Povećanje proizvodnje u oba područja utvrđeno je i putem individualnih i verižnih indeksa, a utvrđena prosječna stopa promjene za područje DD 20 iznosila je 7,8 %, odnosno 7,3 % za područje DN 36. Da bi u budućem razdoblju došlo od promjene u odnosu proizvodnje promatranih područja, odnos prosječnih stopa promjene mora se promijeniti jer će u protivnome vrijednosti proizvodnje proizvoda područja DD 20 i dalje biti veće od vrijednosti proizvodnje područja DN 36.

Vrijednosti izvoza ostalih drvnih proizvoda s obzirom na vrijednosti izvoza namještaja u razdoblju od 2000. do kraja 2008. godine bile su veće, dok je u području uvoza utvrđen obrnut odnos. Utvrđena razlika u izvozu područja DD 20 i DN 36 statistički je značajna. Također, individualnim i verižnim indeksima definirano je stalno povećanje, a utvrđene prosječne stope promjene upozorile su na isto. Ako se definirane prosječne stope promjene uvoza i izvoza područja DD 20 i DN 36 ne promijene, uz uvjet da se ne dođe do velikih negativnih svjetskih tržišnih promjena, u razdoblju koje slijedi uvoz područja DN 36 i dalje će imati veću vrijednost od uvoza područja DD 20, ali će istodobno u tim uvjetima 2017. godine izvoz namještaja premašiti izvoz proizvoda primarne prerade.

U odnosu prema 2000. godini svake se godine do kraja 2008. potrošnja proizvoda primarne prerade, kao i potrošnja namještaja, povećavala, i to na način da je vrijednost potrošnje proizvoda područja DN 36 bila veća od potrošnje proizvoda područja DD 20. Iako je na temelju istraživanog razdoblja utvrđeno da je prosječna potrošnja namještaja bila veća od prosječne potrošnje ostalih drvnih proizvoda, prosječna stopa promjene potrošnje namještaja manja je od prosječne stope promjene proizvoda primarne prerade. Stoga će, ako se njihov odnos ne promjeni, 2019. godine potrošnja proizvoda primarne prerade drva bit će veća od potrošnje proizvoda područja DN 36 (namještaja). Utvrđena razlika u potrošnji područja DD 20 i DN 36 statistički je i značajna.

Prodaja proizvoda hrvatskih proizvođača područja DD 20 i područja DN 36 na domaćem tržištu u promatranom razdoblju bila je promjenjiva (nije imala konstantan rast ili konstantan pad) i statistički značajna, pri čemu je prosječna vrijednost prodaje proizvoda primarne prerade bila manja od prosječne vrijednosti prodaje namještaja premda su prosječne stope promjene imale obrnut odnos (za prodaju ostalih proizvoda od drva iznosila je 12,6 %, dok je za prodaju namještaja iznosila

samo 4,1%). Ni udio prodaje hrvatskih proizvođača u ukupnoj prodaji područja DD 20 i DN 36 nije imao konstantan rast ili pad, te je prosječna stopa promjene u udjelu prodaje hrvatskih proizvođača namještaja u ukupnoj vrijednosti prodaje područja DN 36 u promatranom razdoblju bila negativna, i to za 4,4 %. Iako je udio prodaje drugoga promatranog područja (DD 20) u promatranom razdoblju postigao vrlo malu prosječnu stopu promjene od samo 0,3 %, ako ne dođe do bitnih promjena u odnosu između promatranih područja, može se pretpostaviti da će u budućem razdoblju udio prodaje hrvatskih proizvođača područja DD 20 na domaćem tržištu biti znatno veći od udjela hrvatskih proizvođača namještaja, također na domaćem tržištu namještaja.

5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. Bazala, A., 1991: Istraživanje tržišta, Velegraf, Zagreb.
2. Grbac, B.; Meler, M., 2007: Prikupljanje i uporaba tržišnih informacija - kako prepoznati mogućnosti na tržištu, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, Zagreb.
3. Kiander, J.; Kröger, O.; Romppanen, A., 2006: Finnish Economy – Structural Indicators 2006. Government Institute for Economic Research, Helsinki. 1-160.
4. Motik, D.; Pirc, A., 2008: Pokazatelji stanja na tržištu namještaja i ostalih drvnih proizvoda Republike Hrvatske do 2007. godine, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
5. Motik, D.; Pirc, A. 2008: Potrošnja drva i drvnih proizvoda u Republici Hrvatskoj – modeli izračuna i trendovi, Ambianta – Međunarodno savjetovanje „Drvo je prvo – svojstva, tehnologija, valorizacija, primjena“, Zbornik radova, 45-48, Zagreb.
6. Oblak, L.; Jelačić, D.; Motik, D.; Grladinović, T., 2008: A model for stock management in a wood-industry company. Wood research, 53, (1): 105-116.
7. Scherr, S. J., 2004: Building opportunities for small-firm agroforestry to supply domestic wood markets in developing countries. Agroforestry Systems, 61:357-370.
8. Stučka, T., 2000: The Effects of Exchange Rate Changes on the Trade Balance in Croatia. IMF Working Paper, WP/04/65.
9. Truett, L. J.; Truett, D. B., 1998: The demand for imports in Korea: a production analysis approach. Journal of Development Economics, 56:97-114.
10. *** 2006. Šumskogospodarska osnova Republike Hrvatske. Hrvatske šume d.o.o. Zagreb.
11. *** 2008. Hrvatsko gospodarstvo 2008. godine. Hrvatska gospodarska komora, Zagreb.
12. *** 2006: Operativni program razvoja industrijske prerade drva Republike Hrvatske 2006-2010. Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva. (<http://www.google.hr/#hl=hr&sa=X&ei=yJ8s; preuzeto 1. srpnja 2010>).

Corresponding address:

Assistant ANDREJA PIRC, B.Sc.
Associate Professor DARKO MOTIK, Ph.D.

Faculty of Forestry, University of Zagreb
Svetošimunska 25
HR-10000 Zagreb, CROATIA
e-mail: pirc@sumfak.hr; motik@sumfak.hr

Utjecaj kuta orijentacije sintetičkih vlakana na savojna svojstva kompozitne furnirske ploče

Influence of Synthetic Fibers Angle Orientation on Bending Properties of Composite Plywood

Izvorni znanstveni rad • Original scientific paper

Prispjelo – received: 6. 9. 2010.

Prihvaćeno – accepted: 30. 11. 2010.

UDK: 630*863

SAŽETAK • U radu je istraživana utjecaj varijacije kuta orijentacije karbonskih vlakana i količine karbonskih vlakana po snopu pletiva na savojna svojstva furnirske ploče. Za tu su namjenu izrađeni modeli epruveta definirani kao višeslojni kompoziti sastavljeni od karbonskih vlakana i furnira, pri čemu su slojevi vlakana umetnuti u drugu i treću sljubnicu, s varijacijama kuta po 15°. Od dobivenih rezultata analizirana su naprezanja i pripadajuće deformacije u relevantnim slojevima te progib kompozitnih furnirskih ploča. Nakon analize rezultata vidljiv je izrazit utjecaj varijacije kuta orijentacije karbonskih vlakana na svojstva kompozitnih furnirskih ploča pri savijanju odnosno na iznose naprezanja i deformacija, te je on najpovoljniji kada su karbonska vlakna orijentirana pod kutom od 0°, a u dvosmjernih karbonskih vlakana (BCF) i pri kutu orijentacije od 90°.

Najnepovoljniji kut orijentacije karbonskih vlakana jest kada su dvosmjerna karbonska vlakna (BCF) orijentirana pod kutom od 45°, dok za jednosmjerna karbonska vlakna (UCF) taj kut orijentacije iznosi 65°. Veća količina karbonskih vlakana po snopu pletiva pozitivno djeluje na smanjenje naprezanja i pripadajućih deformacija u slojevima furnira te povećava krutost furnirske ploče.

Ključne riječi: furnir, karbonska vlakna, kut orijentacije, furnirska ploča, savojna svojstva

ABSTRACT • This paper presents the results of research on carbon fiber angle orientation and quantity of carbon fibers in yarn on bending properties of plywood. For that purpose the specimens have been defined as multilayer composites made from carbon fibers and veneer. Carbon fibers were inserted in the second and third glue line of the composite with angle variation of 15°. Stresses and strain were analyzed in significant layers together with displacement of the whole composite plate. The influence of carbon fiber angle orientation on properties of the composite (amount of stresses and related strains) was significant. The best results have been achieved with carbon fiber angle of 0°, and bidirectional carbon fiber type (BCF) with the orientation angle of 90°. The lowest values have been achieved with carbon fiber angle of 65° (unidirectional carbon fibers-UCF), and bidirectional carbon fiber type (BCF) with the orientation angle of 45°. Greater quantity of carbon fibers per one yarn has positive influence on decrease of stresses and strains in veneer layers and provides better stiffness of plywood.

Key words: veneer, carbon fibers, angle of orientation, plywood, bending properties

Autori su izvanredni profesori¹ i docenti² Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska.

The authors are associate professors¹ and assistant professors² at the Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

1. UVOD 1 INTRODUCTION

Iz rezultata prethodnih istraživanja sendvič-ploča, izrađenih od furnirske ploče i PVC srednjice, vidljivo je da na savojna svojstva sendvič-ploča znatno utječu promjena debljinskog udjela furnira i varijacija orijentacije kuta vlakana furnirske ploče.

Već i vrlo male promjene debljinskog udjela furnira, kao i manje varijacije kuta orijentacije vlakana furnira, uzrokuju nagli porast naprezanja u PVC srednjici pri savijanju (Kljak i Brezović, 2007; Kljak i sur., 2009). Te varijacije debljinskog udjela furnira i kuta orijentacije u malim iznosima postoje u gotovo svim furnirskim pločama i ne utječu značajno na željena svojstva furnirske ploče već samo uzrokuju male promjene naprezanja u furnirima. Kada takvu furnirsku ploču ugradimo u sendvič-ploču, zbog nižih mehaničkih svojstava srednjice, i te relativno male promjene naprezanja u furnirima uzrokovat će znatan porast naprezanja u srednjici (Kljak i sur., 2009). S obzirom na to da na srednjicu intenzivno utječu već i onako male varijacije debljinskog udjela furnira te kuta orijentacije vlakana, pretpostavlja se da bi se uvođenjem novog materijala u furnirsku ploču taj utjecaj mogao znatno umanjiti, što bi pozitivno djelovalo na cijelu konstrukciju sendvič-ploče i znatno umanjilo naprezanja koja se pojavljuju u PVC srednjici. Kao jedna od prihvatljivijih mogućnosti za taj novi materijal, a zbog svojih dobrih svojstava, nameće se uporaba sintetičkih vlakana, i to anizotropnih karbonskih.

Kako se u konstrukciju sendvič-ploče uvodi novi materijal dominantnih mehaničkih svojstava, prije odluke o najpovoljnijoj kombinaciji svih triju materijala potrebno je istražiti sve relevantne aspekte međudjelovanja furnira i vlakana u furnirskoj ploči, što je predmet ovog rada, kako bi se na temelju tih spoznaja donijele ispravne odluke o optimalnim konstrukcijama sendvič-ploče.

Iz prijašnjih istraživanja primjene dvosmjernih karbonskih vlakana kao ojačivača u konstrukciji furnirske ploče vidljiv je povoljan utjecaj na njezina mehanička svojstva te na povećanje ujednačenosti savojnih svojstava po dužini i širini furnirske ploče (Brezović i sur., 2002).

Također je vidljivo da količina karbonskih vlakana utječe na vrijednost savojne čvrstoće, ali to povećanje količine vlakana ne uzrokuje adekvatno povećanje savojne čvrstoće, dok je za modul elastičnosti taj utjecaj mnogo izraženiji (Brezović i sur. 2003).

Budući da su karbonska vlakna u kompozitnim sustavima važan čimbenik koji utječe na mehanička svojstva, što se osobito očituje kada se primijene u kombinaciji s materijalima slabijih mehaničkih svojstava, pri čemu znatan dio svojih mehaničkih svojstava prenose na taj kompozitni proizvod (Xu i sur., 1998.), nastoji se istražiti na koje načine orijentacija kuta vlakana utječe na raspodjelu naprezanja i deformacija unutar kompozitnog sustava, u ovom primjeru kompozitne furnirske ploče pri savijanju. Također se želi vidjeti kako će količina vlakana u pletivu utjecati na ra-

spodjelu naprezanja i deformacija, a pri promjeni kuta orijentacije sloja vlakana u odnosu prema smjeru drvnih vlakana vanjskog lista furnira kompozitne furnirske ploče.

Također je zanimljivo koliko i kako ti slojevi ispleteni od vlakana istorodnog materijala (karbon-karbon) i oni ispleteni od vlakana raznorodnih materijala (karbon-staklo) pri promjenama kuta orijentacije vlakana utječu na savojna svojstva ploča, ali i na raspodjelu naprezanja i deformacija u relevantnim slojevima ploče.

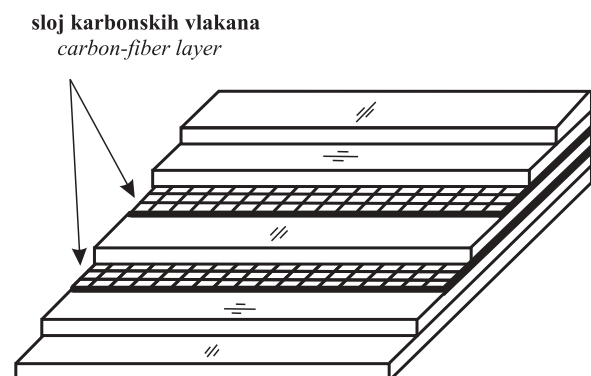
Te će spoznaje omogućiti da se pri projektiranju svojstava materijala može provesti optimizacija u skladu s postavljenim zahtjevima s obzirom na željena svojstva furnirskih, ali i sendvič-ploča.

2. MATERIJALI I METODE 2 MATERIALS AND METHODS

Da bi se ustanovila distribucija naprezanja i deformacija unutar kompozitne furnirske ploče izrađeni su modeli koji po dimenzijama i konturnim uvjetima odgovaraju stvarnim epruvetama korištenim pri određivanju savojne čvrstoće i modula elastičnosti pri savijanju. Modeli se temelje na eksperimentalno izrađenim peteroslojnim furnirskim pločama od topolova furnira debljine 2,2 mm, ojačanim impregniranim slojevima karbonskih vlakana umetnutima u drugu i treću sljubnicu (sl. 1).

Razlog smještanja vlakana u drugu i treću sljubnicu jest činjenica da zbog prevelike razlike između svojstava korištenih materijala pri ispitivanju savojnih svojstava ploča može doći do raslojavanja slojeva zbog prevelikoga smicajnog naprezanja (Brezović i sur., 2003). Pojava toga neželjenog prevelikog naprezanja može se izbjeći tako da se utjecaj vlakana na svojstva furnirske ploče svede na minimum. S obzirom na to da položaj vlakana bliže neutralnoj osi furnirske ploče ima slabiji ojačivački učinak (Xu i sur., 1996), i taj se nepovoljni efekt umanjuje smještanjem vlakna bliže neutralnoj osi, odnosno u drugu i treću sljubnicu. Učinak ojačivanja vlakana time je umanjeno, ali vlakna i dalje pozitivno djeluju na furnirsku ploču, a može se vidjeti i njihov utjecaj na savojna svojstva furnirske ploče.

Korištena karbonska vlakna, parametri impregnacije i prešanja ploča jednakih su obilježja kao i u prijašnjim istraživanjima (Brezović i sur., 2003).



Slika 1. Konstrukcija kompozitne furnirske ploče
Figure 1 Construction of composite plywood

Tablica 1. Elastična svojstva materijala
Table 1 Elastic properties of materials

Modul elastičnosti Modulus of elasticity	Furnir Veneer	BCF	UCF
E_x	9600	193350	168150
E_y	420	3938	3928
E_z	880	3938	3928
Modul smicanja / Shear modulus (MPa)			
G_{xy}	660	1080	1078
G_{xz}	720	1080	1078
G_{yz}	110	884	883
Poissonov broj / Poisson's Ratio			
ν_{xy}	0,39	0,244	0,244
ν_{xz}	0,32	0,244	0,244
ν_{yz}	0,33	0,57	0,57

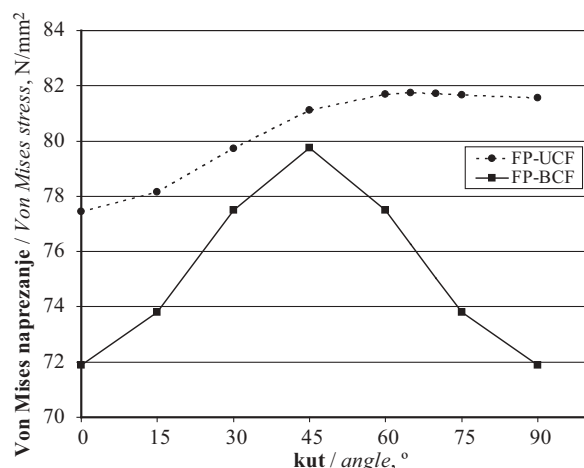
Modeli epruveta definirani su kao višeslojni kompoziti čiji je svaki sloj podijeljen na 400 konačnih elemenata i sastoji se u prvom slučaju od furnira i dvosmjernoga križno pletenog karbonskog vlakna s 12 000 vlakana u snopu (BCF) te nose oznaku FP-BCF, a u drugomu promatranom slučaju od furnira i jednosmjernoga karbonskog vlakna s 3 000 vlakana u snopu i s ispunom od staklenih vlakana, a označeni su kao FP-UCF.

Karbonska vlakna i drvo definirani su kao ortotropni materijali te je za opis takvih materijala odnosno definiranja materijalnih svojstava modela potrebno poznavati njihova elastična svojstva. Za određivanje tih svojstava karbonskih vlakana poslužio je softver CADEC (Barbero, 1998) koji je na temelju svojstava vlakana i matrice izračunao potrebna elastična svojstva za jedan sloj.

Elastična svojstva furnira i sloja karbonskih vlakana namijenjenih definiranju materijalnih svojstava modela prikazana su u tablici 1.

Modeli su smješteni u Kartezijev koordinatni sustav, u kojem se pravci koordinata podudaraju s tri glavna smjera materijalnih osi.

Smjerovi materijalnih osi x , y i z u karbonskih vlakana odgovaraju smjerovima L (longitudinalni), T (transverzalni) i R (radijalni) u furnira.



Slika 2. Naprezanja u sloju furnira
Figure 2 Stress in veneer layer

Opterećenje modela obavljeno je srednjom vrijednosti sila koje su uzrokovale lom uzoraka pri određivanju savojne čvrstoće. Tako je model FP-BCF opterećen silom od 1 570 N, a model FP-UCF silom od 1 485 N, a da bi se ustanovio utjecaj kuta orijentacije vlakana, kut je variran za po 15 stupnjeva.

Na tako izrađenim i definiranim modelima obavljena je statička analiza metodom konačnih elemenata (softverski paket Cosmos/m 2.6) te su dobivene vrijednosti snimljene. Za relevantne slojeve u ploči analizirana su naprezanja i deformacije te je određen progib pri zadanim opterećenjima i varijacijama kuta orijentacije vlakana.

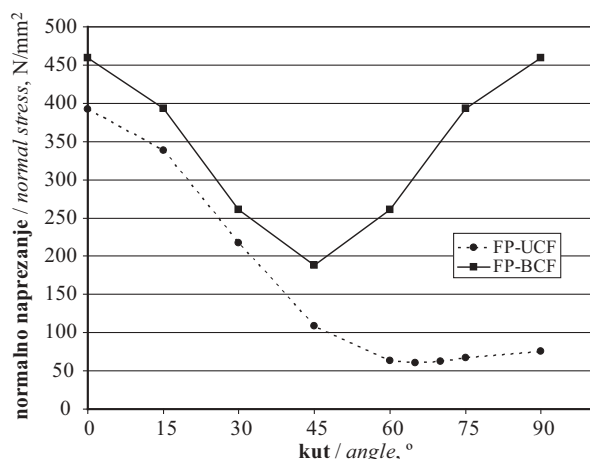
3. REZULTATI I DISKUSIJA 3 RESULTS AND DISCUSSION

S obzirom na to da je u modelima riječ o kombinaciji dvaju materijala, od kojih je jedan dominantnih svojstava, analizirat će se utjecaj varijacije orijentacije kuta vlakana na raspodjelu normalnih (sl. 3) i smicajnih naprezanja u karbonskim vlaknima (sl. 4). Također, s obzirom na to da se dobiveni rezultati planiraju primijeniti pri optimizaciji svojstava sendvič-ploča, te imajući na umu da mehanička svojstva furnira imaju znatan utjecaj na promjenu mehaničkih svojstava sendvič-ploča (Kawasaki i sur., 1999. i 2003; Hu i sur., 2005), pratit će se naprezanja koja se pojavljuju u furniru pri varijaciji orijentacije kuta vlakana, i to u prvom (donjem) sloju furnira odnosno u onom sloju u kojemu najprije dolazi do loma pri ispitivanju.

Jednako tako, analizirat će se i progib pri zadanim naprezanjima i kutovima orijentacije vlakana (sl. 5).

Među križno pletenim karbonskim vlaknima (BCF), prema istraživanjima nekih autora (Xu i sur., 1998), najveća će savojna svojstva imati vlakna orijentirana pod kutovima 0° i 90°, dok će najslabija savojna svojstva biti pri kutu od 45°. Kada je riječ o smicajnim svojstvima prema istim autorima, najbolja će biti pri kutu orijentacije vlakana od 45°, a najslabija pri kutovima od 0° i 90°.

Glede utjecaja promjene kuta orijentacije jednosmjernih vlakana (UCF) na savojna svojstva kompozit-



Slika 3. Naprezanja u sloju karbonskih vlakana
Figure 3 Stress in carbon fiber layer

nih furnirskih ploča moguće je za pretpostaviti da je najslabiji utjecaju što ga ima promjena kuta vlaknaca drva na ista svojstva, ali nema dostupnih podataka koji bi to potvrdili.

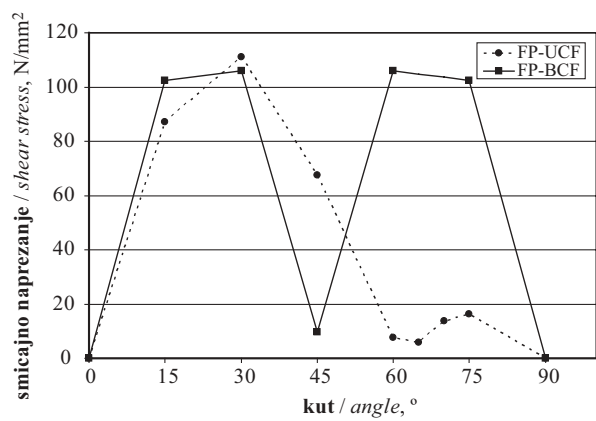
Promatrajući normalna naprezanja u dvosmjernim karbonskim vlaknima smještenim u ploči FP-BCF, može se uočiti da su najveća naprezanja koja preuzimaju karbonska vlakna sukladna očekivanjima (pri 0° i 90°) (sl. 3). S time je usko povezana činjenica da su najveća naprezanja koja se pojavljuju u furniru pri kutu od 45°, a najmanja pri kutovima orijentacije karbonskih vlakana od 0° i 90° (sl. 2). Kao što je poznato, furnir je najslabiji dio u konstrukciji tih dvaju materijala i do destabilizacije cijele konstrukcije dolazi upravo zbog prevelikih naprezanja i deformacija koje se pojavljuju u furniru. Stoga se može reći da je za stabilnost cijele konstrukcije najnepovoljnije kada furnir mora preuzeti najveće naprezanje, a to znači kada su karbonska vlakna orijentirana pod kutom od 45°. Najpovoljniji slučaj za cijelu konstrukciju jest kada furnir preuzima najmanje naprezanja, tj. pri orijentaciji vlakana pod kutovima od 0° i 90°.

Za ploče FP-UCF, nakon snimljenih rezultata i njihove preliminarne analize, pojavila se potreba dodatnih ispitivanja u intervalu kutova orijentacije vlakana između 60° i 75° kako bi se odredile minimalne i maksimalne vrijednosti naprezanja. Za tu svrhu izrađena su još dva modela u kojima su vlakna bila orijentirana pod kutovima od 65° i 70°.

Analizirajući sve dobivene vrijednosti naprezanja jednosmjernih vlakana i furnira ploče FP-UCF, vidljivo je da će najbolja svojstva biti kada su karbonska vlakna orijentirana paralelno s vlakancima vanjskog lista furnira, dok će najslabija svojstva biti ne pri kutu od 90°, kako je očekivano, nego pri kutu od 65°. Trend iznosa naprezanja u furniru suprotan je i najmanje naprezanje u furniru pojavljuje se pri kutu od 0°, a najveće pri kutu orijentacije karbonskih vlakana od 65° (sl. 2). Usporedbom krivulje nastale varijacijom kuta vlakana i one za drvo koja je dobivena varijacijom kuta vlaknaca, uočiti će se razlika zbog djelovanja materijala koji služi kao ispuna u karbonskim vlaknima, a koji ima bolja svojstva od drva, ali mnogo slabija u usporedbi s karbonskim vlaknima.

Vrijednosti iznosa smicajnih svojstava prikazane na slici 4. pokazuju da najmanja naprezanja karbonska vlakna preuzimaju pri kutovima orijentacije od 0° i 90°. Za razliku od očekivanja, najveći iznos smicajnih naprezanja koji karbonska vlakna mogu preuzeti nije pri kutu od 45° nego pri kutovima od 30° i 60°, no utjecaj tog odstupanja zanemariv je i nije se odrazio na očekivanu promjenu trenda krivulje naprezanja u furniru.

Smicajna svojstva ploče FP-UCF najbolja su u cijeloj konstrukciji pri kutu orijentacije karbonskih vlakana od 30°, što se može uzeti u relaciju s istovjetnim zaključkom za križno pletena karbonska vlakna u ploči FP-BCF. Najmanji je iznos smicanja pri kutu orijentacije od 65°, nakon čega karbonska vlakna (UCF) najvjerojatnije više ne utječu na to svojstvo nego na nj utječe kut orijentacije ispune, uz preduvjet da posjeduje određena relevantna mehanička svojstva,

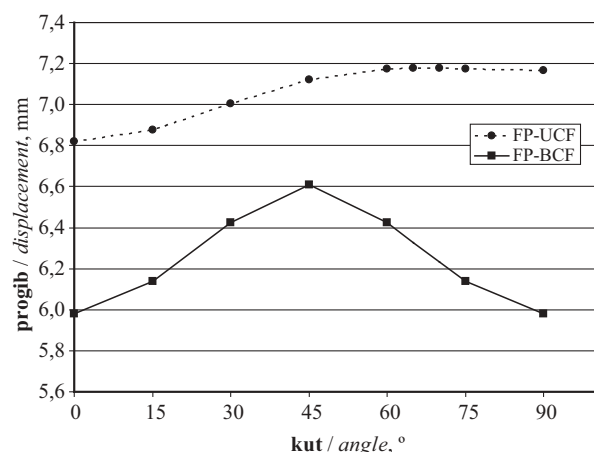


Slika 4. Smicajna naprezanja u sloju karbonskih vlakana
Figure 4 Shear stress in carbon fiber layer

kao u promatranom primjeru gdje su kao ispuna upotrijebljena staklena vlakna. Pri kutu orijentacije karbonskih vlakana od 90° iznos smicanja je najmanji jer tada na smicanje u potpunosti utječe ispuna odnosno njezina svojstva.

Može se reći da je utjecaj kuta orijentacije karbonskih vlakana na svojstva kompozitnih furnirskih ploča pri savijanju velik, bez obzira na to je li riječ o križno pletenim ili jednosmjernim vlaknima. Normalna naprezanja koja se pojavljuju pri promjeni kuta orijentacije vlakana potvrđuju očekivanja, što se osobito odnosi na križno pletena vlakna, dok jednosmjerna vlakna odstupaju od očekivanja, ovisno o materijalu koji se rabi kao ispuna. Ako se upotrijebe samo jednosmjerna karbonska vlakna bez ispune, može se pretpostaviti da bi utjecaj promjene kuta orijentacije vlakana na svojstva ojačanih ploča imao isti trend kao i utjecaj promjene kuta vlaknaca drva na ta svojstva.

Promatrajući svojstva kompozitne furnirske ploče vidi se da umetnuta karbonska vlakna preuzimaju znatne iznose naprezanja i istodobno smanjuju naprezanja u slojevima furnira. Evidentno je da su i pri tim znatno većim naprezanjima, deformacije u karbonskim vlaknima znatno manje nego u furniru. To se može objasniti mnogo boljim elastičnim svojstvima karbonskih vlakana nego drva te njihovim znatno većim prekidnim produljenjem.



