

Čvrstoća na tlak i savijanje

BUKOVINE I BAGREMOVINE PRI RAZLIČITIM UVJETIMA TEMPERATURE I SADRŽAJA VODE*

COMPRESSION AND BENDING STRENGTH OF BEECH AND LOCUST WOOD UNDER DIFFERENT TEMPERATURE AND WATER CONTENTS CONDITIONS

Hrvoje Turkulin, dipl. ing.

Šumarski fakultet — Zagreb

UDK 630* 812.7:630*827

Prethodno priopćenje

Sažetak

U ovom radu ispitana su neka mehanička svojstva bukovine i bagremovine pri različitim stupnjevima hidrotermičke plastifikacije. Komparativno su ispitane: čvrstoća na tlak i veličina tlačne deformacije, čvrstoća na savijanje i modul elastičnosti, te žilavost po Janki i Monninu, kod vlažnosti drva 8 i 25% i temperature 20, 50, 70 i 90 °C.

Cilj ovog rada bio je utvrditi nivo plastifikacije, odnosno reakciju ovih vrsta drva na različite tretmane temperature i sadržaja vode. Ispitivana mehanička svojstva indikativna su za određivanje stupnja plastificiranosti i kvalitete drva za proces savijanja. Plastičnost je iskazana jednadžbom Janke za žilavost i koeficijentom žilavosti po Monninu. Iz rezultata je vidljivo da se plastična svojstva povećavaju povećanjem temperature drva kod iste vlažnosti. Pri tome je bagremovina ispoljila nešto povoljniju plastičnost od bukovine.

Glavne riječi: plastičnost drva — žilavost — utjecaj vlažnosti i temperature na plastična svojstva.

Summary

In this paper some mechanical properties of beech and locust wood under different degrees of hydrothermic plasticity have been examined. Comparatively were tested: compression strength and compression deformation degree, bending strength and elasticity modul, and toughness according to Janka and Monnin, at 8 and 25% of wood moisture and 20, 50, 70 and 90 °C temperature.

The purpose of this works was to establish plastification degree, respectively these kinds of reaction to different temperature and water contents treatments. The examined mechanical properties are significant in determination of plastification degree and wood quality in bending process. The plasticity is expressed by Janke equation for toughness and toughness coefficient according to Monnin. The results show that plasticity properties have been increased by increasing wood temperature at the same moisture contents. Here locust wood has shown a better plasticity than beech wood.

Key words: wood plasticity — toughness — moisture and temperature influence on plasticity properties (M. Č.)

1. UVOD

Mogućnost savijanja masivnog drva, kao i kvaliteta proizvoda u procesu savijanja elemenata, ovisi o plastičnim karakteristikama drva, a ta se prirodna svojstva mogu poboljšati različitim metodama. Stupanj tog poboljšanja moguće je utvrditi mjerenjem određenih karakteristika neplastificiranog (NPL) i plastificiranog (PL) drva, kontrolirajući faktore koji utječu na povećanje plastičnosti, a to su prije svega temperatura i sadržaj vode u drvu. Stoga su u ovom radu ispitivana neka mehanička svojstva drva pri različitim temperaturama i sadržaju vode, sa ciljem da se utvr-

di međuovisnost mehaničkih svojstava i navedenih faktora, te nivo plastifikacije pri određenim stanjima temperature i sadržaja vode u drvu.

Savijanje masivnog drva je složena operacija. Kao mjerilo podobnosti određene vrste drva za savijanje do sada je najčešće upotrebljavan minimalni polumjer zakrivljenosti na koji je moguće saviti obratke određenih dimenzija s manje od 5% grešaka [1, 4, 6]. U ovom istraživanju je primijenjen drugi pristup, koji se temelji na naprezanjima i deformacijama kod ispitivanja čvrstoće na tlak i čvrstoće na savijanje. Kod ispitivanja čvrstoće na tlak mjerena je tlačna deformacija na granici gnječenja, a kod čvrstoće na savijanje naprezanja i progib na granici proporcionalnosti, te veličina maksimalnog progiba u momentu loma. Krajnja intencija bila je utvrditi maksimalnu tlač-

* Rad je sažeti prikaz diplomskog rada autora. Izrađen je u katedri za tehnologiju drva i obrađen na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

na deformaciju i žilavost, parametre značajne za sposobnost savijanja drva. Ovi pokazatelji mogu poslužiti za ocjenu prednosti odnosno nedostataka neke vrste drva za proces savijanja.

