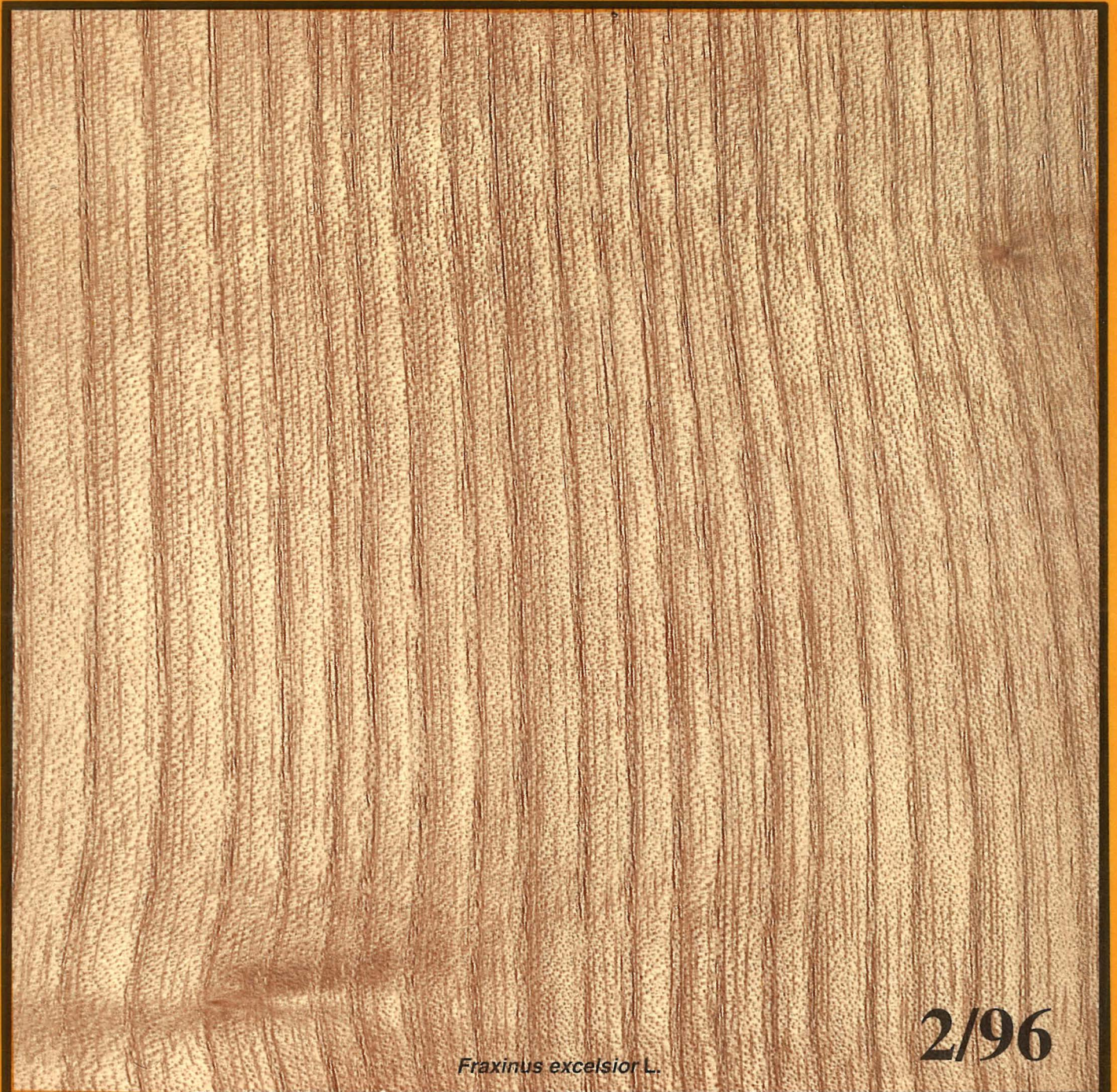


DRVNA INDUSTRIJA

ZNANSTVENO STRUČNI ČASOPIS ZA PITANJA DRVNE TEHNOLOGIJE • ZAGREB • VOLUMEN 47 • STRANICA 53-92 • BROJ 2
SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL JOURNAL OF WOOD TECHNOLOGY • ZAGREB • VOLUME 47 • PAGES 53-92 • NUMBER 2



Fraxinus excelsior L.

2/96



HRVATSKE ŠUME

Višenamjenskim potrajnim gospodarenjem šumama i šumskim zemljištem, kojim se podjednako osiguravaju ekološke, općekorisne i gospodarske funkcije šume, "Hrvatske šume", p.o. Zagreb, uvećavaju nacionalno bogatstvo i pridonose opstojnosti hrvatske države.

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)230 22 88; Fax (*385 1)21 86 16

SUIZDAVAČI
Co-Publishers

Exportdrvo d.d., Zagreb
Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb

OSNIVAČ
Founder

Institut za drvnoindustrijska istraživanja, Zagreb

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK
Editor-in-Chief

Dr. sc. Hrvoje Turkulin

UREDNIČKI ODBOR
Editorial Board

Doc. dr. sc. Andrija Bogner, Prof. dr. sc.
Vladimir Bruči, dr. sc. Jurica Butković, prof. dr.
sc. Mladen Figurić, prof. dr. sc. Vlado Goglia,
izv. prof. dr. sc. Ivica Grbac, prof. dr. sc.
Vladimir Hitrec, prof. dr. sc. Boris Ljuljka, prof.
dr. sc. Božidar Petrić, prof. dr. sc. Vladimir
Sertić, prof. dr. sc. Stjepan Tkalec, svi iz Zagreba,
Dr. Georg Böhner, München, Njemačka, Dr.
Robert L. Geimer, Madison WI, USA, dr. Eric
Roy Miller, Watford, Velika Britanija, prof. dr.
A.A. Moslemi, Moscow ID, USA, dr. John A.
Youngquist, Madison WI, USA, prof. emeritus
R. Erickson, St. Paul MN, USA, prof. dr.
W. B. Banks, Bangor, Velika Britanija

IZDAVAČKI SAVJET
Publishing Council

Izv. prof. dr. sc. Ivica Grbac (predsjednik),
Šumarski fakultet Zagreb, prof. dr. sc. Boris
Ljuljka, Šumarski fakultet Zagreb, Josip
Štimac, dipl. ing. (Exportdrvo d.d.), Hranislav
Jakovac, dipl. ing. (Hrvatsko šumarsko
društvo)

TEHNIČKI UREDNIK
Production Editor

Zlatko Bihar

LEKTORI
Linguistic Advisers

Zlata Babić, prof. Gordana Mikulić, prof.
(hrvatski - Croatian)
Mr. sc. Goranka Antunović
(engleski-English)
Mr. sc. Marija Lütze - Miculinić
(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 aspekata proizvodnje te trgovine
drvom i drvnim proizvodima.

Časopis izlazi četiri puta u godini.

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

The journal is published quarterly.

OVAJ BROJ ČASOPISA SUFINANCIRA

EXPORTDRVO

MARULIČEV TRG 18, 10000 ZAGREB, HRVATSKA
tel 385/01/4560-222, fax. 385/01/420-004

Sadržaj

Contents

NAKLADA (Circulation): 600 komada • ČASOPIS JE REFERIRAN U (Indexed In): Forestry abstracts, Forest products abstracts, Agricola, Cab abstracts, Paperchem, Chemical abstracts, Abstr. bull. inst. pap. chem, CA search • PRILOGE treba slati na adresu Uredništva. Znanstveni i stručni članci se recenziraju. Ru-kopisi se ne vraćaju. MANUSCRIPTS are to be submitted to the Editor's office. Scientific and professional papers are reviewed. Manuscripts will not be returned • PRETPLATA (Subscription): Godišnja pretplata (annual subscription) za sve pravne osobe i sve inozemne pretplatnike 40 USD. Pretplata u Hrvatskoj za individualne pretplatnike iznosi 20 USD, a za đake, studente, škole i umirovljenike 6 USD, u protivrijednosti navedenih iznosa plativa u kunama na dan uplate na žiroračun 30102-603-929 s naznakom "Drvena industrija" • ČASOPIS SUFINANCIRA Ministarstvo znanosti Republike Hrvatske. Na temelju mišljenja Ministarstva prosvjete, kulture i športa Republike Hrvatske br. 532-03-1/7-92-01 od 15. lipnja 1992. časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet • SLOG I TISAK (Typeset and Printed by) - „MD” - kompjutorska obrada i prijelom teksta - ofset tisak Zagreb, tel. (01) 3880-058, 531-321, E-mail: tiskara-md@zg.tel.hr, URL: <http://www.ergraf.hr/tiskara-md> • DESIGN Aljoša Brajdić • ČASOPIS je dostupan na INTERNETU: <http://www.ergraf.hr/tiskara-md>

DRVNA INDUSTRIJA • Vol. 47, 2• str. 53-92 • ljeto 1996. • Zagreb
REDAKCIJA DOVRŠENA 1997. 02. 28.

ZNANSTVENI RADOVI

Scientific papers

ACCELERATED AGING OF LOW-DENSITY CEMENT-BONDED WOOD COMPOSITES MADE CONVENTIONALLY AND WITH CARBON DIOXIDE INJECTION
Ubrzano starenje lakih cementnih drvnih ploča proizvedenih konvencionalno i uz injekciju ugljik-dioksida
Robert L. Geimer; Mário R. Souza; Ali A. Moslemi 55-62

IMPROVING THE GLUED JOINT STRENGTH BY MODIFYING THE BEECHWOOD (*Fagus sylvatica* L.) WITH GAMMA RAYS
Povećanje čvrstoće lijepljenog spoja modifikacijom bukovine (*Fagus sylvatica* L.) ozračivanjem gama zrakama
Andrija Bogner, Boris Ljuljka, Ivica Grbac 68-73

PRETHODNO PRIPĆENJE

Preliminary paper

PRERADBA HRASTOVA ABONOSA (*Quercus robur* Erch) U PLEMENITE FURNIRE
Processing of bog-oak (*Quercus robur*, Erch) into fine veneer
Franjo Penzar, Hrvoje Matušić 63-67

PREGLEDNI RADOVI

Review papers

UREĐAJI ZA SUŠENJE DRVA PODRŽANI RAČUNALOM
Computer supported kiln devices
Stjepan Pervan, Ivica Grbac 74-82

NOVI ZNASTVENI RADNICI

Scientists and their careers 83-85

UZ SLIKU S NASLOVNICE

Species on the cover 86

Robert L. Geimer; Mário Rabelo de Souza; Ali A. Moslemi

Accelerated Aging of Low-Density Cement-Bonded Wood Composites Made Conventionally and With Carbon Dioxide Injection

Ubrzano starenje lakih cementnih drvnih ploča proizvedenih konvencionalno i uz injekciju ugljik-dioksida

Izvorni znanstveni članak - Original scientific paper

Prispjelo - received: 20.11.1996. • Prihvaćeno - accepted: 12.03.1997.

UDK 634.0.839.1 i 634.0.862.1

SUMMARY • The purpose of this study was to evaluate the durability of low-density cement-bonded wood composites using an accelerated aging process. Low-density cement-bonded wood composites were made with two types of wood particles (excelsior and splinter) and pressed either conventionally or with carbon dioxide injection. In the conventional boards, calcium chloride and sodium silicate were tested as additives to improve wood to cement bonding. Calcium hydroxide and a mixture of calcium hydroxide and sodium silicate were added to portions of the CO₂-injected boards. All the boards were tested before and after 10 cycles of a 3-day soak/freeze/thaw/dry cycle. Boards injected with carbon dioxide showed better initial physical and mechanical properties and also better performance after accelerated aging than did conventionally pressed boards. Excelsior board outperformed splinter board in all conditions tested. No difference could be attributed to additives in either the conventional or the CO₂-injected boards. In all treatments, flexural modulus of elasticity

Robert L. Geimer, Ph. D., Forest Products Tehnologist, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI, USA

Mário Rabelo de Souza, Ph.D., Wood Technology Researcher, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Laboratorio de Produtos Florestais, Brasília, DF, Brazil

Ali A. Moslemi, Ph.D., Professor Forest Products Department University of Idaho, Moscow, ID, USA

retention was less than 50% after 10 cycles of aging, and modulus of rupture was less than 75%. The analysis indicated that freezing had no effect on aging.

Key words: excelsior board, mineral board, cement, carbon dioxide, durability, cyclic test, accelerated aging, sodium silicate.

SAŽETAK • Ploče od drvene vune (ili od excelsior iverja, kako se to naziva u SAD) nazivaju se po vrsti usitnjenog drva koje se koristi u njihovoj proizvodnji. Drvo se usitnjava struganjem okoranih drvnih trupčića, približno dugih 50 cm, u duge uvijene trake. Te trake odstupaju u debljini od 0,08 mm do 0,50 mm a širina im može biti od 0,60 do 12,5 mm. Duge kovrčave trake imaju vrlo malu prostornu gustoću, što omogućuje izradu lakih ploča usprkos velikoj specifičnoj gustoći cementnog veziva ($3,0 \text{ g/cm}^3$). Lake cementne drvene ploče (engl. low-density cement-bonded wood composites, LD-CBWC) općenito imaju gustoću u rasponu od 0,48 do $0,58 \text{ g/cm}^3$. U SAD-u se za ploče drvene vune najčešće koristi borovina (*Pinus spp*) i jasikovina (*Populus spp*) koje se miješaju s portland slaine cementom ili magnezijским cementom. Cementne ploče drvene vune koriste se za izolaciju krovova, stropova i zidova. Ploče imaju vrlo dobru dimenzijsku stabilnost i izvrsnu otpornost na gljive, insekte i gorenje. Nadalje, njihova mala gustoća smanjuje provodljivost topline i povećava zvučnu izolaciju.

Cilj ovog istraživanja bila je procjena trajnsoti lakih cementnih drvnih ploča primjenom ubrzanih metoda starenja. Cementne drvene ploče male gustoće načinjene su od dvije vrste drvnih čestica (drvene vune - excelsior i dugog iverja - splintera), a prešane su ili uobičajenim - konvencionalnim načinom ili uz ubrzavanje ugljikova dioksida. U konvencionalnim pločama su kalcijev klorid i natrijev silikat iskušani kao veziva da bi se poboljšalo vezanje drva i cementa. Kalcijev hidroksid i mješavina kalcijeva hidroksida i natrijeva silikata dodavani su dijelovima ploča koje su bile injektirane sa CO_2 . Sve su ploče ispitivane prije i nakon 10 ciklusa koji su se sastojali od trodnevne izmjene potapanja, smrzavanja, taljenja i sušenja. Ploče injektirane ugljikovim dioksidom pokazale su bolja početna fizička i mehanička svojstva kao i bolju postojanost pri izlaganju nego konvencionalno prešane ploče. Ploče drvene vune nadmašile su ploče od drugog iverja u svim ispitivanim uvjetima. Aditivima se ne može pripisati nikakvo značajno poboljšanje ni u konvencionalnim ni u injektiranim pločama. Pri svim tretmanima je nakon 10 ciklusa starenja smanjenje modula elastičnosti bilo veće od 50%, a modul loma je umanjen za više od 25%. Analiza je pokazala da smrzavanje nema utjecaja na ubrzavanje starenja.

Ključne riječi: ploče drvene vune, mineralne ploče, cement, ugljikov dioksid, postojanost, ubrzano starenje, cikličko ispitivanje, natrijev silikat.

INTRODUCTION

Excelsior board, or "wood-wool" as it is referred to in Europe, is named after the type of particle used in its manufacture. The particle is produced by shredding debarked wood bolts, approximately 50-cm long, into long curly strands. Strands vary in thickness from 0.08 to 0.50 mm and in width from 0.60 to 12.5 mm. The long curly strands have a very low bulk density, which permits the construction of a low-density board despite the 3.0 specific gravity (SG) of the cement

binder. Low-density cement-bonded wood composites (LD-CBWC) generally range in density from 0.48 to $0,58 \text{ g/cm}^3$ (10). In the United States, southern pine (*Pinus spp.*) and aspen (*Populus spp.*) are favored for excelsior and are mixed with Portland cement and magnesia cement (5,8,18). The LD-CBWCs are used in roof decking, ceilings, and walls (8,15). Like their high-density counterparts, LD-CBWCs have very good dimensional stability and excellent resistance to fire, fungi, and insects (15,19). In addition, their

reduced density lowers thermal conductivity and increases sound insulation (7).

Many publications on LD-CBWC discuss the problem of wood-cement compatibility (2,3,6,9-11). The hydration-inhibiting effect of wood sugars and extractives can be reduced by seasoning the logs, washing the excelsior, or adding chemicals such as calcium chloride and sodium silicate. Studies have shown that the use of carbon dioxide injection to promote cement cure also improves the effective compatibility of wood and cement (13,16,18).

Studies on strength properties of LD-CBWC by Lee (5) indicated that the modulus of elasticity (MOE) of low-density boards increased almost linearly when the wood/cement ratio was increased from 0.38 to 0.50. Modulus of rupture (MOR) also increased with increasing wood/cement ratio. Pablo and Geimer (14) obtained similar results with wood/cement ratios of 0.45 to 0.65.

In comprehensive work on durability of agro-fiber-cement composites, Gram (4) concluded that durability is greatly affected by soaking/drying cycles. According to Gram, fiber degradation and board embrittlement caused by elevated pH (between 11 and 12) is aggravated by cement pore water movement. He suggested that an accelerated aging test that incorporates soaking/drying cycles is appropriate for cement composites. Soroushian et al. (17) and Moslemi et al. (13) investigated the durability of high-density cement-bonded wood composites. Durability studies on LD-CBWC, however, are somewhat limited. Lee (6) investigated the bending and thickness swelling properties of a commercially produced excelsior board tested before and after 48 h water soaking. Bending properties tested after reconditioning the boards in a 65% relative humidity chamber were not significantly affected. Lee concluded that the boards were very stable.

OBJECTIVES

The overall purpose of this study was to evaluate the durability of low-density cement-bonded particleboard using an accelerated aging process. Specific objectives were to determine the effect of two wood particles (excelsior and splinter), two press systems (conventional and carbon dioxide injection), and two additives (calcium chloride and sodium silicate) on bending and compression-shear strength retention and dimensional stability following a 10-cycle wet/dry exposure.

