

DRVNA INDUSTRIJA

ZNANSTVENO STRUČNI ČASOPIS ZA PITANJA DRVNE TEHNOLOGIJE • ZAGREB • VOLUMEN 60 • BROJ 2
SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL JOURNAL OF WOOD TECHNOLOGY • ZAGREB • VOLUME 60 • NUMBER 2



60

Terminalia bialata Steudel

2/09

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,
doc. dr. sc. Vladimir Jambrečković,
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu;
Ivan Slamić, dipl. ing., Tvin d.d.;
Zdravko Jelčić, dipl. oec., 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 PODUPIRE:



Sadržaj

Contents

NAKLADA (Circulation): 700 komada · **ČASOPIS JE REFERIRAN U (Indexed in):** CA search, CAB Abstracts, Compendex, DOAJ, EBSCO, Forestry abstracts, Forest products abstracts, Geobase, Paperchem, 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., Ivanićgradska 22, Zagreb, tel. 01/2361777, fax. 01/2332753, E-mail: denona@denona.hr; URL: www.denona.hr · **DESIGN** Aljoša Brajdić · **ČASOPIS JE DOSTUPAN NA INTERNETU:** <http://drvnaindustrija.sumfak.hr>

DRVNA INDUSTRIJA · Vol. 60, 2 · str. 73 - 132 · ljeta 2009. · Zagreb
REDAKCIJA DOVRŠENA 1.06.2009.

IZVORNI ZNANSTVENI RADOVI <i>Original scientific papers</i>	75-110
PERFORMANCE OF THERMALLY MODIFIED TIMBER (TMT) IN OUTDOOR APPLICATION – DURABILITY, ABRASION AND OPTICAL APPEARANCE Ponašanje termički modificiranog drva u vanjskim uvjetima primjene – trajnost, abrazija i izgled <i>Christian R. Welzbacher, Christian Brischke, Andreas O. Rapp, Silvia Koch, Sabine Hofer</i>	75-82
UTJECAJ VARIJACIJE KUTA VLAKANACA FURNIRSKE PLOČE NA SAVOJNA SVOJSTVA SENDVIČ-PLOČE Influence of plywood grain direction on sandwich panel bending properties <i>Jaroslav Kljak, Mladen Brezović, Alan Antonović</i>	83-88
CHANGES IN VALUE-ADDED WOOD PRODUCT MANUFACTURER PERCEPTIONS ABOUT CERTIFICATION IN THE UNITED STATES FROM 2002 TO 2008 Promjene shvaćanja postupka certificiranja proizvođača finalnih proizvoda od drva u Sjedinjenim Američkim Državama od 2002. do 2008. godine <i>Richard Vlosky, Rado Gazo, Daniel Cassens, Priyan Perera</i>	89-94
USPOREDBA UDJELA LOMNE POVRŠINE PO DRVU ANALIZIRANE RAČUNALOM I PROCJENOM PREMA NORMI ISO 6238 PRI ISPITIVANJU KVALITETE LIJEPLJENJA Comparison of percentage of wood fracture surface analyzed by computer and by ISO 6238 in determining the quality of adhesive bonds <i>Alica Lojen, Goran Mihulja, Ivica Župčić, Andrija Bogner</i>	95-100
UTILIZATION OF CONTRIBUTION MARGIN IN THE COSTING SYSTEM IN PRODUCTION OF COMPONENTS FOR WOOD WORKING MACHINES Upotreba kontribucijske marže u sustavu troškova u proizvodnji dijelova strojeva za obradu drva <i>Marek Potkány, Miloš Hitka</i>	101-110
PREGLEDNI RAD <i>Review paper</i>	111-121
USPORIVAČI GORENJA DRVA Fire retardants for wood <i>Vlatka Jirouš-Rajković, Josip Miklečić</i>	111-121
STRUKOVNA UDRUŽENJA <i>Professional associations</i>	123-124
KOMENTARI I OSVRTI <i>Reviews and comments</i>	125-127
UZ SLIKU S NASLOVNICE <i>Species on the cover</i>	129

Performance of thermally modified timber (TMT) in outdoor application – durability, abrasion and optical appearance

Ponašanje termički modificiranog drva u vanjskim uvjetima primjene – trajnost, abrazija i izgled

Original scientific paper · Izvorni znanstveni rad

Received – prispjelo: 9. 2. 2009.

Accepted – prihvaćeno: 21. 5. 2009.

UDK: 630*841.6; 630*812.733

ABSTRACT • Thermally modified timber (TMT) is increasingly offered in Europe as an alternative to preservative treated timber. TMT durability in field tests as well as its moisture sorption behaviour in façade application was determined so as to consider its suitability for outdoor use. Additionally, abrasion and crack-formation of TMT deckings were examined and the optical appearance of a TMT façade was evaluated after 5 years of service. After 7.5 years exposure in ground contact, the various TMT materials tested were classed as “slightly durable” to “not durable” whereas the classification in above ground exposure was “very durable” to “moderately durable”, which was in line with the reduced moisture sorption of TMT in weathered application. Moreover, the TMT-decking showed less abrasion and crack-formation compared to references, though the TMT façade revealed considerable discoloration by weathering. Hence, the suitability of TMT for above ground use is suggested, but a surface treatment is obligatory if discoloration is objectionable.

Key words: blue stain, cracks, decking, façade, weathering

SAŽETAK • Termički modificirano drvo (TMT) sve se više nudi u Europi kao alternativa kemijski zaštićenom drvu. Za ocjenu prikladnosti TMT-a za vanjsku upotrebu ispitivana je biološka trajnost u vanjskim uvjetima, kao i sorpcija vode u elementima fasade. Dodatno je ispitivana otpornost na abraziju i nastajanje pukotina u TMT podovima, te je napravljen vizualni pregled TMT fasade nakon petogodišnje upotrebe. Nakon 7,5 godina izloženosti u dodiru s tlom, različiti TMT materijali ocijenjeni su kao "slabo otporni" do "neotporni" dok su ocjene tog istog materijala za izlaganje iznad tla bile "vrlo otporno" do "srednje otporno". Dobivene su ocjene, u skladu sa smanjenom sorpcijom vode TMT materijala u vanjskoj upotrebi. Štoviše, TMT podovi pokazali su manju abraziju i pukotine od referentnog drva, iako su TMT elementi fasade pokazali veću diskoloraciju uzrokovanu abiološkom razgradnjom. Dakle, TMT je u vanjskim uvjetima i iznad tla preporučljiv za upotrebu, ali uz obveznu površinsku obradu ako se želi izbjeći diskoloracija.

Ključne riječi: plavilo, pukotine, polaganje podova, fasade, abiološka razgradnja

¹ Authors are Associate Professor, Associate Professor and Professor at Faculty of Architecture and Landscape Sciences, Leibniz University Hannover, Hannover, Germany. ² Author is Wood Science Graduate, Alte Poststraße 32, D 53721 Siegburg, Germany. ³ Author is Wood Science Graduate, Billhorner Mühlenweg 13 b, D 20539 Hamburg, Germany.

¹ Autori su, redom, izvanredni profesor, izvanredni profesor i profesor Fakulteta arhitekture i uređenja krajobrazza, Sveučilišta Leibniz u Hannoveru, Hannover, Njemačka. ² Autorica je diplomirana inženjerka drvne tehnologije, Alte Poststraße 32, D 53721 Siegburg, Germany. ³ Autorica je diplomirana inženjerka drvne tehnologije, Billhorner Mühlenweg 13 b, D 20539 Hamburg, Germany.

1 INTRODUCTION

1. UVOD

The ability of thermal modification processes to improve the resistance of wooden products against fungal decay has been intensively investigated and promoted in recent years (Syrjänen and Kangas, 2000; Boonstra and Tjeerdsma, 2006; Del Menezzi and Tomaselli 2006). On account of the increased durability of thermally modified timber (TMT) compared to untreated material, its application above ground in use class 3 (EN 335-1, 2006) has often been recommended (i.a. Jämsä and Viitaniemi, 2001; Wienhaus, 1999). On the other hand, the applicability of TMT for use in ground contact (use class 4, EN 335-1, 2006) is still a matter of controversial discussion, because TMT is frequently classed as “very durable” to “durable” (durability class 1-2, EN 350-2, 1994) in laboratory tests (e.g. Boonstra and Doelman, 1999; Tjeerdsma *et al.*, 2000), which would in theory allow an application in soil contact (EN 460, 1994). Additionally, various industrial suppliers promote their TMT products with unlimited suitability for use in ground contact, which also emphasizes the uncertainty of consumers.

However, besides typical applications in use class 3 like claddings and façades, TMT is mostly used for horticultural products, e.g. wooden decks and floorings. Concerning these non- or less-load bearing applications, the resistance to abrasion becomes the decisive mechanical property of the material used, since numerous authors referred to an increase in brittleness and occurrence of splinters and flake offs compared to untreated wood (*i.a.* Jämsä and Viitaniemi, 2001; Militz, 2000).

Alongside durability and mechanical properties, the optical appearance of TMT in use is increasingly spotlighted by consumers, because the brownish color of uncoated TMT is non-stable against UV irradiation (Sailer *et al.*, 2000; Junghans and Niemz, 2005) and TMT exhibits discoloration and staining in weathered exposure.

This paper presents the results of field tests after 7.5-year exposure in use class 3 and 4, results regarding the moisture sorption behaviour of TMT in façade ap-

plication as well as the outcome of abrasion tests and visual observations regarding the optical performance of a TMT-façade after 5 years in service in order to contribute to the discussion on the suitability of commercially available TMT for outdoor application.

2 MATERIALS AND METHODS

2. MATERIJALI I METODE

2.1 Moisture sorption behaviour of TMT façade boards

2.1. Ponašanje TMT elemenata fasade s obzirom na sorpciju vode

Determination of moisture behaviour in weathered application was performed with boards of 500x122x22 mm³ from European larch heartwood (*Larix decidua* Mill.), Scots pine sapwood (*Pinus sylvestris* L.), Norway spruce sapwood (*Picea abies* Karst.) and Oil-Heat-treated spruce sapwood (220°C, 1h). These materials (*n*=9) were mounted with stainless screws as weather boarding on a house façade in East, West and South orientation in Kiel, North-Germany, in 9 different locations in the year 2000 (Figure 1).

Polyamide coated stainless steel cables as electrodes were glued in the reverse side of the boards with graphite containing glue mixtures according to Brischke *et al.* (2008). The wood moisture content (MC) was determined and recorded daily over a period of one year (April 2000 to April 2001) by measuring the electrical resistance, as described by Pöhlmann (2001).

In 2007, the boards were removed from the façade and were exposed freely suspended to natural weathering at Hamburg University in Hamburg-Lohbrügge for a period of 4 months, from March 2007 to July 2007. The MC of specimens was measured gravimetrically during this exposure.

2.2 Durability tests

2.2. Testovi biološke otpornosti

Field trials in soil contact and above ground were installed in 2001 to examine the durability of the various TMT materials (Table 1) in differently severe exposure conditions.



Figure 1 East and South-West orientation of the house facade in Kiel; Arrows point to the location of TMT boards with glued-in electrodes for long-term moisture recording

Slika 1. Istočno i jugozapadno pročelje kuće u Kielu: strelice pokazuju mjesta promatranih TMT elemenata fasade s ugrađenim elektrodama za dugotrajno praćenje sadržaja vode u drvu

Table 1 Abbreviations in tables and figures (Abbr.), corresponding to wood species, process description and supplier of the thermally modified material

Tablica 1. Kratice u tablicama i slikama koje odgovaraju vrsti drva, postupku modifikacije i dobavljaču (proizvođaču) termički modificiranog drva

Abbreviation <i>Kratice</i>	Wood species <i>Vrsta drva</i>	Modification process <i>Postupak modifikacije</i>	Supplier <i>Dobavljač (proizvođač)</i>
Plato	<i>Picea abies</i> Karst.	PLATO process	Plato Hout B.V., Netherlands
Thermowood	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Thermowood process	Kestopuu Oy, Finland
NOW	<i>Pinus maritima</i> Mill.	Retification process	S.A. NOW, France
OHT	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Oil-Heat process*	Menz Holz, Germany

* Rapeseed oil-retention was minimized to less than 5 kg/m³ / *Retencija repičina ulja svedena je na minimum (manje od 5 kg/m³).*

The number of replicates was $n=20$ for each test set-up, the dimension of the specimens was 500x50x25 mm³ (except NOW: 500x50x20 mm³). According to EN 252 (1990) the samples for field tests in ground contact were planted in the field at the Federal Research Centre for Forestry and Forest Products, Hamburg at a distance of 30 cm to each other. The durability of the different materials above ground in use class 3 (EN 335-1, 2006) was tested using the double layer test method according to Augusta and Rapp (2005), in which samples were shifted by one sample half to create an artificial water trap between both horizontal layers.

Decay on samples from field tests in use class 4 and 3 was determined yearly according to EN 252 (1990) using the five step rating scheme, which classifies depth and distribution of decay (0=sound, 1=slight attack, 2=moderate attack, 3=severe attack, 4=failure). These decay ratings were taken as basis to determine the durability. According to EN 252 (1990) x -values are used to calculate the durability based on the mean lifetime. Since the mean lifetime was not yet obtained for all tested materials after 7.5 years, the durability was calculated as the quotient of the decay rate of the controls and the decay rate of the material tested (durability factor f), as shown in equation 1 and 2.

$$\text{decay rate} = \frac{\text{mean decay rating}}{\text{time of exposure}} \quad (1)$$

$$\text{durability factor } f = \frac{\text{decay rate}_{\text{control}}}{\text{decay rate}_{\text{tested specimens}}} \quad (2)$$

Decay types were determined according to DIN CEN/TS 15083-2 (2005).



2.3 Abrasion tests

2.3. Testovi abrazije

For the abrasion tests, commercially heat treated beech (*Fagus sylvatica* L., Thermowood, 230°C for 4h) was applied besides beech controls and larch heartwood (*Larix decidua* L.), which is a typical softwood species for decking applications. Heat treated beech was used in this study, since this mechanically strong and abrasion-resistant European hardwood species with improved durability and dimensional stability by the thermal modification is increasingly used as decking material to substitute tropical timber. Two tests were performed to characterize the abrasion performance: the “Shaker” test according to Brischke *et al.* (2006) and the Taber abraser test according to DIN EN 438-2 (1992).

The resistance to abrasion after the Shaker-method was determined as follows: 5 specimens of 35x10x10 mm³ were oven dried, weighed and put into a polyethylene flask of 0.5 l together with 400 g of steel balls of 6 mm diameter (Figure 2). The filled flasks were put in an overhead shaker and rotated with 28 min⁻¹ for 72 hours. Afterwards, the specimens were cleansed of wood dust by air pressure, oven dried and weighed again to determine the abrasion in terms of mass loss. Five specimens were weighed together and gave one replicate, ten replicates were used.

The following modifications of the Taber abraser test were made in order to allow testing of solid wood: Specimens of 100x100x7 mm³ were prepared and conditioned in 20°C/65%RH. The tree rings of all specimens were oriented 45° to their cutting edges. After weighing and measuring the thickness at 4 points, the specimens ($n=10$) were clamped into the Taber abraser



Figure 2 Polyethylene flask, steel balls, specimens and over-head shaker used in Shaker-tests

Slika 2. Polietilenske bočice, čelične kuglice, uzorci i uređaj za ispitivanje abrazije

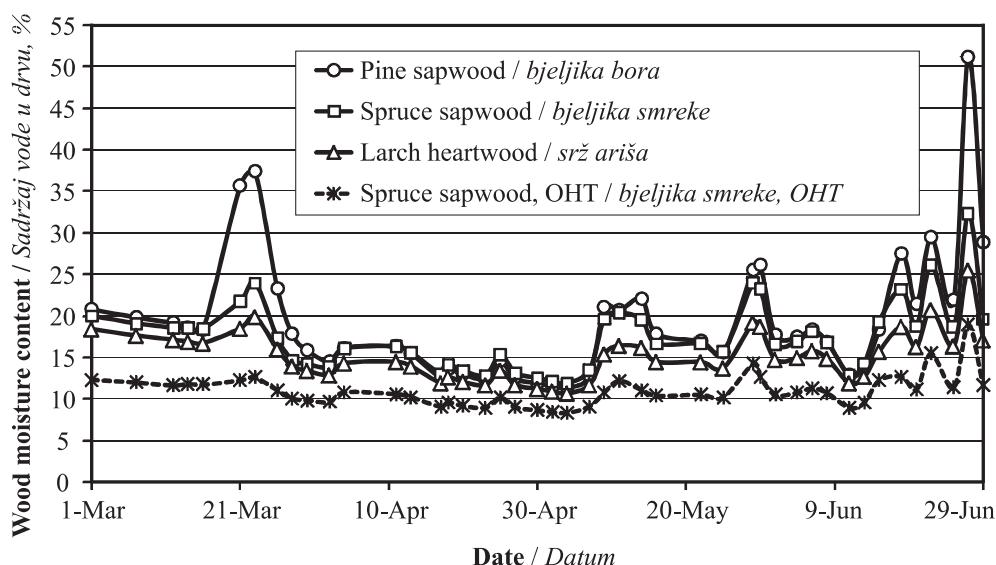


Figure 3 Course of gravimetrically determined wood moisture content of façade boards in vertical exposure (Hamburg, 2007)

Slika 3. Krivulja sadržaja vode vertikalno izloženih elemenata fasade određena gravimetrijski (Hamburg, 2007)

and were abraded with sanding paper S-42 with approx. 60 min⁻¹ for 1000 rounds. Afterwards the mass loss and the decrease in thickness by abrasion were determined.

2.4 Optical appearance of a TMT façade in service
2.4. Izgled elemenata fasade od TMT materijala u upotrebi

The TMT in façade application was made out of unsorted pine (*Pinus sylvestris* L.) boards of 4500x140x28 mm³, thermally modified at 212°C for 2 h (Thermo-D, Stellac Oy, Mikkeli, Finland). Stainless steel screws were used to attach the TMT boards to the façade of the Technical Centre of the Fire Brigade in Beelitz-Heilstätten, Germany, with a façade area of approx. 1000 m². Additionally, TMT-gluelam (4500x100x70 mm³) was used as an accessible apron around the building.

The TMT-façade was built in 2002, the visual evaluation focusing on discoloration, formation of cracks, staining and decay was carried out after 5 years in service in July 2007.

3 RESULTS AND DISCUSSION
3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1 Moisture behaviour during natural weathering
3.1. Sorpcija vode tijekom izlaganja vanjskim uvjetima

The evaluation of the daily recorded wood moisture content (MC) in 2001 clearly pointed to the reduced moisture induced risk for fungal decay of thermally modified timber: Oil-Heat-treated (OHT) spruce did not exceed a MC of 20% over the measuring period of one year (Table 2).

Table 2 Number of days below 15% and above 20% wood moisture content (MC) during 365 days of natural weathering; MC was determined electrically and recorded daily

Tablica 2. Broj dana u godini tijekom izlaganja vanjskim uvjetima, kada je TMT drvo imalo manje od 15 % i više od 20 % sadržaja vode: sadržaj vode (MC) mjereno je električki i svakodnevno je bilježen

Number of days <i>Broj dana</i>	Pine sapwood <i>Bjeljika bora</i>	Spruce sapwood <i>Bjeljika smreke</i>	Larch heartwood <i>Srž ariša</i>	Spruce sapwood, OHT <i>Bjeljika smreke termički modificirana u ulju</i>
< 15% MC	34	48	47	68
≥ 20% MC	194	131	119	0

Table 3 Number of days below 15% and above 20% wood moisture content (MC) during 121 days of natural weathering; MC was determined gravimetrically

Tablica 3. Broj dana tijekom 121-dnevnog izlaganja vanjskim uvjetima, kada je drvo imalo sadržaj vode niži od 15 % i viši od 20 %; sadržaj vode (MC) mjereno je gravimetrijski

Number of days <i>Broj dana</i>	Pine sapwood <i>Bjeljika bora</i>	Spruce sapwood <i>Bjeljika smreke</i>	Larch heartwood <i>Srž ariša</i>	Spruce sapwood, TMT <i>Bjeljika smreke termički modificirana u ulju</i>
< 15% MC	30	33	65	117
≥ 20% MC	64	30	4	0

Table 4 Percentage of occurrence of decay rating and prevailing decay types (of decayed samples) after 7.5 years of exposure in double layer tests

Tablica 4. Postotak pojavnosti ocjene razgrađenosti i prevladavajuća vrsta truleži na zaraženim uzorcima nakon 7,5 godina izlaganja u *double layer* testovima

Material Materijal	Percentage of decay rating, % Pojavnost ocjene, %					Percentage occurrence of prevailing decay type Udio pojavnosti prevladavajuće truleži		
	0	1	2	3	4	white rot	soft rot	white rot/ soft rot
Plato	10	30	30	25	5	28	17	55
Thermowood	10	10	45	35	0	80	0	20
NOW	55	25	15	5	0	67	0	33
OHT	60	40	0	0	0	75	0	25
Pine control kontrolna borovina	0	0	0	0	100	30	30	40

Table 5 Percentage of occurrence of decay rating and prevailing decay types (of failed samples) after 7.5 years of exposure in ground contact

Tablica 5. Postotak pojavnosti ocjene razgrađenosti i prevladavajuća vrsta truleži na zaraženim uzorcima nakon 7,5 godina izlaganja u dodiru s tlom

Material Materijal	Percentage of decay rating, % Pojavnost ocjene, %					Percentage occurrence of prevailing decay type Udio pojavnosti prevladavajuće truleži		
	0	1	2	3	4	white rot	soft rot	white rot/ soft rot
Plato	0	0	0	25	75	100	0	0
Thermowood	0	0	0	5	95	100	0	0
NOW	0	0	0	0	100	100	0	0
OHT	0	5	0	20	75	93	0	7
Pine control kontrolna borovina	0	0	0	0	100	10	35	55

Similar results were found in studies by Brischke (2003), where the weekly course of MC for Oil-Heat treated specimens and matched untreated controls was examined, showing that the alteration of the MC due to climate changes was less pronounced for the OHT materials going along with significantly lower amplitudes of the MC. However, these changes in moisture sorption behaviour of heat treated timber is explained by a lesser amount of moisture accessible hydroxyl groups of TMT compared to controls (Boonstra and Tjeerdsma 2006).

The gravimetric determination of MC of façade boards after 7 years in service showed, that the protective mechanism behind the increased durability of TMT, the reduced MC, was not changed by weathering impacts compared to its initial state (Figure 3).

The MC of OHT specimens was below 20% during the complete measuring period, whereas controls showed a significantly higher number of “wet days” above 20% MC (Table 3).

The improved moisture sorption properties in weathered application above ground clearly point to the suitability of TMT for façade application.

3.2 Decay rating and decay types in field tests

3.2. Ocjena biološke razgrađenosti i vrsta štetočinja u drvu u vanjskim uvjetima izlaganja

Decay was found at all TMT materials exposed in the double layer test set-up in use class 3 after 7.5 years. The prevailing type of decay at TMT in use class 3 was

Table 6 Provisional classes of natural durability (DC) calculated on the basis of the durability factor f after 7.5 years of exposure in use class 3 and use class 4

Tablica 6. Privremeni razredi biološke otpornosti (DC) izračunani na bazi čimbenika otpornosti (f) nakon 7,5 godina izlaganja u razredima upotrebe 3 i 4

Material Materijal	Use class Razred upotrebe 3	Use class Razred upotrebe 4
Plato	3	5
Thermowood	4	5
NOW	1	5
OHT	1	4
Pine control kontrolna borovina	5	5

white rot and combinations of white and soft rot, whereas decay by brown rot was not found (Table 4).

Among the TMT materials, Thermowood and Plato samples exhibited the strongest decay with an average decay rating of 2.1 and 1.9, respectively, whereas NOW and OHT showed lower average decay ratings of 0.7 and 0.4. Pine sapwood controls failed completely after 7.5 years of exposure. In soil contact white rot was predominantly responsible for decay in the Hamburg test field, which has a high potential for white and soft rot (Table 5).

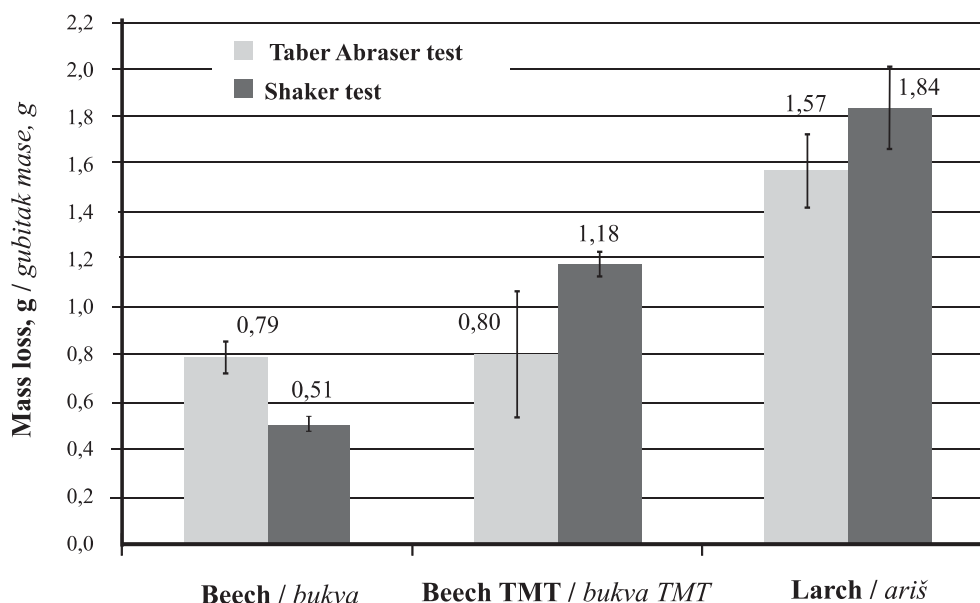


Figure 4 Mass loss by abrasion of beech, beech TMT and larch after laboratory abrasion tests
Slika 4. Gubitak mase uzoraka bukovine, termički modificirane bukovine i ariša zbog testiranja otpornosti na abraziju

The decay evaluation after 7.5 years in soil gave average decay ratings of 3.8 for Thermowood, 3.6 for NOW, 3.5 for Plato and 2.9 for OHT, whereas pine sapwood controls already failed after 5.5 years of exposure.

The dominant role of white rot decay on TMT in field tests was also reported by Augusta and Rapp (2005) and Westin *et al.* (2004), where TMT was tested in different fields. This clearly points on the weakness of TMT for white rot decay in real-life situations.

3.3 Durability classification

3.3. Razredba biološke otpornosti

The calculated classes of natural durability are listed in Table 6. It is obvious that the obtained durability classes differed significantly, dependent on the test situation above ground or in soil contact. In the double layer exposure (use class 3) OHT and NOW were classed as very durable (DC 1) classification, on the other hand Plato was moderately durable (DC 3) and Thermowood was only slightly durable (DC 4).

In contrast to the double layer test, soil contact tests resulted in a lower durability classification: OHT was slightly durable (DC 4), Thermowood, Plato and NOW were not durable (DC 5).

3.4 Abrasion of beech TMT

3.4. Abrazija termički modificirane bukovine

The results from the Taber abraser tests showed no difference in resistance to abrasion between beech and beech TMT, whereas a significantly higher mass loss by abrasion of beech TMT compared to controls was determined by the Shaker test (Figure 4).

However, in both cases the abrasion in terms of mass loss of beech TMT was significantly lower compared to larch heartwood, which represents a commonly used decking material. When comparing the typical damage caused by the Taber abraser and by the Shaker

method (Figure 5a and 5b) with examples of worn wood in service (Figure 5c and 5d), it becomes obvious, that more realistic abrasion stress is induced by the Shaker method, e.g. occurrence of broken and rounded edges of specimens, as it is typical for decking boards.

3.5 Optical performance of a pine TMT façade

3.5. Vizualni rezultat fasade od TMT borovine

Machining of the pine TMT boards and installation of the façade was carried out without any problems in the year 2002. Neither the increased brittleness of TMT, nor the occasional occurrence of slight inner radial cracks due to the thermal modification process turned out to be restrictive.

After 5 years in service the weathered façade revealed a significantly changed appearance compared to its initial state: The façade areas, which were directed to the North and West, showed substantial graying. Discoloration due to chemical reactions, e.g. corrosion of the mounting material, was not found, since stainless steel screws were used exclusively.

Compared to the North and West orientation, which is the main weather side, the façades to the South and East showed less graying and retained a more or less brownish color but also showed substantial growth of blue stain in the sapwood of the pine TMT (Figure 6).

The distinctive occurrence of blue stain in TMT in outdoor exposure was also mentioned in the studies by Junghans and Niemz (2005), which stands in contrast to numerous laboratory examinations which did not reveal the susceptibility of TMT to blue staining fungi (Bächle *et al.*, 2004; Boonstra *et al.*, 2007). However, decay was not found after five years, although the façade construction exhibited no wood protection by construction since it was not covered by roof overhangs and ended straight at the ground in direct contact to splash water.

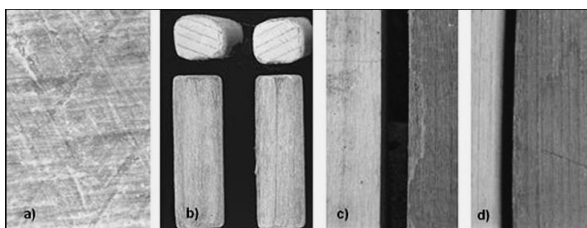


Figure 5 Abraded specimens: a) surface of a heat treated beech specimen after 1000 rounds in the Taber abraser (x10); b) heat treated specimens after 72 h abrasion in the shaker; c) broken edges of beech TMT after 3 months in service as decking; d) rounded edges of beech TMT after 3 months in service as decking

Slika 5. Uzorci nakon testiranja abrazivnosti: a) površina termički modificirane bukovine nakon 1000 okretaja uređaja (povećanje 10 puta); b) termički modificirani uzorci nakon 72 sata abrazije u uređaju; c) polomljeni bridovi TMT bukovine nakon 3 mjeseca upotrebe kao podne obloge; d) zaobljeni bridovi TMT bukovine nakon 3 mjeseca upotrebe kao podne obloge

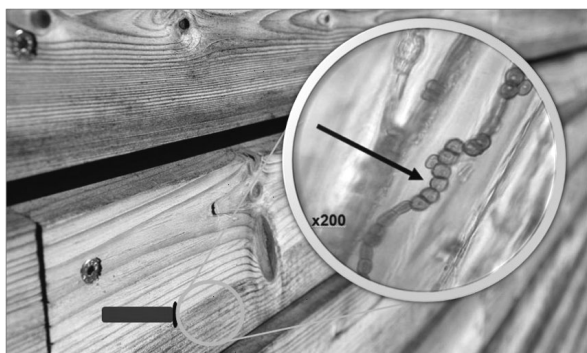


Figure 6 Staining of pine TMT sapwood by blue stain and microscopic identification of blue stain hyphae in tracheids (x200)

Slika 6. Plavilo TMT bjeljike bora prouzročeno gljivama plavila i mikroskopsko prepoznavanje hife gljiva plavila u traheidama (povećanje 200 puta)



Figure 7 Rounding of edges and break ups of TMT-gluelam in service

Slika 7. Zaobljenje rubova i otvaranje sljubnica TMT lamela u upotrebi

No remarkable formation of cracks by weathering or occurrence of flake offs was found, which points to the decreased dimensional changes of the façade due to reduced sorption of TMT. In contrast, the accessible TMT-gluelam apron showed substantial wear, caused by rounding of edges and break ups of the edges (Figure 7).

Here, the reduced mechanical strength (Bengtsson *et al*, 2002) and the decreased resistance to abra-

sion of TMT (Brischke *et al*, 2006) had a significant impact on the service ability in a heavy duty exposure.

4 CONCLUSIONS

4. ZAKLJUČCI

On the basis of 7.5 years field testing, TMT (independent from the treatment process and supplier) appears to be not suitable for in ground contact applications, whereas the suitability of TMT for out of ground usage in use class 3 was ascertained and is recommended. This recommendation is supported by results from abrasion tests and by the visual evaluation of the optical performance of a TMT façade after five years in service, which accounted for the increased dimensional stability and durability of TMT. However, TMT is subjected to restrictions with respect to its limited mechanical load capacity and regarding to discoloration by UV-irradiation and other weathering impacts (e.g. rain or hail).

ACKNOWLEDGMENTS

Zahvale

Experimental work was carried out at the Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), Hamburg and with the support of the University Hamburg, Center of Wood Science.