Utjecaj temperature i utjecaj sadržaja vode u drvu na mehanička svojstva ispitani su u mnogo slučajeva [2, 3, 5], te su, s obzirom na mnogobrojnost takvih ispitivanja, ustanovljene i potvrđene određene zakonitosti. Malo je, međutim, podataka o istovremenom djelovanju promjena temperature i sadržaja vode na mehanička svojstva drva. U ovom radu nije bio cilj detaljno odrediti takvu međuovisnost, nego je promatran utjecaj različite temperature i sadržaja vode na nekoliko nivoa, sa ciljem određivanja promjene plastičnosti s promjenom tih faktora.

Komparativnim ispitivanjem bukovine i bagremovine željelo se utvrditi da li bagremovina po reakciji na hidrotermički tretman, stupnju plastificiranosti i mehaničkim svojstvima može kod proizvodnje savijenih elemenata zamijeniti bukovicu. Treba napomenuti da je bagremovina općenito relativno slabo istražena vrsta, te da slična ispitivanja u nas nisu vršena. Kompletно istraživanje obavljeno je u laboratorijima Katedre za tehnologiju drva Šumarskog fakulteta u Zagrebu.

2. METODA RADA

2.1 Izbor uzoraka

Za svaku vrstu drva (bukovina i bagremovina) iz slučajnog uzorka izabrane su po četiri grupe epruveta za ispitivanja čvrstoće na tlak i čvrstoće na savijanje, sa po deset epruveta u grupi. Raspored obilježja pokusnog materijala za ispitivanja po grupama dan je u slijedećoj tabeli:

Oznaka grupe	Karakteristika (Stanje)	Temperatura 0C	Sadržaj vode, %	Broj epruveta
I	NPL	20	8,5	10
II	PL	50	25,0	10
III	PL	70	25,0	10
IV	PL	90	25,0	10

Izgled, dimenzije i karakteristike epruveta određeni su prema JUS-u D.A1.045 i JUS-u D.A1.046. Ispitana je homogenost pokusnog materijala unutar pojedine grupe i između grupa uzoraka i to s obzirom na širinu goda i obujamsku masu. Utvrđeno je da nije bilo značajnih razlika koje bi utjecale na pojedinačne rezultate.

2.2. Tretiranje uzorka

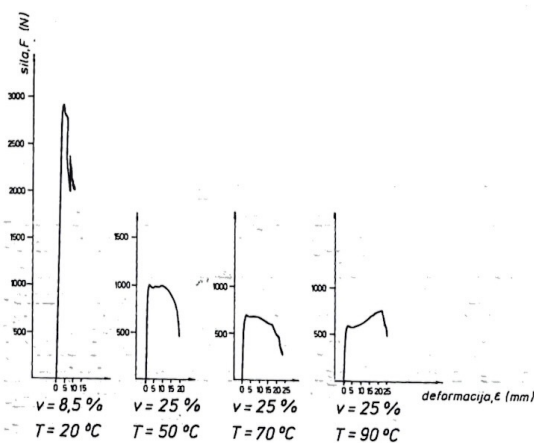
Tretiranje uzorka radi proučavanja plastičnog ponašanja drva provedeno je na grupama epruveta s oznakom II, III i IV nakon što su ovi uzorci bili kondicionirani na temperaturu 20°C i 8,5% sadržaja vode. Tretirani uzorci ispitani su pri sadržaju vode od 22—28%, a gornja granica od 28% garantira da još nije došlo do pojave vode u lumenima stanica.

S obzirom na to da u laboratoriju nije bilo moguće istovremeno ostvariti zahtijevane stupnjeve temperature i sadržaje vode, tretirani uzorci su prvo podvrgnuti povišenju sadržaja vode, a nakon toga zagrijavani na određenu temperaturu.