EXPERIMENTAL METHODS

Wood Preparation

Two different wood particles were used in this study: commercial aspen (*Populus* sp.) excelsior and aspen splinters. The excelsior, commercially specified as excelsior 604, was 0.3 mm thick and 6 mm wide. The original particle was shortened from about 500 mm to between 100 and 150 mm, to facilitate blending and also achieve better cement coverage over the particles. Splinters were obtained by crushing freshly harvested aspen logs. The logs were first reduced to splinters by passing them several times lengthwise through a specially designed crushing device. The 300- to 500-mm-long splinters were then cross-cut to approximately 80 mm long, and finally passed crosswise through a commercial grain-crushing machine. The second reduction generated rough splinterlike particles with low bulk density, similar to those described by Marra (12). The grain-crushing machine imparted a significant amount of cross-grain damage to the splinters. However, we felt that development of commercial machines could improve splinter quality and that the potential utilization of large quantities of forest residues as splinters warranted investigation of the material. The furnish was screened on a 1.6-mm mesh to separate the fines. Prior to board fabrication, all particles were soaked in water for 24 h to reduce the amount of water-soluble sugars and tannins and were finally dried to approximately 1% moisture content.

Board Fabrication

Three replications were made of eight board types. Variables included two particle types (excelsior and splinters), two pressing methods (conventional and CO₂ injection), and two additives (calcium chloride (CaCl₂) and sodium silicate (Na₂SiO₃) for conventional boards and calcium hydroxide (Ca(OH)₂) and a mixture of Ca(OH)₂ and Na₂SiO₃ for CO₂-injected boards). Type I Portland cement was used as the binding agent. All boards had a wood/cement ratio of 0.5, with additives considered part of the cement binder. Additive quantities based on total weight of the binder were as follows:

Conventional boards:

2% CaCl₂

2% Na₂SiO₃

Co-injected boards:

5% Ca(OH)₂

5% Ca(OH)₂ and 2% Na₂SiO₃.

All boards measured 660 by 600 mm and were fabricated to a specific gravity (SG) of 0.5 based on oven-dry hydrated weight. Board thickness was 25 mm, and water/cement ratio was 0.6. Boards made in the conventional manner were cold pressed to target thickness; at this thickness they were restrained by clamps for 24 h. Boards made using CO₂ injection were pressed in a sealed gas injection press. After target thickness had been attained and following 220 s of gassing at a gas pressure of 400 kPa, the CO₂ supply was terminated and the gas in the system allowed to disperse into the board. Total press time was 400 s. More information about CO₂ injection can be found in Souza (14).

Testing

Bending stiffness of the whole board was obtained immediately after pressing by measuring deflection directly beneath a concentrated load at the center of the board, which was supported on a 61-cm span. This test was repeated after curing the board at 27°C and 80% relative humidity (RH) for 28 days.

Each board provided three sets of four specimens each. Each set included a static bending specimen (76.2 by 355.6 mm), linear expansion (LE) specimen (76.2 by 304.8 mm), 24-h water absorption and thickness swell specimen (152.4 by 152.4 mm), and compression-shear (also called Minnesota shear) specimen (50.8 by 57.1 mm). Except for the water absorption and thickness swell specimens, which were reduced in size, all testing was performed according to ASTM D 1037-89 (1). Toughness (work to maximum load) was calculated from the bending data and is presented without adjustment for sample volume. Bending, compression-shear, water absorption, and thickness swell specimens were tested after conditioning to equilibrium at 27°C, 80% RH. The LE specimens were measured after conditioning once to 23°C, 50% RH and again to 23°C, 90% RH. Linear expansion was measured using an optical gauge capable of reading, to the nearest 0.0025-mm, the distance between two brass pins embedded approximately 254-mm apart. The water absorption and thickness swelling specimens were measured before and after horizontal immersion in water for 24 h.

The first set of specimens was used as the control. The second set of specimens was subjected to 10 cycles of accelerated aging. The accelerated regime was based on work published by Gram (4) and modified to suit our conditions. Each cycle consisted of the

following:

1. immersion in water at 20°C for 24 h
2. freezing at -17°C for 24 h
3. thawing at room temperature for 2 h
4. oven-drying at 100°C for 22 h

After accelerated aging, the specimens were equilibrated again at 27°C and 80% RH prior to testing.

The third set of specimens was subjected to 10 cycles of an alternative regime similar to that just described but with the elimination of the freezing/thawing steps. The third set of specimens was tested in the same way as the second set.

Experimental Design

The small number of sample replications (one sample from each of three replicated boards) coupled with large variations between samples, characteristic of LD-CBWC, lessened confidence in statistical analysis. However, a Ryan-Einot-Gabriel-Welsh (REGWF) multiple F test was conducted to check differences in test results of boards made with various additives. The effect of freezing was studied in a separate one-way ANOVA.

RESULTS AND DISCUSSION

A major concern in the development of aging tests is the proper selection of the type and extent of exposure conditions that permit measurable degradation of selected properties in a reasonable time. A harsh exposure sequence that reduces a specific property to zero in one cycle is of no more value than a mild one that has no effect on the property in question. Time and space limitations, associated with the research reported here, dictated only one evaluation of the exposed specimens. Preliminary testing had indicated that 10 cycles of the previously described exposure conditions would result in a measurable degradation of the strength properties in question. The exposure program used was indeed useful in determining the relative effect of fabrication variables (press type, particle type, and additives) on loss of bending, shear, and toughness properties. In general, the cyclic exposure had little effect on thickness swell and water absorption of the LD-CBWCs. However, surface erosion of the low-density boards disrupted the LE measuring pins and prevented precise measurement of LE changes attributed to the exposure. There was no attempt to correlate the extent of degradation in the aging tests to any meaningful long-term weatherability factor.

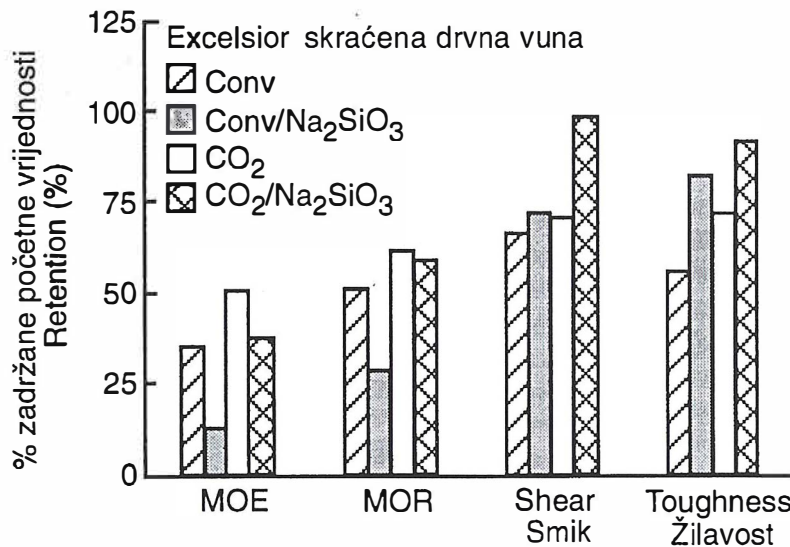


Figure 1. Retention values for MOE, MOR, shear, and toughness obtained for excelsior boards after 10 cycles of accelerated aging. • Postoci zadržanih početnih vrijednosti modula elastičnosti (MOE), modula loma (MOR), čvrstoće na smicanje i žilavosti za ploče od drvene vune ("excelsior") nakon 10 ciklusa ubrzanog starenja.

Initial Stiffness and Weight Gain

Initial bending stiffness, measured on the whole board after 24 h of conventional pressing, was 54% of final stiffness measured after 28 days of curing. The CO₂-injected boards measured after 400 s of pressing reached 30% of their final stiffness. In both cases, the initial cure was adequate to prevent springback from occurring and permitted easy handling of the boards after pressing.

Average board weight gain (based on cement weight) during pressing for all CO₂-injected boards was 10%. This represents the amount of gas that was incorporated into the board. Typical CO₂ system efficiency (weight gain/measured gas consumption) was 32%. The additional gas was used to fill the system or was lost through leakage.

Excelsior Boards

Data on physical and mechanical properties are presented in Table 1. The CO₂-injected boards consistently showed higher mean values than did the conventionally pressed boards for MOE, MOR, shear, and toughness. No consistent difference in the thickness swell, water absorption, and LE properties of the control excelsior boards could be attributed to pressing method. The effect of Na₂SiO₃ addition varied with press mode and particle type- detrimental to some properties and favorable to others. Statistical

analysis did not detect any difference between the four additive treatments for any of the variables tested. Coefficients of variation for this test were 21%, 30%, 28%, and 48% for MOE, MOR, shear, and toughness, respectively.

After 10 cycles of aging, strength properties were substantially reduced in most cases (Table 1). The extent of loss varied considerably, depending on the strength property under consideration (Fig. 1). The CO₂-injected boards retained higher properties after aging.

Sample thickness was not obtained in a saturated condition, i.e., immediately after the soaking portion of the cyclic exposure. However, no warping, delamination, or twisting of the specimens was observed. Aging did not generate any unrecoverable thickness swell, as measured for conditioned specimens before and after aging. As mentioned previously, surface deterioration suffered by the samples prevented measurement of linear expansion after cyclic exposure. Efflorescence, the movement of free Ca(OH)₂ to the surface creating a white "blush", was very noticeable in the conventionally pressed boards. This phenomenon did not occur in the CO₂-injected pressed boards.

Data for boards subjected to a cyclic exposure without freezing indicate that the freezing portion of the 10-cycle aging exposure had a negligible effect on mechanical properties (Table 1).

Table 1.
Physical and mechanical properties of low-density aspen excelsior boards after 28 days of curing and 10 cycles of aging^a •
Fizikalna i mehanička svojstva "excelsior" lakih cementnih ploča od jasikovine nakon 28 dana stezanja i 10 ciklusa starenja

Treatment Postupak izrade	Property ^b - Svojstvo ^b						
	MOE Modul elasticiteta (GPa)	MOR Modul loma (MPa)	Shear Čvrstoća na smicanje (kPa)	Toughness Žilavost (N.mm)	Thickness swell Debljinsko bubrenje (%)	Water adsorption Nakuplja- nje vode (%)	Linear expansion Linearno istezanje (%)
	Before aging ^c Prije starenja ^c						
Conventional Konvencionalno	0,84a	1.28a	383a	383a	2.6a	63a	0.13a
Conv/Na ₂ SiO ₃	0.75a	1.39a	260a	268a	3.1a	66a	0.11a
CO ₂	0.94a	2.29a	404a	630a	2.9a	63a	0.10a
CO ₂ /Na ₂ SiO ₃	0.93a	2.04a	409a	564a	3.1a	62a	0.11a
	After 10 cycles of aging with freezing ^c Nakon 10 ciklusa starenja sa smrzavanjem ^c						
Conventional Konvencionalno	0.3	0.9	213	252	2.9	54	-
Conv/Na ₂ SiO ₃	0.1	0.4	214	192	1.2	75	-
CO ₂	0.48	1.42	290	450	3.5	70	-
Co ₂ /Na ₂ SiO ₃	0.34	1.21	373	552	1.7	61	-
	After 10 cycles of aging without freezing ^c Nakon 10 ciklusa starenja bez smrzavanja ^c						
Conventional Konvencionalno	0.2	0.71	238	237	-	-	-
Conv/Na ₂ SiO ₃	0.11	0.40	163	197	-	-	-
CO ₂	0.37	1.16	365	337	-	-	-
Co ₂ /Na ₂ SiO ₃	0.25	0.97	415	350	-	-	-

^aMean values with the same letter, in the same group, are not significantly different at 5% level, using REGWF-F test

^b24-h thickness swell, 24-h water adsorption, and linear expansion from 50% to 90% relative humidity.

^cAverage specific gravity was 0.46 for conventional boards and 0.52 for CO₂-injected boards before aging and 0.52 and 0.54 after aging, respectively.

^aSrednje vrijednosti s istim slovom u istoj grupi nisu signifikantno različite na nivou 5%, upotrebn REGWF-F testa.

^b24-satno debljinsko bubrenje, 24-satno nakupljanje vode i linearno istežanje od 50% do 90% relativne vlažnosti zraka.

^cProsječna specifična težina je prije starenja za konvencionalne ploče iznosila 0.46 a 0.52 za CO₂ injektirane ploče, dok su te vrijednosti nakon starenja iznosile 0.52 i 0.54 g cm⁻³.

Splinter Boards

Property values for splinter boards are given in Table 2. In almost all cases, strength properties of splinter boards were lower than those of excelsior boards. Similar to that experienced with excelsior boards, CO₂ injection resulted in higher strength properties of the splinter boards compared to conventional pressing. Thickness swell appeared to be slightly less and water absorption slightly more than that observed in the excelsior boards. Statistical analysis showed some effect of additive

treatment, but no pattern was apparent.

Strength properties were in most cases considerably reduced by the cyclic exposure (Fig. 2). Shear and toughness suffered less than bending MOE and MOR. Aging did not affect board thickness or density, and it had little effect on 24-h thickness swelling and water absorption, indicating the very stable characteristics of inorganic bonded boards. Analysis again indicated that the freezing portion of the 10 aging cycles has little effect on mechanical property reduction.

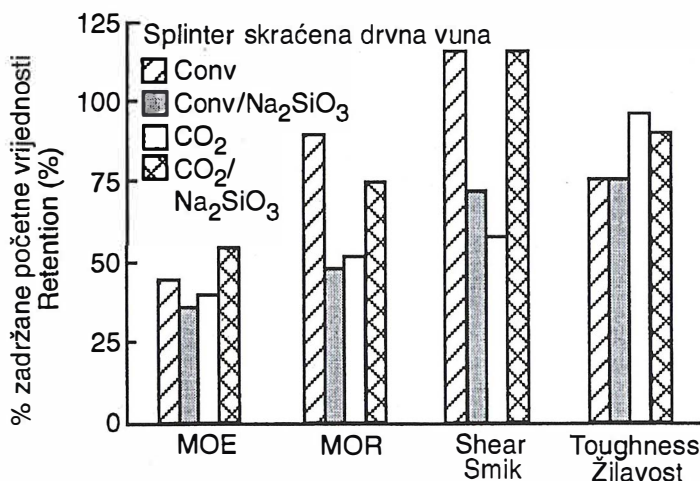


Figure 2
Retention values for MOE, MOR, shear, and toughness obtained for splinter boards after 10 cycles of accelerated aging. • Postoci zadržanih početnih vrijednosti modula elastičnosti (MOE), modula loma (MOR), čvrstoće na smicanje i žilavosti za ploče od dugog iverja ("splinter") nakon 10 ciklusa ubrzanog starenja.

Treatment Postupak izrade	Property - Svojtvo						
	MOE Modul elastičnosti (GPa)	MOR Modul loma (MPa)	Shear Čvrstoća na smicanje (kPa)	Toughness Žilavost (N.mm)	Thickness swell Debljinsko bubrenje (%)	Water adsorption Nakupljanje vode (%)	Linear expansion Linearno istezanje (%)
Before aging ^a Prije starenja ^a							
Conventional Konvencionalno	0.47a	0.80b	319a	206b	1.9a	82a	0.12a
Conv/Na ₂ SiO ₃	0.51a	1.04ab	340a	218b	2.4a	78a	0.10ab
CO ₂	0.70a	1.76a	398a	588a	1.5a	77a	0.09ab
CO ₂ /Na ₂ SiO ₃	0.42a	1.01b	377a	274b	1.3a	74a	0.07b
After 10 cycles of aging with freezing ^a Nakon 10 ciklusa starenja sa smrzavanjem ^a							
Conventional Konvencionalno	0.21	0.72	243	238	0.8	99	-
Conv/Na ₂ SiO ₃	0.19	0.50	258	160	1.1	92	-
CO ₂	0.29	0.92	387	348	1.5	86	-
CO ₂ /Na ₂ SiO ₃	0.23	0.76	342	317	0.4	82	-
After 10 cycles of aging without freezing Nakon 10 ciklusa starenja bez smrzavanja							
Conventional Konvencionalno	0.17	0.58	180	236	-	-	-
Conv/Na ₂ SiO ₃	0.12	0.39	114	257	-	-	-
CO ₂	0.26	0.90	362	306	-	-	-
CO ₂ /Na ₂ SiO ₃	0.14	0.47	215	254	-	-	-

Table 2.
Physical and mechanical properties of low-density aspen splinter boards after 28 days of curing and 10 cycles of aging • Fizikalna i mehanička svojstva lakih cementnih ploča od jasikovog dugog iverja ("splinter") nakon 28 dana stezanja i 10 ciklusa starenja.

^aAverage specific gravity was 0.48 for conventional boards and 0.49 for CO₂-injected boards before aging and 0.50 and 0.53 after aging, respectively.

^aProsječna specifična težina je prije starenja za konvencionalne ploče iznosila 0.48 a 0.49 za CO₂ injektirane ploče, dok su te vrijednosti nakon starenja iznosile 0.50 i 0.53 g cm⁻³.

CONCLUDING REMARKS

Excelsior produced stronger boards than did splinters. The CO₂-injected boards had consistently higher bending and shear strength mean values after 28 days of curing than those of conventionally pressed boards. However, statistical analysis did not identify consistent significant initial strength differences resulting from either pressing technique or the addition of Na₂SiO₃. Strength properties were severely affected by the 10-cycle soaking, freezing, thawing, and drying test. Modulus of elasticity and MOR retention after aging was, in most cases, below 50% and 75%, respectively, for both the excelsior and splinter boards. No unrecoverable thickness swelling appeared during aging, nor was thickness swelling or water absorption of the reconditioned boards affected. The data indicate that freezing has no effect on aging.

