

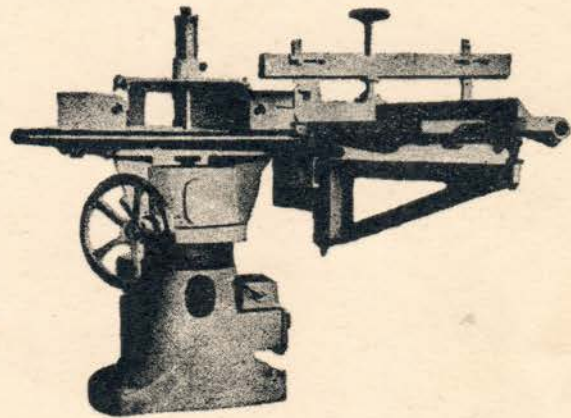
# DRVNA INDUSTRIJA

CASOPIS ZA PITANJA EKSPLOATACIJE SUMA, MEHANIČKE I KEMIJSKE  
PRERADE DRVA, TE TRGOVINE DRVETOM I FINALNIM DRVNIM PROIZVODIMA



GLASILO INSTITUTA ZA DRVNO-INDUSTRIJSKA ISTRAŽIVANJA

Strojeve za obradu drva



IZRAĐUJE

»**BRATSTVO**«  
TVORNICA STROJEVA - ZAGREB  
Paromlinska 58 - Tel.: 36-006, 25-047

GODINA VII

RUJAN - LISTOPAD 1956.

IZLAZI JEDAMPUT MIESEČNO

9-10

POŠTARINA PLAĆENA U GOTOVOM

# EXPORTDRVO

PODUZEĆE ZA IZVOZ DRVA I DRVNIH PROIZVODA  
ZAGREB - MARULIČEV TRG 18

Telegram: Exportdrvo, Zagreb - Telefoni: 36-251 i 37-323



OBAVLJA NAJPOVOLJNIJE PUTEM SVO-  
JIH RAZGRANATIH VEZA:

## IZVOZ:

PILJENE GRAĐE LIŠČARA / PILJENE  
GRAĐE ČETINJARA / DUŽICA HRA-  
STOVIH / CELULOZNOG DRVA /  
OGRJEVNOG DRVA / ŽELJEZNIČKIH  
PRAGOVA / UGLJA ŠUMSKOG I RE-  
TORTNOG / ŠPER- I PANEL-PLOČA /  
FURNIRA / PARKETA / SANDUKA /  
BAČAVA / STOLICA IZ SAVIJENOG DR-  
VA / RAZNOG NAMJEŠTAJA / DRV-  
NE GALANTERIJE / STOLARSKOG ALA-  
TA I TEZGA / ČETAKE I KISTOVA /  
TANINSKIH EKSTRAKTA

TIMBER AND ALL WOOD  
PRODUCTS EXPORT  
TROUGH THE WORLD

# DRVNA INDUSTRIJA

Godina VII.

Rujan—listopad 1956.

Broj 9—10

## SADRŽAJ

Dr. ing. Juraj Krpan:

SAVIJANJE MASIVNOG DRVETA

Veljko Auferber:

O DIELEKTRIČNOM ZAGRIJAVANJU PRI LIJEPLJENJU DRVETA

Prof. dr. Ivo Horvat:

ABURA I RAMIN

Pregled međunarodnog tržišta drveta

Drvena industrija na Zagrebačkom Velesajmu 1956.

»Mi čitamo za vas«

## CONTENTS

Dr. ing. Juraj Krpan:

SOLID WOOD BENDING

Veljko Auferber:

DIELECTRIC HEATING METHOD FOR SETTING WOOD GLUES

Prof. dr. Ivo Horvat:

ABURA AND RAMIN

International Market Tendencies

Wood and wood products on the International Zagreb Fair 1956.

Timber and Woodworking Abstracts

»DRVNA INDUSTRIJA«, časopis za pitanja eksploatacije šuma, mehaničke i kemijske prerade te trgovine drvetom i finalnim drvnim proizvodima. — Uredništvo i uprava: Zagreb, Gajeva 5/VI. Naziv tekućeg računa kod Narodne Banke 400-T-282 (Institut za drveno industrijska istraživanja). — Izdaje: Institut za drveno industrijska istraživanja. — Odgovorni urednik: Ing. Stjepan Frančisko-  
vić. — Redakcioni odbor: ing. Matija Đajić, ing. Rikard Štriker, Veljko Auferber, ing. Franjo Štajduhar, ing. Bogumil Čop i Oto Šilinger. — Urednik: Andrija Ilić. — Časopis izlazi jedamput mjesečno. — Pretplata: Godišnja 600.— Din. Tisak štamparije »Vjesnik«, Zagreb, Masarikova 28



# Savijanje masivnog drveta

## UVOD

Savijanje masivnog drveta primjenjuje se u proizvodnji namještaja i u gradnji brodova, vagona, čamaca, aviona, bačava, sportskog pribora, drvenih prstena, točkova, oboda za sita, štapova i raznih drugih proizvoda.

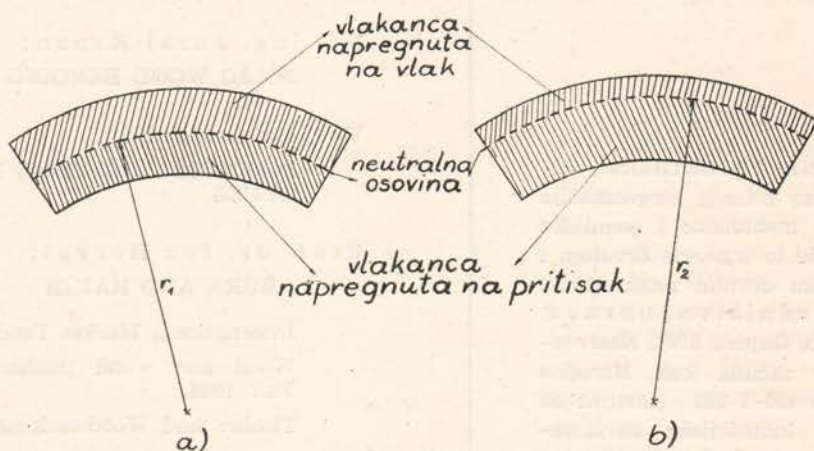
Savijanje drveta poznato je od davnine, vjerojatno još od vremena, kad je čovjek počeo plesti drvene košare i izrađivati čamce iz više sastavnih dijelova.

Zakrivljeni komadi mogu se izrađivati i piljenjem do bilo kojeg polumjera zakrivljenosti i do bilo koje debljine, ali ta metoda ima dva velika nedostatka: 1) piljenjem na mali polumjer zakrivljenosti znatno se umanjuje čvrstoća drveta, jer se mora piliti preko žice i 2) otpadak drveta je vrlo velik. Savijanje ima prednosti pred piljenjem: 1) manje se troši drveta, 2) savijanje je brže i jednostavnije, 3) investicije za strojeve su manje, 4) manje se troši energije, 5) čvrstoća zakrivljenih komada je veća i 6) u nekim slučajevima dolazi u obzir samo savijanje, na pr. pri

sila i da dobiveni oblik zadrže nakon prestanka djelovanja tih sila. Ako se sile povećavaju, doseže se **granica savitljivosti**, tijelo se lomi. Suprotno svojstvo od savitljivosti je elastičnost. To je svojstvo materijala, da se vraća u raniji oblik po prestanku djelovanja sile, koja mu je izmijenila oblik. Ako sila prekorači određenu granicu, tijelo se više ne vraća u raniji oblik, već se javljaju trajne deformacije. Ta granica se zove **granica elastičnosti**.

## PRINCIPI SAVIJANJA

Kod savijanja poprečni presjeci drveta nastoje da ostanu okomiti na uzdužnu os vlakancu. Konveksna (vanjska) strana savijenog komada produžuje se, a konkavna (unutarnja) se skraćuje. Između te dvije strane postoji jedan sloj, u kom se vlakanca drveta nisu ni produžila ni skratila. Taj sloj na presjeku savijenog komada (sl. 1) označuje »neutralna osovina«. Ako se savije nepareno drvo, neutralna osovina se nalazi bliže sredini između konveksne i konkavne stranice, nego ako se savije



Sl. 1. Neutralna linija kod savijenog drveta, a) kod prirodnog, b) kod omekšanog drveta (po Stevens-Turneru).

izradi sportskog pribora, štapova, okvira za sjedišta stolica, drvenih prstena, dužica za bačve i t. d. (24)\*. Savijanje nalazi danas sve veću primjenu, osobito u gradnji brodova i aviona.

Zadatak je ovog članka izložiti današnje stanje teorije i tehnike procesa savijanja drveta na osnovu dosadašnjeg iskustva prakse i rezultata istraživačkog rada. Prije izlaganja procesa savijanja potrebno je spomenuti pojmove, koji su s njim u vezi, i to savitljivost i elastičnost.

Savitljivost je svojstvo krutih tijela, da mijenjaju oblik pod djelovanjem vanjskih

pareno ili kuhano drvo, kod kog se neutralna osovina pomiče prema konveksnoj strani. U tom slučaju je veća količina vlakancu naprezana na pritisak nego na vlak (sl. 1).

Naprezanjem drveta na pritisak (kompresijom) u smjeru vlakancu dužina drveta se skraćuje, a naprezanjem na vlak se produžuje. Za vrste, koje se dobro savijaju, kao na pr. parena bukovina, istraživanjem je utvrđeno, da se kompresijom u smjeru vlakancu može znatno skratiti dužina drveta prije nego se drvo slomi. Kod neparenog drveta, kod kojeg pritisak djeluje na hladno, lom se javlja već kod malog skraćivanja dužine. Kod

\*) Brojevi u zagradj se odnose na literaturu.

prirodno suhog drveta naprežanog na vlak lom se javlja, čim se vlakanca rastegnu preko 0,75 do 1 % od početne dužine, a kod parenog, čim se vlakanca rastegnu preko 2% od početne dužine, bez obzira kako je drvo pareno (24). Maksimalno rastezanje na konveksnoj strani predstavlja granicu, do koje se drvo može saviti bez loma. Iz toga izlazi, da je minimalni polumjer zakrivljenosti, t. j. polumjer do kog se drvo može saviti bez loma, u vezi s maksimalnim naprežanjem drveta na vlak. Drvo se može saviti na manji polumjer zakrivljenosti, ako se vlakanca na konveksnoj strani zaštite mehaničkim sredstvima i ako se spriječi njihovo rastezanje. Ovaj princip se primjenjuje u modernoj tehnici savijanja. Konveksna strana se štiti čuje metalnim limom, a pritiskom na čela komada, koji se savija, sprečava se rastezanje vlakanca na konveksnoj strani. Vlakanca na konveksnoj strani rastežu se samo toliko, koliko se rasteže metalni lim, kojim su zaštićena, a to se praktično može zanemariti. Prije savijanja drvo se može omekšati, da se lakše i bolje savija. Postupak omekšavanja drveta prije savijanja uspješno se primjenjuje na većinu vrsta tvrdog drveta, ali nije primjenjiv na meko drvo. Zato se meko drvo i ne odabire za savijanje.

### IZBOR DRVETA

**Kvaliteta.** Iskustvo pokazuje, da kod savijanja drveta na mali polumjer zakrivljenosti nastaju lomovi najprije na onim mjestima, na kojima se nalaze griješke drveta, kao kvрге, pukotine, urasla kora i druge griješke. Zbog toga treba za savijanje odabirati zdravo drvo, ravne žice, bez ikakvih griješaka. Kriterij treba biti to strožiji, što je manji polumjer zakrivljenosti, na koji drvo treba saviti. Utjecaj griješaka je to manji, što su one bliže neutralnoj osovini.

**Vrst.** Od domaćih vrsta dobro se savijaju bukva i hrast. Bukovina se odabire za izradu savijenog namještaja. Jasen se dobro savija i upotrebljava se naročito za izradu savijenog sportskog pribora. Kod izbora vrsti drveta za savijanje važna je mogućnost dobave te vrsti, njena svojstva savijanja i ponašanje u savijenom stanju.

Svojstva savijanja nekih vrsta drveta navedena su u tab. 1 prema podacima engleskog Laboratorija za šumske proizvode. Ovi podaci pokazuju, do kog se polumjera zakrivljenosti mogu saviti navedene vrsti drveta, da se ne dobije više od 5% lomova. Podaci u tab. 1 vrijede za prirodno suho drvo dobre kvalitete, debelo 25 mm, savijeno nakon parenja kod atmosferskog pritiska, koje je trajalo najmanje 45 min.

Engleski laboratorij za šumske proizvode (FPRL) (10) ispitivao je svojstva savijanja kod više vrsti drveta i ispitane vrste razvrstao prema svojstvima savijanja. Razvrstavanje je izvršeno

prema minimalnom polumjeru zakrivljenosti, koji predstavlja najvažnije svojstvo savijanja, uzimajući u obzir i druge faktore, kao silu potrebnu za savijanje, postojanost oblika i sitne kvržice. Prvenstveno je ispitano, da li se izvjesna vrst drveta može saviti do razmjerno malog polumjera zakrivljenosti, vodeći računa o tom, zašto se dotična vrst obično upotrebljava. Nakon toga ispitani su i spomenuti faktori. Za ispitivanje je upotrebljeno drvo debelo 25 mm. Ispitivanja su vršena s metalnim zaštitnim limom i bez njega. Razvrstavanje je izvršeno prema rezultatima, koji su dobiveni upotrebom metalnog zaštitnog lima. Ispitane vrste drveta razvrstane su ovako:

Polumjer zakrivljenosti u cm, kod kojeg nema više od 5% lomova za vrijeme savijanja:	Svojstva savijanja:
manji od 15	vrlo dobra
15 do 25	dobra
28 do 50	osrednja
preko 50	slaba

Tabela 1. Približni polumjer zakrivljenosti u cm, kod kojeg ne će biti više od 5% lomova za vrijeme savijanja [po FPRL (10)]

Vrst	Ako se zašt. lim	
	upo- trebi	re upotr.
Jasen ( <i>Fraxinus</i> sp.)	11	33
Bijeli ili obični jasen ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	6	30
Bukva (evropska, <i>Fagus silvatica</i> )	10	37
Bukva (engleska, <i>Fagus silvatica</i> )	4	33
Kanadska breza ( <i>Betula? lutea</i> )	8	43
Brijest ( <i>Ulmus hollandica</i> var. <i>major</i> )	< 1,3	24
Brijest ( <i>Ulmus americana</i> )	4	34
Brijest ( <i>Ulmus glabra</i> )	4	32
Obični divlji kesten ( <i>Aesculus hippocastanum</i> )	10	20
Lipa ( <i>Tilia vulgaris</i> )	36	41
Hrast ( <i>Quercus</i> sp.)	2,5	33
Hrast lužnjak ( <i>Quercus robur</i> )	5	33
Bagrem ( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	4	28
Smreka (evropska, <i>Picea abies</i> )	76	—
Gorski javor ( <i>Acer pseudoplatanus</i> )	4	37
Eukaliptus ( <i>Eucaliptus obliqua</i> )	41	61
Eukaliptus ( <i>Eucaliptus regnans</i> )	76	76
Tik ( <i>Tectona grandis</i> )	41	71

Iz tab. 1 vidi se, da zaštitni metalni lim ima veliki utjecaj na minimalni polumjer zakrivljenosti. Tab. 1 pokazuje, da na pr. brijest, jasen i bukva imaju bolja svojstva savijanja nego smreka.

Vrlo dobra svojstva savijanja imaju jasen, bukva, pitomi kesten, brijest, hrast, cer, bagrem i platana, a prema nepotpunim podacima i grab i orah. Slaba svojstva savijanja ima smreka.

**Stabla.** Na savitljivost drveta utječu različiti faktori, kao starost, širina goda i karakteristike tla, ali svi ti faktori imaju drugorazredno značenje, ako se za savijanje odabire zdravo drvo, ravne žice bez grešaka. Drvo napadnuto gljivama lomi se preko žice i ne odgovara za savijanje, jer je krhko. Za savijanje nije dobro ni drvo od vrlo starih stabala kao ni drvo jako širokih ili jako uskih godova. Za englesku jasenovinu je na pr. nađeno, da je za savijanje najbolja ona, koja ima širinu goda 2,5 mm (9). Tvrđi se (2,3), da bolja svojstva savijanja ima drvo, koje je raslo u brdima na sjevernim stranama nego drvo, koje je raslo na južnim stranama ili u ravnici, i da to naročito vrijedi za bukvu i jasen. Nadalje se tvrdi, da se bolje savija drvo, koje je raslo na vapnenom ili ilovastom nego na pješčanom tlu, ali je za engleski jasen nađeno, da se najbolje savija jasen s odvodnjenog pješčanog tla (9).

Drži se, da je žilavije drvo sa suhog ili umjerenom vlažnog nego s vlažnog tla. Po W. C. Stevensu i N. Turneru (9) većinom se najbolje savija drvo iz onog dijela stabla, koji slijedi iza prvog trupca. Čini se, da još nije dovoljno raščišćeno pitanje izbora stabala i dijelova pojedinog stabla za savijanje. Ako se izborom stabala i izborom dijelova pojedinog stabla može doći do najboljeg drveta za savijanje, to se može iskoristiti na pr. u opskrbi tvornica savijenog drveta sirovinom, pogotovo u slučaju, gdje se tvornica opskrbljuje sirovinom s određenog područja, na kom bi se mogla odabirati stabla i iz njih dijelovi najbolji za savijanje.

**Sadržaj vode.** Većina vrsta drveta može se savijati u sirovu stanju, ali ima i takvih vrsta (na pr. hrastovina), kod kojih nastaju nabrekline zbog hidrauličnog pritiska u stanicama, ako se savijaju u sirovom stanju na mali polumjer zakrivljenosti. Svojstva savijenog sirovog drveta ne razlikuju se mnogo od svojstava savijenog prirodno osušenog drveta. Što je sadržaj vode drveta niži ispod točke zasićenosti (30 %) to je veća sila potrebna za savijanje. Savijeni komad treba nakon savijanja osušiti na onaj sadržaj vode, koji se traži od drveta u upotrebi (na pr. kod savijenog namještaja na 8 do 12 %). Drvo, koje je savijeno u sirovu stanju, teže je osušiti nakon savijanja na konačni sadržaj vode nego drvo, koje je savijeno u prirodno suhom stanju, radi komprimiranja stanica. Osim toga, sirovo se drvo često iskrivljuje

kod savijanja. S prirodno suhog drveta može se prije nego sa sirova ukloniti metalni zaštitni lim. Trajanje sušenja i ukrućivanja je kraće kod prirodno suhog, nego kod sirovog drveta. Za savijanje se odabire prirodno suho drvo, koje ima sadržaj vode 17 do 25%. Engleski Laboratorij za šumske proizvode je našao, da za savijanje najbolje odgovara prirodno sušeno drvo, koje ima oko 25 % vlage (8). Prirodno suho drvo ima i nepovoljnih svojstava obzirom na savijanje. Osim toga, što je kod njega potrebna veća sila za savijanje, ono može imati pukotine, koje se ne vide, a na njima najprije nastaju lomovi. Prirodno suho drvo navlažuje se parenjem pa se može izvitoperiti i prije savijanja. Drvo se obično prirodno suši prije savijanja, ali FPRL ne isključuje ni umjetno sušenje na cca 25 % vlage (6).

## OBRADA NA STROJEVIMA

Prije savijanja drvo treba obraditi na strojevima. Važno je, da ono bude glatko obrađeno. Ako se na površini drveta nalaze neravnosti, na njima se najprije javljaju lomovi. Neravna površina naginje stvaranju nabrekline. Kod drveta namijenjenog savijanju glatke površine imaju prednost pred neravnima. Blanjanjem se dobivaju glade površine nego piljenjem, zato je potrebno drvo blanjati prije savijanja. Sve radove na strojevima lakše je izvesti prije nego poslije savijanja (19), ukoliko to ostali uvjeti dozvoljavaju.