Slika 5. Progib furnirskih ploča
Figure 5 Displacement of plywood

Utjecaj varijacije orijentacije kuta vlakana na progib prikazan je na slici 5. i ima sličan utjecaj kao i na naprezanja u sloju furnira. Tako je u ploče FP-BCF progib najmanji pri kutovima orijentacije od 0° i 90°, a najveći pri kutu od 45°, dok je u ploče FP-UCF najpovoljnija orijentacija vlakana pri kutu od 0°, pri kojemu je i najmanja vrijednost progiba ploče, a najnepovoljniji je pri kutu orijentacije 65°. U intervalu između 65° i 90° na svojstva ploče znatno više utječe ispuna nego karbonska vlakna.

Veća količina vlakana više smanjuje naprezanja i deformacije u furniru, što pozitivno djeluje na savojna svojstva furnirskih ploča, odnosno manje su vrijednosti progiba u ploče FP-BCF nego u ploče FP-UCF, i to promatrano pri svim varijacijama orijentacije kuta vlakana. Stoga se može reći da veća količina vlakana povećava krutost furnirske ploče iako pri odabiru količine vlakana treba voditi brigu o svim aspektima međudjelovanja dvaju materijala izrazito različitih svojstava te se tek nakon detaljne analize mogu donijeti odluke o upotrebi karbonskih pletiva s većim ili manjim brojem vlakana u snopu.

4. ZAKLJUČAK 4 CONCLUSION

Na temelju dobivenih rezultata analize modela, možemo zaključiti da varijacija kuta orijentacije karbonskih vlakana ima znatan utjecaj na svojstva kompozitnih furnirskih ploča pri savijanju. Taj je utjecaj najpovoljniji kada su karbonska vlakna, u oba promatrana slučaja, orijentirana pod kutom od 0°, a za dvosmjerna karbonska vlakna (BCF), i pri kutu orijentacije od 90°.

Najnepovoljniji kut orijentacije karbonskih vlakana jest kada su dvosmjerna karbonska vlakna (BCF) orijentirana pod kutom od 45°, dok za jednosmjerna karbonska vlakna (UCF) taj kut orijentacije iznosi 65°.

Analizirajući utjecaj količine karbonskih vlakana, evidentno je da veća količina karbonskih vlakana po snopu pletiva pozitivno djeluje na smanjenje naprezanja i deformacija u slojevima furnira te pozitivno djeluje na krutost furnirske ploče.

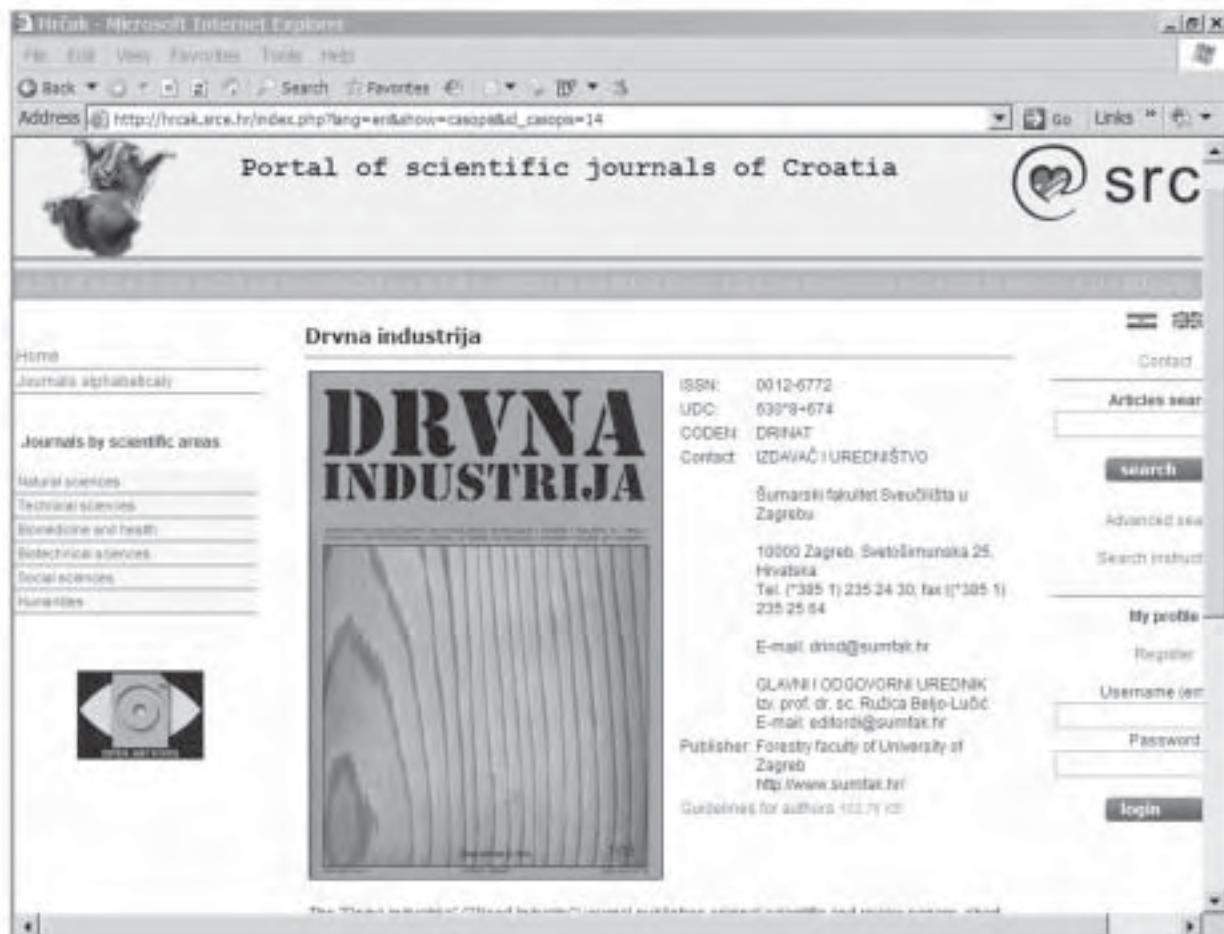
5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. Barbero, E.J., 1998: Introduction to Composite Materials Design. London. Taylor and Francis.
2. Brezović, M., Jambrečić, V., Kljak, J., 2002: Utjecaj karbonskih vlakana na neka relevantna svojstva furnirskih ploča. *Drvena industrija*, 53 (1): 23-31.
3. Brezović, M., Jambrečić, V., Pervan, S., 2003: Bending properties of carbon fiber reinforced plywood. *Wood research*, 48 (4): 13-24.
4. Hu, Y., Nakao, T., Nakai, T., Gu, J., Wang, F., 2005: Dynamic properties of three types of wood-based composite. *Journal of Wood Science*, 51 (1):7-12.
5. Kljak, J., Brezović, M., 2007: Influence of plywood structure on sandwich panel properties: variability of veneer thickness ratio. *Wood research*, 52 (2): 77-88.
6. Kljak, J.; Brezović, M.; Antonović, A., 2009: Utjecaj varijacije kuta vlakana na savojna svojstva sendvič-ploče. *Drvena industrija*, 60 (2): 83-88.
7. Kawasaki, T., Zhang, M., Kawai, S., 1999.: Sandwich panel of veneer-overlaid low-density fiberboard. *Journal of Wood Science*, (45) 4: 291-298.
8. Kawasaki, T., Hwang, K., Komatsu, K., Kawai, S., 2003.: In-plane shear properties of the wood-based sandwich panel as a small shear wall evaluated by the shear test method using tie-rods. *Journal of Wood Science*, 49 (3): 199-209.
9. Xu, H., Tanaka, C., Nakao, T., Joshinobu, M., Katayama, H., 1998: Effects of fiber length and orientation on elasticity of fiber-reinforced plywood. *Journal of Wood science*, (44): 343-347.
10. Xu, H., Tanaka, C., Nakao, T., Nishino, Y., Katayama, H., 1996: Flexural and Shear Properties of Fiber-Reinforced Plywood. *Mokuzai Gakkaishi*, 42 (4): 376-382.

Corresponding address:

Associate professor MLADEN BREZOVIĆ, Ph.D.

University of Zagreb, Faculty of Forestry
Department of Wood Technology
Svetošimunska 25
10000 Zagreb, CROATIA
e-mail: brezovic@sumfak.hr



Portal of scientific journals of Croatia

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

Dorota Dziurka, Radosław Mirski¹

UF-pMDI Hybrid Resin for Waterproof Particleboards Manufactured at a Shortened Pressing Time

Hibridno ljepilo UF-pMDI za vodootporne ploče iverice proizvedene uz skraćeno vrijeme prešanja

Original scientific paper • Izvorni znanstveni rad

Received – prispjelo: 8. 7. 2010.

Accepted – prihvaćeno: 30. 11. 2010.

UDK: 630*863.21

ABSTRACT • The aim of the study was to determine properties and potential shortening of pressing time of particleboards resinated with urea-formaldehyde (UF) resin thanks to its modification with pMDI (polymeric 4,4'-methylene diphenyl isocyanate), introduced to the resin at 2.5 – 10 %. Tests showed that strength properties and water resistance of manufactured boards were improved with the increase of the pMDI amount introduced to UF resin. Furthermore, particleboards manufactured at a shortened pressing time were characterized by better mechanical and physical properties than those of reference boards manufactured under identical conditions, resinated with pure UF resin.

It should be emphasized that boards, manufactured with a 10 % share of pMDI in the glue mixture, irrespective of their pressing time, were characterized by water resistance measured by the V100 test at the level required by the standard for exterior boards not bearing loads (type P3).

Keywords: particleboard, UF resin, pMDI, water resistance, mechanical properties

SAŽETAK • Cilj provedene studije bio je odrediti svojstva i mogućnosti skraćanja vremena prešanja ploča iverice lijepljenih urea-formaldehidnim (UF) ljepilom modificiranim pMDI-jem (polimerni 4,4' – metilen difenil izocijanat) u količini 2,5 do 10 %. Testiranje je pokazalo da se s povećanjem količine pMDI-ja u UF ljepilu poboljšava čvrstoća i vodootpornost ploča. Nadalje, ploče iverice proizvedene uz kraće vrijeme prešanja imale su bolja mehanička i fizikalna svojstva od referentnih ploča proizvedenih uz jednake uvjete i lijepljene čistim UF ljepilom. Treba naglasiti da su ploče proizvedene s ljepilom koje ima udjel pMDI-ja 10 %, neovisno o vremenu prešanja, imale vodootpornost mjerenu testom V100 na razini koju zahtijeva norma za ploče u vanjskoj uporabi bez opterećenja (tip P3).

Ključne riječi: ploče iverice, UF ljepilo, pMDI, vodootpornost, mehanička svojstva

¹ Authors are assistants at the Faculty of Wood Technology, Poznań University of Life Sciences, Poznań, Poland.

¹ Autori su asistenti na Fakultetu drvne tehnologije Sveučilišta u Poznańu, Poznań, Poljska.

1 INTRODUCTION

1. UVOD

UF resins are some of the most common adhesives used in the wood-based material industry. Their low price and good strength properties of glue lines under dry conditions result in their being widely applied despite their low water resistance. In order to increase water resistance of UF resins, they are commonly modified with melamine. Melamine-urea-formaldehyde (MUF) resins may be produced by adding melamine or its salts to UF resin, mixing melamine-formaldehyde (MF) resin directly with UF resin or in the process of reagent cocondensation (Mercer and Pizzi, 1994; Prestifilippo *et al.*, 1996; Cremonini *et al.*, 1997; Cremonini and Pizzi, 1999; Zhao and Pizzi, 2000; Weinstabl *et al.*, 2001). Despite such an increase in water resistance of glue lines, this method has some drawbacks, e.g. slight melamine solubility and the necessity to prepare adequately condensed UF resin. Resins thus modified also undergo accelerated aging processes. However, the introduction of appropriate modifiers to MUF resins facilitates the enhancement of their pot life and further improvement of water resistance. Phenolic resins are most commonly used as modifiers of MUF resins and thus produced melamine-urea-phenol-formaldehyde (MUPF) resins have been successfully applied for many years in the manufacture of both wood-based boards and exterior plywood (Cremonini *et al.*, 1996a; Cremonini *et al.*, 1996b; Cremonini *et al.*, 1996c; Prestifilippo and Pizzi, 1996). Thanks to them it is possible to manufacture plywood with light glue lines characterized with good water resistance. Unfortunately, with resins of this type it is not possible to reduce relatively long pressing times of this material.

In literature on the subject, attention has been focused on isocyanate adhesives and methods for using their properties in UF resin modification. Investigations conducted in this respect showed that the application of isocyanates as curing agents in urea-formaldehyde resins improves the glue line strength to a considerable degree and increases their water resistance. Pizzi and Walton (1992) showed that a 1–2 % addition of polymeric MDI to UF resin effectively reduces its susceptibility to hydrolysis and accelerates cross-linking, which may result in potential shortening of pressing time for boards manufactured with the use of such modified UF resin. Furthermore, studies conducted by Mansouri *et al.* (2006) showed that an addition of pMDI to UF resin at 15% significantly improved resistance of glue line to the action of hot water. These authors showed that plywood manufactured under such conditions was characterized by sufficient water resistance after 27-minute boiling. Furthermore, Hong Lei *et al.* (2006) showed that already a 5 % addition of pMDI to MUPF resin makes it possible to manufacture particleboards with a 130 % higher water resistance, measured by internal bond after the boiling test in comparison to that of board resinated with pure MUPF resin.

In view of the above mentioned reports, the aim of this study was to investigate the potential shortening pressing time of particleboards resinated with UF resin

modified with pMDI, with the simultaneous improvement of their water resistance and maintenance of good mechanical properties.

2 MATERIALS AND METHODS

2. MATERIЈAL I METODE

UF resin modified with pMDI at 0, 2.5, 5 and 10 % in relation to UF resin weight was used to resinate particles. A 2 % addition of ammonium nitrate (NH_4NO_3) in relation to dry weight of resin was used as a curing agent for UF resin.

The analyzed single-layer particleboards with the density of 700 kg/m^3 and thickness of 12 mm were manufactured from pine chips, using the following pressing parameters: pressing time of 22, 19 and 16 s/mm board thickness, pressure of 2.5 MPa, resination rate of 12 % and temperature of $200 \text{ }^\circ\text{C}$.

The following properties of particleboards were examined according to the relevant European Standards (EN):

- modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) - EN 310
- internal bond (IB) - EN 319
- internal bond after the boiling test (V100) - EN 1087-1
- swelling in thickness after immersion in water (TS) - EN 317
- formaldehyde content (CH_2O) - EN 120

For each combination (pressing time and amount of pMDI introduced to UF resin) 3 particleboards were manufactured. A total of 12 samples were cut from each board, to be used in testing of mechanical and physical properties. The results of analyses of individual properties were thus a mean of 36 measurements. The results of these determinations were subjected to statistical analysis.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3. REZULTATI I DISKUSIЈA

The results of studies of the effect of the amount of pMDI introduced to UF resin on properties of particleboards manufactured with such modified UF resin, pressed at 22 s/mm thickness, are presented in Table 1. It results from the studies conducted in this respect that the higher the amount of pMDI introduced to resin, the better the improvement in the strength properties of boards. Thus already with the addition of 2.5 % of pMDI, a 7 % and 24 % increase was observed in bending strength and internal bond, respectively, while in case of the maximum amount of modifier (10 %), these properties are improved on average by as much as 32 %. The applied method of UF resin modification also had a significant effect on the improvement of water resistance of manufactured boards. It was observed that with increasing the addition of pMDI to UF resin, a considerable decrease in their hydrophilic character was found. Measurements of water resistance showed that the substitution of UF resin with pMDI makes it possible to manufacture boards with increased water

Table 1 Properties of particleboards depending on the amount of pMDI introduced to UF resin

Tablica 1. Svojstva ploča iverica ovisno o količini pMDI-ja u UF ljeplju

Pressing time <i>Vrijeme prešanja</i>	Amount of pMDI <i>Količina pMDI-ja</i>	CH ₂ O ¹	MOR	MOE	IB	TS	V100				
s/mm	%	mg/100g d.m.b ²	N·mm ⁻²			%	N·mm ⁻²				
							15'	30'	60'	90'	120'
22	0	3.60	15.0	2570	1.00	32.3	-	-	-	-	-
	standard deviation		2.3	390	0.10	3.6	-	-	-	-	-
	2.5	3.83	16.1	2620	1.24	29.0	0.06	-	-	-	-
	standard deviation		1.3	70	0.09	2.1	0.01	-	-	-	-
	5	2.95	18.4	2780	1.32	26.7	0.13	0.08	-	-	-
	standard deviation		2.5	290	0.09	1.3	0.05	0.02	-	-	-
	10	2.52	19.6	2960	1.32	25.1	0.30	0.25	0.14	0.10	0.09
	standard deviation		1.7	180	0.10	1.6	0.04	0.04	0.03	0.01	0.02

¹CH₂O – formaldehyde content / *sadržaj formaldehida*; MOR – modulus of rupture / *modul loma*; MOE – modulus of elasticity / *modul elastičnosti*; IB – internal bond / *čvrstoća raslojavanja*; V100 – internal bond after the boiling test / *čvrstoća raslojavanja nakon testa kuhanja*; TS – swelling in thickness after immersion in water / *debljinsko bubrenje nakon uranjanja u vodu*.

²d.m.b.- dry matter of board / *suha tvar ploče*

resistance by 10 to 22 %, measured by board thickness swelling under the influence of soaking in water. Although absolute values of swelling are higher than those specified by the standard, it needs to be taken into account that they were single-layer boards devoid of face layers with a higher resination rate, considerably hindering penetration of water into the boards, and that no additional hydrophobic agents were applied in their manufacture. Tests also showed that boards manufactured with a 10% proportion of pMDI in the glue mixture were characterized by water resistance, measured by internal bond after the boiling test, being generally of the value specified in the standard for type 3 boards (0.09 N·mm⁻² according to PN-EN 312) (Table 1).

As it could have been expected, the introduction of pMDI to UF resin resulted in an improvement of hygienic standard of manufactured boards. Tests conducted in this respect showed that the introduction of pMDI to UF resin at 10 % resulted in a reduction of formaldehyde content in the board by as much as 30 % (Table 1), which is of particular importance in view of the current need to adapt the emission of formaldehyde from wood-based materials to meet the requirements of the California Air Resources Board – CARB, more strict than European standards.

Results of investigations conducted on the potential to reduce pressing time of boards, depending on the amount of pMDI introduced to urea resin, are presented in Table 2. Investigations conducted in this respect showed that particleboards manufactured at each pressing time, irrespective of the amount of pMDI applied as a modifier of UF resin, were characterized by better properties than those of reference boards manufactured under identical conditions, resinated with pure UF resin. Thus, the mean increase in bending strength and internal bond in boards, irrespective of their pressing time, was 16 % and 28 %, respectively, for minimum (2.5 %) and maximum (10 %) amounts of pMDI introduced to urea resin. Moreover, it should be particularly stressed that boards manufactured with a 10 % proportion of pMDI in the glue mixture, irrespective of their pressing time, were characterized by water resistance measured by the V100 test generally consistent

with the value required by the standard for type P3 boards (0.09 N·mm⁻²) (Table 2).

As it could have been expected, with a reduction of pressing time of boards their formaldehyde content increases. As shown by data presented in Table 2, in boards resinated with UF resin with a 10 % addition of pMDI, the content of CH₂O increases from 2.52 to 4.04 mg/100g d.m.b. Still with respect to the control board pressed for the shortest time and resinated with pure UF resin it was found to be by 17 % lower.

In turn, assuming particleboard resinated with pure UF resin and pressed at 22 s/mm thickness as the reference board, it was found that the introduction of pMDI already at 2.5 % makes it possible to manufacture boards with better properties at pressing time reduced by as much as 38 % (16 s/mm). Analyses showed that boards manufactured under such conditions had strength properties higher by 8 and 13 % for bending strength and internal bond, respectively, compared to the reference board (Fig. 1). Moreover, it should be

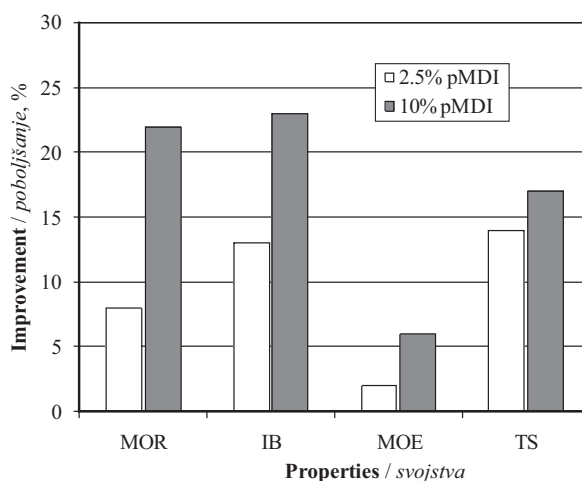


Figure 1 Improvement of board properties manufactured at pressing time reduced to 16 s/mm in relation to properties of the reference board glued with pure UF resin and pressed at 22 s/mm thickness

Slika 1. Poboljšanje svojstava ploča proizvedenih uz smanjeno vrijeme prešanja 16 s/mm u odnosu prema svojstvima referentne ploče lijepljene UF ljepljivom i prešane pri 22 s/mm

Table 2 Properties of particleboards depending on pressing time and the amount of pMDI introduced to UF resin**Tablica 2.** Svojstva ploča iverica ovisno o vremenu prešanja i količini pMDI-a u UF ljeplju

Pressing time <i>Vrijeme prešanja</i>	Amount of pMDI <i>Količina pMDI-ja</i>	CH ₂ O ¹	MOR	MOE	IB	TS	V100				
							N·mm ⁻²				
s/mm	%	mg/100g d.m.b ²	N·mm ⁻²			%	15'	30'	60'	90'	120'
19	0	-	13.9	2450	0.97	31.7	-	-	-	-	-
	standard deviation		1.5	130	0.12	2.3	-	-	-	-	-
	2.5	-	16.1	2540	1.16	30.5	0.04	-	-	-	-
	standard deviation		2.5	310	0.14	2.3	0.01	-	-	-	-
	5	-	18.2	2630	1.26	27.7	0.12	0.08	-	-	-
	standard deviation		2.1	720	0.10	2.3	0.01	0.02	-	-	-
	10	-	18.4	2990	1.25	26.1	0.29	0.24	0.14	0.10	0.10
standard deviation		1.7	140	0.12	1.3	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	
16	0	4.87	13.9	2400	1.00	32.5	-	-	-	-	-
	standard deviation		1.7	370	0.11	2.5	-	-	-	-	-
	2.5	4.73	16.2	2510	1.13	27.8	0.03	-	-	-	-
	standard deviation		1.6	250	0.13	2.1	0.01	-	-	-	-
	5	4.01	17.4	2620	1.12	28.1	0.11	0.08	-	-	-
	standard deviation		1.2	200	0.11	1.7	0.01	0.02	-	-	-
	10	4.04	18.3	2730	1.23	26.7	0.27	0.20	0.11	0.10	0.09
standard deviation		3.8	510	0.13	1.6	0.06	0.05	0.01	0.04	0.02	

¹CH₂O – formaldehyde content / *sadržaj formaldehida*; MOR – modulus of rupture / *modul loma*; MOE – modulus of elasticity / *modul elastičnosti*; IB – internal bond / *čvrstoća raslojavanja*; V100 – internal bond after the boiling test / *čvrstoća raslojavanja nakon testa kuhanja*; TS – swelling in thickness after immersion in water / *debljinsko bubrenje nakon uranjanja u vodu*.

²d.m.b.- dry matter of board / *suha tvar ploče*

emphasized that these boards met the requirements of the standard EN 312 for boards bearing loads and used under dry conditions (MOR 16 N·mm⁻², MOE 2300 N·mm⁻² and IB 0.4 N·mm⁻² for type P4 boards). Such fluctuations of testing results for properties of particleboards manufactured at a reduced pressing time probably result from the fact that pMDI applied as a modifier of UF resin increases the reactivity of resin to such a degree that it facilitates an appropriate course of its cross-linking process, resulting in the manufacture of boards with good mechanical properties and elevated water resistance even at pressing time reduced by almost 40 %.

4 CONCLUSION

4. ZAKLJUČAK

Based on the conducted analyses, it should be stated that the higher the amount of pMDI introduced to UF resin, the bigger the improvement of strength properties and water resistance of manufactured boards. In turn, boards manufactured at a shorter pressing time were characterized by better mechanical and physical properties than reference boards manufactured under identical conditions, resinated with pure UF resin. It should be underlined that boards manufactured with a 10 % proportion of pMDI in the glue mixture, irrespective of their pressing time, were characterized by water resistance measured by the V100 test at the level required by the standard for exterior boards not bearing loads (type P3). Moreover, the introduction of pMDI to urea resin already at 2.5 % made it possible, at pressing time reduced to 16 s/mm, to manufacture boards with better bending strength and internal bond

compared to the reference board, pressed at 22 s/mm. As it could have been expected, the introduction of pMDI to UF resin resulted in an improvement of hygienic standard of manufactured boards.

5 REFERENCES

5. LITERATURA

- Cremonini C.; Pizzi A.; Toro, C. 1997: Improved waterproofing of UF plywood adhesives by melamine salts as glue mix hardeners: system performance optimization. *Holzforschung und Holzverwertung*, 1: 11-15.
- Cremonini, C.; Pizzi, A. 1999: Field weathering of plywood panels bonded with UF adhesives and low proportions of melamine salts. *Eur J Wood Prod*, 57 (5): 318.
- Cremonini, C.; Pizzi, A.; Tekely, P. 1996a: Improvement of PMUF adhesives performance for fireproof plywood. *Eur J Wood Prod*, 54 (1): 43-47.
- Cremonini, C.; Pizzi, A.; Tekely, P. 1996b: Influence of PMUF resins preparation method on their molecular structure and performance as adhesives for plywood. *Eur J Wood Prod*, 54 (2): 85-88.
- Cremonini, C.; Pizzi, A.; Zanuttini, R. 1996c: MUF upgrading and phenol substitution by tannin in PMUFs. *Eur J Wood Prod*, 54 (4): 282.
- Hong, L.; Pizzi, A.; Guanben, D. 2006: Coreacting PMUF/isocyanate resins for wood panel adhesives. *Eur J Wood Prod*, 64 (2): 117-120.
- Mansouri, H.R.; Pizzi, A.; Leban, J.M. 2006: Improved water resistance of UF adhesives for plywood by small pMDI additions. *Eur J Wood Prod*, 64 (3): 218-220.
- Mercer, T.A.; Pizzi, A. 1994: Condensation on the principles of preparatin of melamine-urea formaldehyde resins for particleboards. *Holzforschung und Holzverwertung*, 46 (3): 51-54.
- Pizzi, A.; Walton, T. 1992: Non - emulsifiable, water-based, mixed diisocyanate adhesive system for exterior

- plywood. Part I. Novel reaction mechanisms and their chemical evidence. *Holzforschung*, 46 (6): 541-547.
10. Prestifilippo, M.; Pizzi, A. 1996: Poor performance of PMUF adhesives prepared by final coreaction of a MUF with a PF resin. *Eur J Wood Prod*, 54 (4): 272.
 11. Prestifilippo, M.; Pizzi, A.; Norback, H.; Lavischi, P. 1996: Low addition of melamine salts for improved UF adhesives water resistance (Geringe Zusätze von Melaminsalzen zur Verbesserung der Wasserresistenz von UF-Harzen). *Eur J Wood Prod*, 54 (6): 393-398.
 12. Weinstabl, A.; Binder, W.H.; Gruber, H.; Kantner, W. 2001: Melamine salts as hardeners for urea formaldehyde resins. *J Appl Polym Sci*, 81 (7): 1654-1661.
 13. Zhao, C.; Pizzi, A. 2000: Hot postcuring improvement of MUF-bonded particleboards and its temperature forecasting model. *Eur J of Wood Prod*, 58 (5): 307-308.
 14. *** EN 310 (1993) Wood-based panels. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength.
 15. *** EN 319 (1993) Particleboards and fibreboards. Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board.
 16. *** EN 1087-1 (1999) Particleboards. Determination of moisture resistance. Part 1: Boil test.
 17. *** EN 317 (1993) Particleboards and fibreboards – Determination of swelling in thickness after immersion in water.
 18. *** EN 120 (1994) Wood-based panels. Determination of formaldehyde content. Extraction method called the perforator method.