LITERATURE CITED

1. American Society for Testing and Materials. 1989. Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM D 1037-87. Annual Book of ASTM Standards, 04.09 Wood, ASTM, Philadelphia, PA. pp. 226-272.
2. Fisher, V.F., Wienhaus, O., Ryssel, M., Olbrecht, J.F. 1974. Water soluble carbohydrates in wood and their influence on the manufacture of wood-wool light building slabs. Holztechnologie (1):12-19.
3. Gnanaharan, R. and Dhamodaran, T.K. 1985. Suitability of some tropical hardwoods for cement-bonded wood-wool board manufacture. Holzforschung 39:337-340.
4. Gram, H.-E. 1983. Durability of natural fibers in concrete. Research report, Swedish Cement and Concrete Research Institute. Stockholm. 255p.
5. Lee, A.W.C. 1984. Effect of cement/wood ratio on bending properties of cement-bonded southern pine excelsior board. Wood and Fiber Science 17(3):361-364.
6. —. 1984. Physical and mechanical properties of cement-bonded southern pine excelsior board. Forest Products Journal 34(4):30-34.
7. —. 1984. Bending and thermal insulation properties of cement-bonded cypress excel-

- sior board. Forest Products Journal 35(11/12):57-58.
8. —. 1990. The latest development in the cement-bonded wood excelsior (wood-wool) board industry. Proceedings, Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials, A.A. Moslemi, ed. Forest Products Research Society, Madison, WI.
9. — and Hong, Z. 1986. Compressive strength of cylindrical samples as indicator of wood-cement compatibility. Forest Products Journal 36(11/12):87-90.
10. — and Hse, C.Y. 1993. Evaluation of cement-excelsior boards made from yellow-poplar and sweetgum. Forest Products Journal 43(4):50-52.
11. — and Short, P.H. 1989. Pretreating hardwood for cement-bonded excelsior board. Forest Products Journal 39(10):68-70.
12. Marra, A. 1972. Rigid composite products and process for the preparation thereof. U.S. patent 3,671,377. June 20.
13. Moslemi, A.A., Souza, M., and Geimer, R. 1994. Accelerated aging of cement-bonded particleboard. Proceedings, Inorganic-bonded wood and fiber composite material. Forest Products Society, Madison, WI.
14. Pablo, A. and Geimer, R. 1994. Accelerated pressing of low-density cement-bonded board. Proceedings, Inorganic-bonded wood and fiber composite material. Forest Products Society, Madison, WI.
15. Shigekura, Y. 1988. Wood fiberboards bonded with inorganic binders in Japan. Proceedings, Fiber and particleboards bonded with inorganic binders. A.A. Moslemi, ed. Forest Products Research Society, Madison, WI.
16. Simatupang, M.H. and Geimer, R.L. 1990. Inorganic binder for wood composites: Feasibility and limitations. Proceedings, Wood adhesives symposium, Madison, WI.
17. Soroushain, P., Shah, Z. and Wo, J.-P. 1992. Durability characteristics of wastepaper fiber-cement composites. Proceedings, Inorganic-bonded wood and fiber composite material. Forest Products Society, Madison, WI.
18. Souza, M.R. 1992. Effect of carbon dioxide gas in manufacturing cement-bonded particleboard. Master thesis. University of Idaho, Moscow, ID.
19. Souza, M.R., Geimer, R.L., and Moslemi A.A. Degradation of conventional and CO₂-injected cement-bonded particleboard by exposure to termites and fungi. Journal of Tropical Forest Products, Malaysia. In preparation.

Franjo Penzar, Hrvoje Matušić

Preradba hrastova abonosa (*Quercus robur* Erch) u plemenite furnire

Processing of Bog-oak (*Quercus robur*, Erch) into Fine Veneer

Prethodno priopćenje - Preliminary paper

Prispjelo - received: 06. 03. 1996. • Prihvaćeno- accepted: 17. 04. 1997.

UDK 634. 814.8 i 634.* 826.2*

SAŽETAK • Drvo izloženo dugom djelovanju vode (tekućice ili stajačice) promijeni boju te neka fizička i mehanička svojstva. Subfossilno drvo ili abonos (bog-wood) tamnosmeđe je do crne boje. Promjena boje posljedica je procesa razgradnje sastojaka drva koja nije uvjetovana prisutnošću mikroorganizama već zajedničkim djelovanjem više čimbenika u vodi i spajanjem soli željeza iz vode i trijeslovina u drvu. Prema intenzitetu boje i količini soli željeza u drvu te karbonskim testom C-14 može se procijeniti koliko je hrastovina ležala pod vodom. Drvo abonosa i recentnog hrasta prerađeno je u rezane plemenite furnire debljine 0,6 mm, koji se upotrebljavaju za izradbu skupocjenog pokućstva, uređenje interijera, izradbu glazbenih instrumenata, intarzija, ukrasnih kutija i dr.

Ključne riječi: abonos, izradba plemenitih furnira, fizička i mehanička svojstva furnira.

SUMMARY • Wood which has been exposed for a long time to running or stagnant water undergoes changes in colour as well as in some physical and mechanical properties. Subfossil wood or abonos is dark brown to black. The change in colour is a result of the decomposition of the wood components. This is not due to the action of micro-organisms but is a consequence of the joint action of a number of factors in water and of the reaction of salts of iron in water with the tannins in oakwood. The length of oakwood exposure to water has been estimated according to the intensity of the discoloration, iron salts content and by the C- 14 carbon test. Bog-oak and recent oakwood were cut into precious veneers 0.6 mm thick which are used for the production of costly furniture, interior design, musical instruments, marquetry, decorative boxes etc.

Key words: fossil oak (bog wood), the production of precious venner, the physical and mechanical properties of veneer.

Autori su docent na Šumarskom fakultetu u Zagrebu i tehnolog u AKORD - automati, Vrbovec.

Authors are assistant lecturer at the Faculty of Forestry of the Zagreb University and technologist at AKORD - automati, Vrbovec, respectively.

1. UVOD
1. Introduction

Abonos je drvo koje je dugo godina ležalo na dnu rijeke prekriveno muljem i vodom. Posljedica prirodne humifikacije nastale u mulju, koja je tisućama godina djelovala na potopljena debla, jest nastanak drva cijenjenog po crnim tonovima i određenim svojstvima. Boja drva rezultat je kemijske reakcije između trijeslovine u drvu i željeza u vodi kojom je drvo bilo prekriveno. Voda je priječila pristup zraka održavajući razmjerno nisku i jednaku temperaturu, te onemogućivala prodor gljiva u drvo. Zbog djelovanja tekuće vode podtlakom izlučivale su se tvari u drvu podložne truljenju i istaložio kremeniti i vapnjeni pijesak, koji je prekrivio površinu drva nepropusnim slojem. Drvo odležalo u mulju pokazuje veliku trajnost i znakovite promjene fizičkih svojstava u odnosu prema svojstvima recentnog drva. Gustoća drva malo je veća od gustoće recentnog drva, a utezanje i bubrenje su povećani.

Drvo abonosa je zbog svoje boje, izvanredne trajnosti i akustičnosti cijanjeno i traženo u obliku rezanih furnira i masivnog drva za izradbu skupocjenog pokućstva, glazbenih instrumenata, za rezbarske i skulptorske radove, intarzije, ukrasne kutije i druge predmete.

2. MATERIJALI I METODE
2. Material and methods

Abonos i recentno drvo za ispitivanje potječu iz nizinskih šuma hrasta lužnjaka (*Quercus robur* Erch) srednje Posavine.

Starost drva utvrđena je brojenjem godina na frontalnim površinama trupaca. Procijenjeno je da je drvo abonosa hrastovine (bog-oak) bilo oko 3000 godina neprekidno pokriveno muljem. Starost ispitivanog uzorka drva utvrđena je radioaktivnim testom C-14. Zbog humifikacije i taloženja sastojaka kremenog i vapneno-pijeska i bakterija površina plašta bila je pokrivena nepropusnim slojem pijeska. Kristali kalcijeva karbonata i silicijeva oksida otežali su mehaničku preradbu abonosa u plemenite furnire što je zahtijevalo prilagodbu geometrije alata (sl. 1) te posebne tehnološke parametre u hidrotermičkoj preradbi drva i izradbi furnira rezanjem na furnirskom ojničkom stroju.

Stabla abonosa dobivena su s lokaliteta ušća rijeke Ukrine (desne pritoke rijeke Save), jugozapadno od Bosanskog Broda. Stabla su izvađena iz mulja prilikom melioracijskih radova u sklopu produblivanja i uređivanja ušća rijeke Ukrine.

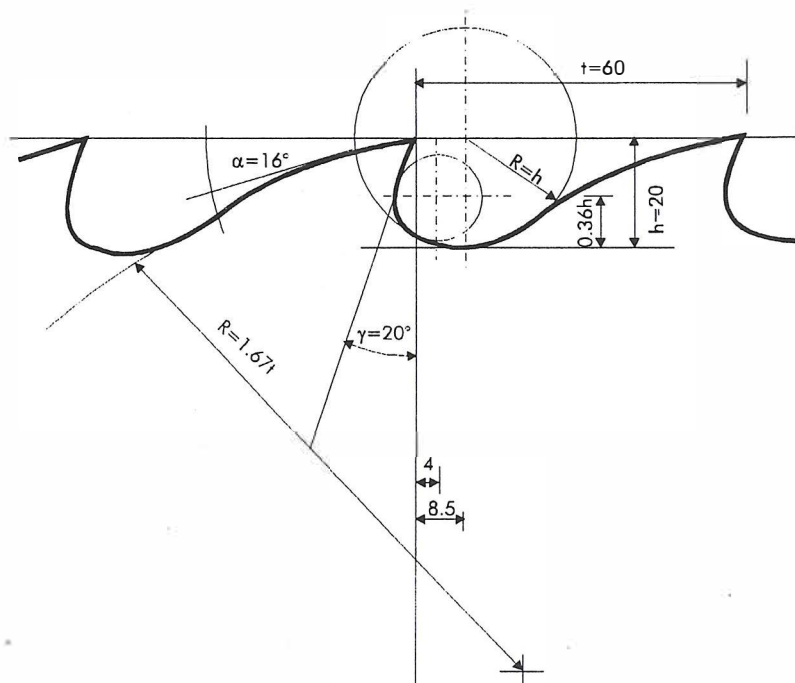
Na temelju zemljovida (pedološke karte, 1:50000, Brod 3, autor Pavao Kovačević i dr., 1964. god.), lokalitet se nalazi na savskom aluviju (aluvijско-karbonatno pjeskovito tlo, do aluvijalno-karbonatno-ilorasto tlo) mirnih poplavnih uvjeta taloženja.

Radi usporedbe, prerađeni su i trupci svježih hrastova drva (*Quercus robur* Erch) s lokaliteta Migalovci, koji se nalazi oko 20 km sjeverno od ušća rijeke Ukrine. Trupci potječu iz zimske sječe, a do preradbe su bili zaštićeni prskanjem vodom s prekidima u poluukopanim bazenima.

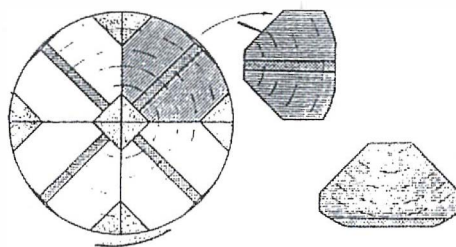
Stabla abonosa skraćena su na 4,5 m (pilom lančanicom), tj. na dužinu radnog

Slika 1.

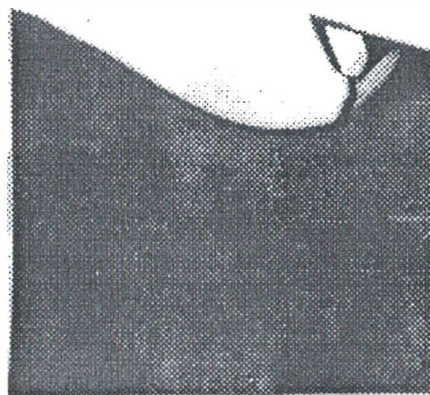
Oblik zupca tračne pile * Band saw blades tooth form



stola furnirskog noža tipa TIO. Trula je bjeljika uklonjena otkoravanjem na stroju Hava. Trupci su prerađeni u četvrtice (sl. 3) tračnom pilom trupčarom promjera kotača 1800 mm. Priprema alata za rezanje i obradbu furnira obavljena je brušenjem "na mokro". Fina obradba vrha oštrice izvedena je brusnim sredstvima različitih karakteristika. Geometrija zupca prilagođena je preradbi drva s kristalnim nakupinama i preradbi svježe hrastovine (sl. 1). Odabrani su elementi geometrije zupca pile bili: $T=60$ mm, $H=20$ mm, prsni kut $\gamma=20^\circ$, slobodni kut $\alpha=16^\circ$, a kut oštrenja $\beta=54^\circ$. Vrh zupca proširen je tlačenjem na uređaju PTG i finalno obrađen legurom stelita castol 321, plinskim navarivanjem stelitne igle pod zaštitom argona (sl. 2). Otpornost vrha zupca na trošenje povećana je šest puta, a tvrdoća vrha na 64 HRC. Penetracija stelita u tijelo pile bila je zadovoljavajuća. Vrh noža za otkoravanje oplemenjen je prevlakom titanitrida (TIN) PVD postupkom. Prevlaka je nanosena u visokovakuumskoj plazmi reaktivnim napanjanjem titana u pristunsoti dušika visoke čistoće. Tim je postupkom povećana otpornost vrha noža na trošenje 20 puta. Primijenjen je i postupak stilitiranja vrha noža za otkoravanje legurom castol 643.

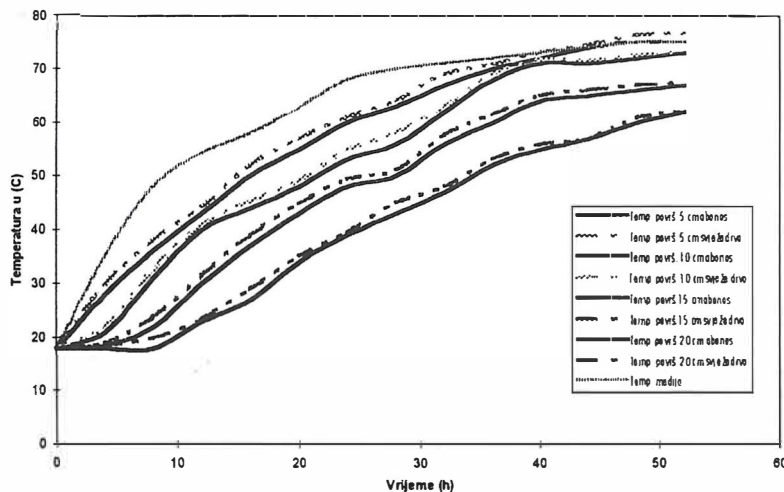


Slika 2.
Trupac je piljen u četvrtice * Log sawed into quarters

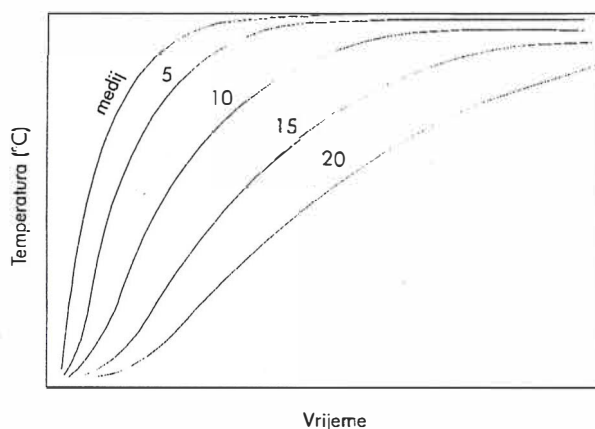


Slika 3.
Stelitirani vrh zupca * Stelit edged cutting teeth

Furnirske četvrtice abonosa i recentnog hrasta hidrotermički su obrađene zagrijavanjem u vodi temperatura 75°C , u trajanju od 48 do 52 sata. Približno vrijeme zagrijavanja određeno je iz monograma prema Mörthu (5) i Fleischeru (5) te Kollmannovim (5) i Krotovim(7) proračunom.



Slika 4.
Dijagram toka temperaturnih promjena u drvu abonosa * Diagram of temperature changes in fossil oak logs during steaming



Idealizirani dijagram toka temperaturnih promjena u drvu abonosa * Idealized diagram of temperature changes in fossil oak logs during steaming

Najpovoljnije temperature za rezanje određene su eksperimentalno, mjerenjem toka temperaturnih promjena za vrijeme zagrijavanja u vodi, na dubinama 5, 10, 15 i 20 cm od površine bloka u presjeku 0,5 m od čela. Mjerenja su obavljena na jednoj polovici dužine bloka jer je tok temperaturnih promjena u drugom dijelu bloka relativno simetričan. Tok temperaturnih promjena mjeren je digitalnim termoparom DT (TMT-Dugi Rat) za kontaktna industrijska mjerenja. Rabljene su sonde tipa 101, s termoparom NiCr-Ni. Rezultati mjerenja za abonos i recentno drvo hrastovine prikazani su na slici 4. Zagrijavanje drva i medija bilo je postupno da se izbjegne visoki gradijent naprezanja od topline u bloku drva. Četvrtice abonosa i recentnog hrasta rezane su u plemenite furnire na kosom stroju s ojničkim pogonom. Kombiniranim gibanjem glave i noža i pritise letve u jednome te gibanjem radnog stola s upetim blokom u suprotnom smjeru proizvedeni su listovi furnira visoke kakvoće, koja odgovara europskim normama. Kakvoća furnira procijenjena je prema normama (DIN 4097), ocjenom tehničkog osoblja i mjerenjem uređajem "Ameise". Furnirski su blokovi rezani pri najpovoljnijoj eksperimentalno određenoj temperaturi, koja je za abonos iznosila 71°C, a za recentno hrastovo drvo 68°C. Stupanj tlačenja (ugušćenja) drva odabran je za abonos ($\Delta = 5\%S$) 5% debljine furnira, a za svježe drvo ($\Delta = 10\%S$) 10% debljine. Razmak vrha noža i tlačne letve određen je računski za debljinu furnira 0,6 mm, prema slici 5.

Vrijeme zagrijavanja abonosa i recentnog drva određeno je prema Kollmanu (5). Za drvo abonosa iznosilo je 52 sata, a za recentno drvo 48 sati.

Prema Krotovu (10), vrijeme zagrijavanja iznosilo je za abonos 46 sati, a za svježe drvo 48 sati.

Proizvedeni su furniri umjetno sušeni do konačnog sadržaja vlage 11-13% u sušionici EZA/12, s beskonačnim mrežama i sapnicama. Završna obradba furnira obavljena je na furnirskim škarama s laserskim vođenjem noža pri uzdužnom i poprečnom rezanju, na konačne dimenzije svežnjeva. Povezani furniri uskladišteni su u hidrostataranom i termostataranom prostoru. Rezani su furniri abonosa zbog ujednačene crne boje razvrstani u jednu (I/E) klasu, a furniri svježeg drva prema važećim normama.

Vrijeme uporabe furnirskog noža između dva oštrenja u preradbi abonosa iznosilo je 11 sati, a pri preradbi svježeg drva 16 sati, što je utvrđeno stupnjem zatupljenosti noža.

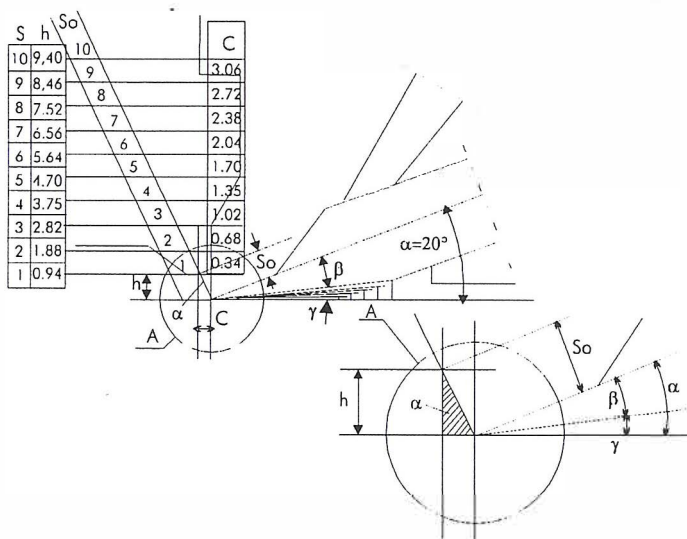
3. REZULTAT ISTRAŽIVANJA 3. Results of research

Zbog humifikacije i procesa nastalih u drvu prekrivenome muljem i vodom, bez pristupa zraka, uz razmjernonisku i ujednačenu temperaturu, došlo je do izluživanja tvari podložnih truljenju te taloženja sastojaka kremenog i vapnenog pijeska na površini i u unutarnjim dijelovima drva. Gotovo posve crn ton boje posljedica je kemijske reakcije između trijeslovinne u drvu i željeza u vodi. Utjecaj navedenih čimbenika odrazio se i na znakovite promjene fizičkih svojstava takvog drva u odnosu prema svojstvima svježeg (recentnog) drva (4).