## PRIPREMA DRVETA

Prije savijanja drvo se omekšava (plastificira), da se bolje i lakše savija. Bačvari i kolari stotinama godina omekšavaju drvo zagrijavanjem na otvorenoj vatri one strane, koja će biti konkavna i polijevanjem vodom strane, koja će biti konveksna, a zatim ga ručno savijaju. Na ovaj se način može drvo saviti samo na veliki polumjer zakrivljenosti, i to uz veliki postotak lomova. Neprilika je i u tome, što se ovako savijeno drvo ne pridržava oblika, koji je dobilo savijanjem, zbog nejednoličnih naprezanja, koja su mu nametnuta ovim načinom omekšavanja (3), a može doći i do pougljavanja.

Rezultati dosadašnjih istraživanja pokazuju, da **toplina** utječe na čvrstoću drveta. Što je viša temperatura drveta i što ona duže traje, to više mu se smanjuje čvrstoća. Smanjivanje čvrstoće ovisno je i o vlazi. Utjecaj temperature je to veći što je veća vlaga drveta, naročito iznad točke zasićenosti. Povećanjem temperature smanjuje se i žilavost drveta. Utjecaj visoke temperature je različit prema tome, da li se drvo zagrijava uz prisustvo vlage (pari) ili bez prisustva vlage. Ako se drvo zagrijava uz prisustvo vlage, veći je utjecaj temperature na čvrstoću, nego kad se zagrijavanje vrši bez prisustva vlage. Kuhanje u vodi

manje smanjuje čvrstoću drveta nego parenje, kod kog se mogu primijeniti znatno više temperature. Za smanjivanje čvrstoće kod grijanja važno je, da li je prisutan **uzduh** ili nije. Ako je uzduh prisutan, jače se smanjuje čvrstoća drveta kod zagrijavanja, nego kad uzduh nije prisutan (grijanje ispod metala). Ova razlika se pripisuje utjecaju kisika (oksidacija). Grijanje drveta na visoku temperaturu smanjuje mu higroskopnost, bubrenje i utezanje, a boja drveta tamni (22). U procesu savijanja drveta od osobite je važnosti, da drvo postaje plastičnije pod utjecajem visoke temperature. Pod visokim temperaturama ovdje se razumijeva temperatura vrelišta vode i temperature više od nje.

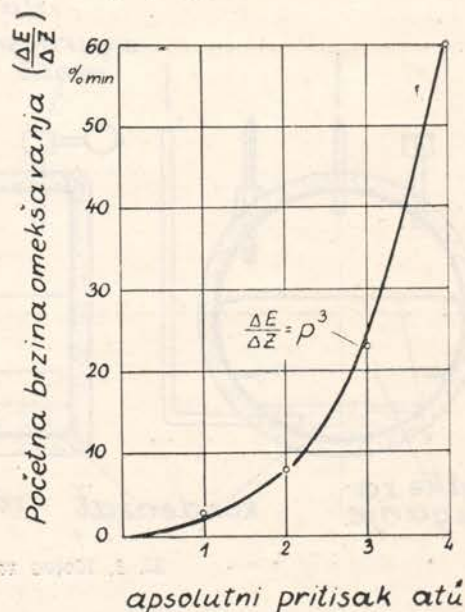
U postupku omekšavanja (plastificiranja) drveta bitno je drvo ugrijati na temperaturu vrelišta vode ili na višu temperaturu. Postupak je završen čim drvo po cijelom presjeku postigne odgovarajuću temperaturu. Ima više načina, kojima se drvo može omekšati. To su: **parenje, kuhanje u vodi, zagrijavanje u vrućem pijesku, zagrijavanje visoko-frekventnom strujom, napajanje kemijskim sredstvima i kuhanje pod pritiskom u smjeru vlaknaca**. Za omekšavanje drveta prije savijanja odgovara svaki način grijanja, kojim se drvo može brzo ugrijati na odgovarajuću temperaturu, ako se pritom znatno ne suši.

**Parenje** je stari način omekšavanja drveta, koji se i danas najviše primjenjuje, jer je najekonomičniji (19). Parenje, koje se poduzima u cilju omekšavanja drveta prije savijanja, razlikuje se od parenja, koje se poduzima zbog promjene boje drveta (na pr. kod piljene građe). Parenje radi omekšavanja prije savijanja traje od 1 do 2 sata, a parenje radi promjene boje 2 do 4 dana.

Za omekšavanje drveta prije savijanja primjenjuje se zasićena para. Pregrijana para se ne može u tu svrhu primijeniti, jer ona suši drvo, a to nije svrha ovog postupka. Parenje radi omekšavanja ima zadaću ugrijati drvo na temperaturu, kod koje postaje plastičnije. Drvo se obično pari kod atmosferskog pritiska. Mogu se primijeniti i viši pritisci od atmosferskog, u kom slučaju se skraćuje trajanje parenja. **Kollmann** (5) je našao, da je brzina omekšanja proporcionalna trećoj potenciji apsolutnog pritiska pare (Sl. 2.). Ako se drvo pari zasićenom parom 3—5 at. pritiska, parenje traje samo 3—5 minuta. Primjena viših pritiska od atmosferskog ima i nedostataka. Kod primjene viših pritiska od atmosferskog neke vrste drveta mijenjaju boju, a to nije poželjno. Stijenke kotla, u kom se drvo pari, moraju biti čvršće, nego kad se drvo pari kod atmosferskog pritiska. Pritisak u kotlu se mora sniziti na atmosferski prije vađenja drveta, čime se gubi na proizvodnom vremenu. Osim toga drvo znatno gubi

na čvrstoći. Danas je uobičajeno parenje kod atmosferskog pritiska zbog nabrojanih nepovoljnih strana primjene viših pritiska.

Parenjem se mijenja sadržaj vode u drvetu. Drvo, koje na početku parenja ima visok sadržaj vode, gubi jedan dio vode, a ono s niskim sadržajem vode na početku parenja prima vodu u toku parenja. Ako parenje duže traje, uspostavlja se sadržaj vode u drvetu, koji teži k točki zasićenosti (30% vlage). Ako drvo na početku parenja sadrži 24 do 30% vode, sadržaj vode se u toku parenja gotovo i ne mijenja (9).



Sl. 2. Ovisnost početne brzine omekšavanja drveta o apsolutnom pritisku pare (po Kollmannu)

Drvo se pari u kotlovima, koji su smješteni blizu strojeva za savijanje, da se ono što manje hladi prije savijanja. Ako se drvo nakon parenja ohladi, ono se teže savija nego drvo, koje se savija neposredno iza parenja. Snage potrebne za savijanje u ova dva slučaja odnose se kao 1 : 4,13 (2). Iz toga se vidi, da je plastificiranje drveta pod utjecajem visoke temperature prolaznog karaktera. Zbog toga kotlovi za parenje moraju biti u neposrednoj blizini strojeva za savijanje.

Za vrijeme parenja drvo ne smije dolaziti u dodir s kondenzatom. **Kollmann** (24) ističe, da, naprotiv općem mišljenju, nije štetno, ako se drvo pari uz prisustvo kondenzata, jer se tim nešto skraćuje trajanje parenja.

Kotlovi za parenje izrađuju se iz raznog materijala. Oni trebaju biti nepropusni za paru. Vrata kotla moraju dobro zatvarati i moraju se dati brzo otvarati i zatvarati. Kotlovi se obično izrađuju od čeličnog lima, koji treba zaštititi od korozije odgovarajućim premazima. Sl. 3. pokazuje kotao cilindričnog presjeka, koji se upotrebljava za parenje.

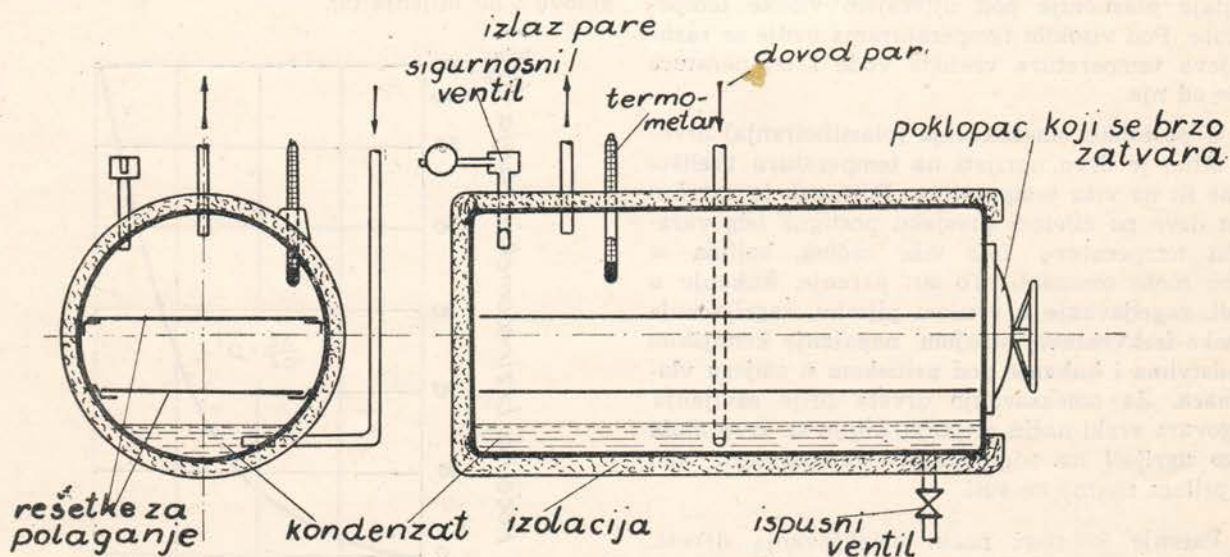
Mjesto čeličnog lima može se upotrebiti aluminij ili drvo stegnuto obručima, koji se mogu i naknadno stezati, ako se za to ukaže potreba. W. C. Stevens i N. Turner (23) konstruirali su novi tip kotla za parenje drveta, koje se savija samo u sredini, a krajevi ostaju nesavijeni.

Na osnovu iskustva i rezultata istraživanja (1, 7, 9, 14, 19, 21) može se zaključiti, da trajanje parenja zavisi od sadržaja vode u drvetu na početku parenja, vrste i debljine drveta, od pritiska pare i načina slaganja drveta. Parenje traje duže,

raspodjele vlage (sl. 4) pokazuju, da se kod kuhanja u vodi površinski slojevi drveta jako navlažuju. Ako od nekog komada treba saviti samo jedan njegov dio, u tom slučaju kuhanje u vodi može biti praktičnije nego parenje.

Zagrijavanje u vrućem pijesku primjenjuje se kod savijanja štapova.

Zagrijavanje visoko-frekventnom strujom može se primijeniti za omekšavanje drveta. Kod kuhanja u vodi i kod parenja mijenja se sadržaj vode



Sl. 3. Kotao za parenje drveta (po Fesselu)

što je veći sadržaj vlage na početku parenja i što je veća debljina drveta. Što je viši pritisak pare, to parenje kraće traje. Općenito se može uzeti, da parenje traje 1 do 2 sata, prema debljini drveta (1,24). Približno se može uzeti, da parenje traje 45 min. po svakih 25 mm debljine drveta (9). Mankevič (7) je našao, da parenje traje dva puta duže, ako se drvo kod parenja slaže bez razmaka, nego ako se slaže s razmacima 6—8 mm. Dugo trajanje parenja je štetno, jer drvo postaje plastičnije, nego što treba, i smanjuju mu se mehanička svojstva. Bitno je, da za vrijeme parenja ima dovoljno pare i da se podržava odgovarajuća temperatura.

Za vođenje parenja treba imati: termometar, manometar i instrument za mjerenje količine pare.

**Kuhanje u vodi** se može primijeniti mjesto parenja. Drvo se kuha u kondenzatu, koji se grije parom. Vodu treba mijenjati s vremena na vrijeme, jer se u njoj nakupljaju kiseline, koje mogu oštetiti drvo. Kuhanje u vodi se manje primjenjuje nego parenje, jer se drvo jače navlažuje, nejednolično bubri i nastaje promjena boje kod nekih vrsta drveta. Fesselova istraživanja (14)

u drvetu. Visoko-frekventnom strujom može se drvo brzo ugrijati na određenu temperaturu, a da mu sadržaj vlage ostane praktično nepromijenjen u sasvim kratkom vremenskom intervalu, koji je potreban, da se drvo savije. Čini se, da je parenje ekonomičnije od zagrijavanja visoko-frekventnom strujom (23).

**Omekšavanje drveta kemijskim sredstvima** pokušano je više puta, da se drvo učini plastičnijim prije savijanja. Kušalo se drvo napojiti otopinom karbamida i zagrijati na 100°C, a pokušano je i napajanje drveta otopinom tanina. Engleski Laboratorij za šumske proizvode (9) provjeravao je efikasnost ovih sredstava i došao do zaključka, da primjena tih sredstava nema praktične vrijednosti. Do tog istog zaključka došli su i ruski istraživači (7). Na osnovu dosadašnjih istraživanja može se zaključiti, da pokušaji, koji su vršeni impregniranjem drveta kemijskim sredstvima u cilju plastificiranja prije savijanja, nisu dali praktičnih rezultata.

**Kuhanje pod pritiskom u smjeru vlaknaca** u vakuumu je patentirani postupak, po kom se proizvodi t. zv. »patent savijeno drvo«, na pr. u gradnji vagona (24.)



manje smanjuje čvrstoću drveta nego parenje, kod kog se mogu primijeniti znatno više temperature. Za smanjivanje čvrstoće kod grijanja važno je, da li je prisutan **uzduh** ili nije. Ako je uzduh prisutan, jače se smanjuje čvrstoća drveta kod zagrijavanja, nego kad uzduh nije prisutan (grijanje ispod metala). Ova razlika se pripisuje utjecaju kisika (oksidacija). Grijanje drveta na visoku temperaturu smanjuje mu higroskopnost, bubrenje i utezanje, a boja drveta tamni (22). U procesu savijanja drveta od osobite je važnosti, da drvo postaje plastičnije pod utjecajem visoke temperature. Pod visokim temperaturama ovdje se razumijeva temperatura vrelišta vode i temperature više od nje.

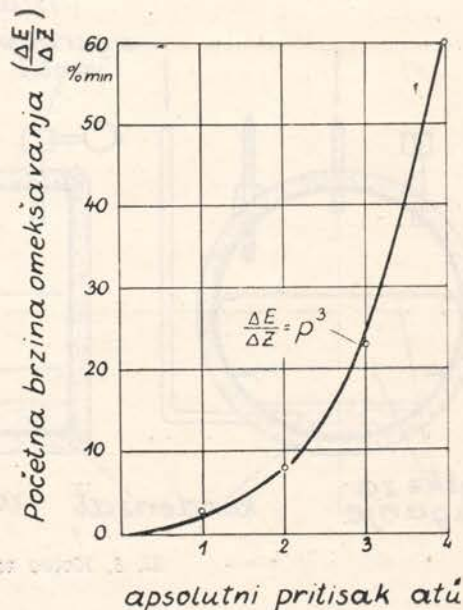
U postupku omekšavanja (plastificiranja) drveta bitno je drvo ugrijati na temperaturu vrelišta vode ili na višu temperaturu. Postupak je završen čim drvo po cijelom presjeku postigne odgovarajuću temperaturu. Ima više načina, kojima se drvo može omekšati. To su: **parenje, kuhanje u vodi, zagrijavanje u vrućem pijesku, zagrijavanje visoko-frekventnom strujom, napajanje kemijskim sredstvima i kuhanje pod pritiskom u smjeru vlaknaca**. Za omekšavanje drveta prije savijanja odgovara svaki način grijanja, kojim se drvo može brzo ugrijati na odgovarajuću temperaturu, ako se pritom znatno ne suši.

**Parenje** je stari način omekšavanja drveta, koji se i danas najviše primjenjuje, jer je najekonomičniji (19). Parenje, koje se poduzima u cilju omekšavanja drveta prije savijanja, razlikuje se od parenja, koje se poduzima zbog promjene boje drveta (na pr. kod piljene građe). Parenje radi omekšavanja drveta prije savijanja traje od 1 do 2 sata, a parenje radi promjene boje 2 do 4 dana.

Za omekšavanje drveta prije savijanja primjenjuje se zasićena para. Pregrijana para se ne može u tu svrhu primijeniti, jer ona suši drvo, a to nije svrha ovog postupka. Parenje radi omekšavanja ima zadaću ugrijati drvo na temperaturu, kod koje postaje plastičnije. Drvo se obično pari kod atmosferskog pritiska. Mogu se primijeniti i viši pritisci od atmosferskog, u kom slučaju se skraćuje trajanje parenja. **Kollmann** (5) je našao, da je brzina omekšanja proporcionalna trećoj potenciji apsolutnog pritiska pare (Sl. 2.). Ako se drvo pari zasićenom parom 3—5 at. pritiska, parenje traje samo 3—5 minuta. Primjena viših pritisaka od atmosferskog ima i nedostataka. Kod primjene viših pritisaka od atmosferskog neke vrste drveta mijenjaju boju, a to nije poželjno. Stijenke kotla, u kom se drvo pari, moraju biti čvršće, nego kad se drvo pari kod atmosferskog pritiska. Pritisak u kotlu se mora sniziti na atmosferski prije vađenja drveta, čime se gubi na proizvodnom vremenu. Osim toga drvo znatno gubi

na čvrstoći. Danas je uobičajeno parenje kod atmosferskog pritiska zbog nabrojanih nepovoljnih strana primjene viših pritisaka.

Parenjem se mijenja sadržaj vode u drvetu. Drvo, koje na početku parenja ima visok sadržaj vode, gubi jedan dio vode, a ono s niskim sadržajem vode na početku parenja prima vodu u toku parenja. Ako parenje duže traje, uspostavlja se sadržaj vode u drvetu, koji teži k točki zasićenosti (30% vlage). Ako drvo na početku parenja sadrži 24 do 30% vode, sadržaj vode se u toku parenja gotovo i ne mijenja (9).



Sl. 2. Ovisnost početne brzine omekšavanja drveta o apsolutnom pritisku pare (po Kollmannu)

Drvo se pari u kotlovima, koji su smješteni blizu strojeva za savijanje, da se ono što manje hladi prije savijanja. Ako se drvo nakon parenja ohladi, ono se teže savija nego drvo, koje se savija neposredno iza parenja. Snage potrebne za savijanje u ova dva slučaja odnose se kao 1 : 4,13 (2). Iz toga se vidi, da je plastificiranje drveta pod utjecajem visoke temperature prolaznog karaktera. Zbog toga kotlovi za parenje moraju biti u neposrednoj blizini strojeva za savijanje.

Za vrijeme parenja drvo ne smije dolaziti u dodir s kondenzatom. **Kollmann** (24) ističe, da, naprotiv općem mišljenju, nije štetno, ako se drvo pari uz prisustvo kondenzata, jer se tim nešto skraćuje trajanje parenja.

Kotlovi za parenje izrađuju se iz raznog materijala. Oni trebaju biti nepropusni za paru. Vrata kotla moraju dobro zatvarati i moraju se dati brzo otvarati i zatvarati. Kotlovi se obično izrađuju od čeličnog lima, koji treba zaštititi od korozije odgovarajućim premazima. Sl. 3. pokazuje kotao cilindričnog presjeka, koji se upotrebljava za parenje.