Kada su epruvete dosegle približni sadržaj vode od 25% stavljene su u sušionik u nepropusnim plastičnim vrećicama, kako pri ostvarenju zadane temperature ne bi došlo do smanjenja sadržaja vode. Zbog malih dimenzija epruveta može se smatrati za sigurno da su nakon 24 sata zagrijavanja u sušioniku vlaga i temperatura bile ujednačene po presjeku epruvete [4]. Točan sadržaj vode u momentu ispitivanja određen je gravimetrijskom metodom.

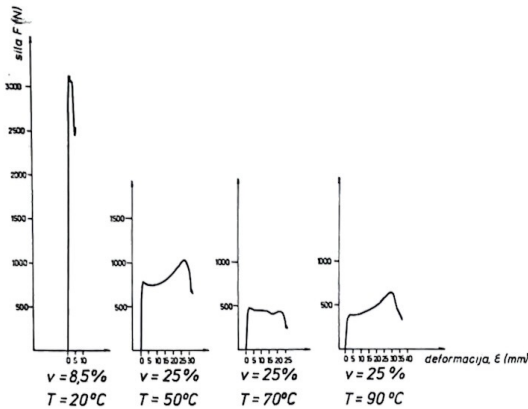
2.3 Ispitivanje uzoraka

Ispitivanja mehaničkih svojstava provedena su na univerzalnom stroju za ispitivanje drva »Wolpert Testor U 4«. Za vrijeme ispitivanja povećanje sile i veličina deformacije bili su automatski prenošeni na pisac koji je očitavao dijagrame. (Karakteristični dijagrami svake grupe epruveta prikazani su na slikama 1 do 4. Brzina djelovanja sile odgovarala je propisima JUS-a, te preporukama ASTM-a i DIN-a.



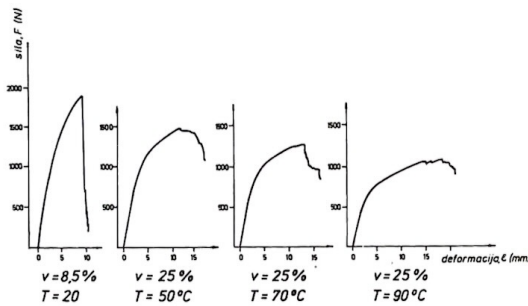
Slika 1 — Naprezanje — deformacija kod ispitivanja čvrstoće na tlak bukovine

Fig. 1 — Stress-strain diagrams in compression strength testing for beech wood.



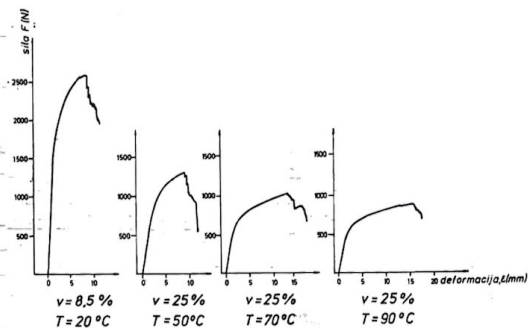
Slika 2 — Naprezanje — deformacija kod ispitivanja čvrstoće na tlak bagremovine.

Fig. 2 — Stress-strain diagrams in compression strength testing for black locust.



Slika 3 — Naprezanje — deformacija kod ispitivanja čvrstoće na savijanje bukovine.

Fig. 3 — Stress-strain diagrams in beech wood bending strength testing.



Slika 4 — Naprezanje — deformacija kod ispitivanja čvrstoće na savijanje bagremovine.

Fig. 4 — Stress-strain diagrams in black locust bending strength testing.