Sadržaj vode drva abonosa prije hidrotermičke pripreme blokova i u furniru prije i nakon sušenja određen je na 50 uzoraka. Veličina epruveta furnira iznosila je 100x100 mm. Primjenjena je gravimetrijska metoda sušenjem drva pri temperaturi $t=103\pm 2$ °C, do konstantne mase. Vrijednosti su izražene postocima mase vode u drvu u odnosu prema masi apsolutno suhog drva. Dobivene su ove vrijednosti: $x=63,2\%$, $\min.=61,9\%$, $\max.=64,1\%$, $S=0,204$, $v=2,13$. Za rezane

Slika 5.

Horizontalni i vertikalni razmak noža i tlačne letve * Horizontal and vertical distance between veneer knife and squeezer



furnire prije umjetnog sušenja vrijednosti su iznosile: $x=58,3\%$, $\min.=57,9$, $\max.=59,1$, $S=0,012$, $v=2,63$, a nakon sušenja: $x=14,8$, $\min.=14,2\%$, $\max.=15,1\%$, $S=1,12$, $v=3,12$.

Volumna masa furnira u prosušenom stanju određena je na 50 uzoraka kod sadržaja vode $13,8\%$ i iznosila je: $\bar{x}=0.644 \text{ g/cm}^3$, $\min.=0.596 \text{ g/cm}^3$, $\max.=0.696 \text{ g/cm}^3$, $S=0.031$ i $v=4.50$.

Usporedba teorijskih i stvarnih temperaturnih promjena u drvu abonosa i recentnog drva provedena je pomoću t-testa. Utjecaj longitudinalnog vođenja topline za presjek A najveći je, pa su i razlike značajne. Vrijeme zagrijavanja furnirskih blokova na najpovoljniju temperaturu razlikuju se u Kollmanovu (5) i Krotovovu (7) proračunu jer se u proračun uvrštava temperatura medija nakon 2/3 vremena zagrijavanja, a ne srednja temperatura ili dvije temperature za određeno razdoblje. Promatramo li ih prema vremenu zagrijavanja, temperaturne se promjene u furnirskom bloku ne zbivaju linearno. U početku postoji određeno usporenje, zatim približno linearno, a na kraju je zabilježeno usporenje i asimptotsko približavanje konačnim vrijednostima (v. idealiziranu krivulju). Za brzo i približno izračunavanje vremena trajanja zagrijavanja furnirskog bloka moguće se poslužiti s rednijim vrijednostima brzine zagrijavanja od $0,96 \text{ }^\circ\text{C/h}$, ili efektivno $1,30 \text{ }^\circ\text{C/h}$.

Brzina sušenja furnira abonosa bila je usporena zbog smanjene permabilnosti u odnosu prema recentnom drvu. Kako se zrak pri umjetnom sušenju kreće okomito na površinu furnira, pri jednakim su uvjetima umjetnog sušenja furniri abonosa imali 2,3-2,9% viši sadržaj vode od furnira recentnog drva.

Nakon izradbe obavljeno je mjerenje debljine furnirskih listova na uzorku od 100 listova. Debljina je mjerena mikrometrom na šest mjesta svakog lista furnira. Rezultati su obrađeni statističkom metodom.

Debljina (mm) x_i	Broj listova f_j	Postotak %	$f_j x_i$	$f_j x_i^2$
0,57	2	2	1,14	0,6498
0,58	4	4	2,32	1,3456
0,59	20	20	11,80	6,9620
0,60	28	28	16,80	10,0800
0,61	28	28	17,08	40,4188
0,62	6	6	3,72	2,3064
0,63	2	2	1,26	0,7938
0,64	2	2	1,28	0,8192
0,65	2	2	1,30	0,8450
0,66	4	4	2,64	1,7424
0,67	2	2	1,34	0,8978
	100	100	60,68	36,8608

Aritmetička sredina debljine lista iznosi:

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} = \frac{60.68}{100} = 0.6068 \text{ mm} = 0.61 \text{ mm}$$

Kvadrat aritmetičke sredine iznosi:

$$\bar{x}^2 = 0,6068^2 = 0,3682$$

Varijanca:

$$s^2 = \bar{x}^2 - \bar{x}^2 = 0,3686 - 0,3682 = 0,0004$$

Debljina proizvedenog furnira zadovoljava europske norme.

4. ZAKLJUČAK

4. Conclusion

Drvo abonosa (bog-oak) uspješno se može preraditi u plemenite rezane furnire visoke kakvoće. Upotrijebljena je standardna tehnika koja se primjenjuje u preradbi svježega recentnog drva. Modificirani režimi zagrijavanja blokova prije konverzije u furnire zadovoljili su uobičajenu tehnologiju preradbe drva, kao i kakvoću umjetnog sušenja furnira. Plemeniti je furnir nakon umjetnog sušenja i kondicioniranja bio posve crnih tonova. U preradbi abonosa postignuto je iskorištenje 45,8%, što predstavlja povećanje za 5,2% u odnosu prema recentnoj hrastovini. Takve rezultate možemo objasniti nižom kakvoćom recentnog drva hrastovine.

5. LITERATURA

5. References

- Borgin, K., Tsoumis, G. i Passialis, C., 1979: Density and Shrinkage of Old Wood. Wood Science and Technology, 13:49-57.
 - Dzbenšhi, W., 1970: Techniczne, Wlascnosci drewna dedu wykopaliskowego, Sylwan 114 (5): 1-27.
 - Govorčin, S. 1994: Neka fizička i mehanička svojstva abonosa (crni hrast) zakopanog u zemlji iz Bednje. Studija Šumarski fakultet Zagreb
 - Horvat, I. i Krpan, J., 1967: Drvnoindustrijski priručnik, Zagreb
 - Kollman, F. 1962: Furnire, langenhölzer und tischlerplatten, Berlin
 - Kovačević, P. i dr., 1964: Pedološka karta, Brod 3. Zagreb.
 - Krotov, A., 1956: Fanernoje proizvodstvo, Moskva 1956.
 - Schniewind, A.P., 1990: Physical and Mechanical Properties of Archaeological Wood. American Chemical Society
 - Ugrenović, A., 1950: Tehnologija drva. Zagreb: Šumarski fakultet Zagreb
 - Voulgaridis, E. Passialis, C., 1990: Shrinkage and Colour Restoration of Oakwood Buried in the Ground. Holzforschung und Holzverwertung. 4 74-75.
- ***: Šumarska enciklopedija 2, Zagreb, 1983.
*** DIN (4097)

Andrija Bogner, Boris Ljuljka, Ivica Grbac

Improving the Glued Joint Strength by Modifying the Beechwood (*Fagus sylvatica* L.) with Gamma Rays

Povećanje čvrstoće lijepljenog spoja modifikacijom bukovine (*Fagus sylvatica* L.) ozračivanjem gama zrakama

Original scientific paper - Izvorni znanstveni rad

Received - primljeno: 04. 02. 1997. • Accepted - prihvaćeno: 17. 04. 1997.

UDK 634.* 812.16, 634.* 812.22 i 643.* 824.8

SUMMARY • The reserach was done on the effects of gama rays on the change of the critical surface energy γ_c , work of adhesion W_a , penetration W_p , spreading W_s , and the change of the glued joint strength in beechwood. The samples absorbed the irradiated dosages of 25,50 and 100 kGy, which was followed by measurements of the wetting angle. The surface parameters were calculated from the wetting angle and the surface tension of the liquid. The results show the increase of all observed parameters with an increased dose of radiation. The glued joint strength did not significantly change at low absorbed irradiated dosages of 25 and 50 kGy, but at 100 kGy, the increase in shear strength of the glued joint was considerable.

Key words: gamma rays irradiated beechwood, wetting angle, glued joint strength

SAŽETAK • U radu su provedena istraživanja utjecaja zračenja bukovine gama zrakama na promjenu kritične površinske energije γ_c , rada adhezije W_a , penetracije W_p i razlijevanja W_s te promjenu čvrstoće lijepljenog spoja. Uzorci su ozračivani apsorbiranim dozama zračenja od 25, 50 i 100 kGy, nakon čega je mjereno kut kvašenja, te su iz kuta kvašenja i površinske napetosti tekućine izračunati ranije navedeni parametri. Dobiveni rezultati ukazuju da sa

Autori su docent, redovni profesor i izvanredni profesor na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Authors are assistant lecturer, professor and associate professor, respectively, at the Faculty of Forestry of the Zagreb University.

povećanjem doze zračenja rastu i svi promatrani parametri. Čvrstoća lijepljenog spoja nije se značajno promijenila kod malih apsorbiranih doza zračenja od 25 i 50 kGy, ali kod doze od 100 kGy došlo je do značajnog povećanja smične čvrstoće lijepljenog spoja.

Ključne riječi: zračenje bukovine gama zrakama, kut kvašenja, čvrstoća lijepljenja

1. INTRODUCTION

1. Uvod

Continuing rise in timber prices and constant quality decline, connected with the growing interest for solid wood products, has all led to the research into the adhesion and the application of new practices of wood gluing. This is apparently the only way to achieve a more economic conversion of timber into final products.

With the objective of obtaining higher strength of the glued joints, we tried to modify beechwood by exposing it to gamma-rays in order to increase the free surface energy, and consequently, to achieve higher adhesion when using the PVAC (polyvinylacetate) glue.

Nagieb (1988) did a research on the exposure of the cotton stems and wood sawdust to gamma rays for higher sugar yield. The absorbed dosages were 100, 500, and 1000 kGy. A more intensive formation of carboxyl and carbonyl groups was followed by a simultaneous fall of the polymerization degree. Sugar yields from lignocellulose residues exposed to doses higher than 500 kGy grew abruptly.

Ueno (1990) studied exposures to gamma rays of different materials used in paper production (hardwood and softwood kraft pulp, both bleached and unbleached). The absorbed dosages were 10, 25, 50, and 100 kGy. The results were that the higher the dose was, the lower the "dry" tensile strength and tearing resistance, whereas the "wet" tensile strength displayed a certain rise with the growth of the irradiation dosage.

In the gluing of wood, it is important to see what changes cellulose would undergo after it is exposed to gamma rays. According to Dole (1972), the main effect of the cellulose irradiation is the splitting of the main chains into shorter ones, supported by the formation of hydrogen ions and acid fragments. The aromatic compounds bound to the cellulose protect the main chain from breaking. The removal of water from the wood increases the number of formed radicals. An example is, where the water contents is 0.5%, three times as many radicals are formed than with a water content of 7%. The radicals that do not disintegrate in contact with water are "long-living", since they have been captured in

the crystalline area. The free radicals captured in the cellulose may initiate a polymerization reaction with a suitable monomer, so that a secondary polymer may be split into cellulose. Thus formed polymer has apparently different properties than the original cellulose. The improvements include a higher elasticity, toughness and resistance to decay and abrasion. The cellulose may be first irradiated, then treated, but it can also be gamma-rayed together with the monomer. Homo-polymerization is present in both cases.

If there is oxygen near the place of the chemical change caused by irradiation, there is a higher probability of forming the hydrogen peroxide ($O_2 + H^{\cdot} + H^{\cdot} \rightarrow H_2O_2$) or the peroxide radical ($R^{\cdot} + O_2 \rightarrow RO_2^{\cdot}$), which are oxidants and therefore can chemically react with wood, i.e. they can thus modify it.

The purpose of the research was to find out the possibilities for improving the glued joint strength by modification of wood surface by ionization.

2. MATERIALS AND METHODS

2. Materijal i metode

All samples were made of beechwood (*Fagus sylvatica*), with an average ring width 5.8 mm, density 730.79 kg/m³. All measurements were performed on an area with radial surface machined by fine planing ($R_a = 5.5 \mu m$). The samples were conditioned to the moisture content of 10%. Sample dimensions were 180x140x10mm. In the first three groups, each seven samples were gamma-rayed with absorbed dosages of 25 kGy, 50 kGy, and 100 kGy, while the fourth group consisted of seven unexposed samples to serve for comparison. One sample from each group was used for measuring the wetting angle, the remaining six from each group were glued together and processed into samples for testing the shear strength as shown in Figure 1.

Measuring the wetting angle Mjerenje kuta kvašenja

At each step, the angles of wetting θ' were measured for 9 liquids with different, though known, surface tension $\gamma_{L,G}$, whose values ranged between 55.153 and 72.400 mN/m. For each liquid, the angle was measured

3. RESEARCH RESULTS
3. Rezultati istraživanja

The research results of the critical surface energy γ_c are shown graphically on Fig. 2.

Figures 3 to 5 show the results of the research on the relation between the surface

liquid tension and the work of adhesion, penetration and spreading, and the calculation of the maximum adhesion work $W_{a,max}$ and the related optimal surface liquid tension $\gamma_{L,G,opt}$ presented in Table 1.

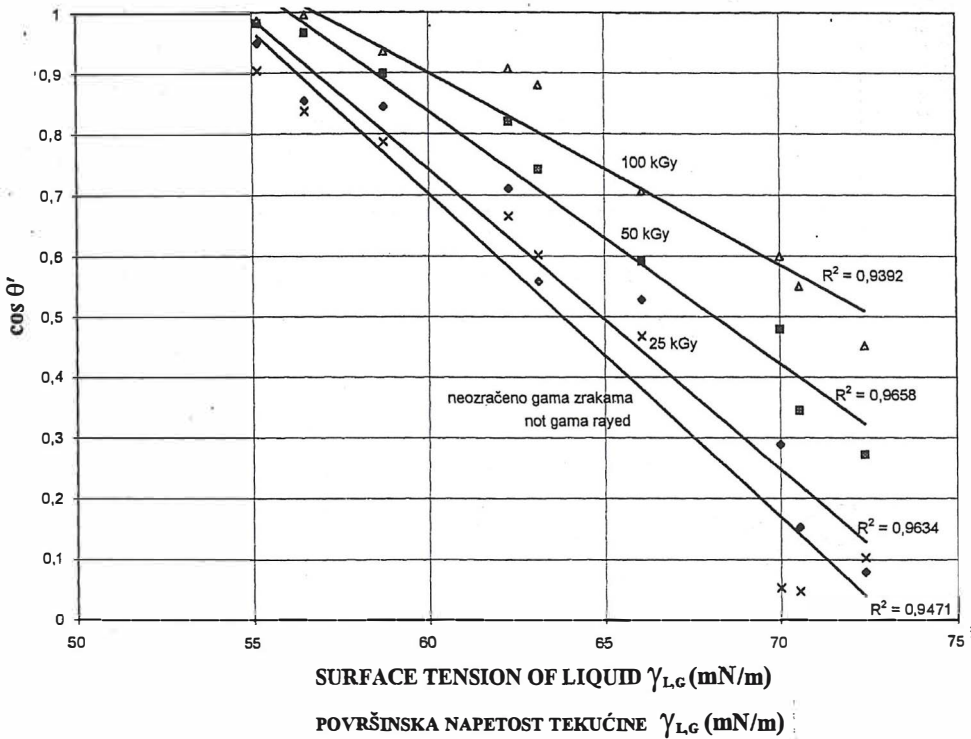


Fig. 2

The relation between $\gamma_{L,G}$ and $\cos \theta'$ with the calculation of the critical surface energy γ_c . • Odnos $\gamma_{L,G}$ i $\cos \theta'$ uz proračun kritične površinske energije γ_c - unexposed to gamma rays - neozračeno gama zrakama $\gamma_c = 54,4 \text{ mN/m}$ - exposed to 25 kGy - ozračeno dozom od 25 kGy $\gamma_{L,G} = 54,9 \text{ mN/m}$ - exposed to 50 kGy - ozračeno dozom od 50 kGy $\gamma_c = 56,1 \text{ mN/m}$ - exposed to 100 kGy - ozračeno dozom od 100 kGy $\gamma_c = 56,8 \text{ mN/m}$
 $\gamma_c = 54,4 \text{ mN/m}$
 $\gamma_c = 54,9 \text{ mN/m}$
 $\gamma_c = 56,1 \text{ mN/m}$
 $\gamma_c = 56,8 \text{ mN/m}$

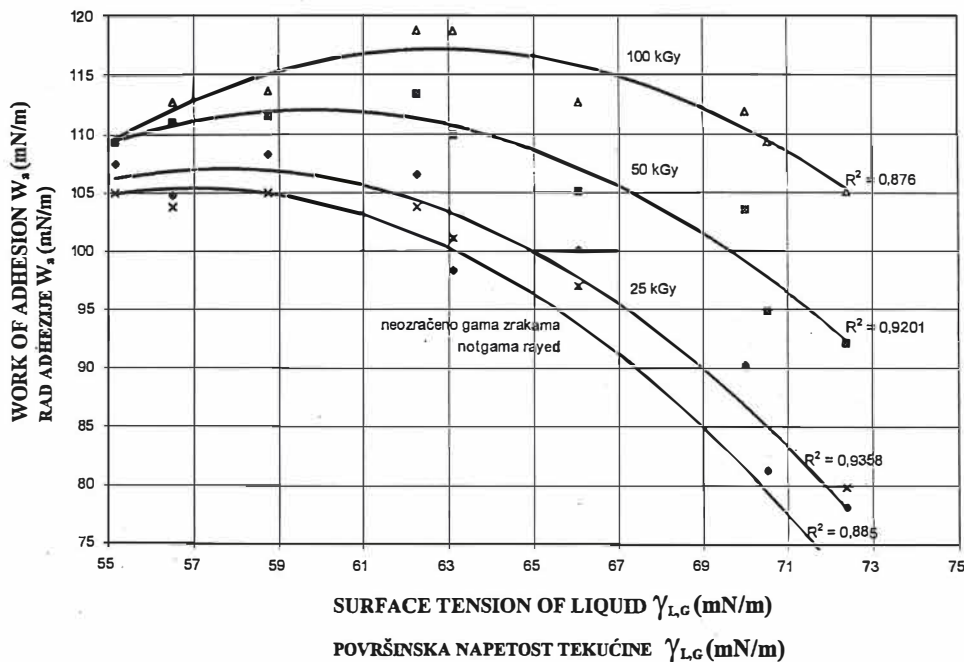


Figure 3.

