

# DRVNA INDUSTRIJA

ZNANSTVENO STRUČNI ČASOPIS ZA PITANJA DRVNE TEHNOLOGIJE • ZAGREB • VOLUMEN 49 • BROJ 2  
SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL JOURNAL OF WOOD TECHNOLOGY • ZAGREB • VOLUME 49 • NUMBER 2



*Acer pseudoplatanus*, L.

2/98





# 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  
Hrvatske šume, p. o. 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  
prof. dr. sc. Mladen Figurić  
prof. dr. sc. Vlado Goglia  
prof. dr. sc. Ivica Grbac  
prof. dr. sc. Vladimir Hitrec  
prof. dr. sc. Božidar Petrić  
doc. dr. sc. Tomislav Prka  
prof. dr. sc. Vladimir Sertić  
prof. dr. sc. Stjepan Tkalec - svi iz Zagreba  
mr. Karl - Friedrich Tröger, 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. Peter Bonfield, Watford, Velika Britanija  
dr. John A. Youngquist, Madison WI, USA  
prof. emeritus R. Erickson, St. Paul MN, USA  
prof. dr. W. B. Banks, Bangor, Velika Britanija  
dr. Jürgen Sell, Dübendorf, Švicarska

## IZDAVAČKI SAVJET

### Publishing Council

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,  
Ivan Tarnaj, dipl. ing., Hrvatske šume p. o.

## TEHNIČKI UREDNIK

### Production Editor

Zlatko Bihar

## LEKTORICE

### Linguistic Advisers

Zlata Babić, prof. (hrvatski - Croatian)  
mr. sc. Gordana Mikulić, prof.  
(engleski-English)  
Vitarnja Janković, prof.  
(njemački-German)

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

Časopis izlazi četiri puta u godini.

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

The journal is published quarterly.

OVAJ BROJ ČASOPISA SUFINANCIRA:



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. Rukopisi se ne vraćaju. MANUSCRIPTS are to be submitted to the Editor's office. Scientific and professional papers are reviewed. Manuscripts will not be returned • 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, i umirovljenike 6 USD, plativa u kunama u protuvrijednosti navedenih iznosa 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. 49, 2• str. 65-132 • ljeto 1998. • Zagreb  
REDAKCIJA DOVRŠENA 1998. 12. 15.

### ZNANSTVENI RADOVI

#### Scientific papers

#### MECHANISM OF INFECTION OF FIR WOOD JOINERY; PART 1: EXPOSURE CONDITIONS, MOISTURE CONTENT AND PERMEABILITY

Mehanizam infekcije jelove građevne stolarije; dio 1: Uvjeti izlaganja, sadržaj vode i permeabilnost

*Radovan Despot* ..... 67-80

#### TROŠKOVI IZRADE DRVNIH ELEMENATA U TRI RAZLIČITE DECIMIRNICE

Manufacturing costs in three different rough mills

*Jurica Butković* ..... 81-88

#### PRAKTIČNO VREDNOVANJE VELIČINE ZAOSTALIH NAPREZANJA U HRASTOVIM ELEMENTIMA

Industrial evaluation of drying stresses in oakwood dimension parts

*Stjepan Pervan, Ivica Grbac* ..... 89-95

#### PRILOG ISTRAŽIVANJU BOČNE STABILNOSTI LISTA KRUŽNE PILE I Utjecajni čimbenici na razdiobu vlastitih frekvencija lista kružne pile

A contribution to the research of circular saw lateral stability I  
Influencing parameters on the circular saw natural frequencies

*Ružica Beljo-Lučić, Vlado Goglić* ..... 97-111

### STRUČNI RAD

#### Professional paper

#### PRIMJER POSTUPKA ZA PRIZNANJE PATENTA

An example of the procedure for patent recognition

*Želimir Ivelić, Ivica Grbac* ..... 113-118

#### NOVI ZNANSTVENI DJELATNICI

*Scientists and their careers* ..... 119-127

#### UZ SLIKU S NASLOVNICE

*Species on the cover* ..... 128



Radovan Despot

# **Mechanism of infection of fir wood joinery; Part 1: Exposure conditions, moisture content and permeability**

## **Mehanizam infekcije jelove građevne stolarije; dio 1: Uvjeti izlaganja, sadržaj vode i permeabilnost**

*Original scientific paper - Izvorni znanstveni rad*

Received - primljeno: 17. 07. 1998. • Accepted - prihvaćeno: 24. 09. 1998.

UDK 634\*812; 634\*833.15; 634\*829

**SUMMARY** • In Croatia the primary raw material for joinery production is fir wood (*Abies alba* Mill). The L-joints made of home-grown fir sapwood and prepared according to EN 330 were used to establish the colonisation and infection of micro-organisms in comparison with the performance of untreated and 1% TnBTO treated L-joints by ten-minute immersion. The L-joints surfaces were treated with two types of coat, and exposed on three different climate sites in Croatia: Zagreb, Zalesina and Rovinj. The first type of coat was alkyd paint and the second was a stain in three different colours: white, brown and black. The untreated L-joints were examined after 1, 2, 3, 4, 6, and 12 months and treated after 12 months of exposure. The influence of the climate, and the type of coat of paint was decisive on the moisture contents, permeability and colonisation. In Zalesina, a mountain site with the highest average air humidity and a great amount of precipitation colonisation was fastest and strongest due to the largest average moisture contents and permeability. The least moisture content and the least permeability occurred in the L-joints exposed in Rovinj, a site on the Adriatic coast, particularly on those coated with the darker stain. It was due to the well known vaporous diffusivity of the stains and the fact that Rovinj had the highest number of sunny days during the first two months of exposure when the dark stain surfaces absorbed many more of the sun's

---

Autor je docent na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Author is an assistant professor at the Faculty of Forestry of the Zagreb University.







vode ustanovljeni u zaštićenim L-spojevima . Usporedbom prosječnih permeabilnosti svih nezaštićenih i zaštićenih, 12 mjeseci izlaganih L-spojeva, najveće povećanje permeabilnosti ustanovljeno je u nezaštićenim L-spojeva premazanih bijelim alkidnim premazom , a najmanje u zaštićenim L-spojeva premazanih lazurnim premazom.

**Ključne riječi:** jelovina, vanjska stolarija, L-spojevi, kemijska zaštita, sadržaj vode , permeabilnost

## 1. INTRODUCTION

### 1. Uvod

The lifetime of wooden products in out-door service depends on many factors. Those products, particularly external joinery, are exposed both to the abiotic and biotic factors and must be well protected particularly against micro-organisms which produce decay. However the application of experimental trials in the evaluation of preservative performance in outdoor situations out of ground contact is well established (Fougerousse 1976, Purslow and Williams 1978, Savory and Carey 1979, 1980, 1982, Carey and Bravery 1989). It is also suggested that destructive examination prior to obvious failure of the samples, could give early indications of the mechanism of infection and the relative efficacy of preservative treatments (Savory *et. al.* 1977).

The decaying of external joinery is a long process, so the major problem is the long-term nature of all the exposure trials (Carey 1982). The L-joints method which has been accepted as a European Norm since 1993 (EN 330) has enabled a number of investigations into the biodeterioration of exterior wooden joinery to be performed in service, both on untreated and preservative treated joinery.

The referent wood species for making the L-joints in those investigations was Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.), particularly its sapwood. As Carey (1982) confirmed, micro-organisms invading the L-joints appear to have entered via the joint, since they were isolated first close to the joint, and then spread along the length of the members (Carey 1982, 1983). Colonisation occurs in the following sequence: bacteria, followed by moulds and blue stain fungi, soft rot fungi and basidiomycetes (Carey 1982, Mendes 1982, Le Poideven 1986, Despot 1996).

Each country, however, prefers the use of that home-grown wood species which constitutes significant resources and is traditionally used for joinery. The properties of that wood species, particularly its natural durability and permeability, sometimes are not acceptable.

Beside spruce, the main coniferous species in Croatia is silver fir (*Abies alba* Mill.) and therefore in the Croatian joinery industry fir-wood is a traditionally primary raw material. It is well known that fir-wood is not durable and a poorly permeable wood species (Petrić 1971, Petrić *et al.* 1990, Despot 1991 and 1996). During its out-door service, the fir-wood products, particularly external joinery, are simultaneously exposed to the abiotic and biotic degradation factors. As a wood with low durability, fir-wood must be well preserved against micro organisms particularly against the action of fungi. In this article, the aim was to establish the moisture content and permeability of untreated and treated fir wood L-joints as main factors and indicators of microbial colonisation .

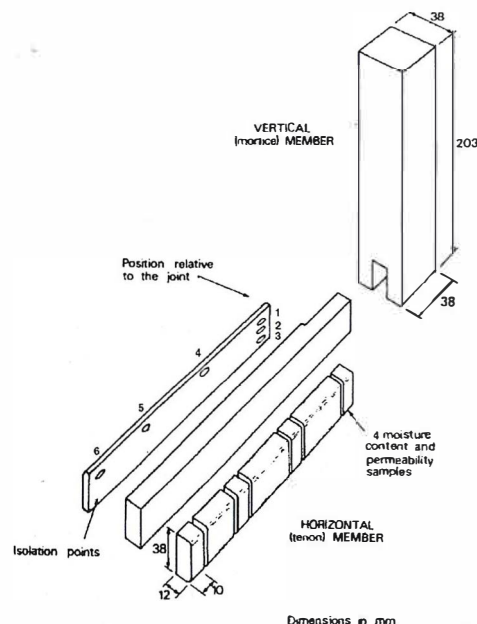
## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.. Materijali i metode

#### 2.1. Material

#### 2.1 Materijal

L-joints were prepared from an air dry stock of Croatian-grown silver fir sapwood (*Abies alba* Mill.) according to EN 330 (Figure 1).

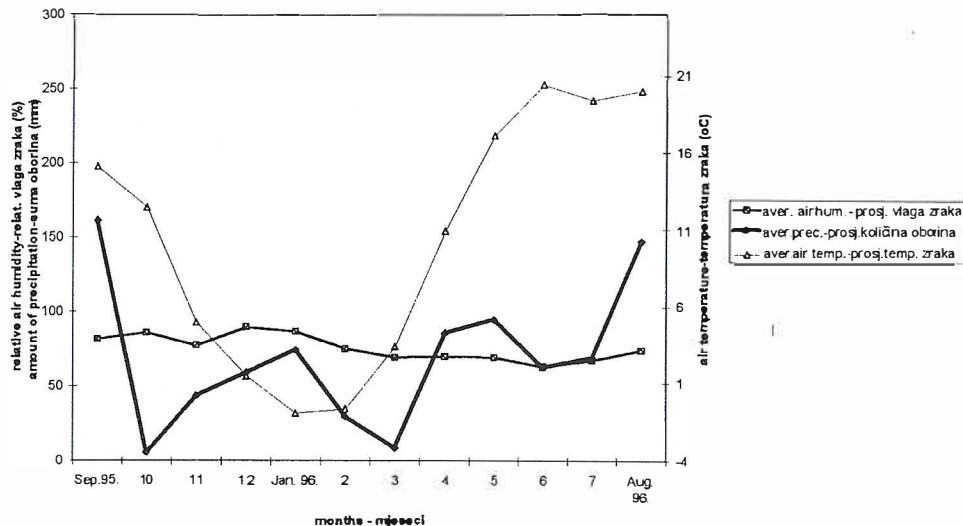


**Figure 1.**

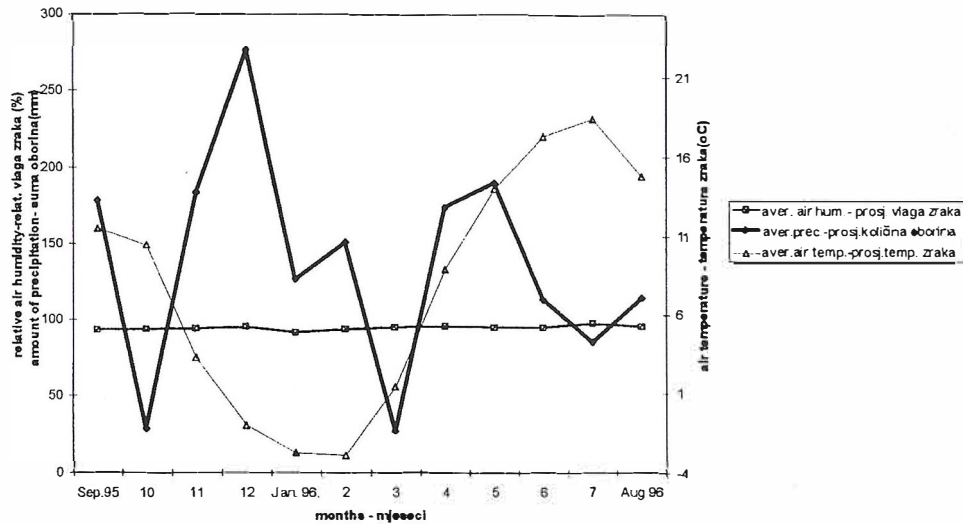
Method of conversion of L-joint for visual assessment. • Postupak obrade i pripreme L-spoja za vizualna ispitivanja (Donji dio uzorka prikazan je u dijelovima-probama koje se od njega ispiljuju nakon izlaganja



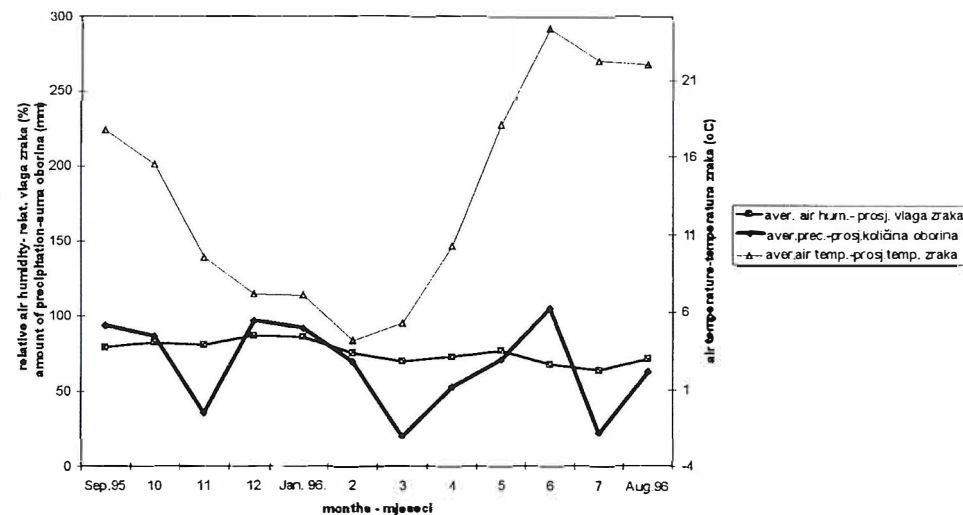
**Figure 2. a)**  
 Climatic characteristics of Zagreb  
 • Klimatska obilježja Zagreba



**Figure 2. b)**  
 Climatic characteristics of Zalesine  
 • Klimatska obilježja Zalesina



**Figure 2. c)**  
 Climatic characteristics of Rovinj  
 • Klimatska obilježja Rovinja



On each exposure site the number of untreated L-joints was equal. The preservative treated L-joints were prepared only for the examination after one year's exposure, and were exposed only in Zagreb. The untreated specimens were divided into groups for 1, 2, 3, 4, 6 and also 12 months exposure. The L-joints that were to be preservative

treated were separated and each mortice and tenon was treated by immersion in the preservative solution, being weighed before and after the treatment to determine the uptake. A 1% by weight solution of the tri n-butyl tin oxide (TnBTO) in organic solvent "Shellsol E" was used for the preservation.

According to the type of coats there

were two main groups of L-joints. In the first group there were L-joints coated with a stain in three different colours: white, brown (teak) and black (ebony) and in the other one with alkyd paint, also in three different colours; white, brown-red and black. Both the coats of paint and stain were made in Croatia. The alkyd paint system applied consisted of: a.) first coat - wood primer, white, b.) second and third coat-alkyd paint, white, brown-red or black. The stain paint system employed consisted also of 3 coats. The end grain, opposite to the joint, was sealed with an epoxid resin with the flexibility and water resistance of modified coal tar pitch. As Miller and co-workers suggested (1987, 1995) this routine presents an appropriate protection. The vertical member of each L-joint was labelled with an aluminium numbered tag.

## 2.2. Methods

### 2.2. Metode rada

#### 2.2.1 Preparation and exposure of samples

##### 2.2.1 Izrada i izlaganje uzoraka

According to the EN 330, from the L-joints to be preservative treated, replicas were immersed ten minutes in the preservative solution. After drying for one week, standing on the ends remote from the joints, they were reassembled and then painted together with the untreated L-joints. Each coat was worked well into the splits and joints; at least 24 h was allowed between each paint

application. After labelling, two coats of sealant were applied at 24 h intervals to the exposed end grain and lapped 4-5 mm over the paint system, to ensure a good seal. The paint film at each joint was broken by separating the two members and then reassembling the joint without pins or glue. Each treatment was exposed on a separate rack. There were three exposure sites with different climates: Zagreb with a typical continental climate (Figure 2.a), Zalesine with a mountain humid climate (Figure 2.b), and Rovinj with a typical Mediterranean climate (Figure 2.c).

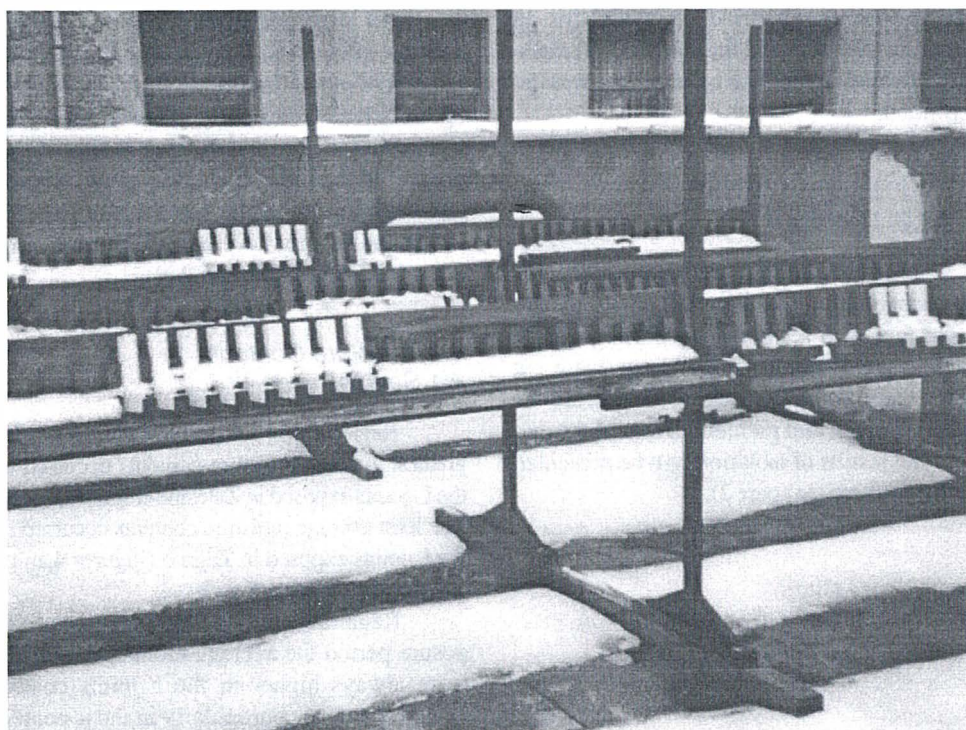
The L-joints were exposed at each site facing south on plywood racks, 900 mm above the ground, sloping at 10 degrees to provide a water trap in the joint area. In Zagreb, the racks were placed on the flat and wide terrace of the Faculty of Forestry, Zagreb (Figure 3).

The racks on all the exposure sites were monitored from 1<sup>st</sup> September, 1995 till 1<sup>st</sup> September, 1996.

#### 2.2.2. Sampling

##### 2.2.2. Uzrokovanje

Each L-joint group consisted of three replicas. After each exposure period, the L-joint groups were observed for visible signs of deterioration. The end seal overlapping the paint film was removed, to facilitate accurate sawing, and the horizontal member was sawn into samples for measurements of moisture content, permeability and the isolation of the micro-organisms (Figure 1.).



**Figure 3.**

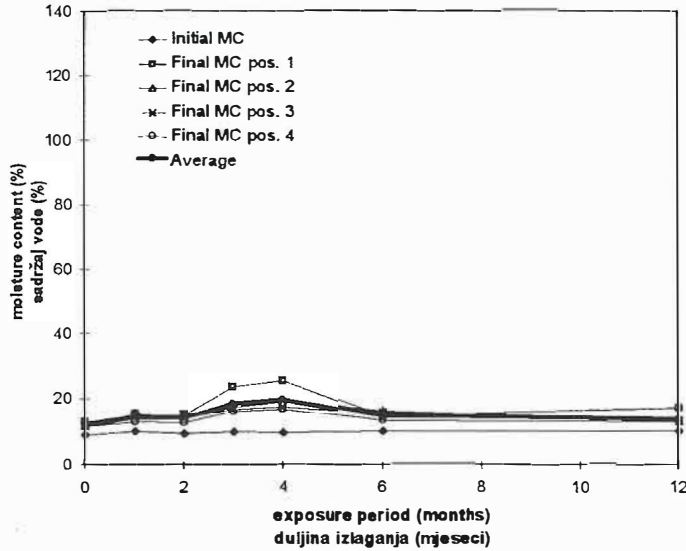
*The L-joints exposed in Zagreb • L-spojevi izloženi u Zagrebu*



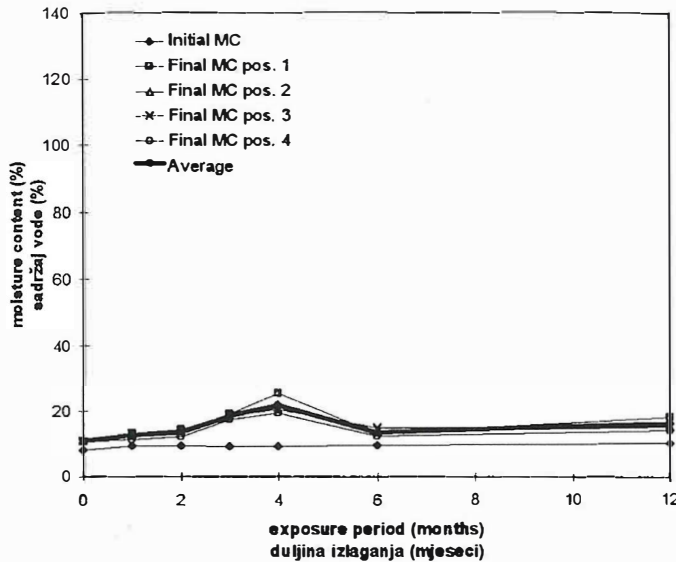


with white alkyd paint and exposed in Zagreb and Zalesina (Figures 5.a and 5.d). Because of the well known stain vapour diffusivity the least average moisture contents occurred in the L-joints coated with stain, particularly on those coated with the brown (Figures 4.b and

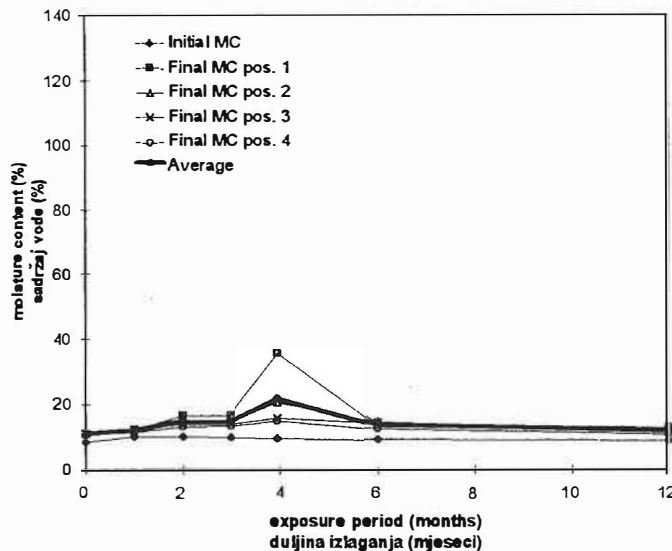
4.h) and black (Figure 4.c) stain and exposed in Zagreb and Rovinj. The surfaces of those L-joints absorbed much more heat, particularly during the first two months of exposure. Such quick heating caused accelerated seasoning, lower moisture contents and fi-



**Figure 4. a)**  
The Moisture contents of L-joints coated with WHITE STAIN and exposed in Zagreb • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim BIJELOM LAZUROM i izlaganim u Zagrebu



**Figure 4. b)**  
The Moisture contents of L-joints coated with TEAK STAIN and exposed in Zagreb • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim SMEĐOM LAZUROM i izlaganim u Zagrebu



**Figure 4. c)**  
The Moisture contents of L-joints coated with BLACK STAIN and exposed in Zagreb • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim CRNOM LAZUROM i izlaganim u Zagrebu



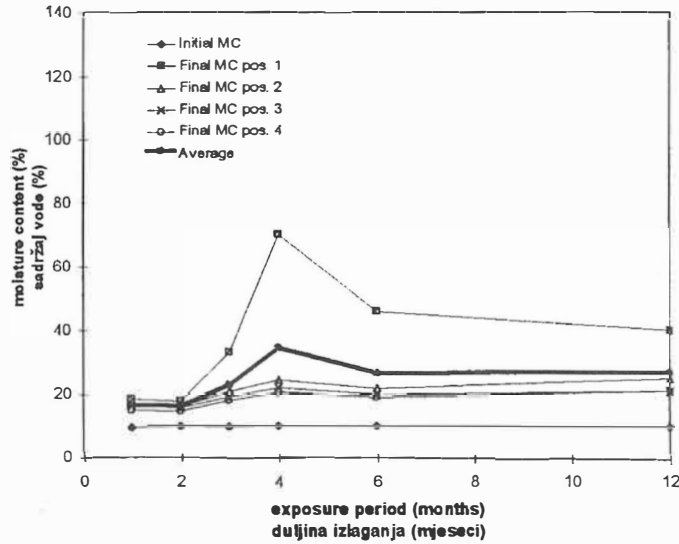
nally a lower colonisation of micro-organisms. The exception between the L-joints were the two L-joints, both coated with black stain, one exposed 4 months in Zalesina, and the other exposed 6 months in Rovinj. Regardless of the mentioned stain vapour dif-

usivity, the average moisture contents of those two L-joints were unusually high.