5 REFERENCES

5. LITERATURA

1. Augusta, U.; Rapp, A.O. 2005: Die natürliche Dauerhaftigkeit wichtiger heimischer Holzarten unter bautypischen Bedingungen. Tagungsband zur 24. Holzschutz-Tagung der DGfH in Leipzig.
2. Bächle, F.; Niemz, P.; Heeb, M. 2004: Untersuchungen zum Einfluss der Wärmebehandlung auf die Beständigkeit von Fichtenholz gegenüber holzerstörenden Pilzen. Schweiz. Z. Forstwes. 155: 548-554.
3. Bengtsson, C.; Jermer, J.; Brem, F. 2002: Bending strength of heat-treated spruce and pine timber. The International Research Group on Wood Preservation, Stockholm, Sweden, Document No. IRG/WP 02-40242.
4. Boonstra, M.J.; Van Acker, J.; Kegel, E.; Stevens, M. 2007: Optimization of a two-stage heat treatment process: durability aspects. Wood Sci. Tech. 41: 31-57.
5. Boonstra, M.; Doelman, P. 1999: Die Eigenschaften von Plato veredeltem Holz, PLATO HOUT BV – Plato veredeltes Holz.
6. Boonstra, M.J.; Tjeerdma B. 2006: Chemical analysis of heat treated softwoods. Holz Roh- Werkst. 64: 204-211.
7. Brischke, C. 2003: Untersuchung der Eignung von Tannenholz für die thermische Modifikation. Diplomarbeit Universität Hamburg, Fachbereich Biologie, Hamburg.
8. Brischke, C.; Koch, S.; Rapp, A.O.; Welzbacher, C.R. 2006: Surface properties of thermally treated wood – Wear, abrasion and hardness. In: Wood modification: Processes, properties and commercialization. Proceedings of the 2nd European Conference on Wood Modification (Militz, H.; Hill, C. (Eds.)), 6-7 October 2005, Göttingen, Germany, 371-375.
9. Brischke, C.; Rapp, A.O.; Bayerbach, R. 2008: Measurement system for long-term moisture recording with inter-

- nal conductively glued electrodes. *Building and Environment* 43: 1566-1574.
10. Del Menezzi, C.H.S.; Tomaselli, I. 2006: Contact thermal post-treatment of oriented strandboard to improve dimensional stability: A preliminary study. *Holz Roh- Werkst.* 64: 212-217.
 11. Jämsä, S.; Viitaniemi, P. 2001: Heat-treatment of wood. Better durability without chemicals. In: Review on heat treatments of wood, Proceedings of the special seminar on heat treatments, 09.02.2001 in Antibes, 17-22.
 12. Junghans, K.; Niemz, P. 2005: Thermoholz im Paxiseinsatz – Ergebnisse einer Evaluation von in der Schweiz verbaute Holz. *Holztechnologie* 46: 26-30.
 13. Militz, H. 2000: Alternative Schutz- und Behandlungsverfahren. In: Tagungsband zur 22. Holzschutztagung der DGfH in Bad Kissingen, 139-152.
 14. Pöhlmann, R. 2000: Untersuchungen zur Bewitterungsbeanspruchung an einem Objekt in ökologischer Holzbauweise. Diplomarbeit, Fachhochschule Eberswalde, Eberswalde
 15. Sailer, M.; Rapp, A.O.; Leithoff, H.; Peek R.-D. 2000: Vergütung von Holz durch Anwendung einer Öl-Hitze-Behandlung. *Holz Roh- Werkst.* 58: 15-22.
 16. Syrjänen, T.; Kangas, E. 2000: Heat treated timber in Finland. International Research Group on Wood Protection, Stockholm, Sweden, Document No. IRG/WP/00-40158.
 17. Tjeerdsma, B.F.; Stevens, M., Militz, H. 2000: Durability aspects of (hydro)thermal treated wood. International Research Group on Wood Protection, Stockholm, Sweden, Document No. IRG/WP/00-40160.
 18. Westin, M.; Rapp, A.O.; Nilsson, T. 2004: Durability of pine modified by 9 different methods. International Research Group on Wood Protection, Stockholm, Sweden. Document No. IRG/WP/04-40288.
 19. Wienhaus, O. 1999: Modifizierung des Holzes durch eine milde Pyrolyse – Abgeleitet aus den allgemeinen Prinzipien der Thermolyse des Holzes. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden*, 48 (2): 17-22.
 20. *** DIN EN 438-2. 1992: Platten auf Basis härtharer Harze. Teil 2: Bestimmung der Eigenschaften.
 21. *** DIN CEN/TS 15083-2. 2005: Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Bestimmung der natürlichen Dauerhaftigkeit von Vollholz gegen holzzerstörende Pilze, Prüfverfahren - Teil 2: Moderfäulepilze.
 22. *** EN 252. 1990: Wood preservatives. Field test methods for determining the relative protective effectiveness in ground contact.
 23. *** EN 335-1. 2006: Durability of wood and wood-based products – Definition of use classes with regard to biological attack – Part 1: General.
 24. *** EN 350-1. 1994: Durability of wood and wood-based products – Natural durability of solid wood – Part 1: Guide to the principles of testing and classification of the durability of wood.
 25. *** EN 350-2. 1994: Durability of wood and wood-based products – Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe.
 26. *** EN 460. 1994: Durability of wood and wood-based products – Natural durability of solid wood – guide to the durability requirements for wood to be used in hazard classes.

Corresponding address:

Associate Prof. CHRISTIAN R. WELZBACHER, PhD

Leibniz University Hannover
Faculty of Architecture and Landscape Sciences
Institute of Vocational Sciences in the Building Trade (IBW)
Section Wood Technology
Herrenhäuser Str. 8
D – 30419 Hannover, Germany
e-mail: welzbacher@ibw.uni-hannover.de

Utjecaj varijacije kuta vlakancu furnirske ploče na savojna svojstva sendvič-ploče

Influence of plywood grain direction on sandwich panel bending properties

Izvorni znanstveni rad • Original scientific paper

Prispjelo – received: 24. 2. 2009.

Prihvaćeno – accepted: 21. 5. 2009.

UDK: 630*832.282; 630*832.284

SAŽETAK • U radu je istraživana utjecaj varijacije kuta vlakancu u furnirskoj ploči na savojna svojstva sendvič-ploče te na naprezanja u pojedinim slojevima. Eksperimentalne sendvič-ploče ($t_{nom} = 29$ mm) izrađene su od dvije troslojne furnirske ploče i krute PVC srednjice između njih. Kutovi vlakancu vanjskih slojeva furnirskih ploča kretali su se u rasponu od 0 do 90° kontinuirano rastući po 15°. Ukupno je izrađeno sedam modela sendvič-ploča. Savojna svojstva sendvič ploče određena su metodom s tri uporišne točke, a naprezanja u njihovim pojedinim slojevima dobivena su uporabom računalnoga simulacijskog programa, tj. metodom konačnih elemenata. Simulacijski modeli kreirani su prema jednakim uvjetima opterećenja kao i pri empirijskom mjerenju savojnih svojstava eksperimentalne sendvič-ploče. Rezultati istraživanja pokazuju da varijacija kuta vlakancu ima velik utjecaj na promjenu savojnih svojstava sendvič-ploče, kao i na veličinu naprezanja u pojedinim njezinim slojevima. Rezultati također upućuju na važnost analiziranja naprezanja u svakom sloju furnirske ploče, radi izbjegavanja koncentracije naprezanja u pojedinim slojevima, s ciljem optimizacije strukturne konstrukcije sendvič-ploče. Takve vrste analize naprezanja ne obuhvaćaju se standardiziranim empirijskim metodama određivanja savojnih svojstava sendvič-ploče.

Ključne riječi: sendvič-ploča, furnirska ploča, naprezanje, FEM, strukturna konstrukcija

ABSTRACT • This paper investigates the influence of plywood grain direction on bending properties of a sandwich panel, as well as on stress distribution in each layer. Experimental sandwich panels ($t_{nom} = 29$ mm) were made of two three-ply plywood panels and a rigid PVC core between them. Grain directions of plywood panels were between 0° and 90°, continuously raised by 15°. Seven models of sandwich panels were made. Bending properties of a sandwich panel was determined by three point bending method and stress in each layer was determined by using finite element method. Simulation models were developed with equal load conditions as applied during empirical measurement of bending properties of the sandwich panel. The research results show that grain direction has a great influence on bending properties of the sandwich panel, as well as on stress values in each layer. Results also indicate the importance of analyzing stress in each layer of plywood for the purpose of avoiding stress concentration in respective layers and for optimizing structural construction of the sandwich panel. Such stress analyses are not covered by standardized empirical methods for determining bending properties of sandwich panels.

Keywords: sandwich panel, veneer plywood, stress, FEM, structural construction

Autori su docent¹, izvanredni profesor² i asistent³ na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska.

The authors are assistant professor¹, associate professor² and assistant³ at the Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

1. UVOD

1 INTRODUCTION

U prethodnom istraživanju istih autora analizirana su naprezanja i strukturna konstrukcija sendvič-ploče izrađene od dvije troslojne furnirske ploče i PVC krute srednjice. Pri tome je provedena analiza utjecaja debljinskog udjela pojedinih furnira u furnirskoj ploči na veličinu naprezanja i deformacija u svim slojevima sendvič-ploče. Rezultati su pokazali velik utjecaj debljine furnira na distribuciju naprezanja u sendvič-ploči (Kljak i Brezović, 2007). Također se pokazalo da je standardna konstrukcija furnirske ploče s tri furnira jednake debljine optimalan izbor ako se želi dobiti sendvič-ploča ujednačenih svojstava u smjeru njezine dužine i širine. Takav se zaključak ne bi mogao izvesti samo na temelju poznavanja svojstava troslojne furnirske ploče jer ona zasebno pokazuje upravo suprotna svojstva, odnosno u te su ploče velike razlike u savojnim svojstvima u smjeru dužine i širine. Iz navedenog primjera odmah je jasno kako se relacije unutar mehaničkih svojstava furnirske ploče ne mogu izravno preslikati i na svojstva sendvič-ploča već je potrebno proučiti naprezanja u svakom sloju furnirske ploče kada je ona ukomponirana kao strukturni element sendvič-ploče. Osnovni razlog tome je položaj neutralne osi u odnosu prema furnirskoj ploči. U troslojne furnirske ploče neutralna os prolazi kroz središnji sloj, zbog čega on ima vrlo slab utjecaj na savojna svojstva. Kada se furnirska ploča postavi na površinu krute srednjice, istodobno se i neutralna os pomiče prema sredini krute srednjice, pri čemu središnji list furnirske ploče dobiva znatno veći utjecaj na savojna svojstva sendvič-ploče jer mu je omogućeno preuzimanje vanjskog opterećenja (ponajprije u smjeru širine ploče). Dakle u tom će slučaju debljinski udio pojedinih listova furnira unutar furnirske ploče imati velik utjecaj na optimizaciju strukturne konstrukcije cjelokupne sendvič-ploče. S obzirom na to da je riječ o troslojnim furnirskim pločama, varijacijom samo debljinskog udjela furnira moguća su optimizacijska rješenja djelomično ograničena. Povećanje ukupnog broja slojeva furnirske ploče, a time i njezine debljine, smanjilo bi povoljan odnos između težine i krutosti sendvič-ploče. Zato se kao druga mogućnost optimizacije sendvič-ploče, pri konstantnoj debljini furnirske ploče, pojavljuje mogućnost varijacije kuta drvnih vlakana među pojedinih slojevima furnira.

Utjecaj kuta vlakana na savojna svojstva drva općenito je poznat. S povećanjem kuta drvnih vlakana u odnosu prema smjeru djelovanja sile smanjuju se savojna svojstva drva (Wood Handbook, 1999). Istraživan je i međusobni odnos kuta drvnih vlakana i smjera djelovanje sile u furnirskim pločama (Kollmann *et al*, 1975), no to se ponajprije odnosi na djelovanje sile u ravnini pri vlačnom opterećenju ploče. Radi određivanja savojnih svojstava, razvijeno je dosta metoda koje se ponajprije baziraju na elastičnim ili elastično-plastičnim svojstvima furnira. Pregled pojedinih računskih metoda dao je u svom radu Booth, (1990), no te se metode odnose isključivo na unakrsnu konstrukciju furnirske ploče, pri čemu su svi listovi furnira međusobno zakrenuti za 90°. Slično tome, i europska

norma HRN EN 14272 propisuje računski postupak za određivanje svojstva furnirske ploče, ali ona se također odnosi samo na unakrsnu orijentaciju listova furnira, uz stanovito zanemarivanje čvrstoće poprečno orijentiranih listova furnira (Kljak *et al*, 2005). No kao što je već rečeno, zanemarivanje pojedinih slojeva furnirske ploče pri izradi sendvič-ploče može uzrokovati velika odstupanja proračunskih od stvarnih vrijednosti, poglavito ako se optimizacija strukturne konstrukcije temelji na međusobnom zakretanju pojedinih listova furnira. Stoga je bilo potrebno obaviti analizu naprezanja pri savojnom opterećenju i varijaciji kuta drvnih vlakana radi određivanja smjernica pri optimizaciji strukturne konstrukcije sendvič-ploče.

2. MATERIJALI I METODE

2 MATERIALS AND METHODS

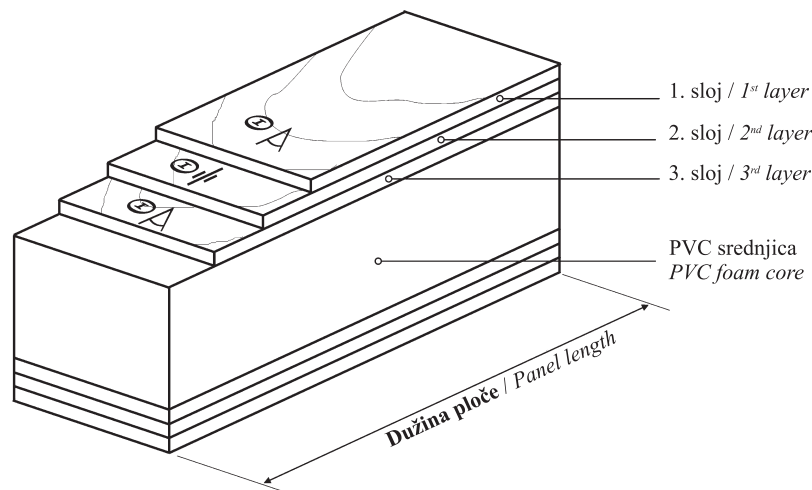
Istraživanje se sastojalo od eksperimentalnog rada i simulacije računalnim programom.

Eksperimentalni se rad sastojao od dvije faze. U prvoj su izrađene troslojne furnirske ploče od bukovine postupkom taktog prešanja. Svi listovi furnira bili su jednake debljine ($t_{nom} = 1,5$ mm), a mijenjali su se kutovi vlakana. Kutovi vlakana vanjskih slojeva kretali su se u rasponu od 0 do 90°, kontinuirano rastući po 15°. Sve furnirske ploče izrađene su kao troslojne ploče konstantne debljine od 4,5 mm. Za izradu furnirskih ploča upotrijebljena je karbamid-formaldehidna smola LENDUR 120 (Nafta-Petrochem, d.o.o.). Tehnološki parametri prešanja bukovine furnirske ploče bili su: količina nanosa ljepila 220 g/m², temperatura prešanja 120 °C, tlak prešanja 1,6 N/mm², vrijeme prešanja 7 min.

U drugoj fazi izrađene su sendvič-ploče lijepljenjem troslojnih furnirskih ploča na površinu krute PVC srednjice (HEREX C79.75, Alcan Airex AG), također postupkom taktog prešanja (sl. 1). PVC srednjica bila je debljine 20 mm. Za sljepljivanje furnirske ploče na krutu PVC srednjicu upotrijebljeno je poliuretansko ljepilo KLEIBERIT PUR-LEIM 501 (KLEBCHEMIE M. G. Becker + Co. KG). Tehnološki parametri prešanja za sendvič-ploču bili su: količina nanosa ljepila 180 g/m², temperatura prešanja 50 °C, tlak prešanja 0,8 N/mm², a vrijeme prešanja 20 minuta.

Ukupno je izrađeno šest različitih strukturnih konstrukcija sendvič-ploče, a njihove oznake i strukture prikazane su u tablici 1.

Izrada simulacijskih modela temeljila se na linearno-elastičnoj teoriji i primjeni softverskog paketa COSMOS/M 2.6. Ukupno je izrađeno šest FEM modela identičnih struktura te uvjetima opterećenja kao i eksperimentalne sendvič ploče. Svi FEM modeli opterećeni su jednakom silom. Elastična svojstva strukturnih materijala određena su na temelju literaturnih podataka. Modul elastičnosti za bukvu iznosio je: $E_X = 13\,700$ N/mm², $E_Y = 1\,140$ N/mm², $E_Z = 2\,240$ N/mm²; modul smicanja $G_{XY} = 1\,060$ N/mm², $G_{YZ} = 460$ N/mm², $G_{XZ} = 1\,610$ N/mm² i Poissonov broj $\nu_{XY} = 0,51$, $\nu_{YZ} = 0,36$, $\nu_{XZ} = 0,45$ (Dinwoodie, *et al*, 1981).



Slika 1. Struktura sendvič-ploče
Figure 1 Sandwich panel structure

Tablica 1. Oznake i strukturna konstrukcija sendvič-ploče
Table 1 Symbols and structure of the sandwich panel

Oznaka / Symbol	Struktura sendvič-ploče / Sandwich panel structure	Legenda / Legend
SP0	$[0_{1,5}/0_{1,5}/0_{1,5}/0_{10}]_S$	$[\theta_{t1}/\theta_{t2}/\theta_{t3}/\theta_{t4}]_S$
SP15	$[15_{1,5}/0_{1,5}/-15_{1,5}/0_{10}]_S$	
SP30	$[30_{1,5}/0_{1,5}/-30_{1,5}/0_{10}]_S$	θ – kut vlakancima, ° / layer angle, °
SP45	$[45_{1,5}/0_{1,5}/-45_{1,5}/0_{10}]_S$	t – debljina sloja, mm / layer thickness, mm
SP60	$[60_{1,5}/0_{1,5}/-60_{1,5}/0_{10}]_S$	S – simetrično s obzirom na neutralnu ravninu symetric about the midplane
SP75	$[75_{1,5}/0_{1,5}/-75_{1,5}/0_{10}]_S$	
SP90	$[90_{1,5}/0_{1,5}/90_{1,5}/0_{10}]_S$	

Elastična svojstva krute PVC srednjice temelje se na ovim proizvođačevim tehničkim podacima: modul elastičnosti 83 N/mm², modul smicanja 30 N/mm² i Poissonov broj 0,3 N/mm².

Svi parametri eksperimentalnog rada, kao i postupak kreiranja FEM modela, bili su istih vrijednosti kao i u prethodnom istraživanju (Kljak i Brezović, 2007). Na taj način je omogućeno izravno uspoređivanje dobivenih podataka.

3. REZULTATI I DISKUSIJA 3 RESULTS AND DISCUSSION

Određivanje savojnih svojstava obavljeno je metodom s tri uporišne točke prema normi ASTM C 393. Rezultati empirijskog mjerenja dani su u tablici 2. U tablici su posebno prikazani rezultati u smjeru dužine ploče (paralelno) te u smjeru širine ploče (okomito). Za furnirske ploče standardni se način određivanja smjera dužine i širine ploče temelji na smjeru vlakancima vanjskog sloja. Pri izradi eksperimentalne sendvič-ploče takav način nije prikladan jer prvi i treći sloj rotiraju oko drugog sloja za određeni kut, a to znači da je smjer vlakancima konstantan samo u drugom sloju. Stoga je smjer dužine i širine ploče određen na temelju smjera vlakancima drugog sloja, tj. dužina ploče je smjer paralelan s

vlakancima drugog sloja, a širina ploče je smjer okomit na vlakanca drugog sloja.

Rezultati empirijskog mjerenja su očekivani. Vidljivo je da se krutost sendvič-ploče smanjuje s povećanjem kuta vlakancima (u smjeru dužine ploče), odnosno povećava (u smjeru širine ploče). No na temelju tih rezultata nije bilo moguće odrediti naprezanja u svim slojevima furnirske ploče. Stoga je provedena analiza primjenom FEM modela. Bilo je potrebno provesti analizu naprezanja u svim slojevima kako bi se, unatoč ostvarenju željene krutosti sendvič-ploče, izbjeglo stvaranje koncentracije unutarnjih naprezanja odnosno deformacija kao posljedice varijacije kuta vlakancima.

Na slici 2. prikazane su krivulje naprezanja za sva tri sloja, tj. furnira. Promjene u smjeru dužine ploče označene su punim linijama, dok su promjene u smjeru širine ploče označene crtkanim crtama. Općenito, vidljivo je da se s povećanjem kuta vlakancima povećavaju i razlike u Von Mises naprezanjima u smjeru dužine i širine ploče. No ako se usporede naprezanja između pojedinih slojeva furnira, uočljive su velike razlike.

U prvom je sloju vidljiv kontinuirani rast naprezanja (u smjeru širine ploče) odnosno pad naprezanja (u smjeru dužine ploče), s tim da se značajnije razlike u naprezanjima pojavljuju tek iza modela SP30, tj. kada kut vlakancima u furnirskoj ploči postane veći od 30°.

Tablica 2. Savojna svojstva sendvič ploče
Table 2 Bending properties of sandwich panel

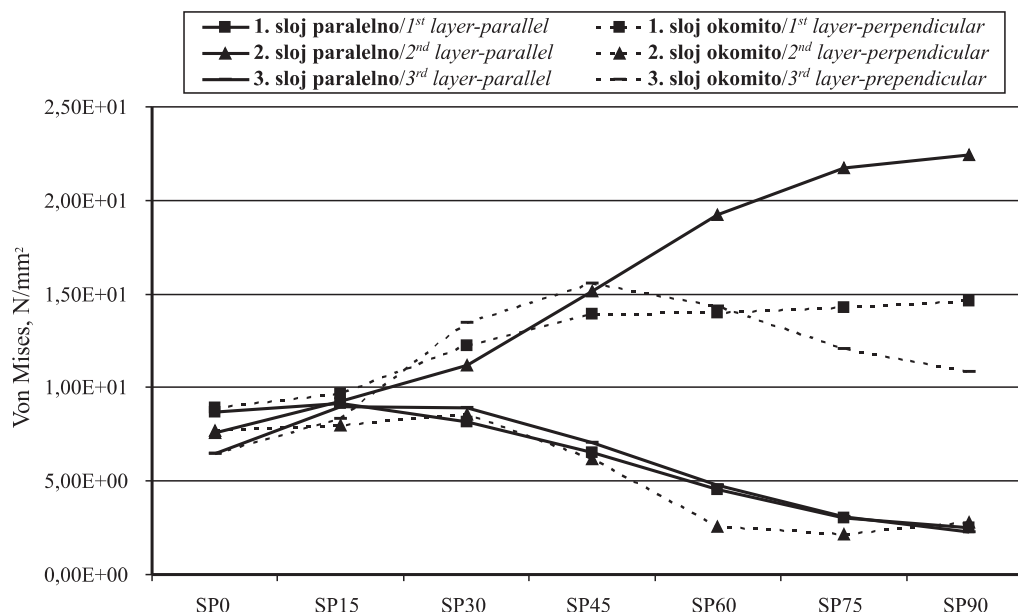
	τ_c N/mm ²	σ_f N/mm ²	D N-mm ²	U N	Δ mm
Paralelno – dužina ploče / <i>Parallel - panel length</i>					
SP0	1,559	33,410	865580954	47216,4	4,30
SP15	1,352	28,980	510045311	49802,5	4,18
SP30	0,965	20,684	317121459	50059,2	3,36
SP45	0,908	19,463	221996149	52435,9	3,68
SP60	0,902	19,320	98220175	53199,6	5,52
SP75	0,838	17,962	86864414	52110,0	5,43
SP90	0,724	15,523	63225457	43606,8	4,86
Okomito – širina ploče / <i>Perpendicular - panel width</i>					
SP0	0,394	8,435	48342916	48130,1	3,52
SP15	0,569	12,202	53742983	49720,3	4,88
SP30	0,671	14,387	84274115	50534,4	4,30
SP45	0,808	17,309	173038067	52485,6	3,64
SP60	0,995	21,318	282097781	52961,2	3,72
SP75	1,126	24,123	645422022	52552,3	3,40
SP90	1,155	24,746	658627820	43910,2	3,20

τ_c – naprezanje u srednjici / *core shear stress*; σ_f – naprezanje u vanjskim slojevima / *facing bending stress*; D – savojna krutost ploče / *panel bending stiffness*; U – smicajna krutost ploče / *panel shear rigidity*; Δ – progib ploče / *total beam midspan deflection*

Naprezanja u trećem sloju slična su naprezanjima u prvom sloju, s tim što krivulja naprezanja u trećem sloju (širina ploče) pada nakon 45°, tj. iza modela SP45. Razlog tome je činjenica da je u vanjskim furnirima, odnosno u prvom i trećem sloju udio longitudinalnih naprezanja veći, pri čemu prvi list furnira preuzima najveći dio naprezanja, smanjujući na taj način naprezanja u trećem sloju. To potvrđuje i analiza pojedinih kompo-

nenata naprezanja, pri čemu se uočava da postoji opći trend pada vrijednosti, osim stanovitog porasta normalnih naprezanja u smjeru z te posmičnih u smjeru xy , uz vrlo male iznose ostalih posmičnih naprezanja (tabl. 3).

Za razliku od prvoga i trećeg sloja, krivulje naprezanja u drugom sloju obrnuto su orijentirane. U drugom sloju s povećanjem kuta vlaknaca rastu i naprezanja u smjeru dužine ploče, dok padaju u smjeru širine ploče.



Slika 2. Naprezanje u slojevima furnira
Figure 2 Stress in veneer layers

Tablica 3. Komponente naprezanja u trećem sloju furnira – okomito
Table 3 Stress components in the third veneer layer – perpendicular

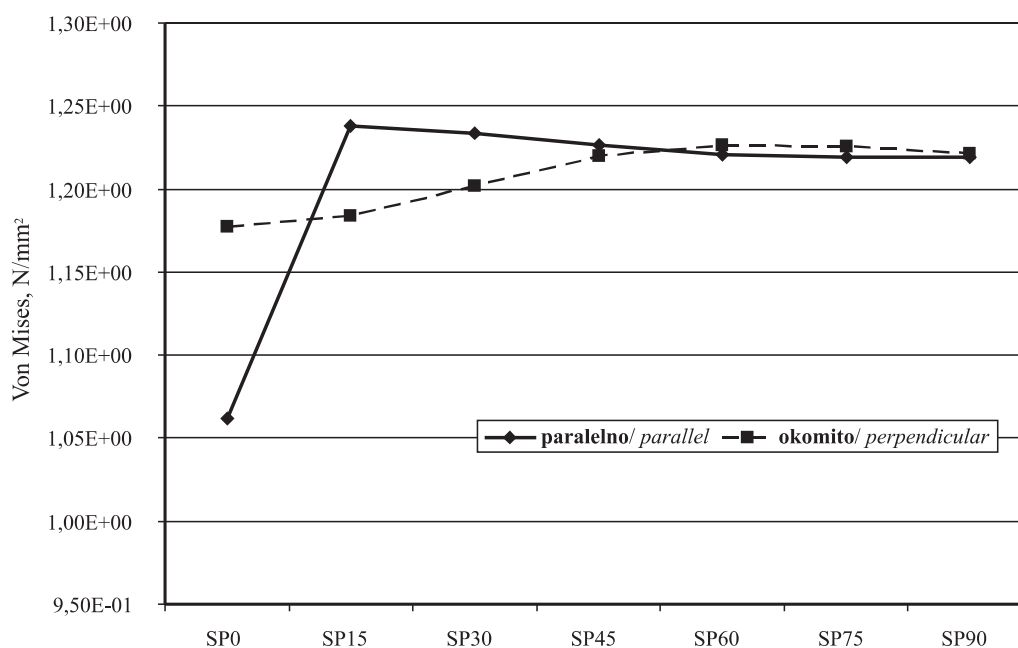
Model	Von Mises	SIGX	SIGY	SIGZ	TAUXY	TAUXZ	TAUYZ
SP0	6,49E+00	6,62E+00	1,36E+00	6,19E-01	9,60E-02	4,03E-02	6,64E-02
SP15	8,35E+00	7,18E+00	3,74E+00	6,56E-01	2,79E+00	4,32E-02	6,77E-02
SP30	1,34E+01	8,80E+00	6,46E+00	7,57E-01	5,96E+00	4,90E-02	6,98E-02
SP45	1,56E+01	1,05E+01	5,56E+00	8,57E-01	6,95E+00	5,12E-02	6,92E-02
SP60	1,43E+01	1,14E+01	2,94E+00	9,05E-01	5,38E+00	4,95E-02	6,72E-02
SP75	1,21E+01	1,11E+01	9,70E-01	9,23E-01	2,68E+00	4,69E-02	6,58E-02
SP90	1,08E+01	1,05E+01	3,27E-01	9,28E-01	1,21E-01	4,29E-02	6,58E-02

To je posljedica činjenice da je drugi sloj zapravo nosivi sloj (longitudinalni smjer drva $E_X=13\,700\text{ N/mm}^2$) pa smanjenjem nosivosti zakrenutih slojeva on preuzima većinu naprezanja, odnosno u smjeru širine ploče drugi sloj ima vrlo malu nosivost (tangencijalni smjer drva $E_Y=1\,140\text{ N/mm}^2$) pa u tom smjeru naprezanja preuzimaju prvi i treći sloj.

Za razliku od naprezanja u furnirima, naprezanje u krutoj srednjici od PVC-a ima drugačije karakteristike. Izgled krivulja naprezanja ne poprima oblik krivulja naprezanja za furnirske slojeve jer je srednjica izotropne građe i različitih elastičnih svojstava. Naprezanje u srednjici (sl. 3) karakterizira nagli porast vrijednosti pri promjeni kuta od SP0 do SP15, i to samo u kada sila djeluje u smjeru dužine ploče. Iz tako naglog porasta naprezanja vidljivo je da i mala rasterećenja vanjskih slojeva dovode do znatnog porasta naprezanja u srednjici.

Ako se i ostali rezultati FEM analize usporede s rezultatima prijašnjeg istraživanja (Kljak i Brezović, 2007) uočava se da su naprezanja u srednjici pri promjeni kuta vlakancu (maks. Von Mises naprezanja 1,23

N/mm^2) vrlo slična i naprezanjima u srednjici pri promjeni debljinskog udjela furnira (maks. Von Mises naprezanja $1,24\text{ N/mm}^2$) uz prisutnost manjih odstupanja. Značajne razliku u naprezanjima pojavljuju se ponajprije u listovima furnira. Pri varijaciji debljinskog udjela furnira maksimalne se vrijednosti naprezanja u pojedinim listovima furnira kreću u rasponu od 2,29 do $49,4\text{ N/mm}^2$, što je znatno više od maksimalnih naprezanja pri varijaciji kuta vlakancu (od 2,15 do $22,5\text{ N/mm}^2$). Budući da se pri varijaciji debljinskog udjela furnira dobivaju znatno više maksimalne vrijednosti naprezanja, pri optimizaciji strukturne konstrukcije sendvič-ploče veću pozornost treba pridati izbjegavanju koncentracije naprezanja u tanjim slojevima furnira. S druge strane, pri varijaciji kuta vlakancu kritična naprezanja mogu se pojaviti u slojevima furnira (maks. Von Mises naprezanja $15,6\text{ N/mm}^2$) u kojih je smjer dužine vlakancu pod kutom od 45° s obzirom na smjer djelovanja sile. Navedene relacije odnose se samo na naprezanja u linearno-elastičnom području. Karakterizacija svojstva sendvič-ploča izvan tog područja trebala bi biti predmetom budućih istraživanja.



Slika 3. Naprezanja u PVC srednjici
Figure 3 Stress in the PVC foam core

4. ZAKLJUČAK 4 CONCLUSION

U radu je istraživana utjecaj kuta drvnih vlakana na savojna svojstva sendvič-ploče radi optimizacije naprezanja odnosno radi strukturne konstrukcije ploče. Eksperimentalna sendvič-ploča izrađena je od dvije bukove troslojne furnirske ploče i krute PVC srednjice među njima. Rezultati istraživanja dobiveni su empirijskim mjerenjima savojnih svojstava te računalnom simulacijom naprezanja u pojedinim slojevima sendvič-ploče. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da varijacija kuta drvnih vlakana u pojedinim slojevima furnirske ploče ima značajan utjecaj na promjenu naprezanja u sendvič-ploči te se pri varijaciji kuta promjene po pravilu zbivaju prema krivuljama polinoma drugog stupnja. Maksimalna vrijednost naprezanja u zakrenutom sloju furnira pojavljuje se pri kutu od 45°. Ako se želi postići približno podjednako naprezanje u smjeru dužine i širine ploče, zakrenutost vlakana trebala bi biti do 30°. S daljnjim porastom kuta vlakana naglo se povećavaju razlike naprezanja u smjeru dužine i širine ploče. Varijacija kuta vlakana ima znatno veći utjecaj na naprezanja u furnirima nego u srednjici, no zbog nižih mehaničkih svojstava srednjice i relativno malo rasterećenje naprezanja u furnirima uzrokuje znatan porast naprezanja u srednjici.