The relation between the surface liquid tension $\gamma_{L,G}$ and adhesion work W_a . • Odnos između površinske napetosti tekućine $\gamma_{L,G}$ i rada adhezije W_a .

Figure 4.

The relation between the surface tension $\gamma_{L,G}$ and the work of penetration W_p . • Odnos između površinske napetosti tekućine $\gamma_{L,G}$ i rada penetracije W_p .

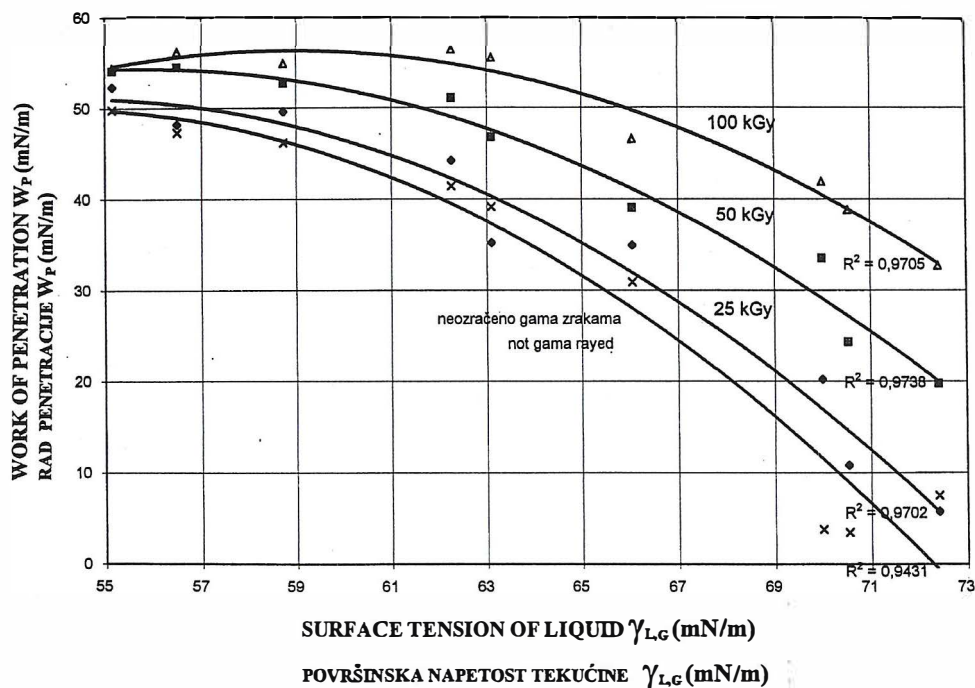


Figure 5.

The relation between the surface liquid tension $\gamma_{L,G}$ and the work of spreading W_s . • Odnos između površinske napetosti tekućine $\gamma_{L,G}$ i rada razlijevanja W_s .

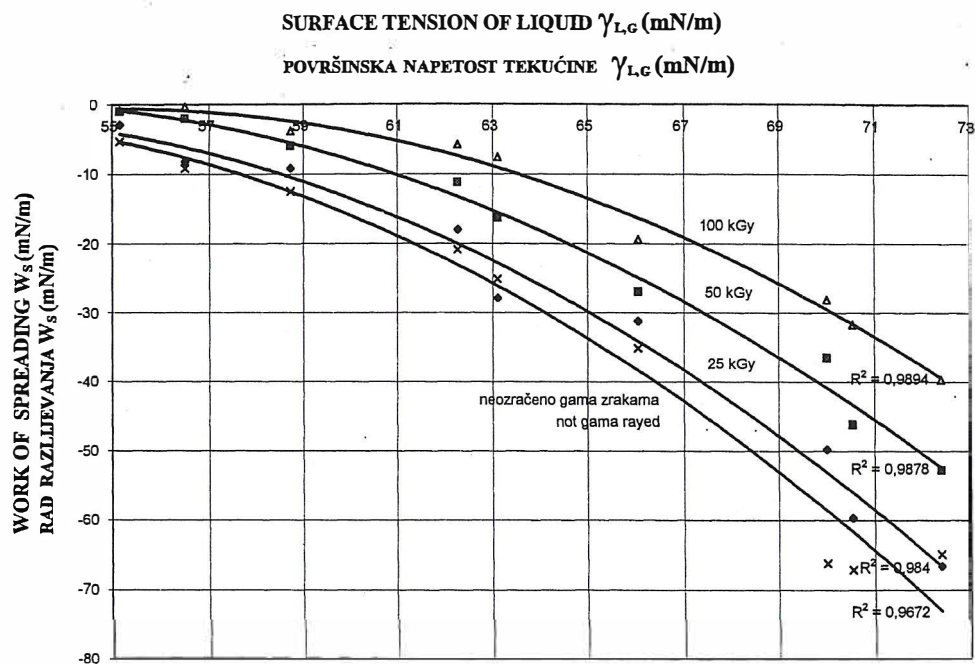


Table 1

Maximum adhesion work and optimal surface liquid tension •
Maksimalni rad adhezije i optimalna površinska napetost tekućine

Treatment Obrada	$W_{a,max}$	$\gamma_{L,G,opt}$
	mN/m)	(mN/m)
unexposed to gamma rays neozračeno gama zrakama	105.91	57.1
exposed to 25 kGy ozračeno sa 25 kGy	107.13	57.7
exposed to 50 kGy ozračeno sa 50 kGy	112.17	59.7
exposed to 100 kGy ozračeno sa 100 kGy	117.2	62.6

The results of the research on gluing strength are shown in Table 2.

Treatment Obrada	τ (MPa)	S (MPa)	τ_n (MPa)	U
unexposed to gamma rays neozračeno gama zrakama	14.88	1.78	11.32	0.761
exposed to 25 kGy ozračeno sa 25 kGy	14.33	1.68	10.97	0.765
exposed to 50 kGy ozračeno sa 50 kGy	14.85	1.52	11.81	0.795
exposed to 100 kGy ozračeno sa 100 kGy	16.98	2.26	12.46	0.734

Table 2

The results of the research on shear strength τ of the glued joints • Rezultati ispitivanja smične čvrstoće τ lijepljenih spojeva

4 DISCUSSION AND CONCLUSION

4. Diskusija i zaključak

The results show that the increase of the absorbed irradiation dosage causes the increase of all observed parameters. Thus increases the critical surface energy, which was in unexposed samples 54.4 mN/m, and in those exposed to 100 kGy, it amounted to 56.8 mN/m. Likewise, the values of adhesion, penetration and spreading were increased. It was the growth of the critical surface energy, which is a good approximation for the real wood surface energy, that influenced the growth of other observed parameters. Thus was the maximum adhesion of the unexposed samples 105.91 mN/m, and 117.22 mN/m in samples exposed to 100 kGy. To achieve maximum adhesion on wood surface with certain surface energy, it is necessary that the liquid has a certain surface tension, which was marked in the table 1. To achieve strength and durability of the joint, it is of greatest importance to obtain the best possible adhesion, since, one way or another, the penetration and spreading support each other by the pressure in almost all wood gluing processes. The glued

joint strength has not changed significantly with small absorbed dosages of 25 and 50 kGy, while with 100 kGy a considerable increase occurred in the shear strength of the glued joint. The research did not include the changes of the physical and mechanical wood properties resulting from the exposure to gamma rays. They will be the subject of our future research.

5. REFERENCES

5. Literatura

1. Bogner, A. (1993): Kvašenje drva i adhezija. *Drvena industrija* 44 (4) 139-143
2. Bogner, A. (1995): Work of adhesion as a criterion for determination of optimum surface tension in adhesives. *Drvena industrija* 46 (4) 187-194
3. Dole, M. (1972): *The Radiation Chemistry of Macromolecules*. Vol. 1&2, Academic Press, N.Y.
4. Nagieb, Z.A., El-Meadaway, S.A. (1988): Study on the Effect of Gamma-Radiation on Different Egyptian Lignocelluloses. *Holzforschung und Holzverwertung*, 40 (6), 147-149
5. Ueno, T., Takahashi, M. (1990): Effect of Irradiation on the Properties of Paper and Paperboard I. *Journal of the Japan Wood Research Society* 36 (8), 665-671

pored čega je zanimljiva i prilagodljivost cjelokupnog sustava.

2.1. Nadzor uključivanjem

Kod ovog sustava regulacijski elementi (grijači ventili, pokretači zaklopki na otvorima zraka itd.) mogu biti samo potpuno zatvoreni ili potpuno otvoreni. Ne postoji srednji položaj. Kontrolni uređaj ima samo jedan dvopoložajni prekidač (za uključivanje i isključivanje).

Ovaj način nadzora je tehnički najjednostavniji, ali je posljedica njegove uporabe veći utrošak energije, nejednoliko strujanje medija kroz grijače (nejednolika temperatura) i dinamička promjena nadzirane veličine zbog čestog uključivanja i isključivanja upravljačkih sastavnica.

2.2. Prilagodba

Kontrolni element (npr. motorni ventil) se stalno prilagođava sa zadaćom da od mjerenog ustanovljenog stanja postigne željeno. Ovakvo upravljanje procesom sušenja jest tehnički mnogo složeniji, ali i djelotvornije. Ono omogućuje kontinuiranu promjenu kontrolne fizikalne veličine (temperature, vlage ravnoteže drva i brzine strujanja zraka), koja je osnov za pravilno sušenje uz racionalnu uporabu energije.

2.3. Samoreguliranje

Prilagodljivi, odnosno samoregulirajući sustavi imaju mogućnost prilagodbe kontrolnih parametara procesa sušenja automatski.

3. OSNOVNI DIJELOVI NADZORNOG I REGULACIJSKOG SUSTAVA

3. Primary parts of supervision and regulation system

Sustav za kontrolu stanja zraka sastoji se od dva međusobno povezana podsustava od kojih jedan upravlja temperaturom sušenja, a drugi upravlja relativnom vlagom zraka. Kontrolni krug se sastoji od mjernog pretvornika i kontrolne jedinice za nadzor stanja zraka.

3.1. Podsustav za upravljanje temperaturom sušenja

Trenutna vrijednost temperature zraka u sušionici u usporedbi s željenom temperaturom može biti:

a) Manja od tražene vrijednosti (temperatura sušenja je premalena), pa je prostor u kojem se suši potrebno jače zagrijavati.

b) Jednaka je zadanoj vrijednosti i nisu potrebni nikakvi regulacijski zahvati, i

c) Izmjerena temperatura je veća od tražene vrijednosti (temperatura zagrijavanja je prevelika) pa je potrebno smanjiti intenzitet dovoda topline u prostor sušenja.

U sušionicama nisu ugrađene rashladne površine, te se temperatura može sniziti samo izmjenom unutarnjeg zagrijanog zraka vanjskim hladnim zrakom. Stoga hlađenje ne može biti naglo već postupno.

3.2. Podsustav za nadzor relativne vlage zraka

Kontrolni sustav ubrizgava vodu ili vodenu paru u zrak u sušionici u slučaju da je zrak presuh te postoji opasnost nastanka grešaka na piljenoj građi.

Regulacijski podsustav kontrole vlažnosti zraka razlikuje četiri moguća stanja u sušionici:

a) Vlažnost zraka je manja od tražene. Stvarna manja vrijednost vlage zraka i ravnotežnog sadržaja vode od traženih vrijednosti odgovara većoj stvarnoj vrijednosti psihometrične razlike od zadane. U tom slučaju se obavlja povremeno navlaživanje zraka, a otvori za izmjenu zraka ostaju zatvoreni.

b) Relativna vlaga zraka mnogo je manja od tražene vrijednosti. Stvarna vrijednost vlage zraka i ravnotežnog sadržaja vode mnogo je manja nego tražena vrijednost što odgovara psihometričnoj razlici mnogo većoj od tražene. Tada se obavlja stalno navlaživanje zraka, a otvori za izmjenu zraka ostaju zatvoreni.

c) Relativna vlaga zraka jednaka je traženoj vrijednosti (stanje zraka u sušionici je odgovarajuće). Stvarne vrijednosti vlage zraka, ravnotežnog sadržaja vode i psihometrične razlike jednake su traženim vrijednostima. U tom je slučaju isključeno navlaživanje zraka, a otvori za izmjenu zraka ostaju zatvoreni i

d) Relativna vlaga zraka veća je od tražene vrijednosti (stanje zraka u sušionici je prevlažno). Stvarna vrijednost vlage zraka i ravnotežnog sadržaja vode veća je od tražene vrijednosti što odgovara manjoj psihometričnoj razlici. Isključeno je navlaživanje zraka, otvori za izmjenu zraka ostaju otvoreni.

Gore navedeni uvjeti dani su samo kao prikaz mogućih stanja. U proizvodnim uvjetima ova dva kontrolna sustava nisu međusobno nezavisna. Navlaživanje zraka hladnom vodom istovremeno znači smanjivanje temperature sušenja, dok navlaživanje s vodenom parom može za razliku od navlaživanja s vodom izazvati porast temperature.

Kontrolni sustav je u nekim slučajevima podešen tako da radi prema

Konvencionalni sustavi

To su kontrolni sustavi koji rade i na analognom i na digitalnom načelu, no zbog svoje izvedbe (sastavni dijelovi i konstrukcija) su manjih mogućnosti, a svaka potreba za nadopunjavanjem bi značila zadiranje u osnovna načela rada i izvedbe samog uređaja.

Računalni sustavi

Kontrolne funkcije, primjerice računarska kontrola stanja zraka u sušionici, provode se unutarnjim nizom naredbi tj. programom sušenja te je stoga prilagodljivost i kvaliteta cjelokupnog sustava određena kvalitetom programa. S obzirom da se funkcije obavljaju putem programa, a ne mehaničkim načinom, takve sustave se može prema potrebi mijenjati ili prilagođavati određenim zahtjevima jednostavnom promjenom naredbi u programu. Računarski upravljački sustavi osiguravaju veće mogućnosti kontrole, jednostavnost, pouzdanost, prilagodljivost kao i dodatne mogućnosti proračuna.

Središnji upravljački računarski sustav

Nekoliko sušioničkih komora (obično do 12) (11,12) mogu se kontrolirati pomoću jednog središnjeg računala. Način rada jednak je prethodno opisanom. Korištenje jednog računala za upravljanje radom više sušionica značajno smanjuje sveukupne troškove. Kod ovakvog sustava kvar centralne jedinice stavlja izvan funkcije sve priključene uređaje. To ima za posljedice velike gubitke zbog zastoja u proizvodnji.

5. NAČINI RADA AUTOMATIZIRANIH UPRAVLJAČKIH SUSTAVA

5. Types of automatic control systems

Zadatak potpuno automatiziranog upravljačkog sustava je mjerenje temperature i relativne vlage zraka te podešavanje tih dviju vrijednosti tijekom postupka sušenja. Prema načinu na koji se ostvaruju zadane promjene stanja zraka, razlikuje se nekoliko mogućnosti:

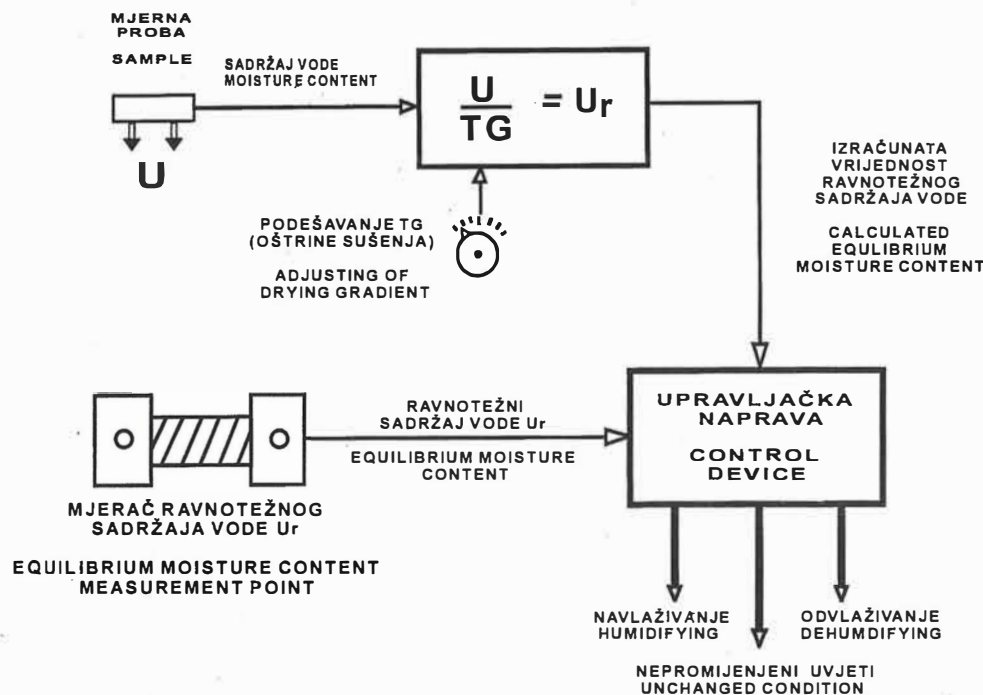
5.1. Upravljački sustav na osnovi mjerenja sadržaja vode u drvu

Promjene parametara sušenja u ovom sustavu kontrole su ovisne o sadržaju vode u drvu i zadane su reži mom sušenja. Direktnim mjerenjem otpora odgovarajućeg osjetljivavača ravnotežnog sadržaja vode u drvu te usporedbom izmjerene vrijednosti sa sadržajem vode u drvu mjerenom prema istom načelu, postoji mogućnost izvedbe takve kontrolne instalacije s najjednostavnijom opremom pomoću analognih uređaja.

Sastavni dijelovi ovakvog upravljačkog sustava su:

- a) Termometar za mjerenje temperature sušenja
- b) Mjerač ravnotežnog sadržaja vode za mjerenje posredne veličine za dobivanje relativne vlage zraka
- c) Mjerač sadržaja vode u drvu

Uporaba ove opreme se temelji na činjenici da se tanki listić (celuloze, drva i sl.) nakon promjene stanja zraka u sušionici, u vrlo kratkom vremenu prilagođava promijenjenim uvjetima te postiže ravnotežni sadržaj vode $U_r(6, 12)$.



Slika 1. Shematski prikaz upravljačkog sustava na osnovi mjerenja sadržaja vode u drvu • Scheme of control system based on moisture content measurement

Stalno mjerenje sadržaja vode u drvu te usporedba s traženim gradijentom sušenja omogućava utvrđivanje referentne vrijednosti za kontrolu vlažnosti zraka i temperature tijekom procesa sušenja.

Zbog nepreciznosti mjerenja sadržaja vode u području sušenja iznad točke zasićenosti vlaknanaca, preporučuje se održavanje niske temperature sušenja i visoke relativne vlage.