Regardless of the type of coat the influence of colour was noticeable during the first two months of exposure, particularly with the L-joints coated with the brown and

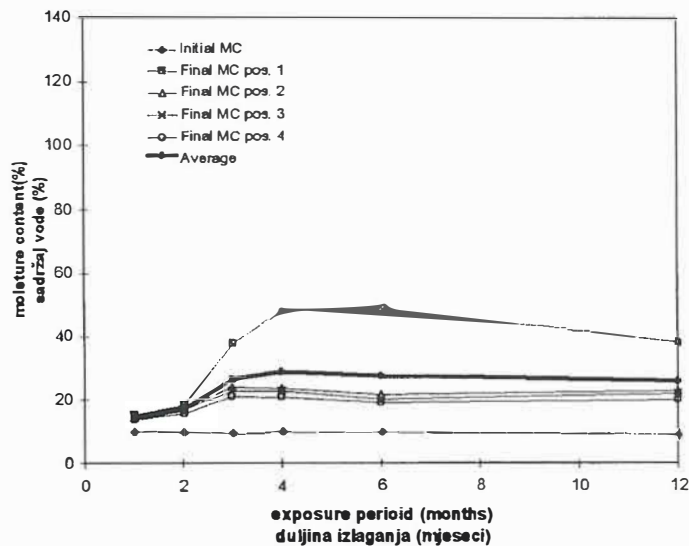
**Figure 4. d)**

The Moisture contents of L-joints coated with WHITE STAIN and exposed in Zalesine • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim BIJELOM LAZUROM i izlaganim u Zalesinama



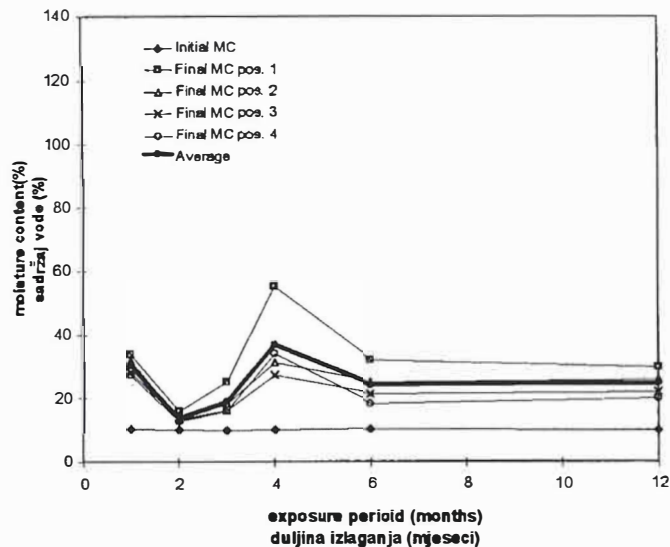
**Figure 4. e)**

The Moisture contents of L-joints coated with TEAK STAIN and exposed in Zalesine • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim SMEĐOM LAZUROM i izlaganim u Zalesinama



**Figure 4. f)**

The Moisture contents of L-joints coated with BLECK STAIN and exposed in Zalesine • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim CRNOM LAZUROM i izlaganim u Zalesinama







4.2. Permeability  
4.2. Permeabilnost

In all the exposed L-joints the higher moisture contents caused stronger microbial activity which significantly increased the permeability. Carey suggested (1995) that

the "cMA values" between 100% and 175% indicate intensified microbiological activity. If the "cMA value" is smaller than 100% there should be no significant biodeterioration in the L-joint. If the "cMA value" is above 175% and is intolerably high it could

Figure 5. a)

The Moisture contents of L-joints coated with WHITE ALKYD and exposed in Zagreb • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim BIJELIM ALKIDOM i izlaganim u Zagrebu

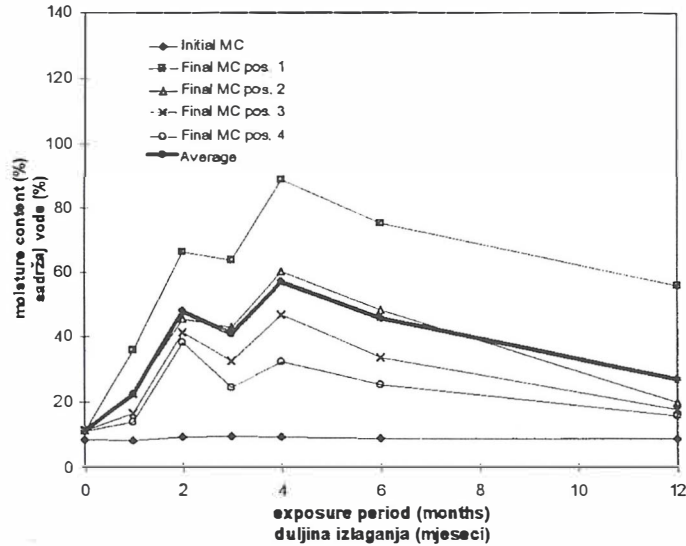


Figure 5. b)

The Moisture contents of L-joints coated with BROWN ALKYD and exposed in Zagreb • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim SMEĐIM ALKIDOM i izlaganim u Zagrebu

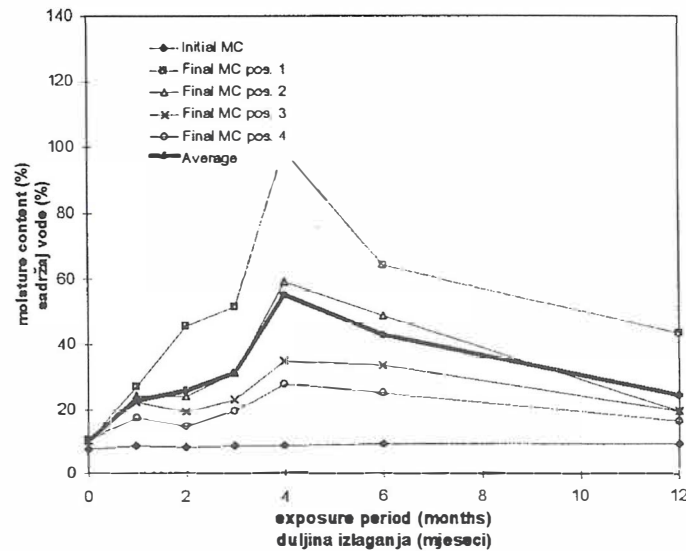
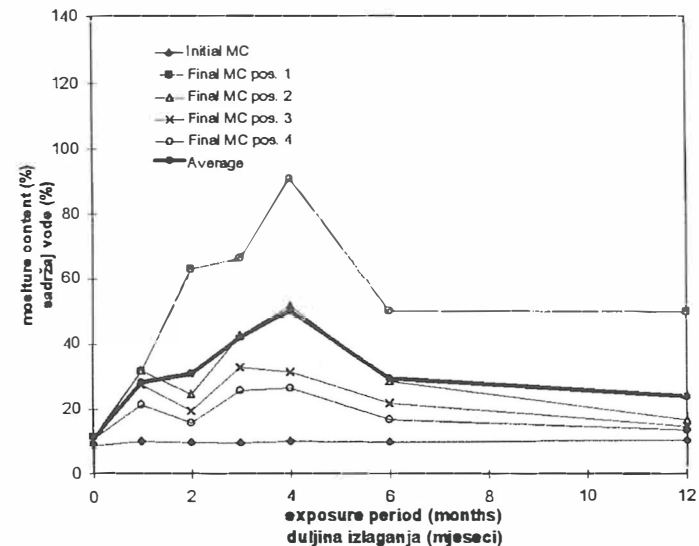


Figure 5. c)

The Moisture contents of L-joints coated with BLACK ALKYD and exposed in Zagreb • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim CRNIM ALKIDOM i izlaganim u Zagrebu





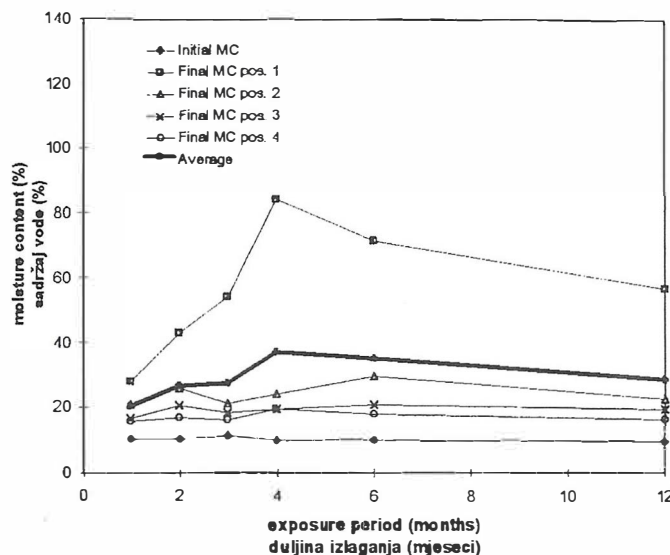


wood properties caused the specific distribution of moisture via tenon and influenced on the intensity of the microbial activities in all the exposed L-joints. In mainly all the L-joints, the increased and irregular swelling and shrinking close to the joint, caused strong

internal strains in that zone. This produced numerous micro splits and cracks which caused increased permeability. In many cases, the average "cMA value" was above 175% (Table 1 and 2).

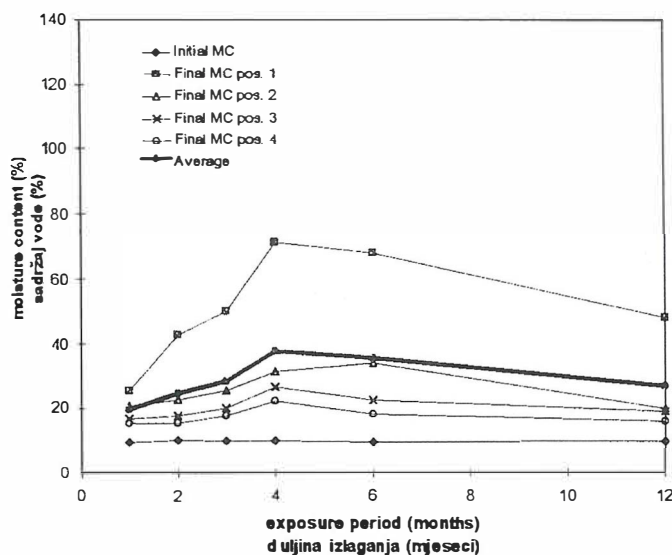
**Figure 5. g)**

The Moisture contents of L-joints coated with WHITE ALKYD and exposed in Rovinj • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim BIJELIM ALKIDOM i izlaganim u Rovinju



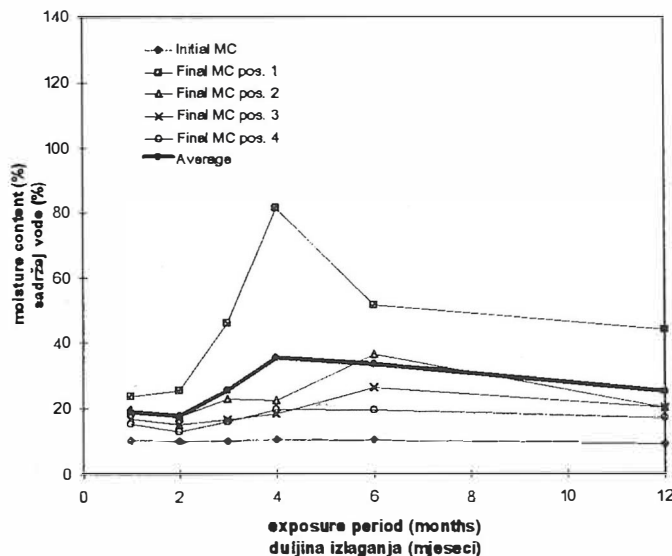
**Figure 5. h)**

The Moisture contents of L-joints coated with BROWN ALKYD and exposed in Rovinj • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim SMEĐIM ALKIDOM i izlaganim u Rovinju



**Figure 5. i)**

The Moisture contents of L-joints coated with BLACK ALKYD and exposed in Rovinj • Sadržaj vode u L-spojevima premazanim CRNIM ALKIDOM i izlaganim u Rovinju



The alkyd coat (Table 2) delayed water much more than the stain coat did (Table 1), so the microbial activity was stronger and faster in the L-joints coated with alkyd coats. On the other hand due to the mentioned stain vaporous diffusivity, the lower average moisture contents and lower average "cMA values" occurred on the L-joints coated with stain. The highest average moisture contents and beside them the highest "cMA values" occurred particularly in the L-joints coated with white alkyd coat and exposed in Zagreb and Zalesine (Table 2). It happened close to

the joint, at positions 1 and 2, but in a few of them (12 months exposed) the increase of the "cMA values" happened at position 4 where the coats of sealant were broken, so water, bacteria and fungi had penetrated inside. Those L-joints were wetter after rain and, therefore, more likely to decay at a faster rate (Carey 1982).

The smallest average "cMA values" occurred in the L-joints coated with the brown (teak) stain and exposed in Zagreb and Rovinj (Table 1).

Exposure periods (months)	cMA in L-joints coated with stain coats																	
	< 100 %						> 100 % < 175 %						> 175 % (unaccepted)					
	ZAGREB		ZAL.		ROV.		ZAGREB		ZAL.		ROV.		ZAGREB		ZAL.		ROV.	
	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T
0	♦	♦	♦	♦														
1	♦	♦	♦	♦	♦	♦												
2	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦										
3	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦									
4	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
6	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
12	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦

**Table 1**  
The "cMA values" of L-joints coated with STAIN coat and exposed at three sites in Croatia (Zagreb, Zalesine, Rovinj) • Koeficijenti mikrobiološke aktivnosti (kMA) u L-spojevima premazanim LAZURNIM premazom i izlaganih na tri mjesta u Hrvatskoj (Zagreb, Zalesine, Rovinj)

Legend:  
U - untreated; T - treated; w - white; t - teak; b - black (ebony) • U - nezaštićeno; T - zaštićeno; w - bijelo; t - tikovina; b - crno (ebanovina)

Exposure periods (months)	cMA in L-joints coated with alkyd paints																	
	< 100 %						> 100 % < 175 %						> 175 % (unaccepted)					
	ZAGREB		ZAL.		ROV.		ZAGREB		ZAL.		ROV.		ZAGREB		ZAL.		ROV.	
	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T
0	♦	♦	♦	♦														
1	♦	♦	♦	♦	♦	♦												
2	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦										
3	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦									
4	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
6	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
12	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦

**Table 2**  
The cMA's of L-joints coated with ALKYD paint and exposed at three sites in Croatia (Zagreb, Zalesine, Rovinj) • Koeficijenti mikrobiološke aktivnosti (cMA) u L-spojevima premazanim ALKIDNIM premazom i izlaganih na tri mjesta u Hrvatskoj (Zagreb, Zalesine, Rovinj)

Legend:  
U - untreated; T - treated; w - white; r - redbrown; b - black • U - nezaštićeno; T - zaštićeno; w - bijelo; r - smeđe; b - crno





Jurica Butković

# Troškovi izrade drvnih elemenata u tri različite decimirnice

## Manufacturing costs of the wooden components in three different rough mills

*Izvorni znanstveni rad • Original scientific paper*

*Prispjelo - received: 01. 08. 1998 • Prihvaćeno - accepted: 24. 09. 1998.*

*UDK 630\*822.39 i 832.15*

**SAŽETAK** • *Proizvodnja drvnih elemenata egzistira u Hrvatskoj već nekoliko desetljeća. Najviše se u elemente prerađuju piljenice od tvrdog drva (bukva i hrast) i može se reći da smo u toj tehnologiji među vodećima u svijetu. Svrha ovog istraživanja bila je utvrditi troškove proizvodnje u tri tehnološki različite decimirnice (dvije klasične i jednoj vođenoj računalom). Rezultati istraživanja pokazuju da decimirnica vođena računalom ima najmanje troškove proizvodnje po jednom kubičnom metru elemenata, ali je početna investicija znatno veća od klasičnih decimirnica. Na temelju istraživanja ovaj bi rad trebao pomoći pri donošenju odluke za koju se tehnologiju izrade elemenata odlučiti.*

**Ključne riječi:** *drvni elementi, klasična decimirnica, decimirnica vođena računalom, trošak proizvodnje.*

**SUMMARY** • *The production of wooden components (elements) has existed in Croatia already for a few decades. For the most part the components are made from sawn hard timber (beech & oak), so that one may say that we are, concerning this technology, amongst the leading ones in the world. The purpose of this research is to check the production costs of three different rough mill technologies (two traditional and one rough mill controlled by a computer). The low cost of production per one cubic meter of elements in this research is achieved in the rough mill controlled by a computer, but the investment in this rough mill is higher than in the classic rough mill. This research-work should help when making decisions of which technology for the manufacture of the components (elements) to select, whereas the research basis is the manufacturing cost price per production unit.*

**Key words:** *wooden components (elements), classic rough mill, rough mill controlled by a computer, production cost (expenditure)*

---

Autor je koordinator proizvodnje u "Finvest Corp" Rijeka.  
Author is a chief technologist in the "Finvest Corp" Rijeka.









Godišnji je kapacitet decimirica s radom u jednoj smjeni, uz volumno iskorištenje od 50 %, ovakav:

- a) klasična decimirica - varijanta 1:  
4000 m<sup>3</sup> građe; 2000 m<sup>3</sup> elemenata,
- b) klasična decimirica - varijanta 2:  
4000 m<sup>3</sup> građe; 2000 m<sup>3</sup> elemenata,
- c) decimirice vođene računalom :  
4500 m<sup>3</sup> građe; 2250 m<sup>3</sup> elemenata.

Specifikacija strojeva i opreme prikazana je prema slijedećim pozicijama.

*Specification of machines and equipment per positions.*

Pozicija 1 : ulazni transporter za građu / *entering conveyor for sawn timber*

Pozicija 2 : hidraulički podizni stol za građu / *hydraulic lifting table for sawn timber*

Pozicija 3 : jednolisna kružna pila za uzdužno piljenje / *edging circular saw*

**Tablica 1.**

*Broj djelatnika i instalirana snaga elektro motora •  
Number of labourers and installed power of the electric engine*

Pozicija <i>Position</i>	Klasična decimirica- varijanta 1 <i>Classical roughmill- variant 1</i>		Klasična decimirica- varijanta 2 <i>Classical roughmill- variant 2</i>		Decimirica vođena računalom <i>Roughmill controlled by a computer</i>	
	broj djelatnika <i>number of labourers</i>	P <sub>inst</sub> kW	broj djelatnika <i>number of labourers</i>	P <sub>inst</sub> kW	broj djelatnika <i>number of labourers</i>	P <sub>inst</sub> kW
1	-	2	-	2	-	2
2	-	6	-	6	-	6
3	2	20	2	20	-	-
4	4	14	4	14	1	11
5	7	49	5	35	-	-
6	2	4	2	4	1	3
7	3	5	3	5	-	-
8	-	6	-	6	-	-
9	-	3	-	3	-	-
10	-	20	-	20	-	10
11	-	-	2	30	-	-
12	-	-	-	-	1	40
13	-	-	-	-	-	12
14	-	-	-	-	2	10
15	-	-	-	-	-	9
16	-	-	-	-	1	-
17	1	-	1	-	1	-
Σ	19	129	19	145	7	103
<i>cijena opreme equipment price</i>	127 000 DM		163 000 DM		435 000 DM	

P<sub>inst</sub> - instalirana snaga elektro motora (kW)  
*installed power of the electric engine*



**Tablica 2.**  
 Utrošak električne  
 energije • Consumption  
 of the electric energy

Pozicija Position	Klasična decimirnica- varijanta 1 Classical rough mill- variant 1					Klasična decimirnica- varijanta 2 Classical rough mill- variant 2					Decimirnica vođena računalom Rough mill controlled by a computer				
	e	P <sub>maks</sub> kW	t	T h	E kWh/god.	e	P <sub>maks</sub> kW	t	T h	E kWh/god.	e	P <sub>maks</sub> kW	t	T h	E kWh/god.
1.	0,4	0,8	0,4	750	600	0,4	0,8	0,4	750	600	0,4	0,8	0,4	750	3375
2.	0,6	3,6	0,5	937,5	3375	0,6	3,6	0,5	937,5	3375	0,6	3,6	0,5	937,5	600
3.	0,5	10,0	0,7	1312,5	13125	0,5	10,0	0,7	1312,5	13125	-	-	-	-	-
4.	0,5	7,0	0,8	1500	10500	0,5	7,0	0,8	1500	10500	0,6	6,6	0,4	750	4950
5.	0,6	29,4	0,8	1500	44100	0,6	21,0	0,8	1500	31500	-	-	-	-	-
6.	0,4	1,6	0,7	1312,5	2100	0,4	1,6	0,7	1312,5	2100	0,6	1,8	0,8	1500	2700
7.	0,7	3,5	0,8	1500	5250	0,7	3,5	0,8	1500	5250	-	-	-	-	-
8.	0,7	4,2	0,8	1500	6300	0,7	4,2	0,8	1500	6300	-	-	-	-	-
9.	0,7	2,1	0,8	1500	3150	0,7	2,1	0,8	1500	3150	-	-	-	-	-
10.	0,8	16,0	0,8	1500	24000	0,8	16,0	0,8	1500	24000	0,8	8,0	0,8	1500	12000
11.	-	-	-	-	-	0,8	24,0	0,7	1312,5	31500	-	-	-	-	-
12.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	32,0	0,8	1500	48000
13.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	8,4	0,8	1500	12600
14.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	6,0	0,8	1500	9000
15.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	6,3	0,8	1500	9450
16.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	-	78,2	-	13312,5	112500	-	93,8	-	14625,0	131400	-	73,5	-	11250,0	102675

utrošak radnih sati za jedinicu proizvoda: 4.1.3. Decimirnica vođena računalom  
 35 625 h/god. : 2 000 m<sup>3</sup> el./god. - ukupan broj utrošenih sati djelatnika u  
 = 17,8 h/m<sup>3</sup> el.  
 vrijednost rada: 7,5 h x 250 dana x 7 djelatnika  
 17,8 h/m<sup>3</sup> el. x 8 DEM/h = 142,4 DEM/m<sup>3</sup> el.  
 = 13 125 h/god.

e-koeficijent opterećenja elektromotora pri radu  
*coefficient of loading factor of electro engine power*  
 P<sub>maks</sub>- opterećenje elektromotora pri radu (kW)  
*loadfactor of electro engine*  
 t- koeficijent iskorištenja vremena rada stroja  
*coefficient of working time efficiency*  
*(of electro engine)*  
 T- broj sati rada u godini (h)  
*number of working hours per annum*  
 E- utrošak električne energije u godini (kWh/god)  
*expenditure of electric energy per annum*



- utrošak radnih sati za jedinicu proizvoda:  
13 125 h/god. : 2 250 m<sup>3</sup> el./god.  
= 5,83 h/m<sup>3</sup> el.
- vrijednost rada:  
5,83 h/m<sup>3</sup> el. x 8 DEM/h  
= 46,64 DEM/m<sup>3</sup> el.

4.2. *Utrošak električne energije*  
4.2. *Consumption of electric energy*

4.2.1. Klasična decimirnica - varijanta 1

Utrošak električne energije je 112 500 kWh/god. (tablica 2), odnosno po jedinici proizvoda iznosi:

$$112\,500 \text{ kWh/god.} : 2\,000 \text{ m}^3 \text{ el./god.} = 56,25 \text{ kWh/m}^3 \text{ el.}$$

Cijena elektroenergije po jedinici proizvoda:

$$56,25 \text{ kWh/m}^3 \text{ el.} \times 0,14 \text{ DEM/kWh} = 7,87 \text{ DEM/m}^3 \text{ el.}$$

4.2.2. Klasična decimirnica - varijanta 2

Utrošak električne energije je 131 400 kWh/god. (tablica 2), odnosno po jedinici proizvoda iznosi:

$$131\,400 \text{ kWh/god.} : 2\,000 \text{ m}^3 \text{ el./god.} = 65,70 \text{ kWh/m}^3 \text{ el.}$$

Cijena elektroenergije po jedinici proizvoda:

$$65,70 \text{ kWh/m}^3 \text{ el.} \times 0,14 \text{ DEM/kWh} = 9,20 \text{ DEM/m}^3 \text{ el.}$$

4.2.3. Decimirnica vođena računalom

Utrošak električne energije je 102 675 kWh/god. (tablica 2), odnosno po jedinici proizvoda iznosi:

$$102\,675 \text{ kWh/god.} : 2\,250 \text{ m}^3 \text{ el./god.} = 45,63 \text{ kWh/m}^3 \text{ el.}$$

Cijena elektroenergije po jedinici proizvoda:

$$45,63 \text{ kWh/m}^3 \text{ el.} \times 0,14 \text{ DEM/kWh} = 6,38 \text{ DEM/m}^3 \text{ el.}$$

4.3. *Cijena opreme i amortizacija*  
4.3. *Equipment price and amortisation*

Cijena opreme prikazana je u tablici 1. za svaku tehnologiju posebno.

4.3.1. Klasična decimirnica - varijanta 1

Vrijednost opreme je 127 000 DEM. Uz petogodišnju amortizaciju, godišnje se mora kroz proizvodnju otpisati 25 400 DEM/god., što po jedinici proizvoda iznosi:

$$25\,400 \text{ DEM/god.} : 2\,000 \text{ m}^3 \text{ el./god.} = 12,7 \text{ DEM/m}^3 \text{ el.}$$

4.3.2. Klasična decimirnica - varijanta 2

Vrijednost opreme je 163 000 DEM. Amortizacija u iznosu od 32 600 DEM/god. po jedinici proizvoda iznosi:

$$32\,600 \text{ DEM/god.} : 2\,000 \text{ m}^3 \text{ el./god.} = 16,3 \text{ DEM/m}^3 \text{ el.}$$

4.3.3. Decimirnica vođena računalom

Vrijednost opreme je 435 000 DEM. Amortizacija u iznosu od 87 000 DEM/god. Po jedinici proizvoda iznosi:

$$87\,000 \text{ DEM/god.} : 2\,250 \text{ m}^3 \text{ el./god.} = 38,67 \text{ DEM/m}^3 \text{ el.}$$

4.4. *Ukupni trošak proizvodnje pojedinih tehnologija*

4.4. *Total cost of production*

Pri obračunu direktnih troškova nisu uzeti u obzir troškovi režijskoga i administrativnog osoblja te ulazna cijena sirovine, a rezultati se mogu vidjeti i u tablici 3.

Trošak po fazama Cost per phases	Klasična decimirnica – var. 1 Classic rough mill – var. 1 DEM/m <sup>3</sup> el.	Klasična decimirnica – var. 2 Classic rough mill – var. 2 DEM/m <sup>3</sup> el.	Decimirnica vođena računalom Rough mill controlled by a computer DEM/m <sup>3</sup> el.
trošak rada Labour costs	142,4	142,4	46,4
trošak opreme Investment costs	12,7	16,3	34,8
trošak elektroenergije Electroenergy cost	7,87	9,20	6,38
ukupni trošak Total cost	<b>162,97</b>	<b>167,90</b>	<b>91,45</b>

**Tablica 3.**

*Sumarni trošak proizvodnje po jedinici proizvoda • Total costs of production per unit*



Stjepan Pervan, Ivica Grbac

# Praktično vrednovanje veličine zaostalih naprezanja u hrastovim elementima

## Industrial evaluation of drying stresses in oakwood dimension parts

*Prethodno priopćenje • Preliminary paper*

*Prispjelo - received: 16. 06. 1998. • Prihvaćeno - accepted: 24. 09. 1998.*

*UDK 634\* 852.33*

**SAŽETAK** • U ovom je radu dan prikaz prednosti i nedostataka laboratorijskih i industrijskih postupaka kvalifikacije i kvantifikacije naprezanja zaostalih u drvu nakon sušenja, uz primjer ocjene skorjelosti na uzorcima dvaju jednakih sušenja hrastovih elemenata debljine 27 mm, sušenih u klasičnoj komornoj sušionici. Dva su postupka provedena radi osiguranja dovoljne statističke pouzdanosti s obzirom na broj uzoraka (30 uzoraka po sušenju).

Korištena je jedna od dviju poznatih praktičnih metoda (TRADA, 1985) izrade uzoraka za određivanje skorjelosti, čije se deformacije promatraju na posebnom dijagramu i prema čemu se skorjelost dijeli na četiri osnovne grupe.