5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. Booth, L.G. 1990: Predicting the bending strength of structural plywood, Part I: Theoretical model. *Journal of the Institute of Wood Science*, 12(1) 14-47.
2. Dinwoodie, M. J. 1981: *Timber its nature and behaviour*. Van Nostrand Reinhold Co. Ltd.

3. Kljak, J.; Brezović, M. 2007: Influence of plywood structure on sandwich panel properties: variability of veneer thickness ratio. *Wood Research*, 52 (2) 77-88.
4. Kljak, J.; Brezović, M.; Jambrečković, V.; Antonović, A. 2005: Predicting mechanical properties of veneer plywood. 7th International scientific conference, April 22, 2005, Wood in the construction industry, Proceedings, 89-92, Zagreb.
5. Kollman, F.; Kuenzi, W.E.; Stamm, 1975: *Principles of wood science and technology I i II*. Springer-Verlag, Berlin.
6. *** 2000: ASTM C393 - Standard Test Method for Flexural Properties of Sandwich Constructions. ASTM International, West Conshohocken, PA.
7. *** European Committee for Standardization (CEN), 2002: HRN EN 14272 - Uslojeno drvo - Metode proračuna za pojedina mehanička svojstva. CEN, Brussels, B.
8. *** Structural Res. and Analysis Corporation (SRAC). 2001. *Electronic Documentation – COSMOS/M 2.6 (CD_ROM)*. SRAC, Los Angeles, California.
9. *** 1999: *Wood handbook - Wood as an Engineering Material*. Gen.Tech.Rep.FPL-GTR-113, Madison, Wisconsin.

Corresponding address:

Assistant professor JAROSLAV KLJAK, PhD

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

Changes in value-added wood product manufacturer perceptions about certification in the United States from 2002 to 2008

Promjene shvaćanja postupka certificiranja proizvođača finalnih proizvoda od drva u Sjedinjenim Američkim Državama od 2002. do 2008. godine

Original scientific paper · Izvorni znanstveni rad

Received – prispjelo: 20. 2. 2009.

Accepted – prihvaćeno: 21. 5. 2009.

UDK: 630*79

ABSTRACT • Certification is a voluntary mechanism which involves assessing either forest management practices or chain-of-custody tracking through supply chains against a set of standards. Certification is becoming an important market requirement particularly in value-added wood product sectors such as furniture, flooring and millwork. In 2002 and 2008 we conducted national studies in the United States to identify value-added wood industry perspectives and participation in certification and to see what has changed in the industry in the past 6 years. Results show that certification continues to be an important issue for the value-added wood products sector in the U.S. Certification awareness and participation have increased significantly from 2002-2008. The percent of respondents receiving premiums for certified products has increased significantly from 2002-2008 and the percent of respondents incurring [non-raw material] costs for certified wood raw materials declined. Finally, 97% of respondents in 2008 said that they will continue to sell certified wood products in the future.

Keywords: certification, United States, wood products, value-added, manufacturers

SAŽETAK • Certificiranje je dobrovoljni postupak koji je ocjena poslovanja u šumarstvu ili ocjena zaštite u lancu nabave prema određenim standardima. Certificiranje je postalo jedan od važnih tržišnih zahtjeva posebno u granama koje stvaraju drvene proizvode visoke dodane vrijednosti, kao što su namještaj, podovi i pilanski proizvodi. U radu su uspoređene studije iz 2002. i 2008. godine, provedene u Sjedinjenim Američkim Državama, kako bi se utvrdila perspektiva i sudjelovanje finalne drvne industrije u certificiranju te kako bi se utvrdile promjene nastale u

¹ Author is director and professor at Louisiana Forest Products Development Center, School of Renewable Natural Resources, Louisiana State University Agricultural Center, Baton Rouge, Louisiana. ² Authors are professor at Department of Wood Processing – Industrial Engineering, Purdue University, West Lafayette, Indiana. ³ Author is PhD candidate at Forest Products Marketing Program, School of Renewable Natural Resources, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana.

¹ Autor je ravnatelj i profesor u Centru za razvoj šumskih proizvoda, Školi za obnovljive prirodne resurse i Poljoprivrednom centru Sveučilišta u Louisiani, Baton Rouge, Louisiana. ² Autori su profesori na Zavodu za obradu drva i industrijske tehnike na Purdue Sveučilištu, Zapadni Lafayette, Indiana. ³ Autor je doktorant na programu *Marketing šumskih proizvoda* u Školi za obnovljive prirodne resurse, Baton Rouge, Louisiana.

navedenom razdoblju. Dobiveni su rezultati pokazali da u Sjedinjenim Američkim Državama certificiranje sve više postaje važna značajka za finalnu drvnu industriju. Pri usporedbi 2002. i 2008. uočava se da su informiranost i sudjelovanje u certificiranju znatno porasli. Postotak tvrtki koje dobivaju poticajna sredstva za certificiranje proizvoda uvelike je porastao od 2002. do 2008. godine, dok se smanjio postotak tvrtki kojima je certificiranje sirovine povećalo troškove. Pritom se 97% ispitanika izjasnilo da će i u budućnosti nastaviti prodavati certificirane drvne proizvode.

Ključne riječi: certificiranje, Sjedinjene Američke Države, drvni proizvodi, dodana vrijednost, proizvođači

1 INTRODUCTION

1. UVOD

Forest certification is a voluntary mechanism which involves assessing forest management practices against a set of well-defined standards, often by an independent certification body (Baharuddin and Simula 1994). It also provides credible evidence to customers that the product they purchase is originated from an environmentally friendly source. The goal of forest certification is to reward sustainable forestry practices by providing market based incentives to participating firms/individuals (Upton and Bass, 1996). With rapidly growing concerns over environment and natural forests resources, the global timber market is shaping up to accommodate new market conditions, and forest certification is increasingly becoming a market requirement (Ratnasingam *et al*, 2008). As a result of this emerging market trend, “green procurement” – the sustainable acquisition of materials is experiencing a boom in numerous sectors and, demand for certified wood and paper products is on the rise (PEFC, 2008).

Forest certification is here to stay. The area of certified forests in the world grew by 8.8% from mid-2007 to mid-2008, reaching 320 million hectares and, this accounts for approximately 13% of the world’s managed forests (UNECE/FAO, 2008). Sustainable Forestry Initiative (SFI), the leading independent certifier in North America has certified over 53 million acres in the U.S. and 143 million acres of forestland across North America (SFI, 2008), while FSC had certified over 23 million forest acres in the U.S. and 250 million acres worldwide, by the end of 2007 (FSC, 2008). Meanwhile, leading certifiers also claim that the number of Chain of Custody (CoC) certificates issued to forest based industries is also on the rise (SFI, 2008; FSC, 2008). CoC certificates obtained by forest based industries from 2006 to 2007 increased by 50%, globally (UNECE/FAO, 2008).

Numerous studies have attempted to determine U.S. consumer preference for certified forest products and, evidence suggests that consumer preference for certified products and understanding on certification concepts are growing. For instance, a comparative study by Ozanne and Vlosky (2003) on the U.S. consumer perspective on certification shows that overall consumer understanding of certification concepts has increased. Anderson and Hansen (2004) in their study on the impact of certification on preferences for wood furniture concluded that environmental certification is a favorable product attribute prioritize by customers. Ho-

wever, the study also revealed that for the typical respondent customer, the importance of other product attributes outweighed that of certification.

Certification is becoming an important market requirement particularly in value-added wood products sector. In literature, the definition on what constitute value-added wood products is vague. Industry observers broadly categorize wood products into primary and secondary wood products. Most value-added wood products fall into secondary wood products category. These vary from products with the highest value such as furniture, flooring, kitchen cabinets, doors and windows, millwork or specialized paneling to highly sophisticated engineered wood and pre-fabricated housing and building materials (Schrier, 2003). Some argue that value can be added to wood and at various levels of processing. For instance, value can be added to a log by properly cutting to the correct length so more product can be produced from straighter, less tapered material (DeHoop *et al*, 2002). Regardless of how it defines, value-added wood products sector plays a key role in the U.S. economy with U.S. being one of the largest consumers of value-added wood products in the world (UNECE/FAO, 2008).

Demand for value added certified wood products come from different channels. “Green building” is one such channel where a huge demand is coming from and, statistics show that there’s a tremendous surge in green construction in the U.S. housing market (McGraw-Hill Construction, 2008). With the weakening U.S. economy, house values have declined by 21.1% since the peak in June 2006 and, housing starts are expected to remain weak into the second half of 2009 (Eastin, 2008). According to the Engineered Wood Association (2009), the annualized rate of housing starts declined rapidly from 824 000 units in September to 771 000 units in October to 625 000 in November 2008, leaving new housing starts at a record low. Despite the market downturn and unfavorable economic background, green building sector rocketed from \$10 billion to \$60 billion industry within merely 5 years (McGraw-Hill Construction, 2008). The “Green Outlook 2009” published by McGraw-Hill Construction (2009) further predicts today’s overall green building market to more than double, reaching between \$96 -\$140 billion by 2013. The report further attributes the expansion of green building to numerous factors including growing public awareness of green practices, increased government interventions, and recognition by owners of the bottom line advantages.

The booming green building industry has led to a proliferation of green rating systems in the U.S. At present, there are two leading national residential rating systems; NAHB National Green Building Program and LEED. Green Globes and LEED are the two leading Commercial Rating Systems. In addition, there are at least 32 local and regional green rating systems across the U.S. at present (Eastin, 2008). In a survey conducted to determine certified wood use in residential constructions in the U.S., Eastin (2008) found that a substantial number of builders are already using certified lumber with certified wood use being highest in western states. The study observes that use of certified lumber would increase in the future across all regions of the U.S. with possible price premiums for green housing constructions. If this trend continues, the demand for certified wood products would increase significantly and the impact will trickle down the value chain.

Repair and remodel applications of wood sold primarily through home-centers account for the second largest demand market, hence they are the primary driver of certification from the demand perspective in the U.S. (Perera *et al*, 2008). According to the U.S. Census Bureau of the Department of Commerce (2008), expenditures for improvements and repairs of residential properties in 2007 were estimated at \$226.4 billion. Leading home center retailers such as Lowe's and Home Depot jointly account for a greater market share in remodeling market, have already committed to providing certified forest products to consumers. For instance, Home Depot's wood purchasing policy give preference to wood and wood products originating from well managed forests whenever feasible. A recent survey (Perera *et al*, 2008) of the top 500 U.S. home-center retailers revealed that only a few companies so far have entered the certified products market, however these companies included the market leaders. Certification/eco-labeling was given a low priority by leading home center retailers in selecting wood products suppliers. Results further suggest that factors such as improving company image and preexisting certified suppliers are the main reasons for companies to enter the certified market rather than price premiums.

Retail expenditure on furniture by U.S. consumers has also shown a gradual increase over the years. Three primary sectors can be identified in the U.S. furniture manufacture; integrated manufacturers of either household or office furniture, assemblers of pre-cut wood household or upholstered furniture, and niche producers (U.S. International Trade Commission, 2004). Household furniture goes to the final consumer through variety of channels where top hundred furniture retailers channel being the dominant accounting for over 19 % of the total distribution (Vlosky, 2005). However, the domestic furniture industry continues to lose its market share to imports especially from countries like China, Canada, Malaysia and Vietnam (Vlosky, 2005).

Wooden flooring is another value-added wood product category that showed a significant growth in the recent past. With the introduction of engineered and

pre-finished floors which make installation easy and cost-effective, hardwood floors are rapidly becoming 'DIY' remodeling projects. The U.S. hardwood flooring sales tallied to \$2.5 billion in 2005 while laminate flooring sales were estimated at \$1.5 billion (Ekström and Goetzl, 2007). The U.S. wood flooring market is expected to grow at a compound annual rate of 7% from 2006 to 2010, pushing the demand over \$3 billion (Specialists in Business Information, 2006). Numerous reports (Lee, 2008; Ekström and Goetzl, 2007) observe the certified flooring demand to increase in the future with customers becoming more environmentally aware and turning to green building. To meet this rising demand, many manufacturers are turning to third-party certification to verify that their products are coming from well-managed sources. According to wooden flooring manufacturers, FSC certification is the most popular, which is also recognized by LEED, NAHB's Model Green Home Building Guidelines, and Green Globes rating systems (Lee, 2008). SFI certification is recognized by NAHB and Green Globes systems.

Although numerous certification-related market studies have been done on various segments of the value chain, certification involvement of the value-added wood products industry received relatively scant scholarly attention over the past few years. Vlosky and Ozanne (1998) studied the U.S. wood products manufacturer perceptions of certified wood products and found that there's a tendency among larger manufacturers to be more environmentally oriented. Manufacturers in general were concerned about the costs of managing chain of custody certification. A recent study (Vlosky *et al*, 2003) to determine certification involvement by value-added wood products manufacturers in the U.S. found that respondents had little familiarity with major U.S. certifiers and certification in general. Results further suggested that respondent manufacturers are less willing to pay a premium for certified raw materials.

Forty-seven percent of a select group of *Wood & Wood Products* readers responding to a recent survey said the green building movement will have a positive impact on the woodworking industry. Certification has been on an accelerated growth path for the past 10 years. Figure 1 shows a generalized structure of a certification program. There are two types of certification. The first is forest management where a third-party entity approves and certifies that forest management techniques adhere to the programs guidelines or rules. The second type of certification is Chain-of-Custody where certified material is tracked and monitored as it moves through the supply chain from the forest to the finished product for sale to consumers or other end customers such as builders.

2 THE STUDIES

2. STUDIJE

In 2002 and 2008 we conducted studies identify value-added wood industry perspectives and participation in certification and to see what has changed in the

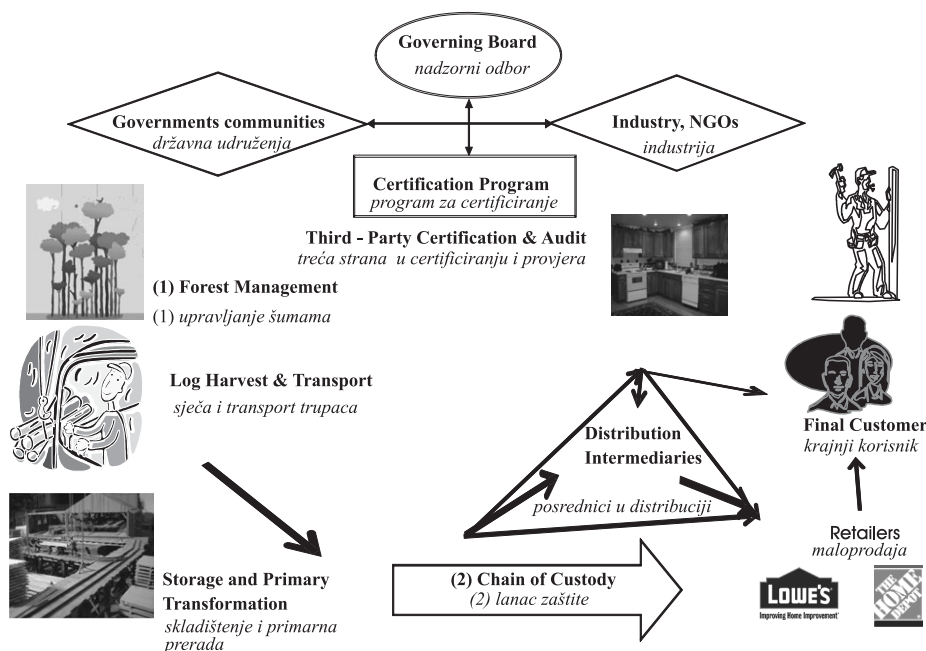


Figure 1 Generalized certification program structure
Slika 1. Opća struktura programa za certificiranje

industry in the past 6 years. The 2008 study was web-based and anonymous. We worked with associations to send survey link to members of five national associations: Association for Retail Environments (A.R.E.); Architectural Woodwork Institute (AWI); Business and Institutional Furniture Manufacturer Association (BIFMA); Kitchen Cabinet Manufacturers Association (KCMA); and the National Hardwood Flooring Association (NHFA). In addition, the link was published in Wood & Wood Products magazine. In 2002, we used paper-based surveys sent by associations to members (AWI, BIFMA, KCMA, and the National Association of Store Fixture Manufacturers (NASFM)) to their members.

3 RESULTS 3. REZULTATI

Over the past six years, the level of understanding about both forest and chain-of-custody certification has increased significantly for all respondents whether they sell certified products or not, Figure 2. As certification becomes more prevalent in wood product supply cha-

ins, all supply chain members need to be familiar with certification if they are to participate effectively.

3.1 Certified Wood Product Sales 3.1. Trgovina certificiranim drvnim proizvodima

The percent of respondents that sell certified products increased 425% from 2002 (8% of respondents) to 2008 (42% of respondents). In addition to this increase, the average percent of company sales from certified products more than doubled from 10% in 2002 to 21% in 2008. The average dollar revenue attributed to certified wood product sales rose over 1,200% from \$720,000 in 2002 to \$9.4 Million in 2008. In 2002, 19% of respondents had chain-of-custody certification while in 2008, 36% of respondents did so.

There are many possible reasons why a company would enter the certification arena. For the value-added wood manufacturer respondents in this study, the business owner commitment to the environment ranked number one in 2002 and 2008. Second ranked were to increase sales (2002) and take advantage of growing markets (2008). Ranked last for both studies was the

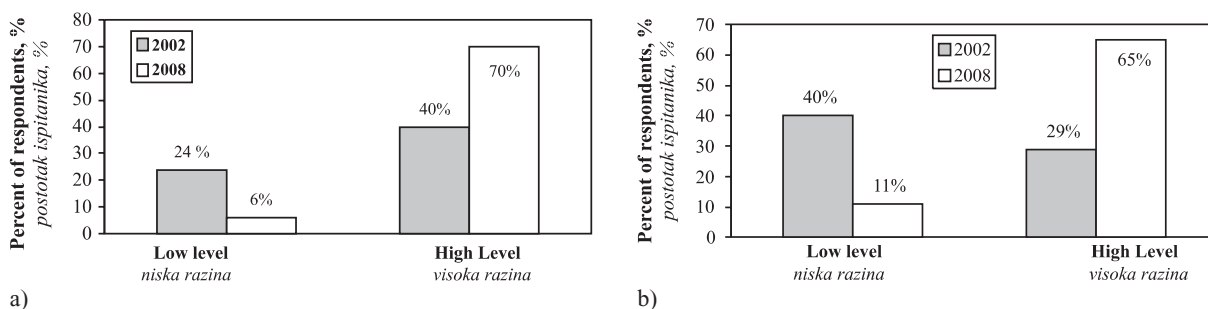


Figure 2 Level of Understanding about Certification: a) Level of understanding of forest management certification (2002: n=270; n=464); b) Level of understanding of chain-of-custody certification (2002: n=270; n=464)

Slika 2. Prikaz razine razumijevanja certificiranja: a) razina razumijevanja certificiranja u upravljanju šumama (2002: n=270; n=464); b) razina razumijevanja certificiranja u lancu zaštite (2002: n=270; n=464)

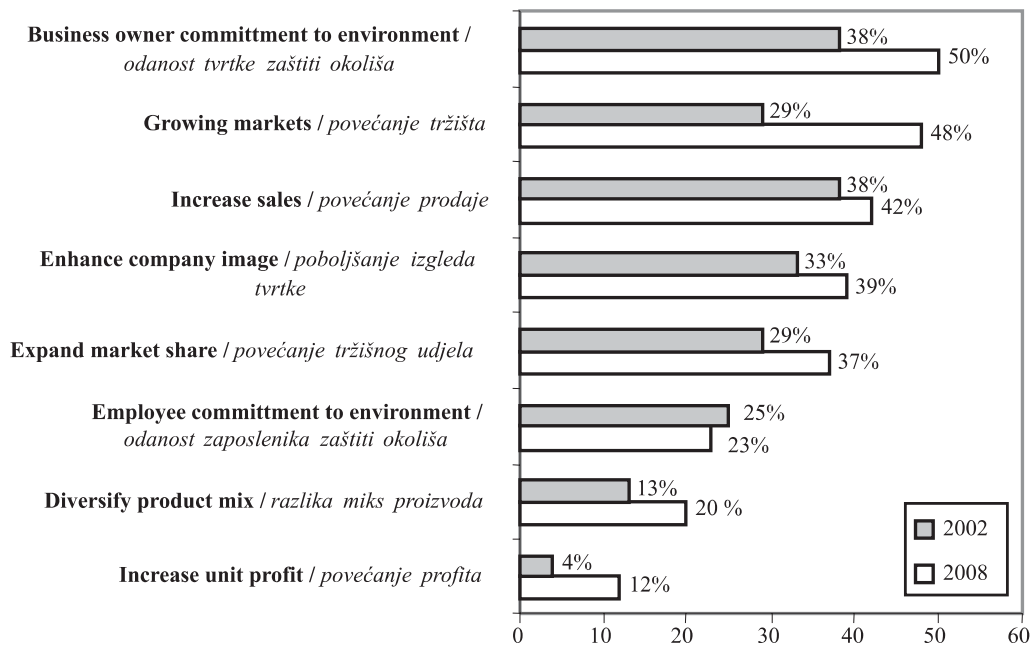


Figure 3 Reasons for getting involved in certification (multiple responses possible)

Slika 3. Razlozi uključivanja u postupak certificiranja (mogućnost višestrukog odgovora)

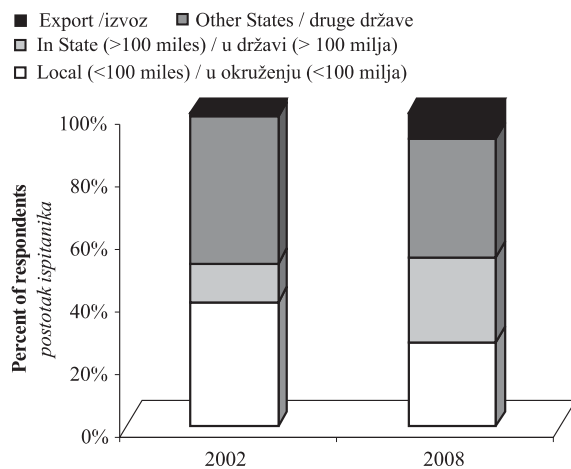


Figure 4 Certified wood product customer locations - distance from the respondent company/plant

Slika 4. Udaljenost anketiranih korisnika certificiranih drvnih proizvoda od mjesta gdje su proizvodi kupljeni

goal of increasing profit/unit although this objective was more important in 2008.

Respondents sell their certified wood products through a variety of distribution channels and end users. With regard to distance from the company where certified products are sold, Figure 4 shows that the percent that is going to export markets has increased from 1% in 2002 to 8% in 2008 indicating that U.S. respondents increasingly are able to compete in the global certified wood product marketplace.

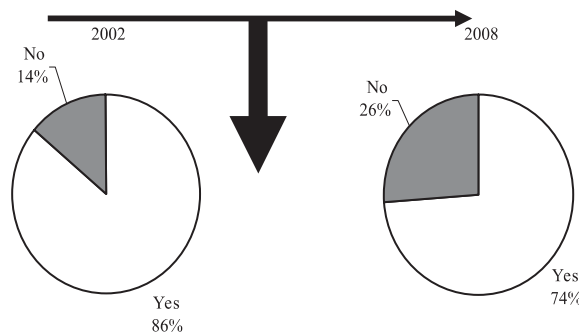
3.2 Is anybody making money on Certification?

3.2. Zaraduje li netko certificiranjem?

There are costs associated with becoming certified regardless of which program is used. The key, and often unanswered, question is "Is anyone making a profit off of certification?" The straight answer is respondents are not sure or aren't telling. We were able to tease out some

Does your company pay a premium for certified raw materials?

Plaća li vaša tvrtka premiju za certificiranu sirovinu? (% of respondents) / (% ispitanika)



Does your company receive a premium for certified raw materials?

Dobiva li vaša tvrtka sredstva za certificirane drvene proizvode? 2002 (% of respondents) / (% ispitanika) 2008

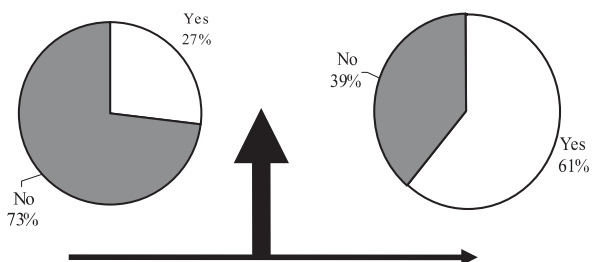


Figure 5 premiums paid for certified raw materials and received for certified products

Slika 5. Plaćene premije za certificiranu sirovinu i dobivanje poticajnih sredstava za certificirane proizvode

information that could be used to draw some inferences about profitability. For example, the percent of respondents *paying* an upcharge or premium for certified raw materials to manufacture their products *decreased* from 86% of respondents in 2002 to 74% of respondents in 2008. On the other hand, the percent of respondents *re-*

ceiving a premium for the certified products they sell increased from 27% in 2002 to 61% in 2008, Figure 5. In addition, in 2002, 89% of respondents said they incurred additional costs (excluding raw materials) to provide certified products to their customers. This dropped to 77% of respondents in 2008.

4 CONCLUSIONS

4. ZAKLJUČCI

Results show that certification continues to be an important issue for the value-added wood products sector in the U.S. Certification awareness and participation have increased significantly from 2002-2008. The percent of respondents receiving premiums for certified products has increased significantly from 2002-2008 and the percent of respondents incurring [non-raw material] costs for certified wood raw materials declined. The percent of respondents paying a premium for certified wood raw materials has also declined. Although these results may suggest profitability, the value and profitability propositions for certification remain elusive and inconsistent. Finally, 97% of respondents in 2008 said that they will continue to sell certified wood products in the future.

4. REFERENCES

4. LITERATURA

1. Anderson, R.C.; Hansen, E. N. 2004: The impact of environmental certification on preference for wood furniture: A conjoint analysis approach. *Forest Products Journal* 54(3):42-50.
2. Baharuddin, H.J.; Simula, M. 1994: Certification Schemes for all Timber and Timber Products. ITTO, Yokohama, Japan.
3. DeHoop, N.; Dunn, M.; Shupe, T.; Smith, R.; Vlosky, R.; Wu, Q. 2002: Value-added Forest Products: Opportunities for Growth.
4. Eastin, I. 2008: Use of Green Building Programs and Certified Wood in the US. UNECE/FAO Timber Committee Meeting Rome, Italy.
5. Ekström, H.; Goetzl, A. 2007: The US Market for Tropical Wood Products. ITTO Tropical Forest Update, 17(2):3-6.
6. Engineered Wood Association 2009: Housing Starts for November 2008, Monthly Housing Market Analysis. APA - The Engineered Wood Association.
7. Forest Stewardship Council. 2005: <http://www.fsc.org>.
8. Lee, J. 2008: Hardwood Flooring's Green Message Grows on Pros and Consumers. *Building Products*, March/April issue.
9. McGraw-Hill Construction 2008: The Case for Certified Wood: Forest Products Deemed Sustainable are Growing part of today's Green Buildings.
10. McGraw-Hill Construction. 2009: Green Outlook 2009. McGraw-Hill Construction, Washington D.C.
11. Ozanne, L.K.; Vlosky, R.P. 2003: Certification from the U.S. consumer perspective: A comparison from 1995 and 2000. *Forest Products Journal* 53 (3):13-21.
12. PEFC 2005: Programme for the Endorsement of Forest Certification.
13. Perera, P.; Vlosky, R.P.; Dunn, M.; Hughes, G. 2008: U.S. home-center retailer attitudes, perceptions and behaviors regarding forest certification. *Forest Products Journal* 58(3):21-25.
14. Ratnasingam, J.; Macpherson, T.H.; Ioras, F.; Abrudan, V. 2008: Chain of Custody certification among Malaysian wooden furniture manufacturers: status and challenges. *International Forestry Review* 10(1):23-28.
15. Schrier, D. 2003: Value Added Wood Production in BC Logging Rest of Canada. BC Stats – Infoline, Issue: 03-34. Ministry of Management Services, BC.SFI, 2005. Sustainable Forestry Initiative.
16. U.S. Census Bureau 2008: Highlights From the Expenditures for Residential Improvements and Repairs, Press Release, Fourth Quarter 2007. U.S. Census Bureau, Department of Commerce, Washington D.C. 20233.
17. UNECE/FAO, 2008: Forest Products Annual Market Review, 2007-2008. Geneva Timber and Forest Study Paper 23, New York and Geneva, 2008.
18. Upton, C.; Bass, S. 1996: The forest certification handbook. St. Lucie Press, Florida.
19. Vlosky R.P.; Ozanne, L.K. 1998: Environmental Certification of Wood Products: The U.S. Manufacturers' Perspective. *Forest Products Journal* 48(9):21-26.
20. Vlosky, R.P. 2005: Dynamics and trends in US furniture markets. Louisiana Forest Products Development Center, Louisiana State University Agricultural Center, Baton Rouge, LA.
21. Vlosky, R.P., Gazo, R., Cassens, D. 2003: Certification Involvement by Selected United States Value-Added Solid Wood Products Sectors, 560-569.

Corresponding address:

Professor Richard Vlosky, PhD FIWSc

Louisiana Forest Products Development Center
LSU AgCenter
Baton Rouge, Louisiana 70803 USA
e-mail: vlosky@lsu.edu

Usporedba udjela lomne površine po drvu analizirane računalom i procjenom prema normi ISO 6238 pri ispitivanju kvalitete lijepljenja

Comparison of percentage of wood fracture surface analyzed by computer and by ISO 6238 in determining the quality of adhesive bonds

Izvorni znanstveni rad • Original scientific paper

Prispjelo – Received: 28. 2. 2008.

Prihvaćeno – Accepted: 21. 5. 2009.

UDK: 630*824.52

SAŽETAK • U radu su prikazani rezultati mjerenja i procjene udjela lomne površine po drvu pri ispitivanju kvalitete lijepljenja dvjema metodama. Prva se metoda bazira na odredbama ISO 6238 norme, prema kojima su procjenu obavljala dva procjenitelja kako bi se pokazala razlika u percepciji. Drugom metodom udio lomne površine po drvu izmjeren je uz pomoć analize digitalne fotografije putem računala.

Rezultati pokazuju da mjerenje udjela lomne površine po drvu uz pomoć analize digitalne fotografije ne pokazuje statistički značajnu razliku od normiranog postupka, ali mjerenja putem računala daju pouzdanije i preciznije rezultate.

Ključne riječi: kvaliteta lijepljenja, lomna površina po drvu, subjektivna i objektivna metoda

ABSTRACT • This paper presents the results of measuring and estimating the percentage of wood fracture surface in testing the quality of adhesive bonds by using two methods. The first method is based on ISO 6238. The estimation was carried out by two estimators so as to show the difference in perception. The second method consists of measuring the percentage of wood fracture surface by analyzing digital photography by computer software.

The results prove that there is no statistically significant difference between the measurement of the percentage of fracture surface by analyzing digital photography with computer software and the measurement made by standard process. Computer measurement is, however, more reliable and accurate.

Key words: gluing quality, portion of wood failure, subjective and objective methods

¹ Autori su, redom, studentica, asistent, asistent i izvanredni profesor Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

¹ Authors are student, assistant, assistant and associate professor at the Faculty of Forestry, University of Zagreb.

1. UVOD 1 INTRODUCTION

Čvrstoća slijepjenog spoja ili čvrstoća loma, najvažnije je i najtraženije kvalitativno svojstvo svakog ljepila. Pri ispitivanju na smik čvrstoća loma slijepjenog spoja dvaju drvnih elemenata označuje maksimalnu čvrstoću na smicanje u smjeru vlaknaca drva. Ona mora biti jednaka ili veća od čvrstoće na smicanje samog drva, jer inače nastaje lom po ljepilu. Osim tog osnovnog svojstva, gotovo sve norme zahtijevaju da se u izvješću o rezultatima ispitivanja navede i udio lomne površine po drvu. Najutjecajni su sustavi EN i ISO koji pri ispitivanju kvalitete ljepila imaju slične pristupe. Procedura ispitivanja strogo je definirana, ali segment tih ispitivanja u kojemu se određuje udio lomne površine po drvu pod velikim je utjecajem subjektivne procjene ispitivača.