Oko točke zasićenosti vlaknanaca i ispod nje, rad upravljačkog sustava se zasniva na kvocijentu između trenutnog sadržaja vode u drvu U i oštine sušenja TG . To je zapravo RAVNOTEŽNI SADRŽAJ VODE = U_r u bilo koje vrijeme mjerenja.

$$\frac{\text{sadržaj vode u drvu}}{\text{oština sušenja}} = \text{ravnotežni sadržaj vode}$$

$$\frac{U}{TG} = U_r$$

Istovremeno kontrolni uređaj uspoređuje izmjereni ravnotežni sadržaj vode U_r (stvarna vrijednost) s potrebnim ravnotežnim sadržajem vode (tražena vrijednost) te regulira stanje zraka u sušionici. Tijekom cijelog procesa sušenja ispod točke zasićenosti vlaknanaca sadržaj vode u drvu i ravnotežni sadržaj vode U_r se stalno mjere. Izmjerene vrijednosti kontrolni uređaj uspoređuje sa zahtjevanima te odgovarajuće reagira. Ako je izmjereni ravnotežni sadržaj

vode manji nego što je tražena vrijednost, uređaj uključuje navlaživanje, a ako je prevelik otvara se dovod svježeg zraka, a dio zasićenog se odvodi van. Na taj način uvjeti zraka za sušenje su konstantno odgovarajući u odnosu na smanjenje sadržaja vode u drvu.

Kontrolni uređaj prikazan na sl. 1 može pokazivati sljedeće probleme pri radu:

Cijeli proces je upravljan na osnovi izmjerenog sadržaja vode. Stoga ovisi direktno o pouzdanosti mjernog uređaja. Pravilno djelovanje u potpunosti ovisi o mjernim točkama u drvu. Mjerne točke moraju biti pravilno izabrane na uzorku iz složaja građe.

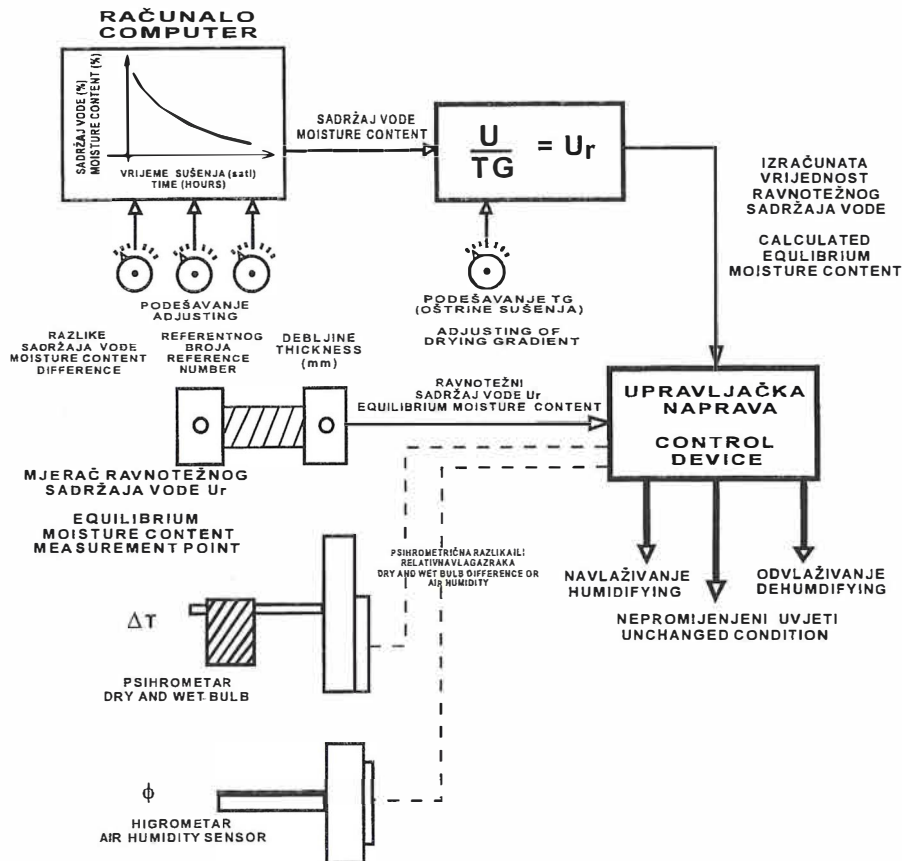
Ako je mjerna točka pogrešno smještena ili ako se sadržaj vode pogrešno mjeri posljedica će biti vrlo duga vremena sušenja i pogreške na drvu. Novije izvedbe ovakvih upravljačkih sustava mogu voditi takav proces bez direktnih mjerenja stanja zraka koristeći mjerače ravnotežnog sadržaja vode. Za ovu vrstu upravljačkih sustava može se kazati da u pravilu ne vode sušenje u optimalnim vremenima, a rezultati koji se postižu ovise o izmjerama sadržaja vode.

5.2. Upravljački sustav zasnovan na proračunskim vrijednostima sadržaja vode

Upravljanje procesom sušenja se provodi na temelju izračunate vrijednosti sadržaja vode u drvu kao funkcije vremena sušenja. S obzirom da prije navedeni

Slika 2.

Shematski prikaz upravljačkog sustava zasnovanog na proračunatim vrijednostima sadržaja vode • Scheme of control system based on calculated moisture content



upravljački sustav može osigurati optimalan rezultat samo uz točna mjerenja sadržaja vode u drvu, vrlo brzo se prišlo izradi upravljačkog sustava koji ne vodi proces prema stvarnom sadržaju vode. Time se u isto vrijeme izbjegao i problem izbora mjernih točaka. Načelno je ponašanje vrsta drva tijekom sušenja poznato, pa se srednja vrijednost sadržaja vode može izraziti kao funkcija proteklog vremena procesa sušenja. Pritom se uzimaju u obzir karakteristični podaci o drvu (početni sadržaj vode, volumna masa i debljina drva) i stanje zraka tokom sušenja. Ovako izračunata veličina je u području iznad točke zasićenosti vlaknaca mnogo preciznija od izmjerene vrijednosti, i može poslužiti kao dobra referentna vrijednost pa nije podložna iznenadnim promjenama - stoga je vrlo dobra kao referentna vrijednost.

Upravljanje stanjem zraka i postavljanje traženih parametara obavlja se na jednaki način kao i u sustavu - s tom razlikom da se stanje zraka ne temelji na mjenom nego na izračunatom sadržaju vode.

Uređaji ove vrste imaju sljedeće sastavne dijelove:

- Mjerač temperature sušenja
- Mjerač relativne vlage zraka (psihrometar ili mjerač ravnotežnog sadržaja vode) koji najčešće daje vrijednosti u obliku izmjere ravnotežnog sadržaja vode U_r
- Mjerne točke za mjerenje sadržaja vode u drvu električnim načinom (samo radi nadzora) ima samo nadzornu funkciju.

U ovom upravljačkom sustavu postavljaju se sljedeće vrijednosti: početna i konačna temperatura, početni sadržaj vode i gradijent sušenja. Na temelju ovih vrijednosti sistem proračunava tražene vrijednosti koje odgovaraju u svakom trenutku proračunatom sadržaju vode u drvu. Ove veličine u vrlo su uskoj vezi sa sadržajem vode. Ravnotežni sadržaj vode je ponovno dan jednadžbom:

$$U_r = \frac{U}{TG} (\%)$$

gdje je

U_r - vlaga ravnoteže drva (%)

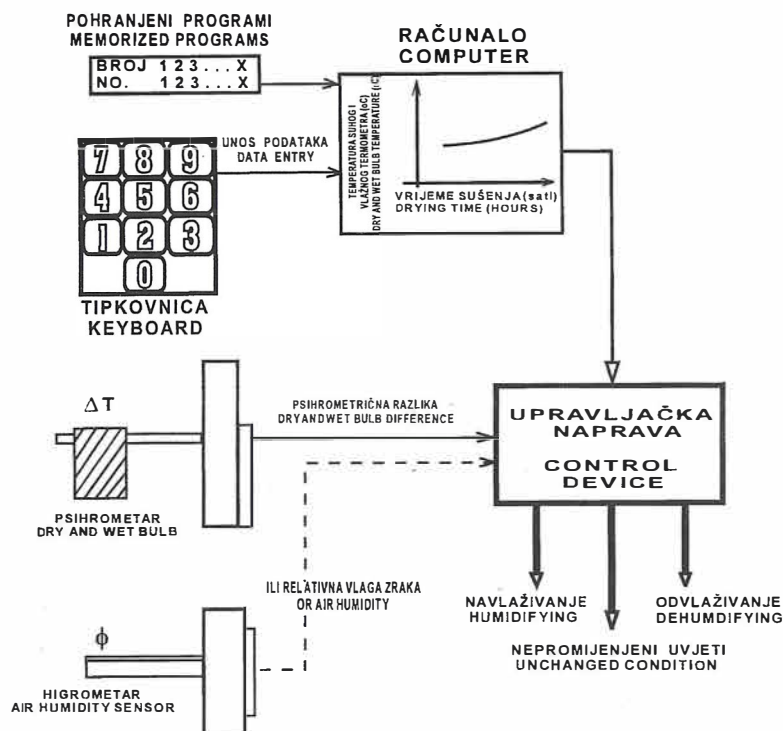
U - sadržaj vode u drvu (%)

TG - oštrina sušenja.

Sušionice koje rade na ovom načelu trebaju za početak rada sljedeće veličine: početni sadržaj vode, vrstu drva i debljinu. Ovaj se proces pokazao vrlo uspješnim u sušionicama u kojima se vrlo često ponavljaju isti procesi (jednaka vrsta drva i debljina) kao i onda i kada nije potreban vrlo precizan konačni sadržaj vode. Ako se počne od pretpostavke da je u jednom slučaju (nepoznata vrsta drva, točan konačni sadržaj vode) sustav 1 mnogo bolji, a u drugom slučaju (poznata vrsta drva, konačni sadržaj vode ne treba biti vrlo točan) da je bolji sustav 2, moderni upravljački sustavi mogu voditi proces sušenja na oba načina.

5.3. Upravljački sustav koji može raditi na oba prethodno opisana načina

Neki proizvođači sušioničke opreme (13) nude mogućnost vođenja procesa



Slika 3.

Shematski prikaz kombiniranog upravljačkog sustava •
Scheme of combined control system

sušenja na oba načina: kao funkcije izmjerenog sadržaja vode ili na temelju proračunatog sadržaja vode. Proces sušenja se tada može voditi ili na jedan ili na drugi način, ali obično postoji mogućnost kombiniranog vođenja procesa: iznad točke zasićenosti vlakancaca prema programu sušenja, ispod točke zasićenosti vlakancaca prema izmjerama sadržaja vode u mjernim točkama. S obzirom da su sve vrijednosti potrebne za vođenje procesa stalno raspoložive (proračunani sadržaj vode, izmjereni sadržaj vode), u svakom se trenutku koristi najpogodniji način upravljanja procesom.

Ovakav način dvostrukog vođenja čini mogućim usporedbu stvarnog odvijanja procesa sušenja s teoretskim. Kao dodatnu funkciju, ovakav uređaj može izračunati predviđeno vrijeme sušenja unaprijed.

5.4. Upravljački sustav s mogućnošću programiranja

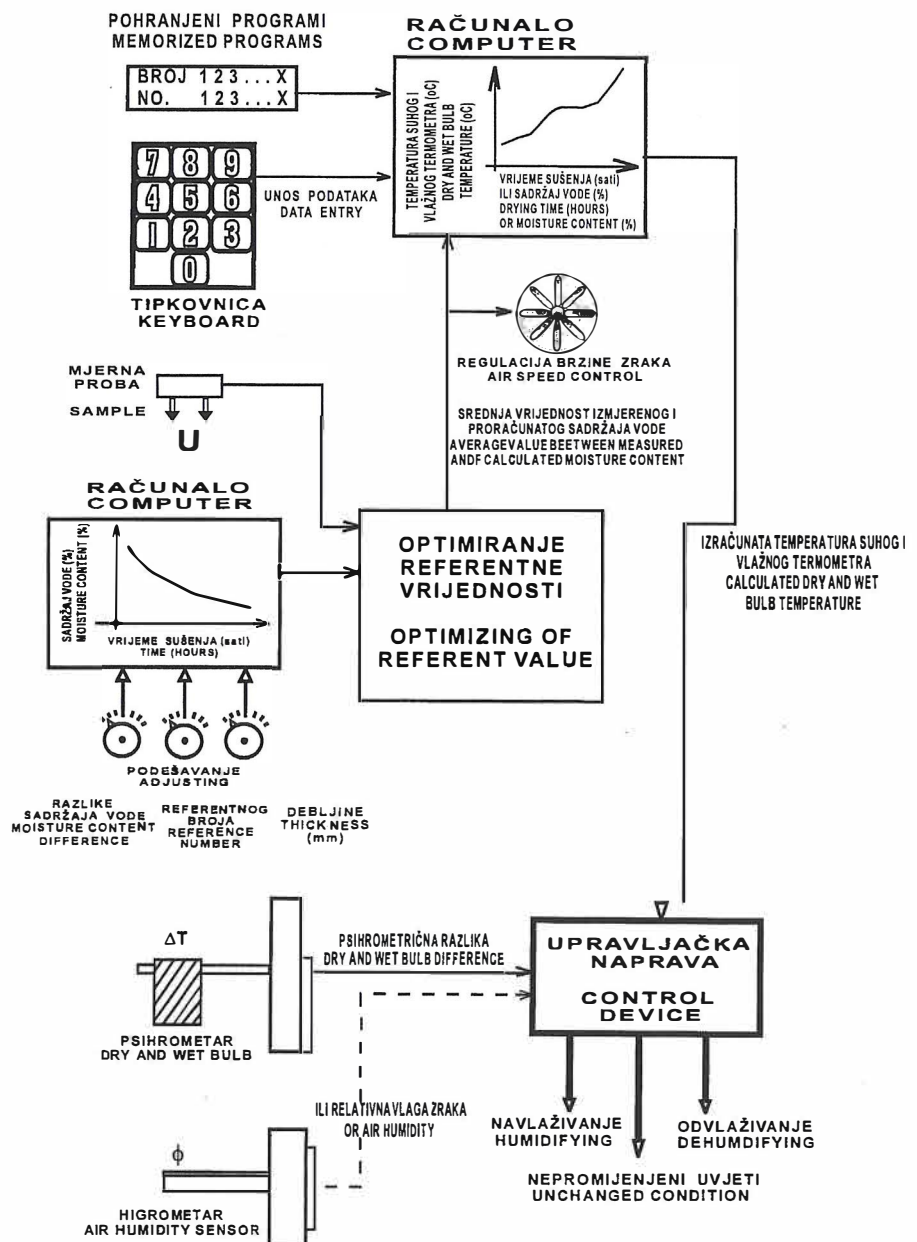
U prethodno opisanim upravljačkim sustavima, mijenjanje pojedinih vrijednosti parametara sušenja je bilo u neposrednoj vezi s vrijednošću sadržaja vode, a tražena je vrijednost relativne vlage zraka imala ista obilježja promjene kao i sadržaj vode.

Ova čvrsta veza između sadržaja vode i promjene potrebnih vrijednosti parametara sušenja ne postoji u ovom načinu vođenja procesa.

Pri postavljanju uvjeta sušenja na početku procesa, vremenski vođene promjene traženih sadržaja vode i temperature zraka mogu se u potpunosti slobodno zadavati. Načelo sušenja prema oštini sušenja ovdje je potpuno nevažno. Putem zadavanja vremena kao referentne veličine zadaje se krivulja po kojoj će se odvijati tem-

Slika 4.

Shematski prikaz upravljanja sušenjem na osnovi trajanja procesa
 • Scheme of control system based on duration of drying process



peratura i krivulja po kojoj će se mijenjati relativna vlaga zraka tijekom sušenja. Na taj se način zadaje brzina porasta ili smanjenja temperature i relativne vlage zraka kao i točna vremena u kojima je pojedina vrijednost važeća. Ovakvo slobodno programiranje omogućava prilagodljive programe sušenja. S obzirom da se kao u sustavu 1 i sustavu 2 ne zadaje samo početno i konačno stanje zraka, nego svi podaci nužni za cjelokupno trajanje procesa, ovakvi uređaji nemaju prekidače nego tipkovnicu. S tim u vezi, oni su opskrbljeni s memorijom na kojoj se program - kada je jednom definiran - može pohraniti te prema potrebi ponovno startati. Ovi uređaji također mogu biti opskrbljeni mjeračima sadržaja vode u drvu koji služe samo kao nadzorni uređaji, s obzirom da je postupak sušenja vođen prema prethodno određenom programu zasnovanom na vremenu sušenja. Izmjere sadržaja vode mogu poslužiti za zaustavljanje procesa sušenja u trenutku dosizanja konačnog sadržaja vode. Ovi uređaji mogu raditi s poznatim mjeračima vlage zraka - psihrometrom i mjeračem ravnotežnog sadržaja vode te prikazivati vlagu zraka kao ravnotežni sadržaj vode u postocima, kao relativnu vlagu zraka u postocima ili kao razliku temperatura u K. Ovi vremenski vođeni upravljački sustavi nude iskusnom sušioničaru mogućnost optimiranja sušenja. Upravljanje procesom sušenja na ovakav način može se ostvariti jedino upotrebom računalnih sustava, a korisniku omogućuju najveću prilagodljivost i točnost. Programi u kojima se zadaje stanje zraka (mijenjanje tražene vrijednosti vlage i temperature zraka) su prilagodljivi i mogu se potpuno slobodno programirati. Stoga je moguće načiniti mnogo različitih programa za upravljanje stanjem zraka. Ove promjene stanja zraka su napravljene na takav način da se sve odvija kontinuirano na temelju sadržaja vode u drvu kao referentnoj veličini.

S obzirom da izmjerena vrijednost sadržaja vode i proračunana vrijednost sadržaja vode orijentacijske vrijednosti, izračunava se iz tih dviju vrijednosti srednja vrijednost. Srednja vrijednost sadržaja vode objedinjavanja prednosti proračunatog i izmjerenog sadržaja vode.

Moderni upravljački sustavi koji rade na gore opisanim načelima omogućavaju sušioničaru samostalan rad. Ulazne veličine se zadaju preko tipkovnice i prikazuju se na zaslonu računala. Djelovanje se obavlja interaktivno, tj. sušioničar odgovara na pitanja koja se pojavljuju na zaslonu. Nakon unosa podataka računalo upozorava ukoliko su po-

daci nedostatni ili pogrešni. S obzirom da potpuni unos podataka za sušenje može biti dugotrajan i kompliciran, u računalu postoji mogućnost pohrane kompletnih programa sušenja koji se mogu kasnije ponovno koristiti. Uređaj može raditi s mjernim pretvornicima temperature i relativne vlage zraka sa ili bez mjerača sadržaja vode u drvu. Pri korištenju podataka mjerenja sadržaja vode u drvu, mogu se koristiti pojedinačne izmjere, srednja vrijednost, vrijednost najvećeg sadržaja vode ili kombinacija između unutarnjeg i vanjskog sadržaja vode. Mjerenja s prevelikim odstupanjima mogu se odbaciti kao nevjerodostojna.