Rezultati korištenja te metode su prema očekivanjima bolji (istraživanje je provedeno na drvnim elementima, a ne na piljenicama) nego što bi bili da je istraživanje provedeno uz zadovoljavanje svih potrebnih uvjeta koji se moraju poštovati pri izradi uzoraka (određena udaljenost uzorka za skorjelost od čela piljenice). U prvom je sušenju 73 % uzoraka imalo mala zaostala naprezanja, 20 % srednja i 8 % uzoraka bilo je bez zaostalih naprezanja. U drugom je sušenju 43 % uzoraka imalo mala naprezanja, 23 % bilo je bez naprezanja, 26 % imalo je srednja naprezanja i 8 % velika zaostala naprezanja.

Na osnovi tih rezultata moguće je zaključiti da se uzorci uzeti iz postupka sušenja elemenata mogu svrstati u skupinu sa srednjim zaostalim naprezanjima. Metoda za određivanje naprezanja korištena u ovom radu može poslužiti za osnovnu ocjenu kvalitete procesa sušenja u industrijskim uvjetima sušenja piljene građe, bez točne kvantifikacije pojave skorjelosti.

Navedeni će rezultati poslužiti kao pokazatelj načina primjene eksperimentalne metode u

---

Autori su asistent i profesor na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Authors are a research assistant and a professor, respectively, at the Faculty of Forestry of the University of Zagreb.



drvnoindustrijskim pogonima u Hrvatskoj, uz naznaku da bi bilo potrebno provesti daljnja istraživanja korištenjem ostalih u radu navedenih industrijskih i laboratorijskih metoda za ocjenu veličine zaostalih naprezanja u drvu.

**Ključne riječi:** hrastovi elementi, skorjelost, praktično vrednovanje.

**SUMMARY** • This paper deals with an overview of the advantages and disadvantages of laboratory and industrial methods for the evaluation of drying stresses determination and quantification after the drying process, using an example of a casehardening evaluation on samples of two equal oakwood dimension parts (27 mm thick) drying processes in a conventional kiln dryer. The method used was one of the two known methods (TRADA (1985)) of the casehardening determination tests, where deformation has been observed on a special diagram dividing casehardening into four different groups. As expected the testing results were better (research was performed on the dimension parts instead on boards) than when the sampling was done according to the terms (minimal distance from the end of the board). In the first drying process 73 % of the samples had low casehardening, 20 % moderate and 8 % were without stresses. In the second drying process 43 % of the samples had low casehardening, 26 % moderate, 8 % severe and 23 % were without stresses.

Using the results it can be concluded that the samples taken from those processes can be evaluated as moderately stressed. The method used in this work can be used for a general evaluation of a drying process quality in an industrial environment, not having any precise casehardening quantification.

The results and testing method will be applied as a direction for use in the woodworking companies in Croatia, but further research has to be done using the other mentioned industrial and laboratory methods for the evaluation of drying stresses.

**Key words:** Oakwood dimension parts, casehardening, industrial evaluation.

## 1. Uvod 1. Introduction

U površinskim i unutarnjim slojevima drva javljaju se naprezanja (ili vlačna ili tlačna) uzrokovana utezanjem drva u higroskopskom području sadržaja vode. Uzrokovana su gradijentom sadržaja vode (razlikama sadržaja vode između površinskog sloja koji se suši brže i unutarnjeg sloja drva koji se suši sporije), te ih nije moguće potpuno izbjeći normalnim sušioničkim djelovanjem.

Tijekom sušenja drva visokog početnog sadržaja vode površinski i unutarnji slojevi drva imaju sadržaj vode veći od točke zasićenosti vlakanaca. Sušenjem će drvo početi gubiti vlagu u površinskim slojevima. Nakon nekog vremena sadržaj vode površinskih slojeva će postići vrijednost nižu od vrijednosti točke zasićenosti vlakanaca, dok je sadržaj vode u unutarnjim slojevima još iznad točke zasićenosti vlakanaca. Padom sadržaja vode ispod točke zasićenosti

vlakanaca u vanjskim slojevima se javlja utezanje (vlačna naprezanja). S obzirom da je u unutarnjim slojevima sadržaj vode još iznad točke zasićenosti vlakanaca, u njemu nema pojave utezanja, te unutarnji slojevi sprečavaju vanjske da se utežu u potpunosti. Ako vrijednosti vlačnih naprezanja u vanjskim slojevima prekorače vrijednosti čvrstoće na vlak okomito na vlakanca dolazi do pojave površinskih pukotina.

Daljim sušenjem i unutarnji slojevi se suše na sadržaj vode ispod točke zasićenosti vlakanaca i počinju se utezati, ali se to utezanje ne može u potpunosti ostvariti radi vanjskih slojeva u kojima su zaostala naprezanja. Tada se u vanjskim slojevima vlačna naprezanja smanjuju do iznosa 0 i prelaze u tlačna naprezanja. U unutrašnjim se slojevima javljaju vlačna naprezanja uzrokovana djelovanjem površinskih slojeva koji nisu sposobni slijediti utezanje. Posljedica tih naprezanja je zatvaranje manjih i smanjenje većih čeonih i površinskih pukotina, ali

i nastanak unutrašnjih pukotina ako vlačna naprezanja prekorače granične čvrstoće drva.

Greška sušenja drva koja je karakterizirana unutrašnjim pukotinama i tamnijom bojom unutrašnjih slojeva drva naziva se skorjelost.

Da bi se takva pojava spriječila, naprezanja uzrokovana sušenjem i razlikama sadržaja vode između površine i središta piljenice smanjuju se tijekom postupka kondicioniranja (primjenom visokih relativnih vlaga zraka pri visokim temperaturama) na kraju postupka sušenja.

U daljnjoj preradi te u upotrebi nakon sušenja, skorjelost i/ili razlike sadržaja vode po poprečnom presjeku piljenice mogu uzrokovati ozbiljne probleme (promjene oblika i pukotine).

Određivanje skorjelosti stoga je potrebno na neki način odgovarajuće kvantificirati u smislu standardizacije postupka kao i vrednovanja veličine skorjelosti. Ovim radom daje se pregled standardnih postupaka koji imaju primjenu u industrijskim uvjetima, zajedno s rezultatima ispitivanja skorjelosti na hrastovima elementima jednom od navedenih metoda. Navedeni će rezultati poslužiti kao pokazatelj moguće primjene u praktičnim uvjetima u drvnoindustrijskim pogonima u Hrvatskoj.

## 2. Dosadašnja istraživanja 2. Previous research

Pri spomenu praktičnog vrednovanja skorjelosti prva je asocijacija probni uzorak u obliku vilice izrezan najčešće s tri zupca, od kojih se odstrani središnji. No praktični oblici vilica za skorjelost mogu se u osnovi podijeliti na četiri skupine koje su prikazane na slici 1 (prema Fulleru, 1995).

To su:

- uzorak s vrlo tankim vanjskim zupcima koji pokazuju veličinu naprezanja samo u površinskim slojevima
- uzorak s debljim i vanjskim i unutarnjim zupcima koji pokazuju da je uzorak deformiran, ali nije moguće očitati veličinu skorjelosti jer se zupci međusobno dodiruju
- uzorak s uklonjenim središnjim zupcem (pokazuje veličinu naprezanja u vanjskim slojevima tanjih piljenica)
- uzorak s uklonjenim središnjim zupcem i uzdužno napola prepiljenim zupcima za površinska naprezanja (sl. 2), što omogućuje potpuno slobodno deformiranje zubaca.

Veličina deformacije vilice se prema slici 2 (prema Fulleru, 1995) određuje pomoću jednadžbe

$$PR = \frac{W - W'}{L^2}$$

gdje je :

PR – veličina deformacije vilice ( $\text{mm}^{-1}$ )

W – udaljenost zubaca vilice prije raspiljivanja (mm)

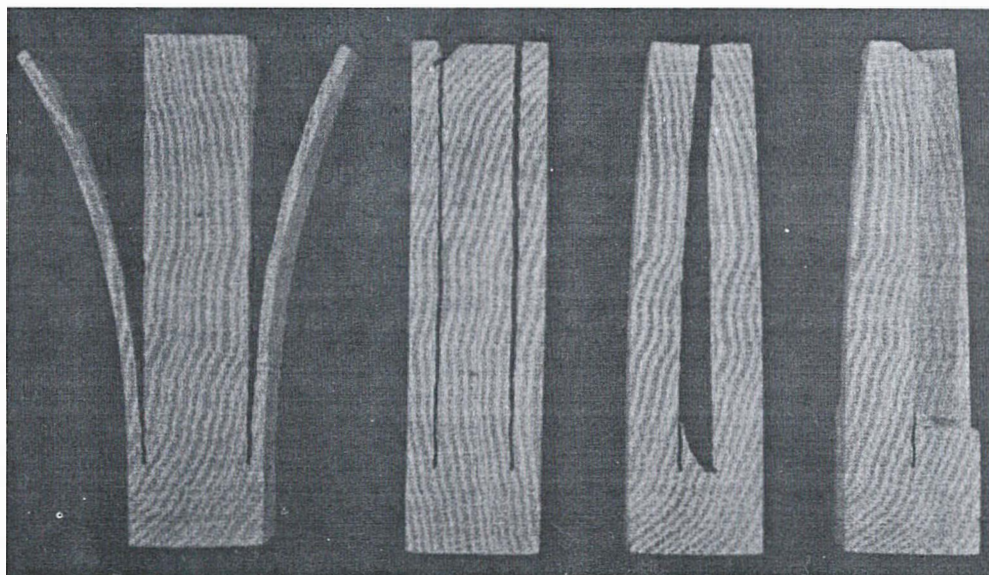
W' – udaljenost zubaca vilice nakon raspiljivanja (mm)

L – duljina vilice (širina obradka) (mm)

Proba u obliku vilice služi samo kao indikator, jer u cijeloj piljenici naprezanja ne moraju biti raspoređena na taj način.

No uporaba vilica četvrtog navedenog tipa (prema Fulleru, 1995) omogućuje točnu brojčanu izmjeru korištenjem navedene matematičke jednadžbe koja uzima u obzir razliku razmaka vanjskih rubova vilice prije i nakon raspiljivanja vilice.

Osim izrade različitih oblika vilica za skorjelost, postoji i metoda izrade lamela,



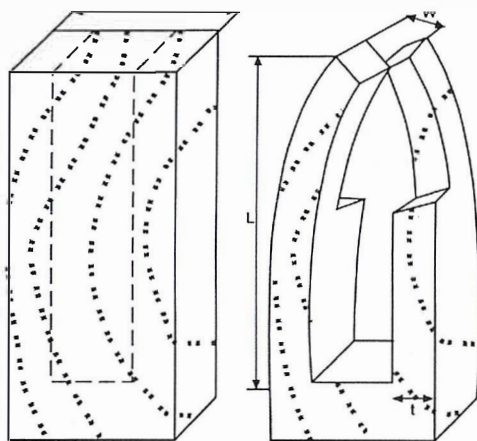
**Slika 1.**

Vilice iz istog uzorka izrađene na četiri različita načina (Fuller, 1995) • Four different types of prong tests made from the same specimen (Fuller, 1995)



**Slika 2.**

Vilice za skorjelost (Fuller, 1995) • Prong test sample for evaluation of casehardening according to Fuller (1995)



čime se raspiljivanjem postiže relaksacija naprezanja pojedinih lamela (sl. 3).

Za svaku od pojedinih lamela moguće je također matematičkim proračunom (prema Fulleru, 1995) odrediti veličinu zaostalih naprezanja u drvu, izmjerom svake lamele na način prikazan na slici 4.

Veličina deformacije vilice se prema slici 2 određuje pomoću jednadžbe

$$PR = \frac{\Delta S}{S \cdot t \cdot \cos^2(\frac{\Delta S}{2t})}$$

gdje je:

- PR – veličina deformacije vilice ( $\text{mm}^{-1}$ )
- d – udaljenost ruba lamele prije i nakon deformacije (mm)
- C – duljina tangente koja spaja vanjske rubove lamele (mm)
- L – početna duljina lamele (mm)
- R – polumjer zakrivljenja (mm)
- S, S' – duljine vanjskog i unutarnjeg luka lamele (mm)
- t – debljina lamele (mm)
- $\theta$  – kut zakrivljenosti ( $^\circ$ )
- y – visina pozicije gornjeg ruba lamele (mm)

Tom se tehnikom promatra razlika duljine vanjskog i unutarnjeg luka lamele u odnosu prema udaljenosti luka od prvobitnog položaja i debljine lamele, uz uvjet da je gradijent naprezanja u drvu linearan.

Istraživanja u svrhu predviđanja naprezanja matematičkim modelom također su vođena radi primjene modela u nadzorni sustav, korištenjem usporedbe izračunanog i dopuštenog naprezanja, što bi omogućilo sprečavanje pojave skorjelosti, uz njezino pravilno vrednovanje (Viljoen, Vermaas i Welling, J., 1995). U ovim su istraživanjima u obzir uzimana elastomehanička i reološka svojstva drva kao linearne funkcije sadržaja vode, temperature i volumne mase, a precizni su rezultati dobiveni u području od 8 do 18 % sadržaja vode i 20 do 80 °C.

No najveće ograničenje navedenih metoda jest nemogućnost njihove primjene u praksi radi složenosti i sporosti. Stoga su istraživanjima (TRADA, 1985. i Welling, 1996) određena dva jednostavnija načina procjene skorjelosti.

Prvi je način pomoću vilice (sl. 5), a drugi pomoću lamela (sl. 6).

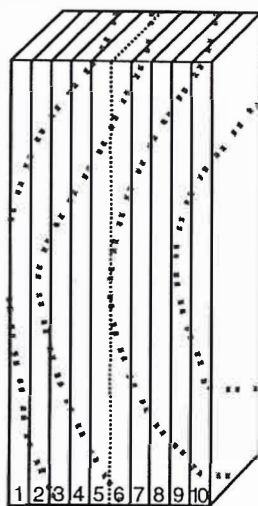
Na slici 5. brojevima su označene veličine deformacija pri različitoj skorjelosti (1 - mala skorjelost, 2 - srednja i 3 - velika skorjelost).

Općenito, za oba se načina postavljaju određeni uvjeti s obzirom na uzorke.

1. Određivanje skorjelosti kod četinjača i listača treba se provesti u jednakoj

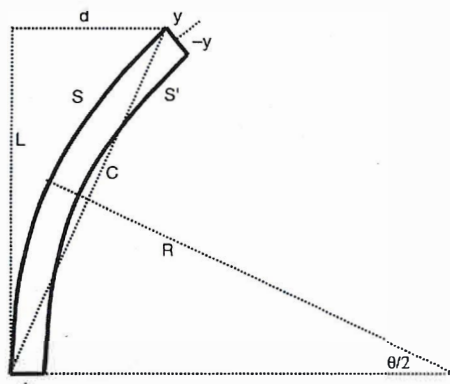
**Slika 3.**

Lamele za određivanje naprezanja (skorjelosti) u uzorku • Slicing test for determination of casehardening



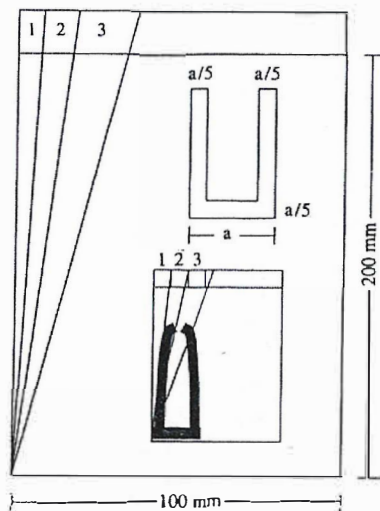
**Slika 4.**

Metoda izmjere naprezanja zaostalih u lamelama (prema Fulleru, 1995) • Surface arc prong test method according to Fuller (1995)



**Slika 5.**

Određivanje skorjelosti pomoću vilica (prema TRADA, 1985) • Prong test casehardening determination according to TRADA (1985)





mjeri i na bočnicama i na blistačama, kao i na piljenicama sa smjerom godova  $45^\circ$  u odnosu prema površini, s 1/3 kontrolnih uzoraka izrezanih na gornjem dijelu, 1/3 na donjem dijelu piljenice i 1/3 iz sredine piljenice.

2. Kontrolne uzorke za određivanje skorjelosti potrebno je izrezati na polovici dužine piljenice i na minimalnoj udaljenosti 300 - 500 mm od oba kraja piljenice. Ti kontrolni uzorci, debeli 15 mm u smjeru duljine piljenice, moraju biti bez grešaka.

3. Minimalni broj piljenica potreban za provedbu testa određivanja skorjelosti jest 18 komada.

4. Uzorci za određivanje skorjelosti moraju se izjednačavati s obzirom na sadržaj vode (kondicionirati) do postizanja jednoličnog sadržaja vode (24 sata za četinjače, 48 sati za listače), prije samog određivanja skorjelosti.

2.1. Metoda izrade lamela prema (Welling, 1996)

2.1. Slicing method according to (Welling, 1996)

Metoda za određivanje skorjelosti pomoću lamela posebno je prilagođena primjeni u industrijskim uvjetima. Dok test s vilicom omogućuje samo kvalitativnu izmjeru postojeće skorjelosti, metoda pomoću lamela može se primijeniti za kvantitativno određivanje utjecaja uzrokovanih skorjelošću.

Da bi se proveo test pomoću lamela, potrebno je debele poprečne presjke ispiljene iz slučajno odabranih piljenica jednostrano obrubiti, a zatim drugi propiljak izraditi na udaljenosti od 100 mm (sl. 6), tvoreći tako pravokutan uzorak širine 100 mm i visine jednake debljini piljenice. Uzorak za testiranje dalje se propiljuje kroz

sredinu paralelno s površinom piljenice. Dvi je dobivene lamele zatim se klimatiziraju pri  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ , 55

10 %-tnoj relativnoj vlazi (simulacija sobne klime). Uzorci četinjača klimatiziraju se najmanje 24 sata, uzorci listača najmanje 48 sati, te se nakon kondicioniranja maksimalan razmak između testnih lamela mjeri upotrebom ravnala ili umjerenim metalnim klinom, koji se pažljivo umeće u razmak između lamela. Veličina razmaka određuje i veličinu zaostalih naprezanja, koja se kasnije svrstavaju u tri klase kvalitete sušenja prema veličini navedenoga razmaka.

Druga navedena metoda bit će opisana u 4. poglavlju, jer je primjenom te metode obavljeno ispitivanje veličine skorjelosti u ovom istraživanju.

### 3. Cilj istraživanja 3. Aim of research

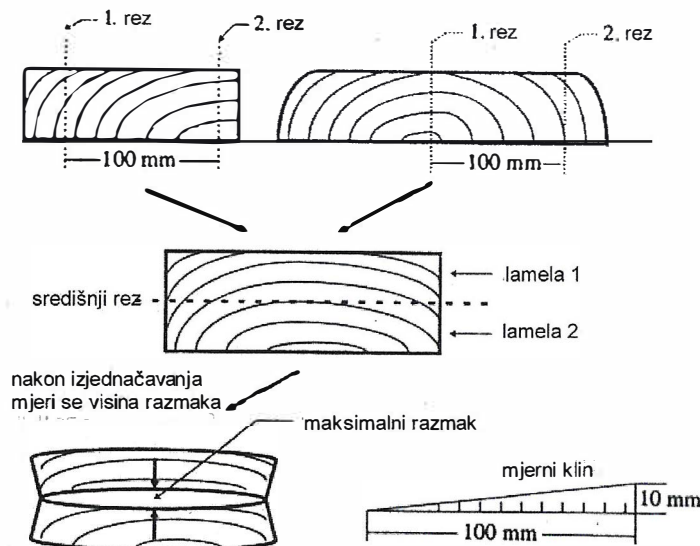
Cilj istraživanja bilo je mjerenje veličine zaostalih naprezanja (skorjelosti) u osušnim hrastovim elementima nakon sušenja praktičnom metodom prema Wellingu (1996) koja može poslužiti kao pokazatelj kvalitete vođenja samog postupka sušenja, a jednostavna je za upotrebu. Također se tim istraživanjem željelo ukazati na razlike upotrebe različitih metoda za kontrolu zaostalih naprezanja na piljenicama i elementima.

### 4. Materijal i metoda istraživanja 4. Research material and method

#### 4.1. Materijal izrade

#### 4.1. Research material

Iz zaliha na stovarištu piljene građe pripremljenih za sušenje, u mjesecu svibnju izabrano je po 30 uzoraka hrastovih ele-



Slika 6. Određivanje skorjelosti pomoću lamela (prema Wellingu, 1996) • Slicing method casehardening determination according to Welling (1996)

menata dužine 270 mm, širine 58 mm i debljine 27 mm bez grešaka, teksture blistače, za svako od dva provedena sušenja.

Sušenja su provedena prema proizvođačevu režimu sušenja za debljinu hrastovih elemenata 27 mm, uz temperature od 25 (do točke zasićenosti vlakana) do 65 °C (kraj sušenja) i pri psihrometričnoj razlici od 2 do najviše 17 °C.

Početni sadržaj vode za oba je sušenja iznosio 90 %, a željeni konačni sadržaj vode trebao je biti 11 %. Prvo je sušenje trajalo 774 sata (prosječna brzina sušenja 2,3 % vode dnevno), a drugo 749 sati (prosječna brzina sušenja 3,65 % vode dnevno).

4.2. Metoda istraživanja  
4.2. Research method

Nakon završetka obaju postupaka sušenja iz trideset pokusnih uzoraka svakog sušenja izrezani su uzorci koji su poslužili za daljnje ispitivanje na način prikazan na slici 7. Središnji dio svakog od trideset uzoraka iz pojedinog sušenja iskorišten je za ispitivanje skorjelosti, te je iz njega izrađena vilica sa debljinom zupca jednakom jednoj petini debljine piljenice (prema TRADA (1985)).

Svaki od uzoraka zatim je kondicioniran 48 sati pri navedenim uvjetima, te mu je

određena veličina skorjelosti prema načinu prikazanom na slici 5. Tom je metodom definiran formular s ucrtanim pravcima deformacije pojedinih zubaca iz vilica izrađenih na navedeni način, a prema kojemu se prisanjanjem uzorka u donji lijevi kut (prema skici) veličina skorjelosti može kvalificirati kao velika, srednja i mala skorjelost, ili se utvrđuje da uzorak nema zaostalih naprezanja (dobro obavljeno kondicioniranje – kvalitetno sušenje).

5. Rezultati mjerenja  
5. Measurement results

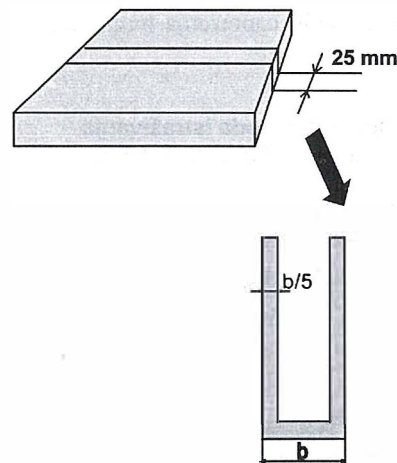
Radi preglednosti, su na slici 8. prikazani su rezultati kvalificiranja skorjelosti prema navedenoj korištenoj metodi.

6. Diskusija i zaključak  
6. Discussion and conclusion

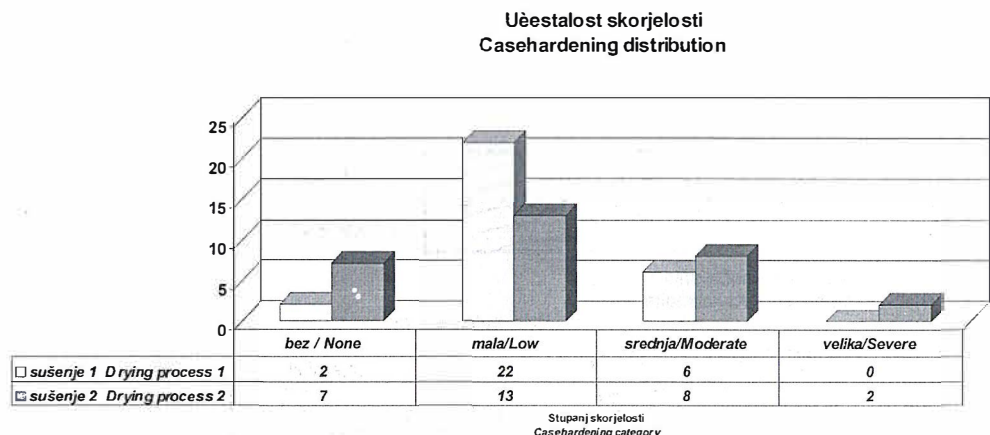
Rezultati prikazani grafički i tablično na slici 8. mogu se sa stajališta prethodnih istraživanja višeznačno tumačiti. U uvjetima prema kojima se izrađuju uzorci bilo je navedeno da je potrebno koristiti piljenice teksture blistača, bočnica i polublistača. U ovom su istraživanju bile korišteni samo elementi teksture blistača zato što je ovaj rad dio cjelokupnog postupka određivanja kvalitete postupka sušenja, u kojemu su također određivane varijacije konačnog sadržaja vode. Za određivanje tih varijacija specificirano je da se moraju upotrijebiti piljenice teksture blistača. Može se očekivati da će se u takvim piljenicama razviti manja naprezanja nego u bočnicama i polublistačama, ali i varijacije rezultata biti će manje.

S obzirom na na vod da je potrebno uzimati 1/3 uzoraka iz gornjeg, 1/3 iz srednjeg i 1/3 iz donjeg dijela piljenice, i to na minimalnoj udaljenosti 300 do 500 mm od kraja,

Slika 7.  
Način izrade uzoraka za ispitivanje skorjelosti iz jednog hrastova elementa • Casehardening sampling from an oakwood dimension part



Slika 8.  
Rezultati ispitivanja skorjelosti hrastovih elemenata • Oakwood dimension parts casehardening testing results



što se također nije moglo zadovoljiti zbog male duljine hrastovih elemenata, u potpunosti su zadovoljeni samo 3. i 4. uvjet. Broj uzoraka iznosio je 30 (minimalno 18 komada), a izrađene vilice za određivanje skorjelosti kondicionirale su se 48 sati.

Prvo sušenje pokazalo je bolje rezultate nego drugo: 73 % uzoraka imalo je mala zaostala naprezanja, 20 % srednja, a 8 % uzoraka bilo je bez zaostalih naprezanja. U drugom je sušenju 43 % uzoraka imalo mala naprezanja, 23 % bilo je bez naprezanja, 26 % imalo je srednja naprezanja, a 8 % velika zaostala naprezanja.

Na osnovi tih rezultata moguće je zaključiti slijedeće.

Uzorci iz oba sušenja mogu se svrstati u skupinu sa srednjim zaostalim naprezanjima.

Kvalificiranje naprezanja u hrastovim elementima provedeno je samo jednom metodom izrade i izmjere deformacije vilica, pa bi bilo potrebno provesti daljnja istraživanja korištenjem ostalih industrijskih i laboratorijskih metoda.

Metoda prikazana u ovom radu može poslužiti za osnovnu ocjenu kvalitete procesa sušenja drvnih elemenata u industrijskim uvjetima sušenja piljene građe.

Rezultati ovog istraživanja su nekomparabilni s do sada provedenim istraživanjima na piljenicama, radi nezadovoljavanja svih potrebnih uvjeta mjerenja kao za piljenice te iz razloga drugačijeg (bržeg sušenja) elemenata u odnosu na piljenice.