Pouzdanu određivanje udjela loma po drvu ima veliku važnost pri definiranju kvalitete lijepjenja (Mihulja, 2003), ali se prema propisima normi izvodi procjenom površine loma, te se stoga pojavila potreba za usavršavanjem postojeće metode odnosno za razvojem nove, koja se koristi digitalnom fotografijom i njezinom analizom putem računala. U postupcima procjene lomne površine koji su propisani normama glavni je problem to što razni ljudi različito percipiraju prostor, tako da određivanje udjela loma po drvu na lomnoj površini ispitnih proba nije objektivan.

Norme ISO i EN za analizu lomne površine propisuju određivanje udjela loma po drvu na površinama sljubnice nakon ispitivanja čvrstoće lijepjenja. Metoda se sastoji od subjektivne procjene udjela loma po drvu na lomnim površinama. Uz tako definirane uvjete promatrač mora odrediti udio loma po drvu tako da se rezultati zaokruže na 10-postotne iznose za ISO norme, te na 0, 25, 50, 75, 100% udjela površine za EN norme.

Takav pristup promatranju lomne površine po drvu i određivanje udjela loma po drvu rezultira velikim rasipanjem podataka, jer razlike u granicama između loma po drvu, loma po ljepilu i loma po međusloju nisu lako uočljive, pa nastaju velike subjektivne pogreške.

Mogućnosti ili ponašanje nekog adheziva ovise o širokom rasponu varijabli. Neke su povezane sa sustavom, primjerice s hrapavošću površine, pH površine drva ili ljepila, prisutnošću ekstraktivnih tvari ili nečistoće (krhotina, prašine) te s ostalim varijablama vezanim za različite utjecaje, poput veličine i učestalosti promjene temperature i relativne vlažnosti, kvašenja (Bogner i sur., 1993, 1995).

Jasno je da će biti razlika pri ocjenjivanju performansi (ukupnosti traženih zahtjeva) različitih vrsta adheziva. Postoje dva temeljna pristupa za procjenu performansi adheziva kada se oni podrazumijevaju kao neovisni sustavi. Prvi se temelji na ispitivanju tankih filmova adheziva, a drugi na ispitivanju normiranih lijepjenih proba i uvjeta testiranja. U pokušaju da vrednujemo svojstva i mogućnosti adheziva zasebno, varijable koje se odnose na supstrat trebaju biti konstantne. Ako se pak ocjenjuju performanse lijepjenog spoja pri upo-

rabi drvnih lijepjenih proizvoda, moraju se uzeti u obzir efekti supstrata (Bogner i sur., 1999).

U većini pristupa ocjenjivanju kvalitete lijepjenja drva polazište krije da lijepljeni spoj treba biti jednak ili čvršći od drva (Yavorsky i sur., 1955). To omogućuje ocjenjivanje prema veličini udjela loma po drvu. Osim toga, nekim se ljepilima postižu vrlo visoke čvrstoće prije loma, a da se lom ipak pojavljuje u liniji ljepila, a ne kroz drvo. Tada se postavlja pitanje je li takav pristup ocjenjivanju prihvatljiv ili nije. Udio loma po drvu mijenja se sa sadržajem vlage, i kreće se od 0% pri niskom sadržaju vlage do 20-30% pri višim sadržajima vlage, s nekim naznakama maksimuma pri srednjim vrijednostima. Zamjetno je da lom po drvu ne može biti bezuvjetan pokazatelj kvalitete spoja (Marra, 1962), ali je ipak jedan od pokazatelja kvalitete spoja.

Istraživanja adhezije od početka se temelje na mjerenju sile loma mehaničkim testovima slijepjenih spojeva. Važnost loma po drvu minimalizirana je pretpostavkom da veći lom po drvu nije moguć ako se upotrijebi kvalitetan uzorak, sa smjerom žice paralelnim s površinom. Američki Forest Product Laboratory 1919. godine iznosi podatke o ispitivanju metodama smičnog naprezanja, ne spominjući lom po drvu. Tek je 1929. godine američki istraživač T. R. Truax iznio ideju o vrednovanju lijepjenog spoja na temelju udjela loma po drvu nakon mehaničkog opterećivanja do loma (Northcott, 1955).

Unatoč teškoćama zbog nesavršenosti pri vrednovanju na temelju rezultata sile loma pri mehaničkom ispitivanju zbog nedovoljnog poznavanja rasporeda naprezanja u trenutku loma, ta metoda ipak daje rezultate korisnije za ocjenu kvalitete lijepjenja nego metoda koja se temelji samo na veličini udjela loma po drvu (Northcott, 1955).

Iznos čvrstoće u nekim slučajevima može, ali i ne mora, biti pogodan kao kriterij za određivanje kvalitete spoja jer lom može nastati zbog različitih faktora, poput intenzivne deformacije, delaminacije, gubitka konzistentnosti, unutarnjih naprezanja u spoju ili niza drugih činitelja koji nisu izravno povezani s maksimalnom čvrstoćom (Bogner i sur., 1999).

Ocjena kvalitete lijepjenja može se određivati terminima relativnog iznosa destrukcije adheziva i drva ili potrebnog naprezanja koje uzrokuje destrukciju pri određenom mehaničkom opterećenju. Kvaliteta lijepjenja za prvi se slučaj procjenjuje (određuje) vizualno, uzimanjem u obzir relativnih količina drva i ljepila na lomnoj površini, a u drugom se slučaju određuje prema iznosu čvrstoće spoja, uz pomoć podataka o silama izmjerenim u trenutku loma. Da bi procjena kvalitete bila što bliža realnom stanju, moraju se uzeti u obzir oba gledišta. Čvrstoća će davati približno točne iznose ako analizom površine loma anuliramo one probe koje zbog bilo kojeg razloga ne odgovaraju.

Daljnje povećanje pouzdanosti u određivanju kvalitete lijepjenja moguće je samo metodama za koje su poznati svi utjecajni činitelji i iznosi njihova udjela u formiranju odnosno mjerenju sile loma.

Neki od najvažnijih činitelja koji uzrokuju varijacije rezultata jesu:

1. činitelji vezani za geometriju ispitnih proba i metode opterećenja: a) ekscentričnost probe; b) dubina zarezaja; c) neporavnost ispitnih hvataljki; d) udaljenost između hvataljki; e) pritisak ispitnih hvataljki; f) intenzitet djelovanja;
2. činitelji vezani za anatomiju i fizička svojstva drva: a) smjer žice na licu probe; b) orijentacija mikropukotina; c) volumna težina i sadržaj vode; d) elastična svojstva.

Tim izvorima varijabilnosti zajedničko je da djeluju na raspodjelu i intenzitet naprezanja nametnutog ispitnoj površini lijepljenoga spoja (Yavorsky i sur., 1955).

Pojava i širenje loma važni su pokazatelji pri analizi površine loma, kojom se određuje funkcionalnost pojedine probe. Lom po drvu kvalitativni je pokazatelj kvalitete slijepljenog spoja. Ako su uzorci za ispitivanje čvrstoće slijepljenog spoja pravilno izrađeni, naprezanje će se koncentrirati u sljubnici ili neposredno uz nju. Pritom lom po drvu upozorava na to da je čvrstoća slijepljenog spoja znatno veća od čvrstoće drva. Zbog nepravilne raspodjele naprezanja (npr. na neadekvatnim ili loše izrađenim probama), tj. zbog moguće koncentracije naprezanja u drvu - izvan sljubnice - lom može započeti u zoni drva. Ovisno o raspodjeli naprezanja, lom se širi od najslabije točke (npr. od lumena traheja, velikog lumena traheide, mjehurića ili pukotina u sloju ljepila, od mjesta slabe adhezije zbog nečistoće, mehaničkog oštećenja itd.) po području naprezanja. Ako naprezanja nisu strogo koncentrirana na sloj ljepila ili područje međusloja, lom može započeti i širiti se u drvu. Ako čvrstoća spoja i međusloja nije znatno veća od čvrstoće drva (često pri smicajnim opterećenjima, pogotovo na malim površinama sljubnice), može se dobiti pogrešna slika o čvrstoći lijepljenja. Da bi se to izbjeglo, probe moraju imati pravilnu geometriju, a naprezanja tijekom ispitivanja moraju biti usmjerena na u područje sljubnice.

Budući da norma zahtijeva određivanje udjela lomne površine po drvu, cilj ovog rada jest predložiti objektivnu metodu određivanja udjela lomne površine po drvu.

Istraživanjem se trebaju usporediti dvije metode. Prva se bazira na odredbama norme ISO 6238, koje su detaljno opisane u poglavlju 2.2. Pri tome je potrebno usporediti rezultate različitih procjenitelja kako bi se utvrdilo postoji li značajna razlika u njihovoj percepciji udjela loma po drvu na istim lomnim površinama. Druga se metoda ispitivanja provodi digitalnim fotografiranjem lomnih površina te se zatim računalnom obradom dobivenih slika utvrđuju udjeli loma po drvu.

2. MATERIJALI I METODE

2 MATERIALS AND METHODS

2.1. Odabir ispitnih proba

2.1 Material selection

Probe su izrađene iz slijepljenih uzoraka bukovine, u skladu odredbama norme ISO 6238. Izrađeno je ukupno 20 proba slijepljenih PVAC ljepilom i 20 proba slijepljenih jednokomponentnim PU ljepilom. Nakon

kidanja proba na kidalici provedeno je mjerenje i procjena udjela lomnih površina po drvu.

Pri razlikovanju lomnih površina (drvo, ljepilo ili drvo impregnirano ljepilom) može se pojaviti problem nedovoljnog kontrasta i intenziteta boje. Budući da je pri proizvodnji ljepila potrebno postići što veću sličnost s bojom drva kako bi spoj bio što manje uočljiv, pojavila se potreba promjene takvog stanja. Rješenje se postiže selektivnim bojenjem drva ili ljepila.

PU ljepilo teško se boji, te je bojilo trebalo odati tako da intenzivnije oboji drvo. Za to je ispitivanje prema iskustvu u bojenju preparata za mikroskopska istraživanja anatomije drva upotrijebljena 1-postotna otopina safranina jer ona oboji lignin u drvu. Nakon nanošenja safranina uzorci su sušeni 24 sata da se safranin potpuno poveže s ligninom u drvu. PVAC ljepilo može se obojiti vodenom otopinom joda.

2.2. Metoda analiziranja lomne površine okularnom analizom prema normi ISO 6238

2.2 Analysis of portion of wood failure according ISO 6238

Metoda okularne analize lomne površine pri ispitivanju kvalitete lijepljenja sastoji se od procjene udjela loma po drvu.

Postupak je definiran ovim uputama: izvor svjetlosti treba biti pod kutom od 10 do 15° u odnosu prema lomnoj površini; na izvoru svjetlosti ne smije biti reflektirajućih površina; jakost žarulje mora biti 150 W ili fluorescentne svjetiljke 15 W; udaljenost izvora svjetlosti (žarulje) od lomne površine mora biti od 150 do 250 mm ili fluorescentne svjetiljke 25 do 75 mm.

Uz tako definirane uvjete promatrač mora odrediti udio loma po drvu tako da se rezultati zaokruže na 10-postotne iznose.

Ispitivanje je provedeno s dva procjenitelja, tako da je svaka površina analizirana trima vremenski odvojenim procjenama (minimalno 1 dan).

2.3. Metoda analiziranja lomne površine digitalnom fotografijom i računalom

2.3 Analysis of portion of wood failure with digital photography and computer

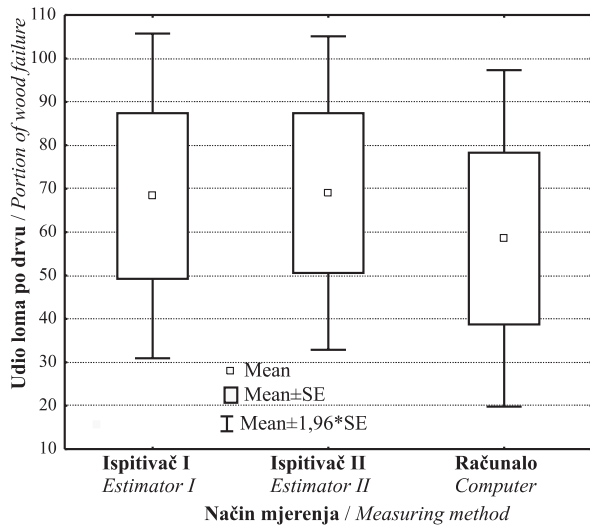
Analiza lomne površine računalom provodi se tako da se uzorci fotografiraju digitalnim fotoaparatom, nakon čega se fotografije obrade softverom za obradu slika Corel Draw. Fotografije s lomnim površinama zatim se obrade u softveru Scion Image, koji svojim algoritmom izračunava udio loma po drvu koristeći se pikselima s fotografije kao jedinicom mjere površine.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

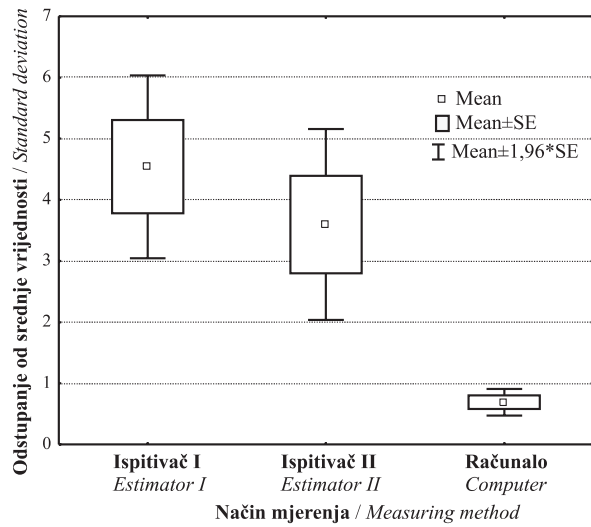
3 RESEARCH RESULTS

Rezultati procjene udjela lomne površine po drvu na probama slijepljenim PVAC ljepilom prikazani su u tablici 1. i njihova je statistička analiza grafički dana na slikama 1. i 2.

Rezultati procjene udjela lomne površine po drvu na probama slijepljenim PU ljepilom prikazani su u tablici 2, a njihova statistička analiza grafički je dana na slikama 3. i 4.



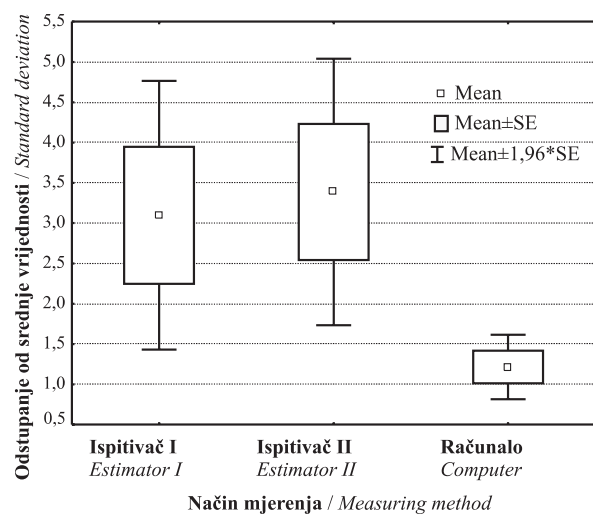
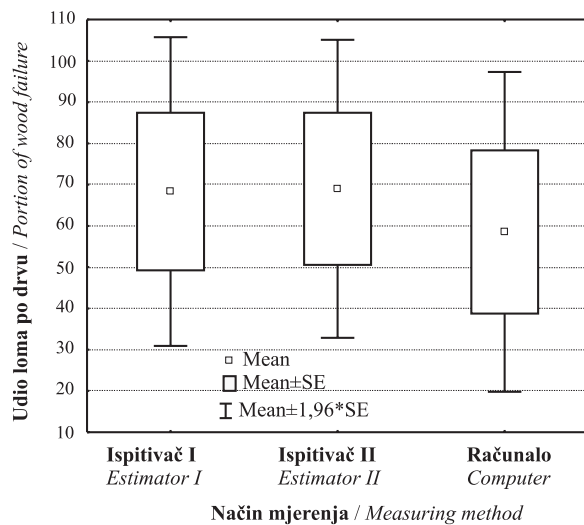
Slika 1. Prikaz analize prosječnih udjela loma po drvu za uzorke slijepljene PVAC ljepilom
Figure 1 Analysis of average percentage of wood fracture on samples bonded with PVAC adhesive.



Slika 2. Prikaz analize odstupanja srednjih vrijednosti udjela loma po drvu za uzorke slijepljene PVAC ljepilom
Figure 2 Analysis of standard deviation of wood fracture percentage on samples bonded with PVAC adhesive.

Tablica 1. Srednje vrijednosti triju vremenski odvojenih mjerenja udjela loma po drvu na probama slijepljenima PVAC ljepilom.
Table 1 Average value of tri time shift measurement of wood fracture percentage on samples bonded with PVAC adhesive

Uzorak Sample	Ispitivač 1 / Estimator 1		Ispitivač 2 / Estimator 2		Računalo / Computer	
	Srednja vrijednost, % Mean, %	Standardna devijacija, % Standard deviation, %	Srednja vrijednost, % Mean, %	Standardna devijacija, % Standard deviation, %	Srednja vrijednost, % Mean, %	Standardna devijacija, % Standard deviation, %
1.	76,67	5,77	73,33	5,77	71,67	0,58
2.	73,33	11,55	80,00	0,00	65,67	0,58
3.	50,00	0,00	50,00	10,00	43,67	0,58
4.	43,33	5,77	36,67	5,77	17,67	0,58
5.	96,67	5,77	90,00	0,00	76,00	0,00
6.	76,67	5,77	76,67	5,77	71,33	0,58
7.	76,67	5,77	70,00	0,00	49,67	0,58
8.	86,67	5,77	90,00	0,00	76,33	0,58
9.	86,67	5,77	86,67	5,77	73,33	1,53
10.	73,33	5,77	76,67	5,77	72,67	2,08
11.	50,00	0,00	50,00	0,00	30,67	1,15
12.	53,33	5,77	63,33	5,77	46,67	0,58
13.	40,00	10,00	46,67	5,77	31,67	0,58
14.	90,00	0,00	90,00	0,00	74,33	1,15
15.	83,33	5,77	80,00	0,00	78,67	0,58
16.	90,00	0,00	90,00	0,00	78,33	0,58
17.	33,33	5,77	33,33	5,77	25,00	1,00
18.	70,00	0,00	76,67	5,77	69,00	0,00
19.	46,67	5,77	50,00	10,00	52,00	0,00
20.	70,00	0,00	70,00	0,00	66,33	0,58
Pro-sječno Average	68,33	4,54	69,00	3,60	58,53	0,69



Slika 3. Prikaz analize prosječnih udjela loma po drvu za uzorke slijepljene PU ljepilom
Figure 3 Analysis of average percentage of wood fracture on samples bonded with PU adhesive.

Slika 4. Prikaz analize odstupanja srednjih vrijednosti udjela loma po drvu za uzorke slijepljene PU ljepilom
Figure 4 Analysis of standard deviation of wood fracture percentage on samples bonded with PU adhesive.

Tablica 2. Srednje vrijednosti triju vremenski odvojenih mjerenja udjela loma po drvu na probama slijepljenima PU ljepilom
Table 2 Average value of three time shift measurements of wood fracture percentage on samples bonded with PU adhesive

Uzorak Sample	Ispitivač 1 / Estimator 1		Ispitivač 2 / Estimator 2		Računalo / Computer	
	Srednja vrijednost, % Mean, %	Standardna devijacija, % Standard deviation, %	Srednja vrijednost, % Mean, %	Uzorak Sample	Srednja vrijednost, % Mean, %	Standardna devijacija, % Standard deviation, %
1.	66,67	5,77	63,33	5,77	60,33	3,06
2.	73,33	5,77	56,67	5,77	45,00	2,00
3.	53,33	5,77	60,00	0,00	58,00	1,00
4.	20,00	10,00	10,00	0,00	29,00	0,00
5.	80,00	0,00	73,33	5,77	66,00	3,46
6.	56,67	5,77	50,00	10,00	45,67	1,53
7.	20,00	0,00	10,00	0,00	20,33	0,58
8.	20,00	0,00	10,00	0,00	21,33	0,58
9.	50,00	0,00	43,33	5,77	50,33	0,58
10.	50,00	0,00	46,67	5,77	47,33	0,58
11.	93,33	5,77	90,00	0,00	76,67	1,53
12.	50,00	0,00	36,67	5,77	57,33	0,58
13.	80,00	0,00	80,00	0,00	76,00	0,00
14.	90,00	0,00	90,00	0,00	83,00	2,00
15.	20,00	0,00	13,33	5,77	21,00	1,73
16.	13,33	5,77	10,00	0,00	20,33	0,58
17.	20,00	0,00	20,00	0,00	24,00	1,00
18.	20,00	0,00	16,67	5,77	25,67	1,53
19.	13,33	5,77	10,00	0,00	22,00	1,00
20.	26,67	11,55	16,67	11,55	33,00	1,00
Prosječno Average	45,83	3,10	40,33	3,39	44,12	1,21

4. DISKUSIJA 4 DISCUSSION

Rezultati pokazuju razlike u pouzdanosti i preciznosti mjerenja te procjene dviju uspoređivanih metoda, kao i razlike u percepcijama procjenitelja.

Za uzorke slijepljene PVAC ljepilom razlika u percepciji procjenitelja površine loma po drvu nije velika i iznosi samo 0,67%, a slično je i sa standardnom devijacijom za koju je razlika 0,89% i koja, prema rezultatima F-testa, nije signifikantna (sl. 3). Međutim, postoji znatna razlika u standardnoj devijaciji između rezultata procjenitelja i rezultata dobivenih mjerenjem računalom (sl. 4). Površina loma po drvu izmjerena računalom u prosjeku je manja za 10,13% od površine procjenitelja, što je vjerojatno uzrokovano zaokruživanjem rezultata procjene na 10-postotne iznose, kako zahtijeva norma. Standardna je devijacija za 3,38% manja od prosječne standardne devijacije procjenitelja i iznosi 0,69% na temelju čega možemo zaključiti da je metoda kojom se koristi računalno točnija i preciznija, što pokazuje i F-test jer postoji signifikantna razlika u varijancama dobivenim od procjenitelja i putem računala, uz vjerojatnost pogreške prve vrste od $\alpha=0,05$.

Za uzorke slijepljene PU ljepilom razlika u percepciji procjenitelja površine loma po drvu znatna je i iznosi 5,5%, dok razlika u standardnoj devijaciji nije velika i iznosi 0,29%, a prema rezultatima F-testa nije signifikantna. Međutim, postoji i znatna razlika u standardnim devijacijama između rezultata procjenitelja i rezultata dobivenih mjerenjem računalom, (sl. 4), što pokazuje i F-test, jer postoji signifikantna razlika u varijancama procjenitelja i rezultatima računala, uz vjerojatnost pogreške prve vrste od $\alpha=0,05$, na temelju čega možemo zaključiti da je metoda koja se za mjerenje udjela loma po drvu koristi digitalnom fotografijom i računalom točnija i preciznija, dakle i objektivnija.

Metoda je primjenljiva i na druge norme ili slijepljene spojeve drva kojima se želi objektivno i vrlo precizno utvrditi udio loma po drvu. Glavna procedura koja pridonosi boljoj razlučivosti oblika lomne površine jest kvalitetno obojenje drva ili ljepila. Ostaje problem preciznijeg utvrđivanja lomne površine koja nastaje kretanjem loma kroz međusloj.

5. ZAKLJUČCI 5 CONCLUSIONS

Metoda mjerenja udjela loma po drvu računalom pokazuje rezultat sukladan rezultatu vještog procjeni-

telja, čime je utvrđeno da objektivno daje jednako vjerne rezultate na koje ne utječe subjektivni doživljaj prostora, zdravstveni elementi (posebno psihološki) stanja procjenitelja i/ili nedovoljna stručnost npr. mladih vježbenika.

Nedostatak metode jest njezina složenost, koju je moguće umanjiti ciljanom proizvodnjom uređaja sastavljenoga od optičkog dijela (skenera ili fotoaparata) i programskog dijela (namjenskoga računalnog programa).

Ta metoda može poslužiti za određivanje udjela lomne površine po drvu i za druge norme ili slijepljene spojeve drva.

6. LITERATURA 6 REFERENCES

1. Bogner, A. 1993: Kvašenje drva i adhezija. *Drvna industrija* 44(4):139-143.
2. Bogner, A. 1995: Work of adhesion as a criterion for determination of optimum surface tension in adhesives. *Drvna industrija*, 46(1):187-194.
3. Bogner, A.; Grbac, I.; Mihulja, G. 1999: Zaostala naprezanja u lijepljenim drvnim konstrukcijama. *Drvna industrija*, 50(4):185-191.
4. Mara, A. A. 1962: Geometry as an Independent Variable in Adhesives Joint Studies, *Forest Prod. J.*, February.
5. Mihulja, G. 2003: Metode za ispitivanje čvrstoće lijepljenja drva na smik. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
6. Northcott, P. L. 1955: Possibilities of the Glue-line-Cleavage Tests When Applied to Hardboard. *Forest Prod. J.* 5(2):61-64.
7. Yavorsky, J. M.; Cunningham, J. H.; Hundley, N. G. 1995: Survey of Factors Affecting Strength Tests of Glue Joints. *Forest Prod. J.* 5(10):306-311.
8. **** 2001: ISO 6238 – Adhesives – Wood-to-wood adhesive bonds – Determination of shear strength by compressive loading.

Corresponding address:

Assistant GORAN MIHULJA, PhD

Department of furniture and products of wood
Faculty of Forestry
University of Zagreb
Svetošimunska 25, p.p. 422
HR-10002 Zagreb, Croatia
e-mail: mihulja@sumfak.hr

Marek Potkány, Miloš Hitka¹

Utilization of contribution margin in the costing system in production of components for wood working machines

Upotreba kontribucijske marže u sustavu troškova u proizvodnji dijelova strojeva za obradu drva

Original scientific paper · Izvorni znanstveni rad

Received – Prispjelo: 25. 3. 2009.

Accepted – Prihvaćeno: 21. 5. 2009.

*UDK: 630*79*

ABSTRACT • *The aim of this paper is to propose optimization of costing method for planning a production-sales programme of the chosen engineering enterprise dealing with the production of components for wood working machines. This engineering company uses the calculation pattern methodology in the comprehensive cost accounting system. All costs components are absorbed by individual outputs in this cost calculation. The results of this calculation are not available for decision-making tasks. In order to solve the decision tasks relating to output assortment optimization, it is necessary to show separately variable costs influenced by changes in production volume and fixed costs not influenced by changes in production volume. For these reasons we propose a specific application of retrograde costing as a necessary condition for effective system of decision-making on the basis of contribution margin calculation. The contribution margin/standard hour is the criteria for the calculation in a critical place of production and this is very important information for developing an optimal production-sales programme.*

Key words: *calculation, costing, cost, profit, contribution margin*

SAŽETAK • *Cilj rada je predložiti metodu optimizacije troškova za potrebe planiranja proizvodno-prodajnog programa u tvrtki za proizvodnju dijelova za strojeve za obradu drva. Za kompletan obračun troškova tvrtka se koristi standardnim modelom obračuna, s nepotpunim troškovima. Pri obračunu troškova svi su elementi troška uključeni kao pojedinačne izlazne veličine. Rezultati takve kalkulacije ne mogu se upotrijebiti za donošenje odluka. Posebno je važno pri konačnoj optimizaciji zasebno prikazati varijabilne (mijenjaju se pod utjecajem promjene količine proizvodnje) i fiksne troškove koji se ne mijenjaju s promjenom opsega proizvodnje. Zbog navedenoga u radu se predlaže primjena aplikacije retrogradnog (unazadnog) obračuna troškova na temelju izračuna kontribucijske marže, što je nužan postupak za učinkovito donošenje odluka. Kriterij za izračun na kritičnome mjestu proizvodnje jest kontribucijska marža/norma sat, što je vrlo važan parametar za optimalan proizvodno-prodajni program.*

Ključne riječi: *kalkulacija, obračun troškova, trošak, dobit, kontribucijska marža*

¹ Authors are assistant and associated professor at Department of Enterprise Management, Faculty of Wood Science and Technology, Technical University in Zvolen, Slovak Republic.

¹ Autori su asistent i izvanredni profesor Zavoda za management tvrtki na Fakultetu za znanost o drvu i tehnologiju, Tehničko sveučilište u Zvolenu, Slovačka.

1 INTRODUCTION

1. UVOD

Plant managing requires an efficient costing and calculating system and hence its continuous development should be the priority of any top management. Calculating system is very important not only for monitoring the costs or costing of the company, but also for economical substance of quality management, (Gejdoš, 2007). The tendency is to make such a report of costs per product based on which it would be possible to determine its minimum selling price that would not cause loss to the company. In order to make this business strategy efficient, an optimal costing system must be developed (Škoda, 2004). The company calculation system is the basis for an IT supported controlling (Dubcová, 2004).

The main goal of this paper is the optimization of costing method for planning production-sales programme of the chosen engineering enterprise dealing with the production of components for wood working machines. On the basis of theoretical knowledge we have established the following hypotheses:

- full costing method is wrong for developing an optimal production-sales programme,
- for applying variable costing, the present calculation system must be improved by costs classification into fixed and variable costs,
- contribution margin per standard hour is the optimal criterion value in a critical place of production.

2 MATERIAL AND METHODS

2. MATERIJA I METODE

Costing generally means an activity whose aim is to determine the actual or budgeted costs and other price components affecting the costing unit. The costing method is the way of estimation of assumed amount or consequent assessment of the actual value per specific output (Král, 2001). The choice of optimal costing method depends on several factors such as:

- Specification of the costing object (costing unit which can be given in pieces, kilos, litre, m, m³, machine hours, working-hours, etc).
- Way of establishing costs of the costing object. We distinguish direct costs (specified per costing unit by norm or dividing - direct material, wages, taxes, etc.) and costs that are indirectly allocated to the costing object – indirect, overhead costs (energy, services, depreciation charges, fees, etc.) defined per costing unit by chosen costing techniques.
- The cost structure where the costs are verified per costing unit while the costing formula structure is expressed by individual operation requirements.

2.1 Absorption costing

2.1. Apsorpcija troškova

Costing methods that take into account all cost components, i.e. either all components of direct and indirect costs or all components of variable and fixed costs according to specifically used costing method, are

summarily called absorption costing methods. All costs components are absorbed by individual outputs in this costing. This way of costing is called total costs calculation. The total costing can be expressed systematically as follows:

$$\begin{aligned} & \text{Direct (unit) costs} \\ & + \text{Indirect overhead costs} \\ & = \text{Total costs of the output} \\ & + \text{Profit margin of the output} \\ & = \text{Sale price of the output} \end{aligned}$$

2.2 Retrograde costing

2.2. Retrogradni troškovi

If we assume that an enterprise does not determine the sale price but the market, it is possible to use the so called retrograde calculation of costs. Especially for solving the decision tasks related to optimization of output assortment, it is necessary to show separately costs influenced by changes in volume of production (variable costs) and costs not influenced by changes in volume of production (fixed costs) (Kupkovič, 2002). The basic structure of these, the so called, variable (incomplete) costs calculation is presented as follows:

$$\begin{aligned} & \text{Sale price (of the output)} \\ & - \text{Temporary price allowance (discounts, seasonal prices)} \\ & = \text{Adjusted price} \\ & - \text{Variable costs (of the output)} \\ & = \text{Contribution margin of the output (CM)} \end{aligned}$$

Costing methods, which result from a specific cost group and fail to take into account all cost items, belong to non-absorbent costing methods. This calculation can be specified as the calculation of incomplete (variable) costs. In this case we do not determine profit on individual products sales but profit of the whole enterprise.

Calculation can be presented as follows:

Total revenues

$$TR = \sum_{k=1}^q p_k q_k \quad (1)$$

- Total variable costs

$$TVC = \sum_{k=1}^q TVC_k q_k \quad (2)$$

Total Contribution margin

$$CM = \sum_{k=1}^q CM_k q_k = \sum_{k=1}^q q_k \cdot (p_k - PVC_k) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & - \text{Fixed costs} && FC \\ & = \text{Company profit / Loss} && \text{Profit/Loss} \end{aligned}$$

Total contribution margin is the difference between total revenues (TR) and total variable costs (TVC) or it is defined by the sum of contribution margins (CM) of individual products. They are determined separately as

subtraction of the sale price (p) and variable costs level (VC) for individual products from q - quantity of production.