5.5. Ostale pogodnosti računalnog upravljanja procesom sušenja drva (14)

Sigurnosni program

Ako je moderni računalom upravljani sustav kontrolni sustav opskrbljen sa sigurnosnim programom on stalno nadzire da li su zadane komande zaista izvršene (npr. zatvaranje dovoda topline) i da li mjerači rade ispravno. Ako se u tom vremenu pojavi neobjašnjiva greška, vrijednosti parametara se ne provode iz razloga sigurnosti i aktivira se alarm; u slučaju da se greška ne otkloni u određenom vremenu proces se prekida. Ovakav postupak sprečava nastanak grešaka na drvu.

Pohrana podataka o proteklom procesu

Da bi se provjerilo postupke sušenja koji su završeni, preporučljivo je zadržati dnevnik sušenja koji će sadržavati tražene i stvarne vrijednosti relativnih vlaga zraka i temperatura za svaki pojedini slučaj, vrijeme trajanja određenog parametra i vrijednosti svih izmjera sadržaja vode. Ove se zabilješke moraju uzimati u pravilnim vremenskim razmacima. One su dokaz o točnosti izvršavanja procesa sušenja, a također sadrže važne informacije o greškama koje se mogu pojaviti. Automatsko bilježenje veličina je moguće ili u obliku dijagrama promjena temperature, relativne vlage zraka i sadržaja vode u drvu na papirnoj traci, ili pomoću pisača. Pisač može istovremeno bilježiti podatke za nekoliko uređaja i pri tome može bilježiti više informacija o jednoj komori (stvarne i tražene vrijednosti, vrijeme ispisa, greške itd.).

Proračun vremena sušenja

Različiti računalni uređaji nude mogućnost izračunavanja približnog trajanja procesa sušenja na temelju poznavanja osobina vrsta drva. To omogućuje efikasnu upo-

rabu sušioničkog prostora i omogućuje proučavanje utjecaja stanja zraka i pojedinih vrsta na vrijeme sušenja.

7. ZAKLJUČAK

Moderni računalni sušionički sistemi posjeduju sljedeće prednosti (14):

1. Mogućnost slobodnog programiranja režima sušenja (fleksibilnost).
2. Olakšavaju rad.
3. Omogućuju optimizaciju procesa sušenja, visoku kvalitetu sušenja i ekonomičnost.
4. Imaju male dimenzije.
5. Mogu se postavljati direktno na svakoj sušionici neovisno o ostalim sušionicama.

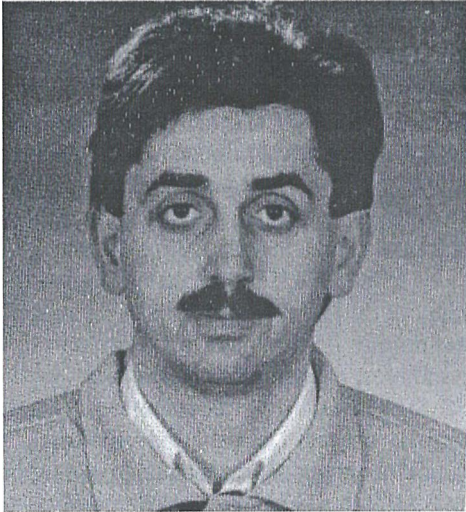
6. Na centralnu kontrolnu jedinicu je moguće priključiti pisač za bilježenje podataka svih priključenih sušionica.

Pomoću uređaja navedenih obilježja uvelike se olakšava rad i omogućuje optimizacija procesa sušenja, kvalitete sušenja i ekonomičnosti.

8. LITERATURA

1. Breiner, T.A., Arganbright, D.G. i Pong, W.Y. (1987): Performance of in-line moisture meters. U.S.D.A., Forest Products Journal, 37, 4, 9-16.
2. Brunner, R. (1981): Regelungstechnik für die Schnittholztrocknung heute. Teil 3: Computer-Steuerungen. Holz als Roh- und Werkstoff, 39, 11-15.
3. Čičel, M. (1985): System zur Steuerung der Trocknung von Schnittholz mit dem Mikrorechner SM 50/40-1. Holztechnologie, 26, 6, 291-191.
4. Herrmann, P. (1982): Einige Möglichkeiten der rechnergestützten Prozesskontrolle in der Holzindustrie. Holztechnologie, 23, 3, 166-168.
5. James, W.L. i Boone, R. (1984): In-line

- moisture monitoring systems. Forest Products Research Society, 91-94.
6. Klinkmüller, H. (1971): Automatisierung der Trocknungsteuerung für Schnittholz. Holz als Roh- und Werkstoff, 29, 7, 246-248.
7. Kordes, W. (1980): Regelungstechnik für die Schnittholztrocknung, heute. Teil 1: Trocknungstechnik und Messwerterfassung. Holz als Roh- und Werkstoff, 38, 419-422.
8. Kordes, W. (1980): Regelungstechnik für Schnittholztrocknung, heute. Teil 2: Konventionelle Regelanlagen. Holz als Roh- und Werkstoff, 38, 445-448.
9. Kubler, H. (1955): Die elektrische Temperaturmessung, unter besonderer Berücksichtigung der Kammertrocknung von Schnittholz. Holz als Roh- und Werkstoff, 13, 41-52.
10. Lohmann, U. (1993): Holzhandbuch, DRW - Verlag, Leinfelden, 127-133.
11. Pervan, S. (1996): Pouzdanost računalom podržanog sušenja bukovine u klasičnoj komornoj sušionici. Magistarski rad.
12. * * * (1980): Trocknungssteuerung mit Mikroprozessor oder Analog-, Digitalregler - Ein Wort zum Stand der Technik. Holz als Roh- und Werkstoff, 38, 404-406.
13. * * * (1983): Neue Holz Trockner mit Computersteuerung. Holz- und Kunststoffverarbeitung, 12, 1090-1091.
14. * * * (1986): Drying softwood and hardwood lumber for quality and profit. Forest Products Research Society. Proceedings 47356, Charlotte, 103-113.
15. * * * (1986): Neue Computer - Automatik für die Schnittholztrocknung. Holz als Roh- und Werkstoff, 44, 2, 78-79.
16. * * * (1989): Technical drying of timber. Priručnik za sušenje drva. Ludwig Bollmann AG.
17. * * * (1991): Neue Computer - Automatik Hydromat TK-MP 4016. Möbel und wohnraum. Leipzig, 4, 3. str. 17-18.
18. * * * (1994): ASTM Hand-Held Moisture Meter Workshop. Forest Products Research Society, Madison, Wisconsin.



Mr. sc. Marko Žmire obranio je 27. studenoga 1996. godine na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, pred povjerenstvom u sastavu prof. dr. sc. Boris Ljuljka, prof. dr. sc. Stjepan Tkalec (oba sa Šumarskog fakulteta u Zagrebu) i prof. dr. sc. Nikola Vranković (s Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu), magistarski rad s naslovom *"Primjena spojeva klinastim zupcima u konstrukcijama stolice"* i time stekao pravo na akademski naziv magistra znanosti u biotehničkom znanstvenom području, polju drvne tehnologije i znanstvenoj grani konstrukcije proizvoda od drva. Mentor rada bio je prof. dr. sc. Stjepan Tkalec, a članovi povjerenstva bili su isti pred kojima je rad obranjen.

Podaci iz životopisa

Marko Žmire rođen je 29. 6. 1961. godine u Vetovu, općina Požega. Osnovnu i srednju medicinsku školu završio je u Požegi odličnim uspjehom. Školske godine 1980./1981. upisao se na studij VII/1 stupnja na Drvnotehnološkom odjelu Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, koji je završio 1996. godine prosječnom ocjenom 3,90.

Školske godine 1986./1987. upisao je poslijediplomski studij na Šumarskom fakultetu u Zagrebu s područja tehnologije finalnih proizvoda, koji je apsolvirao i položio sve ispite prosječnom ocjenom odličan. Služi se njemačkim jezikom.

Od 1986. do 1989. zaposlen je u tvornici piljene građe, elemenata i namještaja Spin Valis d.d. u Požegi, gdje radi kao rukovoditelj proizvodnje i pripreme proizvodnje namještaja. U šk. god. 1986./1987. držao je praktičnu nastavu stručnih predmeta na

drvnom usmjerenju Srednjoškolskog centra u Požegi kao vanjski suradnik, dok je šk. god. 1988./1989. predavao stručne predmete u sklopu nastave za stjecanje zvanja viši drveni tehničar, a za potrebe tvornice Spin Valis. U tom razdoblju sudjelovao je na brojnim seminarima i savjetovanjima, te posjetima domaćim i inozemnim sajmovima i tvornicama namještaja. Danas radi kao direktor Tvornice masivnog namještaja Spin Valis d.d., u kojoj je proveo više tehnoloških i organizacijskih racionalizacija proizvodnje masivnog namještaja, koja sada postiže vrlo uspješne poslovne rezultate.

Prikaz magistarskog rada

Magistarski rad Marka Žmire, dipl. ing., sadrži ukupno 101 stranicu, 35 crteža i grafikona, 25 tablica, 4 fotografije i 33 naslova literature.

Na početku rada je I. Predgovor, II. Sažetak, III. Summary, IV. Sadržaj. Rad sadrži ova poglavlja: 1. Uvod, 2. Pregled dosadašnjih istraživanja, 3. Ciljevi i svršishodnost istraživanja, 4. Metoda rada, 5. Rezultati istraživanja, 6. Zaključak, 7. Literatura.

1. Uvod

U uvodu autor navodi značenje proizvodnje namještaja za sjedenje u indutriji namještaja naše zemlje, te o važnosti postizanja estetsko funkcionalnih i tehničkih značajki kvalitete za uspješan plasman stolica na tržištu namještaja. Međutim uspješna će prodaja prije svega ovisiti o razini kvalitete i konkurentnoj cijeni. Jedan od najznačajnijih čimbenika kvalitete jest čvrstoća spojeva, koja ovisi o izboru materijala za izradu, konstrukcijskom obliku sastavljanja i procesu izrade.

2. Pregled dosadašnjih istraživanja

Dosadašnja istraživanja namještaja za sjedenje sa stajališta konstrukcije i tehnologije izrade relativno su brojna, ali su radovi o klinastim zupcima primijenjenim u konstrukcijama stolica od drva tvrdih lističa malobrojni. Stoga je autor proučavao radove o konstrukcijama stolica općenito, zatim istraživanja o spojevima klinastim zupcima, te radove o ispitivanju čvrstoće i izdržljivosti lijepljenih spojeva od masivnog drva. Istraživanja klinastozupčastih spojeva pretežno su usmjerena na probleme vezane za drvo četinjača, koje se više koristi za izradu drvnih proizvoda u građevinarstvu. Osvrt na dosadašnja istraživanja upućuje na to da autor poznaje tu problematiku, a izne-

seni podaci vrijedan su materijal za one koji će se baviti konstrukcijama s klinastim zupcima.

3. Ciljevi i svrshodnost istraživanja

U tom poglavlju autor opisuje zahtjeve tržišta namještaja koji utječu na proizvođače da uvide promjene u proizvodne programe u skladu s modnim trendovima, pa tako i novim oblikovnim i konstrukcijskim rješenjima, racionalnijom primjenom drva u novim tehnološkim konceptima proizvodnje koji donedavno nisu bili prisutni u industriji namještaja. Uvođenje novih konstrukcijskih oblika treba biti znanstveno verificirano, tj. eksperimentalno provjereno kako bi se ustanovilo u kojoj mjeri ispunjavaju zahtjeve opće i tehničke kvalitete. U tom smislu postavljena je zadaća istraživanja koja obuhvaća laboratorijski pokus ispitivanja nekih svojstava klinasto-zupčastih spojeva duljine 7,5 i 10 mm na bukovini, koja se trenutno najviše rabi u stoličarstvu. Cilj provedbe pokusa je da se na temelju dobivenih rezultata utvrdi:

- izdržljivost lijepljenih spojeva na statička opterećenja
- izdržljivost lijepljenih spojeva na dinamička opterećenja
- oslabljenje spojeva zbog dinamičkih opterećenja.

4. Metoda rada

Poglavlje je podijeljeno na potpoglavlja o određivanju pokusnih uzoraka, izrad ispitnih uzoraka, ispitivanju čvrstoće na statička, dinamička i dinamičko-statička opterećenja te o mjerenju deformacija i proračunu nagibne krutosti.

Za spomenuta ispitivanja izrađeno je šest skupina uzoraka od bukovine različite po vrsti zubaca. Uzorci su lijepljeni u pogonskim uvjetima ljepilom Titebond na bazi alifatskih smola. Uzorci su kondicionirani, zatim ispitivani na uređajima za statička i dinamička opterećenja. Kutni spojevi ispitivani na statička opterećenja izloženi su vlačnim silama, dok su uzorci ispitivani dinamičkim opterećenjem izloženi naizmjeničnom djelovanju tlačnih i vlačnih sila. Tijekom ispitivanja evidentiran je režim rada uređaja i deformacije nastale na uzorcima.

5. Rezultati istraživanja

U pregledu rezultata istraživanja izneseni su podaci o ispitivanju uzoraka na statička opterećenja u obliku tabličnih prikaza, kao i o ispitivanju na dinamička i di-

namičko-statička opterećenja.

Ispitivanjem čvrstoće na skupini kutnih lijepljenih spojeva na statička opterećenja utvrđeno je da mali zupci duljine 7,5 mm daju čvršće spojeve pri jednakom presjeku okvirmice u odnosu prema zupcima duljine 10 mm u uvjetima eksperimenta. Moment sile po stupnju kuta nagiba veći je za 22,6% nego u zubaca duljine 10 mm.

Ispitivanje izdržljivosti spojeva na dinamička opterećenja pokazala su da su spojevi duljine 7,5 mm pokazali relativno veću izdržljivost na dinamička opterećenja.

Ispitivanje čvrstoće klinasto-zupčastih spojeva duljine 7,5 i 10 mm dinamičko-statičkim opterećenjima, pokazalo je da spojevi zamarani naizmjeničnim momentom sile od 1 270 daNcm u djelovanju do 10 000 ciklusa nisu znatnije izgubili statičku čvrstoću uvelike zahvaljujući i vrsti upotrebljenog ljepila.

Tijekom dinamičkih opterećenja nastaju otkloni okvirmice, tako da se u zubaca 7,5 mm duljine otklon povećava sporo, dok se naglo povećava prije trenutka loma. U zubaca duljine 10 mm progib raste još sporije, ali neposredno prije loma skokovito se povećava.

Utvrđena je veća čvrstoća i nagibna krutost zubaca 7,5 mm u odnosu prema zupcima 10 mm duljine. Također je utvrđeno da mali i veliki zupci na kritičnom spoju mogu zadovoljiti normirane uvjete izdržljivosti na gotovim stolicama.

6. Zaključak

U zaključku autor navodi rezultate rada u skladu s postavljenim ciljevima, te navodi da su se tijekom izvođenja pokusa pojavili mnogi prikriveni problemi za koje nije bilo mogućnosti ni vremena da se rješavaju. Stoga ispitivanje treba nastaviti u interesu znanosti i za potrebe prakse.

Ocjena rada

Rezultati izneseni u radu prilog su boljem poznavanju tehničkih svojstava lijepljenih spojeva klinastim zupcima. Zbog jednostavnosti i ekonomičnosti izrade zubaca potvrđena je opravdanost primjene spojeva klinastim zupcima umjesto ostalih konstrukcijskih oblika spajanja ako to oblikovno dizajnersko rješenje dopušta. Važno je da ovaj način spajanja može zadovoljiti izrazito visoke zahtjeve izdržljivosti dinamičkih opterećenja prema propisima hrvatskih normi za ispitivanje kvalitete stolica.

Dobiveni podaci značajni su kao smjernice za mogućnost primjene klinastih

zubaca u razvoju novih konstrukcijskih rješenja i za spajanje dijelova pod kutom, a ne samo podužno.

Šteta je što podaci o ispitivanju dinamičke izdržljivosti nisu bili dostatni za statističku obradu, ali to ne umanjuje vrijednost rada, a otvara mogućnost nastavka istraživanja.

Prilikom prijepisa tekstova i matematičkih izraza potkrale su se pogreške koje ne mijenjaju smisao rečenica, ali ih je prije objavljivanja rada potrebno ispraviti.

Rad Marka Žmire, dipl. ing., sadrži sve bitne elemente znanstvenoga magistarskog rada, a to su:

- odabrana tema obrađuje aktualnu problematiku u znanstvenoj grani drvnih konstrukcija

- postavljeni zadaci teorijskog i eksperimentalnog dijela uspješno su ostvareni

- rezultati rada usklađeni su s postavljenim ciljevima i dobro se uklapaju u dosadašnja istraživanja

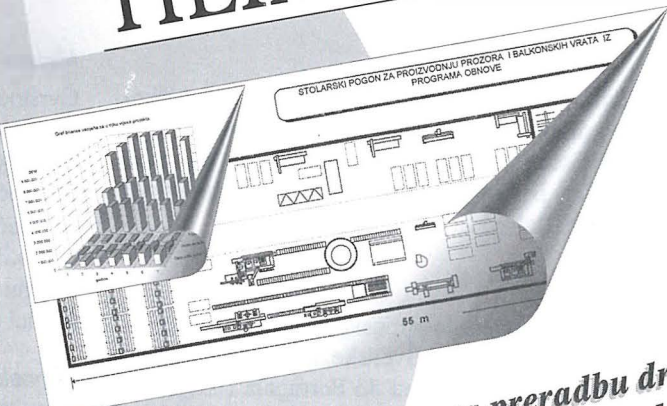
- rad je vrijedan doprinos znanosti u biotehničkom znanstvenom području, polju drvne tehnologije i razvoju znanstvene grane konstrukcije proizvoda od drva.

Autor rada osim pozitivne ocjene zaslužuje i pohvalu što je za potrebe ispitivanja izradio poluautomatski uređaj za dinamičko ispitivanje lijepljenih spojeva koji je korisno poslužio za navedena ispitivanja, a ostaje na raspolaganju Šumarskom fakultetu.


Uredništvo časopisa "Drvna industrija" čestita mr. sc. Marku Žmiri na postignutom uspjehu.

Prof. dr. sc. Stjepan Tkalec

TILIA'CO




- Tehnički projekti pogona za preradbu drva
- Investicijski programi za industriju i obrt
- Tehnički i ekonomski savjeti
- Procjene vrijednosti:
 - strojeva
 - opreme
 - cijelih poduzeća



Pričuplatite se na Drvo!