## 7. Literatura

### 7. References

1. Boone, R.S., Milota, M.R., Danielson, J.D. i Huber, D.W. 1991: Quality Drying of Hardwood Lumber. Guidebook - Checklist, General Technical Report FPL-IMP-GTR-2. U.S.D.A., Forest Service, Forest Products Laboratory, 56 p. Madison, Wisconsin, USA.
2. Denig, J. i Hanover, S. 1986: Practical quality control techniques. Proceedings 47356 from conference "Drying Softwood and hardwood lumber for quality and profit". Charlotte, North Carolina. Forest Products Research Society 1990: 34-35.
3. Fuller, J. J. 1995: Modeling prong test response during conditioning of red oak lumber. United States Department of Agriculture, Forest products Laboratory. Research Paper FPL-RP-540, 7 p. Madison, Wisconsin USA.
4. Hart, A., Denig, J. i Hanover, S. 1986: Variables affecting drying rate and quality. Proceedings 47356 from conference "Drying Softwood and hardwood lumber for quality and profit". Charlotte, North Carolina. Forest Products Research Society 1990: 17-24.
5. Lamb, F. M. 1986: Reducing stresses and moisture content variation when drying hardwood lumber. Proceedings 47356 from conference "Drying Softwood and hardwood lumber for quality and profit". Charlotte, North Carolina. Forest Products Research Society 1990: 76-78.
6. Milota, M.R., Boone, R.S., Danielson, J.D. i Huber, D.W. 1991: Quality Drying of Softwood Lumber. Guidebook - Checklist, General Technical Report FPL-IMP-GTR-1. U.S.D.A., Forest Service, Forest Products Laboratory, 50 p. Madison, Wisconsin, USA.
7. Simpson, W. T. i Schroeder, J. G. 1980: Kiln-Drying Hardwood Dimension Parts. United States Department of Agriculture, Forest Products Laboratory. Research Paper FPL 388: 7. Madison, Wisconsin, USA.
8. Stumbo, D. A. 1986: How and why stresses occur during wood drying. Proceedings 47356 from conference "Drying Softwood and hardwood lumber for quality and profit". Charlotte, North Carolina. Forest Products Research Society 1990: 69-73.
9. Viljoen, J. P. S., Vermaas, H. F. i Welling, J. 1995: A systematic approach to improve final lumber quality and minimise drying time. *Holzforschung und Holzverwertung* 5: 90-93.
10. Welling, J. 1996: Zur Ermittlung der Trocknungsqualität von Schnittholz. *Holz als Roh- und Werkstoff* 4, 54: 307-311.
11. William, L. J., Choong, E. T., Arganbright, D. G., Doucet, D. K., Gorvard, M. R., Galligan, W. L. i Simpson, W. T. (1984): Moisture levels and gradients in commercial softwood dimension lumber shortly after kiln-drying. *Forest Products Journal*, 34 (11/12): 59-64.
12. TRADA 1985: Standard for the assurance of quality of batch drying of timber. TBL 57, prepared by TRADA on behalf of the Timber Drying Association, High Wycombe.
13. \*\*\* 1994: Određivanje kvalitete sušenja piljene građe. European Drying Group preporuke - probna verzija. Prijevod, 28 str.
14. \*\*\* 1997: Criteria for the assessment of conformity of a lot of sawn timber. European standard - draft prEN 12169, European Committee for Standardization, p. 8. Brussels.





# Trgomont Kolar

ZAGREB, AVENIJA DUBROVNIK 15

TELEFONI 385 (01) FAX : 6554-355  
UPRAVA I RAČUNOVODSTVO : 6554-369  
MALOPRODAJA : 6525-336  
VELEPRODAJA : 6520-288  
OPREMA OBJEKATA : 6528-546  
SKLADIŠTE I VELEPRODAJA : 700-811  
PROIZVODNJA NAMJEŠTAJA : 033/721-134

TRGOVAČKO DRUŠTVO NA VELIKO I MALO. VANJSKOTRGOVINSKI PROMET, ZASTUPSTVA, INŽENJERING d.o.o.



## TRGOMONT KOLAR-JAVOR

Program sistemskog višenamjenskog  
namještaja po mjeri  
(iz vlastite proizvodnje)

**KUHINJSKI NAMJEŠTAJ**  
**KUPAONSKI NAMJEŠTAJ**  
**PREDSOBNE STIJENE**  
**PISAĆI STOLIĆI**  
**MINI BLOK KUHINJE**  
**KUĆICE ZA KUĆNE LJUBIMCE**  
**OPREMANJA**



**SLAVONIJARADINOST** d.d.  
proizvodnja namještaja

35 400 NOVA GRADIŠKA, Bedem bb  
centrala: ++385 (035) 362-044, fax: +385 (035) 362-365

### MASIVNI NAMJEŠTAJ



**DRVOMETAL** d.d.

Dioničko društvo za proizvodnju proizvoda od drva i metala  
49247 Zlatac Bistrica, Lovrečan 116  
Tel: 049/461-738; Fax: 049/461-404

GRAĐEVINSKA STOLARIJA I METALNA GALANTERIJA

Ružica Beljo-Lučić, Vlado Goglia

# Prilog istraživanju bočne stabilnosti lista kružne pile I

## Utjecajni čimbenici na razdiobu vlastitih frekvencija lista kružne pile

## A contribution to the research of circular saw lateral stability I Influencing parameters on the circular saw natural frequencies

*Original scientific paper • Izvorni znanstveni rad*

*Received - primljeno: 26. 07. 1998. • Accepted - prihvaćeno: 24. 09. 1998.*

*UDK: 634\*822.33*

**SAŽETAK** • Glavni je problem kružnih pila stabilnost lista u procesu piljenja a problemi postaju izraženiji s povećanjem posmične brzine, brzine rezanja i promjera lista te sa smanjenjem debljine lista. Ponašanje lista pile tijekom vrtnje i piljenja umnogome je određeno razdiobom vlastitih frekvencija u mirovanju. U radu se iznose mjerni rezultati istraživanja spektara vlastitih frekvencija, nekih utjecajnih čimbenika te prigušnih svojstava kružnih pila pri različitim izvedbama lista. Ispitano je sedam uzoraka pila promjera 300 mm. Razdioba vlastitih frekvencija mjerena je pri mirovanju lista. Istraženi su ovi utjecajni parametri: 1. omjer pričvršćenja lista, 2. inačice pričvršćenja lista prirubnicom, 3. prigušenje energije vibracija. Pri istraživanju je uporabljena mjerna oprema propisana međunarodnim normama. Istraživanja su pokazala da se spektar vlastitih frekvencija prigušenih listova pila ne mijenja bitno dodatnim smanjenjem energije vibracija postavljanjem prigušne podloge između pile i prirubnice, dok se u neprigušenih listova smanjuje veličina ubrzanja značajnih frekvencija spektra. Na temelju rezultata istraživanja ne mogu se donositi uopćeni zaključci o utjecaju omjera pričvršćenja (u granicama od 0,24 do 0,33) na vlastiti spektar pile. U radu je upozoreno na mogućnost uporabe faktora restitucije (pokazatelja mogućnosti uspostave prijašnjeg stanja) između pile i kuglice kao mjere prigušnih svojstava pile.

**Ključne riječi:** kružna pila, stabilnost, vibracije, razdioba vlastitih frekvencija pile, prigušna svojstva pila.

**Abstract** • *The circular saw is the most frequently used woodworking machine. The main problem of using the circular saw is the lateral stability of the sawblade and the problems grow bigger with increased cutting speed and feed speed, and with decreased sawblade thickness. Sawblade behaviour during rotation and cutting is significantly determined by the natural frequency spectrum of the standing sawblade.*

*In this study the research results of the natural frequency spectrum, some influencing parameters and damping characteristics of differently designed circular saw blades in variable conditions are presented. The natural frequency spectrum was determined by using a standing sawblade. The influences of the following parameters were investigated: 1. clamping ratio, 2. the characteristics of the contact area between the saw and the clamp, 3. damping. The standard measuring equipment for vibration and noise was used. One of the aims of this study was to develop a measuring method for the determination of circular saw blade damping characteristics. The measurement results show that the natural frequency spectrum of damped saws does not significantly change with additional damping (with a damping layer between the saw blade and clamp), but the accelerations of specific frequencies of undamped saws are reduced. Based on the measuring results it cannot be generally concluded what the influence of the clamping ratio (0,24 to 0,33) on the saw frequency spectrum is. It is shown that the restitution factor between the saw and a small ball can be used for the determination of the saw blade damping characteristics.*

**Key words:** circular saw, stability, vibration, natural frequencies, damping.

## 1. UVOD

### 1. Introduction

Zbog jednostavnog prijenosa snage i gibanja od pogonskog motora do rezne oštrice, kružna je pila najčešće rabljeni stroj za piljenje drva. Međutim, proizvodnja je i održavanje kružnih pila složena te je predmet mnogih istraživanja. Mote (1985a) opisuju list kružne pile kao *mehanički sustav s vrlo visokom frekvencijom a s malim prigušenjem*, što je vrlo rijedak slučaj, a uzrok je mnogim problemima. Birkeland (1985) kao glavni problem kružnih pila navodi *stabilnost lista u procesu piljenja* te naglašava rast teškoća *s povećanjem posmične brzine, brzine rezanja i promjera lista te sa smanjenjem debljine lista*.

Mnogi autori istražuju utjecajne čimbenike na stabilnost lista kružne pile. Istražuje se utjecaj dimenzija i izvedbe lista pile, zatim veličina napinjanja lista, omjer pričvršćenja, vodilice, frekvencija pobude i dr. No mnogo je više znanih pitanja negoli odgovora.

Vibracije i buka kružnih pila kao posljedica nestabilnosti alata, dva su osnovna problema koji utječu na kakvoću obrađene plohe, točnost piljenja, radnu okolicu itd. Danas, pri svakodnevnom smanjenju šumskih površina na Zemlji, rješavanje problema stabilnosti kružnih pila

vrlo je važno radi smanjenja količine nastale piljevine te energije koja se utroši na rezanje, a sve u svrhu razboritoga korištenja sirovine i energije.

## 2. PROBLEMATIKA I DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

### 2. Problem definition and background

Schajer i Kishimoto (1995) osnovnim, međusobno oprečnim čimbenicima u procesu piljenja smatraju:

1. učinak (posmičnu brzinu obratka),
2. iskorištenje (količinu piljevine),
3. kakvoću piljenja (točnost dimenzija i finoću rezne/piljene površine).

Ta su tri čimbenika međusobno usko povezana, a poboljšanjem jednoga mijenjaju se ostali. Učinak raste s povećanjem posmične brzine, međutim ako se želi zadržati potrebna kakvoća obrade, treba razmjerno povećati glavnu brzinu rezanja odnosno frekvenciju vrtnje pile. No frekvencija vrtnje pile može se povećavati samo do kritične vrijednosti, tj. do frekvencije vrtnje pri kojoj pila gubi stabilnost u lateralnome smjeru, a rez postaje vijugav. Deblji listovi pila imaju veću kritičnu frekvenciju, no njihovom se uporabom bitno smanjuje iskorištenje sirovine. Dakle, cilj je povećanje stabilnosti lista kružne pile odnosno povećanje kritične frekvencije lista, a u svrhu



poboljšanja rezultata obrade (učinka, iskorištenja ili kakvoće), uz što manje narušavanje ograničavajućih stalnica.

2.1. Spoznaje o vibracijama lista kružne pile  
2.1. Circular sawblade vibrations

Vibracije su lista kružne pile bočno gibanje lista oko njegova ravnotežnog položaja. Problemom vibracija kružnoga diska bavilo se mnogo autora, a velik doprinos temeljnim spoznajama dao je Southwell (1922) opisom ovisnosti vlastite frekvencije diska o frekvenciji vrtnje. Značajna su istraživanja dinamičkog ponašanja lista kružne pile Pahlitzscha i Rowinskog (1967) te C. D. Mota Jr. opisana u brojnim radovima.

Mote (1967) matematički pokazuje da se bočni odmak  $w$  vibrirajućeg lista koji ne rotira, u bilo kojoj točki lista  $(r, \theta)$  može napisati u obliku beskonačnoga niza:

$$w(r, \theta) = f_0(r) + f_1(r) \sin \theta + f_2(r) \sin 2\theta + f_3(r) \sin 3\theta + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(r) \sin n\theta + f_0(r)$$

gdje je  $r$  polumjer položaja točke,  $\theta$  kutni položaj od čvornoga promjera, a  $f(r)$  funkcija bočnog odmaka u radijalnome smjeru.

Takav niz, poznat kao *Fourierov niz*, dijeli bočni otklon lista na zbroj određenoga broja svojstvenih harmoničkih oblika.

Mote i Szymani (1977) objašnjavaju vibracije lista pile kao zbroj zasebnih modova (načina) titranja, koji imaju poseban oblik, amplitudu i frekvenciju. Svaki oblik moda karakterizira kombinacija broja čvornih kružnica  $M$  i broja čvornih promjera  $N$  (sl. 1). Čvorni promjer odnosno čvorna kružnica predočuje zamišljena mjesta na pili na kojima nema bočnog odmaka lista.

Određena frekvencija svakog moda  $f_{MN}$  (Hz), nazvana je *vlastitom frekvencijom* i ovisi o geometriji lista pile, omjeru promjera prirubnice i promjera lista (omjer pričvršćenja), svojstvima materijala i naprezanjima u listu pile. Teorijski, sve kom-

binacije  $M$  i  $N$  modova postoje istodobno. Međutim, pri vibracijama kružne pile prevladavaju modovi titranja koji nemaju čvornih kružnica i imaju do šest čvornih promjera.

Mjerni pretvornik pričvršćen na rotirajući list pile zabilježit će stvarnu vlastitu frekvenciju određenog moda titranja  $f_{MN}$  (Hz), koja se, u ovisnosti o frekvenciji vrtnje lista  $n$  ( $\text{min}^{-1}$ ), može izraziti jednadžbom (Southwell, 1922):

$$f_{MN}^2 = f_{MN}^{(0)2} + K \cdot (n/60)^2 \quad (2)$$

gdje je  $f_{MN}^{(0)}$  vlastita frekvencija mirujućeg lista, a  $K$  faktor povećanja vlastite frekvencije lista zbog vrtnje. Povećanje vlastite frekvencije zbog rotacije iznosi do 5 % (Mote i Szymani, 1977).

Svaki mod titranja pile sastoji se od dva vala koji se šire kružno po pili u suprotnim smjerovima vlastitom frekvencijom tog moda titranja. Kad list pile rotira, frekvencija vala koji se širi u smjeru vrtnje povećava se u odnosu prema mirujućem promatraču ili obratku i taj se val naziva *naprijed putujući val*. Pri suprotno putujućem valu frekvencija se smanjuje i on se naziva *natrag putujući val*. U fizici je ta pojava poznata kao klasični Dopplerov efekt.

Frekvencije naprijed i natrag putujućeg vala mogu se iskazati (Nishio i Marui, 1995):

*naprijed putujući val*

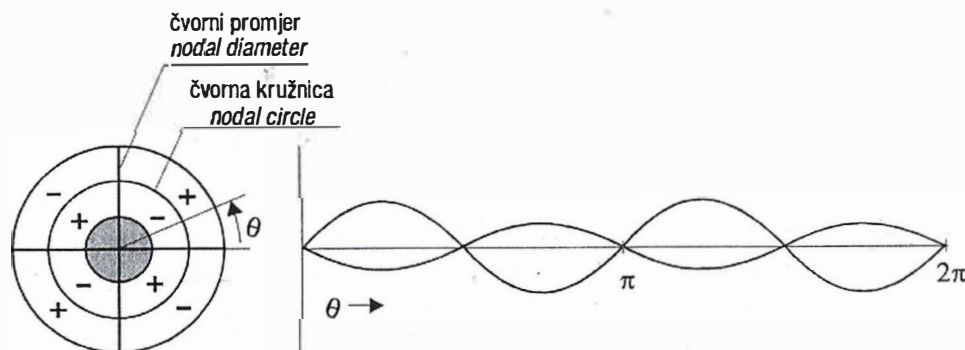
$$f_{MN}^{(F)}(n) = f_{MN}(n) + Nn/60 \quad (3)$$

*natrag putujući val*

$$f_{MN}^{(B)}(n) = f_{MN}(n) - nN/60 \quad (4)$$

Mirujući mjerni pretvornik zabilježit će te dvije frekvencije. Amplitude tih dva valova uglavnom nisu jednake. Mod  $M, N$  može biti doveden u rezonantno stanje pobudom bilo koje od te dvije frekvencije.

Gotovo svi problemi u svezi s radom kružne pile na neki su način povezani s



Slika 1.  
Primjer moda titranja s dva čvorna promjera i jednom čvornom kružnicom •  
Example of a mode with two nodal diameters and one nodal circle

kritičnom frekvencijom vrtnje pile. Mote (1967) definira kritičnu frekvenciju vrtnje kao frekvenciju rotacije diska pri kojoj se oblikuje mirujući val u prostoru te djelovanjem i vrlo male aksijalne sile dolazi do velikih bočnih amplituda. Pri kritičnoj frekvenciji disk potpuno izgubi stabilnost u određenome modu titranja.

Pri toj su *kritičnoj frekvenciji vrtnje* frekvencija vrtnje lista pile i frekvencija širenja vala na listu pile jednake, te se taj natrag putujući val čini kao zaustavljen u prostoru.

Prema tome, uzme li se da je frekvencija natrag putujućeg vala nula, iz (4) slijedi da je kritična frekvencija vrtnje  $n_{krit.}$  ( $\text{min}^{-1}$ ) za određeni mod titranja:

$$n_{krit.} = \frac{60 \cdot f_{MN}(n)}{N} \quad (5)$$

gdje je  $f_{MN}(n)$  vlastita frekvencija određenog moda titranja pri vrtnji lista, a  $N$  broj čvornih promjera toga moda.

### 2.2. Utjecajni čimbenici na vlastite frekvencije i stabilnost lista

#### 2.2. Influencing factors on sawblade natural frequencies and stability

Što je viša vlastita frekvencija lista u kritičnome modu titranja, veći je kritični broj okretaja, a time je veća i stabilnost lista u radu.

Vlastite frekvencije lista i kritične frekvencije ovise o više čimbenika, a Schajer (1986) navodi ove: 1. dimenzije lista, 2. svojstva materijala, 3. unutarnja naprezanja, 4. vodilice.

Povećanje omjera pričvršćenja mijenja sve vlastite frekvencije naviše (Mote i Szymani, 1977; Schajer, 1986), što je poželjno za stabilnost lista. Osim toga, sa stajališta stabilnosti lista, bitno je da slobodni dio lista (od ruba do prirubnice) nije mnogo veći od visine piljenja.

Chabrier i dr. (1997) navode četiri osnovna utjecajna čimbenika na stabilnost lista:

1. frekvenciju vrtnje (utjecaj centrifugalne sile),
2. raspored naprezanja u listu pile,
3. raspodjelu temperature,
4. utjecaj bočnih sastavnica sile rezanja.

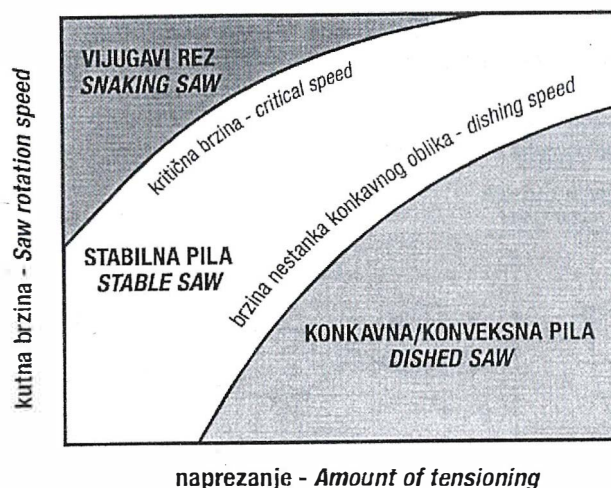
Sva naprezanja u listu pile (naprezanja unesena pri proizvodnji, naprezanja unesena napinjanjem lista, naprezanje zbog rotacije lista, toplinska naprezanja zbog razlike temperature na obodu pile i kod ruba prirubnice) utječu na promjenu vlastite frekvencije lista, a time i na kritičnu frekvenciju vrtnje. Promijenjeni radni uvjeti mijenjaju naprezanja u listu pa prema tomu i vlastitu frekvenciju svakoga moda. Dogodi li se bilo što loše u sustavu piljenja (zatupljenje alata, grijanje rubnoga dijela pile, nejednaka razvraka ili stlačenje zuba, nedoravnani zubi, gubitak napetosti lista, smanjenje proširenja propiljka), smanjuje se kritična frekvencija vrtnje pile.

Mote i Holøyen (1973) smatraju da je najvažniji utjecajni čimbenik na kritičnu frekvenciju rezanja tijekom rada kružne pile promjena razlike temperature između središnjega i rubnoga dijela pile. Oni su utvrdili da je bitna samo razlika temperatura, a ne apsolutne temperature na rubnome i središnjemu dijelu.

Poznavanje naprezanja prisutnih u listu pile nužno je za računanje i analizu stabilnosti lista. U tu je svrhu Mote (1967) još prije 30 godina primijenio matematički model - *metodu konačnih elemenata* i napisao računalni program pod nazivom CDM23. Konačni elementi tvore mrežu koja opisuje dio ili cijeli list pile. Ulazni su podaci broj elemenata mreže, debljina lista, svojstva materijala, inicijalna naprezanja, naprezanja

**Slika 2.**

Ovisnost kritične brzine o napetosti lista (Schajer i Kishimoto, 1995) • Critical speed versus sawblade tension (Schajer i Kishimoto, 1995)



unesena napinjanjem, raspodjela temperature i frekvencija vrtnje. Izlazni su podaci raspodjela naprezanja, frekvencije modova titranja i amplitude vibracija.

### 2.3. Mjere povećanja stabilnosti lista pile 2.3. Improvement of sawblade stability

Pritezanje lista pile na radno vreteno *prirubnicom* mijenja sve vlastite frekvencije naviše i povećava stabilnost lista.

*Napinjanje lista* jest njegovo naprezanje plastičnim deformiranjem lista udarcima čekića ili valjanjem i lokalnim zagrijavanjem. Napinjanjem lista povećava se kritična frekvencija vrtnje, čime se omogućuje veća brzina rezanja i postizanje bolje kakvoće obrađene površine te većeg učinka u jedinici vremena. Schajer i Kishimoto (1995) daju shematski prikaz ovisnosti kritične brzine o napetosti lista pile prikazan na slici 2.

Da se izbjegnu bočne vibracije i buka kružnih pila, često se izrađuju *radijalni utori po obodu lista* te provrti različitih veličina po tijelu pile. Cilj je izrade utora i provrta smanjiti nastala naprezanja zbog raspodjele temperature. Naime, utori omogućuju nesmetano širenje lista pile pri povećanju temperature i smanjenje naprezanja, a provrti pridonose boljem hlađenju. Nishio i Marui (1996) smatraju ih korisnima za smanjenje bočnih vibracija pri praznome hodu i pri rezanju, no naglašavaju nedovoljnu istraženost njihova utjecaja (duljine i broja) na vlastite frekvencije i kritičnu frekvenciju vrtnje. Broj i duljina utora najčešće se određuje na temelju pokušaja i proba no, u većini slučajeva izrađuje se četiri ili pet utora duljine 1/6 polumjera pile. Nishio i Marui (1996) navode da je raspon nestabilnih frekvencija vrtnje kružne pile najuži u pila s četiri utora za jednake duljine utora.

Mote (1979) teorijski je pokazao da pile s utorima zbog nesimetričnosti ne stvaraju mirujući val u prostoru pri kritičnoj frekvenciji vrtnje.

Jedna od mjera povećanja stabilnosti lista jest postavljanje *vodilica*. Vodilice lista mogu biti kontaktne i beskontaktne. Kontaktne vodilice neposredno dodiruju list pile a dodir se može ostvariti klizanjem ili kotrljanjem vodilica po listu. Preporučljivije su kotrljajuće vodilice radi smanjenja trenja i dodatnog zagrijavanja lista. Beskontaktne se vodilice izrađuju kao zračna ili aerostatička ležišta. One se mogu slobodno gibati u aksijalnome smjeru, nema bočnih sila na list pile ni trenja i zagrijavanja lista.

Plester (1985) navodi ove uloge vodilica lista kružne pile: smanjenje debljine

lista pile, a time i širine propiljka, povećanje statičke i dinamičke krutosti u aksijalnome smjeru, povećanje kritične brzine lista pile te prigušenje vibracija.

Djelotvoran način povećanja stabilnosti lista može biti *stalna (on-line) kontrola stabilnosti*. Mote (1985) razlikuje dvije mogućnosti kontrole vibracija lista kružne pile:

1. kontrolom vanjskih sila koje uzrokuju vibracije lista,
2. kontrolom dinamike lista pile.

Sustav *kontrole vibracija pomoću vanjskih sila* temelji se na činjenici da je kružna pila sustav s vrlo malim prigušenjem te da obično vibrira dominantno u jednom ili dva moda u bilo kojem trenutku. Osnovna je zamisao pronalaženje dominantnoga moda te uspostavljanje nadzora nad njime, što je za praksu neprihvatljivo.

Metoda *kontrole dinamike lista* kružne pile (kontrola frekventnog spektra pile) postavlja spektar vlastite frekvencije lista pile u odnos prema spektru uzbuđenja tako da se minimiziraju vibracije pile. Ta je metoda jednostavnija i učinkovitija od prethodne (Radcliffe i Mote, 1981).

Ellis i Mote (1978) razvijaju ideju povratne (*feedback*) kontrole - automatske prilagodbe utjecajnih parametara na stabilnost lista utemeljene na trenutačnom stanju kontrolnih veličina. Kontrolni parametri mogu biti vibracije lista, hrapavost obrađene površine, točnost piljenja, a može se mijenjati frekvencija vrtnje, posmična brzina, raspodjela temperature, prilagoditi vodilice, provesti hlađenje itd.

Jedna od metoda kontrole stabilnosti lista jest i kontrola toplinskih naprezanja (hlađenje oboda lista, grijanje središnjeg dijela lista). Idejom kontrole stabilnosti lista pomoću toplinskog napinjanja bavilo se više autora (Mote i Høloyen, 1977; Mote, Schajer i Høloyen, 1979; Mote, 1985), međutim, ostaje pitanje kakva je raspodjela temperature najpoželjnija.

## 3. CILJ ISTRAŽIVANJA

### 3. Aim of research

Poznato je da su vibracije najnepoželjnija pojava vezana uz rad kružnih pila. Posljedice su vibracija lista, uz energetske gubitke, smanjeno iskorištenje i lošija kakvoća obrade te vrlo visoka razina buke koja opterećuje radnu okolicu. Cilj je mnogih istraživanja pronaći suglasje između proturječnih parametara piljenja.

Budući da je dinamičko ponašanje lista kružne pile često istraživana tema, postignuto je dobro temeljno razumijevanje



problema vezanih uz vibracije standardnih listova kružnih pila. Međutim, te spoznaje treba primijeniti pri proizvodnji i uporabi kružnih pila kako bi se postigli što bolji rezultati postupka piljenja.

Cilj je ovoga rada razviti metodu za određivanje spektra vlastitih frekvencija lista pile te ispitati utjecaj nekih čimbenika na spektar vlastitih frekvencija listova kružnih pila s posebnim izvedbama prigušenja energije vibracija. Ispitat će se utjecaj izvedbe prigušenja lista, nekih inačica pričvršćenja lista prirubnicom te omjera pričvršćenja.