2.3.1. Ispitivanje čvrstoće na tlak

Glava prenosnika sile za ispitivanje čvrstoće na tlak je ogibljiva, tako da omogućuje ujednačen

pritisak po cjeljoj površini presjeka epruvete. Za vrijeme ispitivanja epruvete su bile zaštićene od gubitaka topline i sadržaja vode, tijesno prijanjućim košuljicama od stiropora, koji svojim mehaničkim svojstvima nije bitno utjecao na rezultate ili na krivulju dijagrama. Tako je smanjenje temperature na najvećim plohama epruvete bilo relativno maleno. Kako izolator na čelima epruveta svojim mehaničkim svojstvima ne bi utjecao na izgled dijagrama sila-deformacija, upotrebljavane su polirane čelične pločice debljine 8 mm, prethodno zagrijane na temperaturu ispitivanja.

Za vrijeme ispitivanja ipak je došlo do stanovitog smanjenja sadržaja vode i temperature drva, i to izrazitije kod uzoraka III i IV grupe, ali samo u tankom površinskom sloju (ASTM čak preporučuje nešto niži sadržaj vode na čelima, kako bi do loma došlo u tijelu epruvete (2)). To smanjenje sadržaja vode iznosilo je do 1,0%, tako da je sadržaj vode bio uvijek u zadanim granicama.

I smanjenje temperature za vrijeme ispitivanja na stroju bilo je veće kod viših temperatura, a iznosilo je 4°—8°C. Ta je promjena mjerena na posebnoj pokusnoj epruveti, a razlika u temperaturi očitana nakon vremena potrebnog za ispitivanje na stroju.

Veličina tlačne deformacije određivana je mjerenjem dužine epruveta s točnošću od 0,05 mm neposredno prije i poslije ispitivanja na stroju. Osim toga veličina tlačne deformacije, u momentu gnječenja epruvete, očitana je s dijagrama u točki naglog pada naprezanja. Ti su podaci uspoređeni s onima dobivenim mjerenjem da bi se vidjelo u kolikoj mjeri deformacija nagloga gnječenja sudjeluje u ukupnoj tlačnoj deformaciji (tab. II i III).

2.3.2. Ispitivanje čvrstoće na savijanje

Ispitivanje je provedeno na istom stroju kao i ispitivanje čvrstoće na tlak, prema propisima JUS-a D.1 046.

Epruvete nisu bile zaštićene zbog dužeg vremena koje bi bilo potrebno za zaštićivanje epruveta većih dimenzija, pa bi već prije samog ispitivanja došlo do smanjenja temperature i sadržaja vode. Osim toga, zbog položaja glave prenosnika sile i komparatora najvažniji dio epruvete (u kojem dolazi do loma) nije moguće adekvatno zaštititi, a izolator bi mogao djelovati na iglu komparatora. Smanjenje temperature i sadržaja vode mjereno je kao i kod tlačnih ispitivanja.

Na dijagramima sila-deformacija mogla se odrediti granica proporcionalnosti, te je očitavanjem iznosa sile i progiba ustanovljeno naprezanje na granici proporcionalnosti, a ti su podaci poslužili i za izračunavanje žilavosti.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Čvrstoća na tlak i veličina tlačne deformacije

Čvrstoća na tlak, naprezanje koje proizvodi maksimalna sila u smjeru vlakanca prije nastupa loma po jedinici površine prvobitnog presjeka, izračunata je prema formuli:

$$\sigma_t = \frac{F_{\max}}{A_0} = \frac{F_{\max}}{b \cdot h} \quad (\text{daN/cm}^2)$$

gdje je: σ_t — čvrstoća na tlak; F_{\max} — maksimalni iznosi sile; A_0 — površina prvobitnog presjeka; b, h — dimenzije presjeka epruvete.

Ispitivanjem su dobiveni karakteristični dijagrami koji su prikazani na slikama 1 i 2.