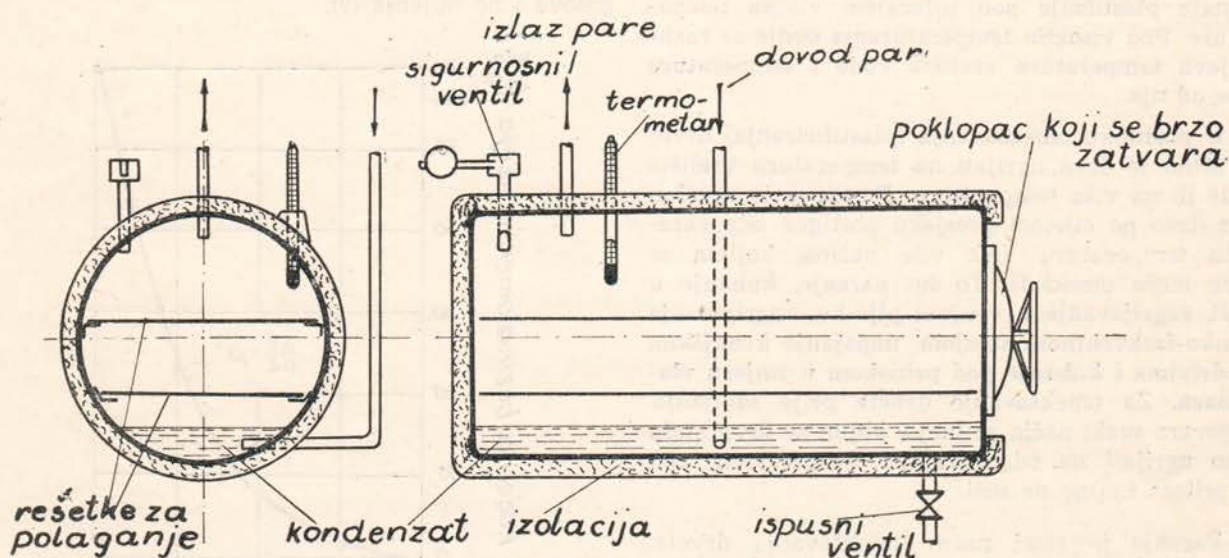
Mjesto čeličnog lima može se upotrebiti aluminij ili drvo stegnuto obručima, koji se mogu i naknadno stezati, ako se za to ukaže potreba. W. C. Stevens i N. Turner (23) konstruirali su novi tip kotla za parenje drveta, koje se savija samo u sredini, a krajevi ostaju nesavijeni.

Na osnovu iskustva i rezultata istraživanja (1, 7, 9, 14, 19, 21) može se zaključiti, da trajanje parenja zavisi od sadržaja vode u drvetu na početku parenja, vrste i debljine drveta, od pritiska pare i načina slaganja drveta. Parenje traje duže,

raspodjele vlage (sl. 4) pokazuju, da se kod kuhanja u vodi površinski slojevi drveta jako navlažuju. Ako od nekog komada treba saviti samo jedan njegov dio, u tom slučaju kuhanje u vodi može biti praktičnije nego parenje.

Zagrijavanje u vrućem pijesku primjenjuje se kod savijanja štapova.

Zagrijavanje visoko-frekventnom strujom može se primijeniti za omekšavanje drveta. Kod kuhanja u vodi i kod parenja mijenja se sadržaj vode



Sl. 3. Kotao za parenje drveta (po Fesselu)

što je veći sadržaj vlage na početku parenja i što je veća debljina drveta. Što je viši pritisak pare, to parenje kraće traje. Općenito se može uzeti, da parenje traje 1 do 2 sata, prema debljini drveta (1,24). Približno se može uzeti, da parenje traje 45 min. po svakih 25 mm debljine drveta (9). Mankevič (7) je našao, da parenje traje dva puta duže, ako se drvo kod parenja slaže bez razmaka, nego ako se slaže s razmacima 6—8 mm. Dugo trajanje parenja je štetno, jer drvo postaje plastičnije, nego što treba, i smanjuju mu se mehanička svojstva. Bitno je, da za vrijeme parenja ima dovoljno pare i da se podržava odgovarajuća temperatura.

Za vođenje parenja treba imati: termometar, manometar i instrument za mjerenje količine pare.

**Kuhanje u vodi** se može primijeniti mjesto parenja. Drvo se kuha u kondenzatu, koji se grije parom. Vodu treba mijenjati s vremena na vrijeme, jer se u njoj nakupljaju kiseline, koje mogu oštetiti drvo. Kuhanje u vodi se manje primjenjuje nego parenje, jer se drvo jače navlažuje, nejednolično bubri i nastaje promjena boje kod nekih vrsta drveta. Fesselova istraživanja (14)

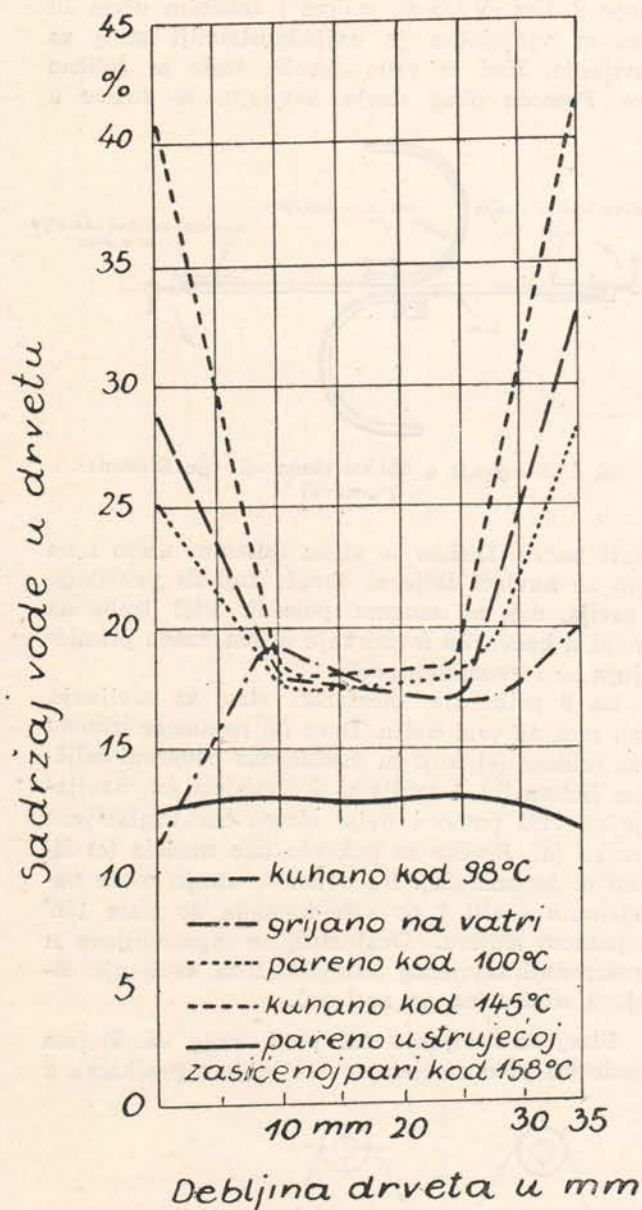
u drvetu. Visoko-frekventnom strujom može se drvo brzo ugrijati na određenu temperaturu, a da mu sadržaj vlage ostane praktično nepromijenjen u sasvim kratkom vremenskom intervalu, koji je potreban, da se drvo savije. Čini se, da je parenje ekonomičnije od zagrijavanja visoko-frekventnom strujom (23).

**Omekšavanje drveta kemijskim sredstvima** pokušano je više puta, da se drvo učini plastičnijim prije savijanja. Kušalo se drvo napojiti otopinom karbamida i zagrijati na 100°C, a pokušano je i napajanje drveta otopinom tanina. Engleski Laboratorij za šumske proizvode (9) provjeravao je efikasnost ovih sredstava i došao do zaključka, da primjena tih sredstava nema praktične vrijednosti. Do tog istog zaključka došli su i ruski istraživači (7). Na osnovu dosadašnjih istraživanja može se zaključiti, da pokušaji, koji su vršeni impregniranjem drveta kemijskim sredstvima u cilju plastificiranja prije savijanja, nisu dali praktičnih rezultata.

**Kuhanje pod pritiskom u smjeru vlaknaca** u vakuumu je patentirani postupak, po kom se proizvodi t. zv. »patent savijeno drvo«, na pr. u gradnji vagona (24.)

## SAVIJANJE

Drvo se može savijati ručno i strojevima. Danas se primjenjuju oba načina savijanja za savijanje drveta raznih presjeka.

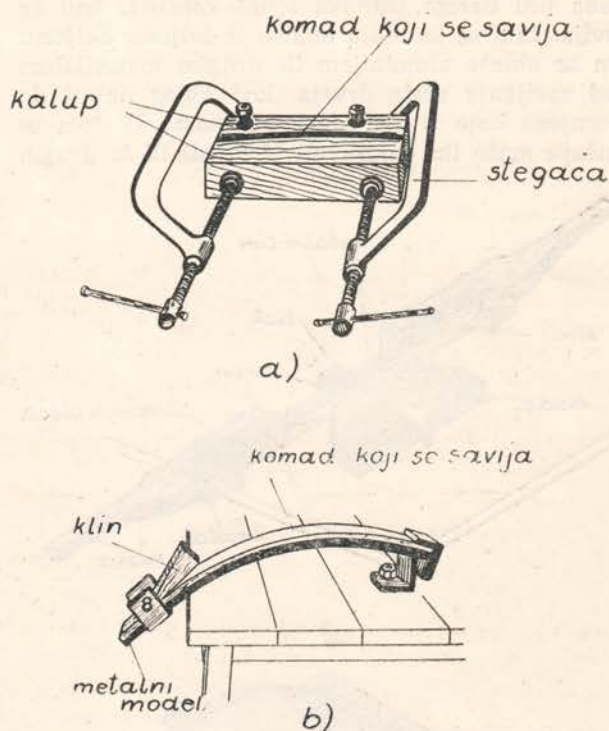


Sl. 4. Raspodjela vlage na prosjeku hrastove dužice nakon raznih priprema drveta (po Fesselu)

**Ručno savijanje** je postupak, kojim se drvo savija snagom radnika uz primjenu poluge, vitla ili drugih naprava, ali bez upotrebe motorne snage. Ručno savijanje se primjenjuje i u modernim pogonima, gdje treba saviti manji broj komada ili drvo treba saviti na kompliciraniji oblik nego na strojevima. Ako u nekom pogonu treba saviti manji broj komada drveta, ne isplati se za mali broj komada nabavljati skupe strojeve. Vješti radnici mogu ručno savijati drvo na komplici-

ranije oblike nego na strojevima. Uspjeh ručnog savijanja zavisi od vještine radnika i poznavanja principa savijanja. Ručno se može savijati hladno ili zagrijano drvo, s metalnim zaštitnim limom ili bez njega. Drvo se može savijati i u više ravnina.

Ručno savijanje hladnog drveta primjenljivo je, kad drvo treba saviti na veliki polumjer zakrivljenosti. Drvo može biti sirovo ili suho. W.



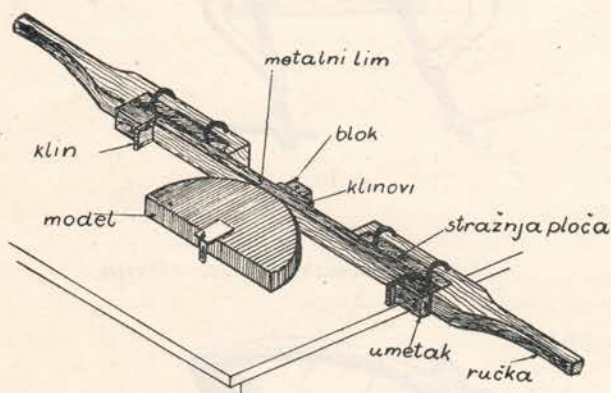
Sl. 5. Ručno savijanje drveta bez zaštitnog lima, a) savijanje pomoću muškog i ženskog kalupa, b) savijanje preko metalnog kalupa (po Stevens-Turneru)

C. Stevens i N. Turner (9) našli su, da se većina vrsta drveta može saviti u hladnom stanju do približnog odnosa  $s/r = 0,02$  ( $s$  je debljina drveta, a  $r$  je polumjer zakrivljenosti). Drvo savijeno u hladnom stanju zbog elastičnosti nastoji, da se vrati u oblik, koji je imalo prije savijanja. Savijanje se može olakšati, ako se ne traži velika čvrstoća, da se jedan dio drveta s konkavne strane odstrani piljenjem ili da se konkavna strana oslabi poprečnim piljenjem ili žlijebljenjem. Na hladno se savijaju daske za čamce, koje se nakon savijanja pričvršćuju za rebra (9).

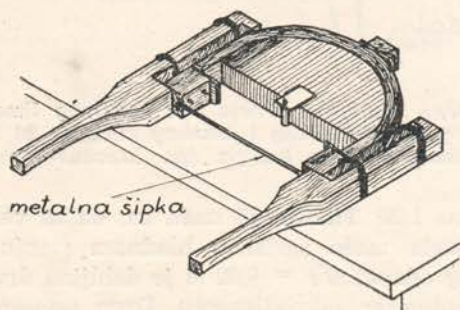
Ručno savijanje zagrijanog drveta vrši se pomoću metalnog zaštitnog lima ili bez njega. Zagrijano drvo može se saviti bez metalne zaštite do približnog odnosa  $s/r = 0,08$  (tab. 1) Zagrijano drvo može se savijati bez metalne zaštite na više načina (sl. 5).

S metalnom zaštitom može se zagrijano drvo savijati na mali polumjer zakrivljenosti. Konkavna se strana drveta oblaže metalnim limom,

a čela drveta stoje pod pritiskom za vrijeme savijanja, da se spriječi rastezanje vlaknaca na konveksnoj strani drveta. To je **Thonetov postupak**. Metalni lim štiti konveksnu stranu, da ne puca za vrijeme savijanja. Zaštitni lim treba biti dovoljno deo, da ne puca kog savijanja. Debljina lima iznosi od 0,2 do 2 mm, već prema debljini drveta. Lim je obično deo 0,7 do 0,8 mm. Širina lima treba biti barem jednaka širini komada, koji se savija. Lim se izrađuje obično iz željeza. Željezni lim se oblaže aluminijem ili drugim materijalom kod savijanja vrsta drveta, kod kojeg dolazi do promjene boje u dodiru sa željezom. U tom se slučaju može lim izrađivati iz mjedi ili iz drugih



a)



b)

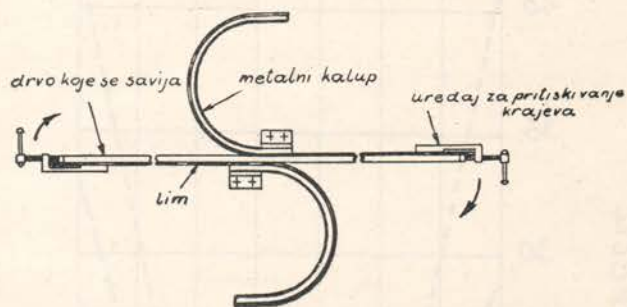
Sl. 6. Ručno savijanje na oblik slova »U« a) početni stadij b) konačni stadij (po Stevens-Turneru)

odgovarajućih materijala. Ručno savijanje zagrijanog drveta s metalnim zaštitnim limom ilustriraju sl. 6 i 7. Sl. 6 pokazuje jednostavan slučaj savijanja, a sl. 7 savijanje u obliku slova »S«.

**Savijanje strojevima** osniva se na istim principima kao i ručno savijanje. Kod savijanja na strojevima zamijenjena je snaga radnika motorom snagom. Prvi primitivni strojevi za savijanje drveta javljaju se polovinom 19-og vijeka. Danas ima raznih vrsta strojeva za savijanje drveta na razne oblike. Potrebna energija za pogon obično iznosi od 1,5 do 3 kW. Najčešće se upotrebljavaju

vitla, zvonolike preše, strojevi za savijanje s prečkama, strojevi za savijanje na puni krug, preše i drugi.

Vitla i zvonolike preše primjenjuju se za savijanje dužica. Vitlo sa stolom i čeličnim užem ili lancem vjerojatno je najjednostavniji stroj za savijanje. Kad se vitlo okreće, steže se čelično uže. Pomoću ovog stroja savijaju se dužice u

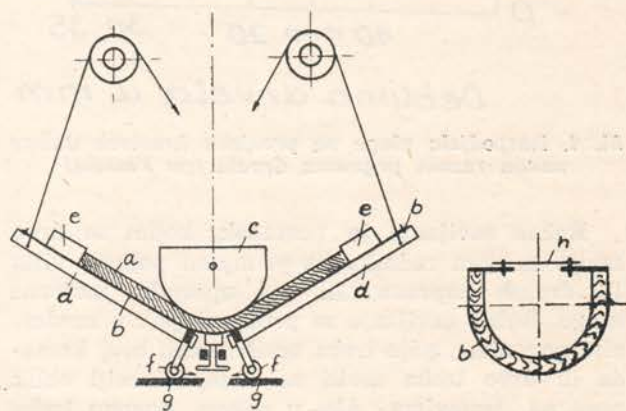


Sl. 7. Savijanje u obliku slova »S« (po Stevens-Turneru)

plašt bačve. Dužice se stežu čeličnim užem i na njih se navlači željezni obruč, koji ih pritiskuje i savija, dok ne zauzmu položaj, koji treba da imaju u bačvi. Za formiranje plašta bačve primjenjuju se i zvonolike preše.

Sl. 8 prikazuje shematski stroj za savijanje, koji radi na ovaj način. Drvo (a) se umeće između dva oslonca (e), koji su međusobno povezani čeličnim limom (b), i savija preko modela (c). Savijanje se vrši pomoću dvije simetrične uzglobljene prečke (d). Prečke se pokreću oko modela (c) žicom ili lancem (20). Na ovom se stroju može najednput saviti i po više komada do kuta 180° u jednom smjeru. Ovaj stroj se upotrebljava u proizvodnji savijenog namještaja za savijanje dijelova stolica (na pr. naslona).

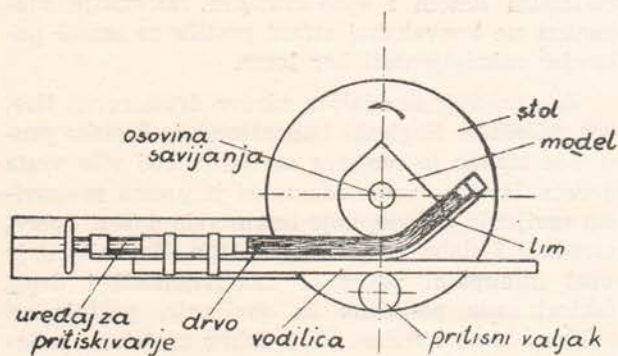
Stroj za savijanje na puni krug (sl. 9) ima prednosti pred strojem za savijanje s prečkama u



Sl. 8. Shema stroja za savijanje s prečkama (po Prodehlu-Mihajlov), a) drvo, b) zaštitni metalni lim, c) model, d) prečke, e) oslonci, f) valjci, g) tračnice i h) metalna šipka (spona).

tome, što se na njemu može drvo saviti na puni krug, kao i u tom, što se može saviti samo jedan dio komada a drugi ostaje ravan.. Model je učvršćen za stol, koji se može okretati. Okretanjem stola drvo se savija pomoću pritisknog valjka. Ovaj stroj se primjenjuje za savijanje okvira za sjedišta stolica.

Preša za savijanje služi za savijanje na veliki polumjer zakrivljenosti (naslona i nogu za stolice). Preša je izgrađena iz zakrivljenih ploča, koje su montirane jedna iznad druge i koje se griju parom ili vrućom vodom. Drvo se umeće u prešu bez zaštitnog lima, gdje se savija i suši. Pritisak se proizvodi hidraulički.



Sl. 9. Shema stroja za savijanje na puni krug (po Kivimavau)

Položaj godova obzirom na smjer savijanja može imati utjecaja na veličinu sile, koju treba primijeniti, i lomove, koji nastaju kod savijanja. E. G. Krotov i B. R. Fišer (27) našli su na 70 pokusa, da je procent lomova kod savijanja hrastovih četvrtaca ( $1000 \times 35 \times 50 \text{ mm}$ ) iznosio kod tangencijalnog savijanja 11%, kod radijalnog 7% i kod dijagonalnog 4%. Kod tangencijalnog savijanja godovi su okomiti ili približno okomiti na zaštitni lim, kod radijalnog su paralelni ili približno paralelni sa zaštitnim limom. W. C. Stevens i N. Turner (9) našli su, da se dobivaju nešto povoljniji rezultati kod radijalnog savijanja, ali o tom treba voditi računa možda samo kod vrlo teških zadataka savijanja.