Poseban je cilj ovih istraživanja ispitati mogućnost opisa prigušnih svojstava lista pomoću faktora restitucije između lista pile i pobudne kuglice te istražiti ovisnost frekventnog spektra o faktoru restitucije.

#### 4. OBJEKT ISTRAŽIVANJA I PLAN RADA

##### 4. Research object and test plan

Opis značajki ispitivanih listova pila dan je u tablici 1. *Uzorak 1* standardna je kružna pila bez utora za rasterećenje naprezanja ili bilo kojeg drugog načina prigušenja vibracija. *Uzorak 3* označuje list kružne pile koji je u našim drvnoindustrijskim pogonima najčešće u uporabi. Ta pila ima četiri izrezana radijalna utora duljine 25 mm (1/6 polumjera pile). *Uzorci 2 i 5* imaju laserom izrađena četiri radijalna utora duljine 28 mm te laserom izrađene "ornamente" na tijelu lista pile na simetrali kutova između radijalnih utora. *Uzorci 4 i 6* imaju s

jedne strane prilijepljenu prigušnu foliju od viskoelastičnog materijala u obliku kružnog vijenca vanjskog promjera 220 i unutarnjeg promjera 72 mm te po obodu laserom izrađena četiri radijalna utora duljine 26 mm. *Uzorak 7* u osnovi je jednak *uzorku 3*, no provrti su na kraju radijalnih utora ispunjeni bakrom koji ima bolja prigušna svojstva negoli čelik od kojega je izrađena pila. Utori su mehanički izrezani, duljina im je 30 mm, a promjer bakrenoga čepa 6 mm.

Istraživanje je provedeno u dva niza mjerenja. U prvom nizu mjerenja list je pile pobuđivan drvenom kuglicom i mjerene su maksimalne veličine ubrzanja na frekvencijama trećina oktave. Mjerenja su provedena na uzorcima pričvršćenim s prirubnicom promjera 72 mm bez prigušne podloge između lista i prirubnice te s dvije različite prigušne podloge. Prigušne su podloge izrađene od plastike (debljine 0,2 mm) i od gume (debljine 0,3 mm) promjera jednakog promjeru prirubnice. U drugom nizu mjerenja list je pobuđivan plastičnom kuglicom, a mjerene su veličine ubrzanja 2 sekunde nakon pobude. Mjerenje je obavljeno na uzorcima pričvršćenim uz tri različita omjera pričvršćenja (promjeri prirubnica 80, 90 i 100 mm), bez prigušne podloge i s gumenom podlogom. U svim slučajevima mjerenja vlastitoga frekventnog spektra lista određen je i faktor restitucije između lista i pobudne kuglice. U tablici 2. navedene su značajke upotrijebljenih sustava za pobudu lista pile.

Tablica 1.

Opis ispitivanih uzoraka • Sample characteristics

Značajka Properties	Uzorak 1 Sample 1	Uzorak 2 Sample 2	Uzorak 3 Sample 3	Uzorak 4 Sample 4	Uzorak 5 Sample 5	Uzorak 6 Sample 6	Uzorak 7 Sample 7
oznaka uzorka Sample mark	uz1	uz2	uz3	uz4	uz5	uz6	uz7
broj zubi Tooth number	80	96	96	96	60	60	60
promjer lista, mm Blade diameter, mm	305	300	300	300	300	300	300
debljina lista, mm Blade thickness, mm	2,2	2,2	2,2	2,5	3,0	2,8	3,0

Tablica 2.

Značajke dvaju sustava za pobudu titranja lista pile • Characteristics of two sawblade exciting system

Značajke - Items	Oznaka Symbol	Jedinica Unit	KUGLICA 1 BALL 1	KUGLICA 2 BALL 2
vrsta materijala - Material			drvo - wood	plastika - plastic
promjer - Diameter	$d_k$	mm	19,6	14
masa - Mass	$m$	g	3,66	1,45
udarna energija - Energy	$W$	mJ	1	1,84
otklon iz ravnotežnog položaja Displacement	$x$	mm	100	210
duljina pamučne niti - Thread length	$h$	mm	185	235

**5. MJERNE METODE I PRIBOR**  
**5. Measuring method and equipment**

*5.1. Određivanje spektra vlastitih frekvencija lista pile*

*5.1. Natural frequency determination*

Frekvencijski spektar pile predočuje sliku značajnih frekvencija titranja lista kao posljedicu vanjske pobude.

Razdioba vlastitih frekvencija najčešće se određuje mjerenjem amplitude bočnog odmaka lista pile u vremenskoj domeni. Razvijena je bezdodirna metoda mjerenja oscilacija lista pomoću induktivnog davača koji se najčešće rabi u takvim mjerenjima (Schajer i Kishimoto, 1997; Nakamura i dr., 1995; Chabrier i dr., 1997). Pomoću FFT analize (Fast Fourier Transformation) vibriranje pile prenosi se u frekvencijsku domenu i značajna amplituda (tzv. *pik*) pri pojedinim frekvencijama označava vlastite frekvencije lista pile.

Münz (1985b) za određivanje vlastite frekvencije rabi malen piezoelektrični pobudni sustav i akcelerometar zalijepljen na list pile, kojime mjeri odgovor pile na pojedinu pobudnu frekvenciju. Uobičajeno je da se frekvencije pojedinih modova titranja u odnosu prema listu pile određuju pomoću akcelerometra, a u odnosu prema mirujućem promatraču induktivnim davačem pomaka (Münz, 1985b; Münz, 1997; Yokochi i Kimura, 1993).

Vlastiti modovi titranja lista mogu se zamijetiti i tako da se list pile prekrije piljevinom i pobudi generatorom pobude promjenjive frekvencije. Na površini će se lista pri određenim frekvencijama oblikovati određeni mod titranja.

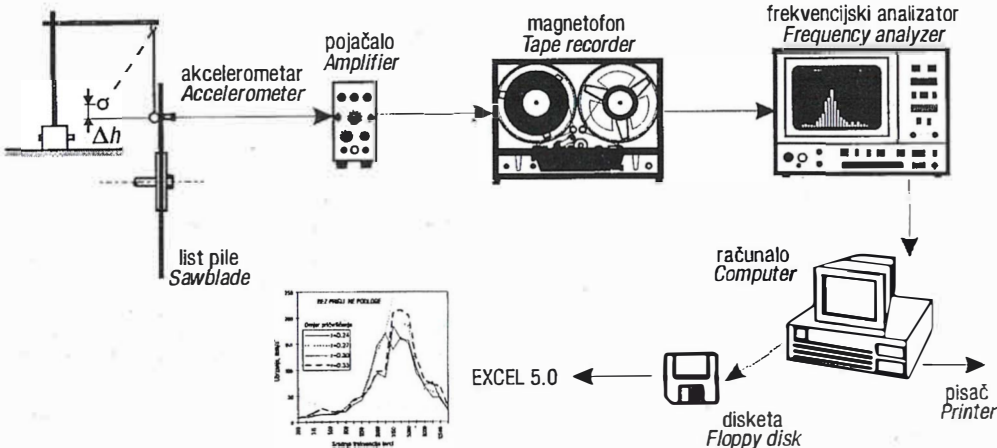
Ovim je istraživanjima obuhvaćeno samo određivanje vlastitoga spektra mirujućeg lista pile. Spektar vlastitih frekvencija mirujućeg lista može poslužiti samo kao približni pokazatelj dinamičkog ponašanja pile pri radu jer u radu dolazi do promjene vlastitih frekvencija.

Pri određivanju spektra vlastitih frekvencija list je pile pobuđen jednostavnim mehanizmom za pobudu (sl. 3). Kuglica je slobodno ovješena o magnetni stalak pomoću pamučne niti zanemarive mase. Da bi se osigurala energija pobude, kuglica se odmicala iz ravnotežnoga položaja tako da joj je težište podignuto za  $h$ , čime je osigurana kinetička energija kuglice približno uvijek jednake veličine u trenutku sudara s listom pile.

Da bi se ustanovila razina vibracija lista pile nakon pobude udarnim radom kuglice, na list je pile pričvršćen piezoakcelerometar mase 0,5 g. Akcelerometar je na svim listovima pila pričvršćen na udaljenosti 90 mm od središta lista. Pritom je pretpostavljeno da je masa akcelerometra zanemariva u odnosu prema masi lista pile te da ne utječe na njezine vibracije. Razina je vibracija registrirana i analizirana mjernim lancem prikazanim na slici 3.

List pile pobuđen je na titranje udarom kuglice, odziv se pile registrira mjernim pretvornikom, pojačava i bilježi na magnetofonskoj vrpici, a zatim obrađuje na frekvencijskom analizatoru (*Digital Frequency Analyzer*, type 2131, Brüel & Kjær). Programom napisanim u BASIC-u učitavaju se podaci s frekvencijskog analizatora i zapisuju u obliku tekstualne datoteke.

Program zapisuje veličine ubrzanja za srednje frekvencije terci u rasponu od 1,25 Hz do 16000 Hz. Podaci zapisani u tekstualnoj datoteci učitani su u EXCEL 5.0 te je spektar frekvencija lista analiziran između 200 Hz i 16000 Hz. Za svaki je uzorak pile mjereno sedam nezavisnih uzoraka mjerenja na osnovi kojih je nacrtan zajednički spektrogram svih sedam mjerenja. Dva mjerenja koja najviše odstupaju izuzeta su iz daljnje obrade. Iz preostalih pet mjerenja izračunana je aritmetička sredina veličine ubrzanja za srednje frekvencije terca, a dobiveni podaci daju spektar vlastitih frekvencija uzorka.



**Slika 3.**  
 Mjerni lanac za određivanje frekvencijskog spektra lista pile • Measuring equipment for natural frequency determination



5.2. Mjerenje prigušnih svojstava lista pile  
5.2. Sawblade dampening characteristics determination

Standardna metoda određivanja prigušnih svojstava jest logaritamski dekrement. Rezultat je te metode *koeficijent prigušenja* koji služi kao mjera prigušnih sposobnosti lista pile. Ingemansson i Elvhammar (1995) definiraju logaritamski dekrement kao prirodni logaritam omjera dva ju uzastopnih vrhova istog predznaka pri slabljenju titranja na jednoj frekvenciji. Premda je ta metoda normirana, malo se kad rabi za opis prigušnih svojstava listova kružnih pila i njihove učinkovitosti u smanjenju vibracija.

U ovome su radu prigušna svojstva listova kružnih pila ispitana određivanjem faktora restitucije između lista pile i pobudne kuglice.

Prigušna svojstva ispitivanih listova pila definirana su na osnovi pojednostavnjene teorije sudara dvaju tijela bez djelovanja vanjskih sila. Faktor restitucije definiran je kao omjer normalnih sastavnica brzina čestica nakon sudara i prije sudara (Jecić, 1989).

Pri udaru čestice u nepomični zid faktor restitucije svodi se na omjer brzine čestice nakon sudara i prije sudara u pravcu normale. Faktor restitucije pojednostavnjeno se može

odrediti ispuštanjem kuglice mase  $m$  s visine  $h$  da slobodno pada na ravnu nepomičnu podlogu beskonačne mase u odnosu prema kuglici (sl. 4).

Pri prvom udaru kuglice o podlogu brzina prije udara iznosi:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (6)$$

Faktor restitucije u tom je slučaju  $k = c/v$ , pa je brzina nakon sudara  $c = k \cdot v$ .

Zbog te će brzine čestica dosegnuti visinu  $h_1 = c^2/2g$ , pa je brzina nakon sudara

$$c = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \quad (7)$$

gdje je  $g$  težno ubrzanje, a  $h_1$  visina do koje kuglica odskoči nakon udara.

Iz (6) i (7) proizlazi da je faktor restitucije

$$k = \sqrt{\frac{h_1}{h}} \quad (8)$$

Za određivanje sposobnosti pojedinih listova pila da priguše energiju vanjske pobude upotrijebljen je jednak pobudni sustav kao pri određivanju spektra vlastitih frekvencija pile. Za određivanje faktora restitucije uporabljene su dvije različite kuglice čije su značajke dane u tablici 2.

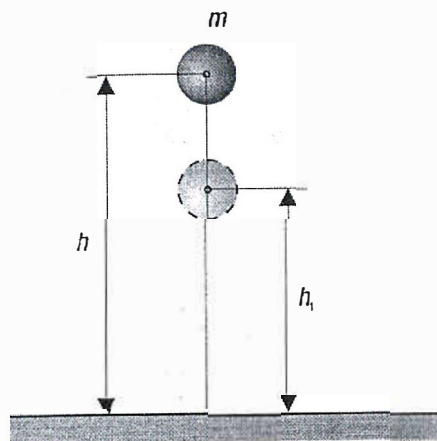
Faktor restitucije određen je prema sljedećoj proceduri.

Pila se pobuđuje udarnim radom kuglice i pritom kamerom (TELEFUNKEN Video Movie 2892) snima odskok kuglice. Za pozadinu snimke rabi se milimetarski papir radi lakšeg odčitavanja vodoravne udaljenosti kuglice od pile nakon odskoka. Za svaki se uzorak snimaju četiri postupka pobude lista pile.

Polaganim pregledavanjem snimke (PANASONIC Video Casette Recorder NV-FS 100 HQ) pri pobudi kuglicom 1 odčitava se horizontalna udaljenost prvog odskoka

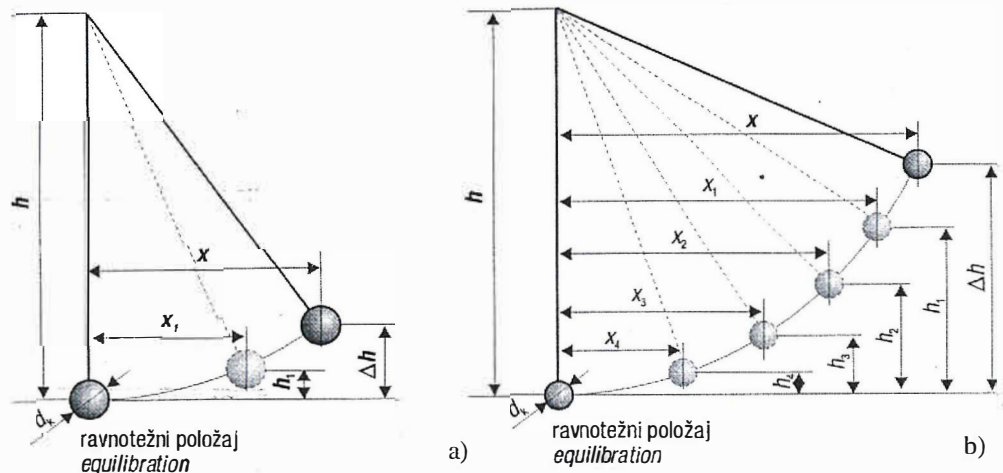
Slika 4.

Slobodni pad kuglice na ravnu podlogu • Free fall of a ball at the flat surface



Slika 5.

Značenje oznaka pri računanju faktora prigušenja: a) pobuda s kuglicom 1, b) pobuda s kuglicom 2 • Symbol means for restitution factor determination: a) ball 1, b) ball 2





kuglice, a pri pobudi kuglicom 2, horizontalne udaljenosti četiriju uzastopnih odskoka kuglice nakon odmaka iz ravnotežnoga položaja i sudara s listom pile.

Visina odskoka kuglice izračuna se prema izrazu:

$$h_i = h - \left[ h \cdot \cos \left( \arcsin \frac{x_i}{h} \right) \right] \quad (9)$$

za  $i = 1 \dots 4$

Faktor restitucije između lista pile i kuglice kao mjera prigušnih svojstava lista pile izračunan je kao:

$$k_{i+1} = \sqrt{\frac{h_{i+1}}{h_i}} \quad (10)$$

za  $i = 0 \dots 3$

Značenje oznaka u jednadžbama (9) i (10) vidi se iz slike 5. i tablice 2.

## 6. MJERNI REZULTATI S DISKUSIJOM 6. Measurement results and discussion

Pri analizi spektra vlastitih frekvencija lista pile i utjecajnih čimbenika bitna je širina spektra (područje rezonantnih frekvencija, tj. odziv lista pile na pobudu) te veličina ubrzanja na pojedinim frekvencijama (u našem su primjeru to srednje vrijednosti terci).

S gledišta emisije buke, poželjno je da list kružne pile ima što širi spektar, bez istaknutih vrhova (jer je šum manje štetan od čistih tonova), te spektar s prigušenim vibracijama na frekvencijama u rasponu od 1000 Hz do 5000 Hz jer one najviše štete ljudskome sluhu.

Na slici 6. dan je skupni prikaz vlastitih frekvencijskih spektara svih sedam uzoraka listova pila pričvršćenih bez prigušne podloge i s njom, mjerenih akcelerometrom u prvom nizu mjerenja. Na slici 6. nisu prikazani frekventni spektri uzoraka

s plastičnom prigušnom podlogom jer se ne razlikuju bitno od spektara listova bez prigušne podloge.

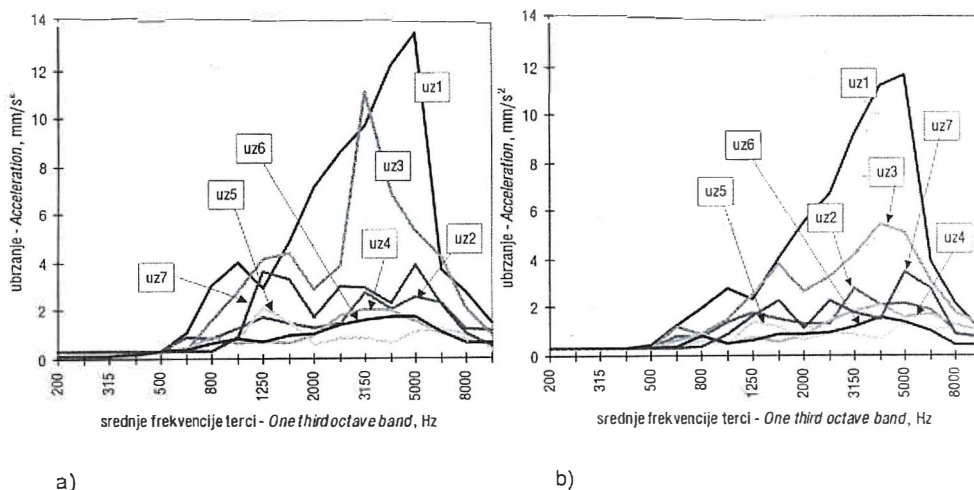
Kao što se vidi iz slike 6, svi su spektri podjednake širine odnosno imaju jednak raspon frekvencija sa značajnim veličinama ubrzanja. Uzorak 1 u spektru vlastitih frekvencija u području od 640 Hz do 8000 Hz ima izrazito velika ubrzanja na 4000 Hz i 5000 Hz. Postavljanjem gumene prigušne podloge između pile i prirubnice postiže se malo smanjenje veličine ubrzanja na tim frekvencijama.

U jednako širokom frekventnom spektru uzorak 2 nema istaknutih vrijednosti ubrzanja. Utjecaj prigušne podloge na spektar te pile je neznatan.

Spektar vlastitih frekvencija uzorka 3 ima najveće ubrzanje na frekvenciji 3150 Hz. Postavljanjem prigušne podloge postiže se njegovo značajno smanjenje, a da se pritom ne mijenjaju bitno veličine ubrzanja na ostalim frekvencijama spektra.

Veličine ubrzanja u frekvencijskom spektru uzorka 4 neznatno se mijenjaju postavljanjem prigušnih podloga između prirubnice i lista. To upućuje na činjenicu da je riječ o listu na kojemu su već prigušene određene frekvencije i dodatno prigušen je ne mijenja bitno spektar. Najniže vrijednosti ubrzanja pokazuje spektar uzorka 6 pri mjerenju bez prigušne podloge između lista pile i prirubnice, a postavljanjem prigušne podloge spektar uzorka 5 postaje najniži. Omjer maksimalnih ubrzanja najnižega i najvišeg spektra iznosi 1 : 7,89 (bez prigušne podloge), odnosno 1 : 8,21 (s prigušnom podlogom).

Frekvencijski su spektri pila uz jednake uvjete mjereni osim akcelerometrom (kako je uobičajeno) i zvukomjerom, sa svrhom da se ispituju mogućnosti njegove uporabe u takvim mjerenjima. Mjerni rezultati dobiveni akcelerometrom iskazani u



Slika 6.

Spektri vlastitih frekvencija svih sedam uzoraka: a) bez prigušne podloge, b) s gumenom prigušnom podlogom • Natural frequency spectrum for all samples: a) without a damping layer, b) with rubber layer

$m/s^2$  mogu se pretvoriti u decibele prema izrazu:

$$L_a = 20 \cdot \log\left(\frac{a \cdot 10^6}{a_0}\right) \quad (11)$$

gdje je  $L_a$  razina ubrzanja (dB),  $a$  izmjereno ubrzanje ( $m/s^2$ ),  $a_0$  referentna vrijednost ubrzanja koja iznosi  $1 m/s^2$ .

Nakon što su mjerni podaci dobiveni akcelerometrom pretvoreni u decibele, korelirani su za svaki pojedini uzorak s vrijednostima izmjerenim zvukomjerom. U tablici 3. dane su korelacijske jednadžbe koje opisuju vezu podataka dobivenih akcelerometrom i onih dobivenih zvukomjerom te koeficijenti korelacije koji mogu poslužiti za prosudbu jakosti iskazane korelacije. Na slici 7. pokazan je primjer linearne korelacijske sveze mjernih rezultata za uzorak 1.

Iz slike 7, kao i iz korelacijske jednadžbe, u tablici 3. za uzorak 1 može se vidjeti da rezultati dobiveni zvukomjerom dobro koreliraju ( $R = 0,9154$ ) s podacima dobivenim akcelerometrom te da su gotovo jednaki po apsolutnom iznosu (korelacijska je sveza približno pravac  $y = x$ ).

Međutim, za uzorke s manjim veličinama ubrzanja, u spektru vlastitih frekvencija korelacijska je sveza nešto lošija (npr. za uzorak 5). Osim manjega koeficijenta korelacije, jednadžba pravca za te uzorke ima manji koeficijent nagiba pravca,

a veći odsječak na osi ordinate. No prema se zvukomjerom ne dobivaju apsolutno jednaki iznosi kao pri mjerenju akcelerometrom, relativno visoki koeficijenti korelacije upućuju na to da rezultati mjerenja zvukomjerom dobro "prate" mjerenja akcelerometrom i mogu poslužiti za snimanje i analizu frekvencijskog spektra nekog titrajućeg sustava.

U drugom je nizu mjerenja spektar vlastitih frekvencija mjeren akcelerometrom na jednakom uzorku od sedam listova pila pričvršćenih prirubnicama triju različitih promjera. To daje tri razine omjera pričvršćenja lista:  $i_1=0,27$ ,  $i_2=0,30$  i  $i_3=0,33$ . Na slici 8. prikazani su frekventni spektri za omjer pričvršćenja 0,27 bez prigušne podloge i s njom.

Rezultati toga niza mjerenja potvrdili su utjecaj prigušne podloge na najveća ubrzanja u spektru, kako je utvrđeno i u prvom nizu mjerenja. Najveće smanjenje ubrzanja postavljanjem gumenog filtra postiže se na uzorku 1, uzorku 2 i uzorku 3, dok se na drugim uzorcima ne primjećuju bitne promjene.

Ako se razmatra utjecaj izvedbe prigušenja na frekventni spektar lista može se vidjeti (sl. 8) da i pri mjerenju bez prigušne podloge i s prigušnom podlogom najniži spektar imaju uzorci s prigušnom folijom prilijepljenom na jednoj strani lista (uz6 i

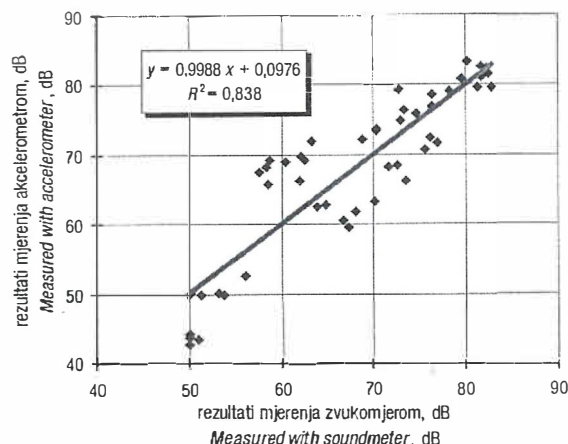
**Tablica 3.**

*Korelacijske sveze između mjerenja zvukomjerom i mjerenja akcelerometrom • Correlation between measurement data obtained with soundmeter and accelerometer*

Uzorak Sample	Jednadžba korelacije Correlation equation	$R^2$	$R$
uz1	$y = 0,9988 x + 0,0976$	0,8380	0,9154
uz2	$y = 0,548 x + 24,787$	0,7365	0,8582
uz3	$y = 0,7238 x + 15,038$	0,8558	0,9251
uz4	$y = 0,5417 x + 23,645$	0,8379	0,9154
uz5	$y = 0,3928 x + 31,274$	0,5899	0,7680
uz6	$y = 0,493 x + 25,911$	0,8594	0,9270
uz7	$y = 0,5971 x + 20,294$	0,8586	0,9266

**Slika 7.**

*Korelacijska sveza između mjerenja akcelerometrom i mjerenja zvukomjerom • Correlation between measurement with accelerometer and with soundmeter*



uz4). Potom slijede uzorci s laserom izrađenim ornamentima na tijelu lista pile (uz5 i uz2) te list pile s umetnutim bakrenim čepovima u izreze radijalnih utora (uz7). Najviše spektre s izrazitim vršnim vrijednostima ubrzanja imaju standardni listovi pila (uz3 i uz1) koji nemaju dodatne izvedbe prigušenja vibracija i buke. Ako se usporede uzorci s istom izvedbom prigušenja (npr. uz6 i uz4, uz5 i uz2), niži spektar, odnosno manju veličinu ubrzanja na značajnoj frekvenciji ima uzorak koji ima veću debljinu lista.

Promjena omjera pričvršćenja u istraživanome rasponu nije značajno utjecala na vlastite spektre ispitivanih listova pila te se zaključci ne mogu poopćiti.

Uz relativno malo smanjenje ubrzanja na značajnim frekvencijama (sl. 9) u spektru pojedinih uzoraka (uz2, uz3, uz5 i uz7) povećanjem omjera pričvršćenja od 0,27 do 0,33 u nekih se uzoraka (uz1, uz3, uz6 i uz7) bilježi porast značajne frekvencije (frekvencije s najvećim ubrzanjem) za jednu ili dvije trećine oktave.