ČVRSTOĆA NA TLAK PO GRUPAMA EPRUVETA

Tabela I

Grupa	BUKOVINA		BAGREMOVINA	
	Čvrstoća na tlak daN/cm ²	Odnos PL NPL	Čvrstoća na tlak daN/cm ²	Odnos PL NPL
I NPL	738,84	1,000	855,83	1,000
II PL	321,17	0,435	262,27	0,306
III PL	188,29	0,255	120,56	0,141
IV PL	167,22	0,226	169,24	0,198

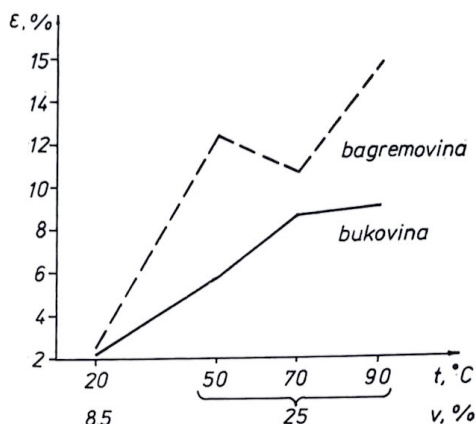
Iako je bagremovina u neplastificiranom stanju pokazala veću čvrstoću na tlak nego bukovina (tab. I), izrazitije je reagirala na hidrotermički tretman. Bagremovina pokazuje niže vrijednosti iznosa čvrstoće na tlak za pojedine stupnjeve hidrotermičke obrade (plastifikacije), a relativno smanjenje u odnosu na neplastificirano stanje znatno je veće nego kod bukvine. Ovim podacima odgovaraju i kretanja veličine tlačne deformacije s promjenom uvjeta temperature i sadržaja vode (tab. II i III), a što se vidi na slici 5.

IZMJERENE NAJVEĆE TLACNE DEFORMACIJE PO GRUPAMA EPRUVETA

Tabela II

Grupa	BUKOVINA		BAGREMOVINA	
	Deformacija %	Odnos PL NPL	Deformacija %	Odnos PL NPL
I NPL	5,07	1,00	5,24	1,00
II PL	8,30	1,64	14,98	2,86
III PL	12,27	2,42	14,85	2,83
IV PL	11,12	2,19	18,10	3,45

Iz rezultata je vidljivo da je očitana vrijednost tlačne deformacije, do trenutka gnječenja, kod ba-



Slika 5 — Promjene veličine tlačne deformacije u ovisnosti o temperaturi i sadržaju vode drva bukve i bagrema.

Fig. 5 — The changes of compression deformation for beech and black locust depending of temperature and water contents

OČITANE NAJVEĆE TLACNE DEFORMACIJE PO GRUPAMA EPRUVETA

Tabela III

Grupa	BUKOVINA		BAGREMOVINA	
	Deformacija %	Odnos PL NPL	Deformacija %	Odnos PL NPL
I NPL	2,1	1,0	2,4	1,0
II PL	5,7	2,65	12,02	5,00
III PL	8,41	4,00	10,43	4,36
IV PL	8,97	4,32	15,11	5,80

gremovine znatno veća nego kod bukvine, a naglo se povećava (čak 5 puta) s povećanjem sadržaja vode od 8,5% na 25%, te dalje raste s povećanjem temperature. Na svakom nivou tretmana bagremovina pokazuje veću tlačnu deformaciju nego bukovina, i to u apsolutnim iznosima i u odnosu na neplastificirano stanje.

Zanimljive podatke pokazuje i tabela izmjerene tlačne deformacije, uključujući i deformaciju gnječenja. Tako se vidi da se udio zone gnječenja u ukupnoj deformaciji povećava s povišenjem temperature i sadržaja vode, i to izrazitije kod bagremovine nego kod bukvine. Kod višeg stupnja plastificiranosti smanjuje se razlika u čvrstoći mjesta oslabljenja i ostalog dijela drva, pa se lom ne širi od mjesta oslabljenja po uskoj ravnini, nego se šira zona drva gnječi i trajno deformira. Ovo ukazuje na veću plastičnost bagremovine nego bukvine pri istim uvjetima tretmana.

U literaturi se navodi da se kod hidrotermički tretiranog drva pri savijanju elemenata tlačna deformacija povećava i do 35% dužine elementa. Razlog nižim iznosima deformacija dobivenim u ovom ispitivanju vjerojatno leži u tome što se kod sa-

vijanja deformacija odvija u djelomično zatvorenom prostoru, jer je element omeđen trakom s jedne i modelom s druge strane.