Corresponding address:

Assistant DOROTA DZIURKA, Ph.D.

Poznań University of Life Sciences
Faculty of Wood Technology
Department of Wood-Based Materials
Wojska Polskiego 38/42
60-627 Poznań, POLAND
e-mail: ddziurka@up.poznan.pl

LABORATORIJ ZA ISPITIVANJE NAMJEŠTAJA I DIJELOVA ZA NAMJEŠTAJ



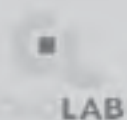
- ovlaštenu laboratorij za ispitivanje kvalitete namještaja i dijelova za namještaj
- istraživanje drvnih konstrukcija i ergonomije namještaja
- ispitivanje zapaljivosti i ekolozičnosti ojaštuenog namještaja
- sudska stručna vještačenja
- ispitivanje materijala i postupaka površinske obrade

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



LGA



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

Analiza zadovoljstva kupaca namještaja

Analysis of Customer Satisfaction in Furniture Market

Prethodno priopćenje • Preliminary paper

Prispjelo – received: 15. 3. 2010.

Prihvaćeno – accepted: 30. 11. 2010.

UDK: 630*79

SAŽETAK • Različitosti stajališta i mišljenja, način života i globalizacija čovječanstva usmjerili su suvremenog čovjeka na široke mogućnosti individualnog odabira. Na tržištu se nude brojni noviteti u kontekstu postojećih globalnih, ali i lokalnih sadržaja, koji se očituju ne više kao trendovi, već kao nove vrijednosti i shvaćanja. Zbog konkurencije istog tipa prodavaonica koje pretežno nude slične ili iste proizvode, uz približno jednake cijene, čimbenici kao što su izgled prodavaonice i prodajno osoblje sve više utječu na izbor prodajnog mjesta i kupnju. U radu je prikazano kako su kupci/korisnici ocijenili mjesto na kojem kupuju namještaj. Istraživanje je provedeno putem anketnog upitnika u četiri prodajna centra. Dobiveni su podaci uspoređeni i statistički obrađeni primjenom χ^2 - testa. Rezultati anketnog upitnika pokazali su da su kupci zadovoljni lokacijom, izborom proizvoda i informacijama o asortimanu proizvoda koje dobivaju od osoblja u prodajnim centrima. Manje su zadovoljni odnosom prodajnog osoblja i izgledom prodajnog mjesta. Najmanje zadovoljstvo iskazali su cijenom i uvjetima plaćanja.

Ključne riječi: namještaj, prodajna mjesta, zadovoljstvo kupaca, χ^2 - test

ABSTRACT • Diversity of attitudes and opinions, different lifestyles, and human globalization offer to the modern man wide possibilities of individual selection. The market provides numerous innovations in the context of existing global and local contents, which do not appear in the form of trends but rather as new values and attitudes. Due to the competition of the same type of shops that mostly offer the same or similar goods at approximately the same price, factors such as the shop layout and sales staff are increasingly influencing the choice of point of sale and purchase. This paper presents how the customers/consumers assessed the place for buying furniture. The research was carried out by a questionnaire survey in four sales centers. The collected data were analyzed statistically using χ^2 - test. The results showed that customers were satisfied with the location, range of products and with information about products received by the staff in sales centers. They were somewhat less satisfied with the treatment of sales center staff and appearance of sales centers. They expressed the least satisfaction with the price and payment conditions.

Key words: furniture, shops, customer satisfaction, χ^2 - test

1. UVOD 1 INTRODUCTION

Sve veća i oštrija konkurencija u gospodarstvu i trgovini pred maloprodavače postavlja zahtjev da se neprestano i iznova prilagođuju sve izbirljivijem i

zahtjevnijem tržištu i da poduzimaju aktivnosti koje će im omogućiti opstanak na tržištu i učiniti ih konkurentnijima. Klasifikacija potrošača na osnovi obilježja prodajnog mjesta omogućuje maloprodavačima bolje razumijevanje prednosti, motiva i stajališta kupaca (Mihić, 2006).

¹ Autori su znanstvena novakinja, asistentica, znanstvena novakinja i profesor Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Republika Hrvatska. ²Autorica je dipl.ing. drvne tehnologije, načelnica sektora, Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva, Republika Hrvatska.

¹ Authors are junior researcher, assistant, junior researcher and professor at Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia. ² Author is B.Sc. of wood technology, Head of the Sector, Ministry of Regional Development, Forestry and Water Management, Croatia.

Zbog konkurencije istog tipa prodajnog mjesta koje pretežno nudi sličnu robu uz približno jednake cijene, činitelji kao što su izgled prodajnog mjesta, uvjeti plaćanja i prodajno osoblje sve više utječu na izbor prodajnog mjesta i kupnju namještaja. Danas su poduzeća prepuna informacija o svojim klijentima, stoga će „pametna poduzeća“ percipirati informacije pri svakoj komunikaciji s potencijalnim kupcem. Komunikacija uključuje kupnju, kontakt s prodajnim osobljem, pozive vezane za usluge i podršku, posjete internetskoj stranici, ankete o zadovoljstvu, studije istraživanja tržišta (Mihčić, 2006).

Usprkos brojnim istraživačima (Garton 1995; Taher i dr., 1996; Miranda i dr., 2005) koji između zadovoljstva potrošača, čimbenika prodajnog mjesta i ponovne kupnje ne nalaze izravnu vezu, postoji i više istraživanja koja pokazuju da zadovoljstvo potrošača prodajnim mjestom znatno utječe na ponovni posjet istome prodajnome mjestu i na uspjeh maloprodavača (Mittal i Kamakura, 2001; Burns i Neisner, 2006).

Rezultati više istraživačkih studija (Sharma i Stafford, 2000; Burns i Neisner, 2006; Donovan i dr., 1994; Turley i Milliman, 2000; Baltasi i Papastathopoulou, 2003) pokazuju da atmosfera i uređenje prodajnog mjesta i ponašanje prodajnog osoblja iznimno utječu na zadovoljstvo prodajnim mjestom, na ponašanje kupaca i na odluku o kupnji. Pritom se osobito ističu uslužnost i učinkovitost osoblja, funkcionalnost opreme i dostupnost robe (Mihčić, 2006).

Ključ nadmetanja konkurencije i stvaranja odnosa s kupcima jest stvaranje veće vrijednosti za kupce i kupčeva zadovoljstva nego što to uspijeva konkurentima. Ističe se da kupci odabiru prodavače, proizvode i usluge na temelju dugoročne vrijednosti što je oni daju njima, a je li kupac zadovoljan i hoće li percipirati tu vrijednost, ovisi o ispunjenju željenih očekivanja (Kotler i dr., 2001).

Prema Kotleru i dr. (2001), zadovoljstvo je osjećaj ugone ili razočaranja koji rezultira usporedbom očekivanih i stvarnih, tj. dobivenih vrijednosti (izvedbe) proizvoda.

Poduzeća danas kao cilj postavljaju visoko zadovoljstvo jer ako je kupac relativno zadovoljan, lako se može odlučiti za drugi proizvod će mu donijeti veće zadovoljstvo. Visoko zadovoljstvo i ispunjena očekivanja stvaraju emocionalni afinitet prema marki, a rezultat je visoka odanost kupaca. Očekivanja kupaca uvjetovana su iskustvima iz prošlih kupnji, savjetima prijatelja i poznanika te informacijama i obećanjima konkurenata. Izazov postizanja potpunog kupčeva zadovoljstva jest stvaranje kulture poduzeća u kojoj svi njezini članovi teže postizanju zadovoljstva kupaca. Važno je ustanoviti koliko je kupaca izgubljeno i koji su razlozi do toga doveli. Stoga je potrebno promijeniti usmjerenje s rasta prodaje na izgradnju odnosa, i to pružanjem visokog zadovoljstva, što uključuje i brigu o kupcima nakon prodaje. Na današnjem tržištu namještaja sve se više očituje potreba proizvodnje i prodaje proizvoda u skladu sa zahtjevima kupaca (Motik i dr., 1999). Mnoga poduzeća u sektoru proizvodnje namještaja i ona koja se bave prodajom namještaja, po-

stali su svjesni da bez provedbe kvalitetnoga marketinškog plana ne mogu očekivati dobre poslovne rezultate na tržištu (Motik i dr., 2004).

To se postiže dobrim marketingom odnosa, koji obuhvaća sve one korake što ih tvrtke poduzimaju kako bi upoznavale i bolje poslužile svakoga pojedinog kupca. Tako će trgovac namještajem kao nadgradnju osnovnih komponenti proizvoda u razvoju svoje robne marke, uz posebne načine prodaje i plaćanja, tržištu ponuditi i usluge poput:

- SmartClient sustava nagrađivanja, koji je poseban oblik „marketinga odnosa“ – CRM aplikacije. SmartClient kartica omogućuje utvrđivanje, izravnu komunikaciju i praćenje svake akcije kupaca izravno od informacijskog sustava, što naručitelju omogućuje analizu potreba kupaca i usmjeravanje svojih akcija za bolje tržišne rezultate,
- do u detalja razrađene logistike isporuke i montaže,
- uputa i pribora za korištenje i održavanje proizvoda,
- servisa i zamjene rezervnih dijelova,
- raznih drugih pogodnosti koje kupac može iskoristiti.

Važnu ulogu u svemu tome imaju inovativnost i inovacijski potencijal poduzeća, koji se mogu smatrati jednim od najvažnijih čimbenika u konkurentnosti poduzeća na tržištu (Hensen i Knowles, 2007). Inovativnost poduzeća izravno utječe na to kako poduzeće prilazi izazovima i problemima koji utječu na mogućnost da ono u budućnosti opstane na tržištu (Jelačić i dr., 2008).

Jedna od glavnih značajki koje kupci očekuju od ponuđača jest visoka kvaliteta proizvoda i usluga. Kvaliteta je ukupnost značajki i obilježja proizvoda ili usluge koje se iskazuju njegovom/njezinom mogućnošću da zadovolji iskazane ili naznačene potrebe. Dizajn ima posebnu ulogu pri stvaranju robne marke (Kotler i dr., 2001). Pri spomenu dizajna, kupac često poistovjećuje proizvode s imenom poduzeća (ili izbora proizvoda) koje mnogo ulaže u istraživanja i razvoj proizvoda, u dizajnerske i marketinške aktivnosti. Rezultat je proizvod koji ima potpis poznatih i priznatih dizajnera. Dijelom je to i trend, no tako dizajnerski oblikovan proizvod na tržištu postiže veću vrijednost, a u kupaca nesvjesno izaziva percepciju bolje kvalitete, funkcionalnosti i izgleda (Domljan i dr., 2005). Uz kvalitetu i dizajn, cijena koordinira odluke proizvođača i kupaca na tržištu proizvoda i usluga.

Cijena je jedna od četiri temeljna elementa marketinškog miksa te obuhvaća brojne odluke vezane za četiri temeljne varijable: proizvod, prodaju i distribuciju, cijenu i promociju, te je ujedno jedini element koji je za poduzeće izvor prihoda, odnosno profita (Kotler i dr., 2001).

Cilj ovog rada jest utvrditi stupanj zadovoljstva kupaca prodajnim centrima namještaja na zagrebačkom tržištu jer ono čini jednu četvrtinu ukupnog tržišta Republike Hrvatske, te utvrditi postoji li razlika u čimbenicima koji utječu na odluku o kupnji.

2. METODE ISTRAŽIVANJA 2 RESEARCH METHODS

Istraživanje je provedeno na tržištu namještaja u četiri prodajna centra namještaja;

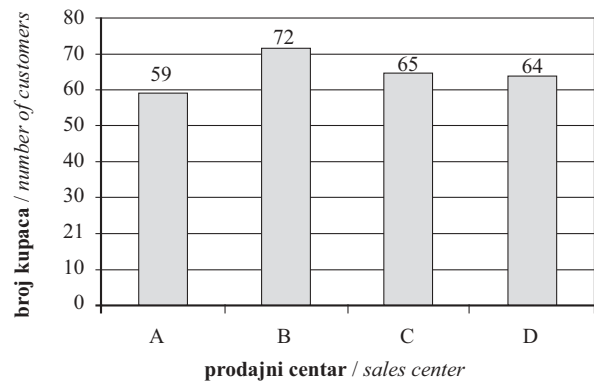
A – u stranom centru, specijaliziranom za opremanje interijera,

B – u robnoj kući s domaćim proizvođačima namještaja,

C – u prodajnom prostoru za opremanje interijera domaćih i stranih proizvođača,

D – u stranoj robnoj kući specijaliziranoj za opremanje interijera s jednim proizvođačem.

Prikupljanje podataka obavljeno je anketnim upitnikom. Nasumično su odabrana četiri prodajna centra namještaja. Kupcima je podijeljeno 400 anketnih upitnika. U svakom od četiri prodajna centra namještaja podijeljeno je 100 anketnih upitnika (sl. 1). Jedan dio anketnih listića nije vraćen, a drugi dio nije ispravno popunjen. U prodajnom centru A, anketni je upitnik ispunilo 59 ispitanika. U prodajnom centru B anketni su upitnik ispunila 72 ispitanika. U prodajnom centru C anketni je upitnik ispunilo 65 ispitanika, a u prodajnom centru D je 64 ispitanika. Od ukupnog broja podijeljenih anketnih upitnika (400), u istraživanje je uvršteno 260 ispitanika čiji su upitnici bili ispravno popunjeni ili 65%.



Slika 1. Broj ispitanika po prodajnim centrima
Figure 1 Number of customers in sales center

Anketni se upitnik sastojao od osam tvrdnji/upita. Dva su se odnosila na zadovoljstvo kupaca u svezi s prodajnim osobljem, dva na prodajnu lokaciju, a četiri na sam proizvod. Za svaku tvrdnju/upit ponuđene su ocjene od jedan do pet kojima su kupci mogli izraziti stupanj zadovoljstva ili nezadovoljstva. Stupanj zadovoljstva kupaca mjereno je uz pomoć ovih elemenata: lokacije prodajnog mjesta, izgleda prodajnog mjesta, informacija osoblja o proizvodu, načina ponašanja osoblja prema kupcu, izbora proizvoda, kvalitete proizvoda, cijene proizvoda i uvjeta plaćanja.

ANKETNI LISTIĆ SURVEY SHEET

Naziv prodajnog mjesta: _____

Adresa prodajnog mjesta: _____

1. Jeste li zadovoljni lokacijom prodajnog mjesta? (Zaokružite samo jednu od ponuđenih tvrdnji: 5- vrlo sam zadovoljan/zadovoljna, 1- nisam zadovoljan/zadovoljna.)

1 2 3 4 5

2. Jeste li zadovoljni izgledom prostora prodajnog mjesta? (Zaokružite samo jednu od ponuđenih tvrdnji: 5- vrlo sam zadovoljan/zadovoljna, 1- nisam zadovoljan/zadovoljna.)

1 2 3 4 5

3. Jeste li zadovoljni informacijama koje dobivate od osoblja prodajnog mjesta o proizvodu koji želite kupiti? (Zaokružite samo jednu od ponuđenih tvrdnji: 5- vrlo sam zadovoljan/zadovoljna, 1- nisam zadovoljan/zadovoljna.)

1 2 3 4 5

4. Jeste li zadovoljni načinom ophođenja osoblja prodajnog mjesta prema vama? (Zaokružite samo jednu od ponuđenih tvrdnji: 5- vrlo sam zadovoljan/zadovoljna, 1- nisam zadovoljan/zadovoljna.)

1 2 3 4 5

5. Jeste li zadovoljni izborom proizvoda? (Zaokružite samo jednu od ponuđenih tvrdnji: 5- vrlo sam zadovoljan/zadovoljna, 1- nisam zadovoljan/zadovoljna.)

1 2 3 4 5

6. Jeste li zadovoljni kvalitetom proizvoda? (Zaokružite samo jednu od ponuđenih tvrdnji: 5- vrlo sam zadovoljan/zadovoljna, 1- nisam zadovoljan/zadovoljna.)

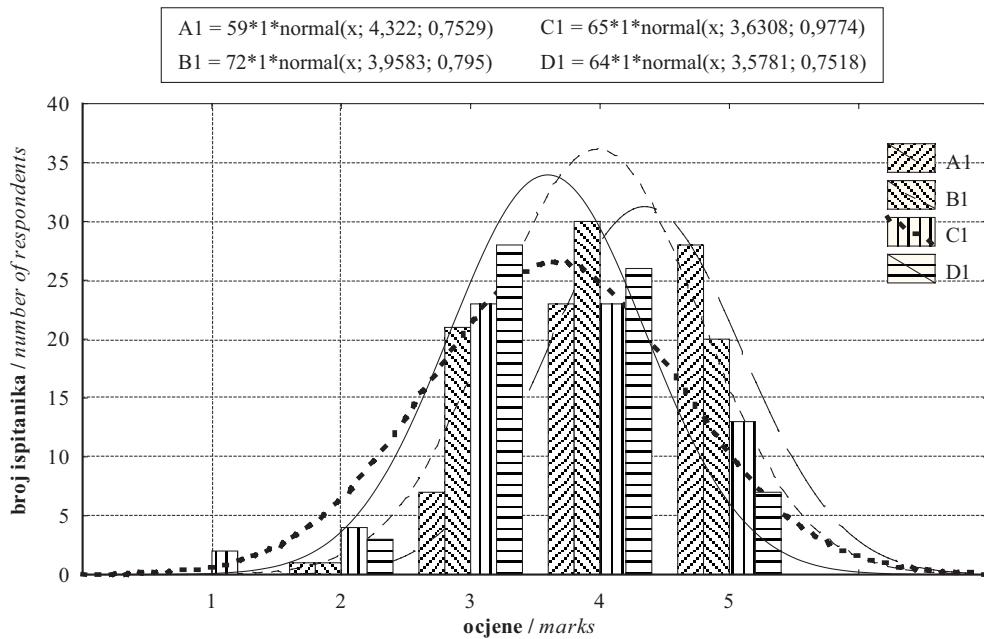
1 2 3 4 5

7. Jeste li zadovoljni cijenom proizvoda? (Zaokružite samo jednu od ponuđenih tvrdnji: 5- vrlo sam zadovoljan/zadovoljna, 1- nisam zadovoljan/zadovoljna.)

1 2 3 4 5

8. Jeste li zadovoljni uvjetima plaćanja proizvoda? (Zaokružite samo jednu od ponuđenih tvrdnji: 5- vrlo sam zadovoljan/zadovoljna, 1- nisam zadovoljan/zadovoljna.)

1 2 3 4 5



Slika 2. Ocjene zadovoljstva kupaca lokacijom prodajnog mjesta (histogram frekvencija)
Figure 2 Customer satisfaction with the location of sales center (histogram of multiple variables)

U ovom smo radu radi mogućnosti usporedbe promatranih centara kao metodu primijenili χ^2 - test, kako bismo utvrdili postoji li u ispitanika prodajnih centara razlika u zadovoljstvu.

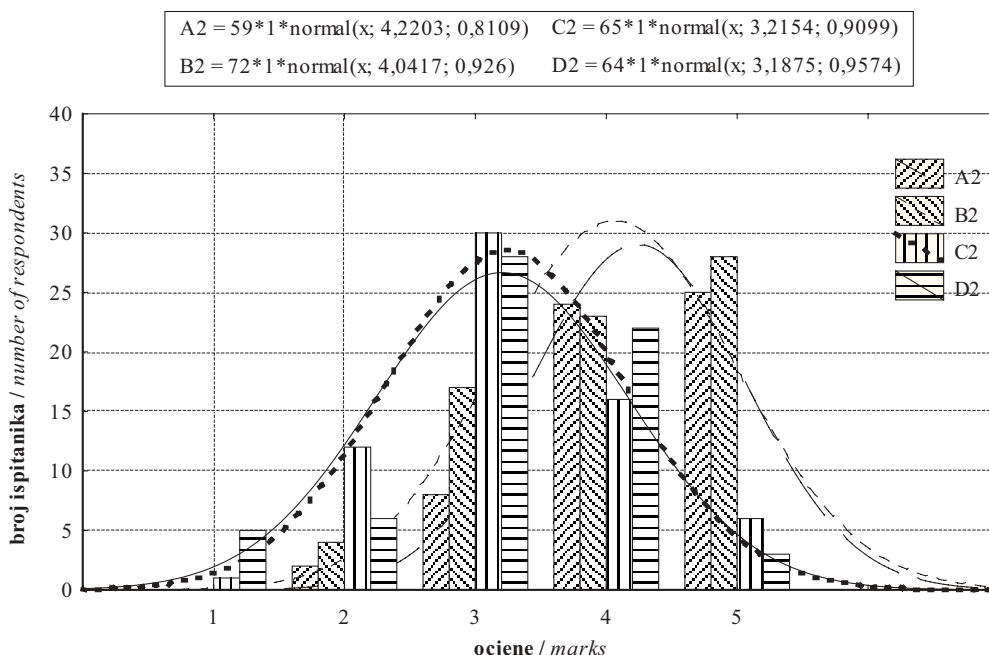
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 3 RESEARCH RESULTS

Na prvo pitanje o zadovoljstvu lokacijom prodajnog mjesta (sl. 2) ispitanici su odgovorili prosječnom ocjenom 3,9. Ispitanici prodajnog centra A izjasnili su se kako su vrlo zadovoljni lokacijom (prosječna ocjena 4,3). Nešto manje zadovoljstvo lokacijom prodajnog mjesta iskazali su ispitanici prodajnog centra B

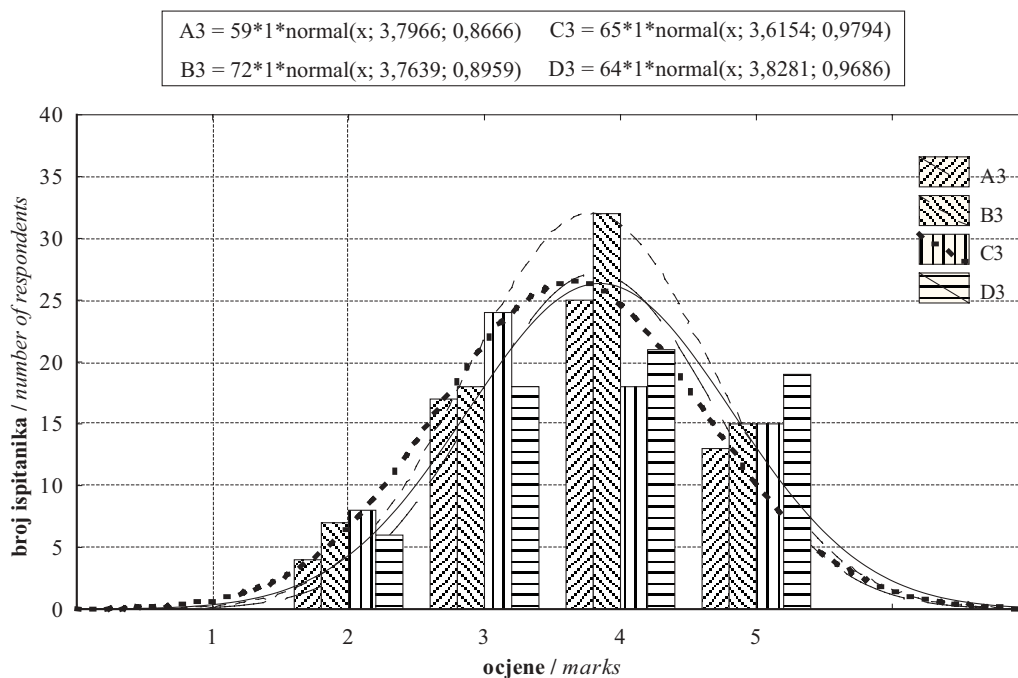
(prosječna ocjena 4,0), dok su najniže ocjene dali ispitanici prodajnih centara C i D (prosječna ocjena 3,6).

Prema rezultatima prikazanim na slici 3, ispitanici prodajnog centra A izjasnili su se da su vrlo zadovoljni izgledom prodajnog centra (prosječna ocjena 4,2), manje su zadovoljni ispitanici prodajnog centra B (prosječna ocjena 4,0). Nižom ocjenom iskazali su zadovoljstvo izgledom prodajnog mjesta ispitanici prodajnih centara C i D (prosječne ocjene 3,2).

Iz slike 4. vidljivo je da su ispitanici u prodajnim centrima A, B, C i D podjednako zadovoljni dobivenim informacijama o izboru proizvoda. Najviše ocjene dali su ispitanici u prodajnom centru D (prosječna ocjena 3,8).



Slika 3. Ocjene zadovoljstva kupaca izgledom prodajnog mjesta (histogram frekvencija)
Figure 3 Feedback satisfaction with the appearance of sales center (histogram of multiple variables)



Slika 4. Ocjene zadovoljstva kupaca informacijama o izboru proizvoda (histogram frekvencija)

Figure 4 Customer satisfaction with received information about the range of products (histogram of multiple variables)

Iz slike 5, prema prosječnim ocjenama, vidljivo je da su ispitanici najveće zadovoljstvo iskazali načinom ophođenja osoblja u prodajnom centru B, za koje prosječna ocjena iznosi 3,7. Najveći broj ispitanika, njih 113, dalo je ocjenu 4 za način ophođenja osoblja.

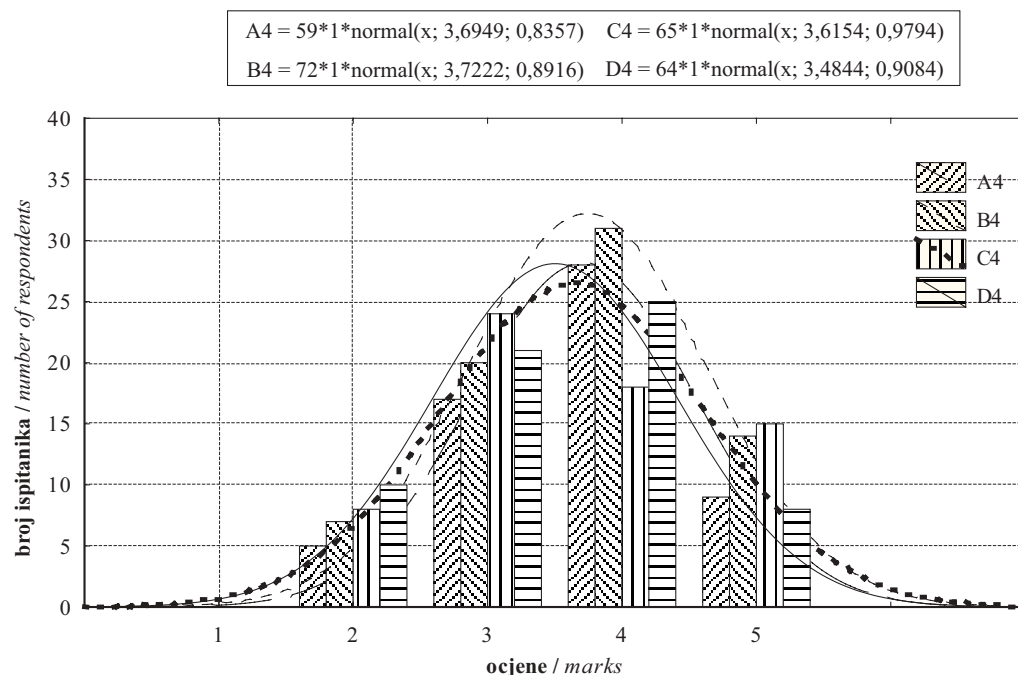
Nadalje, ispitanici prodajnog centra D izjasnili su se kako su prilično zadovoljni izborom proizvoda prodajnog centra (prosječna ocjena 4,0), dok su podjednako zadovoljni u prodajnim centrima A, C i D, gdje je prosječna ocjena 3,8, što je i vidljivo na slici 6.

Na pitanje o kvaliteti proizvoda (sl. 7), ispitanici prodajnog centra A ocijenili su svoje zadovoljstvo

prosječnom ocjenom 3,5, a kupci prodajnog centra B i C iskazali su podjednako zadovoljstvo, i ocijenili ga prosječnom ocjenom 3,6. Ispitanici prodajnog centra D svoje su zadovoljstvo kvalitetom proizvoda ocijenili prosječnom ocjenom 3,8.