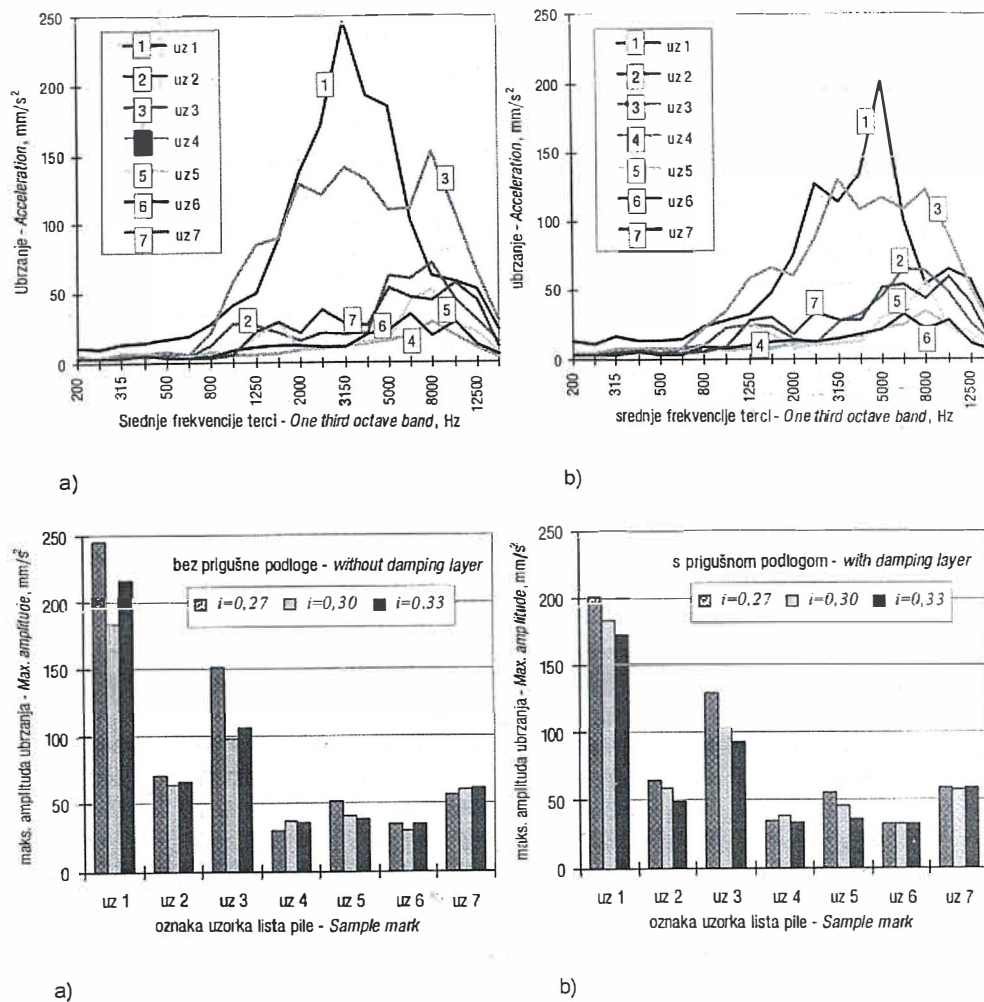
Budući da se s povećanjem omjera pričvršćenja očekuje veća stabilnost lista i bolje prigušenje vibracija, objašnjenje prikazanih rezultata zahtijeva dodatna is-

traživanja. Naime, raspon ispitivanih omjera pričvršćenja relativno je malen.

Metode određivanja spektra vlastitih frekvencija u prvom i drugom nizu mjerenja razlikuju se po trenutku uzimanja podataka i pobudnom radu te stoga vrijednosti ubrzanja dobivene objema mjernim metodama treba kvalitativno razmatrati i, kako je već naglašeno, mogu se rabiti samo kao relativni pokazatelji za usporedbu frekvencijskih spektara pojedinih uzoraka pila u jednakim ispitnim uvjetima.

Usporedbom rezultata prvoga i drugog niza mjerenja uočavaju se razlike u širini dobivenih frekventnih spektara za isti uzorak. Značajne se frekvencije spektra dobivenog prvom mjernom metodom nalaze između 500 Hz i 8 kHz, a drugom su mjernom metodom ustanovljene značajne veličine ubrzanja i na frekvencijama oktavu višima (do 16 kHz). Međutim, frekvencije s maksimalnim ubrzanjem, kao i relativni odnos spektara, ne razlikuju se bitno pri te dvije mjerne metode.

Prema izloženim se rezultatima može vidjeti da je kružna pila mehanički sustav koji različite pobude tijekom rada može is-



**Slika 8.**  
Spektri vlastitih frekvencija svih sedam uzoraka s omjerom pričvršćenja  $i = 0,27$ : a) bez prigušne podloge, b) s prigušnom podlogom • Natural frequency spectrum for all samples (clamping ratio  $i = 0,27$ ): a) without a damping layer, b) with a rubber layer

**Slika 9.**  
Odnos maksimalnih ubrzanja frekvencijskih spektara sedam uzoraka kružnih pila: a) bez prigušne podloge, b) s prigušnom podlogom • Relation of maximum measured acceleration in sawblade frequency spectrum for all samples: a) without a damping layer, b) with a rubber layer



okvirno 200 Hz do 16 kHz. Cijeli frekvencijski raspon u kojemu pila može titrati značajno velikim amplitudama može se promatrati i kao zbroj titranja na pojedinačnim frekvencijama. Titranje na svakoj od tih frekvencija može se promatrati kao titranje *prigušenoga harmoničkog oscilatora*.

Utjecaj filtra na titranje pile te na oblik i razinu zvuka u vremenskoj je domeni. Međutim, utjecaj filtriranja na frekvencijski spektar pile najbolje se vidi ako se radi u frekvencijskoj domeni. Svaki se filter može promatrati kao poseban sustav s vlastitim frekvencijskim spektrom iz kojega se vidi na kojim frekvencijama filter može, a na kojima ne može titrati. Povezivanjem filtra sa sustavom (prigušne podloge s pilom) dobije se novi sustav koji može titrati (sa značajnim amplitudama) samo na onim frekvencijama na kojima sa značajnim amplitudama mogu titrati i pila i filter sami za sebe. To znači da se spektar novoga (složenog) sustava  $P'(f)$  dobije množenjem frekvencijskog spektra pile  $P(f)$  frekvencijskim spektrom filtra  $F(f)$ :

$$P'(f) = P(f) \cdot F(f) \quad (12)$$

Ako se napravi inverzna Fourierova transformacija složenog spektra (pila i filter)  $P'(f)$ , dobije se titranje u vremenskoj domeni koje je različito od titranja same pile. Stoga treba odabrati filter s takvim frekvencijskim spektrom koji ima pojaseve većega ili manjeg propuštanja i gušenja na unaprijed utvrđenim frekvencijskim područjima. Na taj se način u spektru pile mogu smanjiti (ili potpuno ukloniti) titranja na nepoželjnim frekvencijama.

U tablici 4. navedeni su faktori restitucije dobiveni u prvom nizu mjerenja, a u tablici 5. rezultati dobiveni u drugom nizu mjerenja.

Faktori restitucije između lista pile i plastične kuglice određeni za svaki uzorak i njegove inačice iz prvoga niza mjerenja korelirani su s veličinama ubrzanja izmjerjenima na pojedinim frekvencijama terci odgovarajućeg spektra vlastitih frekvencija. Dobivene su krivulje korelacije prikazane na slici 10, a jednadžbe i koeficijenti korelacije dani su u tablici 6.

Budući da su obje veličine mjerene, koeficijent korelacije smatra se dovoljno vi-

**Tablica 4.**

*Faktori restitucije između lista pile i pobudne kuglice iz prvog niza mjerenja • Restitution factors between sawblade and exciting ball for the first test*

Vrsta prigušne podloge <i>Layer between saw and clamp</i>	Faktor restitucije - <i>Restitution factor</i>						
	uz1	uz2	uz3	uz4	uz5	uz6	uz7
<i>pila - plastična kuglica (saw - plastic ball)</i>							
bez podloge - <i>without layer</i>	0,673	0,771	0,766	0,787	0,837	0,814	0,827
plastična podloga - <i>plastic layer</i>	0,623	0,768	0,758	0,776	0,826	0,804	0,828
gumena podloga - <i>rubber layer</i>	0,659	0,748	0,768	0,774	0,831	0,814	0,831
<i>pila - drvena kuglica (saw - wooden ball)</i>							
bez podloge - <i>without layer</i>	0,393	0,497	0,497	0,521	0,571	0,494	0,596
plastična podloga - <i>plastic layer</i>	0,460	0,479	0,519	0,531	0,579	0,526	0,574
gumena podloga - <i>rubber layer</i>	0,423	0,452	0,521	0,526	0,546	0,529	0,554

**Tablica 5.**

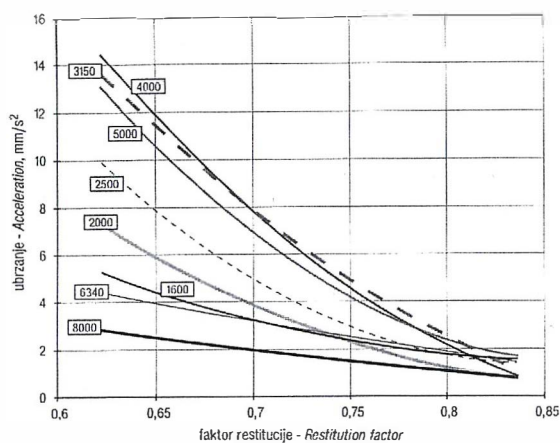
*Faktori restitucije između lista pile i plastične kuglice iz drugog niza mjerenja • Restitution factors between sawblade and plastic exciting ball for the second test*

Omjer pričvršćenja <i>Clamping ratio</i>	Faktor restitucije - <i>Restitution factor</i>						
	uz1	uz2	uz3	uz4	uz5	uz6	uz7
<i>pila - plastična kuglica (saw - plastic ball)</i>							
$i_1$ - bez podloge ( <i>without layer</i> )	0,665	0,745	0,752	0,768	0,809	0,786	0,814
$i_1$ - s podlogom ( <i>with layer</i> )	0,659	0,752	0,737	0,765	0,805	0,790	0,808
$i_2$ - bez podloge ( <i>without layer</i> )	0,644	0,755	0,755	0,763	0,808	0,789	0,809
$i_2$ - s podlogom ( <i>with layer</i> )	0,648	0,751	0,754	0,758	0,809	0,793	0,810
$i_3$ - bez podloge ( <i>without layer</i> )	0,642	0,749	0,749	0,756	0,807	0,791	0,811
$i_3$ - s podlogom ( <i>with layer</i> )	0,626	0,746	0,753	0,762	0,810	0,789	0,806

**Tablica 6.**

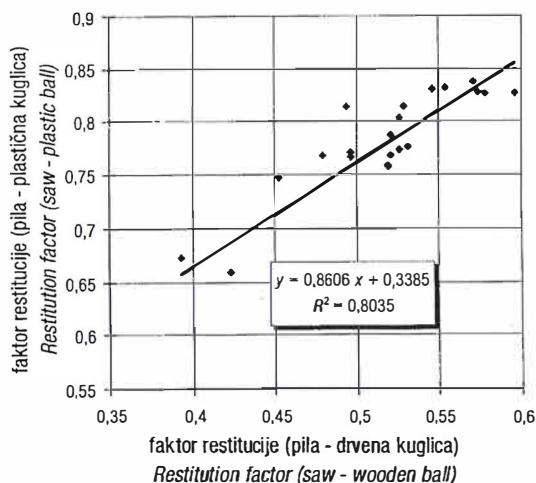
*Korelacijska sveza između veličine ubrzanja na pojedinoj frekvenciji terci a i faktora restitucije k (između pile i plastične kuglice) • Acceleration a in correlation with restitution factor k (between saw and plastic ball)*

Frekvencija, Hz <i>Frequency, Hz</i>	Jednadžba korelacije <i>Correlation equation</i>	$R^2$	$R$
1600	$a = 517,28 k^2 - 991,22 k + 481,1$	0,358	0,598
2000	$a = 146,93 k^2 - 658,64 k + 446,86$	0,484	0,695
2500	$a = 1280,6 k^2 - 2434,3 k + 1146,7$	0,547	0,740
3150	$a = 2446,4 k^2 - 4510,6 k + 2061,6$	0,686	0,828
4000	$a = 1182,3 k^2 - 2520,1 k + 1280,5$	0,659	0,812
5000	$a = 3667,7 k^2 - 6279,4 k + 2707,9$	0,803	0,896
6340	$a = 1229,2 k^2 - 2260,5 k + 1063,4$	0,590	0,768



Slika 10.

Ovisnost ubrzanja pojedinih frekvencija spektra pila (iz prvog niza mjerenja) o faktoru restitucije (između pile i plastične kuglice) • Acceleration of specific frequency in sawblade spectrum (for the first test) depending on restitution factor (between sawblade and ball 2)



Slika 11.

Međuoavisnost faktora restitucije pile i dviju različitih kuglica • Correlation between restitution factors obtained between sawblade and two different balls

sokim da se može ustvrditi međuovisnost tih varijabli. Drugim riječima, veći faktor restitucije (kuglica je jače odskočila pri sudaru s pilom) znači da list pile "upija" manje energije zbog dobrih prigušnih svojstava te su i izmjerena ubrzanja vibracija po pojedinim frekvencijama manja.

Takva je međuovisnost po frekvencijama moguća kad su svi spektri pila u istom rasponu frekvencija, što je slučaj s ispitivanim uzorcima.

Viši koeficijenti korelacije zabilježeni su pri frekvencijama koje su značajnije u spektrima (imaju veće izmjereno ubrzanje), što je vrlo bitno da se s povećanjem prigušnih sposobnosti lista prigušuju frekvencije na kojima su izmjerena najveća ubrzanja.

Faktori restitucije između pile i plastične kuglice korelirani su s mjernim rezultatima dobivenim između drvene kuglice i lista pile te je utvrđena međuovisnost prikazana pravcem i jednadžbom na slici 11. Iz dobivene se međuovisnosti može zaključiti kako se bez obzira na materijal kuglice dobivaju faktori restitucije koji, iako različiti po apsolutnom iznosu, mogu poslužiti kao relativni pokazatelji prigušnih svojstava lista pile.

To su pokazale i slične međuovisnosti dobivene korelacijom veličina ubrzanja na

pojedinim frekvencijama terci i faktora restitucije određenih između uzoraka i drvene kuglice s onima na slici 12. i u tablici 6.

I korelacija faktora restitucije i veličina ubrzanja u spektrima vlastitih frekvencija pila dobivenih u drugom nizu mjerenja potvrdila su dobivene međuovisnosti s podacima iz prvoga niza mjerenja.

Faktor restitucije može se definirati i kao pokazatelj količine kinetičke energije koju je kuglica sačuvala nakon udara u pilu odnosno kao pokazatelj količine udarne energije koju je pila "upila". Pri vrlo kratkom sudaru s pilom kuglica omogućuje da pila "upije" energiju u vrlo širokom spektru frekvencija. O spektru pile i prigušnim svojstvima ovisi koliko će energije po pojedinim frekvencijama pila "upiti", što će se odraziti na veličine ubrzanja vibracija. Dakle, što je veći faktor restitucije, to znači da je pila primila manje energije, odnosno da ima bolja prigušna svojstva te su ubrzanja vibracija manja, što su i pokazali mjerni rezultati.

Poznavajući značenje faktora restitucije, točnije bi bilo tražiti ovisnost površine ispod frekventnog spektra lista o vrijednosti faktora, no budući da promjene veličina ubrzanja značajnih frekvencija određuju promjene površine, dobivene se ovisnosti smatraju dovoljno točnima.



## 7. ZAKLJUČCI

### 7. Conclusion

Mjerni se rezultati mogu sažeti u nekoliko zaključaka.

1. Novim se izvedbama listova kružnih pila uspjeta mijenjati sposobnost prigušenja udarne energije. Odziv je takve pile na pobudu širokoga frekventnoga spektra (kakvim se smatra vrlo kratki udar pobudne kuglice) u širokom frekventnom rasponu od 800 Hz do 16 kHz, bez izraženih veličina ubrzanja, tzv. pikova.

2. Spektar vlastitih frekvencija već prigušenih listova pila (uz2, uz4, uz5, uz6 i uz7) ne mijenja se bitno postavljanjem prigušne podloge između pile i prirubnice.

Dodatim se prigušenjem (postavljanjem filtra između pile i prirubnice) smanjuju veličine ubrzanja značajnih frekvencija u vlastitom spektru neprigušenih listova pila.

3. Utjecaj se povećanog omjera pričvršćenja u ispitanim granicama ne može poopćiti. Prema mnogim objavljenim istraživanjima, s povećanjem promjera prirubnice odnosno omjera pričvršćenja, povećava se stabilnost lista. No pritom treba imati na umu da se povećanjem omjera pričvršćenja smanjuje raspoloživi dio lista za piljenje, a time se ograničava visina piljenja koja je i inače sporna za kružne pile. Goglia (1994) navodi Mikolašikovu preporuku da promjer prirubnice bude  $D_0 = (0,25 \text{ do } 0,30) \cdot D$ , dakle u granicama pokrivenim rasponom ovih istraživanja. Stoga treba provjeriti postižu li se zadovoljavajući učinci ako se za piljenje određene visine rabe listovi pila većega promjera, s većim omjerom pričvršćenja (radi veće stabilnosti lista), jer su poznati svi negativni utjecaji piljenja listovima većega promjera. Prema tomu, pri odabiru alata i prirubnice pozitivni se učinci većeg omjera pričvršćenja ne smiju gledati jednostrano.

4. Rezultati mjerenja spektra vlastitih frekvencija zvukomjerom dobro "prate" mjerenja akcelerometrom i mogu poslužiti za snimanje i analizu frekvencijskog spektra nekog titrajućeg sustava.

5. Faktori restitucije određeni za pojedine uzorke i njihove inačice dobro koreliraju s veličinama ubrzanja u odgovarajućim spektrima vlastitih frekvencija uzorka. S povećanjem faktora restitucije smanjuju se iznosi ubrzanja većine frekvencija iz spektra pile. Viši koeficijenti korelacije i veće smanjenje zabilježeni su pri značajnijim frekvencijama u spektrima (onima koje imaju veću vrijednost ubrzanja), što potvrđuje već dokazana činjenica da se povećanjem prigušnih sposobnosti lista najviše prigušuju ubrzanja pri frekvencijama pri kojima su

izmjerene najveće vrijednosti.

Rad je prilog istraživanju bočne stabilnosti kružne pile ispitivanjem utjecajnih čimbenika na spektar vlastitih frekvencija lista pile. U daljnjim se istraživanjima očekuje proširenje skupa utjecajnih čimbenika na stabilnost lista, te uključivanje i čimbenika vezanih uz proces piljenja. Potrebno je razviti i nove mjerne metode, odnosno poboljšati postojeće, kako bi se dobili iscrpniji podaci o dinamičkom ponašanju lista pile (definirati modove titranja, kritične frekvencije i sl.) u praznome hodu i pri piljenju.

## 8. LITERATURA

### 8. References

1. Berolzheimer, C. P., Best, C. H. 1959: Thin circular saw blades. *Forest Product Journal* 9:404-412.
2. Birkeland, R. 1985: Thoughts on the merit and technology of the circular saw. *Proceedings Circular Sawblade Technology*, June 17-18, Oslo, 1-4.
3. Brežnjak, M., Moen, K. 1970: On the vibration of the circular saw blade under sawing conditions. *Særtrykk av Norsk Skogindustri* 9:1-8.
4. Dugdale, D. S. 1979: Effect of holes and slots on vibration of circular saws. *Sixth Wood Machining Seminar, University of California, Forest Product Laboratory, Richmond, October 15-17, 194-208.*
5. Dutina, H. 1985: Floating sawguides in circular sawing systems. *Proceedings Circular Sawblade Technology*, June 17-18, Oslo, 77-86.
6. Ellis, R. W., Mote, C. D., Jr. 1978: Increased lateral saw stiffness and vibration damping with feedback control. *Wood science* 11(1):56-64.
7. Goglia, V. 1994: Strojevi i alati za obradu drva, I dio, Šumarski fakultet Zagreb.
8. Goglia, V., Beljo, R., 1995: Lateral Movement of the Band Saw Blade and Machine's Own Resistance Power in Relation to the Strain Force, invited poster, IUFRO XX. World Congress, 6.-12.8.1995., Tampere, Finska.
9. Goglia, V., Risović, S., Beljo, R., 1995: Hand transmitted vibrations caused by orbital hand sanding machines, *Archives* 46, (1):33-44.
10. Goglia, V., Beljo-Lučić, R., 1996: Utjecaj odnosa vlastite frekvencije i frekvencije pobude na buku kružnih pila, *Drvna industrija* 47, (1):11-17.
11. Goglia, V., Beljo, R. 1997: Lateral movement of the band saw blade in relation to the cutting velocity, 4th International Conference on Production Engineering CIM '97, Opatija, str. B-51.
12. Holøyen, S. 1985: Vibration patterns in unsymmetrical circular saws. *Proceedings Circular Sawblade Technology*, June 17-18, Oslo, 130-151.
13. Holøyen, S. 1987: Vibrations and natural frequencies of angular slot circular saws. *Holz als Roh- und Werkstoff* 45:101-104.
14. Huber, H. 1977: Residual stresses in circular saws introduced by mechanical and thermal means. *Fifth Wood Machining Seminar, Uni-*



- versity of California, Forest Product Laboratory, Richmond, March 28-30, 44-58.
15. Jecić, S. 1989: Mehanika II (Kinematika i dinamika). Tehnička knjiga, Zagreb.
  16. Lister, P. F., Hutton, G. S., Kishimoto, J. K. 1997: Experimental sawing performance results for industrial supercritical speed circular saws. Proceedings of the 13th International Wood Machining Seminar, June 17-20, Vancouver, Canada, str. 129-147.
  17. Marui, E., Ema, S., Miyachi, R. 1994: An experimental investigation of circular saw vibration via a thin plate model. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 34(7):893-905.
  18. Mote, C. D., Jr. 1967: Saw blade behavior. Wood machining seminar, Proceedings of a conference held at the University of California Forest Product Laboratory, Richmond, October 10-11, 9-20.
  19. Mote, C. D., Jr. 1979: Overview of saw design and operations research: results and priorities. Sixth Wood Machining Seminar, University of California, Forest Product Laboratory, Richmond, October 15-17, 11-25.
  20. Mote, C. D. 1985: Real time vibration control of circular saws by temperature control and system identification. Proceedings Circular Sawblade Technology, June 17-18, Oslo, 11-21.
  21. Mote, C. D., Jr., Holoyen, S. 1973: The temperature distribution in circular saws during cutting. Meddelelse nr. 49, Norsk Treteknisk Institutt, Blindern.
  22. Mote, C. D., Jr., Holoyen, S. 1977: Feedback control of circular saw temperature using induction heating. Fifth Wood Machining Seminar, University of California, Forest Product Laboratory, Richmond, March 28-30, 81-98.
  23. Mote, C. D., Jr., Schajer, G.S., Holoyen, S. 1979: Saw stability control by thermal tensioning. Wood machining seminar, Proceedings of a conference held at the University of California, Forest Product Laboratory, Richmond, October 15-17, 239-256.
  24. Mote, C. D., Jr., Szymani, R. 1977: Principal developments in thin circular saw vibration and control research. Part 1: Vibration of Circular Saws. Holz als Roh- und Werkstoff 35:189-196.
  25. Münz, U. V. 1985a: Tensions and vibrations of circular saws with different constructed blades. Proceedings Circular Sawblade Technology, June 17-18, Oslo, 38-58.
  26. Münz, U. V. 1985b: Dampening of circular saws with different constructed blades. Proceedings Circular Sawblade Technology, June 17-18, Oslo, 109-129.
  27. Münz, U. V. 1997: Means of testing and designing circular saw blades. Proceedings of the 13th International Wood Machining Seminar, June 17-20, Vancouver, Canada, str. 105-116.
  28. Nakamura, K., Yokochi, H., Kimura, S. 1995: Vibration of circular saws during cutting: Cause of self-excited vibration. The 12th International Wood Machining Seminar, Kyoto, Japan, October 2-4, 169-178.
  29. Nicoletti, N., Fendeledur, D., Nilly, L., Renner, M. 1996: Using finite elements to model circular saw roll tensioning. Holz Als Roh- und Werkstoff, 54(2):99-104.
  30. Nishio, S., Marui, E. 1996: Effects of slots on the lateral vibration of a circular saw blade. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 36 (7):771-787.
  31. Pahlitzsch, G., Rowinski, B. 1966: Über das Schwingungsverhalten von Kreissägeblättern - Zweite Mitteilung: Ermittlung und Auswirkungen der kritischen Drehzahlen und Eigenfrequenzen der Sägeblätter. Holz als Roh- und Werkstoff, 24(8):341-346.
  32. Pahlitzsch, G., Rowinski, B. 1967: Über das Schwingungsverhalten von Kreissägeblättern - Dritte Mitteilung: Schwingungen der Sägeblätter im Schnitt und ihre Dämpfung. Holz als Roh- und Werkstoff, 25. Jg. Heft 9:348-357.
  33. Plester, J. 1985: Passive guides for circular sawblades. Proceedings Circular Sawblade Technology, June 17-18, Oslo, 59-76.
  34. Prokeš, S. 1982: Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. III izdanje, SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha, 292-318.
  35. Radcliffe, C. J., Mote, C. D., Jr. 1979: On line control of saw vibration: active guides. Sixth Wood Machining Seminar, University of California, Forest Product Laboratory, Richmond, October 15-17, 257-275.
  36. Radcliffe, C. J., Mote, C. D., Jr. 1981: Active control of circular saw vibration using spectral analysis. Wood science 13(3):129-139.
  37. Schajer, G. S. 1986: Simple formulas for natural frequencies and critical speeds of circular saws. Forest Product Journal, 36(2):37-43.
  38. Schajer, G. S., Kishimoto, K. J. 1996: High-speed circular sawing using temporary tensioning. Holz Als Roh- und Werkstoff, 54:361-367.
  39. Southwell, R. V. 1922: On the free transverse vibrations of a uniform circular disk clamped at its centre, and on the effects of rotation. Proceedings of the Royal Society of London, Series A 101.
  40. Strzelecki, A. 1977: Vibration of the circular saw. Fifth Wood Machining Seminar, University of California, Forest Product Laboratory, Richmond, March 28-30, 33-43.
  41. Szymani, R., Mote, C. D., Jr. 1977: Principal developments in thin circular saw vibration and control research. Part 2: Reduction and control of saw vibration. Holz als Roh- und Werkstoff 35:219-225.
  42. Szymani, R., Rhemrev, J. 1984: Latest developments in circular saw tensioning. Forest Product Journal 34(5):64-68.
  43. Yokochi, H., Tsuchikawa, S., Kimura, S. 1993: Vibration characteristics of a rotating circular saw III. Non-linear vibration and coupled vibration, Mokuzai Gakkaishi 39, (7):776-782.
  44. Yokochi, H., Tsuchikawa, S., Kimura, S. 1993: Vibration characteristics of a rotating circular saw IV. Non-linear resonant frequency, Mokuzai Gakkaishi 39, (7):783-787.
  45. Bučar, B. Kopač, J. 1996: Dynamic model for the determination of instability of periodic circular cutting of wood tissue. Holz als Roh und Werkstoff, 54:19-25



# euroinspekt d.d.

## euroinspekt - drvokontrola

Preradovićeva 31a, 10000 Zagreb, Croatia  
Tel/Fax 4817-187

Žiro račun: 30105-601-18096 ZAP Zagreb

Dioničko društvo za  
kontrolu robe i inženjering

Cargo Superintendence  
Corporation & Engineering

Koncern "Euroinspekt" danas je vodeći kontrolni sustav Republike Hrvatske koja se bavi kontrolom kakvoće i količine roba u prometu. U okviru Koncerna djeluje tvrtka "Euroinspekt - drvokontrola" specijalizirana za kontrolu kakvoće i količine proizvoda gospodarske grane šumarstva i drvne industrije. Djelatnost "Euroinspekta - drvokontrola" temeljena je na primjeni hrvatskih normi ili internacionalnih ovisno da li se kontrola obavlja u okviru Republike Hrvatske ili diljem svijeta.