3.2 Čvrstoća na savijanje i modul elastičnosti

Čvrstoća na savijanje, naprezanje koje proizvodi maksimalni moment savijanja prije nastupa loma u odnosu na prvobitni presjek epruvete, izračunata je po formuli:

$$\sigma_s = \frac{3}{2} \frac{F_{\max} \cdot l}{b \cdot h^2}$$

gdje je: σ_s — čvrstoća na savijanje; F_{\max} — maksimalni iznos sile prije nastupa loma; l — razmak oslonaca; b , h — dimenzije epruvete.

Modul elastičnosti, mjera za elastičnost materijala, izračunat je po formuli:

$$E = \frac{F \cdot l^3}{4f \cdot bh^3}$$

gdje je: E — modul elastičnosti kod sile F ; F — iznos sile; f — progib kod sile F ; l — razmak oslonaca; b , h — dimenzije epruvete.

Karakteristični dijagrami dobiveni ispitivanjem prikazani su na slikama 3 i 4.

ČVRSTOĆA NA SAVIJANJE PO GRUPAMA EPRUVETA

Tabela IV

Grupa	BUKOVINA		BAGREMOVINA	
	Čvrstoća na savijanje daN/cm ²	Odnos $\frac{PL}{NPL}$	Čvrstoća na savijanje daN/cm ²	Odnos $\frac{PL}{NPL}$
I NPL	1197,00	1,0	1508,1	1,0
II PL	585,3	0,489	512,9	0,34
III PL	427,18	0,357	388,9	0,258
IV PL	435,9	0,364	330,6	0,219

I kod ispitivanja čvrstoće na savijanje smanjenje vrijednosti veće je kod viših temperatura i sadržaja vode (tab. IV). Iako u prirodnom stanju bagremovine pokazuje veću čvrstoću nego bukovina, već kod najblaže tretiranih uzoraka iznos čvrstoće bagremovine je manji nego kod bukovina, a ta se razlika povećava s izrazitijim uvjetima tretiranja. I ovi podaci ukazuju na veću plastificiranost bagremovine pri istim uvjetima hi-

MODUL ELASTICNOSTI PO GRUPAMA EPRUVETA

Tabela V

Grupa	BUKOVINA		BAGREMOVINA	
	Modul elastičnosti daN/cm ² 10 ³	Odnos	Modul elastičnosti daN/cm ² 10 ³	Odnos
I NPL	743,2	1,0	1033,4	1,0
II PL	299,8	0,4	302,1	0,29
III PL	275,3	0,37	255,9	0,24
IV PL	194,1	0,26	185,2	0,18

drotermičkog tretmana. Sličan odnos pokazuju i podaci modula elastičnosti, što ukazuje na mogućnost veće deformacije bagremovine nego bukovine kod istih naprezanja (tab. V).

Bagremovina pokazuje veći stupanj plastificiranosti, s obzirom na to da se iznos modula elastičnosti više smanjio u odnosu na neplastificirano stanje nego što je slučaj kod bukovine.

3.3 Žilavost

Žilavost je svojstvo drva da se ono pod utjecajem vanjskih sila trajno deformira, a da pri tom ne dolazi do loma. Janka je žilavost drva izrazio odnosom razlika progiba i razlika naprezanja (maksimalnih i na granici proporcionalnosti) kod ispitivanja čvrstoće na savijanje. Tako se žilavost može izračunati po formuli:

$$z = \frac{f_s - f_p}{\sigma_s - \sigma_p}$$

gdje je: z — žilavost; f_s — maksimalni progib prije nastupa loma; f_p — progib na granici proporcionalnosti; σ_s — čvrstoća na savijanje; σ_p — naprezanje na savijanje na granici proporcionalnosti.

Monnin je mjeru žilavosti odredio međusobnim odnosom čvrstoće na savijanje i čvrstoće na tlak i to nazvao koeficijent žilavosti. Koeficijent žilavosti manje je precizan pokazatelj, jer rezultate svrstava u tri grupe.