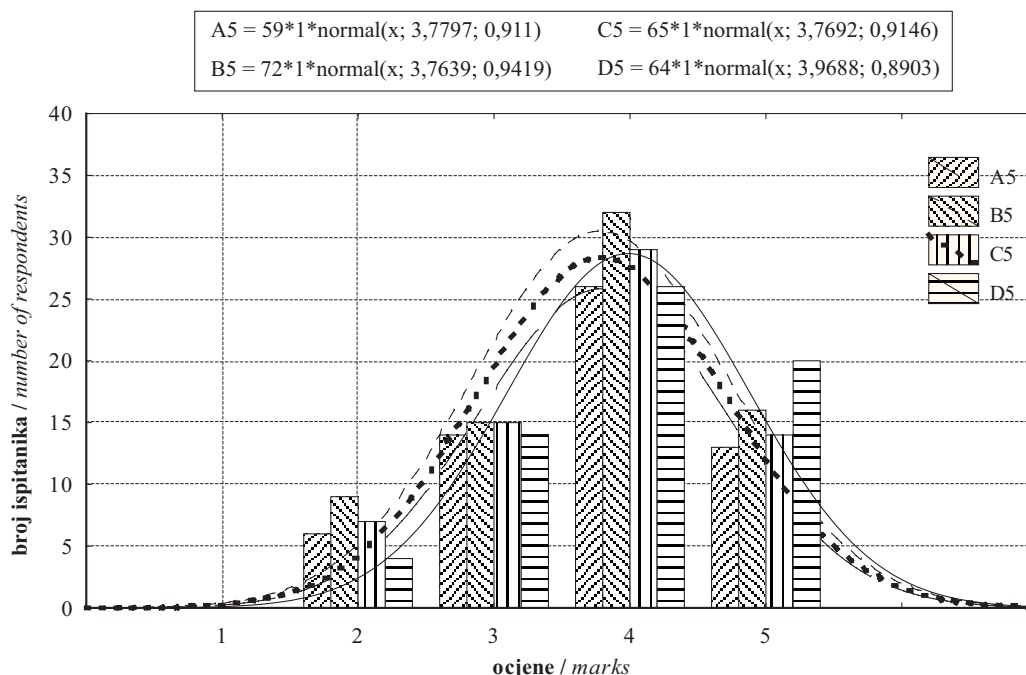
U svim prodajim centrima vidljivo je da su kupci najmanje zadovoljstvo iskazali cijenom proizvoda, što je vidljivo iz prosječne ocjene koja iznosi 3,2 za prodajne centre B, C i D, a za prodajni centar A ona iznosi 3,3 (sl. 8).

Iz slike 9. vidljivo je kako su kupci prodajnih centara A i D zadovoljniji uvjetima plaćanja (prosječna



Slika 5. Ocjene zadovoljstva kupaca načinom ophođenja osoblja prodajnog mjesta (histogram frekvencija)

Figure 5 Customer satisfaction with the treatment of sales center staff (histogram of multiple variables)



Slika 6. Ocjene zadovoljstva kupaca izborom proizvoda (histogram frekvencija)
Figure 6 Customer satisfaction with the range of products (histogram of multiple variables)

ocjena 3,7 i 3,5), nešto su manje zadovoljni uvjetima plaćanja u prodajnom centru B (prosječna ocjena 3,4), a najmanje su zadovoljni u prodajnom centru C (prosječna ocjena 3,2).

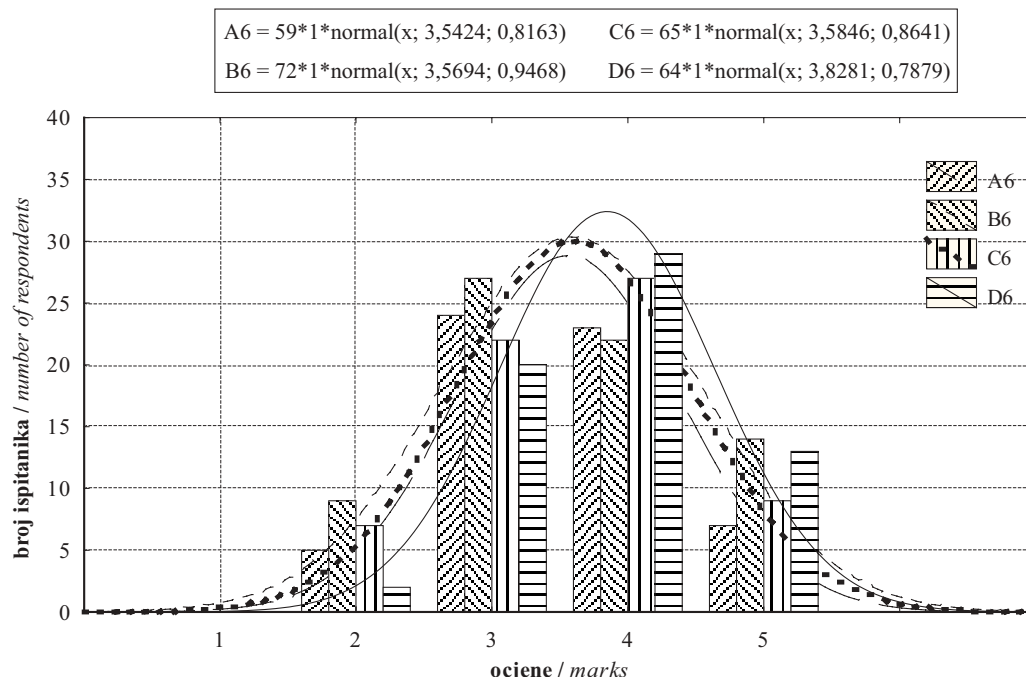
Za utvrđivanje značajne razlike u odgovorima na pitanja između prodajnih centara postavljena je nulta hipoteza, H_0 : Nema značajne razlike u odgovorima na pitanja između prodajnih centara A, B, C i D. Nultu smo hipotezu testirali na razini značajnosti 0,05.

Za prvo pitanje „Jeste li zadovoljni lokacijom prodajnog mjesta?“ je χ^2 - test u prodajnim centrima A, B, C i D pokazao da postoji značajna razlika u zadovoljstvu kupaca lokacijom prodajnog mjesta ($\chi^2=34,44$,

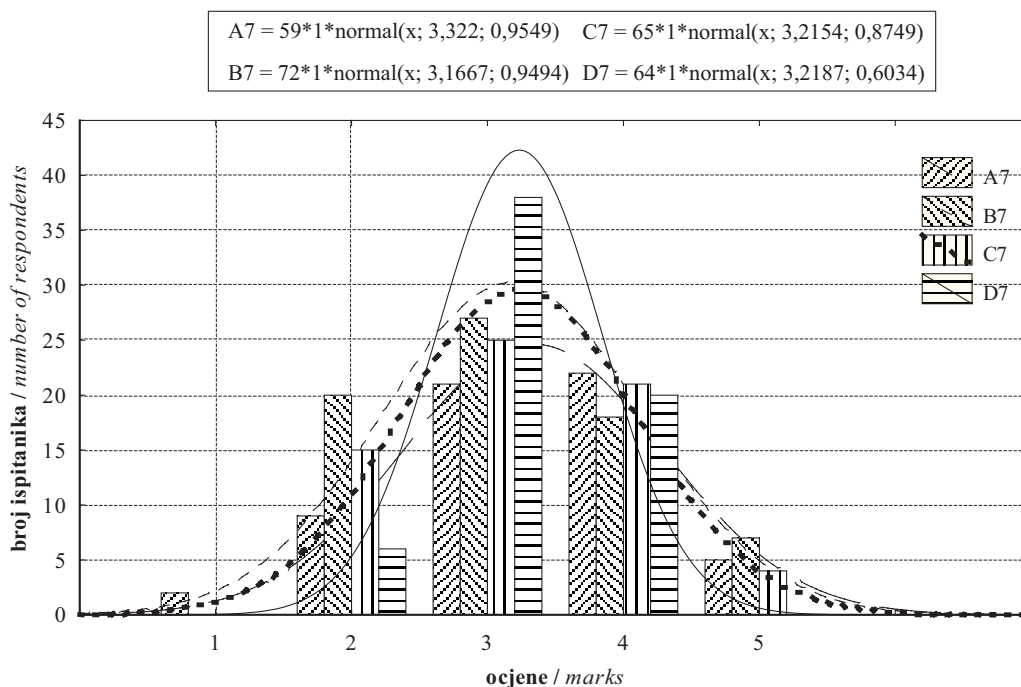
$p = 0,000$, $df = 9$). Pojedinačnim testiranjem utvrđeno je da značajnu razliku čine odgovori iz centara A i D.

Koristeći se χ^2 - testom za drugo pitanje „Jeste li zadovoljni izgledom prostora prodajnog mjesta?“, ustanovljeno je da postoji značajna razlika u odgovorima između prodajnih centara A, B, C i D ($\chi^2=59,66$, $p = 0,0000$, $df = 9$). Daljnjim testiranjem dobiven je rezultat da odgovori na pitanja iz prodajnih centara A, B i D pokazuju značajnu razliku.

Primjenom χ^2 - testa i na ostala pitanja (od 3 do 7) rezultati su pokazali da nema značajne razlike u odgovorima ispitanika prodajnih centara, što je vidljivo i na slici 10. No za osmo pitanje „Jeste li zadovoljni uvjeti-



Slika 7. Ocjene zadovoljstva kvalitetom proizvoda (histogram frekvencija)
Figure 7 Customer satisfaction with the quality of products (histogram of multiple variables)



Slika 8. Ocjene zadovoljstva cijenom proizvoda (histogram frekvencija)

Figure 8 Customer satisfaction with the price of products (histogram of multiple variables)

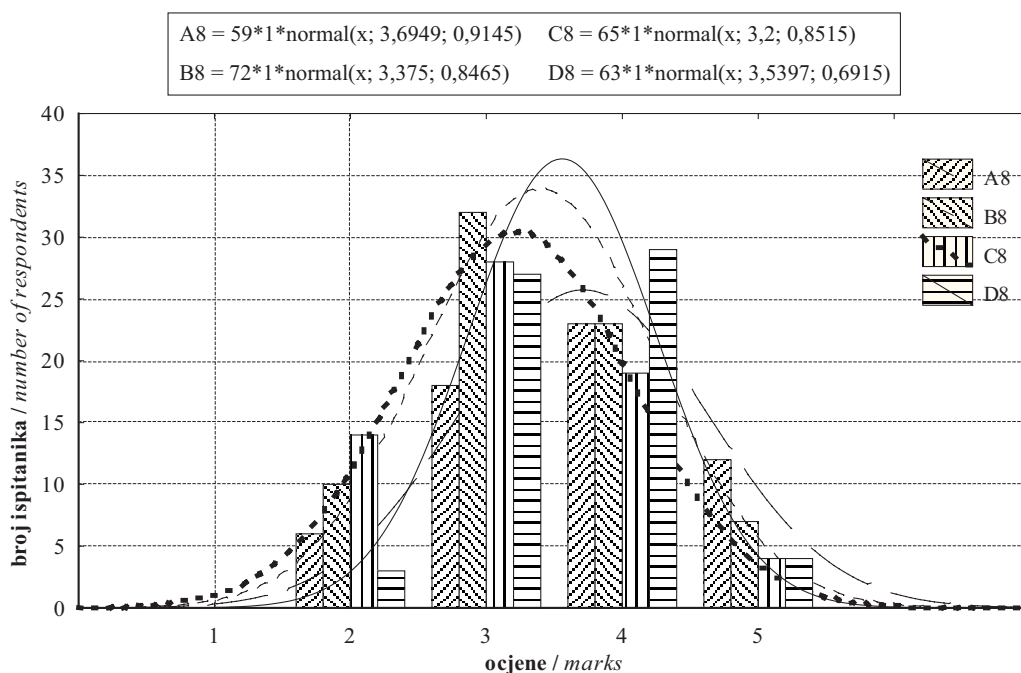
ma plaćanja proizvoda?“ postoji statistički značajna razlika ($\chi^2=20,17, p = 0,017, df = 9$).

4. ZAKLJUČAK 4 CONCLUSION

Visoko zadovoljstvo i ispunjena očekivanja stvaraju emocionalni odnos prema marki, a rezultat je visoka lojalnost kupaca. Krajnji kupac danas je sve zahtjevniji, a u nedostatku vremena da sam oblikuje ideju, on želi vidjeti, osjetiti i dodirnuti cjelovito oblikovan stambeni prostor ili barem određenu prostoriju koja će biti izložena pred njim, umjesto pojedinačnih komada

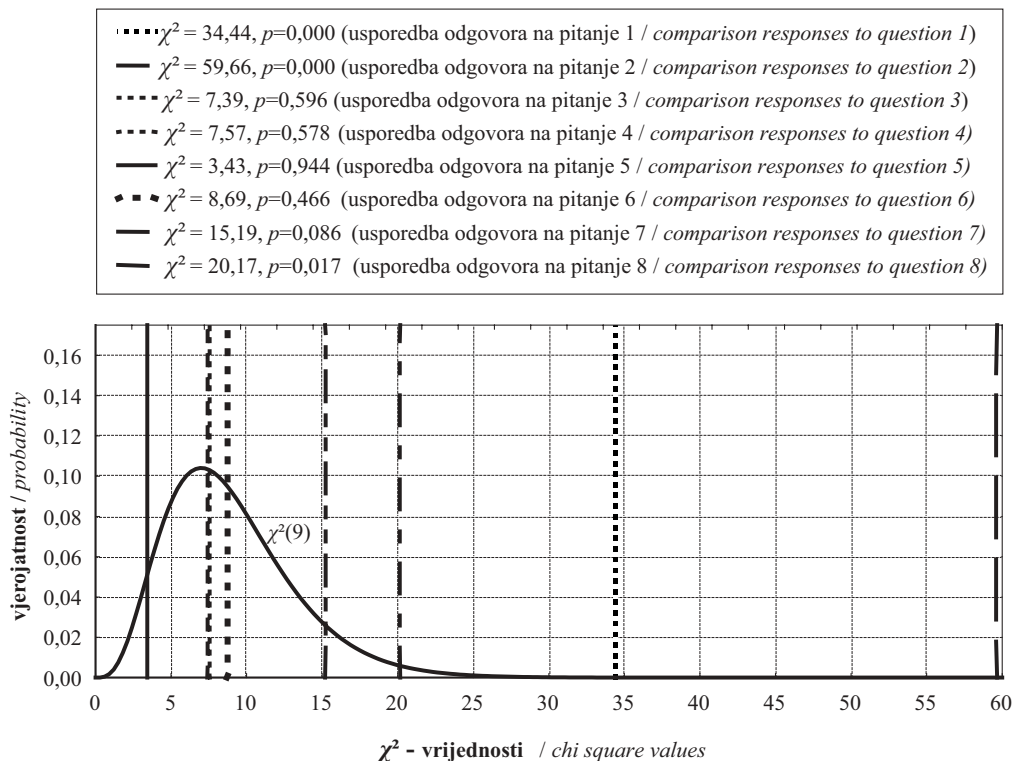
namještaja razbacanih u nekom izložbeno – prodajnom salonu.

Istraživanjem je utvrđeno da je lokacija prodajnog mjesta najvažniji element (prosječna ocjena 3,9) za odluku o kupnji proizvoda. Također, vrlo su se važnim elementima pri odluci o kupnji pokazali izbor proizvoda i informacije koje kupac dobiva o proizvodu (prosječne ocjene 3,8). Jednako, proizvođači i prodavači trebaju staviti naglasak na razvoj odnosa s kupcima i njihovo poboljšanje te nastojati razumjeti ekonomsko stanje kupca, što je i ujedno uloga marketinga, i njegova stalnog razvoja unutar tvrtke. Prema rezultatima istraživanja, može se zaključiti da prodajni centri ve-



Slika 9. Ocjene zadovoljstva uvjetima plaćanja (histogram frekvencija)

Figure 9 Customer satisfaction with payment conditions (histogram of multiple variables)



Slika 10. χ^2 - test odgovora na pitanja iz anketnog upitnika
Figure 10 χ^2 - test responses to questions from the questionnaire survey

liku pozornost pridaju izgledu prodajnog prostora (prosječna ocjena 3,7), a manju važnost daju razumijevanju ekonomskog stanja kupaca. Svaki prodajni centar treba težiti potpunom zadovoljenju potreba kupaca jer će se samo zadovoljan kupac ponovno vratiti i odlučiti za kupnju.

5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. Burns, D.J.; Neisner, L., 2006: Customer satisfaction in a retail setting, *International Journal of Retail & Distribution Management*, 34 (1): 49 - 66.
2. Baltas, G; Papastathopoulou, P., 2003: Shopper characteristics, product and store choice: a survey in the Greek grocery sector, *International Journal of Retail & Distribution Management*, 31 (10): 498 - 507.
3. Domljan, D.; Grbac, I.; Motik, D.; Radović, R., 2005: Aktivnosti u procesu izrade Operativnog programa razvoja industrijske prerade drva, studija Razvoj novih proizvoda u funkciji izvoza drvnog sektora – brand drvnog sektora, Sveučilište u Zagrebu Šumarski fakultet, MPŠVG, Zagreb, 16 - 17.
4. Donovan, R.J.; Rossister, J.R.; Marcoolyn, G.; Nesdale, A., 1994: Store atmosphere and purchasing behavior, *Journal of Retailing*, 70 (3): 283 - 294.
5. Garton, P.A., 1995: Store loyal? A view of differential congruence, *International Journal of Retail & Distribution Management*, 23 (12): 29 - 35.
6. Hensen, E.; Knowles, C., 2007: Measuring Innovativeness in North American Soft Sawmills. *Forest Business Solutions Research Brief*, Oregon State University, 2,(5).
7. Jelačić D.; Pirc, A.; Hornakova, R. 2008: Inovacijski potencijal hrvatskih tvrtki za preradu drva i proizvodnju namještaja, *Drvena industrija*, 59 (3): 99 - 105.
8. Kotler, P.; Wong, V.; Saunders J., 2001: *Osnove marketinga*, Mate, Zagreb.

9. Mihić, M., 2006: Segmentacija kupaca u supermarketima na osnovi njihova zadovoljstva prodajnim osobljem i izgledom prodavaonice: Multivarijantna analiza, *Ekonomski pregled*, Zagreb, 57 (12): 919 - 938.
10. Mitchell, V.W.; Kiral, R.H., 1998: Primary and secondary store-loyal customer perceptions of grocery retailers, *British Food Journal*, 100 (7): 312 - 319.
11. Motik, D.; Kusa, A.; Jazbec, A.; Jelačić, D., 2004: Comparison of furniture demand in Croatia and Slovakia, *Forest Products Journal*, 54 (12): 85 - 89.
12. Motik, D.; Jelačić, D.; Čapo, J., 1999: Istraživanja sklonosti posjetitelja na Zagrebačkom sajmu namještaja, *Drvena industrija*, 50 (3): 149 - 157.
13. Miranda, M.J.; Kónya, L.; Havrila, I., 2005: Shoppers' satisfaction levels are not the only key to store loyalty, *Marketing Intelligence & Planning*, 23 (2): 220-232.
14. Sharma, A.; Stafford, T.F., 2000: The effect of retail atmospherics on customers perceptions of salespeople and customer persuasion: an empirical investigation, *Journal of Business Research*, 49: 183 - 191.
15. Taher, A.; Leigh, T.W.; French, W.A., 1996: Augmented retail services: the lifetime value of affection?, *Journal of Business Research*, 35 (3): 217 - 228.
16. Turley, L.W.; Milliman, R.E., 2000: Atmospheric effects on shopping behavior: a review of the experimental evidence, *Journal of Business Research*, 49 (2): 193 - 211.

Corresponding address:

Assistant IVANA PERIĆ, B.Sc.

University of Zagreb, Faculty of Forestry
 Department of Wood Technology
 Svetošimunska 25
 Zagreb, CROATIA
 e-mail: iperic@sumfak.hr

Osnovni materijali za proizvodnju drvno-plastičnih kompozita

Basic Materials for Manufacturing Wood-Plastic Composites

Pregledni rad • Review paper

Prispjelo – received: 14. 4. 2010.

Prihvaćeno – accepted: 30. 11. 2010.

UDK: 630*863

SAŽETAK • U ovom radu sumirana su i sistematizirana dosadašnja istraživanja svojstava osnovnih materijala za proizvodnju drvno-plastičnih kompozita (engl. Wood-plastic composites – WPC). Analizirana su svojstva drvnih i polimernih materijala, te njihov utjecaj na preradivost, te fizikalna i mehanička svojstva kompozita u uvjetima uporabe.

WPC ima vrlo dobra svojstva u različitim uvjetima uporabe, te se pokazao kao jedno od rješenja problema prikladnog zbrinjavanja sve veće količine organskog i plastičnog ostatka. Specifičnosti pojedinih vrsta osnovnih drvnih i plastičnih materijala, mogućnosti njihove modifikacije i razne kombinacije omogućuju izradu različitih tipova kompozita, a time i oblikovanje krajnjih proizvoda točno određenih svojstava.

Udio sintetičkih polimera i dodataka za poboljšanje strukture kompozita ne čini ih u potpunosti ekološki prihvatljivim materijalima, no WPC materijale potrebno je unapređivati i, općenito, širiti njihovu uporabu.

Ključne riječi: drvno-plastični kompoziti (WPC), drvni i plastični osnovni materijal, svojstva drvno-plastičnih kompozita, fizikalno-mehanička svojstva

ABSTRACT • This paper summarizes and systemizes research results of the characteristics of the basic materials for manufacturing wood-plastic composites (WPC). The properties of wood and polymer materials are discussed as well as their impact on processing, physical and mechanical properties and composite properties under conditions of use.

WPCs have very good properties in different conditions of use, and they proved to be one of the solutions for proper disposal of ever increasing quantities of organic and plastic residues. Specific features of certain types of the basic organic and plastic materials, the possibility of their modification and combination of materials, enable the production of different types of composites, and also of forming final products of specific characteristics.

Due to the presence of synthetic polymers and additives for structural improvement of composites, these materials are not completely environmentally friendly, but efforts should be taken to improve the WPCs and generally to increase their use.

Key words: Wood-plastic composites (WPC), organic and plastic basic material, WPC properties, physical-mechanical properties

¹ Autori su, redom, asistent, izvanredni profesor i docent na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Republika Hrvatska.

¹ Authors are assistant, associated professor and assistant professor at Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

1. UVOD 1 INTRODUCTION

Posljedica današnjeg načina života i razvoja civilizacije jest onečišćenje okoliša zbog odlaganja velikih količina otpada koji nastaje tijekom procesa proizvodnje, te nakon odlaganja proizvoda. Važno je istaknuti da je danas prevladala spoznaja kako je otpad najčešće važan izvor visokovrijednih sirovina iz kojih se različitim postupcima recikliranja dobiva novi proizvod, jer otpad čine različite vrste materijala kao što su metal, plastika, drvo i drveni proizvodi. U drvnoj industriji tijekom prerade drva, ali i tijekom obrade u šumi, nastaje drveni otpad „bez tehničke vrijednosti“, koji je pogodan za recikliranje. Slično se može reći i za plastične materijale odnosno za plastični otpad. Plastični su materijali zapravo polimerni materijali odnosno sintetički polimeri dobiveni različitim tehnološkim postupcima sinteze, a znatno se razlikuju od prirodnih polimera (celuloze, kože, svile, vune, prirodnog kaučuka...). Kako plastični materijali imaju široku primjenu kao ambalažni materijali, kao materijali u graditeljstvu, tekstilnoj industriji, medicini itd., pojavljuju se i velike količine otpada. Osnovni nedostatak plastičnih materijala jest to što se nakon odlaganja ne uklapaju u prirodne tokove razgradnje, te dugo zaostaju nerazgrađeni u prirodi. Plastični otpad, jednako kao i drveni otpad, visoko je vrijedna sirovina za recikliranje. Jedan od pogodnih načina recikliranja jest proizvodnja drvno-plastičnih kompozita (WPC).

Posljednjih petnaestak godina u svijetu je uveden niz istraživanja s područja izrade i primjene drvno-plastičnih kompozita. Istraživan je odabir odgovarajućeg tipa osnovnog materijala (čistoga ili recikliranoga) i definiranje njihova određenog omjera, razvoj proizvodnih postupaka, ispitivanje svojstava dobivenog WPC-a, primjena i dizajn krajnjih proizvoda te njihovo prihvaćanje na tržištu. Dakle, razvoj WPC materijala ima velik broj mogućnosti u dobivanju kompozita različitih svojstava, a time i u oblikovanju i svojstvima krajnjih proizvoda. Stoga su današnja istraživanja usmjerena na točno definiranje svih parametara. Zbog povećanih zahtjeva na primjenska svojstva proizvoda razvijaju se drvno-plastični kompoziti unaprijeđenih svojstava zbog nove strukturne građe WPC-a, čija primjena omogućuje inovativniji dizajn proizvoda.

Reciklirani drveni i polimerni materijali kao osnova za izradu WPC-a jeftiniji su i samim je time veća ekonomska isplativost korištenja takvih materijala. No valja napomenuti da su takvi materijali često drugačijih, nižih svojstava u odnosu prema izvornim (čistim) materijalima, pa je nužno daljnje istraživanje i pronalaženje novih područja primjene.

2. DRVNO-PLASTIČNI KOMPOZITI 2 WOOD-PLASTIC COMPOSITES

Drvno-plastični kompoziti (WPC) kompozitni su materijali u kojima je polimerni materijal matrica u kojoj je drveni materijal dispergirani kao punilo. Riječ drvo u terminu drvno-plastični kompoziti odnosi se na

drvo kao aproksimaciju za materijale biljnoga (organ-skog) podrijetla. Pritom se pod pojmom drvo najčešće smatraju drveni produkti: drvno brašno, piljevina ili ostaci drvenastih poljoprivrednih biljaka (Klyosov, 2007). No bez obzira na mogućnosti izrade kompozita iz sekundarnih lignoceluloznih materijala, WPC se najčešće izrađuju primjenom namjenskoga ili recikliranoga cjelovitog drva listača i četinjača. Nedrvnim lignoceluloznim materijalom smatraju se vlakanca iz ostataka odrvenjelih jednogodišnjih i višegodišnjih poljoprivrednih biljaka (liko konoplje, lana, ramije, jute, kenafa; ljuskice riže; kora kokosova oraha; listovi sisala, ananasa, uljnih palmi i dr.). Općenito, duga vlakanca navedenih biljaka smatraju se vrlo dobrim punilima za WPC, no relativno se rijetko upotrebljavaju zbog svoje duljine, ali i velike higroskopnosti i neujednačenih svojstava. Polimeri su materijali velikih molekularnih masa čije se molekule sastoje od uzastopno ponovljenih osnovnih jedinica (mera), a svojstva su im uvjetovana kemijskim sastavom i strukturnom građom molekula (Carley, 1993; Janović, 1997). Uz navedene osnovne komponente WPC-a, za poboljšanja njegovih svojstava i lakoće izrade kompozita dodaju im se i različiti dodaci. Najčešće upotrebljavani dodaci su usporivači gorenja, pigmenti, omekšivači, punila i dr. (Mali i sur., 2003).

WPC možemo smatrati „pravim“ kompozitnim materijalom, sa svim svojstvima, nedostacima i prednostima osnovnih materijala od kojih su izrađeni (Sain i Pervaiz, 2008). Morfologija njihove strukture ima vrlo bitnu ulogu u definiranju njihovih uporabnih svojstava. Primjerice, izvrsna otpornost plastičnih materijala na djelovanje vlage i vode u usporedbi s drvom izravno je povezana s molekulskom strukturom plastike uporabljene za izradu kompozita i čini WPC trajnijim i atraktivnijim. Upravo su zato WPC materijali našli primjenu kao nenosivi i djelomično opterećeni dijelovi sklopova, podne i zidne obloge, vanjske fasadne obloge, elementi mostova, dijelovi za elemente interijera u avionskoj i automobilskoj industriji itd.

2.1. Drvo i drveni produkti

2.1 Wood and wood products

Drvo, odnosno drveni produkti - drvno brašno, piljevina, drvena vlakna osnovne su komponente WPC materijala. Veličina i oblik drvene komponente presudno utječu na krajnja, uporabna svojstva kompozita. Stoga je razvijen niz metoda pripreme drvnog materijala za WPC. Međutim, najkomercijalnije metode rezultiraju izradom određenih vrsta vlakana ili granulata (Clemons, 2008). Drvena vlakna dobivaju se različitim metodama koje najčešće obuhvaćaju neku vrstu mehaničkoga ili kemijskog razdvajanja cjelovitog drva. Naravno, takvi postupci pripreme drvnog materijala izravno mijenjaju njegova svojstva, a samim time mijenjaju se i svojstva gotovog WPC-a. Drvena vlakna dobro su punilo za WPC zbog velikog omjera njihova promjera i duljine zbog kojega imaju visoku čvrstoću i mogućnost dobrog prijenosa naprežanja unutar drvom ispunjene plastomerne matrice. Međutim, zbog tehnoloških problema izrade WPC-a primjenom drvnih vlakana kao

punila, ta vrsta drvnog materijala relativno se rijetko upotrebljava. Osnovni nedostatak drvnih vlakana za proizvodnju WPC-a upravo je njihova duljina koja smanjuje mogućnost tečenja drvom ispunjenog plastičnog materijala pri preradi.