### DJELATNOST "EUROINSPEKTA - DRVOKONTROLE"

- kontrola kakvoće i količine roba - proizvoda na temelju obveznih kontrola po važećim zakonima i pravilnicima Republike Hrvatske ili ugovornih kontrola urvrđenih između partnera - pojedinačni nalozi;
- ispitivanje i atestiranje proizvoda pri uvozu i izvozu koji podliježu predcarinskoj kontroli, a na temelju ovlaštenja od Ministarstva gospodarstva Republike Hrvatske i Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo;
  - ispitivanje i atestiranje - certificiranje kakvoće u ovlaštenom laboratoriju namještaja i dijelova za namještaj;

U suradnji sa Institutom u Rosenheimu obavljamo

- laboratorijsko ispitivanje građevinske stolarije, dijelova za građevinsku stolariju i krovnih konstrukcija
  - ispitivanje podnih konstrukcija sportskih dvorana
  - ispitivanje toplinske i zvučne izolacije građevinske stolarije
    - ispitivanje vatrootpornosti
- laboratorijsko ispitivanje proizvoda od drva i to:
  - trupci i drvena građa
  - parket
  - lamperija - zidne obloge
  - brodarski pod
  - ploče na bazi drva
  - furnir
- laboratorijsko ispitivanje i određivanje emisije slobodnog formaldehida iz ploča na bazi drva, tekstila i papira (posebno ovlaštenje od strane IKEA)
  - fitopatološke analize drva i proizvoda od drva.

Višegodišnjim iskustvom u obavljanju navedenih djelatnosti i stručnim znanjem više od 40 diplomiranih inženjera šumarstva i drvne industrije kao djelatnika "Euroinspekt - drvokontrola" nudimo vam slijedeće usluge koje su bitne za uspješnu proizvodnju i trgovinsko poslovanje u zemlji i inozemstvu:

- stručni savjeti kod razvoja novih proizvoda, tehnologija i organizacije poslovanja; izrada projekata drvno-industrijskih poduzeća odnosno tvornica i nadzor pri izgradnji drvno-industrijskih pogona;
- stručni savjeti i posredovanje kod nabave strojne opreme za drvnu industriju;
- suradnja kod izbora sirovina i poluproizvoda glede kakvoće gotovog proizvoda;
  - edukacija i nadzor kod interne kontrole kakvoće gotovog proizvoda;
  - izrada projekata za izgradnju i razvoj internih kontrolnih laboratorija;
- kontrola kakvoće i količine proizvoda od drva u tranzitu (dugogodišnje iskustvo u kontroli i preuzimanju trupaca, piljene građe i drvnih elemenata za i iz potrebe drugih država (Italija, Njemačka, Austrija, Belgija, Francuska, Rusija, Slovačka, Egipat, Izrael, Alžir i zemlje dalekog istoka);
  - arbitraže, vještačenja i ekspertize od naših ovlaštenih sudskih vještaka,
- suradnja kod edukacije i certifikacije tvrtki ili pogona u okviru ISO 9000 normi koje provode 14 ovlaštenih auditora djelatnika Koncerna "Euroinspekt".

Sve naše dosadašnje i buduće poslovne partnere pozivamo na uspješnu suradnju uz garanciju da će naša stručna pomoć znatno pridonijeti njihovom poslovnom uspjehu.

Želimir Ivelić, Ivica Grbac

# Primjer postupka za priznanje patenta

## An example of the procedure for patent recognition

**Stručni rad • Professional paper**

Primljeno - received: 16. 09. 1998. • Prihvaćeno - accepted: 24. 09. 1998.

UDK 634\* 836.9

**SAŽETAK •** Ovaj se rad sastoji od dva dijela. U prvom je prikazan postupak priznanja patenta, a za primjer dana je prijava univerzalne police za ormare s mogućnošću izvlačenja i spuštanja. U ovom se dijelu govori što je to patent, odnosno izum, a u drugom dijelu biti će riječi o tome što su to model i uzorak. Poticaj za ovaj rad bila su mnoga pitanja postavljena od strane predstavnika drvne industrije Šumarskom fakultetu u Zagrebu, a o tome kako da zaštite svoje proizvode na hrvatskom tržištu namještaja od nelojalne konkurencije. Cilj ovoga rada je uputiti drvnoindustrijske tvrtke kako mogu zaštititi svoje proizvode. Zadatak ovoga rada je potaknuti proizvođače namještaja za potrebom proizvodnje novih proizvodnih programa.

**Ključne riječi:** dizajn namještaja, inovacije namještaja, patent, model.

**SUMMARY •** This paper is composed of two parts. The first part shows an example of the procedure for patent recognition. As an example for this brief review of a patent the universal shelf for wardrobes with the possibility of pulling it out and pulling it down is shown. As a result of the enquiries to the Faculty of Forestry in Zagreb, the first part of this paper explains what is a patent and second part explains what is a model. The aim of this paper is to inform the wood industry companies how to protect their products here in Croatia and in the other countries of the world. In this paper the need for producing a new product programme that has not been seen on the world's market yet is pointed out. When designing furniture, designers must always be with the trend and produce new solutions. That can be achieved only by the use of innovations.

**Key words:** Furniture design, furniture innovations, patents





**PRIMJER POSTUPKA ZA PRIZNANJE PATENTA**

**An example of the procedure for patent recognition**

Postupak priznanja patenta pokreće se podnošenjem prijave Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo, u četiri primjerka, prema Pravilniku o postupku za priznanje patenta. Prijavu podnosi izumitelj ili osoba/organizacija koju on ovlasti. Prijava patenta se nakon primitka upisuje u registar prijava patenata, a podnositelju prijave izdaje se potvrda o primitku prijave. Prijava mora sadržavati zahtjev za priznanje prava (podnosi se na propisanom obrascu koji se može kupiti u pisarnici Zavoda), opis izuma, jedan ili više patentnih zahtjeva, sažetak opisa i nacrt(e), ako je potreban. U daljnjem tekstu biti će opisani glavni dijelovi prijave, a kao primjer dana je *univerzalna polica za ormare s mogućnošću izvlačenja i spuštanja*.

**Zahtjev za priznanje patenta**  
*The form of a request for patent recognition*

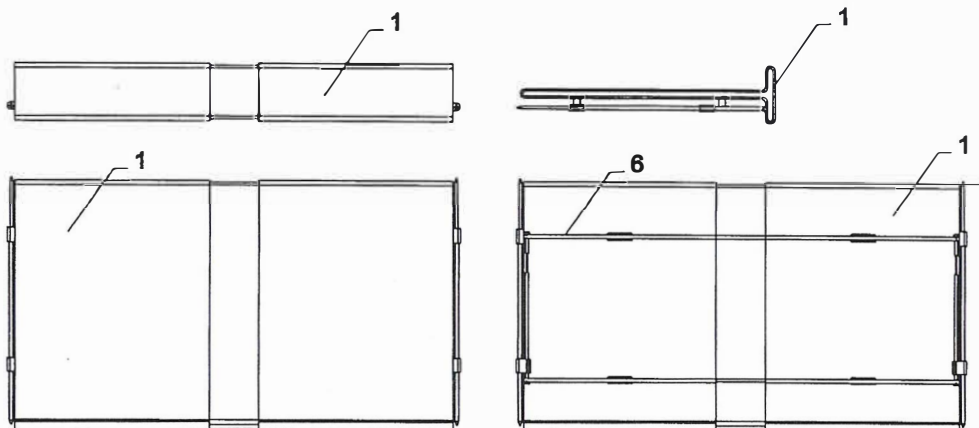
Zahtjev za priznanje patenta podnosi se na obrascu P-1 koji sadrži: naziv izuma

koji mora jasno i sažeto izraziti tehničku bit izuma i ne smije sadržavati izmišljene ili komercijalne nazive i sl., podatke o podnositelju prijave, podatke o opunomoćeniku, podatke o izumitelju, podatke o pravu prvenstva, datum zatraženog prava prvenstva na osnovi izlaganja na izložbi međunarodnog karaktera, broj prvobitne prijave, u slučaju izdvojene prijave, broj osnovne prijave, odnosno osnovnog patenta, u slučaju dopunske prijave, podatke o ostalim bitnim dijelovima prijave i priložima uz prijavu, potpis podnositelja prijave.

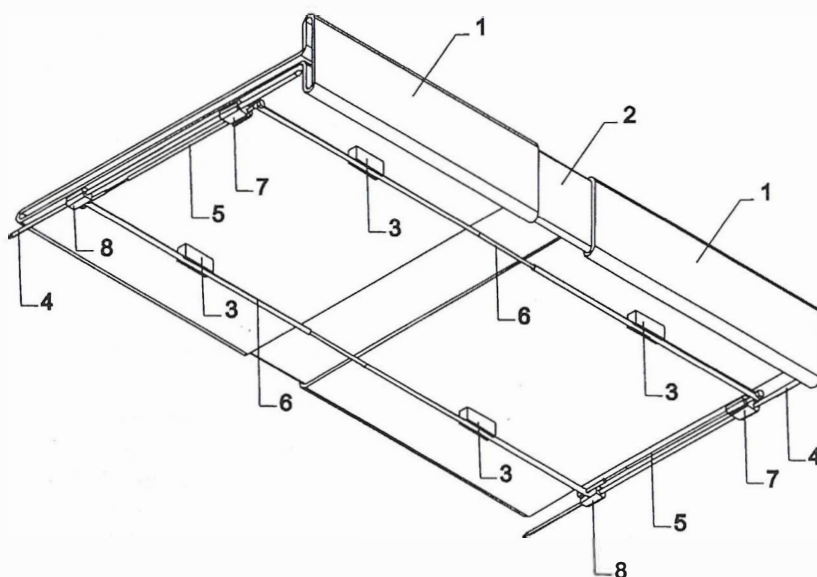
**Opis izuma**  
*Description of the patent*

Opis izuma mora sadržavati:

- područje tehnike na koje se izum odnosi,
- tehnički problem za čije se rješenje traži patentna zaštita,
- stanje tehnike izloženo u opsegu u kojem je podnositelju poznato,
- izlaganje i bit izuma tako da se tehnički problem i njegovo rješenje mogu razumjeti te navođenje tehničke novosti izuma u odnosu na prethodno stanje tehnike,



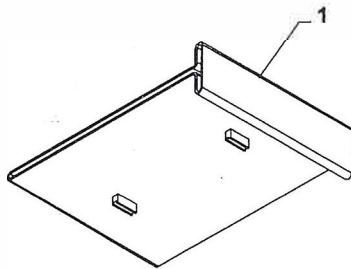
**Slika 1**  
*Nacrt, bolocrt, tlocrt univerzalne police i pogled odozgo • Front, right, top and bottom view of the universal shelf*



**Slika 2**  
*Univerzalna polica u prostornom pogledu odozdo • Bottom perspective view of the universal shelf*

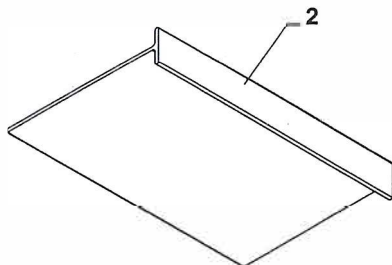
**Slika 3**

Prilagodljiva ploča police • Adjustable shelf board



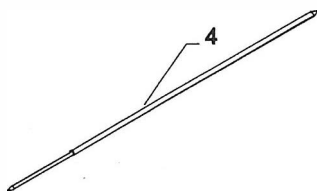
**Slika 4**

Fiksna ploča police • Fixed shelf board



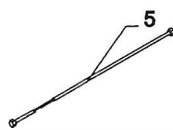
**Slika 5**

Uzdužna prilagodljiva vodilica • Longitudinal adjustable shelf guide



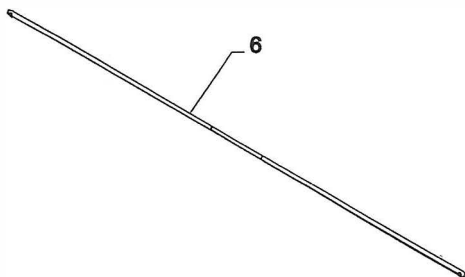
**Slika 6**

Uzdužna fiksna vodilica • Longitudinal fixed shelf guide



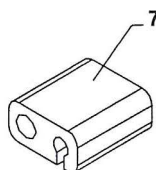
**Slika 7**

Poprečna prilagodljiva vodilica • Transversal adjustable shelf guide



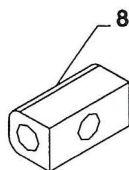
**Slika 8**

Prednji nosač vodilice za uzdužno učvršćenje • Front shelf guide carrier for longitudinal fastening



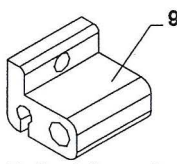
**Slika 9**

Stražnji nosač vodilice za uzdužno učvršćenje • Rear shelf guide carrier for longitudinal fastening



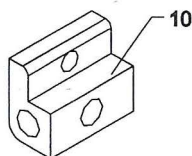
**Slika 10**

Prednji nosač vodilice za poprečno učvršćenje • Front shelf guide carrier for transversal fastening



**Slika 11**

Stražnji nosač vodilice za poprečno učvršćenje • Rear shelf guide carrier for transversal fastening



- kratak opis slika,
- detaljan opis najmanje jednog od načina ostvarivanja izuma, uz navođenje primjera izvođenja s pozivom na nacrt ako postoji,
- način industrijske ili druge primjene izuma, ako nije očit iz opisa ili same naravi izuma.

U daljem tekstu biti će detaljnije prikazana točka 6 i 7 iz prijave univerzalne police.

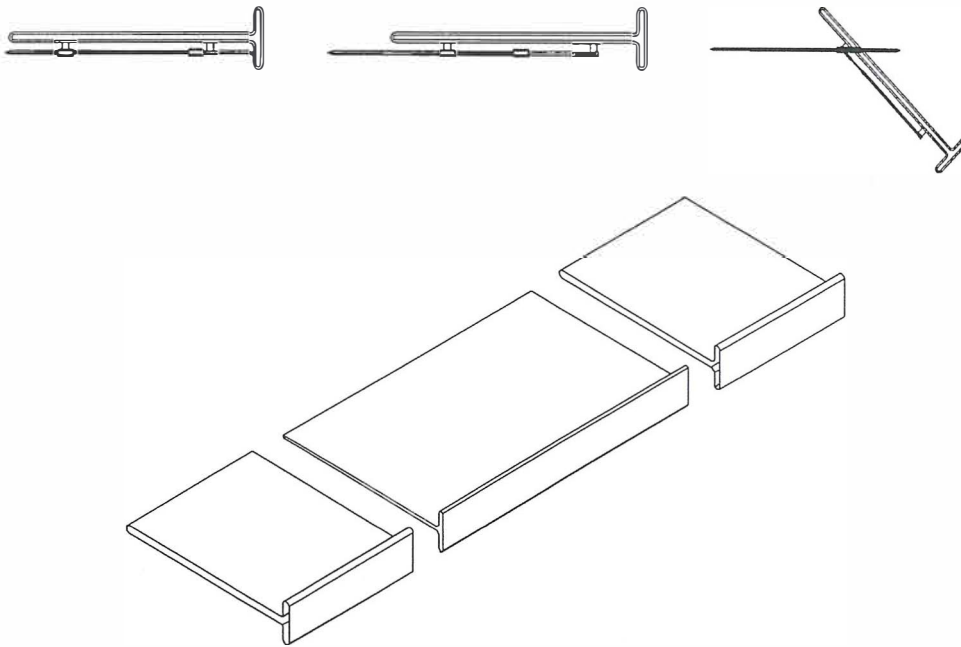
*Opis ugradbe i funkcioniranja univerzalne police*  
Description how the universal shelf build in and function

Univerzalna se polica ugrađuje na dva načina: poprečno i uzdužno. Kako bismo lakše pratili daljnje izlaganje, moramo definirati koji je uzdužni, a koji je poprečni smjer. *Uzdužni smjer* je onaj od poleđine ormara prema vratima ili pročelju, i obratno. *Poprečni smjer* je smjer od lijeve bočne stranice prema desnoj bočnoj stranici ormara, i obratno.

Uzdužni način ugradnje primjenjuje se za posebne konstrukcije ormara koji se sastoje od rešetkaste konstrukcije. Uzdužna prilagodljiva vodilica (sl. 5) učvršćuje se pomoću šipke s navojem tako da povećava svoju dimenziju i šiljcima na krajevima učvršćuje se između greda. Poprečnim se načinom ugrađuju se u ormare izrađene od drvnih ploča tj. u tzv. pločasti namještaj. Univerzalna se polica poprečno učvršćuje tako da se prednji i stražnji nosači za poprečno učvršćenje (sl. 10 i 11) učvrste vijkom na bočne stranice, a uzdužna se prilagodljiva vodilica (sl. 5) učvrsti kroz njih.

Tu policu nazivamo univerzalnom zato što je možemo učvrstiti u bilo koji ormar bilo koje širine. To nam omogućuju uzdužne i poprečne prilagodljive vodilice. Uzdužna se vodilica (sl. 5) sastoji od cijevi s navojem i šipke s navojem koja ima rupu za zakretanje. Šipka se uvije u cijev do određene duljine i kada se vodilica želi učvrstiti, šipka se odvije. Odvijanjem šipke povećava se duljina uzdužne vodilice te se uglavljuje između rešetkaste konstrukcije. Poprečno prilagodljiva vodilica (sl. 7) sastoji se od cijevi s navojima i šipke s dva navoja, od kojih je jedan kontranavoj, i rupe za odvijanje. Okretanjem šipke povećava se duljina, te se tako poprečna prilagodljiva vodilica (sl. 7) učvršćuje u stražnje nosače vodilice (sl. 9). Pri tome moramo paziti da pritisak nije prevelik jer ćemo onemogućiti klizanje vodilice. Dvije poprečne prilagodljive vodilice (sl. 7) povezuje uzdužna fiksna vodilica (sl. 6) koja prolazi kroz poprečne prilagodljive vodilice (sl. 7) i određuje točnu udaljenost između prednje i stražnje poprečne prilagodljive vodilice (sl. 7). Taj je





**Slika 12**

*Shematski prikaz izvlačenja i spuštanja police • Scheme of pulling out and pulling down a shelf*

**Slika 13**

*Shematski prikaz poprečnog produljenja police • Scheme of transversal prolongation of a shelf*

razmak fiksna. Uzdužna se fiksna vodilica učvršćuje maticama. Kada su vodilice učvršćene i prilagođene da budu u vodoravnom položaju, na prednju i stražnju poprečnu prilagodljivu vodilicu natakne se prilagodljiva ploča (sl. 3 i 4) s nožicama za učvršćenje (sl. 3). Prilagodljiva ploča (sl. 3 i 4) je izrađena od plastičnog otpreska i sastoji se od tri dijela: lijeve i desne klizne ploče s nožicama (sl. 3) i srednje fiksne nosive ploče (sl. 4).

Sada kada smo opisali način učvršćenja, opisat ćemo postupak izvlačenja i spuštanja police. Taj je postupak opisan na slici 12, a pozicije su označene na slici 2.

Police se izvlači na sljedeći način: uzdužna je prilagodljiva vodilica (poz.4) fiksna. Na nju je fiksno pričvršćen prednji nosač vodilice (poz.7). Stražnji nosač vodilice (poz.8) kliže preko uzdužne prilagodljive vodilice (poz.4), a uzdužna fiksna vodilica (poz.5) kliže kroz otvor prednjeg nosača vodilice (poz.7). Na slici 12. vidi se položaj police kada je uvučena, kada je u srednjem položaju pri izvlačenju i položaj vodilice kada spuštamo policu. Police se spušta na sljedeći način. Uzdužna fiksna vodilica (poz.5) ima u stražnjem dijelu određeno suženje promjera. Prednji nosač vodilice (poz.7) ima na rupi koja vodi fiksnu vodilicu (poz.5) rascjep na donjoj strani. Kada suženje promjera uzdužne fiksne vodilice (poz.5) naiđe na rascjep prednjeg nosača vodilice (poz.7) možemo spustiti policu.

Na slici 13. vidimo na koji način možemo povećati širinu ploče univerzalne police, odnosno vidimo ploču univerzalne police kada je potpuno razvučena (rastavljena).

#### *Način primjene*

#### *The way of exploitation*

Univerzalna police s mogućnošću izvlačenja i spuštanja ponajprije je namijenjena ormarima u kojima se odlaže roba većih dimenzija, uz uvjet da nisu preteške (kao što su veste, košulje, majice, hlače i sl.). Univerzalna police s mogućnošću izvlačenja i spuštanja može se ugraditi u bilo koji ormar bilo kojih dimenzija povećavanjem dimenzije poprečnih (poz.6) i uzdužnih vodilica (poz.4), što je i njezina osnovna prednost. Ploču univerzalne police možemo razvući u uzdužnom smjeru, no u poprečnom smjeru ona je fiksne (točno određene) dimenzije. Univerzalnu policu s mogućnošću izvlačenja i spuštanja možemo ugraditi u ormare koji su izrađeni kao pločasti namještaj i u ormare koji su izrađeni kao rešetkaste konstrukcije s ukkladama.

#### *Patentni zahtjevi*

#### *Patent's request*

Patentni zahtjev mora biti sastavljen tako da definira izum isključivo tehničkim karakteristikama izuma. Zahtjevi, u pravilu, sadrže: - uvodni dio, u kojem se navodi naziv izuma, a zatim one tehničke karakteristike koje u međusobnoj kombinaciji pripadaju prethodnom stanju tehnike. Drugi, karakteristični dio zahtjeva, kojem prethodi izraz "karakteriziran time" ili "naznačen time", u kojem se navode tehničke karakteristike izuma za koje se u kombinaciji sa tehničkim karakteristikama prethodnog stanja tehnike traži zaštita. Za primjer evo nekoliko patentnih zahtjeva iz prijave univerzalne police.

1) Univerzalna police za ormare s mogućnošću izvlačenja i spuštanja,

**naznačena time** da se sastoji od lijeve i desne klizne ploče univerzalne police (poz.1) s nožicama za učvršćenje (poz.3), srednje fiksne ploče univerzalne police (poz.2), uzdužne prilagodljive vodilice (poz.4), uzdužne fiksne vodilice s maticom (poz.5), poprečne prilagodljive vodilice (poz.6), prednjeg nosača vodilice za uzdužno učvršćenje (poz.7), stražnjeg nosača vodilice za uzdužno učvršćenje (poz.8), prednjeg nosača vodilice za poprečno učvršćenje (poz.9) i zadnjeg nosača vodilice za poprečno učvršćenje (poz.10).

2)Univerzalna polica za ormare s mogućnošću izvlačenja i spuštanja prema zahtjevu 1, **naznačena time**, da se univerzalna polica može razvlačiti u smjeru svoje duljine, tako da poprečne prilagodljive vodilice (poz.6) povećavaju svoju duljinu odvijanjem.

Ovo su samo dva od ukupno šest patentnih zahtjeva u prijavi. Patentnih zahtjeva u prijavi može biti puno više. Kod ove točke treba biti oprezan jer ako je jedna točaka patentnih zahtjeva već zaštićena cijela patentna prijava postaje nevažeća.

#### *Sažetak u patentnoj prijavi Summary in patent's form*

U sažetku se navodi naziv izuma i kratak sadržaj biti izuma koji je prikazan u opisu, zahtjevima i na nacrtu. Kratak pregled mora upozoriti na područje tehnike na koje se odnosi izum i mora biti urađen tako da omogućiti jasno razumijevanje tehničkog problema, biti rješenja tog problema i os-

novni način uporabe izuma. Sažetak mora biti sastavljen tako da može efikasno poslužiti kao instrument za pretragu u određenom području tehnike, posebno da se na temelju toga ocjena za potrebom za uvidom u kompletnu prijavu patenta. Sažetak sadrži najviše 150 riječi.

U sljedećem nastavku bit će donesen kratki prikaz zahtjeva za priznanje modela.

#### **LITERATURA References**

1. Grbac, I., 1994: Buđenje hrvatskog dizajna, Ambijenta 94, Drvna industrija 45 (4): 147-151. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
2. Ivelić, Ž., 1997: Namještaj za odlaganje i pohranu. Diplomski rad: 41-61. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
3. Lapaine, B., 1994: Dizajn. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
4. Ljuljka, B. i Tkalec, S., 1995: Neke nove ideje u finalnoj obradi drva. Savjetovanje "Revitalizacija proizvodnje u finalnoj obradi drva". Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
5. Vedrina, D., Horvatić, K., Smiljanić, D., Lapaine, B: Pravna zaštita dizajnerskog stvaralaštva.
6. 1997: Zahtjev za priznanje patenta broj P970515A. Zagreb.
7. 1992: Pravilnik o postupku za priznanje patenta. Hrvatske patentne publikacije (4): 1-10. Državni zavod za intelektualno vlasništvo. Zagreb.
8. 1992: Pravilnik o postupku za priznanje prava na model odnosno uzorak. Hrvatske patentne publikacije (6): 1-5. Državni zavod za intelektualno vlasništvo. Zagreb.



**Mr. sc. Ksenija Šegotić** obranila je na Fakultetu organizacije i informatike Varaždin Sveučilišta u Zagrebu doktorsku disertaciju pod naslovom: VIŠEKRITERIJALNI MODEL UPRAVLJANJA ŠUMAMA - FOREST MANAGING MULTICRITERIAR PROBLEM

#### Podaci iz životopisa

Dr. sc. Ksenija Šegotić rođena je 1953. godine u Koprivnici. Osnovnu školu i gimnaziju završila je u Koprivnici. Akademске godine 1972/73. upisala je studij Matematike, smjer Teorijska matematika na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Diplomirala je 1976. godine s diplomskim radom *Algebarske krivulje*.

Nakon završetka studija, od 1976. do 1978. godine radila je u Geometrijskom i Matematičkom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta kao asistentica na određeno vrijeme. Od prosinca 1978. do 13. lipnja 1979. godine radila je kao asistentica za predmet Matematika I i II na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu.

Od prosinca 1979. godine radi na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu kao asistentica, odnosno znanstvena asistentica za predmet *Matematika*. i *Odabrane matematičke metode*.

Godine 1985. obranila je na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu magistarski rad pod naslovom *Kohomologija algebarskih mnogostrukosti*. Time je stekla zvanje magistra prirodnih znanosti znanstvenog područja Matematika. Iste je godine izabrana u zvanje *znanstvene asistentice* za znanstveno područje Matematika. U registar znanstvenih istraživača Ministarstva znanosti i tehnologije upisana je pod brojem 034123.

Disertaciju s naslovom *Višekriterijalni model upravljanja šumama* obranila je 1997. godine na Fakultetu organizacije i informatike u Varaždinu, čime je stekla zvanje doktora znanosti iz znanstvenog područja Društvene znanosti, polje Informatičke znanosti.

Mentor disertacije bila je prof. dr. sc. Vesna Dušak. Povjerenstvo za ocjenu i obranu disertacije činila su četiri člana: doc. dr. sc. Tihomir Hunjak, prof. dr. sc. Boris Aurer, izv. prof. dr. sc. Vesna Dušak, svi djelatnici Fakulteta za organizaciju i informatiku, te prof. dr. sc. Mladen Stjepan Figurić, djelatnik Šumarskog fakulteta.