Malo žilavo drvo	$q_z < 2$
Srednje žilavo drvo	$q_z < 3$
Vrlo žilavo drvo	$q_z > 3$

Podatke dobivene u ovom ispitivanju za koeficijent žilavosti treba uzeti s izvjesnom rezervom i zbog toga što epruvete iste vrste drva za ispitivanje čvrstoće na tlak i čvrstoće na savijanje nisu bile potpuno istorodne; postojale su, naime, razlike u širini goda i volumnoj masi. Ipak su i

ovi podaci prikazani u usporedbi s podacima žilavosti po Janki (tab. VI i VII).

PROSJEČNI REZULTATI ŽILAVOSTI PO JANKI
PO GRUPAMA EPRUVETA

Tabela VI

Grupa	BUKOVINA		BAGREMOVINA	
	Žilavost	Odnos	Žilavost	Odnos
I NPL	0,00092	1,00	0,00094	1,00
II PL	0,00332	3,60	0,00313	3,33
III PL	0,00298	3,24	0,00357	3,80
IV PL	0,00460	5,00	0,00553	5,53

PROSJEČNI REZULTATI ŽILAVOSTI PO MONINU
PO GRUPAMA EPRUVETA

Tabela VII

Grupa	BUKOVINA		BAGREMOVINA	
	Koeficijent žilavosti	Odnos	Koeficijent žilavosti	Odnos
I NPL	1,62	1,00	1,76	1,00
II PL	2,53	1,56	1,95	1,10
III PL	2,27	1,40	3,22	1,83
IV PL	2,60	1,60	1,95	1,10

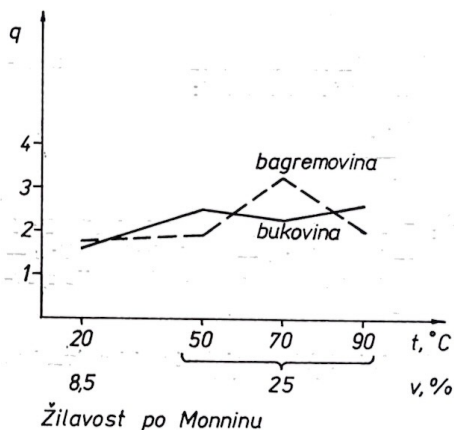
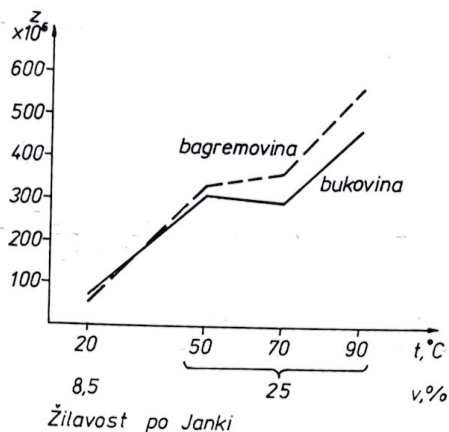
U tablici VI i VII vidi se da se žilavost obiju vrsta drva nije potpuno razlikovala u neplastificiranom stanju, kao ni kod 50°C i 25% sadržaja vode, iako je znatno porasla. Veće se razlike između bukovine i bagremovine pojavljuju kod 70°C i 90°C (sl. 6). To, osim što ukazuje na veću žilavost bagremovine, omogućuje zaključke o boljoj reakciji bagremovine na povišenje temperature tretmana.

Promatrajući rezultate koeficijenta žilavosti po Monninu, bagremovina kod 70°C pokazuje čak visoku žilavost. Može se primijetiti da koeficijent žilavosti više ovisi o čvrstoći na tlak, čije postotno smanjenje odgovara postotnom povećanju koeficijenta žilavosti. Kako su rezultati čvrstoće na tlak adekvatni rezultatima povećanja tlačne deformacije, može se zaključiti da veća žilavost indirektno ukazuje na veću tlačnu deformaciju, a time i na kvalitetnije savijanje.

4. ZAKLJUČAK

Ovo ispitivanje potvrdilo je pretpostavke o promjeni mehaničkih svojstava drva s promjenom uvjeta temperature i sadržaja vode različitog hidrotermičkog tretiranja drva.