## UKRUĆIVANJE

Od savijenog drveta se traži, da zadrži oblik dobiven savijanjem. Ako se savijeni komad odmah nakon savijanja oslobodi kalupa, on će se ispraviti djelomično ili potpuno. Koliko će se ispraviti zavisi od toga, da li je kod savijanja prekoračena granica elastičnosti ili nije. Ako nije prekoračena granica elastičnosti, drvo će se potpuno ispraviti. Ako je prekoračena granica elastičnosti, drvo će se ispraviti samo djelomično, jer su kod savijanja nastupile trajne deformacije. Da bi drvo zadržalo oblik, koji je dobilo savijanjem, podvrgava se postupku ukrućivanja (skrućivanja, stabiliza-

cije). Ukrućivanje se postiže uklanjanjem nešta vlage iz drveta i hlađenjem (9). Sušenje je bitni dio procesa ukrućivanja, i metalni oblog treba ukloniti što je moguće prije. Kada ga treba ukloniti, to treba ispitati, jer ako se prerano ukloni, drvo se ispravlja. Kod komplikovanog oblika metalni kalup ostaje na drvetu za vrijeme cijelog procesa (6). Savijeno sirovo drvo se može ukrutiti i samim hlađenjem, a da mu je sadržaj vlage veći od točke zasićenosti. Sušenje je potrebno iz razloga, što se od gotovog produkta, u koji će biti uključen savijeni komad, traži određeni sadržaj vode, kod savijenog namještaja obično 8—12%, da njegove dimenzije ostanu nepromijenjene, kad se drvo stavi u upotrebu, i da ne »radi«. Ukrućivanje je u neku ruku obratan proces omekšavanja. Kod omekšavanja se drvo obrađuje toplinom uz prisustvo vlage, da omekša, a kod ukrućivanja se grije na suho i hladi, da se ukrti.

Za ukrućivanje savijenog drveta može poslužiti svaka topla prostorija pogotovo, ako ima uređaj za odstranjivanje vlažnog uzduha. Ukrućivanje se obično vrši u komorama, koje se griju i iz kojih se odvodi vlažni uzduh. Bez zaštitnog lima drvo se suši kod temperature, koja ne prelazi 38°C. Ako je metalni lim na drvetu, drvo se ne oštećuje kod temperature u komori 65—70°C. Relativnu vlagu uzduha rijetko kad treba kontrolirati (8). Niže temperature od navedenih primjenjuju se, kad se od savijenog drveta traži velika čvrstoća, ili, kad drvo trpi od visoke temperature (kolaps). S ukrućenog drveta se skida metal, koji ga je pridržavao u savijenom obliku do ukrućivanja, obično jedan sat nakon vađenja drveta iz komore. Drvo se ostavlja oko 14 dana u radioničkom prostoru ili u klimatiziranom prostoru kod temperature oko 25°C i kod relativne vlage, koja nije jako niska, da se izjednači vlaga u drvetu. Nakon toga je savijeno drvo sposobno za daljnju obradu.

Trajanje ukrućivanja ne može se računom odrediti, jer utječu mnogi faktori: temperatura, dimenzije drveta, sadržaj vlage i t. d. Ono se može u konkretnom slučaju procijeniti na osnovu nekoliko pokusa. Kao indikator, da li je proces ukrućivanja dovršen ili nije, mogu poslužiti povremeni pregledi savijenih komada. Ako su sponje labave na dodir, znak je, da se drvo ukrtilo. Ukrućeno drvo se uteže, i na taj se način smanjuje polumjer zakrivljenosti, sponje (metalne šipke) olabave. Savijena sirova bukovina, debela 25 mm, može se ukrtiti za 6 sati, a prirodno suha za 4 sata (6). Prirodno suha hrastovina, koja ima presjek 37 mm x 37 mm, savijena na polumjer zakrivljenosti 23 cm, ukrti se kod temperature 66°C za 9 sati (9). Po Kollmannu (24) se dosušivanje iza savijanja vrši kod temperature do 100°C. Kontrola relativne

vlage uzduha obično nije potrebna, jer se suše razmjerno mali dijelovi. Dосуšivanje traje od 24 do 160 h.

Ako je drvo savijeno ispod granice elastičnosti, t. j. na veliki polumjer zakrivljenosti, ono nastoji da se vrati u prvobitni oblik. U tom slučaju drvo se savija na nešto manji polumjer zakrivljenosti, nego što treba, računajući s tim, da će se nešto ispraviti.

Sitnije savijene komade, koji se uključuju u neku konstrukciju, ponekad se ne suši, što ne zadaje neprilika u upotrebi. Kad se to može raditi, odlučuje iskustvo (9).

### SVOJSTVA SAVIJENOG DRVETA

Pod utjecajem topline mogu se neke vrsti drveta toliko komprimirati, da se mogu saviti do određenog polumjera zakrivljenosti. Nije poznato, zbog čega je to tako ni zašto toplina utječe samo na neke vrsti. Pretpostavlja se, da do te pojave može doći zbog smanjivanja kohezije radi rastezanja pod djelovanjem topline zbog povećanog kretanja molekula radi povišene temperature i zbog djelomičnog otapanja nekih sastavnih dijelova staničnih stijenki. Mikroskopom se mogu uočiti neke promjene na staničnim stjenkama komprimiranog drveta, ali ni mikroskop ne daje uvid u nastale promjene u stanicama, jer se preparat mora vlažiti kod pripreme, a komprimirano drvo u dotiru s vodom teži da se vrati u raniji oblik. Svojstva komprimiranog drveta razlikuju se od svojstava prirodnog drveta. Komprimirano drvo se jače uteže i jače bubri u uzdužnom smjeru nego prirodno drvo. Kod dodira s vodom ili s uzduhom visoke vlažnosti komprimirano drvo nastoji da se ispravi. Zbog tog se savijeno drvo nastoji ispraviti, ako se ovlažuje. Jako komprimirano drvo postaje jako savitljivo (9).

Svojstva savijenog (komprimiranog) drveta zavise od vrste drveta, vlage, pripreme i načina savijanja. **Teichgräber** (24) je istraživao svojstva savijenog drveta i našao, da se volumna težina uvećava komprimiranjem u odnosu na nesavijeno drvo, ali nejednolično po dužini drveta. Čvrstoća na vlak u smjeru vlakana povećava se u odnosu na nesavijeno drvo u blizini konveksne, a smanjuje u blizini konkavne strane. Čvrstoća na vlak okomito na vlakanca povećava će kod savijanja, i maksimum se nalazi po sredini debljine komada, a manje vrijednosti na konkavnoj i konveksnoj strani. Čvrstoća savijanja ne mijenja se bitno na konveksnoj strani, dok se na konkavnoj smanjuje to više, što je manji polumjer zakrivljenosti. Praktično nema promjena u tvrdoći okomito na vlakanca.

### ZAKLJUČAK

U članku je izloženo današnje stanje teorije i tehnike procesa savijanja masivnog drveta na

osnovu dosadašnjeg iskustva prakse i rezultata istraživačkog rada.

Proces savijanja je u biti naprezanje drvnih vlakana na pritisak na konkavnoj i na vlak na konveksnoj strani. Kompresibilnost nekih vrsta drveta znatno se povećava parenjem ili kuhanjem drveta. Time se postiže savijanje na manji polumjer zakrivljenosti bez loma. Rastezanje vlakanca i nakon parenja ili kuhanja je znatno manje od dopuštenog pritiska na kompresiju, pa je minimalni polumjer zakrivljenosti zavisao od maksimalnog dopuštenog rastezanja vlakana na konveksnom licu. Zaštićivanjem konveksne strane metalnim limom i sprečavanjem rastezanja vlakana na konveksnoj strani postiže se manji polumjer zakrivljenosti bez loma.

Za savijanje se odabire zdravo drvo, ravne žice, bez griješaka. Engleski Laboratorij za šumske proizvode ispitao je svojstva savijanja kod više vrsta drveta. Ispitane vrste razvrstao je prema svojstvima savijanja na one, koje imaju vrlo dobra, dobra, srednja i slaba svojstva savijanja. Za kriterij je uzet minimalni polumjer zakrivljenosti i drugi faktori: sila potrebna za savijanje, postojanost oblika i sitne kvržice. Vrlo dobra svojstva savijanja pokazuju: jasen, bukva, pitomi kesten, brijest, hrast, cer, bagrem i platana, a prema nepotpunim podacima, također grab i orah. Slaba svojstva savijanja pokazuje smreka.

Starost drveta, širina goda i karakteristike staništa imaju sekundaran utjecaj na savitljivost. Za savijanje ne odgovara drvo, koje je napadnuto od gljiva, drvo od vrlo starih stabala, kao ni drvo vrlo širokih ili vrlo uskih godova. Tvrdi se, da je za savijanje bolje drvo sa sjevernih strana nego s južnih ili iz ravnice.

Prije savijanja drvo se prirodno suši na cca 25% sadržaja vlage, a nije isključeno ni umjetno sušenje.

Kod savijanja imaju prednost glatko oblanjane plohe drveta pred neravnim. Na neravnim mjestima prije se javljaju lomovi.

Priprema drveta za savijanje sastoji se u zagrijavanju na bilo koji način, kojim se drvo znatno ne suši. Zagrijavanjem na visoku temperaturu drvo postaje plastičnije, omekšava se. Omekšavanje drveta postiže se na različite načine: parenjem, kuhanjem u vodi, zagrijavanjem u vrućem pijesku, zagrijavanjem visokofrekventnom strujom, kemijskim sredstvima i kuhanjem i pritiskivanjem u smjeru vlakana. U praksi se najviše upotrebljava parenje kod atmosferskog pritiska. Trajanje parenja zavisi o vrsti i debljini drveta, o sadržaju vode na početku parenja, o pritisku pare i načinu slaganja. Općenito se može uzeti, da parenje traje 45 min. po svakih 25 mm debljine drveta.

Masivno drvo se savija ručno i strojevima. Ručno savijanje primjenjuje se i u modernim pogonima, gdje treba saviti manji broj komada, jer se ne isplati nabavljati skupe strojeve. Vješti radnici bolje mogu ručno savijati komplikovane oblike, nego na strojevima, koji se grade samo za određene oblike. Prvi strojevi za savijanje javljaju se polovinom 19-og vijeka. Za savijanje dužica primjenjuje se vitlo s čeličnim užetom ili lancem i zvonolike preše. Veliku primjenu nalazi stroj za savijanje s prečkama i stroj za savijanje na puni krug. Hidraulične preše upotrebljavaju se za savijanje na veliki polumjer zakrivljenosti.

Ukrucivanje savijenog drveta postiže se odstranjivanjem jednog dijela vlage iz drveta i hlađenjem. Sirovo se drvo može ukrutiti samo hlađenjem. Savijeno drvo treba osušiti na onaj sadržaj vode, koji se od njega traži u upotrebi. Ukrucivanje se vrši u zagrijanim prostorijama ili u komori. U procesu ukrucivanja temperatura ne treba da prelazi 38°C, ako je drvo savijeno bez metalne zaštite, ni 65°—70°C, ako je drvo savijeno s metalnom zaštitom. Sirova bukovina, debela 25 mm, savijena s metalnom zaštitom, ukruti se za cca 6 sati, a prirodno suha za cca 4 sata. Trajanje ukrucivanja određuje se u konkretnom slučaju pokusima. Ukruceno drvo drži se oko 14 dana u radio-ničkim prostorijama kod temperature oko 25°C i tek nakon tog vremena je sposobno za daljnju obradu.

Svojstva savijenog (komprimiranog) drveta razlikuju se od svojstava prirodnog drveta i zavise o vrsti, vlazi, pripremi i načinu savijanja. Komprimirano drvo se jače uteže i jače bubri u uzdužnom smjeru od prirodnog drveta. U dodiru s vodom ili jako vlažnim uzduhom nastoji da se ispravi. Volumna težina se povećava komprimiranjem, ali nejednolično po dužini. Čvrstoća na vlak u smjeru vlakana povećava se u blizini konveksne, a smanjuje u blizini konkavne strane. Čvrstoća na vlak okomito na vlakanca povećava se, i maksimum se nalazi u sredini komada. Čvrstoća savijanja ne mijenja se bitno na konveksnoj strani, a na konkavnoj se smanjuje to više, što je manji polumjer zakrivljenosti. U tvrdoći okomito na vlakanca nema promjena.

#### LITERATURA

1. Exner, W. F.: Das Biegen des Holzes, Leipzig 1922.
2. Lippmann, R.: Die Holzbiegerei. Jena 1923.
3. Gillrath, J.: Holzbearbeitungsmaschinen und Holzbearbeitung In- und Auslandes. Berlin 1929. str. 531—538.
4. Kollmann, F.: Technologie des Holzes. Berlin 1936, str. 525—536.
5. Kollmann, F.: Vorgänge und Aenderungen von Holzigenschaften beim Dämpfen. Holz als Roh und Werkstoff 1939, Heft 1, str. 1—11.

6. Dept. of sci. and ind. res. FPRL: The Bending of Solid Timber. Leaflet No 33. December 1943.
7. Mihajlov, V. N.: Stoljarno-mehaničeskie proizvodstva. Moskva, Lenjingrad 1947. str. 339—364.
8. Stevens, W. C.: The bending of wood. Forestry Abstracts Vol. 9 Number 3, 1948, str. 265—271.
9. Stevens, W. C. and N. Turner: Solid and laminated wood bending. London 1948.
10. Dept. of sci. and ind. res. FPRL: The steam bending properties of various timbers — Part I. Leaflet No 45. London 1949.
11. Dept. of sci. and ind. res. FPRL: The steam bending properties of various timbers Leaflet No 45. Supplement No 1. November, 1951.
12. Kollmann, F.: Über das mechanische Verhalten von Kiefernholz bei Biegung und Temperaturen zwischen 20° und 100°C. Medd. Nr. 22. Svenska Träforskningsinstitutet Trätekniska avdelningen. Stockholm 1951.
13. Runkel, R. O. H. und K. D. Wilke: Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. Holz als Roh und Werkstoff, Heft 7, str. 260—270.
14. Fessel, F.: Probleme beim Holzbiegen. Holz als Roh- und Werkstoff 1951. 9 (2) str. 56—62.
15. Knežević, M.: Mehanička prerada drveta. Knjiga II. Beograd 1951, str. 251—262.
16. Kollmann, F.: Über das Biegen der Hölzer. Holz-Zentralblatt Bd. 78 (1952) str. 1439.
17. Kollmann, F.: Über die Abhängigkeit einiger mechanischen Eigenschaften der Hölzer von der Zeit, von Kerben und von Temperatur. Erste Mitteilung: Einfluss der Zeit auf die mechanischen Eigenschaften der Hölzer. Holz als Roh und Werkstoff 1952, Heft 5, str. 187—197.
18. Fessel, F.: Maschinen zur spanlosen Holzformung. Holz als Roh und Werkstoff, 1952, Heft 4, str. 157—170.
19. Wangaard, F.: The Steam Bending of Beech. Journal of the Forest Products Research Society, Vol. II, No 4, November 1952, str. 35—41.
20. Hütte inženjerski priručnik II, Beograd 1953, str. 1032.
21. Stam, A. J., E. E. Harris: Chemical processing of wood. New York 1953, str. 149—152 i 205—207.
22. Leontijev I. I., A. G. Abuhov: Proizvodstvo gnutoj mebeli. Moskva—Lenjingrad 1954.
23. Stevens, W. C. and N. Turner: A new type of steaming retort for wood bending purposes. Wood 1955, January str. 10—12.
24. Kollmann, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Zweiter Band. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1955, str. 782—821.
25. Nikolaev, L. N.: Novij tip proparno-kameri. Derevoobrativajuščaja promišljenost 1955 No 9, str. 31 i 32.
26. Morozov, G. A., I. S. Hvostov i Ju. P. Onišenko: Proizvodstvo gnutoj mebeli v Čehoslovakii. Derevoobrativajuščaja promišljenost, No 3, str. 28—32.
27. Mankevič, L. A.: Vlijanije nekih faktorov na kačestvo gnutja drevesini. Derevoobrativajuščaja promišljenost, No 1, 1956, str. 10—12.

# SOLID WOOD BENDING

In this article is given a summary of theory and technique of solid wood bending.

The process of solid wood bending consists of compression fibres on concave and stretching on convex face.

The compressibility of some species of wood increases with steaming or boiling in water. So treated wood can be bent on small radius of curvature without fracture. The stretching of fibres on convex face increases slightly after steaming or boiling. The minimum radius of curvature depends on stretching the fibres on convex face. The wood can be bent on smaller radius of curvature without fracture if the convex face is supported by means of a band of steel and if the stretching of fibres is limited during bending.

The wood selected for bending must be straight grains and without any defects. FPRL classified investigated species of wood according to bending properties on species which have very good, good, moderate and poor bending properties. The criterion for classification was the minimum radius of curvature at which breakages not exceed 5 per cent during bending and other factors such as the forces induced during bending, stability of shape and tolerance of defects. According to this classification very good bending properties have: ash, beech, chestnut, elm, oak, plane, robinia, walnut and hornbeam. Spruce has poor bending properties.

The age, the width of annual rings and the soil characteristics have secondary influence on bending properties. By fungi strongly attacked wood as the wood with very large or very narrow annual rings is not suitable for bending. The trees from north hill sides seems to supplies better wood for bending than that from south sides or from lowland.

Before the bending the wood must be air-dried to a moisture content of 25 per cent, but it is not excluded and kiln dried wood.

The wood with smooth surfaces is better for bending than that with rough, because the first breaks happen on roughness.

Softening treatment consists of heating but without appreciable drying. With heat treated wood becomes weaker (semi-plastic). There are several softening treatments: steaming, boiling in water, heating in hot sand, high frequency heating, chemical treatment, boiling with pressure in direction of grains. The greatest application has the steaming at atmospheric pressure. The steaming time depends on the species and thickness of wood, initial moisture content, pressure and piling. Approximate duration of steaming is about 45 minutes for one inch of wood thickness.

Solid wood can be bent by hand and machines. Hand bending is applicable where a little number of pieces must be bent because for little number of pieces it is not economical to install costly power-operated machines. Skilled hand bending operators can produce most complicated bends than a machine. The first primitive machine for wood bending date from 19. century. Machine with a rope and windlass is often used for the staves bending.

For the same purpose serves and bell shaped press. The great application have lever arm machine, revolving table machine and hydraulic press which is used for bending to a great radius of curvature.

The bends become set with reducing a part of moisture and with cooling of wood. Green wood can be set only with cooling. The bent wood must be dried to the moisture content which will have in use. The warm storage or kiln can be applied for setting of bends. In the process of setting the temperature do not exceed 38°C if wood is bent without metal strap and 65—70°C if wood is bent with metal strap. Green beech wood 1 in. thick can be set for cca 6 hours if bent with metal strap and for cca 4 hours if bent without metal strap. The time necessary for setting in concrete case can be determined with a few tests. After setting the wood must be placed for about 14 days in a warm storage with temperature about 25°C. After that time the wood is ready for conversion.

The bent (compressed) wood has different properties than normal wood. On properties of bent wood have influence: species of wood, moisture content softening treatment, bending and s. o.. Compressed wood has greater swelling and shrinkage in the direction of grains. The bent wood in contact with water or very moist air tends to open out. Specific gravity of wood increases with compression but uneven along the length of the piece. The tension strength of fibres in direction of grains increases on the convex and decreases on the concave face. The tension strength perpendicular to the fibres increases and becomes maximum in the middle of the piece. The static bending strength on concave face decreases appreciable as the bends increase in severity, but on convex face there is no change in relation to normal wood. In the hardness of wood there is no change between bent and normal wood.