U siječnju 1998. godine dr. sc. Ksenija Šegotić izabrana je u zvanje *više asistentice* za predmet *Odabrane matematičke metode za operacijska istraživanja*.

Ksenija Šegotić do sada je objavila samostalno ili u suautorstvu 17 znanstvenih i stručnih radova, i to:

- suautorica je u 5 znanstvenih knjiga u kojima je autorica poglavlja iz primjene matematičkih metoda i modela za optimizaciju u području drvne industrije i uzgoja šuma

- 3 znanstvena rada objavljena u domaćem časopisu s međunarodno priznanim statusom

- 5 znanstvenih radova objavljenih na konferencijama, od toga 4 na međunarodnim i 1 na domaćoj konferenciji i

- 4 stručna rada, od toga 3 u domaćim časopisima i jedan na domaćoj konferenciji.

Sudjelovala je u znanstvenoistraživačkom i stručnom radu u Zavodu za istraživanje u drvnoj industriji i u Zavodu za istraživanje u šumarstvu Šumarskog fakulteta u Zagrebu na temama:

- Razvoj informatike u šumarstvu
- Praćenje strukturnih promjena sastojina metodom simuliranja
- Istraživanje matematičkih modela u kulturama i plantažama

- Istraživanje i razvoj specifičnih matematičkih metoda projektiranja proizvoda i tehnologija u drvnoj industriji uz podršku elektroničkog računala.

Danas je uključena je u znanstvenoistraživački rad kao istraživač na projektima Ministarstva znanosti: *Razvoj modela proizvodnih sustava i održive tehnologije prerade drva* i Hrvatskih šuma: *Zaštita i unapređenje proizvodnje biomase u ulozi održavanja višestrukih uloga i funkcija šuma*.

Dr. sc. Ksenija Šegotić vrlo uspješno obavlja vježbe predmeta Matematika na Šumarskom fakultetu u Zagrebu. U skladu s









**ZIDI**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU, ŠUMARSKI FAKULTET**

**ZAVOD ZA ISTRAŽIVANJA U DRVNOJ INDUSTRIJI**

10 000 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 i inozemno tržište.**

Djelatnost Zavoda:

- **Istraživanje i ispitivanje drva i proizvoda od drva,**
- Znanstvena razvojna i primjenjena 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,
- **Permanentno obrazovanje uz rad za sve obrazovne profile u drвноj 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, kontrole 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,
- **Stručna vještačenja, te recenzije znanstvenih i stručnih radova.**

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





**Mr. sc. Vlatka Jirouš - Rajković** obranila je na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu doktorsku disertaciju: **PRILOG ISTRAŽIVANJIMA TRAJNOSTI PREVLAKA NA DRVU**

#### Podaci iz životopisa

Rođena je 27. siječnja 1963. u Virovitici, gdje je završila osnovnu školu. Srednju školu (Matematičko - informatički obrazovni centar, MIOC) završila je u Zagrebu 1981. godine i iste je godine upisala redovni studij na Drvnotehnoškom odsjeku Šumarskog fakulteta u Zagrebu, na kojem je diplomirala 1986. godine. Tijekom studija bila je demonstratorica iz kolegija Matematika i Statističke metode u drvnjoj industriji. Od 1987. godine zaposlena je na Šumarskom fakultetu u Zagrebu kao asistentica za predmet Površinska obrada drva. Poslijediplomski studij iz znanstvenog područja Tehnologija finalnih proizvoda upisala je školske godine 1986/87. i položila sve ispite s prosječnom ocjenom 5. Magistarski rad *Režimi brušenja ravnih furniranih ploha i njihov utjecaj na površinsku obradu* obranila je u srpnju 1991. godine. U sklopu ALIS projekta Improving the service life of exterior timber building components (ZAG 984/241) provela je četiri tjedna u institutu Building Research Establishment u Garstonu, Watford, kao stipendist Britanskog savjeta. Sudjelovala je u znanstvenom istraživačkom radu u Zavodu za konstrukcije i tehnologiju proizvoda od drva na projektu *Istraživanje i promicanje kakvoće drvnih proizvoda*, a sada radi na projektu 068012 *Trajnost i modifikacija površine drva*. Objavila je 11 znanstvenih i 9 stručnih radova.

#### Izrada, prijava i obrana disertacije

Istraživanja u sklopu disertacije mr. sc. Vlatka Jirouš-Rajković obavila je na

Šumarskom fakultetu u Zagrebu, u Zavodu za konstrukcije i tehnologiju proizvoda od drva, Zavodu za ploče i kemijsku preradu drva, Zavodu za znanost o drvu, na Tekstilnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u Institutu "Ruđer Bošković" u Zagrebu, te u tvornici boja i lakova COLOR-Medvode.

Temu doktorske disertacije odobrilo joj je Fakultetsko vijeće Šumarskog fakulteta na svojoj 6. redovnoj sjednici škol. god. 1992/93, održanoj 20. srpnja 1993. godine, a mentorom je imenovalo prof. dr. sc. Borisa Ljuljku.

Povjerenstvo za ocjenu izrađene doktorske disertacije imenovalo je isto vijeće na svojoj 2. redovnoj sjednici škol. god. 1997/98, održanoj 13. siječnja 1998. godine, i to u sastavu:

prof. dr. sc. Vladimir Sertić, predsjednik  
prof. dr. sc. Vekoslav Mihevc, član  
prof. dr. sc. Boris Ljuljka, član  
doc. dr. sc. Andrija Bogner, član  
dr. sc. Hrvoje Turkulin, član

Povjerenstvo u navedenom sastavu imenovano je i za javnu obranu doktorske disertacije održane 19. veljače 1998. godine.

#### Podaci o disertaciji

Disertacija je podijeljena na sedam poglavlja. To su:

1. UVOD
2. OBRAZLOŽENJE TEME
3. PODJELA ISTRAŽIVANJA
4. MATERIJALI I METODE
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA
6. DISKUSIJA
7. ZAKLJUČCI

Na početku disertacije je predgovor, a na kraju literatura, sažetak, summary i životopis.

Rad sadrži:  
182 stranice, ukupno  
51 tablicu  
83 slike  
149 izvoda literature

#### Prikaz disertacije

Poglavlje UVOD zapravo je temeljit prikaz svih čimbenika koji djeluju na sustav prevlaka - drvo ili samo na drvo preko njegove površine. Posebno su analizirana svojstva drva i svojstva prevlaka koja poboljšavaju ili pogoršavaju trajnost površinskog sloja, kao i mogućnost modifikacije površine drva s ciljem poboljšanja trajnosti. Cjelokupno razmatranje dobro je potkrijepljeno dosadašnjim istraživanjima iz svjetske i domaće literature.











# GORSKA JAVOROVINA

## NAZIVI

Gorska javorovina je narodni naziv drva botaničke vrste *Acer platanoides* L. iz porodice *Aceraceae*. Strani nazivi su Bergahorn, stumpfblättriger Ahorn, Weissahorn (Njemačka), sycamore plane, great maple, plane (Velika Britanija i SAD), érable sycomore, érable faux platane (Francuska), acero montano, acero di monte (Italija).

## NALAZIŠTE

Gorski javor rasprostire se gorskim šumama srednje, zapadne i južne Europe, Kavkaza i sjevernog dijela Male Azije. Njjužnije seže u Siciliju, a najsjevernije u Njemačku do baltičke obale.

## STABLO

Stablo gorskog javora doseže visinu do 35 m, s deblom visokim 15 do 20 m, koje može doseći debljinu preko 1 m. Deblo je obično obraslo crvenkastom korom koja se ljušti pločasto. Kora je u mladosti glatka svijetlo sivosmeđa do zelenosiva. U starosti od 60 do 100 godina ljušti se kao u platane.

## DRVO

### Makroskopska obilježja

Drvo je bakuljavo, žućkastobijelo do bijelo, s blagim crvenkastim tonom u sirovom stanju, poslije potamni. Godovi su uočljivi, rastresitoporozni. Pore se ne vide bez povećala. Drvni traci su vrlo tanki (0,05 mm) i niski (1 mm). Tekstura može biti pravilna ravna, rebrasta, cvjetasta (na naslovnicama), ikrasta. Sjaj drva je znatan.

### Mikroskopska obilježja

Traheje su ravnomjerno raspoređene, pretežno pojedinačne, u manjoj mjeri u radijalnim nizovima po 2-3 (rijetko do 8), vrlo rijetko u malim skupinama (najviše do 6 traheja), okrugle ili ovalne, promjera do 80  $\mu\text{m}$ , gustoće 34 do 44 na 1  $\text{mm}^2$  poprečnog presjeka. Članci traheja su sa spiralnim zadebljanjima. Udjel traheja je od 4 do 8,4 %.

Staničje drvnih trakova je homogeno, sastavljeno od trakova dvije različite veličine. Veći traci su visoki 20 do 60 stanica i široki 5 do 6 stanica, a manji traci su visoki 3 do 10 stanica i široki 3 do 6 stanica. Gustoća trakova je 6 do 14 na mm tangentnog smjera, a udjel im je 16 do 18 %.

Drvena vlakanca su libriformska i vlaknaste traheide. Dužina vlakancaca je od 0,67 do 1,08 mm. Stanične stijenke su debele od 2,5 do 5,6  $\mu\text{m}$ , a širina lumena se kreće od 6,5 do 14,5  $\mu\text{m}$ . Udjel vlakancaca je od 74 do 79 %.

Uzdužni parenhim je apotrahealno difuzan zanemarivog udjela.

### Fizička svojstva

Gustoća standardno suhog drva ( $\rho_0$ )	480...590...750 $\text{kg/m}^3$
Gustoća prosušenog drva ( $\rho_{12-15}$ )	530...630...790 $\text{kg/m}^3$
Gustoća sirovog drva ( $\rho_s$ )	830...970...1040 $\text{kg/m}^3$
Poroznost	oko 61 %
Radijalno utezanje ( $\beta_r$ )	oko 3 %
Tangentno utezanje ( $\beta_t$ )	oko 8 %
Volumno utezanje ( $\beta_v$ )	11,5 %

### Mehanička svojstva

Čvrstoća na tlak	29...49...72 MPa
Čvrstoća na vlak, paralelno s vlakancima	oko 82 MPa
Čvrstoća na savijanje	50...95...140 MPa
Čvrstoća na smik	9...15 MPa
Tvrdoća (po Brinellu), paralelno s vlakancima	53...62...70 MPa
okomito na vlakanca	19...27...35 MPa
Modul elastičnosti	6,4...9,4...15,2 GPa

### Tehnološka svojstva

#### Obradljivost

Javorovina se obrađuje bez poteškoća kada je ravne žice, a može se vrlo glatko i sjajno oblanjati. Vrlo je dobro drvo za tokarenje. Dobro se lijepi, boja i polira. Dobro je za rezbarenje.

#### Sušenje

U sušenju javorovina zahtijeva pažnju. Brzo sušenje površine donekle smanjuje mogućnost diskoloracije. To se postiže slaganjem složajeva koje omogućuje dobro prozračivanje. U sušionici se suši dobro i brzo, ali ako se želi izbjeći tamnjenje građe, temperatura mora biti niža od 49 °C.

#### Trajnost i zaštita

Drvo je vrlo podložno napadu gljiva i brzo propada ako se ostavi u trupcima. Nije pogodno za vanjske radove, osim ako je zaštićeno od vlage ili impregnirano zaštitnim sredstvom. Nezaštićeno drvo podložno je napadu kuckara (*Anobidae*), najčešće češljastog drvotočca (*Ptilinus pectinicornis*), a rijetko i bjeljikara.

#### Uporaba

Glavna potražnja javorovine je u tokarstvu za izradu kalemova i čunkova. Njen čist bijeli izgled i tvrda glatka površina čine je posebno pogodnom za primjenu tamo gdje je izrazit zahtjev za čistoćom, kao što su kuhinjske i mliječne potreštine. Trupci posebne nepravilne teksture, kakva je primjerice na naslovnici, prerađuju se u ukrasne furnire za pokućstvo i unutarnju stolariju, te za izradu glazbala (violine). Kao podna obloga ima ugodan izgled i veliku izdržljivost (otpornost na habanje).

#### Sirovina

Javorovina dolazi u obliku trupaca za piljenje, za furnir, te piljene građe.

#### Napomena

Drvo klena (*A. campestre* L.) po svojstvima je slično drvu gorskog javora kao i mliječi (*A. platanoides* L.) koje se koristi kao zamjena gorskoj javorovini u izradi glazbala. Drvo čecernog javora (*A. saccharum* L.) iz Kanade i SAD, kao i japanskog javora (*A. mono* Maxim.) znatno je tvrde i teže.

J. Trajković i R. Despot



## Upute autorima

Sve autore molimo da prije predaje rukopisa pažljivo prouče sljedeća pravila. To će poboljšati suradnju urednika i autora te pridonijeti skraćanju 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 drvna, 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 recenzenata. Izbor recenzenata i odluku o klasifikaciji i prihvatanju članka (prema preporukama recenzenata) donosi Urednički odbor.

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

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

Radovi se, u dva 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 proredom (30 redaka na stranici), uključivši i tablice, slike i popis literature, dodatke i ostale priloge. Dulje članke je preporučljivo podijeliti u dva ili više nastavaka.

Uredništvo uz ispis prihvaća i diskete formatirane na IBM kompatibilnim osobnim računalima s tekstem 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 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 izbjegvanje dugačkih uvoda. Osnovna poglavlja trebaju biti označena odgovarajućim podnaslovima. Napomene se ispisuju na dnu pripadajuće stranice, a obrojčuju 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.

**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 objavljeni 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 obrojčavaju 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 obrojčene arapskim brojkama, a u tekstu se na njih upućuje jasnim naznakama ("tablica 1" ili "slika 1"). Naznaka željenog položaja tablice ili slike u tekstu treba biti navedena na margini. Svaka tablica i slika treba biti prikazana na zasebnoj listu, a njihovi naslovi moraju biti tiskani na posebnim listovima, i to redosljedom. Naslovi, zaglavlja, legende i sav ostali tekst u slikama i tablicama treba biti pisan hrvatskim i engleskim ili hrvatskim i njemačkim jezikom.

Slike i tablice trebaju biti potpune i jasno razumljive bez pozivanja na tekst priloga. Naslove slika i crteža ne pisati velikim tiskanim slovima. Uputno je da crteži odgovaraju stilu časopisa i da budu 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 zapažanjima autora ili drugih istraživača. Valja izbjegavati ponavljanje podataka već iznesenih u odjeljku "Rezultati". Mogu se razmotriti naznake za dalja istraživanja ili primjenu. Ako su rezultati i diskusija spojeni u isti odjeljak, zaključke je nužno iskazati odvojeno.

**Zahvale** se navode na kraju rukopisa.

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

Članci u časopisima: Prezime autora, inicijal(i) osobnog imena, godina: naslov. Skraćeni naziv časopisa, godište (ev. broj): stranice (od - do). Primjer:

Bađun, S. 1965: *Fizička i mehanička svojstva hrastovine iz šumskih predjela Ludbrenik, Lipovljani. Drvena ind. 16 (1/2): 2 - 8.*

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

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

Wilson, J.W.; Wellwood, R.W. 1965: *Intra-increment chemical properties of certain western canadian coniferous species. U: W. A. 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 primjeri

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.):

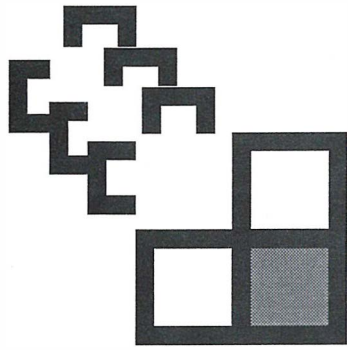
Müller, D. 1977: *Beitrag zur Klassifizierung asiatischer Baumarten*. *Mitteilung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, Nr. 98*. Hamburg: M. Wiederbusch.

### 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.

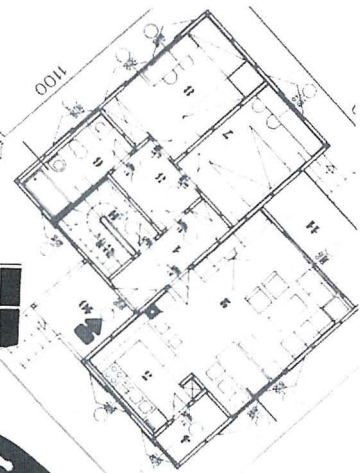
Authors of scientific and professional papers will receive 5 copies of the journal free of charge. A copy of a journal will be forwarded to each contributor.



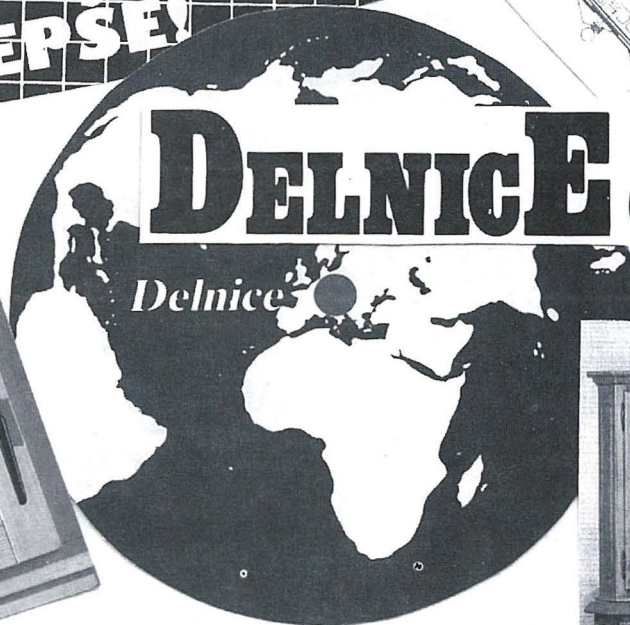
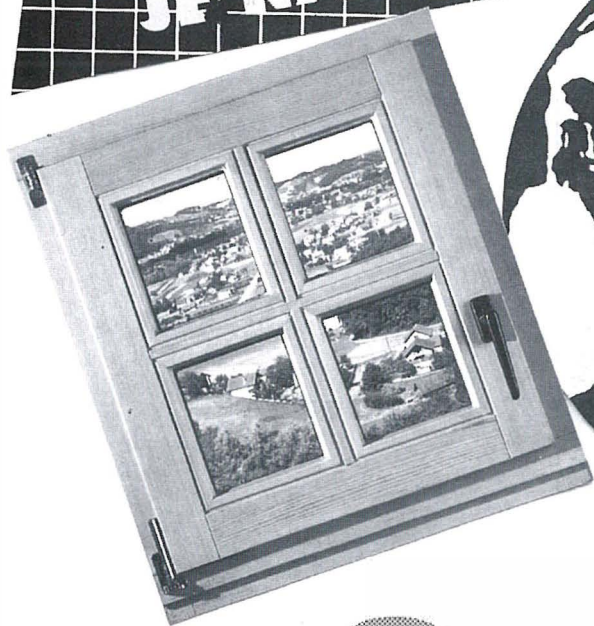


# MONTAŽNE KUĆE

"Delnice" d.d., sa tri proizvodna pogona smještenih u Lučicama, Delnicama i Brodu na kupi te sjedištem u Delnicama, čini osnovu drvne industrije goranske regije i jedno od najvećih drvnih poduzeća u Hrvatskoj. Više od sto godina tradicije i stečeno iskustvo u obradi drva jamstvo su kvalitete proizvoda i na domaćem i na inozemnom tržištu. Proizvodni program mijenjao se tijekom proteklih godina, da bi okosnicu sadašnjeg programa činila proizvodnja građevne stolarije, namještaja, montažnih kuća, bukovih i jelovih lijepljenih ploča, sanduka i paleta kao i kartonske ambalaže. Finalni proizvodi plasiraju se na područje Zapadne Europe, a namještaj i u Ameriku, Kanadu i Australiju. Bogata sirovinaska baza, suvremeni proizvodni kapaciteti, potvrđena kvaliteta proizvoda, te stručni kadar odrednica su daljnjeg razvoja i prosperiteta drvnog poduzeća "Delnice" d.d. Delnice.



**U VLASTITOM DOMU  
JE NAJLJEPŠE!**



**DELNICE d.d.**

*Delnice*



**DELQUE**

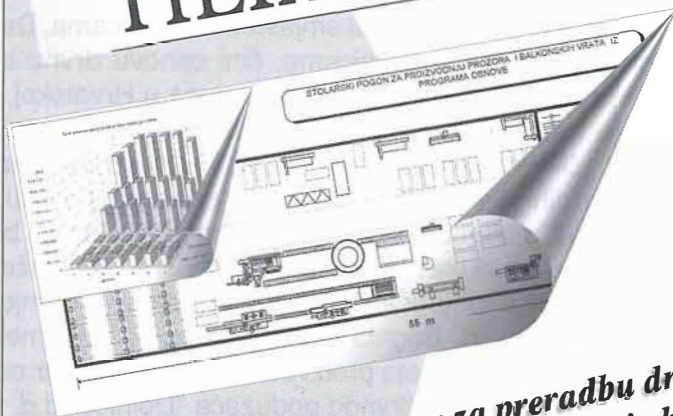
*Kvaliteta koja ne poznaje granice*

**Dioničko društvo za proizvodnju  
i trgovinu drvnim proizvodima**

51300 DELNICE, Supilova 20  
telefoni: 051/81 20 04, 81 20 24, 81 20 64  
81 20 84, 81 17 44, 81 24 96  
telex: 051/81 24 29  
Brzjavni "Delnice" d.d.



# TILIA'CO



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

Pretplatite se na Drvo!



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

Oglašavajte u Drvu!



**POUZDAN PARTNER U VAŠEM USPJEHU !**

TILIA'CO

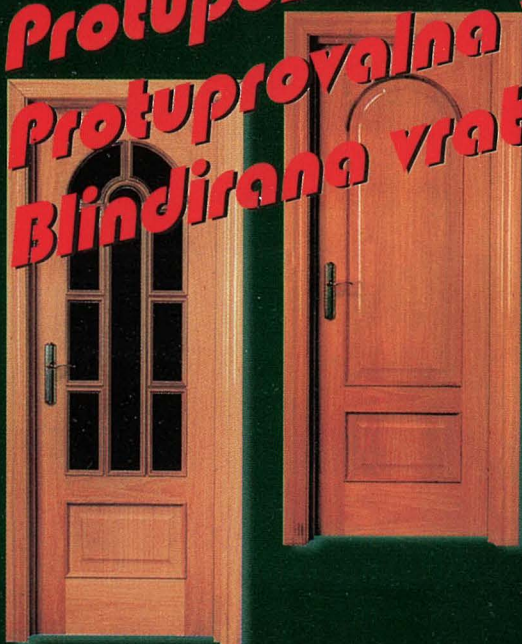
Međunarodni drvni centar za razvoj, marketing i informatiku  
Rujanska 3, 10000 Zagreb, tel.:01/38 73 934, tel./fax:01/38 73 402  
e-mail: tiliaco@alf.tel.hr  
žiro račun br. 30108-601-51451



**EuroLam**  
d.o.o. ZAGREB

Provjereno  
najpovoljnije  
cijene u Hrvatskoj!

Protupožarna vrata - prva u Hrvatskoj  
Protuprovalna vrata  
Blindirana vrata



Prozori, balkonska, sobna i  
protuprovalna vrata najviše  
kvalitete iz uvoza



Protuprovalna vrata



**NORMA**

Najveći izbor vrata sa ili bez dovratnika

- nelakirano
- lakirano
- lakirano po narudžbi

Preko 50 vrsta traka od furnira, laminata i PVC-a



**Samoljepljive trake  
od furnira  
i laminata za  
oblaganje rubova  
ploča**



Trake **LAMIX** u namotajima svih standardnih širina i debljina od 0.30-3 mm, raznih boja i dezena sa ili bez prethodno nanešenog ljepila.

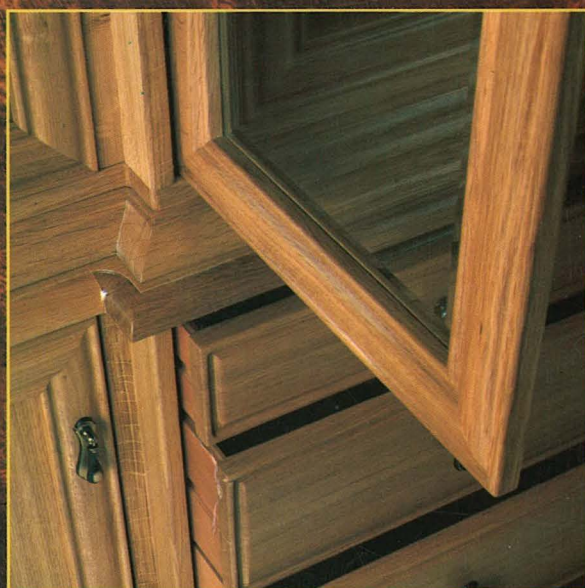
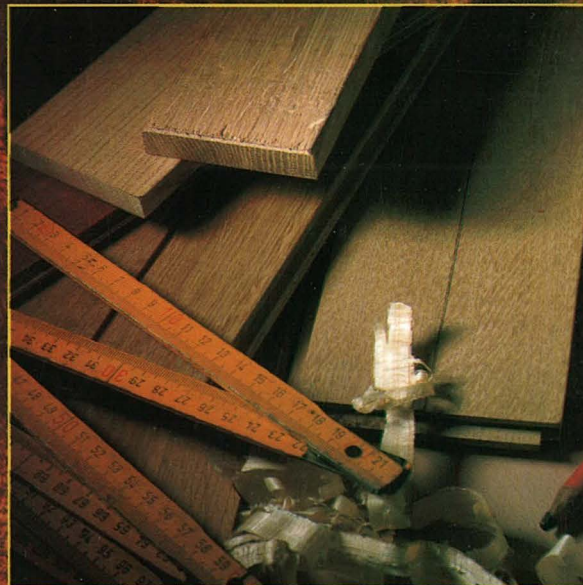
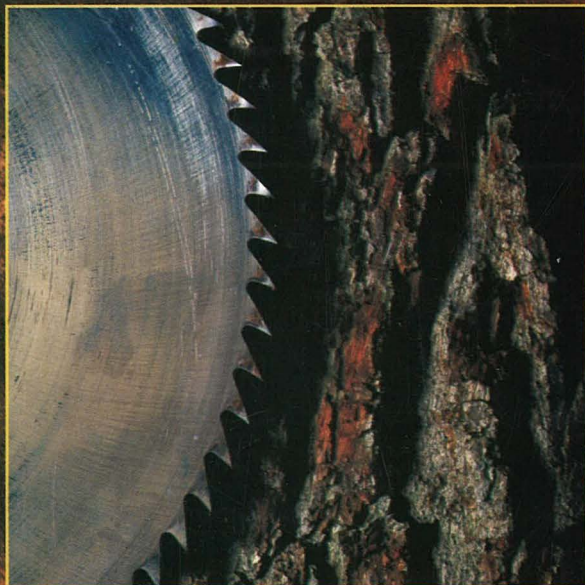
Rubne trake:

**melaminske već od 0.61 kn/m<sup>2</sup>,**  
**prirodni furnir već od 0.95 kn/m<sup>2</sup>**

EuroLam

Avenija Dubrovnik 15, Zagrebački velesajam,  
Paviljon 12/1, 10000 Zagreb  
Tel./fax: ++385 01 6527-859  
Tel.: ++385 01 6550-449, 6550-704





50 GODINA U SLUŽBI  
ŠUMARSTVA, DRVNE  
I PAPIRNE INDUSTRIJE