3 DEVELOPMENT OF COSTING SYSTEM IN THE PRODUCTION OF COMPONENTS FOR WOOD-WORKING MACHINES

3. IZRADA SUSTAVA TROŠKOVA U PROIZVODNJI DIJELOVA STROJEVA ZA OBRADU DRVA

In determining the costs, the company uses the calculation pattern methodology of a comprehensive cost accounting system. The calculation pattern has the following structure:

Direct material
 + External co-operations
 = **Direct costs of production**
 + Costs of production 1 (base value 1a × costing rate 1a)
 + Costs of production 2 (base value 2a × costing rate 2a)
 + Manufacturing overhead (MO)
 = **Total cost from operating departments**
 = Costs of production (PC)
 + Administrative overhead costs (AOC)
 + Supplying overhead costs (SOC)
 + Sales overhead costs (SOC)
 = **Total costs (TC)**
 + Profit, (- Loss)
 = **Sale price (SP)**

The above costing methodology allows the identification of indirect overhead costs origin per cost bearer (order) by form of individual contributions from operating cost centres and departments. It regards individual overhead costs that are divided according to operations performed on products (costing units). The sum of these costs gives total cost of operating departments.

These contributions are obtained by summing the base value and costing rate. The basis for estimating the contributions of operating cost departments per cost bearer are technologic processes per cost bearer, that is technical-economic norms of standard hours (Sh) consumption of the operating department in manufacturing operation of a certain amount of cost bearers (1 piece, production plan, etc.). The equation for calculating the overhead costs margin is:

$$\text{Margin of manufacturing overhead} = \frac{\text{manufacturing overhead volume (MOV)}}{\text{total cost from operating departments}} \quad (4)$$

External co-operations items include all costs related to product manufacture. They present operations performed on products outside the enterprise because the enterprise cannot provide them or because it lacks the required technology and such operations are part of technologic process, e.g. product grinding.

Administrative overhead costs include all accrued primary and secondary costs related to managing and administration as well as organisation and general maintenance of production or non-production activities, which are budgeted and accounted in administrative cost centres. They cannot be estimated directly per cost bearer but by load charge:

$$\text{Margin of administrative overhead} = \frac{\text{administrative overhead volume (AOV)}}{\text{total cost from operating departments}} \quad (5)$$

Supply overhead costs include all accrued primary and secondary costs related to purchase, budgeted and accounted in purchase and store of material cost centres which cannot be estimated directly per cost bearer. These are costs related to purchasing of material and its transport; storage, budgeted by means of load charge.

$$\text{Margin of supply overhead} = \frac{\text{supply overhead volume (SOV)}}{\text{direct costs of production departments}} \quad (6)$$

Sales overhead costs include all accrued primary and secondary costs related to sales, budgeted and accounted in sales cost centres that cannot be estimated directly per cost bearer. These are costs related to storage, manipulation, sales and dispatching of final products and semi-finished products. The equation for the calculation of load charge is as follows:

$$\text{Margin of sales overhead} = \frac{\text{sales overhead volume}}{\text{direct material} + \text{total cost from operating departments} + \text{MOV} + \text{AOV} + \text{SOV}} \quad (7)$$

In this paper we have focused on costing of four elementary products in the company concerned. A short summary of data necessary for making the calculations is presented in Table 1. Margins necessary for the calculation of overhead costs of individual cost centres according to the above equations (4, 5, 6, 7) are the following:

- Margin of manufacturing overhead = 17.260 %,
- Margin of administrative overhead = 26.726 %,
- Margin of supply overhead = 8.764 %,
- Margin of sales overhead = 2.984 %.

By observing the calculation pattern of the company concerned, it is possible to present the calculation of total costs of selected products (Table 2).

In the event of allocation of production costs to individual centres (departments), the centre utilization in standard hours becomes the base value. For example in gear rack production, the second operation is realized by the turning semi-automatic lathe. The machine standard hours in production of the same product are 4. 38 Sh and based on planned 2 736 pieces, the base value is 0. 0016 Sh/piece.

The rate of the workstation concerned amounts to 6 €/Sh. It means that for one gear rack it is necessary to

Table 1 Calculation of total costs of elementary products**Tablica 1.** Ukupni obračun troškova osnovnih proizvoda

Item of calculation pattern <i>stavka u strukturi troškova</i>	The chosen components of wood working machines <i>odabrani dijelovi strojeva za obradu drva</i>				Total costs <i>ukupni troškovi</i>
	Gear rack (2 736 pieces) <i>okvir zupčanika (2 736 dijelova)</i>	Pin with clip anchor (2 400 pieces) <i>klip sa spojnicom (2 400 dijelova)</i>	Gearbox (170 pieces) <i>kućište zupčanika (170 dijelova)</i>	Motor (450 pieces) <i>motor (450 dijelova)</i>	
Direct material <i>direktni materijal</i>	128 774,4 €	16 560 €	15 640 €	30 075 €	191 049,4 €
External co-operations <i>direktne usluge</i>	0 €	0 €	0 €	330 €	330 €
Costs of production <i>troškovi proizvodnje</i>	56 267,7 €	7 960 €	14 619 €	19 818 €	98 664,7 €
Manufacturing overhead <i>dodatni troškovi proizvodnje</i>	9 597 €	1 373,6 €	2 523,2 €	3 420 €	16 913,8 €
Administrative overhead <i>administrativni troškovi</i>	14 860 €	2 127,2 €	3 907 €	5 296,5 €	26 190,7 €
Supply overhead <i>troškovi nabave</i>	11 286 €	1 451,2 €	1 370,7 €	2 664,7 €	16 772,6 €
Sales overhead <i>troškovi prodaje</i>	6 568,2 €	879,2 €	1 135,6 €	1 837,5 €	10 420,5 €
Total costs <i>ukupni troškovi</i>	227 353,3 €	30 351,2 €	39 195,5 €	63 441,7 €	360 341,7 €

Table 2 Calculation of total costs of production of gear racks and pin with clip anchor components**Tablica 2.** Ukupni obračun troškova izrade okvira zupčanika i klipa sa spojnicom zupčanika

Calculation item <i>stavka kalkulacije</i>	Gear rack <i>okvir zupčanika</i>	Pin with clip anchor <i>klip sa spojnicom</i>		
Direct material / <i>direktni materijal</i>		47.06 €	6.90 €	
External co-operations / <i>direktne usluge</i>		0	0	
Other direct costs <i>ostali direktni troškovi</i>		0	0	
Direct production costs <i>direktni troškovi proizvodnje</i>		47.06 €	6.90 €	
Costs of production (costing rate × base value) <i>troškovi proizvodnje (stopa troška × osnovna vrijednost)</i>	circular hydr. saw / <i>kružna pila = 4.73 · 0.0866</i>	0.41	semi-automatic welding machine / <i>poluautomatski stroj za zavarivanje = 8.06 · 0.0794</i>	0.64
	semiautomatic lathe / <i>poluautomatska tokarilica = 6 · 0.0016</i>	0.01	degreasing machine / <i>stroj za odmašćivanje = 4.1 · 0.0166</i>	0.07
	blast cleaning machine / <i>stroj za čišćenje = 6.16 · 0.0766</i>	0.47	paint shop / <i>radionica za bojenje = 8.3 · 0.0563</i>	0.46
	hydraulic press / <i>hidraulična preša = 5.76 · 0.0866</i>	0.50	oil conservation / <i>čuvanje ulja = 6.03 · 0.0043</i>	0.03
	console vertical milling machine / <i>konzolna vertikalna glodalica = 4.66 · 0.23</i>	1.07	band-saw / <i>tračna pila = 3.2 · 0.05</i>	0.16
	vertical milling machine / <i>vertikalna glodalica = 7.26 · 0.11</i>	0.80	locksmith works / <i>bravarski poslovi = 3 · 0.0017</i>	0.01
	console vertical milling machine / <i>konzolna vertikalna glodalica = 4.66 · 0.21</i>	0.98	centre drilling machine / <i>stroj za bušenje = 6.36 · 0.0683</i>	0.43

Continued table 2 / nastavak tablice 2.

Calculation item <i>stavka kalkulacije</i>	Gear rack <i>okvir zupčanika</i>	Pin with clip anchor <i>klip sa spojnicom</i>		
	locksmith works / <i>bravarski poslovi</i> = 3 · 0.0617	0.18	semiautomatic lathe / <i>poluautomatska tokarilica</i> = 6 · 0.2067	1.24
	parts washing / <i>ispiranje dijelova</i> = 5.76 · 0.0350	0.20	parts washing / <i>ispiranje dijelova</i> = 6.16 · 0.0134	0.08
	machine centre / <i>obradni centar</i> = 5.83 · 0.8683	5.06	locksmith works / <i>bravarski poslovi</i> = 6.03 · 0.0183	0.11
	parts washing / <i>ispiranje dijelova</i> = 5.76 · 0.0350	0.20	table sander / <i>brusilica</i> = 8 · 0.01	0.08
	table-type miller / <i>stolna glodalica</i> = 4.5 · 0.3433	1.54	**	
	parts washing / <i>ispiranje dijelova</i> = 5.76 · 0.0350	0.20		
	locksmith works / <i>bravarski poslovi</i> = 3 · 0.1367	0.41		
	slotting machine / <i>stroj za izradu utora</i> = 5.66 · 1.0266	5.81		
	parts washing / <i>ispiranje dijelova</i> = 5.76 · 0.0350	0.20		
	**			
	** Total / <i>ukupno</i>	20.32 €	**Total / <i>ukupno</i>	3.31 €
Manufacturing overhead costs <i>dodatni proizvodni troškovi 17.26%</i>		3.51 €		0.57 €
Contributions from operating cost departments <i>dodatni operativni troškovi odjela</i>		23.83 €		3.88 €
Manufacturing costs <i>troškovi proizvodnje</i>		70.89 €		10.78 €
Administrative overhead costs / <i>dodatni administrativni troškovi 26.726%</i>		5.43 €		0.89 €
Supplying overhead costs <i>dodatni troškovi nabave 8.764%</i>		4.12 €		0.60 €
Sales overhead costs <i>dodatni troškovi prodaje 2.984%</i>		2.40 €		0.37 €
Total costs / <i>ukupni troškovi</i>		82.84 €		12.64 €
Profit (loss) / <i>dobit (gubitak)</i>		+ 24.96 €		+4.06 €
Sale price without VAT <i>prodajna cijena (bez PDV-a)</i>		107.80 €		16.70 €

** Due to paper size it is not possible to mention all items affecting the operating cost (centres) departments. They are given by technological sequence of manufacturing process of individual products.

** Zbog ograničenog opsega ovog rada nije moguće navesti sve stavke koje utječu na operativni trošak (centra) odjela. Stavke su navedene tehnološkim slijedom proizvodnje pojedinih proizvoda.

calculate the item cost of 1 cent. We have a similar situation in the case of other workstations.

Similarly, it is possible to determine total costs of other components of wood-working machines. We mention here only the selected items of calculation pattern and sale prices for gearbox and motor components:

	Total costs	Sale price	Profit/ Loss
Gearbox:	230.5 €	191.6 €	- 38.09 €
Motor:	141.0 €	220.0 €	+ 79.00 €

4 PROPOSAL OF COSTING SYSTEM OF INCOMPLETE -VARIABLE COSTS 4. PRIJEDLOG SUSTAVA NEPOTPUNIH TROŠKOVA – VARIJABILNI TROŠKOVI

When developing a costing system of incomplete costs it was necessary to use the results of the established costing system of total costs calculation applied in the company concerned. The first step was to propose costs classification of fixed and variable costs. In this

case we used a combination of empirical method and variator method (Potkány, 2003):

a) Variator method
a) Metoda variatora

The change of production volume influences directly costs development. Individual types of costs or costing items or total production costs behave differently. When searching optimal production volume we have to know the costs development and determine the dependence size of costs change on production volume change. To estimate this dependence we can use a reaction coefficient (c_r) derived as follows:

$$c_r = P_{cC} / P_{cP} \quad (8)$$

P_{cC} – costs change percentage.

P_{cP} – performance (production) change percentage.

If $c_r = 0$ the searched type of costs is considered to be fixed, if c_r gains another value the cost is variable - proportional or non-proportional. Values of costs change percentage and performance change percentage can be estimated as follows:

$$P_{cC} = [((C_1 / C_0) \times 100) - 100 + ((C_2 / C_1) \times 100) - 100 + \dots] / (n+1) \quad (9)$$

$$P_{cP} = [((R_1 / R_0) \times 100) - 100 + ((R_2 / R_1) \times 100) - 100 + \dots] / (n+1) \quad (10)$$

Where: C_1 (R_1) – costs (returns). in the first period e.g. month of January).

C_2 (R_2) – costs (returns). in the second period (e.g. month of February).

C_0 (R_0) – costs (returns). in the base period (e.g. month of December).

n – number of periods that follow (e.g. months).

b) Empirical method
b) Iskusvena metoda

This is one of the most frequently applied methods for the calculation of fixed and variable costs. The term classification analysis is often used. Costs dependence on production volume is measured by qualified estimation. This estimation is based on the data about centres economy. Calculation accuracy depends on the level of experts' knowledge of individual cost items. As we have to reallocate approximately 80 cost items in the company concerned, we hereby present only the list and percentages of individual items of variable costs. These items are:

- connecting material (100%),
- other direct material (100%),
- material for reparations (2 %),
- protective aids (2%),
- gas (20%),
- postage (4%),
- forgings and pressings (100%),
- consumption of overhead material (20%),
- reparations of production equipment (50%),
- consumption of small tangible property (21%),
- workers' wages. (4 %),
- other services (7 %),

- castings (100%),
- tools (49 %),
- fuelling (2 %),
- energy (49%),
- fare (100 %),
- heat (3%).

After the above presented allocation, we obtained the costing formula adjustment which can become an important tool of production-sales programme optimization. It is essential to know the variable part of costs that should be definitely covered by price and on the basis of their subtraction and contribution margin value it is possible to optimise the production programme. Retrograde form of calculation has the following structure:

Sale price after adjusting

- Direct material
- External co-operations
- Other direct costs
- Costs of production 1 (variable part)
Base value 1a × costing rate 1a
- Costs of production 2 (variable part)
Base value 2a × costing rate 2a
-
- Base value n × costing rate n
- Costs of operation (variable part)
- Administrative expenses (variable part)
- Supply overhead (variable part)
- Sales overhead (variable part)
- = Contribution to fixed costs and profit generation (CM)

Summary data necessary for making the calculation of variable costs of previous outputs are presented in Table 3.

Margins necessary for the calculation of overhead variable costs of individual centres according to the above equations (4, 5, 6 and 7) are the following:

- Margin of manufacturing overhead = 0.8282 %.
- Margin of administrative overhead = 0.3395 %.
- Margin of supply overhead = 1.0493 %.
- Margin of sales overhead = 0.095 %.

To determine the value of the contribution margin, it was necessary to assign only part of direct variable costs to the product, and especially production costs of individual workstations, as well as the resulting items of individual overheads. The summary of all types of costs related to the workstation concerned resulted in total variable costs that were inevitable to keep the ratio with the total workstation load. In this way it is possible to estimate the variable part of costing of individual workstations (machines). Similarly the value of margins of individual overheads could also be determined. The result of this methodical procedure is presented in Table 4.

Similarly it is possible to continue with the calculation of variable costing for gearbox and motor components of wood working machines. In order to stay within the limits of this paper size, only the values of

Table 3 Cost structure of variable costing of wood-working machine components

Tablica 3. Struktura varijabilnih troškova dijelova strojeva za obradu drva

Item of costing formula <i>stavka u izrazu troška</i>	Chosen components of wood working machines <i>odabrani dijelovi strojeva za obradu drva</i>				Total costs <i>ukupni troškovi</i>
	Gear rack (2 736 pieces) <i>okvir zupčanika (2 736 dijelova)</i>	Pin with clip anchor (2 400 pieces) <i>klip sa spojnicom (2 400 dijelova)</i>	Gearbox (170 pieces) <i>kućište zupčanika (170 dijelova)</i>	Motor (450 pieces) <i>motor (450 dijelova)</i>	
Direct material <i>direktni materijal</i>	128 774.4 €	16 560 €	15 640 €	30 075 €	191 049.4 €
External co-operations <i>direktne usluge</i>	0 €	0 €	0 €	330 €	330 €
Costs of production <i>troškovi proizvodnje</i>	12 336.6 €	1 324 €	3 124.4 €	3 333.3 €	20 118.3 €
Manufacturing overhead <i>dodatni troškovi proizvodnje</i>	102.1 €	11.2 €	25.8 €	294.3 €	433.4 €
Administrative overhead <i>dodatni administrativni troškovi</i>	41.9 €	4.8 €	10.6 €	11.3 €	68.6 €
Supply overhead <i>dodatni troškovi nabave</i>	1 351.6 €	173.6 €	164.1 €	319 €	2 008.3 €
Sales overhead <i>dodatni troškovi prodaje</i>	135.9 €	16.8 €	18.0 €	32.4 €	203.1 €
Variable costs <i>varijabilni troškovi</i>	142 742.5 €	18 090.4 €	18 982.9 €	34 395.3 €	34 395.3 €

the contribution margins will be presented here. Like the valuable products they show positive values. However it is very important to realize that the higher the contribution margin value, the higher is the product contribution to settlement of fixed costs and profit generation:

- Contribution margin (Motor) 144.15 €
- Contribution margin (Gearbox) 79.90 €
- Contribution margin (Gear rack) 55. 64 €
- Contribution margin (Pin with clip anchor) 9.10 €

5 MODEL OF DECISION-MAKING FOR PLANNING PRODUCTION-SALES PROGRAMME OF LIMITED CAPACITY

5. MODEL ODLUČIVANJA O PLANIRANJU PROIZVODNO-PRODAJNOG PROGRAMA S OGRANIČENJEM KAPACITETA

In the text bellow, we will try to show specifically (on one of many types of decision making tasks) the significance of assessment of contribution margin as a criterion value of decision-making process in the case of incomplete costs calculation. This is the decision making task for planning the production-sales programme of limited capacity.

In our case the production capacity is limited by the so called *critical place of production* – the key machine used in production of all chosen products. It is a *semiautomatic lathe* whose capacity is limited to approximately 504 standard hours (Sh). Based on already known indicators of individual product amounts, their consumption norms in a specific place of production

and contribution margin values, we can develop an optimal production-sales programme (Table 5). The calculation of criterion value in a critical place of production – *contribution margin/standard hour (CM/Sh)* is a very important information:

Gear rack: 55. 64 € / 0. 0016 Sh = 34 775 €/Sh.

Gearbox: 79. 90 € / 0. 1352 Sh = 591. 0 €/Sh.

Motor: 144. 15 € / 0. 8083 Sh = 178. 3 €/Sh.

Pin with clip anchor: 9. 10 € / 0. 2067 Sh = 44. 0 €/Sh.

The contribution margin values per standard hour in a specific place of production show relatively high values in absolute numbers. This is caused by the fact that we did not express the time demands (labour content) of individual products by the sum of all technological operations but we have rather expressed them for the key machine. This is a model situation that has to be completed with the whole product portfolio in practice (in our case this means 250 types of products).

Calculations are considered to be important tools of economic efficiency management in the area of determination of costs, their control, assessment and consequential costs and verification of profit level of individual company performances (Potkány, 2004). This is also a very important tool for project evaluation of financial and economic efficiency (Freimann and Kampf, 2005). In the area of enterprise economics, assessment directions and key moments of its strategies, investment decision-making is considered one of the main factors of development and it plays a significant role in fulfilment of entrepreneur's goals (Drábek and Jelačić, 2007).

Table 4 Calculation of variable costs of the components gear rack and pin with clip anchor

Tablica 4. Kalkulacija varijabilnog troška dijelova okvira zupčanika i dijelova klipa sa spojnicom

Calculation item <i>elementi kalkulacije</i>	Gear rack <i>okvir zupčanika</i>		Pin with clip anchor <i>klip sa spojnicom</i>	
Sale price / <i>prodajna cijena</i>		107.80 €		16.70 €
Direct material <i>direktni materijal</i>		-47.06 €		-6.90 €
External co-operations <i>vanjska suradnja</i>		0		0
Costs of production (costing rate × base value) <i>troškovi proizvodnje (stopa troška × osnovna vrijednost)</i>	circular hydr. saw / <i>kružna pila</i> = $0.76 \cdot 0.0867$	0.07	semi-automatic welding machine / <i>poluautomatski stroj za zavarivanje</i> = $0.26 \cdot 0.0794$	0.02
	semiautomatic lathe / <i>poluautomatska tokarilica</i> = $0.8 \cdot 0.016$	0.001	degreasing machine / <i>stroj za odmašćivanje</i> = $0.83 \cdot 0.0166$	0.01
	blast cleaning machine / <i>stroj za čišćenje</i> = $0.86 \cdot 0.0766$	0.06	paint shop / <i>radionica za bojenje</i> = $0.7 \cdot 0.0563$	0.04
	hydraulic press / <i>hidraulična preša</i> = $0.66 \cdot 0.0866$	0.05	oil conservation / <i>čuvanje ulja</i> = $1.0 \cdot 0.0043$	0.005
	console vertical milling machine <i>konzolna vertikalna glodalica</i> = $0.93 \cdot 0.23$	0.21	band-saw / <i>tračna pila</i> = $0.46 \cdot 0.05$	0.02
	vertical milling machine <i>konzolna vertikalna glodalica</i> = $1.9 \cdot 0.11$	0.20	locksmith works / <i>bravarski poslovi</i> = $0.8 \cdot 0.0017$	0.01
	console vertical milling machine <i>konzolna vertikalna glodalica</i> = $0.93 \cdot 0.21$	0.19	centre drilling machine <i>stroj za bušenje</i> = $0.86 \cdot 0.0683$	0.06
	locksmith works <i>bravarski poslovi</i> = $0.6 \cdot 0.0617$	0.03	semiautomatic lathe / <i>poluautomatska tokarilica</i> = $0.8 \cdot 0.2067$	0.17
	parts washing / <i>ispiranje dijelova</i> = $5.76 \cdot 0.0350$	0.20	parts washing / <i>ispiranje dijelova</i> = $1.16 \cdot 0.0134$	0.24
	machine centre / <i>obradni centar</i> = $1.330 \cdot 0.8683$	1.15	locksmith works / <i>bravarski poslovi</i> = $1.1 \cdot 0.0183$	0.02
	parts washing / <i>ispiranje dijelova</i> = $0.73 \cdot 0.0350$	0.03	table sander / <i>brusilica</i> = $1.23 \cdot 0.01$	0.01
	table-type miller / <i>stolna glodalica</i> = $0.93 \cdot 0.3433$	0.32	**	
	parts washing / <i>ispiranje dijelova</i> = $0.73 \cdot 0.0350$	0.03		
	locksmith works / <i>bravarski poslovi</i> = $0.6 \cdot 0.1367$	0.08		
	slotting machine / <i>stroj za izradu utora</i> = $1.63 \cdot 1.0266$	1.67		
	parts washing / <i>ispiranje dijelova</i> = $0.73 \cdot 0.0350$	0.02		
	locksmith works / <i>bravarski poslovi</i> = $0.6 \cdot 0.1367$	0.08		
	**			
	** Total / <i>ukupno</i> 4.51 €		**Total / <i>ukupno</i> 0.61 €	
Manufacturing overhead <i>dodatni troškovi proizvodnje</i> 0.8282%		-0.04 €		-0.004 €

Continued table 4 / nastavak tablice 4.

Calculation item <i>elementi kalkulacije</i>	Gear rack <i>okvir zupčanika</i>	Pin with clip anchor <i>klip sa spojnicom</i>
Administrative overhead <i>dodatni administrativni troškovi 0.3395 %</i>	- 0.01 €	-0.002 €
Supply overhead / <i>dodatni troškovi nabave 1.0493 %</i>	-0.49 €	-0.072 €
Sales overhead / <i>dodatni troškovi prodaje 0.095%</i>	-0.05 €	-0.007 €
Contribution margin <i>kontribucijska marža</i>	55.64 €	9.105 €

** Due to paper size it is not possible to mention all items affecting the operating cost (centres) departments. They are given by technological sequence of manufacturing process of individual products.

** *Zbog ograničenog opsega ovog rada nije moguće navesti sve stavke koje utječu na operativni trošak (centra) odjela. Stavke su navedene tehnološkim slijedom proizvodnje pojedinih proizvoda.*

5 CONCLUSION 5. ZAKLJUČAK

The main goal of this paper was the optimization of costing method for developing a production-sales programme of the selected engineering enterprise in the production of components for wood working machines.

The output of the costing system is the calculation that tries to allocate costs per costing unit in various ways. In most enterprises the costing system is usually understood as a part of information system resulting from accounting, budgeting, operational records and company statistics, using ineffective and false methods of costs allocated to individual performances.

The level of total costs determined by the full costing method is € 82.84 for gear rack, € 12.64 for pin with clip anchor, € 230.5 for gearbox and € 141 for motor. Information about this level of costs is not available for decision-making tasks.

In order to achieve the highest financial effect at respective critical place of production it is necessary to follow the results of calculation of incomplete variable

costs, which can provide important information even about production programme planning. This calculation of incomplete (variable) costs can be specified as retrograde costing. In this case we do not determine profit on individual products sales but profit of the whole enterprise by the estimation of contribution margin. The level of contribution margin determined by retrograde costing is € 55.64 for gear rack, € 9.10 for pin with clip anchor, € 79.90 for gearbox and € 144.15 for motor.

If based on results of the calculation of total costs, the gearbox is excluded from the production programme, which showed a loss of € 38.09, the same products show a positive value of the contribution margin of € 79.90 in case of calculation of incomplete costs. It markedly contributes to the settlement of fixed costs. Predictability of fixed costs may be limited only by adding fixed costs as load charge into the calculation of total costs.

In our case the production capacity is limited by critical place of production – the key machine used for

Table 5 Plan of production-sales programme

Tablica 5. Planiranje proizvodno-prodajnog programa

Products sequenced according to priority <i>redosljed proizvoda prema prioritetima</i>	Amount (pieces) <i>količina (dijelovi)</i>	Time demand in a critical place of production (Sh) <i>vremenski zahtjevi u kritičnom razdoblju proizvodnje (Sh)</i>	Cumulative demands (Sh) <i>ukupni zahtjevi (Sh)</i>	Contribution margin <i>kontribucijska marža</i>
Gear rack / <i>okvir zupčanika</i>	2 736	4.40 Sh	4.4 Sh	153 010.0 €
Gearbox / <i>kučište zupčanika</i>	170	22.90 Sh	27.3 Sh	13 533.9 €
Motor / <i>motor</i>	450	363.70 Sh	391 Sh	64 847.7 €
Pin with clip anchor** <i>klip sa spojnicom **</i>	546	113.00 Sh	504 Sh	4 972 €
Contribution margin together / <i>zajednička kontribucijska marža</i>				236 363.6 €

** Considering the limited capacity of a specific place of production the remaining 1 854 pieces cannot be involved in production in a given time period. It is up to responsible workers to solve this situation (overtime work, second shift, change of date, co-operation, etc.)

** *S obzirom na ograničeni kapacitet proizvodnje, ostala 1 854 dijela ne mogu biti uključeni u proizvodnju u određenom vremenskom razdoblju. Rješenje tog problema ovisi o radnicima (prekovremeni rad, druga smjena, suradnja itd.)*

production of all chosen products. It is a semiautomatic lathe whose capacity is limited to approximately 504 standard hours. Contribution margin per standard hour is the optimal criterion value in a critical place of production. By this parameter it is possible to optimize the production-sales programme in production of components for wood working machines.

Modern presentation of costing system is the result of a market orientated company with emphasis on the amount of sold products and the way of their sale as well as on respecting the target group of customers' requests. These pieces of information can be used in many areas of decision-making and managing related to restructuring of production programmes and estimating manufacturing processes, which affect the motivation and final productivity of the company's employees. The area of personal controlling has an important role in this field, which can contribute to increasing the company value (Zámečník and Zeman, 2004). This is the basis for the implementation of controlling system in company management (Šatanová, 2004).

The proposed system of company management can be used as the basis for a progressive trend of company management (Teplická, 2004).

6 REFERENCES

6. LITERATURA

1. Freimann, F.; Kampf, R. 2005: Financial and economical vitality and efficiency of project. In: Transport: economical and technical revue. Vol. 47. No. 2. p. 24-26.
2. Gejdoš, P. 2007: Economic substance of quality management. In: research report FES. University of Pardubice, 31-36.
3. Drábek, J.; Jelačič, D. 2007: Investment projects. TU Zvolen, 65 p.
4. Dubcová, G. 2007: Information system in controlling. In: The modern approaches in enterprise management. edit.: STU Bratislava, 168-176.
5. Král, B. et al 2001: Managerial accounting. Bratislava: Edit. Súvaha l.c. 344.
6. Kupkovič, M. et al. 2002: Calculation and budgeting. Edit. Sprint Bratislava, 251 p.
7. Potkány, M. 2003: The possibilities of controlling utilisation in woodworking and furniture making companies. PhD. thesis. Zvolen, TU DF, 220 p.
8. Potkány, M. 2004: The controlling application in internal management. personal management and quality management. In: Monograph 7/2004/B. Zvolen, TU Zvolen, 92 p.
9. Šatanová, A. 2004: Controlling in wood processing industry. In: Monograph 4/2004/B. Zvolen, TU Zvolen, 90 p.
10. Škoda, M. 2004: Calculation and budgeting. Bratislava. Edit. Verlag Dashöfer, 112 p.
11. Teplická, K. 2004: The progressive management trends of manufacturing companies. Economy a management, 4/2004. vol. VII. TU Liberec. p. 26-31.
12. Zámečník, R.; Zeman, V. 2004: Personnel controlling like a necessary part of controlling system of managing. In: Human potential management in a company. Edit. TU Zvolen, 135 – 140.

Corresponding address:

Ing. MAREK POTKÁNY, PhD

Department of Enterprise Management
Faculty of Wood Sciences and Technology
Technical University in Zvolen
Masarykova 24
960 53 Zvolen
Slovak Republic
e-mail: potkany@vsld.tuzvo.sk

Usporivači gorenja drva

Fire retardants for wood

Pregledni rad • Review paper

Prispjelo – received: 9. 2. 2009.

Prihvaćeno – accepted: 21. 5. 2009.

UDK: 630*843;630*812.534

SAŽETAK • Drvo kao tradicionalni građevni materijal, osim brojnih prednosti, ima i neke nedostatke. Jedan od njih je zapaljivost. Uobičajeni način da se popravi vatrootpornost drva jest njegova obrada materijalima koji usporavaju gorenje i koji se mogu nanositi na površinu kao premazi, impregniranjem nanositi u drvo ili ugrađivati u kompozitne drvene proizvode. Usporivači gorenja formulirani su tako da mogu kontrolirati zapaljenje, brzinu širenja plamena površinom drva i smanjiti količinu topline oslobođene iz drva, no ne mogu učiniti drvo negorivim. Prema novomu Europskom razredbenom sustavu za građevne proizvode, drvo i drvni proizvodi prema reakciji na požar pripadaju razredu D, a ako su obrađeni usporivačima gorenja mogu, zadovoljiti zahtjeve razreda B. U radu je opisano gorenje drva, požarna svojstva drva, vrste usporivača gorenja i mehanizmi njihova djelovanja. Posebno su obrađeni prekrivni materijali (premazi) koji usporavaju gorenje drva, a posebno sustavi koji se nanose tlačnom impregnacijom.

Cljučne riječi: drvo, gorenje drva, usporivači gorenja, premazi koji usporavaju gorenje, tlačna impregnacija

ABSTRACT • Along with many advantages, wood as traditional building material also has some disadvantages. One of them is the flammability. The most usual way to improve the fire performance of wood is by treating it with fire retardants that can be applied to wood composite products during manufacture, pressure impregnated into solid wood or wood products or added as a paint or surface coating. Fire retardants are formulated to control ignition, flame spread on the wood surface and to reduce the amount of heat released from wood. Fire retardants cannot make wood non combustible. According to the European reaction-to-fire “Euroclasses” classification system for construction products, wood treated with fire retardant can meet the requirements of Euroclass B, whereas ordinary wood products typically fall into class D. This article attempts to bring together information related to the burning of wood, fire performance of wood, types of fire retardants and mechanism of fire retardancy. Fire retardant coatings and chemical impregnation by pressure-treating are described separately.

Key words: wood, combustion of wood, fire retardants, fire retardant coatings, chemical impregnation by pressure-treating

1. UVOD

1 INTRODUCTION

Zbog povećane osviještenosti o važnosti sigurnosti protupožarna su svojstva danas visoko na listi zahtjeva za mnoge industrijske proizvode.