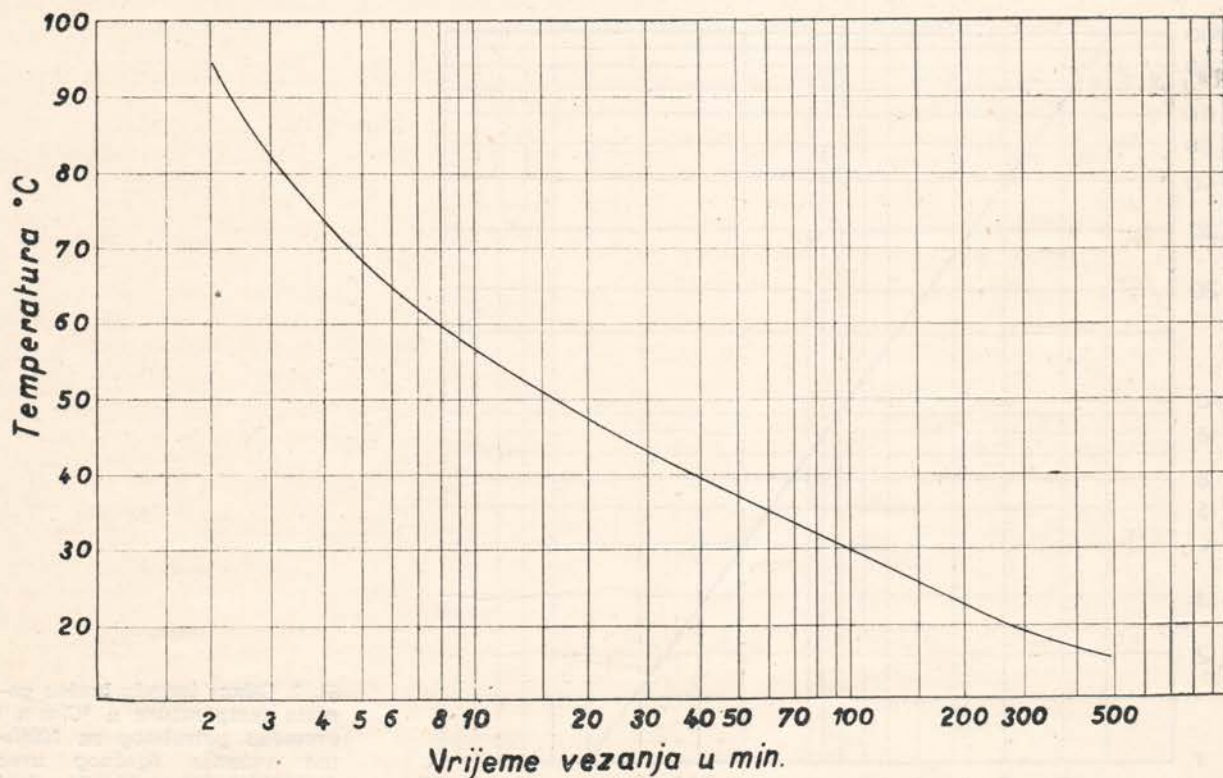
## O DIELEKTRIČNOM ZAGRIJAVANJU PRI LIJEPLJENJU DRVETA

U procesu proizvodnje stolarskih proizvoda, a naročito namještaja, lijepljenje predstavlja isto tako važnu fazu rada, kao i sušenje drveta, njegova strojna obrada i obrada površine. Pošto su gotovo svi spojevi pojedinih elemenata, iz kojih je sastavljen proizvod, spojeni ljepilom, to će o kvalitetu lijepljenja u mnogome ovisiti i kvalitet gotovog proizvoda. Ranije se lijepljenje spojeva vršilo samo prirodnim ljepilima, t. j. ljepilima napravljenim na bazi životinjskih i biljnih proteina (koštana i kožna ljepila, kazeinska ljepila, albuminska ljepila, ljepila iz soje i t. d.), koja su zadovoljavala potrebe, dok se proizvodilo na obrtnički način. Međutim, industrijskom proizvodnjom stolarskih proizvoda ukazala se potreba za skraćanjem vremena potrebnog za proces lijepljenja, jer se spojevi, lijepljeni prirodnim ljepilima, moraju dugo sušiti pod pritiskom. Kod takvog je procesa lijepljenja potreban velik radni prostor i mnogo različitih uređaja za stezanje. Pronalaskom sintetskih ljepila stvorile su se nove mogućnosti daljnjeg razvoja stolarske proizvodnje, jer spojevi li-

jepljeni sintetskim ljepilima očvrstnu kroz mnogo kraće vrijeme i mogu prijeći na daljnje faze obrade, a i kvalitet ovakvih spojeva po svojim svojstvima čvrstoće i otpornosti prema vlazi znatno nadmašuje kvalitet spojeva lijepljenih prirodnim ljepilima.

### Primjena sintetskih ljepila

Osnovna razlika između prirodnih i sintetskih ljepila je u tome, da prirodna ljepila vežu hlađenjem i gubitkom vode koju sadržavaju, dok je vezivanje sintetskih ljepila kemijski proces, t. zv. polimerizacija. Većina sintetskih ljepila sastoji se iz raznih tipova sintetskih visokopolimeriziranih smola (na pr. urea-formaldehidne ili karbamidne smole, fenol-formaldehidne smole, rezorcinol-formaldehidne smole, melaminske smole i sl.), kod kojih je proces polimerizacije pri proizvodnji prekinut u određenoj fazi tako, da ih se može na kraće ili duže vrijeme uskladištiti, a da se one pri tome ne stvrđnu i ne vežu. Prije upotrebe ove se



Sl. 1. Odnos vremena vezanja i temperature za jedno tipično urea-formaldehidno ljepilo (po J. Pound-u)

smole pomiješaju s određenim katalizatorima ili otvrđivačima, čijim se djelovanjem nastavlja proces polimerizacije smole do konačnog skrućivanja u krutu masu. Ovaj završni proces polimerizacije smole nazivamo **vezivanjem** ljepila.

Istraživanjima je utvrđeno, da se trajanje procesa vezivanja ljepila može znatno skratiti, ako se povisi temperatura, pod kojom se taj proces odvija. Tako je na pr. ustanovljeno (12)\* da normalno urea-formaldehidno ljepilo kod temperature od 21°C veže za 4 sata, kod temperature od oko 48°C ljepilo će vezati za 20 minuta, dok će kod temperature od oko 93°C vezati za svega 2 minute. Na sl. 1 prikazana je grafički ovisnost vremena vezanja ljepila o temperaturi za ovo ljepilo (12).

Ukupno potrebno vrijeme za lijepljenje dobiva se tako, da se vrijeme potrebno za vezivanje ljepila kod određene temperature doda vremenu potrebnom za postizanje te temperature u sloju ljepila. Uzmimo, da je za postizavanje temperature od 93°C u sloju ljepila potrebno 10 minuta, a ljepilo bi kod te temperature vezivalo za 2 minute. Ukupno potrebno vrijeme za lijepljenje bi, prema tome, iznašalo 12 minuta. Međutim, jasno je, da će proces vezivanja u ljepilu početi već za vrijeme zagrijavanja na 93°C, pa će radi toga vrijeme lijepljenja biti kraće od 12 minuta. Ako je temperatura ljepila prije početka lijepljenja bila na pr. 16°C, a u roku od 10 minuta dostigne temperaturu od 93°C, to će prosječno povišenje temperature po minuti iznositi 11°C. Iz grafikona na sl. 1 vidi se,

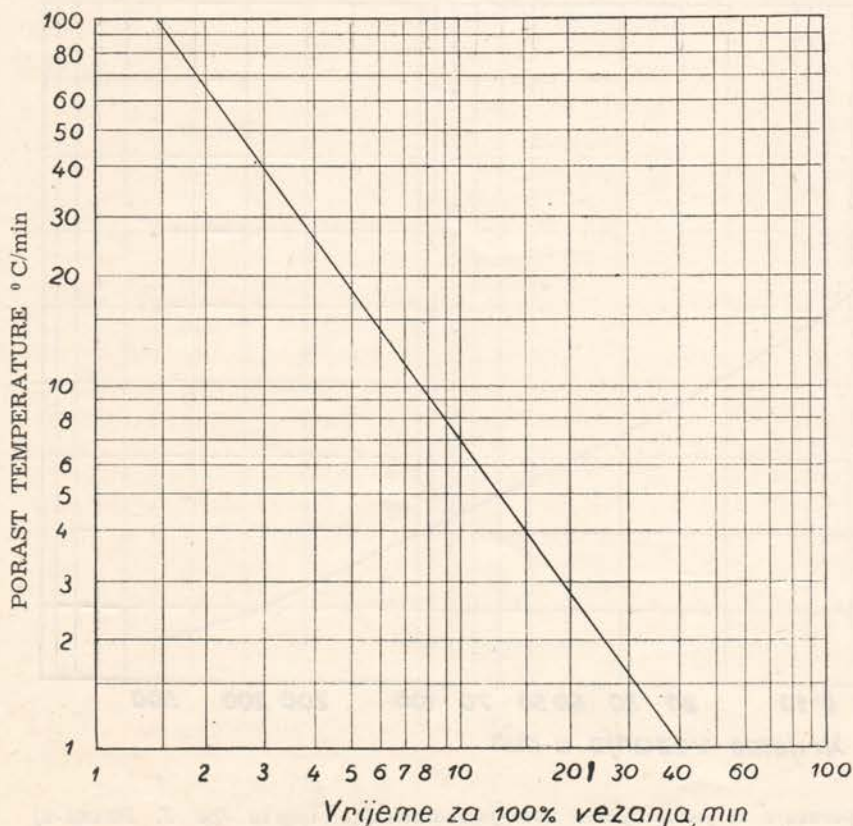
koliki je postotak vezanja ljepila postignut kod određene temperature. Ako je poznata početna temperatura i prosječni porast temperature, onda možemo za svaku minutu ili dio minute izračunati postotak vezanja. Kada zbroj tih postotaka dostigne 100%, proces vezanja ljepila je završen, i nije potrebno daljnje zagrijavanje. Kod ljepila u našem primjeru dobivamo rezultate, koje ilustrira tabela I.

**Potrebno vrijeme za lijepljenje urea-formaldehidnim ljepilom uz prosječni porast temperature od 11° C u minuti (12)**

Na koncu	Temperatura: sloja ljepila °C	Srednja temperatura kroz proteklih 1/2 minute	Vrijeme vezanja ljepila kod temp. u kol. 3	% vezanja ljepila
0	16,0	—	—	—
0,5-tog minuta	21,5	18,5	350 min	0,1
1 .. ..	27,0	24,0	190 ..	0,3
1,5 .. ..	32,5	29,5	110 ..	0,5
2 .. ..	38,0	35,0	64 ..	0,8
2,5 .. ..	43,5	40,5	39 ..	1,3
3 .. ..	49,0	46,0	24 ..	2,1
3,5 .. ..	54,5	51,5	15,5 ..	3,2
4 .. ..	60,0	57,0	10 ..	5,0
4,5 .. ..	65,5	62,5	6,8 ..	7,3
5 .. ..	71,0	68,0	4,9 ..	11,5
5,5 .. ..	76,5	73,5	3,9 ..	12,8
6 .. ..	82,0	79,0	3,0 ..	16,6
6,5 .. ..	87,5	84,5	2,5 ..	20,0
7 .. ..	93,0	90,0	2,2 ..	22,7

Ukupno:

104,2%



Sl. 2. Odnos između brzine porasta temperature u °C/m'n i vremena potrebnog za 100%tno vezanje tipičnog urea formaldehidnog ljepila kod temperature u prostoriji od 15° C (po J. Pound-u)

\* Brojevi u zagradi odnose se na literaturu

Iz tabele se vidi, da će kod porasta temperature sloja ljepila od 110°C u minuti proces vezivanja ljepila biti završen već nakon nepunih 7 minuta. Na sl. 2 prikazan je grafički odnos između vremena potrebnog za potpuno vezanje ljepila i brzine porasta temperature za jedno urea-formaldehidno ljepilo (Aerolite K i otvrđivač CHA).

Iz navedenog primjera jasno proizlazi, da se povećanjem brzine zagrijavanja može znatno smanjiti vrijeme trajanja lijepljenja. Povećanje brzine zagrijavanja ljepila može se postići na više načina, kao na pr. zagrijavanjem komada, koji se lijepe u vrućim prešama, u toplim prostorijama, infra-crvenim zračenjem, niskonaponskom i visokofrekventnom strujom. Najbrže zagrijavanje postiže se visokofrekventnom strujom, koje se u zemljama na visokom tehničkom nivou potpuno afirmiralo radi svojih velikih prednosti, a naročito radi mogućnosti obavljanja procesa lijepljenja kroz nevjerovatno kratko vrijeme. To je od osobite prednosti u industrijskoj velikoserijskoj proizvodnji stolarskih proizvoda.

### Osnovi teorije dielektričnog zagrijavanja

Zagrijavamo li neki lijepljeni spoj drveta između dvije vruće ploče, kao što je to na pr. slučaj kod lijepljenja drveta u vrućim prešama, sloj ljepila će se zagrijati na potrebnu temperaturu vezanja, tek nakon što se na tu temperaturu zagrije i drvo, jer se zagrijavanje ljepila vrši prolazom topline kroz drvo. Kako je drvo loš vodič topline, to će takav proces zagrijavanja trajati relativno dugo vremena, osobito ako je u pitanju dosta debelo drvo. Pri tome temperatura ne će biti jednaka kroz

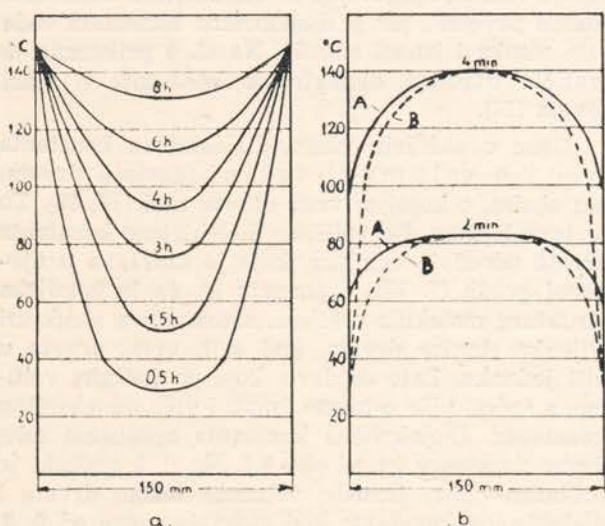
cijeli presjek drveta, nego će na površini biti viša, a prema sredini drveta će opadati. Tek dužim izlaganjem utjecaju topline ove će se razlike temperature izjednačiti. Na sl. 3a shematski je prikazana razdioba temperature kroz presjek drveta za razno vrijeme trajanja zagrijavanja (3).

Mnoge vrste sintetskih ljepila potrebno je zagrijati na temperature iznad 100°C, da bi se postiglo brže vezanje. Kako drvo u proizvodnji uvijek sadrži izvjestan postotak vlage, to će se ono kod dugotrajnog izlaganja temperaturi višoj od 100°C isušiti, a to može dovesti do neželjenih posljedica (11), kao što su utezanje, pucanje drveta, površinske pukotine, zapečenje površine, promjena boje i sl. Radi toga se taj način zagrijavanja u praksi primjenjuje samo onda, kada je sloj ljepila blizu površine drveta ili kad je debljina drveta, koje se lijepe, malena, kao što je to slučaj kod furniranja površina, proizvodnje šperovanog drveta i sl. Kod lijepljenja konstruktivnih spojeva drveta, kao što su oni, koji dolaze u proizvodnji namještaja, ovakav se način zagrijavanja pri lijepljenju ne isplati, jer se previše topline gubi na nepotrebno zagrijavanje drveta, a i radi toga, jer su to spojevi, koji se obično izvode u debelim komadima drveta, pa bi trebalo mnogo vremena za njihovo zagrijavanje. Zato se za ovakve spojeve još uvijek upotrebljavaju ljepila, koja vežu kod sobne temperature, i ako ih je potrebno držati relativno dugo vremena pod pritiskom. Ovako lijepljeni spojevi, međutim, predstavljaju idealno područje efikasne i ekonomične primjene dielektričnog zagrijavanja.

Princip dielektričnog zagrijavanja\*) ljepila kod lijepljenja bitno se razlikuje od svih drugih načina zagrijavanja. Taj je princip dosta kompliciran i ne može se u okviru ovakvog članka ulaziti u sve njegove detalje, pa ćemo se zadržati samo na tumačenju osnovnih postavki principa dielektričnog zagrijavanja radi boljeg razumijevanja kasnijih izlaganja o njegovoj primjeni.

Postavimo li između dvije paralelne i jednake metalne ploče jednu drvenu kocku i spojimo li jednu ploču sa zemljom (t. j. električki je priključimo na napon zemlje), a drugu priključimo na jedan stalan napon, koji se po veličini razlikuje od napona zemlje (6), između njih ne će poteći struja, jer je drvo u suhom stanju dobar izolator. Ako sada isključimo izvor napona, a obje ploče međusobno spojimo sa žicom, kroz nju će kroz vrlo

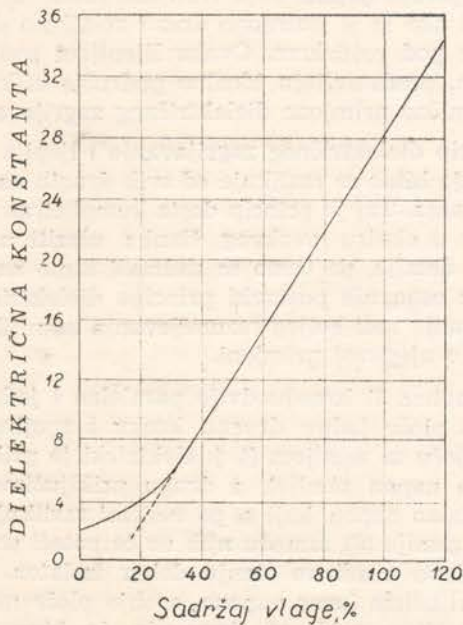
\*) Mi ćemo upotrebljavati termin »dielektrično zagrijavanje« unatoč toga, što se kod nas obično za taj način zagrijavanja upotrebljava izraz »visokofrekventno zagrijavanje«, jer je prvi termin određeniji. Pod visokofrekventnim se, naime, zagrijavanjem podrazumijeva i induktivno zagrijavanje kod kaljenja čelika i topljenja metala, dok se pod nazivom »dielektrično« zagrijavanje podrazumijeva samo onaj proces, koji se odvija u dielektricima, kada se nalaze pod djelovanjem visokofrekventnog električnog kondenzatorskog polja.



Sl. 3. Zagrijavanje drveta. (po Th. Hafner-u)  
a — raspodjela temperature u drvetu kod zagrijavanja vrućim pločama,  
b — raspodjela temperature u drvetu kod zagrijavanja visokofrekventnom strujom učinka 0,3 W/cm<sup>2</sup>  
A — s toplinskom izolacijom  
B — bez toplinske izolacije

kratko vrijeme poteći struja. Taj se fenomen događa zato, jer metalne ploče i drvo među njima u tom položaju predstavljaju jedan kondenzator, koji je u stanju da akumulira jedan dio električne energije, kada između ploča postoji razlika napona, a da je opet preda natrag u mrežu kada nestane razlike u naponu i struja može teći neposredno iz jedne ploče u drugu. Ove dvije metalne ploče se zovu elektrode, a materijal između njih se zove dielektrik.