Zbog navedenih razloga češće upotrebljavani oblik drvnog materijala jest drvno brašno. Termin drvno brašno donekle je višeznačan i odnosi se na drvo svedeno na sitne, razdvojene čestice, veličinom, izgledom i strukturom najbližije brašnu žitarica (Reineke, 1966). Iako se prema svemu navedenome može naslutiti da drvno brašno, zbog malog omjera duljine i promjera, nije dobro punilo plastomerne matrice pri proizvodnji WPC-a, ono sasvim udovoljava toj namjeni. Drvno je brašno jeftin materijal i tehnološki je proces proizvodnje kompozita primjenom brašna kao punila jednostavniji. Drvno se brašno najčešće dobiva dodatnim usitnjavanjem pilanskih ostataka, te iz piljevine, blanjevine i bruševine nastale kao nusprodukt pri obradi cjelovitog drva. Naravno, drvno se brašno može dobiti i recikliranjem uporabljenih gotovih drvnih proizvoda (telefonskih stupova, kolutova za kablove, otpadnih ploča iverica, vlaknatica i dr.). Iako ne postoji standardna metoda za proizvodnju drvnog brašna, osnovne faze njegove proizvodnje jesu (I) smanjenje dimenzija cjelovitog drva korištenjem različitih tipova mlinova te (II) klasifikacija dimenzija dobivenog brašna prosijavanjem ili zračna klasifikacija (Reineke, 1966). Veličina zrnaca drvnog brašna definira se otvorem oka sita i standardizirana je odrednicama normi u različitim zemljama svijeta.

Za proizvodnju WPC-a upotrebljavaju se različite vrste drvnog brašna. Njihov izbor najčešće ovisi o regionalnoj dostupnosti sirovine za njihovu proizvodnju. Od vrsta drva za proizvodnju drvnog brašna najčešće se upotrebljavaju bor, smreka, javor i hrast, no mogu se rabiti i ostale vrste. No pri izboru vrste drva za punilo, prednost bi trebalo dati vrstama s manje akcesornih tvari (ponajprije tanina), poput jele, breze i javora. Osnovni razlog za to je činjenica da su akcesorne tvari izuzetno podložne toplinskoj degradaciji. Prilikom proizvodnje kompozita, zbog primjene visoke temperature ($\approx 200^\circ\text{C}$), razgrađuju se lignin i akcesorne tvari i u strukturi kompozita stvaraju se mikrošupljine. Nastale mikrošupljine smanjuju gustoću kompozita i njihova fizikalno-mehanička svojstva te su mjesto potencijalnoga biološkog napada gljiva uzročnica promjene boje i truleži. Dodatni razlog za to je činjenica što su određene akcesorne tvari lako topljive u vodi, a samim time i lako isperive, te se migracijskim i sorpcijskim procesima mogu izlučiti na površinama kompozita, na kojima nakon evaporacije ostaju tamne mrlje. Tanini su kao vodotopljivi fenolni i polifenolni spojevi posebice nepovoljni kemijski sastojci jer sa solima željeza uzrokuju pojavu izuzetno tamna obojenja na površini WPC-a. Ta je činjenica i razlog zašto pojedine vrste kompozita, posebice onih proizvedenih od hrastove drvene sirovine, potamne na mjestima pritisnutima metalnim veznim elementima (spojnicama, vijcima i čavlima). Takve se mrlje mogu odstraniti isključivo oksidacijskim procesima, odnosno uporabom sredsta-

va za čišćenje na bazi oksalne kiseline. Ta kiselina ima sposobnost redukcije, na čemu se osniva razaranje boja nastalih oksidacijom (Ljuljka, 1990).

2.1.1. Svojstva drva i drvnih produkata

2.1.1 Properties of wood and wood products

Svojstva drvnog brašna i/ili drvnih vlakana u mnogočemu su drugačija od svojstava cjelovitog drva od kojega su izrađeni. Sam postupak proizvodnje, koji se gotovo uvijek provodi pri povišenom tlaku i/ili temperaturi, mijenja kemijska svojstva površine drva, njegovu gustoću, sadržaj vode, a djelomično utječe i na higroskopnost drvene tvari. Primjerice, drvena vlakna dobivena termomehaničkim putem imaju površinu zasićenu ligninom, dok ona proizvedena kemijskim putem imaju površinu bogatu ugljikohidratima (Stokke i Gardner, 2003). Takve kemijske promjene izravno utječu na sposobnost povezivanja polarnog drva i nepolarne plastike i u konačnici određuju granice uporabljivosti WPC materijala (Zadorecki i Michell, 1989). Osim kemijskih promjena na drvo pirolitički djeluje i povišena temperatura, mijenjajući time toplinska svojstva drvnih vlakana i brašna.

2.1.1.1. Gustoća drva i drvnih produkata

2.1.1.1 Density of wood and wood products

Prosječna gustoća vrsta drva koje se komercijalno upotrebljavaju za proizvodnju drvnog punila za WPC u apsolutno suhom stanju iznosi $0,32 - 0,72 \text{ g/cm}^3$. Naravno, gustoća izravno ovisi o sadržaju vode, koji pak ovisi o kombinaciji klimatskih uvjeta, vremenu sječe te vremenu i metodi skladištenja oblog drva (Simpson i TenWolde, 1999). Usitnjavanjem cjelovitog drva i njegovom preradom smanjuje se gustoća drvene tvari, pa ona iznosi $0,19 - 0,22 \text{ g/cm}^3$ (Clemons, 2008). Osnovi razlog tomu je urušavanje stanične stijenske drva tijekom usitnjavanja, a pod utjecajem povišene temperature dolazi do evaporacije slobodne i dijela vezane vode. Poroznost strukture drva omogućuje njegovu kompresiju. Pod utjecajem visokog tlaka pri izradi WPC-a injekcijskim prešanjem ($\approx 160 \text{ bar}$), stanična se stijenka dodatno urušava, no može se i ispuniti vezivom (polimerom). Stoga se gustoća drvene tvari može i povećati, te katkad iznosi čak $1,44 - 1,50 \text{ g/cm}^3$ (Clemons, 2008).

Prednost drva, u usporedbi s anorganskim punilima, prosječne gustoće više od 2 g/cm^3 , je ta što gotovi kompoziti imaju manju masu. Ta činjenica bitan je faktor primjene WPC, posebice u specifičnim uvjetima primjene poput automobilske industrije.

2.1.1.2. Upijanje vlage

2.1.1.2 Moisture adsorption

Higroskopnost drva problem je pri proizvodnji WPC materijala. Drvno vlakance/brašno upija vlagu prije miješanja s polimerom, a i gotovi kompoziti također upijaju vlagu iz okoline. Sasvim je pogrešno razmišljati kako je drvo u strukturi WPC-a u potpunosti zaštićeno, odnosno inkapsulirano u polimernome materijalu. Izravna posljedica upijanja vlage jesu promjene strukture WPC-a, njegovo utezanje i bubrenje, što je posebice izraženo u kompozita s visokim

postotnim udjelom drva u strukturi. Apsorbirana vlaga i voda izravno se vežu na staničnu stijenku drva reduciraajući vodikove veze te time umanjujući mehanička svojstva kompozita. Primjerice, nepotpuna inkapsulacija drvnog brašna u polipropilensku matricu kompozita s 20-postotnim i 40-postotnim dodatkom drvnog brašna izraženija je u kompozita s većim udjelom drva. Stoga takvi kompoziti upijaju više vlage, što izravno narušava njihova mehanička svojstva (Stark, 2001).

Način proizvodnje drvnog brašna ili vlakana uvjetuje promjene u sadržaju vode i higroskopsnosti. Iako su primjećene, te promjene nisu tako velike, te je postotak vlage drvnog brašna otprilike jednak onome cjelovitog drva i najčešće iznosi 3 – 5 %. Navedena se vlaga (voda), sušenjem mora ukloniti prije miješanja drvnog brašna s plastikom. Što je veći postotak vlage drva u početku, veća je mogućnost nastanka potencijalno opasnih spojeva, veća je poroznost, manja je gustoća materijala i veće je upijanje vlage gotovog WPC-a. Bubrenjem drva u kompozitima pucaju veze između drva i plastike, a zbog stalnog bubrenja i utezanja drva nastaju mikropukotine u plastici te dolazi do pucanja drvnih čestica zbog ograničenog bubrenja (Morell i sur., 2006).

Navedeno se pokušava djelomično reducirati smanjenjem udjela drvene tvari u ukupnoj masi WPC-a, posebice onoga za vanjsku primjenu. Zbog čestih cikličnih promjena temperature i vlage zraka sadržaj drvene tvari takvih kompozita ograničen je na 50-65 % (Clemons, 2008).

2.1.1.3. Toplinska svojstva 2.1.1.3 Thermal properties

Toplinska svojstva drva, točnije njegova zapaljivost i gorivost, osnovni su ograničavajući činitelji njegove uporabe kao punila za WPC. Iako pirolitički procesi u drvu počinju već pri nižim temperaturama, toplinska nestabilnost drvene tvari ograničava temperaturu njegove prerade i izrade WPC-a na maksimalno 200 °C. Iznad te temperature dolazi do kidanja kemijskih veza komponenata drva, stvaranja slobodnih radikala, karbonilnih, karboksilnih i hidroperoksidnih grupa (Jirouš-Rajković i Miklečić, 2009). Samim time ograničen je izbor polimernog materijala (plastike) na one vrste koje se mogu toplinski prerađivati i oblikovati na temperaturama nižim od 200 °C (Burgstaller,

2007). Koeficijent linearnog toplinskog rastezanja (α) za drvo iznosi:

- u smjeru vlakana: $2 - 4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
- u smjeru okomito na vlakana:
radijalno: $25 - 30 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
tangencijalno: $30 - 45 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Koeficijent linearnoga toplinskog rastezanja komercijalnog WPC-a varira između $2 - 5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Iako se u prvi mah taj raspon može činiti uskim, on zapravo pokazuje da se pojedine vrste WPC-a mogu produljiti – skupiti za 250 % više od drugih vrsta (Klyosov, 2007). Ako uzmemo u obzir da drvo punilo u ukupnoj masi WPC sudjeluje s 40 – 80 %, može se zaključiti da je što je vlakno drva dulje i pravilnije orijentirano u longitudinalnom smjeru (smjeru izrade WPC-a) to manji koeficijent linearnoga toplinskog rastezanja proizvedenog kompozita. Točnije, orijentacijom vlakana drva možemo povećati/smanjiti koeficijent ekspanzije – kontrakcije. U usporedbi s ostalim komercijalnim, mineralnim punilima čiji je koeficijent $\alpha = 150 - 250 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ drvo je sasvim sigurno superioran materijal.

2.1.1.4. Mehanička svojstva 2.1.1.4 Mechanical properties

Mehanička svojstva drvnih vlakana i drvnog brašna uvelike se razlikuju ovisno o vrsti drva, starosti, geografskom podrijetlu i uvjetima rasta stabla, načinu proizvodnje (usitnjavanja drva) i sadržaju vode. No mehanička se svojstva drvnog punila prije svega razlikuju ovisno o dimenzijama drvnih čestica. Zbog velikog broja istraživanja i još većeg broja metoda ispitivanja mehaničkih svojstava drvnog punila prilično je teško usporediti podatke iz literature. U tablici 1. navedene su vrijednosti određenih mehaničkih svojstava drva, nedravnih lignoceluloznih i staklenih vlakana kao punila za WPC.

Općenito, povećanje dimenzija čestica drvnog punila povećava iznos rasteznog modula i maksimalan iznos savojne i rastezne čvrstoće WPC-a (Bouafif i sur., 2009). Stark i Berger (1997) utvrdili su da maksimalan iznos rastezne čvrstoće WPC-a raste s porastom dimenzija čestica drvnog punila do veličine čestica od 0,25 mm, nakon čega iznos rastezne čvrstoće pada. Savojna čvrstoća također raste s porastom dimenzija čestica drvnog punila. Savojni i rastezni modul prate

Tablica 1. Mehanička svojstava nekih organskih i anorganskih vlakana (izvor: Ashori, 2008)

Table 1 Mechanical properties of some organic and inorganic fibres (Source: Ashori, 2008)

Izvor vlakna <i>Fibre source</i>	Gustoća <i>Density</i> g/cm ³	Produljenje <i>Elongation</i> %	Rastezna čvrstoća <i>Tensile strength</i> MPa	Rastezni modul <i>Tensile modulus</i> GPa
pamuk / <i>Cotton</i>	1,5-1,6	7,0-8,0	287-800	5,5-12,6
juta / <i>Jute</i>	1,3	1,5-1,8	393-773	26,5
lan / <i>Flax</i>	1,5	2,7-3,2	345-1035	27,6
konoplja / <i>Hemp</i>	1,5	1,6	690	70,0
ramija / <i>Ramie</i>	1,5	1,2-3,8	400-938	61,4-128
sisal / <i>Sisal</i>	1,5	2,0-2,5	511-635	9,4-22,0
kokos / <i>Coconut coir</i>	1,2	30	175	4,0-6,0
meko drvo / <i>Soft wood</i>	1,5	-	1000	40,0
E-vlakna / <i>E-glass</i>	2,5	2,5	2000-3500	70,0
S-vlakna / <i>S-glass</i>	2,5	2,8	4570	86,0

Tablica 2. Komercijalno važni izvori prirodnih vlakana (izvor: Robson i Hauge, 1995; Maya i Thomas, 2008; Rujnić-Sokele i sur., 2004)

Table 2 Commercially important sources of natural fibres (Source: Robson and Hauge, 1995; Maya and Thomas, 2008; Rujnić-Sokele *et al.*, 2004)

Izvor vlakana / Fibre source	Vrsta / Species	Podrijetlo / Origin	Svjetska proizvodnja / World production, t
abaka / <i>Abaca</i>	<i>Musa textilis</i>	list / <i>Leaf</i>	70000
kokos / <i>Coconut coir</i>	<i>Cocos nucifera</i>	plod / <i>Fruit</i>	100000
pamuk / <i>Cotton</i>	<i>Gossypium sp.</i>	sjeme / <i>Seed</i>	18450000
lan / <i>Flax</i>	<i>Linum usitatissimum</i>	stabljika / <i>Stem</i>	830000
konoplja / <i>Hemp</i>	<i>Cannabis sativa</i>	stabiljka / <i>Stem</i>	214000
juta / <i>Jute</i>	<i>Corchorus sp.</i>	stabiljka / <i>Stem</i>	230000
kenaf / <i>Kenaf</i>	<i>Hibiscus cannabinus</i>	stabiljka / <i>Stem</i>	970000
hibiskus / <i>Roselle</i>	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	stabiljka / <i>Stem</i>	250000
ramija / <i>Ramie</i>	<i>Boehmeria nivea</i>	stabiljka / <i>Stem</i>	100000
sisal / <i>Sisal</i>	<i>Agave sisilana</i>	list / <i>Leaf</i>	378000
drvo / <i>Wood</i>	>10.000 vrsta	stablo / <i>Stem</i>	1750000000

vrijednosti sila i jednake su distribucije. Osim dimenzija čestica drvnog punila, na konačne iznose savojne i rastezne čvrstoće, te savojnog i rasteznog modula WPC-a, utječe i postotni udio drva u strukturi kompozita. Promatranjem iznosa rastezne čvrstoće i rasteznog modula drvnog punila (vlakana i brašna) u odnosu prema iznosima istih veličina pri ispitivanju gotovog WPC-a, Stark i Rowlands (2003) zaključili su da se s povećanjem udjela punila sa 20 na 40 % navedeni modul povećava. Za drveno brašno kao punilo raste sa 2,33 na 3,87 GPa, a za drvena vlakna kao punilo sa 2,27 na 4,20 GPa. Adhikary i sur. (2008) dokazali su da se s povećanjem udjela drvnog brašna sa 40 na 50 % rastezna čvrstoća može i smanjiti (sa 11,8 na 9,5 MPa), uz minimalan porast rasteznog modula (sa 1,64 na 1,68 MPa). Do sličnih rezultata distribucije iznosa rastezne čvrstoće došli su Julson i sur. (2004), čije je istraživanje pokazalo i da savojni modul raste, dok savojna čvrstoća ostaje gotovo ista ili se neznatno smanjuje ovisno o vrsti i postotnom udjelu drvnog brašna.

Na osnovi navedenih rezultata možemo zaključiti da je drveno brašno punilo koje samo djelomično utječe na čvrstoću kompozita, dok se drvena vlakna mogu upotrebljavati ne samo kao punilo, već kao strukturni elementi čijim se dodatkom kompozitu povećavaju čvrstoća i krutost.

2.2. Nedrvni lignocelulozni materijali

2.2 Non-wood lignocellulosic raw material

Osim drvnih produkata za dobivanje WPC-a mogu se koristiti i nedrvni lignocelulozni materijali višegodišnjih poljoprivrednih biljaka koji sadržavaju vlakna. Njihova vlakanca pokazuju tendenciju stvaranja nepovoljnih agregata tijekom prerade (grušanje), slabo su termički stabilna, slabo otporna na utjecaj vlage i vode. Izrazita higroskopsnost takvih vlaknaca uzrokuje bubrenje, a samim time i stvaranje šupljina u strukturi kompozita, što u konačnici rezultira slabljenjem mehaničkih svojstava i smanjenjem dimenzionalne stabilnosti kompozita (Ashori, 2008). Obrada takvih vlaknaca hidrofobnim kemikalijama ili njihova modifikacija vinilnim monomerima omogućuje djelomično reduciranje higroskopsnosti (Gassan i Bledzki, 2000). Neke

studije (Julson i sur., 2004; Wang i sur., 2007) pokazale su da WPC proizveden primjenom pojedinih vrsta nedrvenih lignoceluloznih punila (rižine i sojine ljuskice, odrvenjela trava) imaju dosta neujednačena mehanička svojstva, posebice ako su kompoziti izloženi diferencijalnim klimatskim uvjetima. No valja napomenuti da je rastezni i savojni modul kompozita izrađenih primjenom kenafa ili konoplje kao punila znatno viši nego u kompozita s drvnim vlaknima kao punilom (Rujnić-Sokele i sur., 2004). Razlog tomu je činjenica što je rastezna čvrstoća takvih vlakana najčešće je veća od čvrstoće drvnih vlaknaca (Rowell i sur., 1997).

2.2.1. Duga prirodna vlakna

2.2.1 Long natural fibers

Duga prirodna vlakna možemo smatrati kompozitima šupljih celuloznih fibrila povezanih ligninom i hemiceluloznom matricom (Jayaraman, 2003). Iako je drvo bez sumnje najveći izvor vlakana, osim iz drva, vlakna se mogu dobiti preradom odrvenjelih jednogodišnjih i višegodišnjih biljaka, palmi, raznih vrsta trava i dijelova žitarica (tabl. 2).

Osnovna razlika između tih vlakana i vlakana drva jest njihov kemijski sastav. Iako su, poput drvnih, građena od tri osnovna elementa (celuloze, hemiceluloze i lignina), njihov udio je bitno drugačiji nego u cjelovitom drvu. Ta se razlika ponajprije odnosi na sadržaj lignina (tabl. 3).

Vlakna s većim udjelom lignina bolje reagiraju pri kemijskoj obradi, što izravno utječe na njihovu uporabu (Robson i Hauge, 1995).

Nedrvna prirodna vlakna mogu biti i do 30 puta veće duljine, barem duplo čvršća i tri puta kruća od drvnih vlakana. No takva su vlakna veće higroskopsnosti od drvnih, termički su nestabilna, velikih varijacija u kvaliteti i teža za preradu zbog stvaranja nepovoljnih agregata pri miješanju s plastikom. Velik udio lignina u njihovoj strukturi rezultira kompozitima slabo otpornima na djelovanje UV zraka zbog fotodegradacije zbog raspadanja lignina na vodo-topljive produkte, što s vremenom vodi stvaranju kromofornih funkcionalnih grupa poput karboksilnih kiselina, kinona i hidroperoksidnih radikala (Fabiyyi i sur., 2008). Termička razgradnja

Tablica 3. Kemijski sastav organskih vlakana (izvor: Robson i Hauge, 1995; Han i Rowell, 1996; Bismarck i sur., 2002)**Table 3** Chemical composition of natural fibres (Source: Robson and Hauge, 1995; Han and Rowell, 1996; Bismarck *et al.*, 2002)

Materijal / Material	Udio / Participation, %		
	Celuloza / Cellulose	Hemiceluloza / Hemicellulose	Lignin / Lignin
abaka / Abaca	56-63	15-17	7-9
juta (liko) / Jute (bast)	45-63	18-21	21-29
juta (srž) / Jute (core)	41-48	18-22	21-24
kenaf (liko) / Kenaf (bast)	44-57	22-23	15-19
kenaf (srž) / Kenaf (core)	37-49	18-24	15-21
kokos / Coconut coir	~43	<1	~45
konoplja / Hemp	57-77	14-17	9-13
lan / Flax	~65	~16	2,5
pamuk / Cotton	85-90	1-3	0,7-1,6
ramija / Ramie	87-91	5-8	~1
sisal / Sisal	47-62	21-24	7-9
slama (žitarica) / Straw (cereals)	~40	~28	~17
drvo (listaće) / Wood (deciduous)	38-49	19-26	23-30
drvo (četinjaće) / Wood (coniferous)	40-45	7-14	26-34

tih vlakana pri proizvodnji kompozita rezultira lošim organoleptičkim svojstvima, poput mirisa i boje te, manje-više, do degradacije njihovih mehaničkih svojstava. Uz navedeno, termička razgradnja rezultira nizom štetnih plinova kad se kompoziti izrađuju na temperaturama višim od 200 °C, što može prouzročiti veliku poroznost, malu gustoću i smanjenje mehaničkih svojstava (Ashori, 2008).

Uz sve navedeno, postavlja se pitanje svrsishodnosti uporabe nedrvenih vlakana za proizvodnju WPC-a. Njihova najveća prednost, uz gotovo neograničen izvor, laku nabavljivost i nisku cijenu, jest činjenica da uporaba tih vlakana rezultira kompozitima manje gustoće (mase). Automobilaska industrija naveliko se koristi tom činjenicom, tako da su pojedine tvrtke, poput Mercedes-Benz-a u svoje proizvodne procese uklopili opremanje unutrašnjosti automobila drvno-plastičnim otprescima izrađenim od zamjenske lignocelulozne sirovine (Ashori, 2008). Uporaba agrootpada (vlakana stabljika većine žitarica, ljuskica riže, kokosovih vlakana, vlakana stabljike kukuruza, ljuski kikirikija i sl.) u proizvodnji WPC-a djelomično umanjuje nedostatak drvene sirovine i otvara mogućnosti pokretanja industrije vlakana u zemljama s izuzetno malom drvnom sirovinom bazom (Panthalakal i Sain, 2007).

2.2.2. Rižine ljuskice

2.2.2 Rice hulls

Rižine ljuskice nusprodukti su prerade i čišćenja rižina zrna nakon žetve. Svojstva rižinih ljuskica po mnogočemu su posebna, no ponajprije valja istaknuti njihov kemijski sastav, koji izravno uvjetuje ostala svojstva. Kemijski sastav ljuskica riže donekle je sličan drvu, točnije, ljuskice se sastoje od 28 – 48 % celuloze, 12 – 16 % lignina, 23 – 28 % hemiceluloze i otprilike 19 % silicija, odnosno silicijeva dioksida (SiO₂) (Klyosov, 2007). Ljuskice imaju malu gustoću (manju od 150 kg/m³), nisku permeabilnost za vodu i vlagu, niski iznos ravnotežnog stanja vlage (niži od 10 % pri relativnoj vlazi zraka od 65 %), nisku vrijednost vodljivosti topline (niži od 0,036 W m⁻¹ K⁻¹), veliku otpornost na

djelovanje štetnih gljiva i dobra antikorozivna svojstva prema čeliku, aluminiju i bakru (Valchev i sur., 2009).

Lignin rižinih ljuskica bitno je drugačiji od lignina drva. Naime, lignin rižinih ljuskica i stabljike općenito ima jednake vrijednosti glavnih funkcionalnih grupa (Saipov i sur., 1983), točnije, sadržave veće količine nekondenziranih gvajacilnih jedinica u odnosu prema nekondenziranim siringilnim jedinicama te male količine p-hidroksifenilnih jedinica (Run i Sun, 2002). Upravo takav sastav, uz velik udio mineralnih tvari i silicijeva dioksida, čini tu vrstu punila za WPC mnogo otpornijom na mikrobiološku degradaciju u usporedbi s drvom. No valja napomenuti da silicijev dioksid djeluje abrazivno na metalne površine pri preradi.

Kontrolirano spaljivanje rižinih ljuskica uz prisutnost zraka rezultira nastankom tzv. bijelog pepela, koji je gotovo u potpunosti (> 95 %) silicijev dioksid, donekle sličan silika-gelu, visoke poroznosti i reaktivnosti. Takav spoj može se iskoristiti kao izvrsna osnovna sirovina za sintezu naprednih materijala poput silikon-tetraklorida, magnezijeva silicida, natrijeva silikata, zeolita i dr. Taj je spoj također izuzetno dobar izvor silicija za proizvodnju solarnih ćelija za fotona-ponske strujne generatore i poluvodiče (Genieva i sur., 2008). Godišnja proizvodnja rižinih ljuskica veća je od 8 milijuna tona, što iznosi ≈ 3,2 milijuna tona bijelog pepela (Chaudhary i sur., 2002) i stoga se rižine ljuskice češće iskorištavaju za tu namjenu. Bijeli pepeo po svojstvima je sličan mineralnim punilima za plasto-merne matrice i sve se više koristi kao punilo za plastične materijale. Pepeo rižinih ljuskica kao punilo pridonosi termičkoj stabilnosti i mehaničkim svojstvima plastičnih materijala.

WPC izrađen od polietilena i rižinih ljuskica naj-češća je vrsta kompozita azijskih proizvođača. U usporedbi s ostalim vrstama WPC-a njihov je osnovni nedostatak neotpornost na ciklične promjene temperature i vlage zraka. Povišena temperatura ubrzava upijanje vode i povećava ravnotežno stanje vlage, zbog čega mogu nastati reverzibilne i ireverzibilne deformacije, osobito u smjeru duljine kompozita (Wang i sur., 2005).

Svojna čvrstoća i krutost osjetno se smanjuju nakon cikličnog izlaganja takvih kompozita povišenim temperaturama i povišenoj vlazi zraka (Wang i sur., 2007).

2.2.3. Nusprodukti pri proizvodnji papira

2.2.3 Papermaking by products

Sporedni proizvodi (nusprodukti) pri proizvodnji papira upotrebljivi za izradu kompozita jesu nečisti ostaci pri preradi celuloze za potrebe papirne industrije. Takav materijal nije prikladan za proizvodnju papira zbog kratkih celuloznih vlakana, no sadržava iste sastojake kao i drvo od kojega je proizveden, dakle, celulozu, hemicelulozu i lignin, uz udio kalcijeva karbonata, gline i ostalih inorganskih komponenata (Klyosov, 2007). Donedavno se takav „otpad“ zbrinjavao spaljivanjem ili deponiranjem i zatrpavanjem zemljom, no istraživanjem uporabe otpada od recikliranog papira za punila plastomernih materijala otkrivena su odlična svojstva kompozita, što je otvorilo velike mogućnosti papirnoj industriji glede zbrinjavanja otpada (English i sur., 1996). Youngquist i sur. (1993) otkrili su da upotreba vlakana dobivenih od starih novina, ojačanih kalcijevim karbonatom, osigurava znatna poboljšanja svojstava kompozita proizvedenih na bazi papira i plastomerne matrice, u usporedbi s kompozitima proizvedenim s drvnim punilom. Jednom proizvedeni kompoziti iz reciklirane tiskovine (novina) naknadno se mogu reciklirati bezbroj puta bez većih promjena mehaničkih svojstva, te u tom smislu pokazuju bolja svojstva od kompozita s drvnim punilom.

Mogućnost izrade i svojstva kompozita proizvedenih od recikliranoga novinskog papira i otpada od proizvodnje papira dosad je relativno slabo istražena. Ren i Hon (1993) ispitali su učinke načina recikliranja papira, utjecaj aditiva i međusobne modifikacije na mehanička svojstva proizvedenih kompozita. Razvili su metodu direktnog povezivanja listova papira u polipropilensku matricu bez prethodne obrade, što je rezultiralo dvostruko boljim mehaničkim svojstvima nego što ih ima čisti polipropilen. Sanadi i sur. (1994) ispitali su svojstva kompozita sa 40-postotnim dodatkom recikliranog papira u polipropilensku matricu s dodatkom kompatibilizatora i bez njega. Rezultati su pokazali da je kompatibilizator ključan za bolje povezivanje plastične matrice i papirnog punila i njegovim se dodatkom izuzetno povećao iznos rastezne čvrstoće tako pripremljenih

kompozita (sa 34,1 MPa na 57 MPa). Ashori i Nourbakhsh (2009) ispitali su svojstva kompozita izrađenih od recikliranoga novinskog papira i recikliranog polietilena s dodatkom zasićenog polipropilena kao kompatibilizatora. Rezultati ispitivanja pokazali su da su svojstva takvih kompozita identična svojstvima kompozita od izvorne drvene i nedrvne sirovine.