Ukupne štete od požara u Europi iznose godišnje otprilike 1% BDP-a, a od požara svake godine smrtno strada između 10 i 20 ljudi na milijun stanovnika (<http://www.fireretard.com/main>). Budući da će izvori požara uvijek postojati, iznimno je važno da proizvodi i konstrukcije budu napravljeni tako da se iniciranje po-

žara i njegovo širenje zaustave ili barem ograniče. Obrada drva i drvnih proizvoda materijalima koji usporavaju gorenje (usporevačima gorenja) može djelotvorno spriječiti ili odgoditi nastanak i širenje požara. Drvo je kao prirodan i obnovljiv materijal sve traženije. Međutim, nedostatak mu je činjenica da je zapaljivo. Stoga upotreba drva može biti ograničena sigurnosnim zahtjevima i propisima koji se odnose na njegova svojstva zapaljivosti i svojstva širenja vatre. Obrada drva usporivačima gorenja može znatno odgoditi vrijeme zapaljenja i smanjiti iznos topline oslobođene nakon zapaljenja, što zajedno može utjecati na potencijal širenja

¹ Autori su profesorica i asistent Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

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

vatre izvan prostora početnog zapaljenja. Pri ispitivanju drvnih proizvoda punim testom u prirodnoj veličini (ISO 9705), požar na neobrađenom drvu za otprilike tri minute prijeđe iz faze razvoja požara u fazu potpuno razvijenog požara (engl. *flashover*), ali na drvu obrađenom usporivačima gorenja može odgoditi *flashover* za čak 20 minuta i više (<http://www.fireretard.com/main>).

Usporivači gorenja drva uglavnom djeluju u ranoj (početnoj) fazi požara, kada mogu odgoditi vrijeme pojave požara ili čak zaustaviti njegovo širenje.

U početnoj je fazi požara sadržaj prostora, npr. namještaj, bitan i za početak požara i za njegov razvoj, no to nije regulirano građevinskim propisima u pojedinim zemljama. U ranom požaru i površinske obloge imaju važnu ulogu, posebno u izlaznim hodnicima. U većini građevinskih propisa navode se ograničenja glede njihovih svojstava koja određuju ponašanje površinskih obloga u požaru. U zemljama EU protupožarna je sigurnost bitan zahtjev naveden u Direktivi o građevnim proizvodima (Direktiva 89/106/EEC), u kojoj su protupožarna svojstva građevnih elemenata definirana njihovom reakcijom na požar (za elemente) i otpornošću na vatru (za sustave). Građevni elementi raz-

vrstani su u grupe (razrede), ovisno o tome kako utječu na zapaljenje, širenje vatre i razvoj dima, a definirane su i metode ispitivanja prema kojima se provodi razredba proizvoda. U toj novoj europskoj razredbi (tzv. Euroclass sustavu) građevni su proizvodi podijeljeni na sedam grupa na osnovi njihovih reakcija na požar (Commission Decision 2000/147/EC). Opis ponašanja (djelovanja) i scenarij požara za svaku grupu prikazan je u tablici 1. prema glavnim načelima primijenjenim u razvoju Euroclass sustava (Hakkarinen i sur., 2005).

Nova europska razredba građevnih proizvoda prema ponašanju u požaru ima dva podsustava: jedan obuhvaća konstrukcijske proizvode poput stropnih i zidnih obloga, bez podnih obloga, a drugi, sličan podsustav, odnosi se na podove. Oba sustava imaju razrede A do F od kojih su razredi A1 i A2 negorivi građevni proizvodi (Östman i Mikkola, 2006). U tablici 2. prikazana je razredba građevnih proizvoda prema ponašanju u požaru, ali bez podnih obloga (Östman i Mikkola, 2006).

Iz tablica 1. i 2. vidljivo je da su drvo i drvni proizvodi prema ponašanju u požaru svrstani u razred D. Ako su obrađeni materijalima za usporavanje gorenja, mogu biti svrstani u razred zapaljivosti B.

Tablica 1. Opis djelovanja i scenarij požara za grupe (razrede) proizvoda prema Euroclass sustavu (Hakkarinen i sur., 2005)
Table 1 Performance description and fire scenario for each class of the Euroclass system (Hakkarinen et al., 2005)

Razred Class	Opis djelovanja Performance description	Scenarij požara i razvoj topline Fire scenario and heat attack	Primjeri proizvoda Examples of products	
A1	ne pridonosi požaru <i>No contribution to fire</i>	potpuno razvijen požar u prostoriji <i>Fully developed fire in a room</i>	najmanje 60 kW/m ² <i>At least 60 kW/m²</i>	proizvodi od prirodnog kamena, betona, cigle, keramike, stakla, čelika i mnogi metalni proizvodi <i>Products of natural stone, concrete, bricks, ceramic, glass, steel and many metallic products</i>
A2	"	"	"	proizvodi slični onima iz razreda A1, uključujući male količine organskih spojeva <i>Products similar to those of class A1, including small amounts of organic compounds</i>
B	vrlo ograničen doprinos požaru <i>Very limited contribution to fire</i>	pojedinačni gorući element u prostoriji <i>Single burning item in a room</i>	40 kW/m ² <i>40 kW/m² on a limited area</i>	gipsane ploče s različitim (tankim) površinskim oblogama drvni proizvodi obrađeni usporivačima gorenja <i>Gypsum boards with different (thin) surface linings Fire retardant wood products</i>
C	ograničen doprinos požaru <i>Limited contribution to fire</i>	"	"	fenolne pjene, gipsane ploče s različitim površinskim oblogama (deblje nego u razredu B) <i>Phenolic foam, gypsum boards with different surface linings (thicker than in class B)</i>
D	dostatan doprinos požaru <i>Acceptable contribution to fire</i>	"	"	drvni proizvodi debljine ≥ 10 mm i gustoće ≥ 400 kg/m ³ (ovisno o krajnjoj upotrebi) <i>Wood products with thickness ≥ about 10 mm and density ≥ about 400 kg/m³ (depending on end use)</i>
E	"	mali plamen <i>Small flame attack</i>	plamen visine 20 mm <i>Flame height of 20 mm</i>	vlaknatice male gustoće, izolacijski proizvodi na osnovi plastike <i>Low density fiberboard, plastic based insulation products</i>
F	nema zahtjeva <i>No performance requirements</i>	–	–	proizvodi koji se ne ispituju (nema zahtjeva) <i>Products not tested (no requirements)</i>

Tablica 2. Razredba građevnih proizvoda (bez podnih obloga) prema ponašanju u požaru (Östman i Mikkola, 2006).

Table 2 Overview of the European reaction to fire classes for building products excluding floorings (Östman i Mikkola, 2006)

Razred <i>Euroclass</i>	Razred dima <i>Smoke class</i>	Razred gorućih kapljica <i>Burning droplets class</i>	Zahtjevi prema			FIGRA ** (W/s)	Tipični proizvodi <i>Typical products</i>
			Negorivi <i>Non comb.</i>	SBI*	Mali plamen <i>Small flame</i>		
A1	-	-	x	-	-	-	kamen, beton <i>Stone, concrete</i>
A2	s1, s2 ili s3 s1, s2 or s3	d0,d1 ili d2 d0,d1 ili d2	x	x	-	≤120	gipsane ploče(tanki papir), mi- neralna vuna <i>Gypsum boards (thin paper), mineral wool</i>
B	s1, s2 ili s3 s1, s2 or s3	d0,d1 ili d2 d0,d1 or d2	-	x	x	≤120	gipsane ploče (debeli papir), drvo obrađeno usporivačima gorenja <i>Gypsum boards (thick paper), fire retardant wood</i>
C	s1, s2, ili s3 s1, s2 or s3	d0,d1 ili d2 d0,d1 or d2	-	x	x	≤250	obloga na gipsanim pločama <i>Coverings on gypsum boards</i>
D	s1, s2 ili s3 s1, s2 or s3	d0,d1 ili d2 d0,d1 or d2	-	x	x	≤750	drvo, drvene ploče <i>Wood, wood-based panels</i>
E	-	- ili d2 - or d2	-	-	x	-	neki sintetički polimeri <i>Some synthetic polymers</i>
F	-	-	-	-	-	-	nisu određena svojstva <i>No performance determined</i>

* SBI - Single Burning Item test (ispitivanje pojedinačnim gorućim elementom), osnovno ispitivanje reakcija na požar građevnih proizvoda osim podnih obloga (EN 13823).

* SBI = Single Burning Item test, main test for the reaction to fire classes for building products (EN 13823)

** FIGRA - Fire Growth Rate, glavni parametar za određivanje razreda zapaljivosti prema SBI testu.

** FIGRA = Fire Growth Rate, main parameter for the main fire class according to the SBI test

2. GORENJE DRVA 2 WOOD BURNING

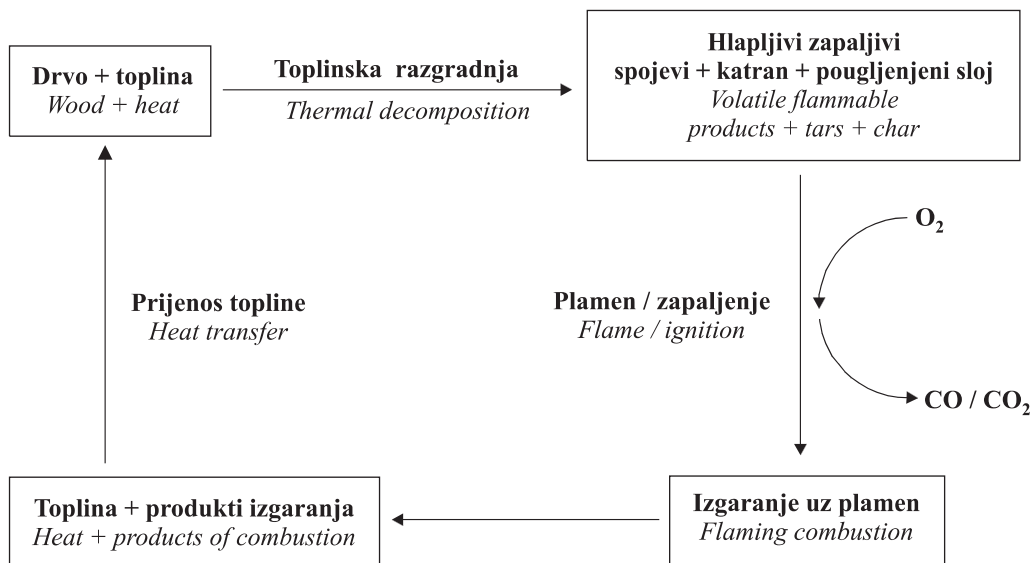
Da bismo mogli shvatiti način djelovanja sredstva za usporavanje gorenja, moramo znati nešto o samom gorenju drva. Proces gorenja drva može se pojednostavnjeno podijeliti na nekoliko koraka. U prvome pod utjecajem povišene temperature pucaju kemijske veze, odnosno drvo se termički razgrađuje bez prisutnosti kisika, što se naziva pirolizom. Tijekom pirolize stvaraju se pougljenjeni sloj (kruti ostatak), katran (tekući ostatak) i hlapljivi plinovi. Hlapljivi se plinovi miješaju s okolnim zrakom i ako je toplina dovoljno visoka da se postigne temperatura paljenja, počinje egzotermna reakcija gorenja. Ako je pak akumulirana toplina dovoljna da se emitira zračenje u vidljivom spektru, takvo se gorenje naziva gorenjem uz pojavu plamena i događa se u parnoj ili plinovitoj fazi. Ovisno o vrsti drva i uvjetima gorenja, hlapljivi plinovi u prisutnosti izvora topline reagiraju s kisikom te stvaraju ugljikov monoksid i ugljikov dioksid. Toplina stvorena tim egzotermnim reakcijama potiče pirolizu drva/pougljenjenog sloja, oslobađajući još više hlapljivih spojeva. Taj se ciklus nastavlja sve do trenutka kada preostane samo pepeo i kada se svi hlapljivi spojevi oslobode. Na slici 1. prikazan je ciklus gorenja drva (Marney, 2005).

Ovisno o uvjetima okoliša (temperaturi, koncentraciji kisika, vlažnosti, pH itd.), razgradnja lignocelu-

loznih materijala ide u dva smjera. Prvi se zbiva na temperaturama nižim od 300 °C, i u njemu se polimer razgrađuje kidanjem internih kemijskih veza, dehidratacijom, stvaranjem slobodnih radikala, karbonilnih, karboksilnih i hidroperoksidnih grupa, stvaranjem ugljikova monoksida i ugljikova dioksida te na kraju, stvaranjem reaktivnoga pougljenjenog sloja. Oksidacija tog sloja izaziva tinjajuće ili žareće gorenje, a daljnja oksidacija zapaljivih hlapljivih plinova uzrokuje plamteće gorenje (Rowell i LeVan, 2005).

Drugi smjer termičke razgradnje se ostvaruje na temperaturama višim od 300 °C i u njemu pucaju sekundarne veze i stvaraju se međuprodukti, anhidromonosaharidi koji se pretvaraju u spojeve male molekularne težine (oligosaharide i polisheride) te na kraju u karbonizirane produkte (Kawamoto i sur., 2003). Na temperaturama iznad 300 °C povećava se udio reakcija koje stvaraju tekući ostatak (katran), a stvaranje pougljenjenog sloja (krutog ostataka) smanjuje se (Rowell i LeVan-Green, 2005).

Svaki se polimerni sastojak drva različito razgrađuje. Celuloza se razgrađuje pri temperaturama između 260 i 350 °C i pritom se stvara najviše zapaljivih plinova (LeVan i Winandy, 1990). Toplinska razgradnja celuloze može se ubrzati uz prisutnost vode, kiseline ili kisika. Kako temperatura raste, stupanj polimerizacije se smanjuje, pojavljuju se slobodni radikali, karbonilne, hidroksilne i hidroperoksidne grupe.



Slika 1. Ciklus gorenja drva (Marney, 2005)
Figure 1 Wood burning cycle (Marney, 2005)

Osnovna je reakcija depolimerizacija uzrokovana pucaanjem glikozidnih veza (LeVan i Winandy, 1990).

Hemiceluloza je toplinski nestabilnija od celuloze i razgrađuje se na temperaturama između 200 i 260 °C razvijajući više nezapaljivih plinova i manje katrana nego celuloza. Lignin je sastojak drva koji je toplinski najstabilniji i razgrađuje se sporije nego celuloza i hemiceluloza, premda njegova razgradnje počinje ranije. Između 150 i 300 °C počinje kidanje α -aril-alkil eternih i β -aril-alkil eternih veza. Na oko 300 °C od aromatskih se prstena počinju odvajati alifatski bočni lanci. Na kraju pucaju veze ugljik-ugljik između strukturalnih jedinica lignina, i to na temperaturama između 370 i 400 °C (LeVan i Winandy, 1990). Lignin više pridonosi stvaranju pougljenjenog sloja nego celuloza i hemiceluloza (Marney i sur., 2005).

3. POŽARNA SVOJSTVA DRVA 3 FIRE PERFORMANCE PROPERTIES OF WOOD

3.1. Zapaljivost 3.1 Ignitability

Da bi se drvo zapalilo, njegova temperatura mora postati toliko visoka da započne dovoljno jaka piroliza i da počne kemijska reakcija gorenja. Zapaljenje drva početak je vizualnoga gorenja (tinjajućega, žarećega ili plamtećega), podržavanog pirolizom (White i Dietenberger, 2001). Ovisi o toplinskim svojstvima materijala i načinu izlaganja toplini (intenzitetu topline i udaljenosti plamena od površine), stoga drveni proizvodi nemaju određenu temperaturu zapaljenja. U literaturi se mogu pronaći različiti podaci o temperaturi zapaljenja drva. Hakkarinen i sur. (2005) navode da je temperatura zapaljenja drva uz pomoć plamena oko 350 °C, dok je temperatura samozapaljenja pri radijacijskom zagrijavanju oko 600 °C. Babraushas (2001) kao srednje temperature zapaljivosti drva uz pomoć plamena navodi 300 do 310 °C za listače, 350 do 365 °C za četinjače, a

kao temperature samozapaljenja one između 380 i 500 °C. Gustoća, debljina i sadržaj vode drvnih proizvoda također utječu na zapaljivost. Poznato je da se vlažno drvo teže zapali, tanji komadi drva zapale se lakše nego deblji, a lakše vrste drva zapale se brže od težih.

3.2. Oslobođanje topline i širenje požara 3.2 Heat release and fire spread

Što je više topline koja se oslobađa gorenjem objekta, brže je širenje vatre i topliji su plinovi i površine u opečarenom prostoru. Stoga je brzina oslobođanja topline jedno od najvažnijih požarnih obilježja materijala. Ovisi o unutrašnjoj strukturi i svojstvima materijala te o vanjskim utjecajima, pa se stoga ne može dati točna vrijednost za različite materijale. Najpoznatiji način određivanja tog parametra jest onaj uz pomoć kalorimetra s konusom, a temelji se na metodi utroška kisika (White i Dietenberger, 2001).

3.3. Pougljenjivanje 3.3 Charring

Pougljenjivanje drva osnovni je čimbenik koji utječe na nosivost drvenih konstrukcija u požaru. Drvo u požaru stvara zaštitni pougljenjeni sloj koji ima vrlo mali koeficijent vodljivosti topline i koji štiti dublje slojeve drva od povišene temperature. Brzina stvaranja pougljenjenog sloja ovisi o gustoći drva, vanjskoj toplini, sadržaju vode u drvu te o koncentraciji kisika (Hietnajemi, 2005). Prosječna brzina stvaranja pougljenjenog sloja je 0,5 – 1 mm/min (Hakkarinen i sur., 2005).

3.4. Stvaranje dima i toksičnost 3.4 Smoke production and toxicity

Dim se stvara nepotpunim izgaranjem polimernog materijala i sastavljen je od malih čestica vode ili katrana, koji su rezultat parcijalne oksidacije produkata pirolize, te od krutih čestica čađe (Giudice, 1992). Velike količine dima u ranoj fazi požara vrlo su opasne jer smanjivanjem vidljivosti i nadražujućim djelovanjem dimnih plinova ugrožavaju nužne izlaze. Stvaranje

dima ovisi o materijalu koji gori, ali i o vanjskim uvjetima, vrsti gorenja (gorući plamen ili tinjanje) i dovedu kisika. U usporedbi s plastikom, stvaranje dima pri gorenju drvnih proizvoda neznatno je. U dobro ventiliranim uvjetima iznosi 25-100 m²/kg, dok plastični proizvodi oslobađaju stotine ili tisuće m²/kg dima (Hakkarienen i sur., 2005).

Glavni produkti gorenja su ugljikov dioksid i voda, ali mogu se oslobađati i drugi kemijski spojevi. Ako su toksični, mogu sprečavati izlazak stanara iz zapaljene građevine. Glavni je uzrok otrovanja u požaru ugljikov monoksid. Njegovo stvaranje uvelike ovisi o ventilaciji. Dobro ventilirano gorenje proizvodi znatno manje ugljikova monoksida (manje od 10 g/kg gorućeg materijala) nego neventilirano, pri kojemu se stvara ugljikov monoksid u količini 100 g/kg gorućeg materijala. Budući da je stvaranje toksičnih plinova pri gorenju drva poboljšanih protupožarnih svojstava ovisno o tvarima upotrijebljenima kao usporivačima gorenja, potrebno je kontrolirati moguće toksične produkte izgaranja i njihovo oslobađanje držati unutar prihvatljivih graničnih vrijednosti (Hakkarienen i sur., 2005).

4. USPORIVAČI GORENJA (OPĆENITO) 4 FIRE RETARDANTS (GENERAL)

Usporivači gorenja djeluju tako da uspore ili čak potpuno uguše proces gorenja. Drugim riječima, ta sredstva usporavaju ili odgađaju zapaljenje, razvijanje plinova, širenje vatre, otpuštanje otrovnih plinova, otpuštanje nagrizajućih spojeva i prijenos topline. Upotrebljavaju se za zaštitu metala, različitih polimera, tekstila i drva. Ovisno o njihovoj prirodi, mogu usporavati gorenje fizikalnim, kemijskim ili fizikalnim i kemijskim djelovanjem (Marney i sur., 2005).

Fizikalni procesi u kojima djeluju usporivači gorenja obuhvaćaju:

- hlađenje; aditivni aktiviraju endotermni proces koji hladi podlogu na temperaturu nižu od one koja je potrebna za proces gorenja,
- stvaranje zaštitnog sloja; podloga može biti zaštićena krutim ili plinovitim slojem. Stvaranjem zaštitnog sloja smanjuje se količina plinova nastalih pirolizom, isključuje se kisik potreban za proces gorenja i smanjuje se prijenos topline,
- razrjeđivanje smjese plinova; razgradnjom aditiva nastaju inertni plinovi koji oslabljuju gorivo u krutoj i plinovitoj fazi procesa gorenja, zbog čega se smanjuje i koncentracija gorivih plinova u smjesi plinova.

Kemijske reakcije u kojima djeluju usporivači gorenja mogu se zbivati u dvije faze gorenja: u plinovitoj i krutoj.

- U plinovitoj fazi gorenja usporivači prekidaju nastajanje slobodnih radikala. Time se zaustavlja egzotermna reakcija, zbog čega se hladi i djelomično ili potpuno smanjuje količina gorivih plinova. Na taj način djeluju, primjerice, halogeni usporivači gorenja.
- U krutoj fazi gorenja usporivači stvaraju sloj ugljika na površini i tako je izoliraju. Na taj način djeluju, na primjer fosforni spojevi.

Usporivači gorenja mogu se podijeliti na tri osnovne grupe: anorganski usporivači gorenja (aluminijev hidroksid, magnezijev hidroksid, amonijev polifosfat, crveni fosfor i antimonov trioksid) koji čine 50% svjetske proizvodnje usporivača gorenja, halogenirani proizvodi (ponajprije na osnovi klora i broma), koji čine 25% proizvodnje, i organofosforne proizvode, koji čine 20% svjetske proizvodnje usporivača gorenja (van Esch, 1997).

Janović (2008) navodi da je danas poznato oko 175 vrsta polimernih usporivača gorenja, od kojih su najvažniji halogenirani organski spojevi, fosforovi, dušikovi (melamin) i borovi spojevi, zatim anorganski hidroksidi, pretežno kalcijev i magnezijev hidroksid, te u posljednje vrijeme i polimerni nanokompoziti na temelju alumosilikata i montmorilonita.

Usporivači gorenja mogu se podijeliti na reaktivne i aditivne, a često se upotrebljavaju i u kombinaciji, te djeluju sinergistički.

Reaktivni usporivači gorenja kemijski se vežu na materijal preko kovalentnih veza i na taj se način ne mogu isprati ili ispariti iz materijala.

Aditivni usporivači gorenja ugrađuju se u proizvod adicijom i nisu kovalentno vezani za podlogu. Slabije sekundarne veze poput vodikovih veza ili reakcije dipol-dipol mogu pridonijeti zadržavanju aditiva u podlozi na jednak način kao što neka zaštitna sredstva ostaju zadržana u matrici drva (Russell i sur., 2004).

U tablici 3. prikazani su reaktivni i aditivni usporivači gorenja koji se rabe za drvo.

5. USPORIVAČI GORENJA ZA DRVO 5 FIRE RETARDANTS FOR WOOD

Upotreba materijala za usporavanje gorenja drva seže daleko u prošlost. Još u 1. stoljeću Rimljani su premazivali svoje brodove stipsom i octom da bi ih zaštitili od vatre. Kasnije je Gay-Lussac rabio amonijev fosfat i boraks za obradu celuloznih materijala. Američka je mornarica 1895. uvela upotrebu usporivača gorenja za svoje brodove, a grad New York je 1899. propisao njihovu uporabu u zgradama s više od 12 katova (LeVan, 1984; Rowell i LeVan-Green, 2005).

Većina materijala za usporavanje gorenja drva izrađena je na osnovi fosfora, dušika, bora, aluminijeva hidroksida i nekoliko drugih spojeva (LeVan, 1984). Oni odgađaju zapaljenje drva i smanjuju oslobođenu toplinu za vrijeme gorenja na sljedeće načine (Hakkarienen i sur., 2005):

- mijenjanjem tijeka pirolize
- zaštitom površine izolacijskim slojem
- mijenjanjem toplinskih svojstava materijala
- razrjeđivanjem plinova nastalih pirolizom
- prekidanjem lančane reakcije gorenja.

5.1. Mehanizmi djelovanja usporivača gorenja drva 5.1 Mechanisms of action of fire retardants for wood

Mnogi sustavi za usporavanje gorenja kombinacija su različitih načina djelovanja. Na primjer, sustav koji se temelji na zaštiti površine izolirajućom prevlakom često sadržava komponente koje modificiraju reakciju pirolize (Marney i sur., 2005).

Tablica 3. Reaktivni i aditivni usporivači gorenja drva (Marney i sur., 2005)

Table 3 Reactive and additive fire retardants for wood (Marney et al, 2005)

Reaktivni usporivači gorenja <i>Reactive fire retardants</i>	Aditivni usporivači gorenja <i>Additive fire retardants</i>
anhidrid klorendične kiseline <i>Chlorendic anhydride</i> (1,4,5,6,7,7-heksachloro-5-norbornene-2,3, dicarboxylic anhydride)	jednostavne soli kao što su monoamonijev i diamonijev fosfat, amonijev polifosfat, amonijev fluoroborat i amonijev klorid <i>Simple salts such as mono- and diammonium phosphate, ammonium polyphosphate, ammonium fluoroborate and ammonium chloride</i>
anhidrid tetrabromoftalne kiseline <i>Tetrabromophthalic anhydride</i>	glinica, magnezijev hidroksid <i>Hydrated alumina, magnesium hydroxide</i>
derivati polihidroksilnih alkohola kao što su halogeno-fosforni polioli, klorinirani bisfenoli i klorinirani neopentil glikoli <i>Derivatives of polyhydric alcohols such as halogeno-phosphorus polyols, chlorinated bisphenols and chlorinated neopentyl glycols</i>	amino smole <i>Amino resins</i>
SF ₃ Br	anorganski spojevi kao što su antimonov oksid i halogenirani ugljikovodici <i>Inorganic compounds such as antimony oxide and halogenated hydrocarbons</i>
različiti halogenirani metani i etani, npr. CH ₂ BrCl, CF ₂ BrCl, CF ₂ Br ₂ , CF ₂ Br- CF ₂ Br <i>Various halogenated methanes and ethanes, e.g. CH₂BrCl, CF₂BrCl, CF₂Br₂, CF₂Br- CF₂Br</i>	cinkov klorid i borovi spojevi kao što su borna kiselina, natrijev tetraborat, cinkov borat, triamonijev borat, etil i metil borati. <i>Zinc chloride and boron compounds such as boric acid, sodium tetraborate, zinc borate, triammonium borate, ethyl and methyl borates</i>

5.1.1. Mijenjanje tijeka pirolize

5.1.1 Changing pyrolysis pathway

Najčešći i najpoznatiji način djelovanja materijala koji usporavaju gorenje drva temelji se na mijenjanju tijeka pirolize (Browne, 1958; LeVan, 1984; LeVan i Winandy, 1990; Marney i sur., 2005; Hakkarinen i sur., 2005). Drvo se obrađuje usporivačima gorenja koji djeluju tako da smanjuju temperaturu na kojoj se zbiva piroliza, djelujući tako da se pri razgradnji drva stvara više pougljenjenog sloja, a manje hlapljivih produkata i gorivih plinova. Spojevi koji se upotrebljavaju za mijenjanje tijeka pirolize drva prikazani su u tablici 4.

Spojevi koji utječu na pirolizu često reagiraju s hidroksilnom grupom vezanom na šesti atom ugljika celulozne molekule formirajući dvostruku vezu između petoga i šestog atoma ugljika i stabilizirajući strukturu. To se događa reakcijama dehidratacije ili esterifikacije, a usporivači gorenja djeluju kao katalizatori u tim reakcijama.

5.1.2. Zaštita površine izolacijskim slojem

5.1.2 Protecting wood surface with isolating layer

Podloga se može zaštititi materijalima za usporavanje gorenja koji stvaraju zaštitni sloj na površini. Taj je sloj fizička zapreka koja može usporiti i tinjajuće i plamteće gorenje usporavanjem porasta temperature i smanjivanjem isparavanja zapaljivih plinova nastalih pirolizom te sprečavanjem pristupa kisika. Natrijevi silikati i sustavi koji tvore pjenasti karbonizirani sloj primjeri su takvih materijala.

5.1.3. Mijenjanje toplinskih svojstava proizvoda od drva

5.1.3 Changing thermal properties of wood products

Svojstva drvnih proizvoda kao što su gustoća, specifična toplina i toplinska vodljivost utječu na spo-

sobnost zapaljenja i širenje vatre. Najlakši način da drvo učinimo teže gorivim bio bi da ga navlažimo. To bi imalo dva fizička učinka: prvi je to da bi zagrijavanje i isparavanje vode trošilo toplinu (voda ima veću specifičnu toplinu od suhog drva), a drugi je da voda isparavanjem s površine smanjuje gorivost mješavine zraka i plinova nastalih pirolizom. Tehnička rješenja za usporavanje gorenja drva na tom načelu temelje se na dodatku sredstava koja imaju visoku toplinsku inerciju i sposobnost difundiranja u materijal, čime se odgađa zagrijavanje proizvoda jer je povećanje temperature sporije i toplina se odvodi od površine (Hakkarinen i sur., 2005). Browne je (1958) obrađivao drvo metalnom legurom točke taljenja 105 °C i ustanovio da pri zagrijavanju temperatura u metalom obrađenom drvu raste sporije nego u neobrađenom drvu, sve do točke taljenja metala, a da je nakon te točke porast temperature jednak i za obrađeno i za neobrađeno drvo.

5.1.4. Smanjenje gorenja razrjeđivanjem plinova nastalih pirolizom

5.1.4 Reducing combustion by diluting pyrolysis gases

Plinovi izgaranja nastali tijekom pirolize mogu biti razrijeđeni plinovima koje otpuštaju usporivači gorenja. Oni mogu otpuštati vodenu paru, ugljikov dioksid ili druge negorive plinove. Primjer usporivača gorenja koji otpušta vodenu paru upravo ispod temperature toplinske razgradnje jest aluminijev hidroksid. Kemikalije poput dicijandiamida i uree oslobađaju veliku količinu negorivih plinova na temperaturama nižim od onih na kojima počinju reakcije pirolize. Kemikalije poput boraksa također oslobađaju veliku količinu vodene pare (Rowell i LeVan-Green, 2005).

Tablica 4. Sredstva za promjenu tijeka pirolize drva (Hakkarainen i sur., 2005)

Table 4 Substances used for changing wood pyrolysis (Hakkarainen et al, 2005)

Spojevi fosfora <i>Phosphorous compounds</i>	Spojevi bora <i>Boron compounds</i>	Kombinacije koje se slabije ispiru <i>Combinations aiming at e.g. reduction of washout</i>
ortofosforna kiselina <i>Orthophosphorous acid</i>	borna kiselina <i>Boric acid</i>	gvanilurea fosfat + borna kiselina (težinski omjer 70:30) <i>Guanylurea phosphate + boric acid (weight ratio 70:30)</i>
amonijev hidrogenfosfat <i>Ammonium hydrogen phosphate</i>	metaborna kiselina <i>Metaboric acid</i>	urea + dicijandiamid + formaldehid + fosforna kiselina <i>Urea + dicyandiamide + formaldehyde + phosphoric acid</i>
amonijev dihidrogenfosfat <i>Ammonium dihydrogen phosphate</i>	borov oksid <i>Boroxide</i>	melamin + dicijandiamid + formaldehid + fosforna kiselina <i>Melamine + dicyandiamide + formaldehyde + phosphoric acid</i>
amonijevi polifosfati <i>Ammonium polyphosphate</i>	natrijev tetraborat X-hidrat <i>Sodium tetraborate X-hydrate</i>	
poli(amonijev polifosfat) <i>Poly(ammonium polyphosphate)</i>	boraks <i>Borax</i>	
gvanidin fosfat <i>Guanidine phosphate</i>	natrijev borat + borna kiselina <i>Sodium borate + boric acid</i>	
gvanilurea fosfat <i>Guanylurea phosphate</i>	boraks + borna kiselina <i>Borax + boric acid</i>	
melamin fosfat <i>Melamine phosphate</i>		
fosfonati <i>Phosphonates</i>		

5.1.5. Smanjenje gorenja prekidanjem lančane reakcije

5.1.5 Reducing combustion by inhibiting chain reactions

Neki usporivači gorenja djeluju u plinovitoj fazi gorenja sprečavajući lančane reakcije. Halogenirani spojevi primjer takvih sredstava i uvelike se upotrebljavaju u industriji plastike. Aktivnost halogeniranih spojeva temelji se na mehanizmu stvaranja slobodnih radikala. Na visokim temperaturama oni oslobađaju hidride koji reagiraju s hidroksilnim radikalima nastalima za vrijeme gorenja i s atomima aktiviranih vodika stvarajući negorive plinove koji guše vatru.

Djelotvornost halogenih spojeva ovisi o sposobnosti oslobađanja hidrida na temperaturi razgradnje materijala, a ovisno o sklonosti reakciji sa slobodnim radikalima klasificirani su na sljedeći način (Giúdice, 1992; Russel i sur., 2004): I > Br > Cl > F.