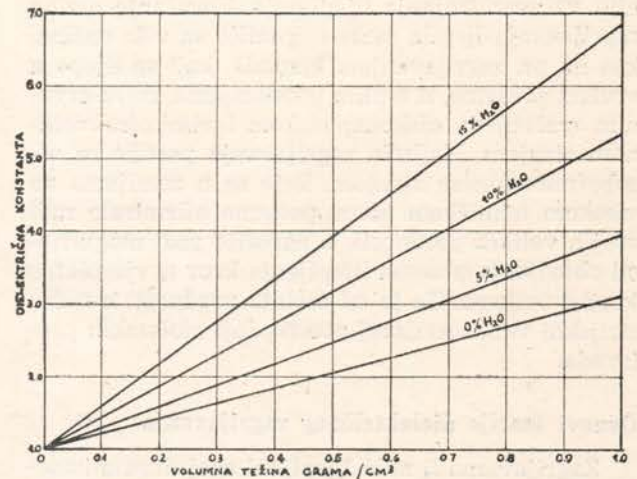
Ovo će nam svojstvo kondenzatora biti razumljivije, usporedimo li ga s jednim dobro poznatim primjerom iz mehanike (6) Pritisnemo li jedno spiralno pero s izvjesnom silom, ono će akumulirati određeni dio energije, koju će vratiti, kada na njega prestane djelovati ta sila. Kao što će kod spiralnog pera akumulirana energija biti to veća, što je veća sila, kojom smo ga pritisnuli, tako će i kod kondenzatora akumulirana električna energija biti to veća, što je veća razlika napona između obje elektrode. Svojstvo kondenzatora, da pod određenim uvjetima akumulira izvjesnu količinu energije, zove se njegov kapacitet. Kapacitet nekog kondenzatora ovisi o tri faktora: o površini elektroda, njihovom međusobnom razmaku i o materijalu među njima. Jedinica mjere za kapacitet je Farad (F), njegov milijardi dio je mikrofarad



Sl. 4 Ovisnost dielektrične konstante o sadržaju vlage u drvetu kod frekvence 2 MHz (po C. Skaar-u)

( $\mu\text{F}$ ), a milijardi dio mikrofarada je mikro-mikrofarad ili pikofarad ( $\mu\mu\text{F}$  ili pF). Što je veća površina elektroda, to je veći i kapacitet kondenzatora, a što su elektrode međusobno udaljenije, to je kapacitet manji. Utjecaj raznih materijala između elektroda na kapacitet kondenzatora je različit: Najniži se kapacitet kondenzatora postiže, kada se

između elektroda nalazi zrakoprazan prostor, a ako je umjesto toga među njima zrak, kapacitet će se tek nešto malo povećati. Međutim, među elektrode kondenzatora drvo, njegov će se kapacitet povećati oko četiri puta (6). Ova nam pojava pruža mogućnost, da se brojčano izrazi jedno od dielektričnih svojstava materijala, t. j. njegova dielektrična konstanta. Ova se kod jednog materijala može definirati kao broj,



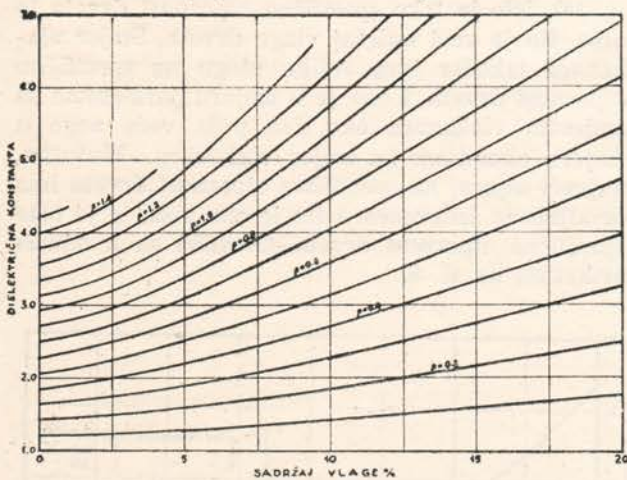
Sl. 5. Ovisnost dielektrične konstante kod 2 MHz o volumnoj težini drveta kod sadržaja vlage od 0, 5, 10, i 15% (po C. Skaar-u)

za koliko se povećao kapacitet nekog kondenzatora, kada smo vacuum među njegovim elektrodama zamijenili tim materijalom. Dielektrična konstanta vacuuma iznosi 1, a zraka praktički isto toliko. Suho drvo ima dielektričnu konstantu oko 4, ali ako je vlažno, njegova će se dielektrična konstanta znatno povećati, jer je dielektrična konstanta vode vrlo visoka i iznosi oko 80. Na sl. 4 prikazana je grafički ovisnost dielektrične konstante o vlazi drveta (14).

Osim o sadržaju vlage, dielektrična konstanta ovisi i o volumnoj težini (gustoći) drveta, bez obzira, o kojoj se vrsti drveta radi (14, 18). To se tumači time, što veličinu dielektrične konstante drveta određuje celuloza, koja je sadržana u njegovoj građi, (7, 18), a poznato je, da je kemijska struktura molekula celuloze, sadržanih u strukturi stijenke stanice drveta, kod svih vrsta drveta u biti jednaka. Zato će drvo, koje po jedinici volumena sadrži više celuloze, imati i višu dielektričnu konstantu. Dielektrična konstanta apsolutno suhe drvene supstance iznosi oko 4,2. Na sl. 5 grafički je prikazan odnos između volumne težine drveta i dielektrične konstante kod sadržaja vlage od 0, 5, 10 i 15%, a na sl. 6 je prikazan odnos između dielektrične konstante kod 15 MHz i sadržaja vlage za razne volumne težine drveta od 0,1 do 1,4 g/cm³ (14).

Sada se postavlja pitanje, kako to, da se drvo, upotrebjeno kao dielektrik u kondenzatoru, zagri-

java? Poznato je, da je svako tijelo u prirodi sastavljeno iz molekula, koje se stalno pomiču i koje se tim svojim pomicanjem taru jedne o druge. To mehaničko trenje pretvara se u toplinu, i što je trenje veće, to će biti veća i toplina, koja se stvara u materiji. Savijajući n. pr. brzo naprijed i natrag komad žice, razvijati će se na mjestu savijanja toplina uslijed molekularnih poremećaja u toj točki (1). Slična se pojava dešava i u dielektriku kondenzatora. Priključimo li elektrode jednog kondenzatora na neki izvor izmjenične struje tako, da između njih postoji razlika napona, onda će se među elektrodama stvoriti električno polje. Intenzitet tog električnog polja izražavamo Voltima po centimetru (V/cm), a izračunavamo ga na taj način, da razliku napona među elektrodama u Voltima razdijelimo s razmakom između elektroda u centimetrima (15). Označimo li jednu elektrodu



Sl. 6. Ovisnost dielektrične konstante kod 15 MHz o sadržaju vlage drveta volumne težine od 0,1—0,4 g/cm<sup>3</sup>

sa x, a drugu s y, pa ako je polaritet elektrode x pozitivan a elektrode y negativan, molekule materije, koja se nalazi između elektroda, postaviti će se u određeni položaj. Promijenimo li sada polaritet elektroda, t. j. ako elektroda x postane negativna, a elektroda y pozitivna, promijenit će se i položaj molekula materije među njima. Prilikom te promjene položaja molekule se taru jedna o drugu i to trenje stvara toplinu. Znamo, da izmjenična struja ima svojstvo, da joj se polaritet mijenja s određenom učestalošću, koja se zove frekvencija. Frekvenciju mjerimo jedinicom, koja se zove Herz (Hz), a koja označuje, koliko se puta promijenio polaritet neke izmjenične struje u jedinici vremena (sekundi). Priključimo li n. pr. naš kondenzator na normalnu izmjeničnu struju s frekvencijom od 50 Hz, polaritet njegovih elektroda će se mijenjati s istom frekvencijom, kojom se mijenja i polaritet izvora el. struje, t. j. svaka će elektroda 50 puta u sekundi postati nazimjenično pozitivna i negativna. Kako do pražnjenja kondenzatora dolazi svaki puta, kada se mi-

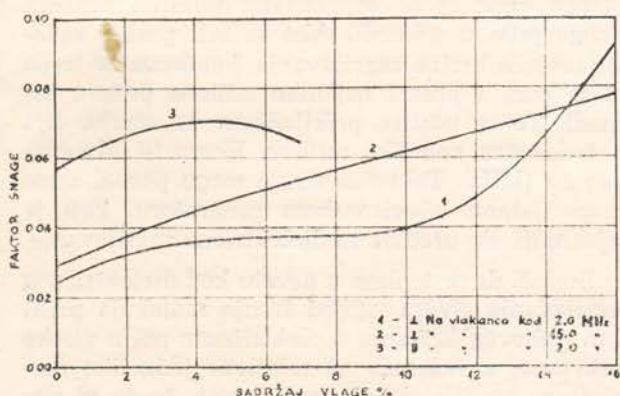
jenja polaritet elektroda, to će u tom slučaju 100 puta u sekundi doći do pražnjenja i ponovnog nabijanja kondenzatora. To znači, da će se 100 puta u sekundi jedan dio energije pretvoriti u toplinu. Međutim, taj dio energije, koji se kod jednog pražnjenja kondenzatora pretvara u toplinu, vrlo je malen, pa bi zato i dielektrično zagrijavanje materijala među elektrodama vrlo dugo trajalo. Energija, koja se pretvara u toplinu, a time i brzina zagrijavanja, može se povećati na taj način, da se elektrode priključe na struju vrlo visoke frekvence, čime će se kondenzator puniti i prazniti mnogo puta u sekundi. Ako se želi postići zadovoljavajuća brzina zagrijavanja, kondenzator treba da se puni i prazni nekoliko miliona puta u sekundi. To se postiže priključkom na struju, čija je frekvencija nekoliko miliona Herza ili Megaherza (MHz). Takve se struje mogu postići samo u specijalnom elektronskom generatoru, koji je najskuplji dio uređaja za dielektrično zagrijavanje.

Budući da se toplina u drvetu kod dielektričnog zagrijavanja stvara uslijed trenja molekula prilikom njihovog kretanja u električnom polju visoke frekvence, a molekule su relativno jednoliko razmještene po cijelom obujmu drveta, to će se postići i jednoliko stvaranje topline po cijelom njegovom volumenu (9). Pošto se toplina stvara u samom drvetu, to njeno širenje ne ovisi o njegovoj toplinskoj vodljivosti, kao što je to slučaj kod zagrijavanja u vrućoj preši, i teoretski bi tako zagrijavano drvo moralo imati jednaku temperaturu u unutrašnjosti kao i na površini. Međutim, radi gubitaka topline uslijed isijavanja i prijelaza na elektrode (u kojima se pri dielektričnom zagrijavanju ne razvija toplina) temperatura će u unutrašnjosti drveta biti viša nego na površini i bit će raspodijeljena po presjeku drveta, kao što je to prikazano na sl. 3 b.

Dio energije, koji se pretvara u toplinu u nekom materijalu, ovisi o drugom njegovom dielektričnom svojstvu, koje se zove faktor snage.

Prikladnost nekog materijala za dielektrično zagrijavanje u visokofrekventnom kondenzatorskom električnom polju, prema tome, ovisi o dva njegova svojstva (6). Prvo je njegova dielektrična konstanta, o kojoj ovisi količina električne energije koju će materijal akumulirati, kada služi kao dielektrik nekog kondenzatora. Drugo je svojstvo faktor snage materijala, koji označava, koliki se dio ove energije u materijalu pretvorio u toplinu pri pražnjenju kondenzatora. Najčešće nam je zgodno, da operiramo samo s jednom veličinom, kojom će biti obuhvaćena oba ova svojstva materijala. To činimo tako, da broježane vrijednosti ovih svojstava međusobno pomnožimo, i produkt nam daje novu dielektričnu veličinu, koju nazivamo faktor gubitka. Materijali s jednakom veličinom faktora gubitka pretvarat će kod dielektričnog zagrijavanja pri jednakim uvjetima jed-

naku količinu energije u toplini. Pri tome jedan materijal može imati visoku dielektričnu konstantu, a nizak faktor učinka, a drugi materijal obratno. Prema tome će nam veličina faktora gubitka pokazati, koliko će se neki materijal zagrijati u visokofrekventnom električnom polju. Izolatori treba da imaju što niži faktor gubitka, da bi se što manje energije trošilo na njihovo zagrijavanje, koje nije poželjno, ali ljepilo, koje trebamo što više zagrijati, da bi što brže vezalo, treba da ima što veći faktor gubitka.



Sl. 7. Ovisnost faktora snage o sadržaju vlage drveta

Faktor snage, a kroz to i faktor gubitka, po svojoj veličini ovise o izvjesnim svojstvima materijala i uvjetima zagrijavanja.

Prema istraživanjima Skaar-a (14), objavljenim 1948 g., koja su kasnije potvrđena istraživanjima Petersona (10), izvršenim u Institutu za istraživanje drveta o Ottawi (Kanada) i objavljenim 1950 godine, volumna težina mnogo manje utiče na faktor snage, nego što je to slučaj s dielektričnom konstantom. S povećanjem sadržaja vlage drveta rasla je veličina faktora snage kod svih vrsta drveta osim na dijelu između 4 i 10% vlage kod frekvence od 2 MHz, gdje krivulja teče približno vodoravno, kao što je to prikazano na sl. 7.

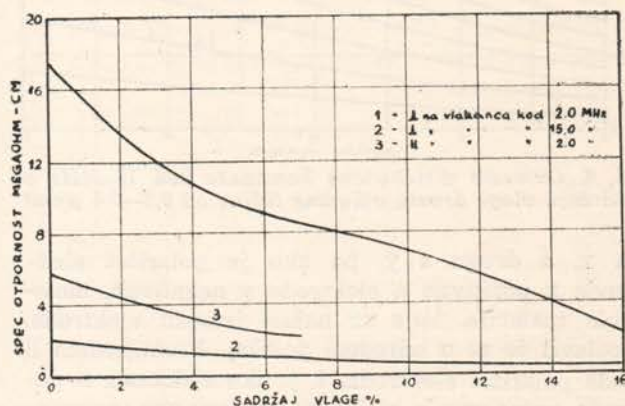
Ova je konstatacija vrlo važna, naročito kod lijepljenja pomoću dielektričnog zagrijavanja, kada sloj ljepila ide paralelno sa silnicama električnog polja, o čemu će kasnije biti još govora, jer se iz nje mora izvući zaključak, da drvo, koje se lijepi na taj način, mora imati sadržaj vlage unutar tih granica, pošto bi se kod vlažnijeg drveta uzaludno trošilo znatno više električne energije za nepotrebno zagrijavanje drveta.

Vrlo je važan i odnos faktora snage o smjeru vlaknaca obzirom na smjer silnica električnog polja (s. 18). Faktor snage u smjeru paralelno sa smjerom vlaknaca je približno dva puta veći od faktora snage u okomitom smjeru na smjer vlaknaca kod sadržaja vlage do 7%. Taj je odnos

grafički prikazan također na sl. 7. Na istoj se slici vidi i odnos između faktora snage i frekvence.

Međutim, i ako je drvo relativno dobar izolator, ono će ipak propuštati nešto električne struje, kada se nalazi kao dielektrik u kondenzatoru. Svojstvo materijala, da sprovodi struju, zove se specifična vodljivost, i ona je u stvari recipročna vrijednost specifične otpornosti, koju taj materijal pruža prolazu struje. Specifična otpornost materijala se mjeri Ohm centimetara ( $\Omega$  cm), a specifična vodljivost recipročnom vrijednošću te veličine ( $\text{cm}^{-1}$ ). Specifična vodljivost i otpornost su naročito važne radi toga, jer o njima ovise gubici energije, a kroz to i povišenje temperature u drvetu.

U odnosu na volumnu težinu drveta specifična otpornost je to niža, što je viša volumna težina (4, 18). Isto je tako specifična otpornost drveta to niža, što je veći sadržaj vlage drveta. Smjer vlaknaca također igra veliku ulogu na specifičnu otpornost drveta, i ona je u smjeru paralelnom sa smjerom vlaknaca oko dva puta veća nego u smjeru okomitom na smjer vlaknaca. Međutim, najveći utjecaj na specifičnu otpornost drveta ima priključena frekvencija, i što je ona viša, to je niža specifična otpornost drveta. Grafički su ti odnosi prikazani na sl. 8.



Sl. 8. Ovisnost specifične otpornosti o sadržaju vlage drveta.

Između dielektričnih svojstava nekog materijala postoje izvjesne relacije, koje se mogu izraziti matematski, a koje su naročito važne za primjenu dielektričnog zagrijavanja, pa bi ih morao poznavati svako, tko s ovom vrstom zagrijavanja radi.

Postavi li se komad drveta među dvije elektrode (7), koje su priključene za neki izvor visokofrekventne struje (sl. 9 a), može se sistem elektroda i drveta posmatrati kao kondenzator s kapacitetom C (Farada) kopčan paralelno s otporom R (Ohma), čija je ekvivalentna električna shema prikazana na sl. 9 b (5,7).

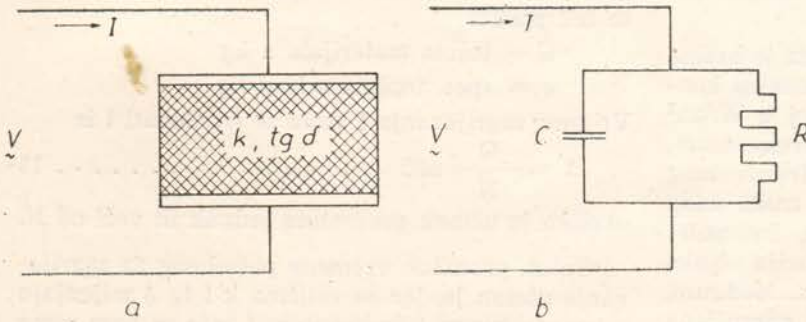
Učinak N strujnog kruga biti će

$$N = U \cdot I \cdot \cos \varphi = U \cdot i_r = \frac{U^2}{R} = \\ = \omega \cdot C \cdot U^2 \cdot \frac{1}{\omega C R} = \omega \cdot C \cdot U^2 \cdot \operatorname{tg} \delta \quad \dots 1$$

gdje je U — napon među elektrodama u Voltima

$\omega = 2 \pi f$  — kružna frekvencija

f — frekvencija napona u Hz



Sl. 9. Shematski prikaz a-dielektrika među elektrodama i b-ekvivalentne električne sheme spajanja kondenzatora pod a (po Kollmannu)

Impedanca kondenzatora će biti

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \pi \cdot f \cdot C} \quad \dots 2$$

Kapacitet kondenzatora s dielektrikom, koji ima dielektričnu konstantu k, iznosi:

$$C = 8,855 \frac{k \cdot F}{d} \cdot 10^{-14} \text{ Farada} \quad \dots 3$$

gdje je F — površina elektrode u  $\text{cm}^2$

d — razmak između elektroda u cm

Iz formule 2 i 3 slijedi, da je

$$X_c = \frac{18 \cdot 10^{11} \cdot d}{f \cdot k \cdot F} \quad \dots 4$$

Odnos između impedance kondenzatora i otpora je

$$\frac{X_c}{R} = \frac{i_c}{i_r} = \operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} (90^\circ - \varphi) \quad \dots 5$$

pa će za male kuteve, pošto je tada  $\operatorname{tg} (90^\circ - \varphi) = \sin (90^\circ - \varphi) = \operatorname{tg} \delta = \cos \varphi$

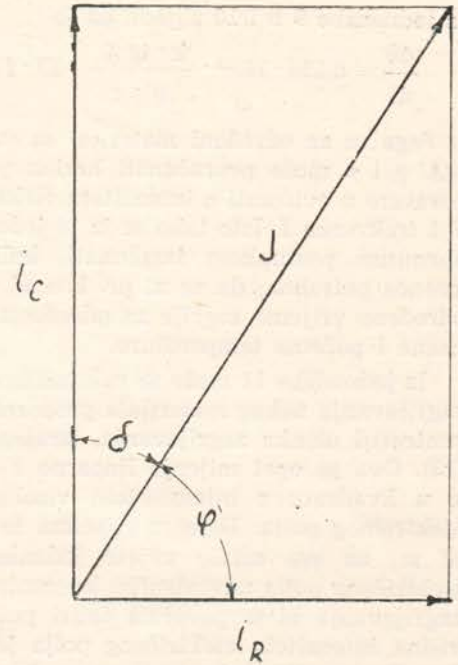
biti

$$\frac{1}{R} = \frac{\operatorname{tg} \delta}{X_c} = \frac{f \cdot k \cdot F \cdot \operatorname{tg} \delta}{18 \cdot 10^{11} \cdot d} \quad (\Omega^{-1}) \quad \dots 6$$

Specifična visokofrekventna vodljivost bit će

$$\kappa = \frac{1}{R} \cdot \frac{d}{F} = \frac{f \cdot k \cdot \operatorname{tg} \delta}{18 \cdot 10^{11}} = \\ = 0,556 \cdot 10^{-12} f \cdot k \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}) \quad \dots 7$$

Dielektrično ponašanje drveta u visokofrekventnom strujnom kondenzatorskom polju određeno je, dakle, njegovom dielektričnom konstan-



Sl. 10. Vektorski dijagram

tom k, specifičnom vodljivošću  $\kappa$  i faktorom gubitka  $\operatorname{tg} \delta$ . Svaka od ovih veličina može se izračunati iz obje druge pomoću jednadžbe 7 (Kollmann).