2.3. Polimerni materijali

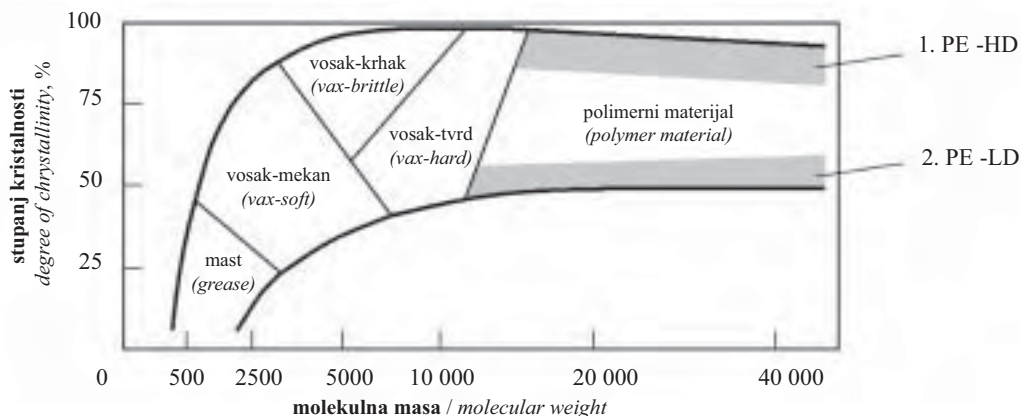
2.3 Polymer materials

Sintetički se polimerni materijali međusobno razlikuju prema kemijskom sastavu i dijele se na poliolefine, poliestere, poliamide, poliuretane, a prema strukturnoj građi makromolekule dijele se na linearne, razgranate i umrežene. Nadalje, razlikuju se prema mehaničkim svojstvima i dijele se na poliplaste (plastičnih svojstva) i elastomere (elastičnih svojstva), a poliplasti se dalje dijele na plastomere (termoplaste) i duromere (termosete). Plastomeri su linearni i razgranati polimeri koji se mogu višestruko prerađivati u taljevini (ekstrudiranjem), bez većih posljedica na svojstva, dok se duromeri uopće ne mogu ponovno prerađivati (Janović, 1997). Za proizvodnju WPC-a gotovo se isključivo rabe plastomeri, čija je temperatura prerade do 200 °C, i to najčešće polietilen, polipropilen te, u manjim količinama, polistiren. Navedeno temperaturno ograničenje nije apsolutno zbog (I) mogućnosti uporabe delignificirane celuloze, jer je lignin toplinski izuzetno osjetljiv dio drvene tvari, (II) modifikacije i ojačanja celuloznih vlakana mineralima i (III) zbog skraćanja vremena kontakta celuloze s rastopljenim polimerom u miješalicama i ekstruderima (Klyosov, 2007). Stoga se, osim navedenih polimera, za proizvodnju WPC-a mogu upotrijebiti i akrilonitril-butadienstirenski terpolimer (ABS) te poliamidi (najloni).

2.3.1. Polietilen

2.3.1 Polyethylene

Polietilen (PE) najjednostavniji je polimerni ugljikovodik, industrijski proizveden polimerizacijom etilena. Općenito, to je žilav materijal, voskastog izgleda i nepotpune prozirnosti. Jednostavna struktura makromolekule polietilena izgrađena je od osnovnih ponavljajućih jedinica etilena $(-CH_2-CH_2-)_n$, a različiti uvjeti sinteze omogućuju nastajanje različite strukture (linearni ili razgranati) i različitih veličina molekulskih masa polimera, što znatno utječe na njegova fizikalno-



Slika 1. Utjecaj molekularne mase i stupnja kristalnosti na konzistenciju polietilena (izvor: Janović, 1997)

Figure 1 Effect of molecular weight and degree of crystallinity on the consistency of polyethylene (Source: Janović, 1997)

Tablica 4. Nazivlje i gustoća temeljnih vrsta polietilena
Table 4 Terms and density of basic types of polyethylene

Naziv / Name	Kratica Abbre- viation	Gustoća Density g/cm ³
polietilen visoke gustoće <i>High-density polyethylene</i>	PE-HD	0,941 - 0,960
polietilen srednje gustoće <i>Medium-density polyethylene</i>	PE-MD	0,926 - 0,940
polietilen niske gustoće <i>Low-density polyethylene</i>	PE-LD	0,910 - 0,925
linearni polietilen niske gustoće <i>Linear low-density polyethylene</i>	PE-LLD	0,925 - 0,940
polietilen vrlo niske gustoće <i>Very low-density polyethylene</i>	PE-VLD	< 0,910

mehanička svojstva (sl. 1). Vidljivo je da PE velikih linearnih molekulskih masa lagano kristalizira.

Polietilen je po pravilu polukristalan polimer, što znači da se pri sobnoj temperaturi sastoji od dvije faze – kristalne i amorfne. Povećanjem udjela kristalne faze, odnosno stupnja kristalnosti, povećava mu se gustoća, kao i temperatura taljenja, te mu se istodobno znatno mijenjaju mehanička svojstva. Gustoća polietilena pokazatelj je odnosa kristalne i amorfne faze i neposredno određuje područje primjene pojedinih vrsta polietilena. Osnovne vrste polietilena, ovisno o granatosti makromolekula, razlikuju se po gustoći i svojstvima (tabl. 4).

Općenito, polietilen visoke gustoće upotrebljava se za proizvode velike krutosti, žilavosti i visoke kemijske postojanosti, dok se polietilen niske gustoće uglavnom upotrebljava za filmove debljine 10-250 μm, visoke savitljivosti i prozirnosti (Mlinac-Mišak, 2003). Smatra se da je gustoća PE 100-postotne amorfne strukture otprilike 0,85 g/cm³, a 100-postotne kristalne strukture 1,0 g/cm³. Stupanj kristalnosti polietilena ovisi o razgranatosti polimernog lanca i veličini molekulskih masa, za PE-HD iznosi 60-80 %, a za PE-LD 40-50 % (Klyosov, 2007).

Preradivost polietilena određuje se prema masenom protoku taljevine (engl. Melt flow rate – MFR). MFR je vrijednost (u g/10 min) koja govori kolika masa taljevine na određenoj temperaturi i pod određenim opterećenjem prođe kroz sapnicu viskozimetra zadanog presjeka u vremenu od 10 min. Maseni protok taljevine indirektna je mjera veličine molekulskih masa, pri čemu visoka vrijednost MFR-a odgovara

nižim molekulskim masama, i obrnuto. Polietilen niže molekulske mase ima viši maseni protok taljevine i uglavnom se, zbog visoke tečnosti, oblikuje postupcima injekcijskog prešanja i oslojavanja. Polietilen viših molekulskih masa zbog niže se vrijednosti taljevine (MFR) uglavnom prerađuje ekstrudiranjem (Mlinac-Mišak, 2003).

Komercijalno, za proizvodnju drvno-plastičnih kompozita upotrebljava se polietilen visoke gustoće (PE-HD) i polietilen niske gustoće (PE-LD). Polietilen niske gustoće (PE-LD) nastaje lančanom polimerizacijom etilena, radikalnim mehanizmom rasta lanca, što dovodi do vrlo velike razgranatosti makromolekula. Stoga ga karakteriziraju svojstva, kao što su žilavost, otpornost na kidanje, kiseline i alkalije, a nedostatak mu je nepotpuna prozirnost. Polietilen visoke gustoće (PE-HD) ima linearnu strukturu makromolekula, većih je molekulskih masa, sadržava velik udio kristalne faze, ima veću gustoću i talište, veće je čvrstoće i tvrdoće, no znatno je krući od PE-LD (tabl. 5).

Manja kristalnost često rezultira boljom i lakšom obradivošću te većom otpornošću površine WPC-a. Stupanj kristalnosti i priroda kristalnih područja često ovisi o brzini hlađenja izrađenog profila, što utječe na skupljanje (utezanje), lomljivost i unutarnja naprezanja WPC-a, rezultat čega je osjetljivost kompozita na oksidaciju i promjene zbog toplinske ekspanzije – kontrakcije (Klyosov, 2007). Općenito, dodatkom drvnog punila pretežno amorfnoj strukturi polimera sprečava se slobodno gibanje velikih polimernih molekula i povećava stupanj uređenosti sustava na nadmolekularnoj razini (Rials i sur., 1995). Povećanje udjela drva u strukturi kompozita povećava temperaturu staklišta, čime se smanjuje preradivost plastomerne matrice.

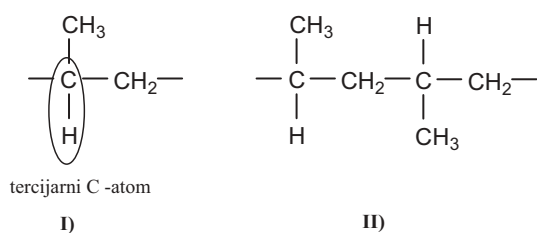
2.3.2. Polipropilen 2.3.2 Polypropylene

Polipropilen (PP) plastomer je linearnih molekula s ponavljajućim jedinicama –CH(CH₃)–CH₂–, svojstava sličnih polietilenu (tabl. 5). Odlikuju ga veća čvrstoća i krutost, otpornost na više temperature i veća prozirnost, vrlo visoka otpornost na kidanje, podatnost prilikom obrade i izuzetno ravna površina proizvedenih materijala. U usporedbi s polietilenom, polipropilen je krhak, posebice na nižim temperaturama, te toliko krut da je WPC proizveden iz polipropilena gotovo nemoguće učvrstiti čavlima i/ili vijcima, već samo uz pomoć za to predviđenih spojnika. Strukture makro-

Tablica 5. Neka svojstva najčešćih polimernih materijala (pri sobnoj temperaturi) (izvor: Clemons; prema Osswald i Mengesu, 2008)

Table 5 Some characteristics of common polymeric materials (at room temperature) (Source: Clemons (condensed from Osswald and Menges), 2008)

Vrsta polimera <i>Polymer type</i>	Gustoća <i>Density, g/cm³</i>	Rastezna čvrstoća <i>Tensile strength MPa</i>	Rastezni modul <i>Tensile modulus GPa</i>	Produljenje pri lomu <i>Elongation at break %</i>	Upijanje vode, 24 h <i>Water absorption, 24 h %</i>	Koeficijent toplinskog širenja <i>Coefficient of thermal expansion 10⁶. K⁻¹</i>	Vodljivost topline <i>Thermal conductivity W/m·K</i>
PE-LD	0,91-0,93	8-23	0,2-0,5	300-1000	<0,01	250	0,32-0,40
PE-HD	0,94-0,96	18-35	0,7-1,4	100-1000	<0,01	200	0,38-0,51
PP	0,90-0,92	21-37	1,1-1,3	20-800	0,01-0,03	150	0,17-0,22



Slika 2. Strukturna formula makromolekula polipropilena
Figure 2 Structural formula of polypropylene macromolecules

molekula polipropilena razlikuju se s obzirom na steričku orijentaciju metilnih skupina u osnovnoj ponavljajućoj jedinici propilena. Kada su stereoponavljane propilenske jedinice u polimeru raspoređene pravilno, polimer je (I) izotaktne ili (II) sindiotaktne strukture (sl. 2). Ako je taj poredak u prostoru nepravilan (nasumičan) riječ je o ataktom polipropilenu. U primjeni je najčešće 90 % izotaktni polipropilen, stupnja kristalnosti 60 – 70 %. (Janović, 1997).

Homopolimer polipropilena kristalne je strukture, uske distribucije molekulskih masa, temperature taljenja 161-165 °C. Može stvarati kopolimere, najčešće s etilenom, koji ublažava nedostatak male udarne čvrstoće i snižava temperaturu taljenja PP na 140-155 °C (Janović, 1997; Klyosov, 2007).

Za razliku od Sjeverne Amerike, gdje je PE primarna polimerna sirovina za proizvodnju WPC-a, u Europi se za tu namjenu upotrebljava PP. Poput polietilena, i polipropilen je izrazito otporan na djelovanje vode, no podložan je djelovanju UV zraka, što uvjetuje izradu kompozita s dodatkom svjetlosnih i UV stabilizatora. Razlog svjetlosne degradacije je kemijska struktura polipropilena, odnosno prisutnost tercijarnog atoma C koji nastaje vezanjem metilenske skupine na osnovni polimer i čini lako reaktivno mjesto. Stoga su polipropilen i polipropilenski kompoziti podložni svjetlosnoj i termooksidativnoj degradaciji (Jambreković i sur., 2005).

Za preradu polietilena, kao i polipropilena, odnosno za pripremu WPC-a važno je svojstvo temperatura taljenja te viskoznost. Tako vrijednost masenog protoka taljevine (MFR) za polipropilen koji se najčešće upotrebljava za ekstruziju WPC-a iznosi 2-5 g/10 min. Međutim, standardna vrijednost MFR-a za PP ne može se izravno uspoređivati sa standardnom vrijednosti MFR-a za PE zato što se ispituju i mjere na različitim temperaturama, točnije na 190 i 230 °C (Klyosov, 2007). Toplinska ekspanzija polietilena i polipropilena donekle su slične, te WPC proizveden od bilo kojega od tih dvaju polimernih materijala puže, posebice u uvjetima velikih opterećenja, pri povišenim temperaturama. To negativno svojstvo djelomično se može ublažiti pravilnim izborom organskoga ili mineralnog punila, odnosno dodavanjem aditiva kompozitima.

3. DISKUSIJA 3 DISCUSSION

U ovom su radu prikazana dosadašnja istraživanja WPC-a, kao i postignuća u pripremi drvno-plastičnih kompozita u svijetu.

Iz opsežnog pregleda literature vidljivo je da na svojstva WPC-a dominantan utjecaj imaju drveni materijali. Oni izravno utječu na preradivost, obradivost i otpornost kompozita u uvjetima uporabe, što je posebice važno za mehanički opterećene kompozite u eksterijerima. Drvno je brašno jeftinije, dostupnije i sa stajališta tehnologije prikladnije punilo od drvnih vlakana, no primjena drvnog brašna uvjetuje izradu kompozita slabijih mehaničkih svojstava od kompozita s drvnim vlaknima kao punilom. No uporaba drvnih vlakana kao osnovnog materijala za proizvodnju WPC-a ograničena je zbog tehnoloških problema izrade kompozita s takvim punilom. Potencijalni predtretman drvnih vlakana radi smanjenja površinske energije, razvoj novih, prikladnijih kompatibilizatora i prilagodbe tehnoloških procesa proizvodnje kompozita sigurno bi rezultirali većom uporabom drvnih, ali i nedravnih vlakana kao osnovnog materijala za proizvodnju kompozita.

Nedrvna lignocelulozna vlakna kao gotovo konstantan izvor osnovnog materijala s ekološkog su stajališta izuzetno zanimljiva. Međutim, i u tome postoje određena ograničenja, prije svega zbog neujednačene kvalitete vlakana ovisno o vrsti i geografskom podrijetlu biljke, ali i zbog razlika u kvaliteti vlakana unutar strukture iste biljke. Takva su vlakna izrazito podložna svjetlosnoj degradaciji zbog neotpornosti lignina na djelovanje UV zraka. Delignifikacija drvnih i nedravnih lignoceluloznih vlakana potencijalno je dobra metoda pripreme osnovne sirovine za proizvodnju WPC-a. Poznato je da se delignifikacijom postiže veće otpornost kompozita na promjene boje pri dugotrajnoj uporabi na otvorenome (Fabiyyi, 2007). S obzirom na to da je lignin toplinski najnestabilniji element kemijskog sastava drvene tvari, uporabom delignificirane drvene sirovine proizvedeni bi kompoziti trebali imati manje koeficijente linearnoga toplinskog istezanja. Nadalje, uporabom delignificiranoga i kemijski modificiranoga lignoceluloznog materijala proizvedeni bi kompoziti trebali imati manju gustoću i biti veće mikrobiološke otpornosti.

Rižine ljuskice specifična su vrsta nedravnoga lignoceluloznog punila za kompozite. Iako su rižine ljuskice zbog svog kemijskog sastava odnosno velikoga postotnog udjela silicijeva dioksida mikrobiološki otpornije od drva, WPC izrađen od ove sirovine neotporen je na ciklične promjene temperature i vlage zraka. Stoga je ta vrsta punila prikladnija za injekcijsko prešanje kompozita manjih dimenzija, koji nisu izloženi vanjskim klimatskim uvjetima ili su im izloženi samo djelomično. Dodatni je problem rižinih ljuskica kao punila to što pri proizvodnji WPC-a zagrijavanjem ljuskica nastaju potencijalno štetni plinovi, koji uzrokuju smanjenje gustoće i fizikalno-mehaničkih svojstava kompozita. Toplinski predtretman rižinih ljuskica na temperaturama do 200 °C promijenio bi njihovu boju, no istodobno bi smanjio naknadnu emisiju štetnih plinova pri izradi WPC-a. Ostaje upitno bi li takav predtretman uzrokovao veće upijanje vlage i vode proizvedenih kompozita. Daljnjom kemijskom modifikacijom ljuskica monomerima vinila odnosno silanom vjerojat-

no bi se smanjilo upijanje vode i povećala otpornost WPC-a na atmosferske utjecaje.

Reciklirani novinski papir i nusprodukti proizvodnje papira do sada su slabo istraživani materijali za proizvodnju WPC-a, no istraživanja su pokazala da će se tim materijalima u budućnosti sasvim sigurno morati obratiti veća pozornost. Izradom kompozita od papirne sirovine otvara se mogućnost zbrinjavanja golemih količina otpadnog papira, a kompoziti od te sirovine, uz činjenicu da se mogu ponovno reciklirati, pokazuju svojstva slična onima „klasičnih“ WPC-a od drvene i plastične sirovine. Glavni problem papira kao osnovnog materijala za proizvodnju WPC-a slaba je međumolekularna veza između papira i plastike, rezultat čega su velike promjene dimenzija kompozita. Kao i s rižinim ljuskicama taj se problem može riješiti primjenom silana, kao kompatibilizatora pri proizvodnji WPC-a (Matuana i sur., 1999).

Najčešći plastični materijal za proizvodnju WPC-a su polietilen i polipropilen, dakle, polimeri polukristalne strukture koja uvjetuje njihovu preradivost, viskoznost, gustoću i mehanička svojstva. Manja kristalnost polietilena pri proizvodnji kompozita rezultira boljom i lakšom obradivošću, ali i osjetljivošću kompozita na oksidaciju i toplinske promjene. Polietilen i polipropilen izuzetno su otporni na djelovanje vode, no polipropilen je podložan djelovanju UV zračenja, pa izrada WPC-a od tih materijala podrazumjeva dodavanje svjetlosnih i UV stabilizatora. Osnovni je problem kompozita od polietilena i polipropilena negativno svojstvo puzanja materijala u eksploatacijskim uvjetima.

4. ZAKLJUČAK 4 CONCLUSION

Životni stil modernog čovjeka u potrošačkom društvu očituje se poboljšanjem standarda, što rezultira povećanom proizvodnjom proizvoda od papira, drva i plastike, koji nakon korištenja postaju otpad. Prikladno zbrinjavanje sve veće količine otpadnog materijala sve je veći globalni problem, pri čemu se WPC nameće kao logično rješenje. WPC pokazuje vrlo dobra svojstva u različitim uvjetima uporabe, na čija svojstva dominantno utječu drveni materijali (punila). Osim drva, kao punila se upotrebljavaju i ostali nedrvni lignocelulozni materijali. Organsko podrijetlo punila uvjetuje njihova svojstva, a u konačnici i svojstva izrađenog WPC-a. Radi smanjenja prirodnih nedostataka, provode se različiti predtretmani i najčešće, kemijske, modifikacije organskih punila. Rezultati modifikacija očituju se izradom kompozita boljih svojstava primjene. Relativno niska cijena izrade, gotovo neograničena sirovinaska baza, mogućnost ponovnog recikliranja kompozita i izuzetno velika mogućnost njihove primjene sigurno potvrđuju nužnost daljnjeg istraživanja i unapređivanja drvno-plastičnih kompozita, s ciljem općenitog povećanja njihove uporabe u različitim područjima suvremenog života.

5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. Adhikary, K. B.; Pang, S.; Staiger, M. P., 2008: Dimensional stability and mechanical behaviour of wood-plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene (HDPE). *Composites: Part B*, 39: 807-815.
2. Ashori, A., 2008: Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries! *Bioresource Technology*, 99 (11): 4661-4667.
3. Ashori, A.; Nourbaksh, A., 2009: Characteristics of wood-fiber plastic composites made of recycled materials. *Waste Management*, 29: 1291-1295.
4. Bismarck, A.; Aranberri-Askargorta, I.; Springer, J.; Lampke, T.; Wielage, B.; Stamboulis, A.; Shenderovich, I.; Limbach, H-H., 2002: Surface Characterization of Flax, Hemp and Cellulose Fibers; Surface Properties and the Water Uptake Behavior. *Polymer Composites*, 23 (5): 872-894.
5. Bouafif, H.; Koubaa, A.; Perré, P.; Cloutier, A., 2009: Effects of fiber characteristics on physical and mechanical properties of wood plastic composites. *Composites: Part A*, 40: 1975-1981.
6. Burgstaller, C., 2007: Processing of Thermal Sensitive Materials – a case Study for Wood Plastic Composites. *Monatshefte für Chemie*, 138: 343-346.
7. Carley, J. F., 1993: *Whittington's Dictionary of Plastics*, Technomic Publishing Company Inc., Lancaster, PA.
8. Chaoudhary, D. S.; Jollands, M. C.; Cser, F., 2002: Understanding rice hull ash as fillers in polymers: A review. *Silicon Chemistry*, 1: 281-289.
9. Clemons, C., 2008: Raw materials for wood-polymer composites. In: „Wood-polymer composites“. Oksman Niska, K.; Mohini, S. (ur.), Woodhead Publishing in Materials, Cambridge, England, 1-22.
10. English, B.; Clemons, C. M.; Stark, N. M.; Schneider, J. P., 1996: Waste-wood-derived fillers for plastic. Gen. Tech. Report FPL-GTR-91, Madison WI.
11. Fabiyi, J. S., 2007: Chemistry of Wood Plastic Composite Weathering. Doctoral dissertation. University of Idaho, 1-227.
12. Fabiyi, J. S.; McDonald, A. G.; Wolcott, M. P.; Griffiths, P. R., 2008: Wood plastic composites weathering: Visual appearance and chemical changes. *Polymer Degradation and Stability*, 93: 1405-1414.
13. Ganieva, S. D.; Turmanova, S. Ch.; Dimitrova, A. S.; Vlaev, L. T., 2008: Characterization of rice husks and the products of its thermal degradation in air or nitrogen atmosphere. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 93 (2): 387-396.
14. Gassan, J.; Bledzki, A. K., 2000: Possibilities to improve the properties of natural fiber reinforced plastics by fiber modification – jute polypropylene composites. *Applied Composite Materials* 7 (5-6): 373-385.
15. Han, J. S.; Rowell, J. S., 1996: Mechanical composition of fibres. In: „Paper and Composites from Agro-Based Resources“. Rowell, R. M.; Young, R. A.; Rowell, J. (ur.), CRC, 85-132.
16. Jambreković, V.; Antonović, A.; Kljak, J.; Brezović, M., 2005: The applicability of wood and plastic composites in construction. Proceedings of: 7th International conference on wood technology, construction industry and wood protection „Wood in construction industry – Durability and Quality of Structural Wood Products“. Jambreković, V. (ur.), University of Zagreb, Faculty of Forestry, 93-98.

17. Janović, Z., 1997: Polimerizacije i polimeri. HDKI – kemija u industriji, Zagreb.
18. Jayarman, K., 2003: Manufacturing sisal-polypropylene composites with minimum fibre degradation. *Composites Science and Technology*, 63: 367-374.
19. Jirouš-Rajković, V.; Miklečić, J., 2009: Usporivači gorjenja drva. *Drvena industrija*, 60 (2): 111-121.
20. Julson, J. L.; Subbarao, G.; Stokke, D. D.; Gieselman, H. H., 2004: Mechanical Properties of Biorenewable Fiber/Plastic Composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 93: 2484-2493.
21. Klyosov, A. A., 2007: *Wood-Plastic Composites*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
22. Ljuljka, B., 1990: *Površinska obrada drva*. Sveučilišna naklada, Zagreb.
23. Mali, J.; Sarsama, P.; Suomi-Lindberg, L.; Metsa-Kortelainen, S.; Peltonen, J.; Vilkki, M.; Koto, T.; Tiisala, S., 2003: Woodfibre-plastic composites. 1-70.
24. Matuana, L. M.; Balatincez, J. J.; Park, C. B.; Sodhi, R. N. S., 1999: X-ray photoelectron spectroscopy study of silane-treated newsprint-fibers. *Wood Science and Technology*, 33: 259-270.
25. Maya, J. J.; Sabu, T., 2008: Biofibres and biocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 71: 343-364.
26. Mlinac-Mišak, M., 2003: Diokijevi polietileni niske gustoće i polistireni. *Polimeri*, 24 (1): 8-10.
27. Morell, J. J.; Stark, N. M.; Pendleton, D. E.; McDonald, A. G., 2006: Durability of Wood-Plastic Composites. *Wood Design Focus*, 16 (3): 7-10.
28. Panthapulakkal, S.; Sain, M., 2007: Agro-residue reinforced high-density polyethylene composites: fiber characterization and analysis of composite properties. *Composites: Part A*, 38 (6): 1445-1454.
29. Reineke, L. H., 1966: Wood flour, U.S. Forest service research note FPL-0113. USDA Forest Service, Forest products Laboratory, Madison, WI, 1-13.
30. Ren, S.; Hon, D. N. S., 1993: Newspaper fiber-reinforced polypropylene composite. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 12 (12): 1311-1322.
31. Rials, T. G.; Ysbrandy, R. E.; Wolcott, M. P., 1995: Thermal properties of woodfiber-polystyrene composites. *Proceedings of: Woodfiber-Plastic Composites Conference*. Caulfield, D. F.; Rowell, R. M.; Younquist, J. A. (ur.), Forest Products Society, WI, 180-185.
32. Robson, D.; Hague, J., 1995: A Comparison of Wood and Plant Fiber Properties. *Proceedings of: Woodfiber-Plastic Composites Conference*. Caulfield, D. F.; Rowell, R. M.; Younquist, J. A. (ur.), Forest Products Society, WI, 41-46.
33. Rowell, R. M.; Sanadi, A. R.; Caulfield, D. F.; Jacobson, R. E., 1997: Utilization of Natural Fibers in Plastic Composites: Problems and Opportunities. *Lignocellulosic – Plastics Composites*, 23-51.
34. Rujnić-Sokele, M.; Šercer, M.; Bujanić, B., 2004: Utjecaj recikliranja na mehanička svojstva drvno-plastomernog kompozita. *Polimeri*, 25 (1-2): 12-19.
35. Run, C. S.; Sun, X-F., 2002: Fractional separation and structural characterization of lignins and hemicellulose by a two-stage treatment from rice straw. *Separation science and technology*, 37 (10): 2433-2458.
36. Sain, M.; Pervaiz, M., 2008: Mechanical properties of wood-polymer composites. In: „Wood-polymer composites“. Oksman Niska, K.; Mohini, S. (ur.), Woodhead Publishing in Materials, Cambridge, England, 101-117.
37. Saipov, Z. K.; Borodina, E. V.; Abduazimov, Kh. A., 1983: A study of rice lignin. Institute of Chemistry of Plant Substances, Academy of Sciences of the Uzbek SSR, Tashkent. Prevedeno iz: *Khimiya Prirodnikh Soedinienii*, 3: 375-378.
38. Sanadi, A. R.; Young, R. A.; Clemons, C.; Rowell, R. M., 1994: Recycled newspaper fibers as reinforcing fillers in thermoplastics: Part I-Analysis of tensile and impact properties in polypropylene. *Journal of Reinforced plastics nad Composites*, 13 (1): 54-67.
39. Simpson, W.; TenWolde, A., 1999: Physical properties and moisture relations in wood. General Technical Report FPL-GTR-113, (3):1-24, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.
40. Stark, N. M., 2001: Influence of Moisture Adsorption on Mechanical Properties of WoodFlour-Polypropylene Composites. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 14: 421-432.
41. Stark, N. M.; Berger, M. J., 1997: Effect of particle size on properties of wood-flour reinforced polypropylene composites. *Proceedings of: Fourth International conference on woodfiber-plastic composites*. Rowell, R.; Sanadi, A. (ur.), Forest products Society, WI, 134-143.
42. Stark, N. M.; Rowlands, R. E., 2003: Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. *Wood and Fiber Science*, 35 (2): 167-174.
43. Stokke, D. D.; Gardner, D. J., 2003: Fundamental aspects of wood as component of thermoplastic composites. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 9 (2): 96-104.
44. Valchev, I.; Lasheva, V.; Tzolov, Tz.; Josifov, N., 2009: Silica products from rice hulls. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 44 (3): 257-261.
45. Wang, W. H.; Wang, Q. W.; Xiao, H.; Morell, J. J., 2007: Effects of moisture and freeze-thaw cycling on the quality of rice-hull-PE composite. *Pigment & Resin Technology*, 36 (6): 344-349.
46. Wang, W.; Sain, M.; Cooper, P. A., 2005: Hygrothermal weathering of rice hull/HDPE composites under extreme climatic conditions. *Polymer Degradation and Stability*, 90: 540-545.
47. Youngquist, J. A.; Myers, G. E.; Muehl, J. M.; Krzysik, A. M.; Clemons, C. M., 1993: Composites from recycled wood and plastics. Final report for U.S. Environmental Protection Agency, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison WI.
48. Zadorecki, P.; Michell, A. J.; 1989: Future prospects for wood cellulose as reinforcement in organic polymer composites. *Polym. Composites*, 10 (2): 69-77.