Spojevi joda zbog visoke se cijene rijetko upotrebljavaju, dok su spojevi fluora slabe djelotvornosti. Najviše se rabe spojevi klora i broma. Spojevi broma djelotvorniji su nego spojevi klora. Aromatski halogeni spojevi djelotvorniji su od alifatskih (Giúdice, 1992). Halogeni spojevi u drvnim proizvodima mogu usporiti plinovitu fazu izgaranja, ali nisu aktivni u krutoj fazi i ne sprečavaju kasnije žarenje. Zbog ekoloških razloga u drvnim ih proizvodima treba izbjegavati.

5.2. Sustavi nanošenja

5.2 Applying systems

Prema načinu nanošenja, materijali za usporavanje gorenja drva mogu se podijeliti na prekrivne (premazi, prevlake; engl. *coating*) i na one koji se impregniraju u drvo ili ugrađuju u kompozitne drvene proizvode

(White i Dietenberger, 1999; Rusell i sur., 2004). Obje vrste sustava osnivaju se na istim kemijskim spojevima iako se njihove formulacije razlikuju. Kemijska se impregnacija češće upotrebljava, posebno za nove proizvode od kojih se zahtjeva određen stupanj vatrootpornosti. Premazi se češće upotrebljavaju u postojećim konstrukcijama. Premazi su ekonomični, lako se nanose, ali su podložni abraziji ili trošenju, što može utjecati na njihovu djelotvornost u primjeni.

5.2.1. Prekrivni materijali za usporavanje gorenja drva

5.2.1 Fire retardant wood coatings

Prekrivni materijali za usporavanje gorenja drva (premazi) mogu ometati proces gorenja u svim stadijima: tijekom zagrijavanja, razgradnje, zapaljenja ili širenja plamena.

Ti se materijali općenito mogu podijeliti na izolacijske i ablacijske (Wade i sur., 2001.) Izolacijski se dalje mogu podijeliti na pasivne i na kemijski reaktivne, upjenjujuće sustave. Pasivni izolacijski sustavi sadržavaju negorive mineralne aditive kao što su liskun ili perlit. Kemijski reaktivni upjenjujući sustavi sadržavaju kemijske spojeve koji pri visokim temperaturama reagiraju tako da stvaraju pjenasti karbonizirani, izolirajući sloj (engl. *intumescent*) koji štiti podlogu. Pod utjecajem topline upjenjujući se premazi (engl. *intumescent coatings*) šire (bubre) i volumen im se povećava i do 200 puta, čime stvaraju debeli karbonizirani sloj koji štiti površinu od naglog povećanja temperature i dotičaja s kisikom (Russell i sur., 2004). Drugim riječima, stvaraju toplinsku pregradu između topline i goriva. Upjenjujući premazi sadržavaju sastojke koji stvaraju

veliku količinu negorivog ostatka. Taj ostatak stvara pjenu dobrih izolacijskih svojstava. Karbonizirani pjenasti sloj mora biti dovoljno otporan i imati dobru adheziju prema površini drva da bi djelovao kao toplinska pregrada pri požaru. Upjenjujući sustavi mogu biti na bazi vode ili na bazi organskih otapala i obično se sastoje od temeljnoga (engl. *primer*), osnovnoga i završnog sloja premaza (Schwarz, 2003). Osim smole ili veziva, ti premazi sadržavaju još petnaestak drugih sastojaka (Challener, 2007).

Svaki upjenjujući premaz koji usporava gorenje sastoji se od veziva, spoja bogatoga ugljikom, spoja koji stvara pjenu, dehidratacijskog sredstva i katalizatora esterifikacije (Wladyka-Przybylak i Kozłowski, 1999; Garcia i sur., 2002). Kao vezivo najčešće se upotrebljavaju amino-formaldehidne, polivinilne i akrilne smole (Russell i sur., 2004). Wladyka-Przybylak i Kozłowski (1999) ispitivali su upjenjujuće premaze za drvo na bazi amino smola s različitim sastojcima i ustanovili da je sa stajališta usporavanja gorenja borovine i izoliranja topline najdjelotvorniji premaz bio onaj sastavljen od uree, dicianidamida, monoamonijeva fosfata i dekstrina.

Spojevi koji se najčešće rabe u upjenjujućim premazima za drvo jesu pentaeritritol i dekstrin kao izvori ugljika, urea i dicianidamid kao materijali koji stvaraju pjenu i monoamonijev fosfat kao kiselinsko dehidratacijsko sredstvo i katalizator esterifikacije (Wladyka-Przybylak i Kozłowski, 1999).

Dobar pregled sastojaka upjenjujućih premaza dali su Kozłowski i sur., 2007. Mehanizam intumescencije, odnosno kemijskog procesa u kojemu se pod utjecajem topline kruta tvar pretvara u ekspaniranu pjenu, obično se skraćeno opisuje ovako: najprije se razgrađuje dehidratacijsko sredstvo (kiseli izvor) i nastaje mineralna kiselina koja sudjeluje u dehidraciji karbonizirajuće komponente i stvaranju pougljenjenog sloja, a na kraju se razgrađuje pjenilo i dobivaju plinovi koji uzrokuju bubrenje pougljenjenog sloja i stvaranje izolirajućega zaštitnog sloja (Jiminez i sur., 2006).

U sustavima koji stvaraju pjenasti karbonizirani sloj vrlo je važan pravilan izbor pojedinih komponenata s obzirom na njihova toplinska svojstva. Tako se sredstvo za pjenjenje mora razgrađivati na temperaturama višima od onih na kojima počinje pougljenjivanje, ali prije nego što počne skrućivanje tekuće pougljenjene taljevine. Duquesne, S. i sur. (2005) ističu važnost reoloških svojstava veziva na učinkovitost upjenjujućih premaza, posebno u reakcijama s amonijevim polifosfatom.

Upjenjujući premazi obično se nanose u količini oko 500g/m², što odgovara debljini od nekoliko stotina mikrometara, imaju malu masu i lako se nanose. Nedostaci su im stvaranje pukotina, podložnost abraziji i trošenju te visoka higroskopnost pa se ne preporučuju za upotrebu u vanjskim uvjetima. Najviše se primjenju za obradu stropnih i zidnih obloga na kojima nema mehaničkih opterećenja (Roßkopf, 2003).

Nova vrsta upjenjujućih premaza su oni koji sadržavaju ekspanirajući grafit i fizičkim putem usporavaju gorenje (Hao i Chow, 2003). Ekspanirajući grafit nova je generacija aditiva koji usporavaju gorenje različitih

materijala, posebno poliuretana (Duquesne i sur., 2001, Duquesne i sur., 2002, Duquesne i sur., 2003). To je grafitni interkalirani spoj u kojemu je sumporna kiselina smještena između ugljikovih slojeva grafita. Pri izlaganju toplini proširuju se slojevi duž c-osi kristalne strukture za otprilike 100 puta. Materijal dobiven na taj način nabubreni je materijal male gustoće i porozne strukture koji služi kao zaštitni sloj. Li i sur. (2007) ustanovili su da se modifikacijom upjenjujućih premaza ekspanirajućim grafitom i molibdenovim disilicidom postiže njihov sinergistički učinak i poboljšavaju protupožarna svojstva premaza. Grexa i sur. (2003) ustanovili su da se ekspanirajući grafit može uspješno upotrebljavati kao usporivač gorenja ploča iverica. Liu i Zhu (1999) formulirali su premaz s ekspanirajućim grafitom, specijalno namijenjen lignoceluloznim materijalima koji se može rabiti u unutrašnjim prostorima, ali i u vanjskim uvjetima jer se ne ispiru. U posljednje se vrijeme intenzivno radi na razvoju upjenjujućih (intumescentnih) premaza za vanjsku primjenu. Oni su najčešće na bazi vinilnih i epoksidnih smola. Pritom treba paziti da imaju prihvatljivu cijenu, da osiguravaju traženi stupanj zaštite od požara, da su postojani na vanjske utjecaje i da se lako nanose. Sve te zahtjeve nije lako uskladiti. Na tržištu nema mnogo proizvoda specijalno razvijenih za obradu drva. Garcia i sur., WKI (Wilhelm-Klauditz-Institute), zajedno s ICT-om (Institute for Chemical Technology), rade na projektu razvoja novih, tzv. pametnih premaza za drvo (engl. *smart coatings*) i drvnih materijala poboljšane vatrootpornosti koji u karboniziranom izolirajućem sloju stvaraju keramičku strukturu (Simon i Kruse, 2004; Kruse i sur., 2006).

Ablacijski premazi (engl. *ablative coatings*) upotrebljavaju se kada su građevni proizvodi izloženi nepovoljnim vanjskim utjecajima i ne sadržavaju vodotopljive sastojke koji bi se mogli promijeniti pod utjecajem vode. Ti premazi sadržavaju sastojke koji se pod utjecajem topline mijenjaju endotermnim kemijskim reakcijama i na taj način hlade površinu materijala koji zaštićuju (Roggon, 2008). Osim toga, nakon završetka kemijskih i fizikalnih procesa na površini ostaje porozni, anorganski, negorivi sloj koji dodatno djeluje toplinski izolirajuće. Ablacijske materijale možemo definirati kao polimere ili smole male toplinske vodljivosti koji se pri zagrijavanju površine pirolitički razgrađuju sloj po sloj ostavljajući na površini toplinski otporan sloj materijala koji će se na kraju ipak razgraditi i izložiti površnu podloge djelovanju topline (<http://composite.about.com/library/glossary/a/bldef-a14.htm>).

U ablacijskim negorivim premazima (engl. *non-flammable ablative coating*) najčešće se kao pigmenti rabe metalni oksidi, npr. antimonov oksid u halogeniranoj matrici. Sam antimonov trioksid nije pigment koji usporava gorenje, ali u kombinaciji s organskim spojevima poput kloriniranih alkidnih smola pokazuje vatrozaštitno djelovanje (Giúdice, 1992). Na visokim temperaturama stvaraju se antimonovi halidi koji djeluju u kondenzatnoj i plinovitoj fazi (Wade i sur., 2001). U kondenzatnoj fazi stvara se pougljenjeni sloj, čime se površina drva štiti od direktne izloženosti vatri. U plinovitoj se fazi prekida nastajanje slobodnih radikala stvaranjem halogenih radikala.

Ablacijski premazi ne potiču gorenje, ali osiguravaju ograničenu zaštitu supstrata, potpomognutu stvaranjem halogenih radikala. Dulje izlaganje plamenu uzrokovat će zagrijavanje podloge i, ako je riječ o drvu, oslobađanje hlapljivih plinova koji se mogu zapaliti (Wade i sur., 2001).

Nedostatak tih premaza jest to što moraju imati visoku koncentraciju aditiva kako bi se osigurao ogovarajući stupanj zaštite od vatre, zbog čega su ti premazi vrlo viskozni, podložni kredanju i ograničeno trajni (Wade i sur., 2001). Najbolju djelotvornost u zaštiti od vatre pokazuju premazi s visokom volumnom koncentracijom pigmenata. Ti su premazi najčešće na osnovi epoksidnih, kloriniranih alkidnih, poliuretanskih ili vinilnih smola. Rabe se kao unutarnji i kao vanjski premazi u različitim tonovima boja. Wade i sur. (2001) i White (1983) koristili su se tim premazima u svojim istraživanjima, a osim njihovih radova, malo je podataka u literaturi o uporabi tih premaza na drvu. Ablacijski se premazi mogu i kombinirati s premazima koji stvaraju pjenasti karbonizirani sloj (engl. *ablative-intumescent system*) i na taj se način može znatno poboljšati požarna otpornost drva kao konstrukcijskog materijala (Raeovski i Vitaly, 1993).

5.2.2. Impregnacijski materijali za usporavanje gorenja

5.2.2 Fire retardants for wood impregnation

U impregnacijskoj obradi drvo se tlačno impregnira otopinama kemikalija, uz primjenu tlačnih procesa sličnih onima za kemijsku zaštitu. Osnovna razlika

između tlačne impregnacije i površinskih tretmana jest dubina penetracije usporivača gorenja. Primjerice, tlačnim impregniranjem borovine cijela je bjeljika potpuno impregnirana. Dubina penetracije postignuta površinskim tretmanima manja je od 1mm (Hakkarainen i sur., 2005). Penetracija kemikalija pri tlačnoj impregnaciji ovisi o vrsti drva, strukturi drva i sadržaju vode.

Anorganske su soli najčešće upotrebljavani usporivači gorenja za drvne proizvode u interijeru, i njihova su svojstva poznata dulje od 50 godina (White i Dietenberger, 1999). Najčešće se upotrebljavaju monoamonijev i diamonijev fosfat, amonijev sulfat, cinkov klorid, natrijev tetraborat, boraks i borna kiselina. Te su anorganske soli vodotopljive i pri višestrukom pranju ili ako je drvo izloženo vanjskoj klimi mogu se isprati iz drva. Neke soli mogu apsorbirati vlagu i uzrokovati razgradnju gljivama, stvaranje plijesni, koroziju metalnih elemenata za spajanje (White i Sweet, 1992; Östman i sur., 2001). Ustanovljeno je i da te kemikalije smanjuju čvrstoću drva (LeVan i Winandy, 1990; Bednarek i Kaliszuk-Wietecha, 2007). Zbog potrebe da se proizvedu sustavi otporni na ispiranje, razvili su se u vodi netopljivi organski usporivači gorenja. Ti sustavi obuhvaćaju smole koje polimeriziraju nakon impregnacije u drvo (najčešće su to mješavine uree, melamina, dicijandiamida, fosforne kiseline i formaldehida) te cijepljene polimere (graft polimere), koji se kao usporivači gorenja izravno vežu na celulozu (White i Dietenberger, 1999). Na tržištu postoji nekoliko komercijalnih materijala za usporavanje gorenja drva namijenjenoga vanjskoj primjeni, no stalno se istražuju novi postupci i materi-

Tablica 5. Zahtjevi za razredbu drvnih proizvoda obrađenih usporivačima gorenja u grupe prema trajnosti obrade i upotrebi (prema NT FIRE 054)

Table 5 Requirements for durability of reaction to fire performance (DRF) classes of fire retardant wood products in different end uses (NT FIRE 054)

Razred trajnosti <i>DRF class</i>	Postojeći propu- požarni zahtjevi <i>Existing fire requirements</i>	Dodatni zahtjevi s obzirom na različitu primjenu proizvoda obrađenih usporivačima gorenja <i>Additional performance requirements in different end use of fire retardant wood products</i>		
	očekivana primjena <i>Intended use</i>	razred ponašanja u požaru, početni (prema EN 13501-1) <i>Reaction to fire class</i>	higroskopna svojstva <i>hygroscopic properties</i>	ponašanje u požaru nakon izlaganja vremenskim utjecajima <i>Reaction to fire performance after weathering</i>
0	kratkotrajno <i>Short term</i>	važeci razred <i>Relevant fire class</i>	-	-
INT	unutrašnja primjena <i>Interior application</i>	važeci razred <i>Relevant fire class</i>	- sadržaj vode <30% - na površini nema vidljivih soli ni izlučivanja tekućina - <i>Moisture content <30%</i> - <i>No visible salt at surface and no exudation of liquid</i>	-
EXT	vanjska primjena <i>Exterior application</i>	važeci razred <i>Relevant fire class</i>	- sadržaj vode <30% - na površini nema vidljivih soli ni izlučivanja tekućina - <i>Moisture content <30%</i> - <i>No visible salt at surface and no exudation of liquid</i>	zadržano ponašanje u požaru nakon: - ubrzanog starenja - prirodnog izlaganja ili neke druge preporučene metode starenja <i>Maintained reaction to fire performance after</i> - <i>Accelerated ageing or</i> - <i>Natural weathering or</i> - <i>Other referenced ageing method</i>

jali povećane trajnosti. Katović i sur., (2005) ustanovili su da se neki organofosforni spojevi koji se rabe u tekstilnoj industriji za zaštitu od gorenja mogu uspješno rabiti kao trajni usporivači gorenja drva izloženoga vanjskim utjecajima.

5.3. Izbor usporivača gorenja

5.3 Choice of fire retardants

Na izbor materijala za usporavanje gorenja drva velik utjecaj ima okruženje u kojemu će se upotrebljavati drvo obrađeno usporivačima gorenja. Velika vlažnost i uvjeti takvog okruženja mogu utjecati na požarna svojstva drva obrađenoga nekim usporivačima gorenja te mogu uzrokovati smanjenje čvrstoće, koroziju metalnih elemenata za spajanje, probleme s obnavljanjem, razgradnju gljivama itd. Da bi se to izbjeglo, u nordijskim je zemljama 2006. godine uveden sustav razredbe drva obrađenoga usporivačima gorenja prema trajnosti i krajnjoj upotrebi (Nordtest Fire 054).

U tablici 5. prikazani su zahtjevi za razrede trajnosti drvnih proizvoda obrađenih usporivačima gorenja drva u unutrašnjim i vanjskim prostorima.

Kad bi takva ili slična razredba postojala u europskim normama, to bi uvelike povećalo pouzdanost drvnih proizvoda obrađenih usporivačima gorenja. Pri izboru usporivača gorenja za drvo svakako bi se trebala voditi briga o vrsti drvene podloge, propisanim zahtjevima koje treba zadovoljiti, o tome je li riječ o novoj građevini ili o održavanju ili dogradnji postojeće, o uvjetima u upotrebi, uvjetima pri postavljanju, zahtjevima za održavanje i utjecajima na izgled ili neko drugo unutrašnje svojstvo podloge. Treba, naravno, poštovati i ekološke propise i cijene. Ako su korektno nanесeni, usporivači gorenja mogu dati dodatnu vrijednost drvnim proizvodima i proširiti upotrebu drva kao prirodna građevinskog materijala.

6. ZAKLJUČAK 6 CONCLUSION

Želju da se upotreba drva i drvnih proizvoda proširi u graditeljstvu često ograničavaju sigurnosni protupožarni propisi. Pravilan izbor i obrada drva materijalima koji smanjuju njegovu gorivost može zadovoljiti građevinske propise i povećati upotrebu drva kad postoji potreba za većom protupožarnom sigurnosti. Usporivači gorenja drva mogu se ugraditi u drvene kompozite za vrijeme proizvodnje, mogu se tlačno impregnirati u drvo ili drvene ploče nakon proizvodnje ili se mogu nanositi kao površinski premazi na drvene proizvode nakon postavljanja. Tehnološki napredak u formulacijama koje su manje higroskopske i otporne na ispiranje te poboljšanja u razvoju upjenjujućih premaza za drvo omogućuju sigurnu upotrebu drva i drvnih proizvoda u unutarnjoj i vanjskoj primjeni u graditeljstvu.

7. LITERATURA 7 REFERENCES

1. Babrauskas, V. 2001: Ignition of wood: A review of the state of the art, pp.71-88. In: Interflam 2001, Interscience

Communication Ltd, London 2001.

http://www.doctorfire.com/wood_ign.pdf (3.12.2008)

2. Bednarek, Z.; Kaliszuk-Wietecha, A. 2007: Analysis of the fire-protection impregnation influence on wood strength. *Journal of civil engineering and management* 23(2):79-85.
3. Browne, F.L. 1958: Theories of combustion of wood and its control. U.S. For. Serv. Rept. No. 2136 <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplr/fplr2136.pdf>-Browne (10.12.2008)
4. Challener, C. 2007: Fire safety with specialty coatings. *JCT CoatingsTech* 4(9):78-84.
5. Duquesne, S.; Le Bras, M.; Bourbigot, S.; Delobel, R.; Camino, G.; Eling, B.; Lindsay, C.; Roels, T. 2001: Thermal degradation of polyurethane and polyurethane/expandable graphite coatings. *Polymer degradation and stability* 74:493-499.
6. Duquesne, S.; Delobel, R.; Le Bras, M.; Camino, G. 2002: A comparative study of the mechanism of action of ammonium polyphosphate and expandable graphite in polyurethane. *Polymer degradation and stability* 77: 333-344.
7. Duquesne, S., Le Bras, M.; Bourbigot, S.; Delobel, R.; Vezin, H.; Camino, G.; Eling, B.; Lindsay, C.; Roels, T. 2003: Expandable graphite: a fire retardant additive for polyurethane coatings.
8. Duquesne, S.; Magnet, S.; Jama, C.; Delobel, R. 2005: Thermoplastic resin for thin film intumescent coatings - towards a better understanding of their effect on intumescence efficiency. *Polymer Degradation and Stability* 88 (1): 63-69
9. Van Esch, G.J. 1997: Flame retardants: A general introduction, World Health Organization Geneva, 1997: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc192.htm> (8.12.2008)
10. Garcia, D.; Tortosa, E.; Mans, V.; Futterer, T.; Nägerl, H.-D. 2002: A new approach to intumescent clear varnish in wood fire protection. Third international Woodcoating congress. Paper 24. The Paint Research Association, Teddington, UK.
11. Giúdice, C.A. 1992: Fire retardant paints. EuroCoat 5.
12. Grexa, O.; Poutch, F.; Manikova, D.; Martvonova, H.; Bartekova, A. 2003: Intumescence in fire retardancy of lignocellulosic panels. *Polymer degradation and stability* 82:373-377.
13. Hakkarainen, T.; Mikkola, E.; Östman, B.; Tsanaridis, L.; Brumer, H.; Piispanen, P. 2005: Innovative eco-efficient high fire performance wood products for demanding applications. <http://virtual.vtt.fi/virtual/innofirewood/stateofheart/database/database.html> (5.12.2008)
14. Hao, J.; Chow, W.K. 2003: A brief review of intumescent fire retardant coatings. *Architectural science review* 46:89-96.
15. Hietaniemi, J. 2005: A Probabilistic Approach to Wood Charring Rate. VTT, Espoo. 53 p.VTT Working Papers: 31. ISBN 951-38-6583-5 <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2005/W31.pdf> (3.12.2008)
16. Janović, Z. 2008: Bromirana usporavala gorenja u plastici. *Polimeri* 29(2):112-113.
17. Jimenez, M.; Duquesne, S.; Bourbigot, S. 2006: Intumescent fire protective coating: Toward a better understanding of their mechanism of action. *Thermochemica Acta* 449:16-26.
18. Katović, D.; Bischof Vukušić, S.; Flinčec Grgac, S.; Trajković, J.; Jirouš-Rajković, V. 2005: Organophosphorus compounds for fire retardancy of wood. *Wood Research* 50(2):59-65.

19. Kawamoto, H.; Murayama, M.; Saka, S. 2003: Pyrolysis behavior of levoglucosan as an intermediate in cellulose pyrolysis: polymerization into polysaccharide as a key reaction to carbonized product formation. *Journal of Wood Science* 49(5):469-473
20. Kozłowski, R.; Wesolek, D.; Władyka-Przybylak, M.; Duquesne, S.; Vannier, A.; Bourbigot, S.; Delobel R. 2007: Intumescent Flame-Retardant Treatments for Flexible Barriers in Multifunctional Barriers for Flexible Structure Textile, Leather and Paper, Springer Berlin Heidelberg 2007 <http://www.springerlink.com/content/h7576x152751p076/fulltext.pdf> (5.12.2008)
21. Kruse, D.; Simon, S.; Kampmeier, B.; Derr, L.; Gatzke, A. 2006: High performance fire protection coatings-Development, qualification, application. Fifth international Woodcoating congress. Enhancing service life. Paper 14. 17-18 October, 2006. The Paint Research Association, Teddington, UK.
22. LeVan, S., 1984: Chemistry of Fire Retardancy. In: Rowell, R.M. (Ed.) *The chemistry of solid wood*. Advances in chemistry series, number 207. Washington, DC: American chemical society. Chapter 14:531-574. <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1984/levan84a.pdf> (10.12.2008)
23. LeVan, S.; Winandy, J.E. 1990: Effects Of Fire Retardant Treatments On Wood Strength: A Review. *Wood and Fiber Science* 1990: 22(1):113-31.
24. Li, G.; Liang, G.; He, T.; Yang, Q.; Song, X. 2007: Effects of EG and MoSi₂ on thermal degradation of intumescent coating. *Polymer degradation and stability* 92:569-579.
25. Liu, F., Zhu, W. 1999: Fire retardant intumescent coating for lignocellulosic materials. US Patent 5968669. <http://www.patentstorm.us/patents/5968669/fulltext.html> (10.12.2008)
26. Marney, D.C.O.; Russell, L.J.; Humphrey, D.G. 2005: Fire retardants for outdoor timber applications – A literature review.
27. Östman, B.; Voss, A.; Hughes, A.; Hovde, P.J.; Grexa, O. 2001: Durability of fire retardant treated wood products at humid and exterior conditions review of literature, *Fire and materials* 25 (3):95-104.
28. Östman, B.A.-L.; Mikkola, E. 2006: European classes for the reaction to fire performance of wood products. *Holz als Roh-und Werkstoff* 64: 327-337.
29. Raevsky, V. 1993: Ablative-intumescent system. US Patent 5206088.
30. Roggon, B. 2008: Wenn'n's brennt Farbe schützt. *Applica* 4:9-11.
31. Roßkopf, W. 2003: Die durchs Feuer gehen. *Der Maler und Lackierermeister* 9:12-15.
32. Rowell, R.; LeVan-Green, S. 2005: Thermal Properties. In: *Handbook of wood chemistry and wood composites*. http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2005/fpl_2005_rowell003.pdf (10.12.2008)
33. Russell, L.J.; Marney, D.C.O.; Humphrey, D.G.; Hunt, A.C.; Dowling, V.P.; Cookson, L.J. 2004: Combining fire retardant and preservative systems for timber products in exposed applications-state of the art review. Forest and wood products research and development corporation, Victoria 8005. http://www.fwprdc.org.au/content/pdfs/new%20pdfs/PN04.2007_fire_ret_literature_review_Final.pdf (10.12.2008)
34. Schwarz, R. 2003: Coatings that can save lives: Intumescent coatings technology can be the next line of defense against one of Mother Nature's most lethal weapons. *Coating World*, Nov 2003 http://findarticles.com/p/articles/mi_hb053/is_11_8/ai_n29044423 (8.12.2008)
35. Simon, S.; Krus, D. 2004: High performance fire retardant coatings. Fourth international Woodcoating congress. Developments for a sustainable future. 25-27 October, 2004. Paper 23. The Paint Research Association, Teddington, UK.
36. Wade, C.A.; Callaghan, S.J.; Strickland, G.S.; Bennett, A.F. 2001: Investigation of methods and protocols for regulation the fire performance of materials with applied fire retardant surface coatings. Fire Code Research Reform, FCRC Project 2 B-3.
37. White, R.H. 1983: Use of coating to improve fire resistance of wood. *Fire Resistive coatings: The need for standards*, ASZM STP 826, Morris Lief and F.M. Stumpf, Eds., American society for testing materials, 1983. pp. 24-39
38. White, R.H.; Sweet, M.S. 1992: Flame retardancy of wood: present status, recent problems and future fields. In: Lewin, Menachem, ed. *Recent advances in flame retardancy of polymeric materials: Proceedings of 3rd annual BCC conference on flame retardance 1992*, May 19-21, Stamford, CT.
39. White, R.H., Dietsberg, M.A. 1999: *Wood Handbook Wood as an engineering material*. General Technical Report 113. Chapter 17. <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2001/white01a.pdf> (10.12.2008)
40. White, R.H.; Dietsberg, M.A. 2001: *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*. Elsevier Science Ltd. pp. 9712-9716.
41. Władyka-Przybylak, M.; Kozłowski, R. 1999: The thermal characteristics of different intumescent coatings. *Fire and Materials* 23: 33-43.
42. Council Directive 89/106/EEC: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/site/en/consleg/1989/L/01989L0106-20031120-en.pdf> (5.12.2008)
43. Commission Decision (2000/147/EC) http://www.ctsc.be/homepage/download.cfm?dtype=na_fire_&doc=ec_dec_200-147_reactionen.pdf&lang=fr (5.12.2008)
44. NT Fire 054 <http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/60524netfire0541.pdf> (5.12.2008)
45. <http://composite.about.com/library/glossary/a/bldef-a14.htm> (3.12.2008)
46. <http://www.fireretard.com/main> (3.12.2008)

Corresponding address:

Professor VLATKA JIROUŠ-RAJKOVIĆ, PhD
 Department of furniture and products of wood
 Faculty of Forestry
 University of Zagreb
 Svetošimunska 25, p.p. 422
 HR-10002 Zagreb, Croatia
 e-mail: jirous@sumfak.hr



HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

- Hrvatsko šumarsko društvo ima izvor u Hrvatsko-slavonskom gospodarskom društvu, koje je na inicijativu šumara osnovano u Zagrebu 1841. godine.
- Početak rada Hrvatskoga šumarskoga društva 1946. godine.
- Izdavač znanstveno-stručnoga glasila "Šumarski list" od 1877. godine
- 1996. godine osnivanje Akademije šumarskih znanosti

**HRVATSKO ŠUMARSKO
DRUŠTVO**

168 godine djelovanja

3000 članova

ŠUMARSKI LIST

133 godine
neprekidnog izlaženja

**IMENIK HRVATSKIH
ŠUMARA**

13966 osoba

www.sumari.hr

STRUKOVNA UDRUŽENJA PROIZVOĐAČA STROJEVA ZA OBRADU DRVA U BORBI SA SVJETSKOM GOSPODARSKOM KRIZOM

ACIMALL – Udruženje talijanskih proizvođača strojeva za obradu drva

Nakon tri godine uzastopnog rasta, negativno razdoblje koje je obilježilo talijansku industriju strojeva za obradu drva od početka 2008. ubrzano je tijekom trećeg kvartala godine zbog globalne financijske i gospodarske krize koja je primijećena već u rujnu 2008. Talijanski proizvođači strojeva i alata za obradu drva zabilježili su pad narudžbi od 18,1% s obzirom na isto razdoblje 2007. godine. Talijanski proizvođači strojeva za obradu drva uvijek su se mogli osloniti na inozemna tržišta jer su ona uvijek bila zainteresirana za proizvode *made in Italy*. No takav pad prodaje rezultat je smanjenog poslovanja na inozemnim tržištima za čak 13,2%. Na talijanskom tržištu poslovanje je smanjeno za 32,6% u usporedbi s istim razdobljem 2007. godine. Prema anketama koje provodi Acimall, cijene su u prosjeku povećane za 2,6%.

U posljednje tri godine talijanska proizvodnja strojeva i alata bila je stabilna, u vrijednosti oko 1,85 mlrd. EUR godišnje. Oko 80% te vrijednosti činio je izvoz s pozitivnim rezultatom trgovinske bilance uglavnom iznad 1,3 mlrd. EUR. Međutim, znatan pad narudžbi u trećem kvartalu 2008. prouzročio je ozbiljne gubitke. Gospodarska situacija vrlo je složena i sigurno će utjecati na industrijski promet u 2009. godini. Prognoze prodaje talijanskih strojeva za obradu drva u 2009. godinu nisu optimistične.

„Kako možemo preživjeti ovu vrstu 'ledenog doba' ekonomije kojom je pogođen globalni industrijski sustav?“ pita Ambrogio Delachi, predsjednik Acimalla, udruge talijanskih proizvođača strojeva za drvo, i odgovara: „Za razliku od onoga što se događalo u prošlosti, danas je nemoguće znati kad će ovaj trend završiti. Bez kraja na vidiku, tvrtke teško mogu planirati aktivnosti za svladavanje trenutačne situacije. Nedostatak učinkovite politike za potporu industriji, u kombinaciji s dugotrajnom nemogućnošću bankarskog sustava da podupre potrebe kompanija, dodatno otežava situaciju. Moramo se osloniti isključivo na svoj poduzetnički duh. U svakom slučaju, naša je dužnost analizirati vlastite pogreške i naučiti lekciju da se izbjegne ponavljanje. Moramo biti svjesni da ćemo na kraju ovog negativnog ciklusa pronaći sebe u potpuno drukčijoj, promijenje-

noj okolini. Dakle, naše kompanije i način rada koji će pokrenuti poslovanje radikalno će se izmijeniti.“

Acimall provodi pojačano promoviranje talijanske tehnologije za obradu drva na svjetskom tržištu. Napravljen je plan za potporu talijanskim tvrtkama kako bi bile prisutne na svim važnijim tržištima u svijetu, uglavnom događanjima i zajedničkim sudjelovanjem na organiziranim izložbama u suradnji s Iceom, talijanskim institutom vanjskotrgovinske razmjene.