Iz jednadžbi 1 i 7 slijedi, da je učinak

$$N = E^2 \cdot \kappa \cdot \frac{F}{d} \quad \dots 8$$

gdje je E — intenzitet električnog polja u  $\text{V/cm}$

Uvrstimo li vrijednost za  $\kappa$  po jednadžbi 7 u jednadžbu 8 dobit ćemo

$$N = E^2 \cdot \frac{f \cdot k \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot F}{1,8 \cdot 10^{12} \cdot d} = \\ = 0,556 \cdot E^2 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \frac{F}{d} \cdot 10^{-12}$$

ili, ako se računa gubitak učinka po  $1 \text{ cm}^3$  materijala,

$$N = 0,556 E^2 \cdot f \cdot k \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot 10^{-12} \quad (\text{W/cm}^3) \quad \dots 9b$$

Budući, da će se gubitak učina N upotrebiti za dielektrično zagrijavanje drveta, to će učinak zagrijavanja biti, ako zanemarimo gubitke u dovodu i isijavanju, računano po  $1 \text{ cm}^3$  materijala

$$N = \frac{G}{V} \cdot c \cdot \frac{d \vartheta}{dt} = \rho \cdot c \cdot \frac{d \vartheta}{dt} \quad (\text{W/cm}^3) \quad \dots 10$$

gdje je G — težina tijela u gramima

V — njegov volumen u  $\text{cm}^3$

c — specifična toplina u  $\text{Joul/g}^\circ \text{C}$

$\rho = \frac{G}{V}$  — volumna težina u  $\text{g/cm}^3$

$\vartheta$  — temperatura u  $^\circ \text{C}$

t — vrijeme u sek.

Iz jednadžbe 9 b i 10 slijedi, da je

$$\frac{d\theta}{dt} = 0,556 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{k \cdot \text{tg } \delta}{q \cdot c} \cdot E^2 \cdot f \quad \dots 11$$

iz čega se za određeni materijal sa svojstvima  $k$ ,  $\text{tg } \delta$ ,  $q$  i  $c$  može proračunati brzina porasta temperature u ovisnosti o intenzitetu električnog polja  $E$  i frekvence  $f$ . Isto tako se iz te jednadžbe može obrnutim postupkom izračunati, kolika je frekvencija potrebna, da se  $n$ . pr. komad drveta kroz određeno vrijeme zagrije za određenu razliku konačne i početne temperature.

Iz jednadžbe 11 može se zaključiti, da je brzina zagrijavanja nekog materijala proporcionalna koncentraciji učinka zagrijavanja, izraženoj u  $W/cm^3$  (13). Ova se opet mijenja linearno s frekvencijom, a u kvadratu s intenzitetom visokofrekventnog električnog polja. Drugim riječima to znači, kada bi se, uz sve ostale uvjete jednake, intenzitet električnog polja udvostručio, koncentracija učinka zagrijavanja bi se povećala četiri puta. Međutim, visina intenziteta električnog polja je ograničena i može iznositi kod zagrijavanja lijepljenih spojeva, kod kojih sloj ljepila teče okomito na smjer silnica električnog polja, do najviše 1000 V/cm (7), dok kod spojeva, kod kojih je sloj ljepila paralelan s tim silnicama, intenzitet el. polja ne smije prijeći 400 V/cm. Kod većeg intenziteta el. polja moglo bi doći do mjestimičnog probijanja i progorjevanja materijala, koji bi time bio uništen, kao i do automatskog isključivanja generatora radi preopterećenja. Veliku pažnju treba obraćati na to, da li drvo, koje se zagrijava, sadrži kvrga i uraslih grana. Na tim je mjestima drvo obično znatno veće volumne težine, pa će kod zagrijavanja doći do veće koncentracije silnica električnog polja na tom mjestu. To će imati za posljedicu, da će se ovo mjesto mnogo brže zagrijavati i postići mnogo višu temperaturu od ostalog dijela materijala, pa lako može doći do probijanja iskre na tom mjestu i do paljenja materijala. Radi toga treba intenzitet električnog polja biti odabran što niže ispod maksimalno dozvoljenih vrijednosti i nastojati raditi s višim frekvencama. Kod konstantnog intenziteta električnog polja od 400 V/cm mogu se  $n$ . pr. s jelovinom, koja ima sadržaj vlage od 8% postići slijedeće koncentracije učinka i brzine zagrijavanja (13):

Kod frekvence od 4 MHz: 1  $W/cm^3$ , t. j. brzinu zagrijavanja od 45° C/min.

Kod frekvence od 20 MHz: 5  $W/cm^3$ , t. j. brzinu zagrijavanja od 225° C/min.

Kod frekvence od 100 MHz: 25  $W/cm^3$ , t. j. brzinu zagrijavanja od 20° C/sek.

Prema tome bi nam odgovaralo, da izaberemo što višu frekvenciju visokofrekventne izmjenične struje. Međutim, s visinom frekvence ne smije se pretjerati, jer, što je viša frekvencija, to je manji koeficijent iskorišćenja generatora visokofrekvent-

ne struje, pa se zato u industriji upotrebljavaju generatori s frekvencijom, koja se kreće u granicama između 5 MHz i 30 MHz. Ukupni koeficijent iskorišćenja, koji se kod toga može postići, leži između 40 i 60%.

Ukupno potrebna energija izračunava se iz jednadžbe (2)

$$Q = \frac{(\vartheta_2 - \vartheta_1) \cdot G \cdot c}{860} \text{ (kWh)} \quad \dots 12$$

gdje je  $\vartheta_2 - \vartheta_1 = \Delta\vartheta$  — porast temperature koji se želi postići

$G$  = težina materijala u kg

$c$  = spec. toplota u kcal/kg

Vrijeme zagrijavanja  $t$  može se izračunati i iz

$$t = \frac{Q}{N} \text{ sati} \quad \dots 13$$

ukoliko je učinak generatora jednak ili veći od  $N$ .

Točan proračun vremena potrebnog za zagrijavanje otežan je, jer se veličina  $k$  i  $\text{tg } \delta$  mijenjaju s temperaturom i frekvencijom i zato su nam samo približno poznate. Zbog toga treba ovako proračunato vrijeme smatrati samo približno točnim, dok se stvarno potrebno vrijeme zagrijavanja može dobiti samo pokusom.

U tabelama II i III date su vrijednosti nekih dielektričnih svojstava drveta i sintetskih ljepila (Tab. II. i Tab. III.).

Iz tih se tabela vidi, da je dielektrična konstanta ljepila za drvo znatno viša od dielektrične konstante samog drveta, dok mu je istovremeno specifična otpornost puno manja, pa je to i razlog, da se sloj ljepila mnogo brže zagrijava u visokofrekventnom električnom polju od samog drveta. Radi više dielektrične konstante sintetskog ljepila, ono će biti u stanju, da kao dielektrik akumulira više električne energije od drveta, pa se stoga može očekivati, da će ljepilo zadržati više od ove energije u obliku topline pri pražnjenju kondenzatora. Ustvari se tako i dešava. Pošto drvo i ljepilo imaju različita dielektrična svojstva u prosjeku ( $k_1 = 3$  kod drveta prema  $k_2 = 25$  kod ljepila,  $\text{tg } \delta = 0,06$  kod drveta prema  $\text{tg } \delta = 0,7$  kod ljepila), oni će se u visokofrekventnom kondenzatorskom električnom polju različito ponašati. Ako drvo i ljepilo prilikom punjenja kondenzatora akumuliraju potpuno jednaku količinu energije, prilikom pražnjenja će se u ljepilu pretvoriti u toplinu oko 17 puta veća količina energije od one, koja se u drvetu pretvorila u toplinu. Količina energije, koja će se pretvoriti u toplinu u drvetu i ljepilu, ovisi o položaju lijepljenog spoja među elektrodama. Razlikujemo dva osnovna položaja, već prema tome, da li sloj ljepila teče paralelno ili okomito na smjer silnica električnog polja. Položaj, kod kojega sloj ljepila leži paralelno sa smjerom silnica (dakle okomito na elektrode), nazivamo paralelnim zagrijavanjem, a onaj, kod kojega sloj lje-



**Dielektrična konstanta i specifična električna vodljivost raznih vrsta drveta**

TABELA II.

Po R. F. S. Hearmon-u (4) citirano u Kollmannu (7)

Vrsta drveta	Sadržaj vlage %	Dielektrična konstanta Spec. elekt. vodljivost							
		1 MHz				10 MHz			
		$\frac{1}{\text{Ohm} \times \text{cm}} \times 10^6$				$\frac{1}{\text{Ohm} \times \text{cm}} \times 10^6$			
Bukva ( <i>Fagus silvatica</i> )	15	10,2	9,8	9,5	—	0,4	3,6	27	—
Silnice el. polja paralelne sa godovima	23	16,6	13,9	13,3	—	2,4	11,0	58	—
	60	57	30	26	—	29	85	220	—
Bukva ( <i>Fagus silvatica</i> )	16	9,4	9,0	8,5	—	0,31	3,0	20	—
Silnice el. polja okomite na godove	23	22	14	12	—	4,3	21	75	—
	54	59	33	30	—	59	130	270	—
Hrast ( <i>Quercus</i> sp)	62	44	30	27	—	18	64	260	—
Bor ( <i>Pinus silvestris</i> )	15	8,1	8,1	7,3	—	0,17	2,8	19	—
	22	11,3	10,3	9,9	—	1,1	5	30	—
	45	20	15	14	—	7	20	58	—
Breza ( <i>Betula</i> sp)	0	2,0	2,0	1,9	1,8	—	0,5	2	3
	4,65	2,3	2,25	2,2	2,15	—	1,0	4	6,5
	12,8	4,4	4,2	3,9	3,8	—	1,5	8	17,5

**Dielektrična svojstva nekih sintetskih ljepljiva**

TABELA III.

(Prema istraživanjima, koje je izvršio J. M. Yavorsky (16) (17))

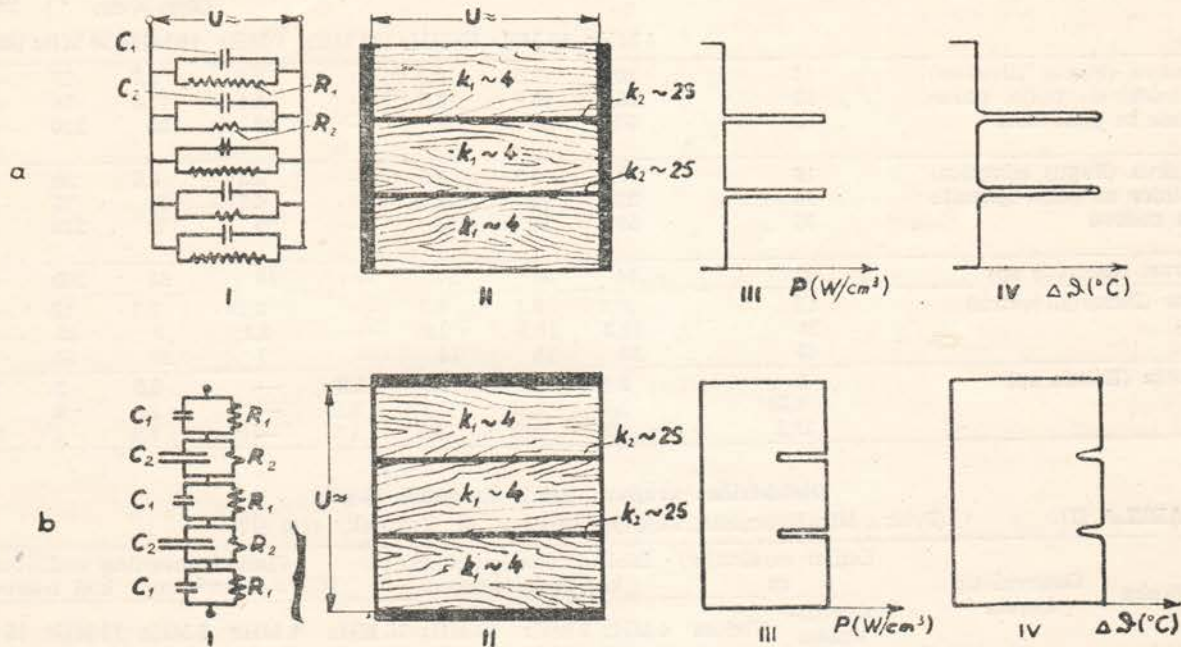
Proba	Osnovni tip ljepljiva	Omjer mješanja <sup>1)</sup>		Dielektrična konstanta kod frekvence od				Visokofrekventna vodljivost Mikro Ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> kod frekvence			
		Otvrdivačem	Vodom	4 MHz		8 MHz		4 MHz		8 MHz	
				8 MHz	12 MHz	16 MHz	12 MHz	16 MHz			
A	Tekuće urea-formaldehidno	—	—	60,6	57,7	55,6	54,6	187	210	246	282
		10	—	—	—	—	—	2450	2510	2590	2590
B	" "	—	—	69,2	65,3	63,8	63,8	202	231	268	313
		20	—	—	—	—	—	3410	3460	3520	3580
C	" "	—	—	52,2	48,8	48,0	47,8	37	60	75	98
		15	—	35,5	32,1	28,8	21,4	1174	1246	1310	1400
D	" "	—	—	50,2	47,0	45,6	45,0	40	61	83	107
		13	—	48,4	42,3	35,6	34,2	725	751	784	824
E	Urea formaldehidno u prahu	—	70	—	—	—	—	4120	4180	4460	4460
F	" "	—	60	—	—	—	—	2054	2114	2250	2347
G	" "	—	65	—	—	—	—	2690	2730	2870	2890
H	Tekuće resorcinol formaldehid	—	—	—	—	—	—	4150	4190	4280	4240
		17	—	—	—	—	—	2570	2630	2760	2760
I	" "	—	—	25,8	23,5	22,1	21,8	1240	1255	1310	1330
		15	—	32,3	29,8	29,5	25,5	807	841	861	924
J	Melaminsko u prahu	10	40	36,9	35,1	31,9	31,4	978	1015	1080	1176
		10 <sup>2)</sup>	40	22,0	11,2	8,8	7,0	1690	1704	1758	1772
K	" "	—	65	51,7	49,5	48,8	48,3	172	188	207	232
L	" "	—	65	52,6	51,4	50,8	50,8	128	148	161	184
Primješana voda		—	—	82,3	83,8	86,6	89,0	224	231	248	273

<sup>1)</sup> Omjer miješanja je izvršen prema uputstvima proizvađača ljepljiva i označava broj težinskih dijelova otvrdivača, odnosno vode, koje treba dodati na 100 tež. dijelova osnovnog sintetskog ljepljiva.

<sup>2)</sup> Ovom je otvrdivaču dodano po uputstvima proizvađača 2 tež. dijela kuhinjske soli (Na Cl).

pila leži okomito na smjer silnica (dakle paralelno s elektrodama), nazivamo poprečnim zagrijavanjem. Oba ova osnovna položaja prikazana su shematski na sl. 11-II.

Kod poprečnog zagrijavanja, međutim, kod kojega slojevi drveta i ljepljiva teku okomito na smjer silnica električnog polja (kao što je to n. pr. slučaj kod lijepljenja šperovanog drveta), kondenzatori



Sl. 11. Shematski prikaz dielektričnog zagrijavanja pri lijepljenju drveta s urea-formaldehidnim ljepljivom. a — paralelno zagrijavanje b — poprečno zagrijavanje

Na slici pod a prikazan je paralelni položaj, a pod b. poprečni položaj. Kod paralelnog položaja materijala među elektrodama uzastopni slojevi drveta i ljepljiva predstavljaju niz kondenzatora, koji su električno međusobno vezani u paralelnom spoju, kao što se to vidi iz električne sheme na sl. 11 a I. U tom slučaju električno polje djeluje na drvo i na ljepljivo s istim intenzitetom. Iz jednadžbe 9 b slijedi, da se učinak grijanja po jedinici volumena  $N$  (u  $W/cm^3$ ) drveta i ljepljiva međusobno odnose kao umnožak dielektričnih svojstava  $k \cdot \text{tg } \delta$  obih materijala, ukoliko na njih djeluje jednak intenzitet električnog polja  $E$  i frekvencija  $f$  (7). Umnožak  $k \cdot \text{tg } \delta$  ljepljiva i drveta međusobno se odnose približno kao 97 : 1. To znači, da će se kod ovog položaja lijepljenog spoja među elektrodama praktički zagrijavati samo sloj ljepljiva, dok će drvo ostati skoro hladno. To je vidljivo i iz sl. 11 a pod III i IV, gdje se jasno može opaziti, da će sloj ljepljiva absorbirati znatno veći učinak zagrijavanja  $N$  (Sl. 11 a III), a uslijed toga će kroz isto vrijeme postići i znatno višu temperaturu od drveta (Sl. 11 a — IV). Ovakvu pojavu nazivamo selektivnim zagrijavanjem. Iz jednadžbe 11 slijedi, da će kod istog  $E$  i  $f$ , ali s raznim vrijednostima  $k$ ,  $\text{tg } \delta$ ,  $q$  i  $c$  drveta i ljepljiva za ovakovo zagrijavanje biti (7):

$$\frac{d\vartheta_1}{dt} : \frac{d\vartheta_2}{dt} = \frac{k_1 \cdot \text{tg } \delta_1}{k_2 \cdot \text{tg } \delta_2} \cdot \frac{q_2 \cdot c_2}{q_1 \cdot c_1} \dots \dots \dots 14$$

će međusobno biti električno vezani u seriju, kao što je to prikazano u ekvivalentnoj električnoj shemi na sl. 11 b-I. Pri tome intenzitet električnog polja ne će biti u oba materijala jednak, nego će za sloj jednog materijala s dielektričnom konstantom  $k_1$ , kutom gubitka  $\delta_1$  i debljinom  $d_1$  biti (7)

$$E_1 = \frac{k_1}{k_1 d_2 + k_2 d_1} \cdot U \dots \dots \dots 15 a$$

a za sloj drugog materijala

$$E_2 = \frac{k_2}{k_1 d_2 + k_2 d_1} \cdot U \dots \dots \dots 15 b$$

Odnos brzine zagrijavanja tih materijala će prema jednadžbama 11 i 15 biti (7)

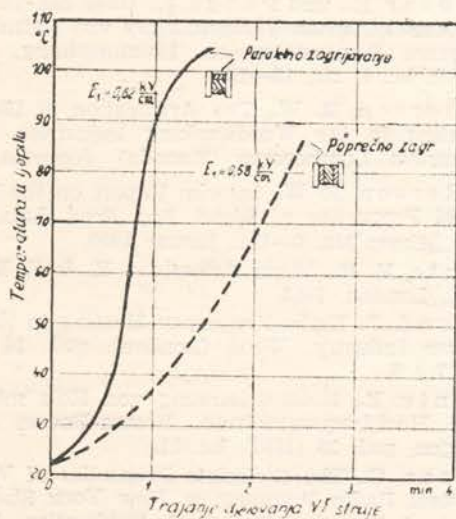
$$\frac{d\vartheta_1}{dt} : \frac{d\vartheta_2}{dt} = \frac{k_2 \cdot \text{tg } \delta_1}{k_1 \cdot \text{tg } \delta_2} \cdot \frac{q_2 \cdot c_2}{q_1 \cdot c_1} \dots \dots \dots 16$$

Usporedbom jednadžbe 16 s jednadžbom 14 vidjet ćemo, da se kod poprečnog zagrijavanja materijali sasvim drugačije zagrijavaju nego kod paralelnog zagrijavanja. Kod poprečnog će zagrijavanja absorbirati učinak po jedinici volumena  $N$  ( $W/cm^3$ ) za oba materijala biti u odnosu kao

$\frac{\text{tg } \delta}{k}$  koeficijenti njihovih dielektričnih svojstava  $k$

Za ljepljivo i drvo će se ti koeficijenti odnositi približno kao 1 : 0,45 (7), pa će se, prema tome, ljepljivo u tom položaju zagrijavati mnogo sporije nego kod selektivnog zagrijavanja. Iz slike 11 b-III vidi se,

da će drvo absorbirati znatno veću snagu nego ljepilo (obzirom na mnogo veću debljinu sloja drveta od debljine sloja ljepila), pa će i porast temperature u drvetu biti veći nego u ljepilu, kao što se vidi iz sl. 11 b-IV. Utjecaj položaja spoja, koji se lijepi između elektroda, na porast temperature sloja ljepila grafički je prikazan na slici 12. (2)



Sl. 12. Ovisnost porasta temperature u sloju ljepila o položaju kod zagrijavanja (po Egneru i Brüning-u)

Već smo ranije rekli, da je kod lijepljenja važno, da zagrijemo sloj ljepila na višu temperaturu, kako bi ubrzali proces vezanja, dok nam zagrijavanje drveta pri tome predstavlja nužno zlo i čisti gubitak energije zagrijavanja. Iz toga jasno slijedi, da će nam kod lijepljenja drveta dielektričnim zagrijavanjem najbolje odgovarati selektivno zagrijavanje, jer se pritom gotovo sva energija troši na zagrijavanje sloja ljepila, pa će pri selektivnom zagrijavanju i brzina postizanja odgovarajuće temperature u sloju ljepila biti najveća. Radi toga treba pri konstrukciji kalupa i elektroda za dielektrično zagrijavanje lijepljenih spojeva nastojati, da se postigne selektivno zagrijavanje, jer će biti znatno brže i jeftinije od poprečnog zagrijavanja. O tome, kako će se to postići, kao i o konstrukciji elektroda, biti će govora u drugom članku.