Corresponding address:

Assistant NIKOLA ŠPANIĆ, BSc

University of Zagreb, Faculty of Forestry
 Department of Wood Technology
 Svetošimunska 25
 10000 Zagreb, CROATIA
 e-mail: nspanic@sumfak.hr



Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet
Zavod za namještaj i drvene proizvode
LABORATORIJ ZA DRVO U GRADITELJSTVU



Akreditiran prema HRN EN 17025 za ispitivanja drvenih podnih obloga, površinske obrade drvenih podova, ljepila za drvene podove i odabranih fizikalnih svojstava drva.

Kontrola uvjeta ugradbe.
Projektiranje, seminari i konzultacije.
Sudska vještačenja.
Razvoj novih metoda.

Svetošimunska cesta 25,
HR-10000 Zagreb

Tel. 01 235 2454
Tel. 01 235 2485
Fax. 01 235 2531

Ldg@sumfak.hr
www.sumfak.hr



21. međunarodno znanstveno savjetovanje

DRVO JE PRVO – PRIJENOS ZNANJA U PRAKSU KAO PUT IZLASKA IZ KRIZE

Zagrebački velesajam, AMBIENTA '10,
15. listopada 2010.

Poštovani čitatelji!

Zadovoljstvo mi je i čast izvijestiti Vas da je u sklopu 37. međunarodnog sajma namještaja, unutar-njeg uređenja i prateće industrije Ambianta '10 (od 13. do 17. listopada 2010) Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu 15. listopada uspješno organizirao već tradicionalno, ove godine 21. međunarodno znanstveno savjetovanje pod nazivom *DRVO JE PRVO – PRIJENOS ZNANJA U PRAKSU KAO PUT IZLASKA IZ KRIZE*. Uz Šumarski fakultet, glavni su suorganizatori bili krovna europska organizacija proizvođača namještaja Innovawood, Zagrebački velesajam, kao i mnoge druge poznate hrvatske i inozemne institucije.

Mišljenja smo da se ovogodišnja tema savjetovanja *Drvo je prvo* znakovito uklopila u višegodišnji projekt Hrvatske gospodarske komore, Ministarstva regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva i Hrvatskih šuma. Cilj savjetovanja bilo je povećanje uporabe drva i jačanje konkurentnosti domaćih prerađivača drva. Na savjetovanju se ovaj put drvni sektor imao priliku upoznati s trenutačnim dostignućima i najnovijim rezultatima znanstvenih istraživanja kojima je cilj stvaranje, ali ponajprije lukrativni prijenos stečenog znanja u drvnotehnošku praksu, kako onoga vezanog za primjenu autohtonog dizajna, tako i znanja presudnoga za opći razvoj cijele drvnopredrađivačke djelatnosti. Na savjetovanju su domaći i inozemni stručnjaci predstavili svoje najnovije spoznaje vezane za svojstva, tehnologiju, nove materijale, kvalitetu te primjenu drva kojima su pridonijeli promoviranju i upotrebi drva kao najplemenitijeg materijala.

Sa zadovoljstvom vas izvještavamo i o tome da se, usprkos krizi i recesiji, ostvarila želja Šumarskog fakulteta da očuva i nastavi njegovati visoku razinu savjetovanja, ali i svih popratnih manifestacija koje su pridonijele jačanju ugleda šumarske i drvnotehnoške znanosti i struke. U tom su smislu, osim znanstvenog savjetovanja, na Zagrebačkom velesajmu održane i dvije dodatne manifestacije: izložba dizajnerskih radova studenata Drvnotehnoškog odsjeka na lijepo uređenom prostoru Šumarskog fakulteta (13 – 17. listopada, paviljon 8), odnosno usmena prezentacija završnih

i diplomskih radova studenata Šumarskog fakulteta (14. listopada).

Međunarodno znanstveno savjetovanje *DRVO JE PRVO – PRIJENOS ZNANJA U PRAKSU KAO PUT IZLASKA IZ KRIZE* svečano je otvoreno 15. listopada u 9 sati pozdravnim riječima organizatora skupa.

U ime domaćina skupa, Zagrebačkog velesajma, prisutnima se riječima dobrodošlice obratila Vesna Cvitanović, dipl. oec., direktorica Sektora jesenskih sajmovi, a u ime Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu nazočne je pozdravio prof. dr. sc. Milan Oršanić, dekan Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Skup je u ime Ministarstva regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva pozdravio tajnik Sektora drvne industrije, Stipo Velić, dipl. ing., a u ime Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije tajnica Silvija Zec, dipl. ing. šum.

U ime svih djelatnika Šumarskog fakulteta i Drvnotehnoškog odsjeka, kao i u ime članova Organizacijskog odbora savjetovanja, prisutnima je na pomoći i odazivu zahvalio predsjednik Organizacijskog odbora savjetovanja izv. prof. dr. sc. Radovan Despot. Moderator skupa bili su izv. prof. dr. sc. Radovan Despot (ujedno i voditelj skupa) i prof. dr. sc. Vlatka Jirouš Rajković

Nakon uvodnih riječi počeo je radni dio savjetovanja. Za savjetovanje je bilo prijavljeno ukupno 19 radova. Svi su radovi tiskani u dva zasebna zbornika. U prvome, tiskanome na hrvatskom jeziku, od ukupno 154 stranice, uz radove su objavljeni i promidžbeni materijali domaćih tvrtki i institucija. Taj je zbornik tiskan u 200 primjeraka. U drugome, tiskanome na engleskom jeziku (152 stranice), objavljeni su isključivo radovi i taj je Zbornik tiskan u 100 primjeraka. Oba su zbornika bila na raspolaganju sudionicima skupa neposredno prije savjetovanja, a podijeljena su svim zainteresiranima.

Jednodnevno savjetovanje bilo je podijeljeno na dva dijela, s jednosatnom stankom u sredini. U prvom dijelu savjetovanja predstavljeno je osam radova, i to uglavnom inozemnih autora. S obzirom na značaj 2011. godine kao „svjetske godine šuma“, bilo je dogovoreno

da se uz prezentaciju tiskanih radova u obliku petnaestominutnog izlaganja auditorij uvodno upozna s važnošću šuma općenito. Kratko i vrlo zanimljivo predavanje o nužnosti očuvanja svjetskih šumskih resursa održao je izv. prof. dr. sc. Ivica Tikvić. Nakon njegova izlaganja okupljenima se informativnim izlaganjem obratila gospođa Silvija Zec, dipl. Ing. šum., i to u svojstvu tajnice HKŠIDT-a. Naznačila je važnu ulogu koju će HKŠIDT imati u idućim godinama, prije svega glede očuvanja i boljeg vrednovanja drvne i šumarske struke. Potom su slijedile prezentacije radova.

Prvi je prezentiran rad grupe autora pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Radovana Despota (Radovan Despot, Marin Hasan, Jelena Trajković, Bogoslav Šefc, Robert Lacić). Autori u radu iznose nova znanja s područja modifikacije i sterilizacije drva. Objašnjavaju rezultate višegodišnjih ispitivanja ekološki prihvatljivih metoda i sredstava s ciljem potpune zaštite cjelovitog drva.

Drugi je rad, djelo grupe autora sa Šumarskog fakulteta u Zagrebu i kolega iz Ljubljane, (Viša škola za dizajn i Biotehniška fakulteta Ljubljana), predstavila kolegica doc. dr. sc. Jasna Hrovatin iz Ljubljane. Autori su iznijeli multidisciplinarna rješenja u dizajnu namještaja i interijera kao mogućem načinu izlaska iz krize u kojoj se društvo našlo. Pri tome je naglasak stavljen na međusobno sinergično djelovanje više stručnjaka različitih struka, putem D'schoola i na primjeru kuhinjskog namještaja.

Iduća dva rada rezultat su zajedničkoga znanstvenog istraživanja poljskih i naših znanstvenika. U svojim se radovima znanstvenici bave mehaničkim i biomehaničkim kriterijima pri dizajniranju namještaja za osobe starije od 60 godina (Jerzy Smardzewski, Joanna Barańska-Woźny, Krzysztof Wiaderek, Silvana Prekrat, Ivica Grbac), odnosno aspektima pouzdanosti u dizajniranju namještaja (Robert Kłos, Beata Fabisiak). Ukratko, poenta njihovih radova jest nalaženje odgovarajućih rješenja i što je moguće bolja prilagodba dizajna namještaja suvremenim uvjetima života, imajući na umu da osobe svih životnih dobi podjednako traže i od namještaja očekuju pouzdanost i komfor.

Nakon tih predavanja slijedila je jednosatna stanika (*coffee break*), tijekom koje se u pokrajnjoj dvorani Vis-Korčula održala „poster-sekcija“, na kojoj je predstavljeno deset postera. Svi su posteru u cijelosti objavljeni u zbornicima radova.

Na sekciji su u obliku postera bili prikazani sljedeći radovi.

- *Svojstva ploča iverica proizvedenih katalitičkim djelovanjem utekućenog drva na karbamid-formaldehidne smole* (autori Alan Antonović, Vladimir Jambrečević, Jaroslav Kljak, Josip Ištvančić, Nikola Španić, Davor Jug) rad je u kojemu se autori bave korištenjem nativnog lignina, koji se pod nazivom utekućeno drvo može upotrebljavati i kao katalizator u procesima vezanja karbamid-formaldehidnih smola važnih u proizvodnji ploča od usitnjenog drva.
- *Rad Zaštita radnika od rizika zbog izloženosti kancerogenoj prašini tvrdih vrsta drva* (autori Ankica

Čavlović, Ružica Beljo Lučić, Matija Jug, David Crnić) govori o nužnosti zaštite radnika od onečišćenja u drvnoindustrijskim pogonima, poglavito od sitne drvne prašine, jednoga od glavnih uzroka kancerogenih bolesti radnika.

- *Analiza sukladnosti školskih stolova i stolica s potrebama učenika* (autori Danijela Domljan, Ivica Grbac), rad je koji govori o sustavnomu višegodišnjem praćenju ergonomske osobine djece predškolske i školske dobi, o promjenama osobina i utjecaju tih promjena na buduću dizajn namještaja za potrebe osoba te dobi.
- *Rad Utjecaj strukture stolarskih ploča na diskoloraciju lakiranih površina* (autori Vladimir Jambrečević, Nikola Španić, Alan Antonović) govori o utjecaju strukture i vrste drva, ljepila i sadržaja vode srednjica (koje se danas rabe u proizvodnji) na kvalitetu i promjenu boje i sjaja stolarskih ploča kao bitnog čimbenika kvalitete.
- *Primjena ulja u površinskoj obradi toplinski modificiranoga drva u eksterijeru* (autori Josip Miklečić, Vlatka Jirouš-Rajković, Stjepan Pervan, Saša Grujić) govori o mogućnostima dodatne zaštite modificiranih površina ekološki prihvatljivim sredstvima.
- *Rad Znanje kao važan činitelj konkurentnosti gospodarskih subjekata za preradu drva i proizvodnju namještaja* (autori Ivana Perić, Krešimir Greger, Kristina Bičanić, Tomislav Grladinović) govori o važnosti edukacije i primjene novih znanja pri stjecanju dodanih vrijednosti na području proizvodnje namještaja.
- *Suradnja gospodarstva i znanosti na području drvne industrije* (autori Andreja Pirc, Maja Moro, Ksenija Šegotić, Renata Ojurović) govori o nužnosti povezivanja i umrežavanje novovjekih znanja i iskustava na području prerade drva.
- *Rad Čvrstoća na tlak drva jele modificiranog limunskom kiselinom* (Bogoslav Šefc, Jelena Trajković, Slavko Govorčin, Tomislav Sinković, Marin Hasan, Tomislav Sedlar) obrađuje postupke određivanja nekih svojstava drva modificiranoga limunskom kiselinom, odnosno načine poboljšanja nekih svojstava postupcima modifikacije drva limunskom kiselinom.
- *Primjena novih konstrukcija opružnih jezgri kod ležaja-madraca* (autori Zoran Vlaović, Ivica Grbac, Emanuel Varošaneć) bavi se funkcionalnošću i kvalitetom nekih novih vrsta opružnih jezgri, i to u interakciji s ispitanicima, i
- U radu *Nove spoznaje o rotacijskom zavarivanju bukovine* (autori Ivica Župčić, Andrija Bogner, Ivica Grbac, Ivan Lozančić) govori se o novim, za sada nedovoljno ispitanim postupcima „zavarivanja“ odnosno lijepljenja drva, i to samo djelovanjem povišenih temperatura.

Nakon razgledavanja sekcije postera i kraće stanke nastavljena je prezentacija ostalih radova prijavljenih za savjetovanje.

Prvi nakon stanke na redu je bio rad grupe autora iz Makedonije i Bugarske (Gjorgi Gruevski, Borislav

Kyuchukov, Borče Iliev, Violeta Jakimovska Popovska), koji se bavio utjecajem broja i oblika veznih elemenata na savijanje i veličinu naprezanja u spojevima stolica od kestenovine. Naime, kestenovina se pokazala zanimljivim materijalom u Makedoniji i Bugarskoj.

Šesti je rad bio također djelo kolega iz Makedonije i Bugarske (Julia Mihailova, Borče Iliev, Todor Todorov, Rosen Grigorov). U radu, koji je ujedno dio višegodišnjega tehnološkog projekta, kolege su prikazale mogućnosti djelomičnog korištenja i zamjene drvnih vlakancima vlakancima stabljika pamuka, s ciljem izrade kvalitetnih ploča iverica.

U sedmom radu kolege iz Poljske (Krzysztof Jaderak, Jerzy Smardzewski) bave se suvremenim postupcima modeliranja sjedala od pjene radi postizanja veće komfornosti korisnika namještaja. Za dobivanje relevantnih pokazatelja autori se koriste numeričkom obradom simulacija dodira tijela sa sjedalom.

Osmi rad djelo je kolega iz Slovenije (Sergej Medved, Alan Antonović, Vladimir Jambrekić, Nataša Čuk, Matjaž Kunaver), a bavi se velikim mogućnostima upotrebe biomase u proizvodnji drvenih panela, poglavito sa stajališta ekološke prihvatljivosti i održivosti.

Zadnji, deveti rad bio je djelo kolega iz Poljske (Tomasz Krystofiak, Barbara Lis, Stanisław Proszek), a prezentirao je novitete s područja tiskanja i površinske obrade drva, poglavito površina MDF /HDF ploča postupcima digitalnog tiska. Akcent je stavljen na sve veću primjenu digitalnih postupaka, ali i na njihovu usporedbu s analognim postupcima tiskanja.

Nakon što su svi autori prezentirali svoje radove, u 12:45 sati počela je petnaestominutna rasprava u kojoj su sudjelovali predstavnici struke. Neposredno prije

13 sati završena je i rasprava, a odmah potom izv. prof. dr. sc. R. Despot pozdravio je sve prisutne, još jedanput najtoplije zahvalio domaćinima i svima koji su sudjelovali u organizaciji i provedbi Međunarodnog savjetovanja. Time je savjetovanje bilo i službeno završeno.

Na savjetovanju je sa svojim radovima sudjelovalo 19 znanstvenika iz inozemstva (iz Poljske, Slovenije, Bugarske, Makedonije) i 15 znanstvenika iz Hrvatske.

Ukupno je savjetovanju prisustvovalo više od 100 posjetitelja, među kojima i predstavnici većih poduzeća.

Savjetovanju su se u velikom broju odazvali i studenti Šumarskog fakulteta, Drvnotehnološkog odsjeka, te studenti Fakulteta za dizajn pri Arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Nakon savjetovanja prisutni su na poziv Organizacijskog odbora otišli razgledati sajamske priredbe u sklopu Međunarodnog sajma AMBIJENTA 10'. Nakon razgledavanja sajma u hotelu „Internacional“, uz domjenak, organiziran je i okrugli stol za inozemne i domaće sudionike savjetovanja.

Na kraju, koristimo se ovom prilikom da iskreno zahvalimo svim suorganizatorima i pokroviteljima na pomoći u organizaciji ovoga tradicionalnog skupa. Još jedanput s radošću ističemo da je odaziv posjetilaca bio velik, a s obzirom na ocjene koje smo dobili kao organizatori savjetovanja od sudionika i svih nazočnih, smatramo da je savjetovanje uspjelo i da će ono pridonijeti daljnjoj i jačoj suradnji drvnotehnološke struke, poglavito zemalja jugoistočne Europe.

Voditelj projekta AMBIJENTA '10
izv. prof. dr. sc. Radovan Despot

DRVNA INDUSTRIJA

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

Izdavač: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet

Glavni i odgovorni urednik: prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić

Adresa: Svetošimunska 25, HR-10000 ZAGREB

tel. +385 1 235 2430

Časopis je dostupan na Internetu <http://drvnaindustrija.sumfak.hr>

Drvena industrija je jedini hrvatski znanstveno-stručni časopis za pitanja drvne tehnologije. Već 57 godina objavljuje izvorne znanstvene, stručne i pregledne radove, prethodna priopćenja, 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 drvnoj industriji.

Časopis izlazi kvartalno.

Godišnja pretplata u Hrvatskoj na časopis "Drvena industrija" iznosi 300 kn,
a 100 kn za đake, studente i obrazovne institucije.

Uplata na žiro račun 2360000-1101340148 s naznakom "za Drvnu industriju".

**PRATITE HRVATSKU ZNANOST
PRIHVATITE STRUČNE INFORMACIJE
PRIMAJTE REDOVITE STRUČNE OBAVIJESTI
PRENESITE SVOJU PORUKU**

Drvena industrija objavljuje i stručne priloge i informacije kojima proizvođači strojeva, opreme, uređaja i repromaterijala mogu redovito obavještavati tehnološki i rukovodeći kadar u hrvatskim drvnoindustrijskim poduzećima o ponudi svojih proizvoda.
Sve informacije na adresi redakcije.

AMBIENTA 2010. u Zagrebu – sajmom je zavladao dizajn

Od 12.-17.10.2010. na Zagrebačkom je velesajmu održan 37. međunarodni sajam namještaja, unutar-njeg uređenja i prateće industrije – Ambienta 2010.

U 15 sajamskih paviljona bio je izložen najnoviji namještaj za stanovanje - za kuhinje i kupaonice, urede i turističke objekte, a svoje je mjesto našla i prateća industrija, strojevi i alati. Osim izlagača iz Hrvatske, na sajmu su nastupili izlagači iz Austrije, Bosne i Hercegovine, Belgije, Brazila, Češke, Francuske, Indije, Italije, Mađarske, Njemačke, Kosova, Nizozemske, Poljske, Rumunjske, Rusije, Senegala, Slovenije, Srbije, Švicarske i Turske koji su predstavili svoje najnovije proizvode, usluge i tehnologije.

Premda se i ove godine osjeća kriza koja je nužno pogodila i sektor proizvodnje namještaja i pratećih elemenata, ipak se, za razliku od prošle godine, u smislu trendova i noviteta na ovogodišnjoj Ambienti osjećaju optimistični pomaci. Ponajviše se to očituje u izdvojenim atrakcijama sajma i dizajnerskim uradcima koji hrabro najavljuju nove smjerice u oblikovanju i doživljavanju prostora i u našim krajevima. Dapače, sjajni hrvatski dizajn apsolutno je zavladao i zasjenio sve uvoznike namještaja na ovogodišnjoj Ambienti.

Prema podacima organizatora, Ambienta je ove godine okupila 456 izlagača, od čega 182 iz 22 strane zemlje, što je za trećinu manje nego lani, no zato su domaći izlagači za 10 % brojniji. Unatoč lanjskoj krizi drvoprerađivačke industrije, Ambienta je i dalje ostala najveći poslovno događaj sektora čiji oporavak pokazuje i povećanje izvoza u prvih osam mjeseci ove godine.

Gledajući svjetske trendove i njihov odraz na Ambientu, može se istaknuti sljedeće: utjecaji vanjskog svijeta odražavaju se na unutrašnji stambeni prostor, što se primjećuje u udobnoj i ugodnoj atmosferi doma i zahtjevima korisnika s obzirom na proizvode i proizvođače. Sve se više traži udoban, mekan i topao namještaj te drvo koje je nezaobilazan materijal u interijeru. Pojavljuju se jednostavni oblici i naglašavaju funkcije elemenata namještaja, primjenjuju različiti materijali (kombinacije drva, metala, stakla, tkanina i dr.) te ističu različiti načini izrade detalja.

Ipak, ono što ovogodišnju Ambientu izdvaja od prethodnih godina jest znatno jača prezentacija dizajnerskih uradaka i noviteta koja je nadmašila očekivanja. Kriza je i u svijetu pogodila dizajnerski sektor, kao i brojne druge, ne samo financijski već i psihološki (za razliku od Hrvatske gdje je kriza već godinama). Stoga ovakav iskorak i, najvažnije, *količina* dizajnerskih proizvoda s potpisom, koji su se nakon dugo vremena ponovno pojavili na ovogodišnjem sajmu budi veliku dozu optimizma. Ako tome dodamo promjene koje su

se u području dizajna događale poslijednju godinu dana (osnutak Zajednice za industrijski dizajn pri Centru za dizajn u HGK, Vlada RH je nedavno usvojila Strategiju dizajna namještaja i sl.), optimizam je još veći.

Opći je dojam dizajnerska agresivnost u nastupu, inventivnost u konačnom oblikovanju proizvoda te veliki broj zanimljivih, svježih i neopterećenih uradaka koji ponajviše propituju oblike, konstrukciju, površinske obrade i funkciju proizvoda. Pritom, dakako, valja spomenuti suradnju dizajnera (profesionalaca i studenata) s proizvođačima, kao i djelovanje obrazovnog sektora na području dizajna namještaja (srednje škole i fakulteti).

Trendovi u namještaju opremanju prostora – spoj proizvođača i dizajnera

Vidljiva je kvaliteta postojećih, već potvrđenih proizvoda, kao i igra u oblicima i nova funkcionalnost elemenata, za što treba dijelom zahvaliti i dizajnerima.

Globalna kriza, koja je donijela i provođenje manje vremena na poslu, utjecala je na to da ljudi ponovno otkrivaju toplinu vlastitog doma, u kojemu češće borave. Unutar „četiri zida“ imaju slobodu oblikovati vlastito okruženje kako sami žele i kako osjećaju. Individualnost i različitost važniji su nego ikada do sada, kao i okruženost prirodnim materijalima i drvom. U tom su smislu kampanja *Drvo je prvo* i Hrvatska gospodarska komora napravili značajan korak okupivši hrvatske proizvođače u paviljonu 8.a i 9, na više od 3500 m² bruto površine, sa zanimljivim rješenjem štanda i infopulta (sl. 1).

Dnevni boravak

U tom prostoru dominira drvo zahvaljujući sve većoj ekološkoj osviještenosti kupaca, ali i sve jačoj svijesti građana o ekološkim i prirodnim proizvodima u



Slika 1. Infopult *Drvo je prvo*, HGK



Slika 2. Spavaća soba *Twill*, proizvođač *Spin Valis*

prostoru. Hrvatski su proizvođači prihvatili i primjenjuju svjetske trendove u vlastitim linijama proizvoda.

Spin Valis istaknuo je ove godine novitet u opremanju spavaćih soba – jednostavnu i elegantnu liniju spavaće sobe *Twill* od hrastovine (sl. 2), za koju je nagrađen Zlatnom plaketom i diplomom *Mobil optimum*.

Tvrtka *Javor* prezentirala je tople, elegantne i jednostavne elemente blagovaoničkih stolova, stolica i spavaćih soba od cjelovitog drva hrastovine obrađene uljima, dok je *Azelija-Kupa* prezentirala novu prirodnu kuću od cjelovitog drva *Oaze*, autora Veljka Linte, nagrađenu Brončanom medaljom *Mobil optimum* (sl. 3).



Slika 3. Drvena kuća *Oaze*, autor Veljko Linta, proizvođač *Azelija-Kupa*

Radni prostor

Iako nema novosti u postojećim konceptima rada, na *Ambienti* su se ponovno istaknule hrvatske tvrtke koje su prepoznatljive u gradnji vlastitog imidža u radnom okruženju. Osim radnih prostora izvedenih u iveralu, poput zagrebačke *Inkee*, posebnost su radni stolovi od cjelovitog drva. Tvrtka *Tvin* iz Virovitice i ove je godine nenadmašna u kvaliteti izrade i površinskim obradama radnoga i kućnog namještaja od cjelovitog drva, a sam štand, čije oblikovanje potpisuje Zrinka Nedeljković, magistrica dizajna, dobio je priznanje za visoku razinu ukupnog nastupa na sajmu (sl. 4).

Spavaća soba

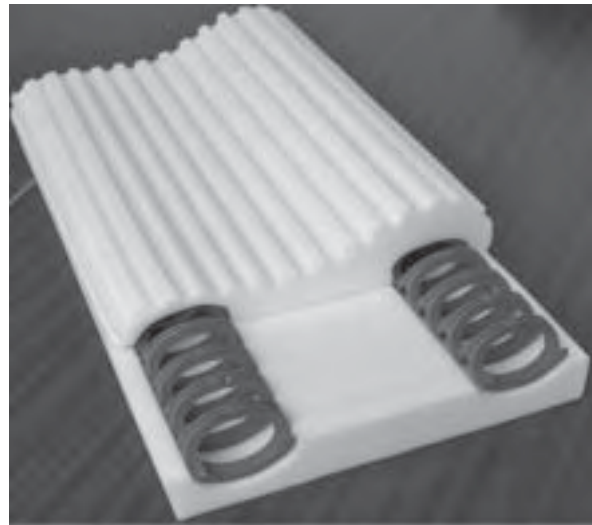
Zdrav san u posljednjih je nekoliko godina jedno od najvažnijih područja zanimanja. Svakako treba istak-



Slika 4. Izuzetna kvaliteta namještaja od cjelovitog drva proizvođača *Tvin* iz Virovitice

nuti ovogodišnji hit na *Ambienti* koji je lansirala tvrtka *Bernarda*. Jastuk *Pospanko* znači nov pristup zdravom spavanju zahvaljujući novitetu u konstrukciji koja optimalno podupire vratnu kralježnicu u različitim položajima ležanja (sl. 5). *Bernarda* je za *Pospanko* autorice Bernarde Cecelje, okrunjena Zlatnom diplomom i plaketom *Mobil optimum*, a dobila je i priznanje za visoku razinu ukupnog nastupa na sajmu (sl. 6).

I dalje je top-tema kako odabrati pravilan krevetni sustav. Pojavile su se potpuno nove jezgre na bazi



Slika 5. Novitet tvrtke *Bernarda* – jastuk *Pospanko* autorica Bernarde Cecelja



Slika 6. Ambijentalno uređenje štanda tvrtke *Bernarda*

spužve, lateksa, opruga i raznih kombinacija. Proizvođači su individualizirani i toliko prilagođeni kupcu da je čak otvoren portal na kojemu se korisnici mogu informirati o kvaliteti spavanja. Hoće li korisnik odabrati lateksnu spužvu, džepičastu ili neku drugu, nije bitno, bitan je cjelokupni krevetni sustav koji podržava individualne zahtjeve korisnika. Velika se pozornost pridaje tzv. termofiziologiji spavanja, unutar koje se pojavljuju noviteti u obložnim materijalima.