Prvo talijansko zajedničko sudjelovanje Icea i Acimalla bilo je ono u New Delhiju od 14. do 17. veljače 2009, na sajmu *Delhiwood*. U Indiji, na 230 m² površine, talijanske su kompanije izložile svoja tehnološka rješenja. Izlagale su ove tvrtke: A. Costa, Righi, A. Cremona, BigonDry, Filtermedia, Freud Pozzo, Greda, Imal, Industrie Chimica Adriatica, Isap, Italtresse, Iwtc trening centar, Nordutensili, Storti, Tecnomec i Tvm-termoventilmec. Od 17. do 20. veljače 19 kompanija pokrilo je 590 m² sajamske površine u Shanghai' u, na sajmu *Woodmac China*. Ta združena skupina prema postavkama Icea i Acimalla obuhvatila je ove tvrtke: A. Cremona, Bup Utensili, Coral, Elettomeccanica G. Colombo, Filtermedia, Freud Pozzo, Hcd, Imal, Imeas, Isap, Italtresse, Makor, Mvm, Paolino Bacci, Prima Electronics, Schiavon, Scm Group and Teknomotor.

Ove će godine, osim na tradicionalne zajedničke skupine i tehničke forume (organizirane u Hrvatskoj, Laosu, Kambodži i Indiji), osobita pozornost biti usmjerena na mlade ljude. Glavne inovacije bit će predstavljene putem nagradnog natječaja Ice-Acimalla koji se ove godine organizira u Indiji, SAD-u i Kanadi. Nagrada je studijski izlet u Italiju, a dodjeljuje se studentima s najbolje napisanim analizama talijanske tehnologije za obradu drva i opisima pristupa rješavanju tehnoloških problema. Kao dio tog projekta, u ožujku je grupa studenata i nastavnika s Georgia University iz Atlante (SAD) posjetila Acimall i poblizje se upoznala s talijanskom tehnologijom za obradu drva, posebno s tehnologijom za obradu ploča.

Trening centar Awct u Bangaloreu, zajednički projekt Acimalla, Icea i lokalnog sveučilišta (University Iwst), nastavlja velike uspjehe svoje aktivnosti obogaćene novim tečajevima na modernim NC stroje-

vima. Na području promocije i praćenja tržišta, Acimall će ove godine prisustvovati na više od 20 sajмова u cijelom svijetu, što je realna potpora izvoznim aktivnostima talijanskih kompanija koje se bave proizvodnjom i prodajom tehnologija za obradu drva i materijala izrađenih na bazi drva.

EUMABOIS - Europska federacija proizvođača strojeva za obradu drva

Europski proizvođači strojeva za obradu drva vodeći su na svjetskom tržištu.

Ekonomski pad konjunktornog ciklusa drastično je smanjio narudžbe europskim proizvođačima strojeva. Ali to ne znači kraj europskih proizvođača strojeva jer, za razliku od drugih sektora, proizvođači strojeva za obradu drva pripremali su se za teška vremena. Prilagodili su se činjenici da je strojarsko industrijsko poslovanje ciklično. Taj industrijski sektor ima fond za oporavak nakon završetka teških vremena.

Međutim, ekonomski pad konjunktornog ciklusa pokazao se dramatičnijim nego su stručnjaci smatrali da će biti. U idućih nekoliko godina svjetsko će se tržište smanjiti, a uvjeti za drvnu industriju neće biti sjajni. Uzlet koji su europski proizvođači strojeva ostvarili prije godinu dana danas je zaustavljen, ali su zadržali vodstvo i pozicije na svjetskom tržištu. Riječ je o Njemačkoj i Italiji, dvjema najjačim izvoznim zemljama, koje pokrivaju oko polovicu svjetskog izvoza u tom sektoru.

Europska federacija proizvođača strojeva za drvo (Eumabois) okuplja tvrtke iz 13 zemalja i ima promet od 7,6 milijuna eura. Oni su se odlučili zajedno suočiti s golemim izazovima. U teškim uvjetima čine sve za svoje klijente kako bi privukli investicije, ali i da bi povećali potražnju tehnologije za obradu drva i proizvodnju namještaja. Naglašavaju činjenicu da je drvo najbolja sirovina uopće i da će tehnologija za njegovu obradu uvijek biti potrebna i tražena.

U teškim vremenima zanimanje kupaca usredotočuje se na povećanje produktivnosti. Učinkovitost u proizvodnom procesu donosi europskim proizvođačima strojeva za obradu drva dragocjene bodove jer su iskoristili istraživanje i razvoj da bi stekli prednost pred azijskim i američkim tvrtkama te da bi svojim kupcima ponudili strojeve koji će im donijeti najveći povrat ulaganja.

Europski proizvođači strojeva trajno se bave istraživanjem i unaprjeđenjem učinkovitosti strojeva u proizvodnom procesu. Na primjer, unaprjeđenje sušenja drva, procesa s visokim utroškom energije, ima izravan utjecaj na poslovni uspjeh tvrtke. Slično tome čak i male promjene, kao što su smanjenje širine propiljka ili racionalnija metoda krojenja drvnih elemenata poboljšat će profitabilnost tvrtke. Čak su i pomoćni materijali, kao što su lak i ljepilo, uključeni u takav pristup. Ta strategija omogućuje korisnicima strojeva da se odupru jakoj konkurenciji i jeftinim kopijama i pri porastu cijena sirovine.

Eumabois je pokrenuo kampanju pod motom „Izaberite original – odaberite uspjeh!“ kako bi zaštitio europske proizvođače strojeva za obradu drva od konkurencije i ilegalnih kopija te podigao svijest o vrijednosti izvornih tehnologija.

Slogan kampanje savršeno odražava opredjeljenost europskih proizvođača strojeva koji su uvijek bili sigurni da njihova vrhunska rješenja pridonose uspjehu tvrtke u kojoj rade. To je važan izazov jer dobro projektirani strojevi rade bolje, jednostavnije i učinkovitije za one koji ih upotrebljavaju, a vrhunski proizvodi znače poboljšanje kvalitete života svima koji ih koriste.

Stoga kampanja Eumabois i naglašava potrebu da se kupci odluče za originalne strojeve i tehnologiju koja je rezultat iskustva, istraživanja, predanosti i stručnosti. To je znanje rezultat iskustva i ne može se kopirati! Što se danas sve mora učiniti da bi se zaštitila legitimna prava intelektualnog vlasništva od svakodnevnih kršenja!

Originalnost je koncept koji spaja važne aspekte što vode uspjehu tvrtke: kvalitetu, tehnologiju, *know-how* (iskustvo, vještinu), pouzdanost, sigurnost, tehnološko iskustvo i učinkovitost.

Prednosti izvornih tehnologija jasne su.

Kvaliteta. Uvođenje originalne tehnologije sprječava proizvodnju škarta. Pritom mogu biti ispunjeni najviši zahtjevi za kvalitetom. A ako se problem ipak pojavi, proizvođači nude izvrstan popravak, servis i zamjenu.

Inovacija. Za opstanak pred konkurencijom, više nije dovoljna vlastita razvojna moć. Sve je češće nužno oslanjanje na dobavljače tehnologije. Europski proizvođači strojeva za obradu drva daju potporu svojim klijentima i razvojnim partnerima.

Učinkovitost. Izvorna tehnologija podrazumijeva težnju uštedi materijala i maksimiziranju proizvodnosti.

Iskustvo. Onaj tko kupuje originalni proizvod može biti siguran da će se moći obratiti iskusnim stručnjacima bez dodatnog plaćanja usluga.

Sigurnost. Ne zahtijevaju samo spektakularni projekti najvišu sigurnost. Takvi su i svakodnevni proizvodi koji moraju udovoljiti standardima, eliminirati pogreške i zaštititi ljude i strojeve. Usklađenost sa standardima sigurnosti jedna je od velikih prednosti proizvođača originalnih dijelova i strojeva za razliku od proizvođača kopija.

Sedam ključnih koncepata koji će biti u središtu kampanje kako bi se zaštitila izvornost europske tehnologije, uz niz priloga koji će povremeno biti poslani u specijalistička novinska izdanja, podupirat će i istaknuti potencijale europskih proizvođača strojeva za obradu drva.

Kampanja će obuhvatiti sve zemlje iz svih dijelova svijeta jer je poznato da je više od 60% svjetskih proizvođača strojeva iz Europe.

Matija Jug, dipl. ing.
prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić

ZADNJI JE ČAS ZA SPAS DRVOPRERAĐIVAČA



Šume pokriva-ju oko 48% prostora Republike Hrvatske te su velik potencijal za razvoj gospodarstva, važne su za očuvanje okoliša, proizvodnju biomase i drugih proizvoda od drva. No šume u Hrvatskoj nisu do-

voljno iskorištene, ponajprije zbog neracionalne politike prema drvoprerađivačkoj industriji.

U drvoprerađivačkoj industriji u Hrvatskoj zaposleno je oko 24 000 ljudi, bez zaposlenika Hrvatskih šuma, d.o.o., pratećih obrta i papirne industrije. S njima je taj broj udvostručen i stvara skupinu od oko 17% zaposlenih u ukupnoj industriji Republike Hrvatske. Posljednje četiri godine drvna je industrija imala ekspanziju, zabilježen je rast ostvaren značajnim ulaganjem.

U istom razdoblju dva je puta povećan izvoz proizvoda drvne industrije. Dakle, od 500 milijuna dolara izvoza od prije četiri godine, prošle je godine izvoz povećan na 980 milijuna dolara, što je vrlo dobar porast. To je oko 7,5% ukupnoga izvoza Hrvatske. Prednost drvoprerađivačke industrije jest i to što ima visok neto izvoz, odnosno što je uvozna komponenta pri stvaranju proizvoda vrlo malena, samo oko 5%. Usporedbe radi, uvozna komponenta u brodogradnji iznosi i do 75%. Sve je to rezultat činjenice da je Hrvatska bogata šumama.

Prošle je godine zabilježen pad narudžaba, pogotovo u posljednjem kvartalu, negdje i do 40% u odnosu prema prethodnoj godini. To se, nažalost, snažno odrazilo i na broju zaposlenih, pa je prošle godine u drvnjoj industriji izgubljeno oko 4 000 radnih mjesta. Nastavak sličnoga nepovoljnog trenda bilježi se i u prvom kvartalu ove godine.

Teško je predvidjeti koliko će još radnika u drvnjoj industriji ostati bez posla. Nažalost, vjerojatno će ih biti još jer se iz usporedbe službenih podataka za prva dva mjeseca 2009. godine s istim razdobljem prethodne godine može vidjeti da je izvoz drvnoga sektora 42% manji.

Ukupni prihod hrvatske drvne industrije iznosi oko 8 milijardi kuna u godini. S obzirom na sirovinsku osnovu koja se kupuje od Hrvatskih šuma, d.o.o. za 1,4 milijardu kuna, jasno je kako se pritom ostvaruje visoka dodana vrijednost. Primjerice, računa se da je odnos trupca i finalnog proizvoda u drvnjoj industriji 1:7. Zanimljiva je i usporedba da je za prodaju jednog trupca

potreban samo jedan zaposlenik, a za prodaju namještaja od jednog trupca potrebno je sedam zaposlenih, pa je i na temelju pokazatelja radne snage vidljiv taj odnos i ta visoka dodana vrijednost.

Hrvatska drvna industrija još od 2004. godine ima strategiju razvoja drvoprerađivačkog sektora. To je jedna od rijetkih industrija za koju je vlada donijela strategiju razvoja. Dvije godine poslije vlada je donijela Operativni program razvoja drvoprerađivačkog sektora. To su dobri temelji na kojima se može i treba graditi budućnost drvoprerađivačkog sektora. Međutim, u posljednju godinu dana, u vrijeme svjetske gospodarske krize, nije se s dovoljno pažnje i senzibilitnosti prišlo drvoprerađivačkom sektoru. Država je trebala brže reagirati te konkretnijim, jasnijim i transparentnijim mjerama pomoći drvnjoj industriji.

Kriza se prelila s izvoznog tržišta, pa je trebalo brzo intervenirati, po uzoru na većinu europskih zemalja. Primjerice, u Francuskoj, Njemačkoj, Italiji ili Sloveniji reagirali su tako da su povoljnim kreditima s kamatom do 4% omogućili kreditno premošćivanje, prije svega izvoznom sektoru. Otvorili su i interventne fondove radi održavanja svih onih proizvodnja koje imaju budućnost i održivost, odnosno koje imaju proizvod konkurentan na globalnom tržištu, skratili su i radni tjedan, reagiravši tako na smanjen broj narudžaba. Te su zemlje ujedno stavile na raspolaganje financijska sredstva za financiranje jednog dana, primjerice, petka.

Subvencioniranje skraćenoga radnog vremena slovenska vlada i parlament uveli su početkom ove godine donošenjem posebnog zakona. Prema tom zakonu poslodavci koji radi održavanja zaposlenosti uvedu 36-satni radni tjedan imaju pravo na sufinanciranje 60 EUR mjesečno po radniku, a poslodavci koji uvedu 32-satni radni tjedan imaju pravo na 120 EUR po radniku, odnosno 15 EUR po skraćenom satu. Poslodavac se obvezuje za vrijeme primanja subvencija redovito isplaćivati plaće i sve doprinose, u godini u kojoj je primao subvencije ne smije radnicima davati poslovno uvjetovane otkaze niti prekovremeno zapošljavati, kao niti ni isplaćivati nagrade članovima uprave i nadzornog odbora. U Sloveniji se 491 tvrtka odnosno 52 000 zaposlenika, koristi tim oblikom subvencija, a računa se da je na taj način spašeno 6 700 radnika, odnosno da je to izravna potpora tvrtkama da ne idu u stečajevu već da premoste situaciju za godinu, godinu i pol, do izlaska iz krize.

Prije svega, u ovom bi trenutku bilo važno imati povoljne kreditne linije preko HBOR-a, kako bi se mogla financirati tekuća proizvodnja i zadržati smanjena optimalna razina proizvodnje, odnosno, kako se tvrtke

ne bi gasile. Prije nešto više od tri mjeseca Vladi RH odnosno predsjedniku Vlade upućen je zahtjev za sastanak na kojemu je prezentirana aktualna situacija i potrebe drvne industrije, s konkretnim prijedlozima mjera. Iznesen je niz mjera usmjerenih na pomoć putem izravnih poticaja, dodjela povlaštenoga statusa velikim tvrtkama pri kupnji električne energije u HEP-u, kreditiranje preko HBOR-a. Drugi niz mjera predložen je preko Hrvatskih šuma, d.o.o., državne tvrtke koja može pomoći rabatnom i sniženjem cijena, prije svega finalnim proizvođačima namještaja te proizvođačima podnih obloga i drva u graditeljstvu, smanjivanjem zatezanih kamata onima koji kasne s plaćanjem sa sadašnjih 17% na neku primjereniju kamatnu stopu, npr. na 8 do 10% i, na kraju, produženjem plaćanja sa 120 na 180 dana. Tim se mjerama uvelike može pomoći hrvatskoj drvenoj industriji.

Važno je napomenuti kako se Vlada RH obvezala podjednako brinuti o obje grane iz tog sektora, o Hrvatskim šumama, d.o.o., koje su u državnom vlasništvu i upravljaju sa 75% šumskih površina, te o drvenoj industriji, koja ima visoko strateško i nacionalno značenje. Usto, EU također daje preporuke nacionalnim vladama da izrade strategije očuvanja tradicionalnih industrija, među kojima drvena industrija u RH svakako treba imati prioritet.

U Udruženju drvoprerađivačke industrije postoje angažirani i stručni djelatnici koji su voljni i koji umiju kvalitetno i stručno odraditi i servisirati sve postavljene zahtjeve. S obzirom na aktualne teškoće koje bitno kompliciraju i uvelike dodatno opterećuju drvnu industriju, pri čemu se prije svega se misli na velik rast cijena i inflaciju te na aprecijaciju kune, koja posebno pogađa izvoznike. Izuzetno je važno da Udruženje drvoprerađivačke industrije još snažnije prezentira opravdane zahtjeve za pomoć i potporu drvenoj industriji u Republici Hrvatskoj te legitimno lobira preko našega najvećeg lobističkog udruženja u Hrvatskoj gospodarskoj komori. Sve se to mora činiti radi postizanja bolje pozicije i boljeg razumijevanja drvnog sektora.

Na primjer, mi u tvrtki Spin Valis činimo sve kako bismo se oduprli krizi racionalizacijama, češljanjem troškova, kontinuiranim restrukturiranjima, stvaranjem rezervnih planova, pojačanim radom na kvaliteti naših proizvoda, ulaganjem u nove proizvode i nova tržišta, radom na konkurentnosti i na sličnim mjerama. Nažalost, u ovoj smo recesiji također pogođeni pa bilježimo smanjenje narudžaba u posljednjem kvartalu prošle godine, pa i u prva tri mjeseca ove godine za 20-ak %. Time, jasno, imamo i pad proizvodnje. Naravno, to nepovoljno utječe na našu bilancu i ukupno poslovanje. No u usporedbi s drugim tvrtkama, u drvenoj se industriji još dobro i držimo, pa smo među nekoliko malobrojnih tvrtki koje u ovom trenutku redovito plaćaju sve svoje obveze prema Hrvatskim šumama, d.o.o., bankama, dobavljačima, dioničarima i drugima, te, naravno, prije svega prema radnicima. Uvodili smo redukcije, smanjenje broja radnika, prije svega onih koji su imali ugovor na određeno vrijeme, što je vezano za spomenuto smanjenje narudžaba. Prmjerice, u po-

sljednem kvartalu prošle godine nismo produžili ugovore s 40-ak radnika, što je 10-ak % ukupnog broja zaposlenih.

Posljednjih 15-ak godina u drvoprerađivačkom su se sektoru dogodile velike, možda i dramatične promjene, prije svega nestankom, tj. stečajem i likvidacijom mnogih velikih sustava i kombinata. To su nekadašnji lideri i veliki finalni proizvođači namještaja poput »Šavrića« iz Zagreba, »Đurđenovca« iz Đurđenovca, »Mobilije« iz Osijeka, »Papuka« iz Pakraca, »Bila« iz Đurđevca, »Radina« iz Ravne Gore i dr. Mnogi od njih bili su regionalni lideri i nositelji razvoja kraja u kojem su bili locirani. Pojedini drvoprerađivači opstali su na tržištu, ali su prekinuli ili bitno smanjili proizvodnju namještaja.

Zašto se to dogodilo? Osim ratnih razaranja te direktnih i indirektnih šteta nastalih tijekom Domovinskog rata, kao i nekih loših privatizacija, uzroke treba tražiti u često lošem menadžmentu u drvnom sektoru, kao i u uvjetima i okruženju u kojima sektor godinama radi i koji mu nisu naklonjeni, stimulativni ni poticajni za snažniji i brži razvoj. Posebno se mogu izdvojiti problemi vezani za izvoz, s trajnim problemom tečaja. U posljednjih nekoliko godina kuna stalno aprecira s obzirom na euro, ali varira prema dolaru i drugim valutama onako kako euro varira prema njima. Proizvođači namještaja, proizvođači parketa i drugih finalnih proizvoda visoko su neto aktivni izvoznici jer izvoz čini 75% i više njihova u ukupnog prihoda. U mnogih je proizvođača udio uvoznih komponenata u ukupnoj strukturi troškova malen, osobito u proizvođača namještaja od masivnog drva čija je uvozna komponenta manja od 3%. Stoga takve proizvođače pogađa puna inflacija i rast troškova na domaćem tržištu, a na prihodovnoj strani trpe gubitke ciljanog tečaja i stalnog pritiska na sniženje cijena na globalnom tržištu. Tu je još i nemotiviranost ulagača u privatnu finalnu industriju. Velik je to problem što je u Hrvatskoj definitivno izgubljena poveznica s distribucijskim i financijskim sektorom. Dakle, sve je teže plasirati proizvode na domaćem i inozemnom tržištu jer nemamo nijedan trgovački lanac koji promovira i prodaje domaći namještaj ni na domaćem tržištu ni u inozemstvu. K tome, uvjeti financiranja investicija sveli su se na potpuno komercijalne uvjete banaka.

Mnogo se govorilo o opremanju brojnih dvorana koje su nedavno izgrađene i koje se grade ili su se gradile u Hrvatskoj, a u njima je, što mnogi ne znaju, 90% parketa iz uvoza. Istodobno, u Hrvatskoj imamo jaku industriju podnih obloga, s dobrim i kvalitetnim proizvođačima koji sigurno mogu kvalitetno postaviti parke te u takvim objektima. Nažalost, već se pri projektiranju takvih objekata, hala i dvorana predviđi parket nekoga inozemnog proizvođača i na taj se način unaprijed odredi tip kvalitete ili tip proizvoda, čime se diskriminira domaći proizvođač.

Slogan *kupujmo hrvatsko* za mnoge je samo deklarativan, ponajprije za velike tvrtke, koje se skrivaju iza njega, a ne štite nacionalne proizvođače. Prije godinu dana pokrenuta je snažna inicijativa za odgovornu

javnu nabavu. Upravo u tom segmentu nije dovoljno napravljeno. Pri opremanju škola, vrtića, državnih i javnih ustanova nije bilo senzibilnosti ni domaćeg kupca ni javne nabave. Tu ima dosta prostora jer Hrvatska godišnje uveze namještaja u vrijednosti 500 milijuna dolara. Uvozi se unatoč tome što postoji velika mogućnost proizvodnje takvog namještaja u Hrvatskoj, i to namještaja bolje kvalitete. Međutim, projektanti i dizajneri tih objekata s obzirom na jake lobističke skupine i interese, već u fazi projektiranja predviđaju strani namještaj. Budući da u tome nismo dovoljno izgradili nacionalnu svijest, u javnim je nabavama poslove uzimala konkurencija iz, primjerice, Italije i Slovenije. Sada se pokušavaju akcijom odgovorne javne nabave senzibilizirati svi odgovorni da više pozornosti posvete domaćim proizvođačima, što manje-više zapravo rade i sve razvijene zemlje Europe, samo na suptilan način, vješto se koristeći prednostima domaćeg terena. Dakle, zagovaram protekcionizam kao taktiku, ne kao strategiju, što umješno rade u većini zemalja EU.

Jednako je neprirodno da država uvelike subvencionira i kreditira brodogradnju, da pokriva njezine gubitke, a da prema drugim industrijama nema ni približno takav odnos. Prema posljednjim podacima, država je u posljednjih 15 godina uložila 50 milijardi kuna u brodogradnju, i to različitim oblicima financiranja, a istodobno drvena industrija, primjerice, nije sudjelovala u izgradnji, odnosno unutrašnjem opremanju ni jednoga broda.. Dakle, to je neodrživo i neprirodno. Da je domaća drvena industrija dobila samo 10% onoga što je brodogradnja dobila posljednjih 15 godina, dakle da je dobila 5 milijardi kuna, više od 100 tisuća ljudi bilo bi izravno zaposleno u drvenoj industriji, bez kooperacije. Dakle, preko četiri puta više nego što ih sada zapošljava, odnosno više od 30 % zaposlenih u industriji Hrvatske.

Taj nepravedni odnos vidljiv je i iz podatka da je drvena industrija u posljednje dvije godine dobila manje od stotinu milijuna kuna direktnih državnih potpora, što je pohvalno, ali nedovoljno.

Drvoprerađivački sektor ne teži ekonomiji obujma niti je njegova stratega nošenje s konkurencijom s Dalekog istoka putem velikih serija i niskih cijena.

Upravo suprotno, strateški su ciljevi sektora male serije proizvoda izrađenih prema zahtjevima kupaca, visoke kvalitete i u kratkom roku. Osim toga, treba što je brže moguće reagirati na promjene trendova i prilagoditi se novim zahtjevima kupaca.

Vrlo je važno očuvati šumsko blago, a njegovim se pravilnim iskorištavanjem dobiva i energija iz obnovljivih izvora, što je osnova razvojne politike EU. U drvnom sektoru i šumarstvu postoji velik i neiskorišten potencijal i sada smo pred realizacijom tih projekata, prije svega kogeneracijskih postrojenja za proizvodnju električne i toplinske energije, ali i manjih projekata baziranih na korištenju i preradi drvnog ostatka iz drvene industrije i šumarstva za proizvodnju goriva, poput briketa i peleta. Moguće je potaknuti rast tržišta i veće iskorištavanje drvene biomase propisivanjem instaliranja pogona za tu namjenu i stvaranjem mreže. Poglavitito se to odnosi na javne objekte - škole, vrtiće, državnu upravu - pri zamjeni dotrajale opreme na fosilna goriva. Također je moguće, sukladno inozemnoj praksi npr. u Austriji, Italiji, Francuskoj i drugim zemljama, predvidjeti direktne potpore stanovništvu na određenim područjima za korištenje obnovljivim izvorima energije.

Moramo biti optimistični i ujedinjeni te poštovati svoje nacionalne interese i promicati ih na svim područjima. Potencijala imamo, ali ga trebamo iskoristiti. Na Harvardu su izračunali da je 85% svega što ljudi postignu rezultat njihova optimizma i vjere u sebe, a znanje i darovitost čine samo 15% postignuća. Stoga smatram da je u ovim kriznim i neizvjesnim vremenima strah najveća opasnost. Optimist će u svakoj situaciji vidjeti priliku za uspjeh, a pesimist će vidjeti razlog za neuspjeh - on će razmišljati o zaprekama i tražiti izgovore zašto se nešto ne može napraviti.

Ovo je vrijeme vrijeme solidarnosti i odgovornosti, ali i vrijeme za hrabre. Iz toga izrasta produktivnost koja nije samo temelj za porast zapošljavanja i životnog standarda, već i konkurentnosti na međunarodnom tržištu, na koje drvena industrija plasira više od 60% svoje proizvodnje.

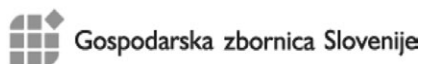
Zdravko Jelčić, dipl. oec.
predsjednik Udruženja drvoprerađivačke industrije



Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
u suradnji s



Zagrebački
Velesajam



organizira i poziva Vas na

20. MEĐUNARODNO ZNANSTVENO SAVJETOVANJE

"DRVO JE PRVO – NOVI MATERIJALI, KVALITETA I DIZAJN PROIZVODA"

16. listopada 2009. godine, Zagrebački velesajam

Poštovani,

Naše tradicionalno savjetovanje u okviru 36. međunarodnog sajma namještaja, unutaršnjeg uređenja i prateće industrije održat će se **16. 10. 2009. na Zagrebačkom velesajmu** pod pokroviteljstvom Ministarstva regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva. Tema ovogodišnjeg savjetovanja je "DRVO JE PRVO – NOVI MATERIJALI, KVALITETA I DIZAJN PROIZVODA". Pozivamo sve zainteresirane autore koji žele prezentirati svoja iskustva iz prakse i /ili rezultate znanstvenih istraživanja vezanih uz navedenu temu da nam pošalju prijavu svoga rada.

Autori i radni naslov (na hrvatskom i engleskom jeziku), te sažetak rada (100-200 riječi) na hrvatskom jeziku prijavljuju se **najkasnije do 01.06.2009.** na e-mail adresu: jirous@sumfak.hr ili pervan@sumfak.hr ili **Fax: + 385 1 235 2531**

Programsko-recenzijski odbor procijenit će sažetke i izabrati radove. Uz obavijest o prihvaćanju sažetaka autorima će biti dostavljene upute vezane uz pripremu radova. Službeni jezici savjetovanja su hrvatski i engleski. Radovi autora iz inozemstva moraju biti pisani na engleskom jeziku. Autori iz Hrvatske radove pišu na hrvatskom i na engleskom jeziku. Svi prihvaćeni radovi bit će objavljeni u zbornicima radova na hrvatskom jeziku i engleskom jeziku. Zbornik radova na engleskom jeziku sa prošlogodišnjeg savjetovanja indeksiran je u bazi ISI Proceedings, koja je dio baze Web of Knowledge.

Kompletan rad na hrvatskom i na engleskom jeziku potrebno je poslati **najkasnije do 17.07.2009. godine.**

Pozivamo Vas da nam se pridružite.

Predsjednik Znanstvenog odbora
Savjetovanja
Prof.dr.sc. Ivica Grbac

Koordinatorica projekta AMBIENTA 09
Prof. dr. sc. Vlatka Jirouš-Rajković

Terminalia bialata Steudel

NAZIVI I NALAZIŠTE

Terminalia bialata Steudel vrsta je drva koja pripada porodici *Combretaceae*, a poznata je po lokalnim nazivima Chuglam white wood, Indian Silver-Grey wood, lein, andaman ash.

Raste na Andamanskim otocima u Bengalskom zaljevu, Indija.

STABLO

Stablo doseže visinu od 30 do 48 metara, a promjer mu je 0,75 do 1,5 metara.

DRVO

Makroskopska obilježja

Nema izrazite razlike u boji široke bjeljike i srži. Boja drva je jednolično sivkastožuta, sivo ili mutno žućkastosmeđa, s nepravilnim tamnim mrljama koje daju mramorni izgled.

Žica je uglavnom pravilna. Tekstura je srednje fina do gruba, sjajna. Drvo ima karakterističan miris i okus. Rastresito je porozno. Velike pore dobro su vidljive običnim okom i pretežno su pojedinačno raspoređene. Parenhim je uglavnom konfluentan, uočljiv običnim okom. Granica goda slabo je uočljiva.

Mikroskopska obilježja

Perforacije članaka traheja jednostavne su. Traheje su u srži ispunjene gumoznim sadržajima i pretežno su pojedinačne. Promjer traheja veći je od 200 mikrometara. Intervaskularne su jažice bradavičaste. Drvni su traci isključivo jednoredni i homogeni. Aksijalni parenhim pretežno je paratrahealano aliforman ili konfluentan u dugim vrpčama. U stanicama parenhima ima kristala. Drvo ima i septiranih vlakana.

Fizikalna svojstva

Prosječna gustoća prosušenog drva je oko 670 kg/m³. Totalno radijalno utezanje iznosi oko 5,4 %, tangentno oko 7,4 %, a volumno oko 13,2 %.

Mehanička svojstva

Čvrstoća prosušenog drva nešto je manja od čvrstoće drva europske bukve.

Čvrstoća na tlak paralelno s vlakancima	oko 49,6 MPa
Čvrstoća na savijanje	oko 100 MPa
Modul elastičnosti	oko 14,5 GPa

TEHNOLOŠKA SVOJSTVA

Obradivost

Drvo *Terminalia bialata* lako se ručno i strojno obrađuje. Nakon obrade alatima drvo je glatko i sjajno. Dobro se pili i ljušti. Lako prima čavle i vijke, dobro se lijepi, polira i lakira.

Sušenje

Drvo se u natkrivenom prostoru prirodno vrlo lako i bez grešaka suši. Prije sušenja čela je potrebno zaštititi od naglog isušivanja da bi se spriječilo stvaranje pukotina i raspuklina.

Trajnost i zaštita

Drvo *Terminalia bialata* srednje je trajno, podložno napadu bjeljikara. Impregnira se srednje teško do vrlo teško.

Uporaba

Drvo *Terminalia bialata* upotrebljava se za izradu intarzija, furnira, namještaja i visokokvalitetne stolarije, drvenih podova, kutija i opreme za brodove.

Literatura

1. Brazier, J.; Franklin, G.L. 1961: Identification of Hardwoods – A microscope key, FPR Bulletin No. 46, HMSO, London.
2. *** 1972: Handbook of hardwoods, 2nd edition, Building Research Establishment, London: Her Majesty's Stationery Office.
3. Rendle, B.J. 1970: World timbers, London: Ernest Benn limited University of Toronto press, vol.3, str. 30.
4. *** 1979: The Timber Research and Development Association (TRADA): Timbers of the world, The Construction Press Ltd., Lancaster, England.
5. *** 1960: Identification of Hardwoods – A lens key, FPR Bulletin, No. 25, HMSO, London.

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

LABORATORIJ ZA ISPITIVANJE NAMJEŠTAJA I DIJELOVA ZA NAMJEŠTAJ



ovlašteni laboratorij za ispitivanje kvalitete namještaja i dijelova za namještaj

istraživanje drvnih konstrukcija i ergonomije namještaja

ispitivanje zapaljivosti i ekolozičnosti ojastučenog 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, drvnj industriji i industriji namještaja s naglaskom na povećanje konkurentnosti europske industrije.

Istraživanje kreveta i spavanja, istraživanja dječjih kreveta, optimalne konstrukcije stolova, stolica i korpusnog namještaja, zdravog i udobnog sjedenja u školi, u redu 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 prepoznatljivima

Znanje je naš kapital

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 drvni proizvoda, uključivši i proizvodnu, upravljačku i tržišnu problematiku u drvnoj 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 prihvatanju članka (prema preporukama recenzenata) donosi Urednički odbor.

Svi prilogi 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 izveštavati 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 1/2 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 omogućiti razumijevanje namjera autora.

Materijal i metode trebaju biti što preciznije opisane da omogućće 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 obročavaju 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 zasebnoj 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 potpune 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 poledini 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/editor): 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.

Tiskani slog i primjerci

Autoru se prije konačnog tiska šalju po dva primjerka tiskanog sloga. Jedan primjerak treba pažljivo ispraviti putemob 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 let-

ters 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 Holwerkstoffe*. 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.

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. Acopy of a journal will be forwarded to each contributor.