- Izdavaštvo i marketing:
 - časopis Drvo
 - Katalog hrvatske drvne branše
 - prospekti, promocijski tisak, katalozi



Oglašavajte u Drvo!

POUZDAN PARTNER U VAŠEM USPJEHU!

TILIA'CO

Međunarodni drvni centar za razvoj, marketing i informatiku
 Rujanska 3, 10000 Zagreb, tel.: 01/38 73 934, tel./fax: 01/38 73 402
 e-mail: tiliaco@alf.tel.hr
 žiro račun br. 30108-601-51451

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, stručne i pregledne radove, prethodna priopćenja, izlaganja sa savjetovanja, stručne obavijesti, bibliografske radove, preglede te ostale priloge s područja iskorištavanja šuma, biologije, kemije, fizike i tehnologije drva, pulpe i papira te drvnih proizvoda, uključivši i proizvodnu, upravljačku i tržišnu problematiku u drvnj 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 recenzentata. Izbor recenzentata i odluku o klasifikaciji i prihvaćanju članka (prema preporukama recenzentata) donosi Urednički odbor.

Svi prilogi podvrgavaju se jezičnoj obradi. Urednici će zahtijevati od autora da prilagode tekst preporukama recenzentata 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 izvijestavati o istinitim znanstvenim ili tehničkim postignućima. Autori su odgovorni za terminološku i metrološku usklađenost svojih priloga.

Radovi se, u dva primjerka, šalju na adresu:

Uredništvo časopisa "Drvena industrija"
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb.

Rukopisi

Tekst mora biti brižno pripremljen s obzirom na sažetost i odrednice stila i jezika da bi se izbjegli ispravci pri ispravljanju tiskarskog sloga.

Predani rukopisi smiju sadržavati najviše 15 jednostrano pisanih DIN A4 listova s dvosturkim prorodom (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.

Uredništvo uz ispis prihvaća i diskete formatirane na IBM kompatibilnim osobnim računalima s tekстом obrađenim u procesorima Word Perfect 5.1, Word Perfect for Windows 5.1/5.2 i Microsoft Word. Prva stranica poslanog rada treba sadržavati puni naslov na hrvatskome i engleskome, ime(na) i prezime(na) autora, podatke o zaposlenju (ustanova, grad i država), te sažetak s ključnim riječima na hrvatskome (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 re-

dom. Latinska imena pisana kosim slovima trebaju biti podcrtana.

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

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

Rezultati trebaju obuhvatiti samo materijal koji se izravno odnosi na predmet. Obvezatna je primjena metričkog sustava. Preporučuju se SI jedinice. Rjeđe rabljene fizikalne vrijednosti, simboli i jedinice trebaju biti objašnjeni pri prvom spominjanju u tekstu. Osobito pazorno treba prikazati formule, ako je moguće u jednom retku, s jasnim razlikovanjem broja 0 i slova "o", kao i slova "l" i brojke 1. 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 redoslijedom. Naslovi, za glavlja, lege nde 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 izvedeni tušem ili tiskani na laserskom tiskalu. 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 130 ili 62 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 poleđeni 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 opažanjima 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 Forest Products Abstracts. Popis literature mora biti selektivan, osim u preglednim radovima. Primjeri navodenja:

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:

Kryan, 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. Côté, 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 upotrebom međunarodno prihvaćenih oznaka. Ispravci su ograničeni samo na tiskarske greške; dodaci ili promjene teksta posebno se naplaćuju. Autori znanstvenih i stručnih radova primaju besplatno po pet primjeraka časopisa. Autoru svakog priloga dostavlja se po jedan primjerak časopisa.

Instructions for authors

The authors are requested to observe carefully the following rules before submitting a manuscript. This will facilitate cooperation between the editors and authors and help to minimize 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, professional and review papers, short notes, 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 wood-working industry.

Submission of a manuscript implies that the work has not been submitted for publication elsewhere or published before (excerpt 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 coauthors (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 for translation into Croatian for foreign authors.

The scientific and professional papers are subject to a thorough review by at least two selected referees. 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 the 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 permission for the reproduction of portions of text published elsewhere has been obtained by the author, 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 to the following address:

Editorial Office "Drvna industrija"
Faculty of Forestry, Zagreb University
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia

Manuscripts

The text should be prepared carefully - also with regard to language, style and conciseness - in order to avoid corrections at the proof reading stage. Submitted manuscripts must consist of no more than 15 single-sided typewritten 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.

Diskettes formatted on IBM compatible PC's (5.25 or 3.5 inch) with the text processed in Word Perfect 5.1, Word Perfect for Windows 5.1/5.2 and Microsoft Word will be accepted with the printout.

The first page of the type-script should present: full title in Croatian and English, name(s) of author(s) with professional affiliation (institution, city and state), summary 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 characterized by appropriate headings. Footnotes should be placed at the bottom of the same page and consecutively numbered. Those relating to the title should be marked by an asterisk, others by superscript

arabic numerals. Footnotes relating to the tables should be printed below the table and marked by small letters in alphabetical order. Latin names to be printed in italic should be underlined.

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

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

Results: only material pertinent to the subject can be included. The metric system must be used. SI units are recommended. Rarely used physical values, symbols and units should be explained at their first appearance in the text. Formulae should be particularly carefully presented, in one line if possible, with a clear distinguishing between letter "O" and zero (0), or letter "I" and number 1. Units are written in normal (upright) letters, physical symbols and factors are written in italics. Formulae 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 sheets 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 done in India ink or 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 130 mm or 62 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 high-gloss 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, excerpt 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 Holzwerkstoffe*. 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. Côté, 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. A copy of a journal will be forwarded to each contributor.



ZIDI

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ZAVOD ZA ISTRAŽIVANJA U DRVNOJ INDUSTRIJI
10000 Zagreb, Svetošimunska 25, tel: +385 01 230-22-88, fax: +385 01 218-616

Za potrebe cjelokupne drvne industrije provodi znanstvena istraživanja i ostale usluge u rješavanju tržišnih, proizvodnih, organizacijskih, obrazovnih i ekonomskih problema unapređivanja proizvodnje i plasmana drvnih proizvoda na tuzemno inozemno tržište.

Djelatnost Zavoda:

- *Istraživanje i ispitivanje drva i proizvoda od drva,*
- *Znanstvena razvojna i primijenjena istraživanja u području drvne tehnologije i drvnoindustrijskog strojarstva,*
 - *Izrada studija razvoja novih proizvoda, tehnologije i organizacije proizvodnje,*
 - *Projektiranje drvnoindustrijskih i obrtničkih tehnologija i pogona prerade drva,*
- *Atestiranje ploča iverica, jedini ovlaštenu laboratorij u Hrvatskoj od Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo,*
- *Ispitivanje namještaja i dijelova za namještaj, ovlaštenu laboratorij u Hrvatskoj od Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo,*
- *Laboratorijska ispitivanja kvalitete - atestiranje svih drvnih materijala, poluproizvoda i finalnih proizvoda,*
 - *Ovlašteno mjerilište za buku i vibracije*
 - *Organiziranje savjetovanja i simpozija s područja drvne tehnologije,*
 - *Izdavanje stručnih edicija i publikacija,*
 - *Pernamentno obrazovanje uz rad za sve obrazovne profile u drvnjoj struci,*
 - *Strategija razvoja poduzeća,*
 - *Istraživanje tržišta poduzeća-studije komparativnih mogućnosti proizvoda i poduzeća,*
- *Uvođenje MRP I i II sustava upravljanja proizvodnjom i poslovanjem uz podršku računala - zajedno s informatičkim inženjeringom,*
 - *Makro i mikro organizacija poduzeća - projekti studije,*
- *Organizacija procesa proizvodnje - studija rada, kontrola kvalitete, organizacija tehnološkog procesa,*
 - *Analiza troškova poslovanja s prijedlogom racionalizacije,*
 - *Optimizacija procesa proizvodnje i poslovanja,*
 - *Sustav planiranja i obračunavanja troškova proizvodnje i poslovanja,*
 - *Primjena ISO-9000 sustava u poduzeću*

Na raspolaganju Vam stoje vrhunski stručnjaci za područja drvne tehnologije, očekujemo Vaše upite i uspješnu suradnju.

OVAKO SE KROJE PLOČE!

HYDRO 3200

Prodajni program:

- ◆ **fleksibilna crijeva:** 16-1400 (voda, zrak, strugotina)
- ◆ **rezni alati:** svrdla, pile, glodalca, profilni noževi
- ◆ **ručni električni strojevi:** bušilice, brusilice, pile
- ◆ **strojevi:** kombinirke, glodalice, četverostrane blanjalice, tračne brusilice, preše, CNC-glodalice, tokarilice, cirkulari, briketirke, rubna kant-mašina

Ovlašteni tvornički zastupnik za Hrvatsku i BiH jamči:

- uputstva, garantni list i ateste na hrvatskom jeziku
- dostava sa skladišta u Zagrebu po tvorničkim cijenama
- osiguran servis, rezervne dijelove i obuku

scm

STARK

IMAS

Zastupnik za Hrvatsku:

ALPI

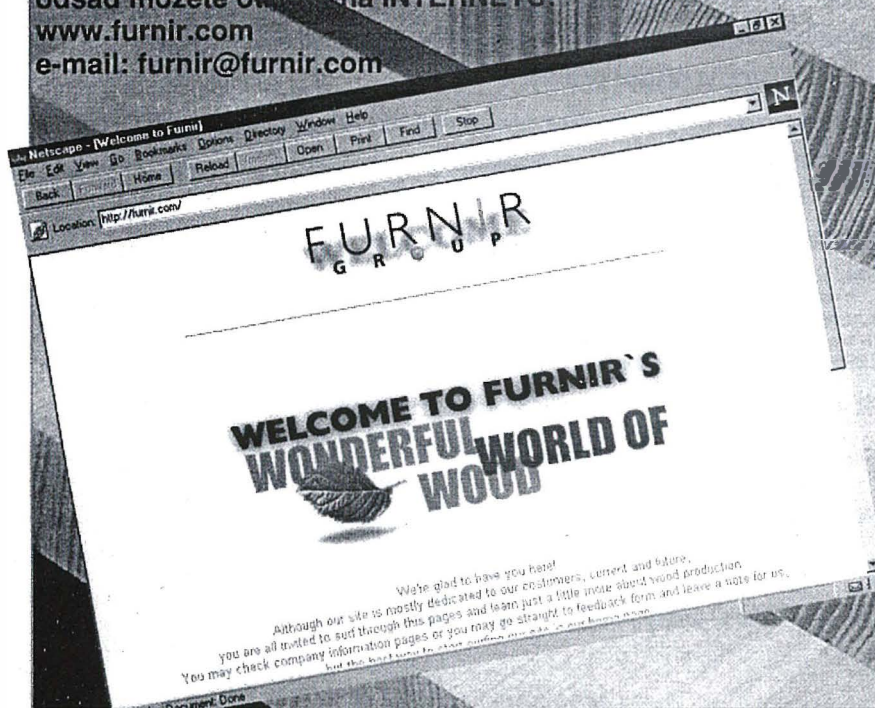
A. Žaje 8, 10000 Zagreb
tel./fax.: ++385/1/392-024,
392-336, 392-337

ŠTO JE NOVO U FURNIRU

odsad možete otkriti na INTERNETU!

www.furnir.com

e-mail: furnir@furnir.com



DUBROVNIK BRASS - DESIGN FURNIR

Dubrovnik, Batala bb
tel. 020/411-482

OSIJEK

LESNINA LGM - FURNIR
31000 Osijek, Ulica jablanova bb
tel. 031/178-126

PULA

BAESA INTERIJERI
FURNIR
52000 Pula, Jeretova bb
tel. 052/215-245

SPLIT

AMG - FURNIR
21000 Split, Solipska cesta 84a
tel. 021/212-912

VINKOVCI

SPAČVA - FURNIR
32000 Vinkovci, Duga ulica 181
Prodajno Izložbeni salon:
Duga ulica 23
tel. 032/331-077, 334-439

PLETERNICA

VEXTER - FURNIR
34310 Pleternica, Kralja Zvonimira bb
tel. 034/251-082



ZAGREB

Heinzlova 34
Telefon 01/415-630
Telefaks: 01/448-744

DOBRODOŠLI U FURNIROV SVIJET DRVA!

**Zagrebački Velesajam
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za istraživanja u drvnoj industriji
i Hrvatsko šumarsko društvo**

u sklopu međunarodne izložbe namještaja
i prateće industrije

Ambienta '97

organiziraju međunarodno savjetovanje pod krilaticom

**UPORABA DRVA U 21. STOLJEĆU
(USE OF WOOD IN 21ST CENTURY)**

Namijenjeno je direktorima, tehničkim direktorima, tehnolozima, marketinškim djelatnicima i ostalim zainteresiranim djelatnicima u preradi drva i pratećoj industriji.

Bit će predstavljeno 13 vizija i trendova u preradi drva, a uz domaće znanstvenike i stručnjake na savjetovanju će svoje referate iznijeti i znanstvenici i stručnjaci iz još 4 europske zemlje, čije će iskustvo na tom području pridonijeti poboljšanju stanja i približavanju trendovima u europskoj drvnoj industriji.

Za sve informacije obratite se na sljedeću adresu:

**Šumarski fakultet Zagreb
Zavod za istraživanja u drvnoj industriji
Izv. prof. dr. sc. Ivica Grbac ili
Doc. dr. sc. Denis Jelačić
Svetošimunska 25, Zagreb
tel. 01 / 230 22 88
fax. 01 / 21 86 16**

tvín



RADNO MJESTO PO MJERI ČOVJEKA !



ULICA ZBORA NARODNE GARDE 2

33000 VIROVITICA

centrala tel. 033/ 725-388, fax 033/ 722-658

Prodaja namještaja tel. 033/ 721-072, 721-432 • Oprema objekata - inženjering tel. 033/ 724-263
Nabava tel. 033/ 721-271, 723-782 • izvoz tel. 033/724-391, 725-760, 725-520, fax 033/ 722-774
Uvoz tel. 033/ 721-498 • Prodaja kalupa i galanterije tel. 033/ 721-121
Prodaja piljene građe i parketa tel. 033/ 722-392

Predstavništvo Zagreb, Savska ulica 92-94, tel. 01/ 6156-666
Predstavništvo Split, Čiovska 25, tel./fax 021/ 358-983

U POSLOVNOM SVIJETU TRAŽI SE

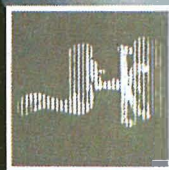


KVALITETA

FUNKCIONALNOST

KREATIVNOST

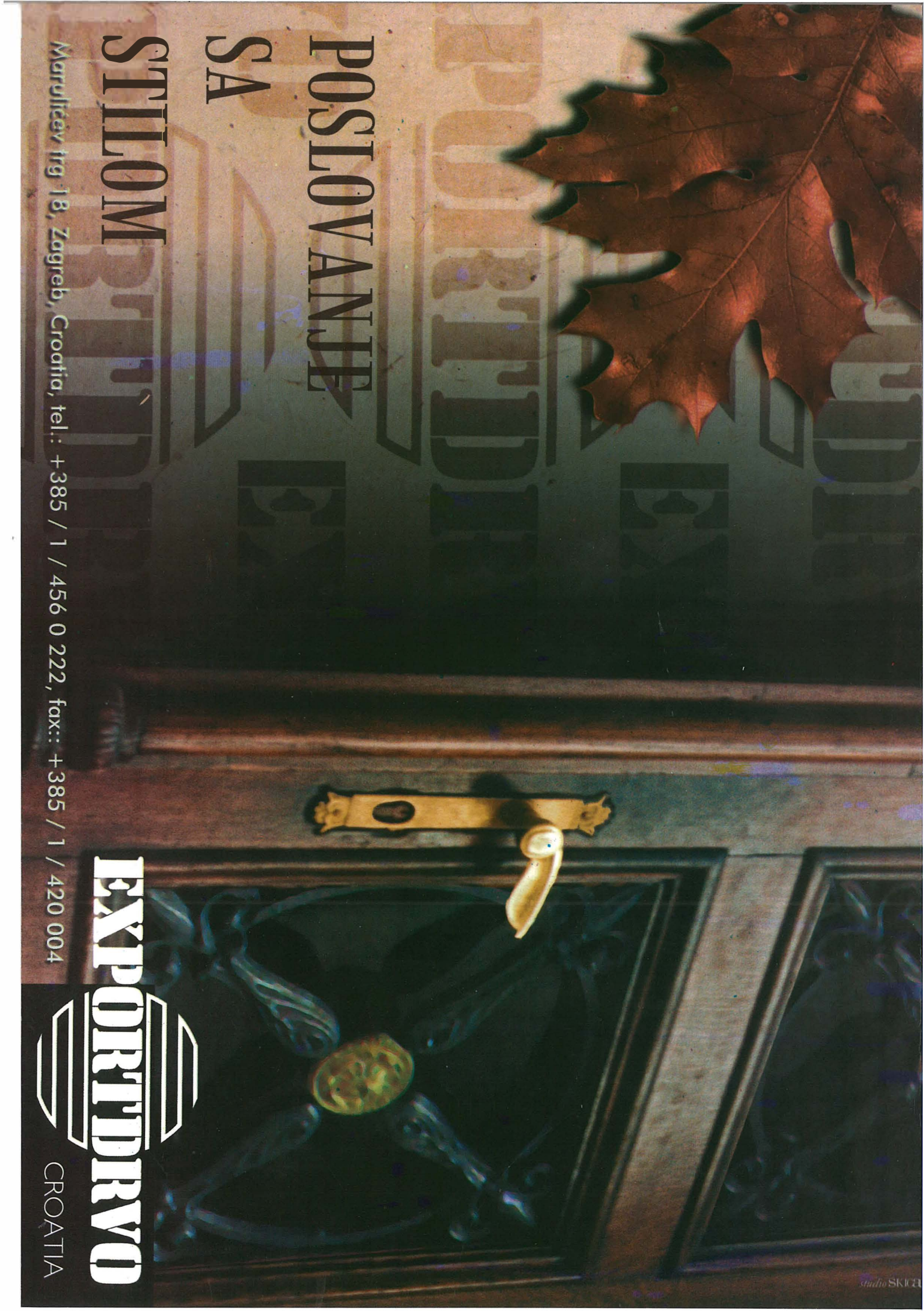
DUKA
INTERIJERI



PROIZVODNJA UREDSKOG NAMJEŠTAJA

ODRAZ VAŠEG POSLOVNOG STILA

10000 ZAGREB, Av. Dubrovnik 15, tel: 01/655 00 80, 652 54 27; faks: 01/655 00 80



POSLOVANJE SA STILOM

Marulićev trg 18, Zagreb, Croatia, tel.: +385 / 1 / 456 0 222, fax: +385 / 1 / 420 004

EXPORTDRVO



CROATIA