Kuhinja

Kuhinjski je prostor na Ambienti pokazao da proizvođači prate svjetske funkcionalne i vizualne trendove. Oblikovanje kuhinje podrazumijeva razveden i snažan dijalog s prostorom, točnije, dizajn cijelog okruženja, modulaciju punoga i praznog prostora kako bi se stvorio volumen. U kuhinji se živi kao u vanjskom svijetu, globalno i dinamično, u ravnoteži sa zdravim prirodnim ritmom i tehnologijom te istodobno fleksibilno, kreativno i otvoreno prema dnevnom boravku ili blagovaonici.

Detalji toplog drva, staklo i metal... to su prvi doživljaji kuhinjskog prostora. Prevladavaju sivi, pastelni, topli smeđi i bijeli tonovi, ali i tamne, teške vrste drva obogaćene patiniranjem i drugim obradama. Površine su čiste, sjajne i oku nenametljive, spremne za prihvatanje velike količine pribora i namirnica.

Primjer proizvođača za cjelovito oblikovanje kuhinje koje se proteže na ostale prostorije jest slovenska tvrtka *Svea* (sl. 7). Noviteti u obradama pročelja i funkcionalnost elemenata nenadmašno su prezentirani na njihovu štandu, kao, uostalom, i svake godine na Ambienti, za čije je oblikovanje zaslužan Darko Šurina, diplomirani dizajner. Kuhinja *Estella (Tulipana)* s potpisom istog autora, ove je godine bila namijenjena probirljivim kupcima koji uistinu znaju što žele u svom okruženju (sl. 8). *Estella (Tulipana)* odlikovana je Zlatnom plakatom i diplomom *Mobil optimum* za uspješan razvoj programa kuhinjskog namještaja.

U kuhinjskim programima u porastu su visokokvalitetne vrste drva, tamne, strukturirane, često brušene ili voštane. Pokatkad i namjerno naglašeno kod nekih domaćih tvrtki, poput tvrtke *Naprijed* iz Sinja, kuhinjski elementi izgledaju kao "starinsko" drvo (sl. 9).



Slika 7. Cjelovito oblikovanje stambenog prostora s konceptualno istim elementima, autor Darko Šurna, proizvođač *Svea* Zagorje ob Savi



Slika 8. Profinjeni kuhinjski program *Estella (Tulipana)* autora Darka Šurine



Slika 9. Detalj „starinskog“ kuhinjskog pročelja, proizvođač *Naprijed* iz Sinja

Ojastučeni namještaj – oblici i prateće pokrivne tkanine

Kao i prethodnih godina, ojastučeni namještaj i dalje odiše većim formatima, no bez pretjerivanja i predimenzioniranja. U tom smislu nema novosti (osim po količini). Tvrtka *Malagić* te tvrtka *Himolla GmbH*, koja je ove godine po prvi puta prezentirana na Ambienti, imale su zavidno popunjene velike izlagačke prostore. Čak je i *Inkea*, uz poznate linije ravnih bijelih elemenata uredskoga i kuhinjskog namještaja, izložila zaobljenu i fleksibilnu garnituru za sjedenje *Zoom-Zoom*, koja je dobila Srebrnu plaketu i diplomu *Mobil optimum* za razvoj komponibilnog programa modularnog namještaja za sjedenje i odlaganje. Autori su Darko Špiljarić i Ines Stošić (sl. 10).



Slika 10. Program modularnog namještaja za sjedenje *Zoom-Zoom*, autori Darko Špiljarić i Ines Stošić, proizvođač *Inkea*

U funkciji poticanja zdravog života prevladavaju mekane i udobne tkanine poput lana i pamuka. Koža je i dalje dosta zastupljena. Boje su, kao i dosad smirujuće – bijela, crna, smeđa i siva, s neočekivanim trendovskim akcentima ljubičaste i jarko plave.

Materijali i boje u oblikovanju stambenog okruženja

Kao i u svjetskim trendovima, na Ambienti bi se jednako mogla potvrditi zastupljenost svih materijala.

No iako prevladava prirodno drvo, najviše hrast, bukva i kern te orah u kombinaciji sa staklom (sl. 11), ne zaostaje ni metalni namještaj, kao ni novi materijali. Tvrtka *Dekor* iz Zaboka, koja je u svojoj proizvodnji primarno orijentirana na razvoj i proizvodnju rasvjetnih tijela, ove je godine za čak dva svoja proizvoda dobila Pohvalu *Mobil optimum* – za uspješno oblikovanje rasvjetnog tijela od metala, halogeni luster Ø (fi), autorice Zdenke Jurilj, te za inovativno oblikovno-tehnološko rješenje stola od metala Melite Matasić Paić (sl. 12).

Compact ploče, honey comb ploče (sačasta ispu-
na) ili karton, nosive sajle i tkanine nude nove oblikovne i funkcionalne mogućnosti, što je ove godine na Ambienti izuzetno dobro prikazala tvrtka *Siže Kupres*.



Slika 11. Tvrtka *Hrastico* izložila je namještaj od orahovine i stakla, autora Krunoslava Kovača, za koji je dobila Brončanu plaketu *Mobil optimum*



Slika 12. Ambientalni postav na štandu tvrtke *Dekor* iz Zaboka

Prezentacija tehnoloških mogućnosti i materijala skriveni pod brandom *OBLIQ*, zasigurno će privući brojne arhitekte i dizajnere u budućem oblikovanju prostora. Za inovativni pristup u proširenju ponude novim proizvodima, *OBLIQ*, *Siže Kupres* nagrađen je Srebrnom plaketom i nagradom *Mobil optimum* (sl. 13).

Ljepotu stakla i mogućnosti njegove primjene u izradi namještaja, podnih i zidnih obloga na malom je, ali izuzetno kompaktnom štandu, čiji izgled potpisuje dizajnerica Mirena Škarić, pokazala tvrtka *Bokart* (sl. 14). Staklo je bilo i ostalo trendovski materijal u uređenju interijera – na ulaznim i sobnim vratima, u kuhinji i drugim prostorima te kao dio namještaja.

U segmentu materijala i obrada svakako treba spomenuti podne i zidne obloge kojima se prezentiralo nekoliko hrvatskih tvrtki proizvođača.



Slika 13. Inovativni pristup u proširenju ponude novim proizvodima; brand *OBLIQ* iz *Siže Kupresa*



Slika 14. Simpatični štand tvrtke *Bokart*

PPS Galeković izložio je svoju paletu drvnih podnih i zidnih obloga, a novitet su vanjske obloge od termotretiranog drveta za oblaganje fasada – *Thermo fasade*, za koje su dobili i Zlatnu plaketu i diplomu *Mobil optimum*.

Drvo je glavna odrednica za ekološki i zdrav namještaj

Namještaj od cjelovitog drva dobiva sve veće značenje ponajviše zahvaljujući trendu zdravog življenja koje već nekoliko godina provodi kampanja *Drvo je prvo*. Sudeći po izlagačkom duhu ove godine na Ambienti, ponajviše u paviljonima 8.a te dijelom u paviljonima 8. i 9, odjeci su jako vidljivi! Drvo kao materijal i dalje je nezaobilazno, osobito kada se kombinira s drugim materijalima.

Drvo je vizualno „ojačano“ staklom u boji ili mliječnim staklom i stoji naslonjeno na svijetle zidove.

Glede površinske obrade, uz poznata ulja i voskove na prirodnim osnovama, zastupljeni su i lakovi koji na proizvodima stvaraju dojam visokokvalitetnoga i elegantnog elementa.

Danijela Domljan, magistrica dizajna
prof. dr. sc. Ivica Grbac

Izdvojeni kutak - dizajn i obrazovanje na izložbenim štandovima

ODLIČAN HRVATSKI NAMJEŠTAJ HRVATSKIH DIZAJNERA!

Draž ovogodišnje Ambiente bili su nastupi i izložbe obrazovnih i drugih institucija te brojni popratni događaji. Izložbe Šumarskog fakulteta, Studija dizajna, Škole za primijenjenu umjetnosti i dizajn (Odjel arhitekture), Agencije za strukovno obrazovanje, Zajednice za industrijski dizajn... brojna savjetovanja i skupovi... mnoštvo događaja i ideja!

Šumarski fakultet prvi je puta predstavio svoje radove u paviljonu 8. (prisjetimo se, godinama je Fakultet izlagao u „stakleniku“ paviljona 10), s glavnim motivom štanda: „otkucaj srca“ vegetacije hrvatskih šuma i hrvatske drvne industrije te laboratorijskim ispitivanjima koje već više od 120 godina na Šumarskom fakultetu objedinjavaju studenti i znanstveno-nastavni djelatnici.

Idejno rješenje štanda izradila je Danijela Domljan, magistrica dizajna, uz veliku pomoć i suradnju s kolegama sa svih zavoda obaju odsjeka i sa studentima III. godine preddiplomskog studija, kao i I. godine diplomskog studija na Šumarskom fakultetu. Ovim putem zahvaljujemo svim kolegama i studentima na nesebičnoj pomoći, suradnji i pozitivnoj atmosferi na štandu (sl. 1, 2, 3).

Svi radovi, predstavljeni u staklenim laboratorijskim tikvicama i epruvetama, alegorijski su prikaz metoda istraživanja u pojedinim laboratorijima i zavodima, dok su namještaj, modeli i makete rezultat istraživanja oblikovnih, konstrukcijskih i tehnoloških zahtjeva. Knjige i brošure koje je mogao prolistati svaki posjetitelj, nastale su kao rezultat istraživačkoga i nastavnog rada djelatnika Fakulteta, a daju odgovore gospodarstvenicima na brojna pitanja s područja šumarstva i drvne tehnologije.



Slika 1. Radna atmosfera pri postavljanju štanda Šumarskog fakulteta; foto: Danijela Domljan



Slika 2. Štand Šumarskog fakulteta iz Zagreba nudio je obilje informacija s područja šumarstva i drvne tehnologije; foto: Danijela Domljan



Slika 3. Štand Šumarskog fakulteta iz Zagreba; foto: Danijela Domljan

Posebno mjesto na štandu Šumarskog fakulteta zauzela je izložba studentskih radova nastalih na kolegiju Oblikovanje namještaja i Namještaj i opremanje prostora, kao nastavak prošlogodišnje izložbe radova na kojoj su studenti Drvnotehnološkog odsjeka, smjer Oblikovanje proizvoda od drva, ponovno pokazali kreativnost u konceptualnom razmišljanju i idejama. Radovi studenata također su bili prezentirani u posebno zatamnjenoj sobi, gdje je svaki posjetitelj mogao sjesti i uživati u idejnim crtežima i fotografijama s terenske nastave, okružen autentičnim zvukovima hrvatskih šuma.

U paviljonu se ove godine na Ambienti prvi put predstavila *Zajednica za industrijski dizajn (ZzID)*. ZzID je osnovana u proljeće ove godine pri Centru za



Slika 4. Štand Zajednice za industrijski dizajn, foto: Luka Mjeda

dizajn u Hrvatskoj gospodarskoj komori, te od samih početaka niže izložbe s radovima svojih članova. Na Ambienti su na štandu, čije oblikovanje potpisuje Ada Kezić, magistrica dizajna, bila prikazana kreativna i inventivna rješenja članova, nastala u suradnji s hrvatskim tvornicama namještaja. Prema riječima direktora Centra g. Luke Mjeda i predsjednice Zajednice, Romine Radović, magistrice dizajna, upravo je otvorena suradnja i obostrana komunikacija na relaciji dizajner – proizvođač provjerena formula koju treba njegovati za uspješan *dobar proizvod* (sl. 4).

Arhitektonski fakultet Studij dizajna predstavio se radovima studenata u obliku modela i postera (sl. 5) te, što treba najviše istaknuti, konceptima nastalim u suradnji s klasterom *Hrvatski interijeri*, koji čine tvrtke Lapibus, Adax interijeri, Ancona grupa, DCO, Interijer Klanfar, Mobilar, Spačva, Tapo i Trokut. Klaster je osim studentskih uradaka imao izdvojen izložbeni prostor koji se isticao kvalitetnim dizajnom i naglašenom funkcionalnošću izloženog namještaja. Suradnja koju su ove godine potaknuli i uspjeli realizirati *Hrvatski interijeri* sa *Studijem dizajna* pokazuje i otvara novi smjer kojemu trebaju težiti proizvođači u stvaranju inovativnih dizajnerskih proizvoda – mlade snage imaju velike potencijale (sl. 6)!

Za posjetitelje su pravo osvježenje ove godine bili radovi učenika *Odjela unutrašnje arhitekture Škole primijenjene umjetnosti i dizajna*. Prvi su puta na Ambienti izložili vlastite radove (većinom maturalne) koje tradicionalno svake godine maturanti izlažu u Galeriji *Isidor*



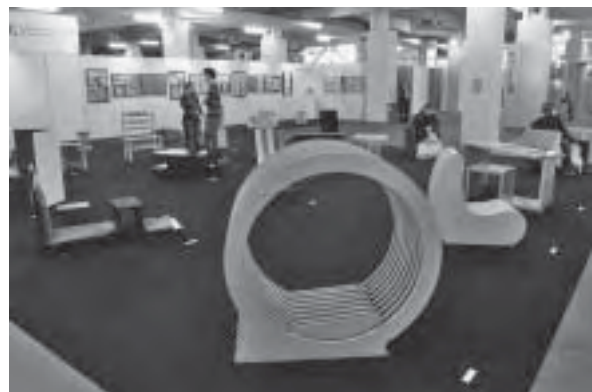
Slika 5. Minimalistički štand Arhitektonskog fakulteta Studija dizajna



Slika 6. Zanimljivo konceptualno rješenje polica od cjelovitog drva, studentski rad u izvedbi tvrtke *Lapibus* (*Hrvatski interijeri*)



Slika 7. Štand *Škole za primijenjenu umjetnost i dizajn* ispunjen kreativnim radovima i modelima učenika Odjela za unutrašnju arhitekturu; foto: Filip Pintarić



Slika 8. Štand *Škole za primijenjenu umjetnost i dizajn*; foto: Filip Pintarić

Kršnjavi. Mašta i kreativnost, pretvoreni u dizajnerske elemente interijera, kao i izuzetne crtačke sposobnosti tih mladih kreativaca dokazuju kako i u nas i te kako postoji znanje i sposobnost oblikovanja lijepoga i suvremenoga što treba neprestano njegovati (slika 7 i 8).

Uključivanje mladih sa spomenutih fakulteta, kao i učenika *drvodjeljskih srednjih škola* Republike Hrvatske (sl. 9) te *Škole za primijenjenu umjetnost i dizajn* daje nove pozitivne poticaje proizvodnji i gospodarstvu.

No da bi ljepota zarana bila prepoznata pokrenuta je kampanja *Drvo je prvo* natječajem za dizajn nam-



Slika 9. Vrhunsko stolarsko umijeće, pedantnost i strpljivost očituju se u ovom uratku na štandu *Agencije za strukovno obrazovanje*



Slika 11. Natječaj za dječje vrtiće: prvonagrađeni rad autorice Andreje Hercog, čiji je prototip izvela tvrtka *Jurić*; foto: Luka Mjeda



Slika 10. Natječaj za dječje vrtiće: drugonagrađeni rad autora Goge Golik i Damjana Gebera, u izradi *Slavonije DI*; foto: Luka Mjeda



Slika 12. Natječaj za dječje vrtiće: prvonagrađeni rad autora Nevena i Sanje Kovačić, u izvedbi tvrtke *Ferenčić*; foto: Luka Mjeda

ještaja za opremanje dječjih vrtića, koji je ove godine prikazan na *Ambienti* u završnoj fazi. Naime, u sklopu akcije *Drvo je prvo* Hrvatska gospodarska komora, u suradnji s Hrvatskim šumama, Ministarstvom regionalnog razvoja šumarstva i vodnoga gospodarstva te Hrvatskim društvom dizajnera i, najvažnije – hrvatskom drvnom industrijom, ove je godine postavila izložbu prototipova namještaja i opreme za dječje vrtiće, radove koji su prošle godine pobijedili na javnom natječaju, a ove su godine proizvedeni kao prototipovi (sl. 10, 11. i 12).

Opisani primjer pokazuje da se ljubav prema drvu i hrvatskom dizajnu treba početi njegovati vrlo rano, te djeci već ranim odgojem usađivati percepciju o

kvalitetama drva kao materijala te o ljepoti i skladu okruženja. Upravo se zato mora naglasiti da je projekt *Drvo je prvo*, u organizaciji navedenih sudionika potpuno opravdao očekivanja glede mijenjanja percepcije i promišljanja o drvu kao gradbenom materijalu.

Kao zaključak se može istaknuti: ovogodišnja 37. *Ambienta* nije razočarala. Naprotiv!

Sigurno je da proizvođače i izlagače koji ove godine nisu imali dovoljno hrabrosti izložiti svoje proizvode očekujemo već sljedeće godine!

Danijela Domljan, magistrica dizajna
prof. dr. sc. Ivica Grbac

AFRIČKA EBANOVINA

Drvo trgovačkog naziva afrička ebanovina pripada botaničkoj vrsti *Diospyros crassiflora* Hiern. i *Diospyros mespiliformis* Hochst, iz porodice *Ebanaceae*.

NAZIVI

Ostali su nazivi drva *Diospyros crassiflora* African ebony (Velika Britanija), afrikanisches Ebenholz (Njemačka), ebéne d’Afrique (Francuska, Belgija), ébano (Portugal, Španjolska).

NALAZIŠTE

Drvo *Diospyros crassiflora* Hiern. potječe iz Gabona, a drvo *Diospyros mespiliformis* Hochst iz Nigerije, Obale Bjelokosti, Gambije i Sudana te sa Zlatne obale i sa Zanzibara.

STABLO

Stabla dosežu visinu od 15 do 18 metara. Visina čistog debla je oko 4 metra, srednjeg promjera oko 0,6 metara. Debla su pravilna i cilindrična oblika.

DRVO

Makroskopska obilježja

Ebanovina je rastresito porozno drvo, jedričavo i teško uočljivih godova. Srž je crna, često prošarana svjetlijim crnosivim crtama. Bjeljika je široka, crvenkastosiva do sivosmeđa. Tekstura drva je fina. Drvo je pravilne do blago usukane žice. Pore su često potpuno ispunjene crnim sadržajem i ostavljaju dojam glatke površine drva, bez pora. Pore i drvni traci uočljivi su tek pod povećalom.

Mikroskopska obilježja

Traheje su raspoređene u kratkim radijalnim nizovima od 2 – 3 ili 4 i više, malobrojne su, 8 – 14 na mm². Prosječni tangenti promjer traheja iznosi 80 – 120 mikrometara. Ploča perforacija je jednostavna. Intervaskularne jažice naizmjenično su razmaknute (alternirajuće), uzdužnog promjera prosječno 3 – 5 mikrometara. Jažice polja dodira između traheja i drvnog traka nalik su na intervaskularne jažice. Stijenke stanica drvnih vlakanca debelostjene su, s jažicama na radijalnoj i tangentnoj stijenci. Aksijalni je parenhim u obliku vrpce, pretežno jednoredan, neki možda upućuje na granicu goda (marginalan). Aksijalni je parenhim apotrahealan, raspršen u katnom rasporedu, te paratra-

healno nepotpun ili vazicentričan. Kristali (prizmatični) postoje u stanicama aksijalnog parenhima. U stanicama drva nema silikata. Drvni su traci heterocelularni, uglavnom jednoredni, rjeđe dvoredni. Gustoća trakova iznosi 15 – 20 na 1 mm tangentsnog smjera.

Fizikalna svojstva

Gustoća prosušenog drva (ρ_{12-15}) iznosi oko 1 000 kg/m³. Utezanja od točke zasićenosti vlakancima do 12 % sadržaja vode iznose: radijalno (β_r) oko 5,5 % ; tangentsno (β_t) oko 6,5 %.

Mehanička svojstva

Čvrstoća na tlak:	65...92 MPa
Čvrstoća na savijanje:	oko 189 MPa
Modul elastičnosti:	oko 17,7 GPa

TEHNOLOŠKA SVOJSTVA

Obradivost

Drvo se vrlo teško obrađuje strojevima i ručno. Pri obradi se jače zatupljuje oštrica alata. Dobro se obrađuje vijcima i čavlima, no zbog tvrdoće ga je potrebno prethodno izbušiti. Površinski se zadovoljavajuće obrađuje. Bruševina nastala obradom drva nadražuje kožu, sluznice oka i dišne organe. Ebanovina sadržava velik udio akcesornih tvari koje u dodiru s prevlakama mogu prouzročiti diskoloraciju površine. Zato se prije nanošenja prevlake preporučuje ispitivanje na manjem uzorku drva.

Sušenje

Drvo malih dimenzija prirodno se dobro suši, uz malu mogućnost stvaranja napuklina na čelu. Umjetno se sušenje može provesti na zadovoljavajući način.

Trajnost

Srž je prirodno vrlo trajna i otporna na termite. Drvo se vrlo teško impregnira.

Uporaba

Drvo afričke ebanovine cijenjeno je i ima široku primjenu. Upotrebljava se za izradu finih stolarskih, tokarenih i rezbarenih proizvoda, za izradu intarzija te dijelova za glazbene instrumente.

Napomena

Fina prašina koja nastaje pri obradi drva alatom može iritirati kožu i sinuse. Nošenje nakita od ebanovine može prouzročiti alergijske reakcije kože.

Literatura

1. *** 1980: Šumarska enciklopedija, JLZ, Zagreb.
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. *** 2005: HRN EN 350-2: Trajnost drva i proizvoda na osnovi drva – Prirodna trajnost masivnog drva, 2. dio.
4. *** 1972: Handbook of Hardwoods, 2nd edition, HMSO, London.
5. *** 1964: Wood dictionary, Elsevier publishing company, Amsterdam.

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

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET

Svetošimunska cesta 25, Zagreb - ž.r. 2360000 - 1101340148 OIB 07699719217
tel: 00385(0)1/235 - 2478 fax: 00385(0) 1/ 235- 2528

PRETPLATNI LIST

Izašao je broj 4 časopisa Drvna industrija, volumen 61, a uskoro tiskamo i prvi broj volumena 62. Pozivamo Vas da obnovite svoju pretplatu ili se pretplatite, ako do sada još niste, na časopis za volumen 62, te na taj način pomognete njegovo izlaženje. Cijena sva četiri broja jednog godišta (volumena) je 300,00 kn u Hrvatskoj, odnosno 55 EURA u inozemstvu. Ukoliko ste suglasni s uvjetima i cijenom pretplate na cjelokupno godište časopisa molimo Vas da popunite obrazac na poleđini i pošaljete ga na fax broj: +385/1/235 2 528 ili na adresu:

ČASOPIS DRVNA INDUSTRIJA

Šumarski fakultet Zagreb, Svetošimunska cesta 25
HR-10000 Zagreb
Hrvatska

Predsjednik Izdavačkog savjeta
časopisa Drvna industrija

prof. dr. sc. Ivica Grbac v.r.

Glavni i odgovorni urednik
časopisa Drvna industrija

prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić

ČASOPIS “DRVNA INDUSTRIJA”

Cjenik oglašavanja za 2011. godinu
ADVERTISING PRICE LIST FOR 2011

1/1 A4 stranica na drugoj, trećoj i četvrtoj strani ovitka	4.550,00 kn
1/1 A4 stranica na prvim i zadnjim stranicama do ovitka	4.300,00 kn
1/1 A4 stranica na drugim mjestima	3.800,00 kn
1/2 A4 stranice na drugim mjestima	2.700,00 kn
1/4 A4 stranice na drugim mjestima	2.050,00 kn

Ovitak, kao i prve i zadnje stranice do ovitka tiskaju se u boji. Za oglas tiskan u dva ili više susjednih brojeva odobravamo popust 20%.

1/1 A4 Page on the second, third and fourth cover pages	910 EUR
1/1 A4 Page on two first inner pages	860 EUR
1/1 A4 Page on other places	760 EUR
1 A4 Page on other places	540 EUR
1/4 A4 Page on other places	540 EUR

Cover and first inner pages are printed in colour. For 2 advertisements published in successive issues a discount of 20 % is granted.

The bill for advertisements is payable in international currency by equivalent change (please contact the Editorial office for details).

Glavna i odgovorna urednica
časopisa Drvna industrija

Editor-in-Chief

Prof. Ružica Beljo Lučić, PhD

Predsjednik Izdavačkog savjeta
časopisa Drvna industrija

President of Publishing Council

Prof. Ivica Grbac, PhD

PRETPLATA NA ČASOPIS DRVNA INDUSTRIJA

za volumen 62

Želimo se pretplatiti na časopis Drvna industrija, volumen 62 i želimo primati _____ primjeraka svakog broja. Cijena jednog volumena (godišta) iznosi 300,00 kn u Hrvatskoj ili 55 EURA u inozemstvu. Obvezujemo se uplatiti iznos od _____ kn (EURA) na žiro račun broj:

2360000-1101340148

ili

devizni račun:

2100061795

(plaćanje SWIFTOM: ZABA HR 2X2500 - 03281485)

s naznakom "Za časopis Drvna industrija, poziv na broj 3 02 03"

Tvrtka: _____

Matični broj tvrtke: _____ tel: _____ fax: _____

M.P.

Potpis odgovorne osobe

WOOD INDUSTRY SUBSCRIPTION

We wish to subscribe for the WOOD INDUSTRY journal for Vol. 62 and wish to receive _____ copies of each issue. We shall pay an amount of 55 EUR by bank draft in EUR funds or international money order by SWIFT to ZAGREBACKA BANKA d. d. - code ZABHR2X 2500-03281485

Name _____

Company/organization _____

Tax number _____ Phone _____ Fax _____

Address (street, city) _____

Postal code, region, country _____

Signature _____



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 prilagode 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. izdavač/izdavač): 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.

JEDANAEST GOD

RUČI

drvo

Časopis za drvnu industriju,
obrt, tehnologiju,
trgovinu i informatiku

Izdavač:

TILIA'CO d.o.o.

Rujanska 3

10000 Zagreb

tel./fax:

01/3873-402,

01/3873-934

e-mail:

tiliaco@zg.htnet.hr

www.drvo.hr



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

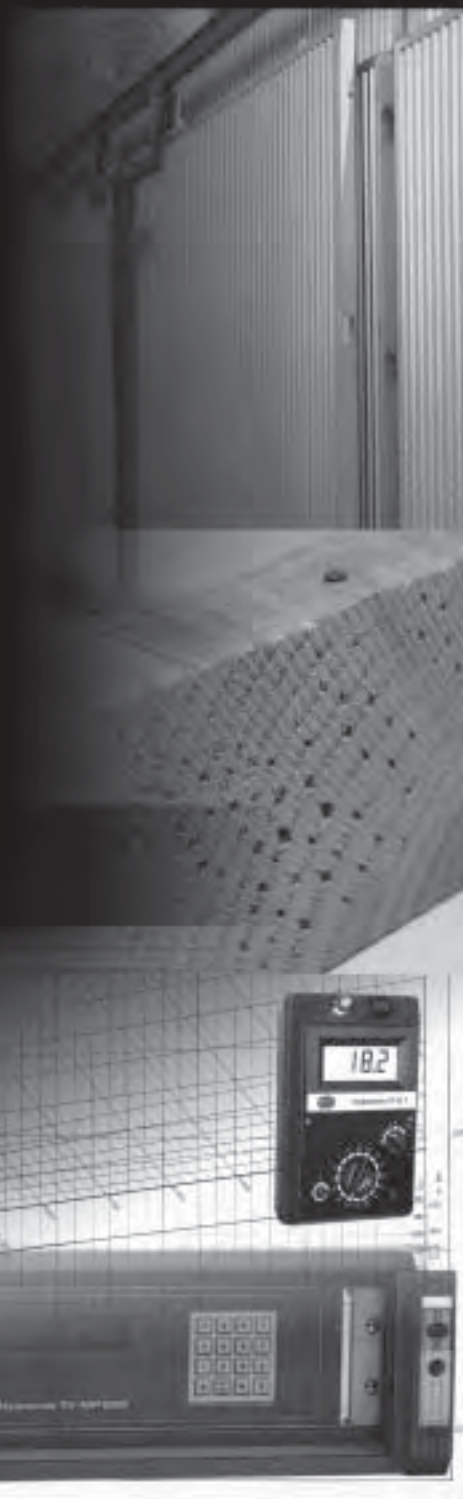
Provođenje standarda kvalitete sušenja

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