Iznos čvrstoće na tlak, čvrstoće na savijanje i modula elastičnosti smanjuje se s povišenjem



Slika 6 — Promjene stupnja žilavosti bukovine i bagremovine pri različitim temperaturama i sadržaju vode.

Fig. 6 — The changes of beech and black locust toughness degree under different temperatures and water contents.

temperature i sadržaja vode. Pri tome bagremovina pokazuje niže vrijednosti nego bukovina na pojedinim stupnjevima plastifikacije, a pokazuje i veće postotno smanjenje u odnosu na neplastificirano stanje, što znači da intenzivnije reagira na hidrotermički tretman. To indirektno ukazuje na prednost bagremovine u odnosu na bukvinu za proces savijanja, jer što je plastičnost drva veća, manja je uložena energija, a savijanje je ravnomjernije i kvalitetnije.

Žilavost drva raste s povećanjem temperature i sadržaja vode, i to više kod bagremovine nego kod bukovine. I ovi podaci ukazuju na prednosti bagremovine za savijanje masivnih elemenata, jer veća žilavost omogućuje veće deformacije pri istim naprezanjima. Podaci koeficijenta žilavosti po Monninu ukazuju na mogućnost veće tlačne deformacije bagremovine, što potvrđuju i mjerenjem dobiveni rezultati.

Bagremovina postiže veće tlačne deformacije na svim stupnjevima plastificiranosti nego bukovina, a to direktno ukazuje na bolje mogućnosti savijanja bagremovine. Kako se kod savijanja uz pomoć čeličnih traka veći dio presjeka elementa nalazi u tlačnoj zoni, ovi podaci pokazuju da će se bagremovina moći više deformirati i saviti na manji radijus zakrivljenosti. Pri tome veća plastičnost navodi na zaključak o ravnomjernijim narezanjima i manjem broju grešaka.

Kako se kod savijanja u praktičnim uvjetima drvo nalazi u djelomično zatvorenom prostoru (omeđeno je trakom s jedne i modelom s druge strane), to dolazi do većih tlačnih deformacija nego u ovom ispitivanju. Interesantno bi bilo ispitati da li bi se u zatvorenom prostoru tlačna deformacija bagremovine u odnosu na bukovinu još više povećala.

Treba napomenuti da kvalitetne bukovine za savijanje ima sve manje i sve je skuplja, a bagremovina se, kao brzorastuća vrsta, može plantažno uzgajati i na lošijim tlima. Atraktivna teks-

tura bagremovine može biti i važna estetska komponenta u proizvodnji namještaja. Sve to nameće zaključak o mogućnosti efektne primjene bagremovine za proizvodnju savijenih elemenata.

LITERATURA

- [1] ***: Osnove nauke o drvu i izrada proizvoda iz masivnog i usitnjenog drva. Sum. fak. Zagreb, Zagreb, 1981.
- [2] Bađun, S.: Tehnološke karakteristike drva. Sum. fak. Zagreb, Zagreb, 1979.
- [3] Davis, E. M.: Machining and Related Characteristics of US Hardwoods. US Dep. of Agric., EPL Madison, Technical Bulletin No. 1267, 1962.
- [4] Giordano, G.: *Technologia del legno*, Vol. 3. Torino, 1975.
- [5] Kollmann, F. P., Côté, W.: *Principles of Wood Science and Technology*. New York 1968.
- [6] Krpan, J.: Savijanje masivnog drva. *Drvna industrija* 9—10, 1956.
- [7] Ljuljka, B.: *Tehnologija proizvodnje namještaja*. SIZ odgoja i obrazovanja šum. i drv. ind. SRH. Zagreb, 1980.
- [8] Stevens, W. C., Turner, N.: *Solid and Laminated Wood Bending*. FPRL, London 1948.
- [9] Turkulin, H.: Ispitivanje čvrstoće na tlak i savijanje bukovine i bagremovine pri različitim uvjetima temperature i sadržaja vode. Diplomski rad, str. 1—68, 17 tabl, 25 ilustr. Sumarski fakultet Zagreb. Zagreb 1984.

Recenzirao: prof. dr. Boris Ljuljka