Prije nego prijedemo na razmatranje primjene dielektričnog zagrijavanja u praksi, moramo se upoznati s još nekim pojavama, koje također utječu na primjenu ovog načina zagrijavanja. Vidjeli smo, da će se kod selektivnog zagrijavanja najveći dio električne energije trošiti za zagrijavanje sloja ljepila. U svrhu što boljeg korišćenja ove pojave potrebno je što bolje upoznati dielektrična svojstva raznih vrsta ljepila i njihovo ponašanje u visokofrekventnom kondenzatorskom električnom stavljaju u tekućem stanju poluvodiče (elektrolite). Njihova su dielektrična svojstva u tom stanju data u tabeli III. Međutim, čim se ljepilo

stvrdne, ono gubi to svojstvo i postaje izolator. R u n t e (13) daje slijedeće podatke za jedno urea-formaldehidno ljepilo:

	Dielektrična konstanta k	Faktor gubitka tgδ
Prije početka lijepljenja (ljepilo u tekućem stanju)	25	0,7
Nakon dovršenog lijepljenja (dovršena polimerizacija)	5	0,1

To znači, da će selektivnost zagrijavanja lijepljenog spoja tokom procesa polimerizacije ljepila postepeno opadati tako, da će na koncu polimerizacije brzina zagrijavanja ljepila biti približno izjednačena s brzinom zagrijavanja drveta, pa će se nakon toga gotovo sva energija trošiti na nepotrebno zagrijavanje drveta. Radi toga je potrebno prekinuti zagrijavanje, čim se u ljepilu dovrši proces vezanja ljepila, jer će svako daljnje zagrijavanje predstavljati nepotrebno trošenje električne energije. Do ove pojave dolazi radi toga, jer se dodatkom otvrđivača povećava specifična električna vodljivost ljepila (usporedi podatke iz tabele III), jer su otvrđivači po svom kemijskom sastavu kiseli i imaju relativno visoku vrijednost pH. Radi te svoje kiselosti otvrđivači su mnogo bolji vodiči struje od sintetskih smola, pa se zato u kondenzatorskom električnom polju brže zagrijavaju (2). Primjesom otvrđivača povećat će se i električna vodljivost ljepila spremnog za upotrebu. Međutim, tokom procesa polimerizacije, t. j. vezanja ljepila, otvrđivač će se kemijski spojiti sa sintetskom smolom i ova će izgubiti svoj dosadašnji kemijski sastav i dobiti novi, pa će se, prema tome, promijeniti i dielektrične osobine stvrdnutog ljepila. Količina otvrđivača, koju treba dodati ljepilu, točno je određena i propisana po proizvođaču ljepila, i ona će se cijela utrošiti tokom procesa vezanja. Povećanjem količine otvrđivača primješanog ljepilu moglo bi se još više poboljšati selektivna svojstva ljepila, no u tom bi slučaju nakon vezanja ljepila u drvetu ostala izvjesna količina slobodnog otvrđivača, koji bi radi svog kiselog kemijskog karaktera nagrizao i oštetiо vlakanca drveta, koja se nalaze neposredno uz sloj ljepila, uslijed čega bi se znatno smanjila i čvrstoća lijepljenog spoja (2). Radi toga se treba točno držati uputstava proizvođača o količini i vrsti otvrđivača, koji treba dodati sintetskim smolama prije upotrebe.

Vršeni su pokusi, da se dodavanjem nekih količina kuhinjske soli (do 0,2%) povećaju dielektrična svojstva ljepila, naročito resorcinolnih. Dosada izvršeni pokusi (2) su pokazali, da se kod lijepljenja bukovog drveta ne može bez daljnega na taj način ubrzati lijepljenje, jer se na graničnom sloju drveta uz sloj ljepila mjestimično pojavljuju nagorena mjesta, uslijed čega se smanjuje čvrstoća lijepljenog spoja. Kod lijepljenja smreko-

vine nisu opažene ovakve pojave. U toku su daljnja istraživanja o mogućnostima ubrzanja procesa lijepljenja dodavanjem kuhinjske soli ljeplivu.

Na koncu treba još spomenuti i ovisnost brzine zagrijavanja o starosti zgotovljenog ljepila. Poznato je naime, da ljepilo zgotovljeno za upotrebu, t. j. pomiješano s otvrdivačem, ima relativno malu trajnost, koja se kreće između 30 minuta i nekoliko dana, već prema vrsti ljepila i otvrdivača i temperaturi sredine, u kojoj se takvo ljepilo drži. Nakon isteka tog roka ljepilo se zgusne i očvrstne pa postaje neupotrebljivo. Istraživanja su pokazala (2), da se sa urea-formaldehidnim ljeplivom, upotrebjenim 1 sat nakon miješanja, postiže znatno brže zagrijavanje pod inače istim uvjetima, nego s istim ljeplivom starim 10 minuta. Iako u tom pogledu istraživanja još nisu dala konačni rezultat, ova je konstatacija važna, jer upotpunjuje sliku o pojavama, koje se događaju tokom procesa lijepljenja drveta dielektričnim zagrijavanjem.

#### LITERATURA:

1. Curtis, F. W., High Frequency Induction Heating. 1st Edition. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1944.
2. Egner, K., und Brüning, H., Einflüsse auf die Aushärtungsgeschwindigkeit von Leimverbindungen im hochfrequenten Kondensatorfeld. Holz als Roh- und Werkstoff, god. 12 (1954) br. 9, str. 334—342
3. Hafner, Th., Hochfrequenzermwärmung von nichtleitenden Stoffen unter besonderer Berücksichtigung der Holzindustrie. Brown-Boweri Mitteilungen, god. 38 (1951), br. 11.
4. Hearmon, R. F. S., The High Frequency Electrical Properties of Wood and Wood Resin Combinations. Ministry of Aircraft Production Scientific and Technical Memoranda No. C. 4/44 FP. 13 RIS. 13. London, mart 1944.
5. Hearmon, R. F. S., and Burcham, J. N., The Dielectric Properties of Wood. For. Prod. Res. Spec. Report No. 8. London, 1954.
6. Jones, I., Dielectric Heating for Setting Adhesives. Furniture Development Council London, Information Report No 11. januar 1955
7. Kollmann, F., Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Zweite Auflage. Zweiter Band. Springer Verlag. Berlin, 1955.
8. Kröner, K., und Pungs, L., Über das Verhalten des dielektrischen Verlustfaktors von Naturholz in grossem Frequenzbereich. Holzforschung, god. 7 (1953), br. 1, str. 12—18.
9. Peterson, R. W., The Application of Dielectric Heating in the Woodworking Industries. British Columbia Lumberman (Kanada). decembar 1950.
10. Peterson, R. W., Interim Report on the Dielectrical Properties of Wood. For. Prod. Lab., Ottawa, Mimeo No. 0—151, januar 1950.
11. Pinto, E. H., Wood Adhesives. E. & F. N. Spon Ltd., London, 1955.
12. Pound, J., Radio-Frequency Heating in the Furniture Industry. Wood (London), god. 14 (1949), br. 7 i 8.
13. Runte, E., Heissverleimung von Holz mit Hilfe von Hochfrequenzwärme. Brown-Boveri Mitteilungen, god. 38 (1951), br. 11.
14. Skaar, C., The Dielectric Properties of Wood at Several Radio Frequencies. New York State College of Forestry Technical Publication No. 69. decembar 1948.
15. Viart, F., Collage du bois par radiofréquence. Revue du Bois. god. (1952), br. 7/8 9/10 i 11.
16. Yavorsky, J. M., R. F. Properties of Resin Adhesives. Wood (Chicago), god. 5 (1950), br. 11, str. 22—23
17. Yavorsky, J. M., Research in Electronic Wood Gluing. Proceedings of the National Annual Meeting, U. S. Forest Products Research Society. 1951. str. 285—291
18. Yavorsky, J. M., A Review of Electrical Properties of Wood. New York State College of Forestry, Technical Publication No. 73. 1951.

#### DIELECTRIC HEATING METHOD FOR SETTING WOOD GLUES

Fundamental theoretical data on the radiofrequency heating method for setting wood adhesives are described and discussed. The article deals also with the theoretical aspects of setting process of resin glues. Numerous data and formulas on the effects of various factors influencing RF gluing of wood as the dielectric properties of wood and glue, moisture content of wood, physical properties of wood etc. are given. Different heating methods are described. Information is given of numerous facts as revealed by the foreign authors (Hearmon, Skaar, Peterson, Kollmann, Viart, Yavorsky etc.)

# ABURA I RAMIN

## 1. UVOD

Na svjetskom tržištu drvetom poslije Drugog svjetskog rata pojavio se niz novih i neobičnih vrsta drveta. Mnoge od ovih bile su poznate i ranije, ali samo užem krugu stručnjaka. Poslije rata ove vrste pojavile su se na svjetskom tržištu drveta. One su postale poznate širem krugu interesata od proizvođača do potrošača. Ove su vrste, dakle, nove za svjetsko tržište drvetom. Osnovni razlog, da su se te vrste pojavile na tržištu jesu poslijeratne ekonomske poteškoće.

Na poslijeratnom svjetskom tržištu vrlo je mali broj novih vrsta četinjača. To je posve razumljivo, jer su četinjače rasprostranjene uglavnom u umjerenom pojasu. Manji broj četinjača uspijeva u planinama tropskih i subtropskih zemalja. Nove četinjače na poslijeratnom tržištu potječu uglavnom iz južne hemisfere zemlje, i to iz Južne Amerike i Istočne Afrike.

Na poslijeratnom svjetskom tržištu imade daleko više novih vrsta listača. Veći dio ovih novih listača potječe iz tropskih krajeva Afrike, Južne Amerike, Jugoistočne Azije i Australije.

Od svih novih vrsta listača za nas su od naročitog interesa dvije vrste. To su: abura (*Mitragyna stipulosa* O. Kuntze i *Mitragyna ciliata* Aubr. et. Pellegr.) iz tropskih šuma Afrike i ramin (*Gonystylus* spp.) iz tropskih šuma Jugoistočne Azije. Obje ove vrste pojavile su se na svjetskom tržištu tek poslije Drugog svjetskog rata i postaju iz godine u godinu sve uporniji takmac našoj bukovini.

Ovdje ćemo donijeti prikaz svojstava ovih vrsta drveta.

## 2. ABURA

Abura (*Mitragyna stipulosa* O. Kuntze i *M. ciliata* Aubr. et. Pellegr.) pripada porodici Rubiaceae.

Ova vrsta poznata je u engleskoj trgovini drvetom pod imenom abura, a u francuskoj trgovini drvetom pod imenom bahia. Ova se vrsta nekad u trgovini nazivala i »afrička topolovina«. Od mnogobrojnih urođeničkih imena poznatija su: mukonia (Kamerun), subaha (Zlatna Obala), vuku, voukou (Gabun).

Područje rasprostranjenja je Ekvatorijalna Afrika.

Stablo je srednje visoko (do 40 m), deblo dugo (preko 20 m), pravno i jedro. Prosječni prsni promjer dostiže do 80 cm. Deblo je bez žilista, kora sivozelena, 2 cm debela, uzdužno izbraždena.

Drvo nema izrazite razlike u boji bijelji i srži, bijelj je uska. Godovi, odnosno zone prirasta, ne raspoznavaju se prostim okom, sudovi su difuzno porozni, pore male, ali još vidljive prostim okom, jednolično raspoređene, brojne, pojedinačne i u radijalnim linijama, odnosno malim radijalnim skupinama. Drvni traci su brojni, fini, vidljivi pomoću lupe; parenhim u uskim, kratkim tangencijalnim ili nešto nagnutim svežnjevima, koji spajaju drvene trakove; vlakanca duga (do 3,1 mm), debelostijena, s mnogobrojnim finim ograđenim jažicama.

Boja srži je žutosmeda s crvenkastim tonom. Drvo je bez sjaja, pravne žice, teksture fine i jednolične. Drvo je osrednje teško (450... 560... 640 kg/m<sup>3</sup>), uteže se srednje jako ( $\alpha_v = 12,5\%$ ), na tlak, savijanje i udarac srednje čvrsto ( $\sigma_t = 385$  kg/cm<sup>2</sup>,  $\sigma_s = 720$  kg/cm<sup>2</sup>,  $a = 0,45$  mkg/cm<sup>2</sup>), na vlak okemito na vlakanca slablo čvrsto (24,5 kg/cm<sup>2</sup>), male tvrdoće.

Suši se dobro i brzo. Za vrijeme sušenja od sirovog stanja do 10% vlage uteže se živo, radijalno 3,5%, tangencijalno 6,6%. Radi vrlo malo, dobro se obrađuje, moči, matira i polira. Dobro se lijepi i veže čavlima. Male je trajnosti, naročito u vlažnom stanju. Nije otporno na napadaj termita.

Upotrebljava se kao građevno drvo za lake konstrukcije, zatim u stolarstvu, za tokarenje i rezbarjenje. Moglo bi se upotrebiti za ljuštenje u proizvodnji šperovanog drveta. Po engleskim istraživanjima drvo abure dobro je za uloške u akumulatorima, su-dove za kemikalije i boje.

## 3. RAMIN

Ramin (*Gonystylus* spp.) pripada rodu *Gonystylus*, koji je jedini rod porodice *Gonystylaceae*. Naziv ramin potječe iz engleskog dijela Bornea i najviše se uvriježio u trgovini. Ramin nije vjerojatno botanički posve identičan melawis-u (*Gonystylus warbariganus* Gilg.) iz Malaje kao ni kayugaru (*Gonystylus bancanus* Gilg.) iz Jave i Sumatre.

Glavno područje rasprostranjenja je Borneo, i to sjeverni engleski dio Bornea, naročito sultanat Sarawak, koji se nalazi od 1888. god. pod engleskim protektoratom. Sarawak imade površinu od 108.800 km<sup>2</sup> s oko 600.000 stanovnika uglavnom Malajaca i Kineza. Glavni proizvodi su: kaučuk, sago, papar, kopra, plemenite vrste drveća, zlato, ugljen i nafta. U području delte rijeke Rejang u Sarawak-u navodno imade stranih šuma ramina, koje su se počele iskorišćavati tek poslije Drugog svjetskog rata. Ramin raste zajedno s meranti (*Shorea* spp.), kapur (*Dryobalanops* spp.), jelutong (*Dyera costulata*) i dr.

Ramin uspijeva i u ostalim područjima Jugoistočnog Pacifika.

Stablo je srednje visoko, ravno i jedro. Visina stabla iznosi oko 30 m, a čistog debla oko 12 m. Prosječni promjer u prsnoj visini iznosi oko 50 cm.

Drvo je bez izrazite razlike u boji bijelji i srži. Bijelj je široka u prosjeku oko 5 cm; godovi, odnosno zone prirasta, ne raspoznavaju se dovoljno jasno; sudovi su difuzno porozni, pore male, jedva vidljive prostim okom, pojedinačne ili u radijalnim skupinama od 2 do 4, perforacija jednostrana; drvni traci su fini, nevidljivi prostim okom, heterogeni, uniserijalni; parenhim vazicentričan, difuzan, aliforman i u finim kratkim linijama; stjenke vlakanca su srednje debljine.

Boja: žuta ili žučkastosmeda do čokoladno smeda. Drvo je na radijalnim presjecima sjajno. U svežem stanju drvo imade specifičan miris. Kod prerade ovog drveta radnici često dobivaju nadražaj kože. Ramin drvo je srednje teško do teško drvo. Težina u prosušenom stanju iznosi od 497 do 1001 kg/m<sup>3</sup>, u prosjeku 673 kg/m<sup>3</sup>. U sirovom stanju težina u prosjeku iznosi 833 kg/m<sup>3</sup>. Ramin drvo se živo uteže, utezanje od sirovog stanja do 12% vlage iznosi u radijalnom smjeru 2,5%, a u tangencijalnom smjeru 5,0%. Vlaga drveta iznosi kod 90% rel. vlage uzduha 18%, a kod 60% rel. vlage uzduha 12%. Korespondentni rad drveta u tangencijalnom smjeru iznosi 2,9%, a u radijalnom 1,3%.

Ramin drvo u sirovom stanju po čvrstoći na savijanje, modulu elastičnosti i otporu na cijepanje na-

jednako je bukovini. Ramin drvo je meknije i manje čvrstoće na tlak i na smicanje nego bukovina, male je čvrstoće na udarac.

Ramin drvo se suši brzo. Kod sušenja nastaju manje deformacije, raspucavanje na čelu, a često se javljaju i površinske pukotine. Raspucavanje je naročito jako, ako se suši piljeno drvo deblje od 38 mm. Da bi se spriječilo raspucavanje za vrijeme sušenja, preporuča se rel. vlagu uzduha držati u početku sušenja za oko 10% više nego što je propisano režimom sušenja. Da bi se spriječila površinska dekolracija uslijed plijesni, preporuča se u početku sušenja kroz vrijeme od 3 sata temperatura od 71°C i 100% rel. vlagu uzduha.

Laboratorijski pokusi su utvrdili, da se ramin drvo ni pareno ne da dobro savijati. Ramin drvo zbog toga nije upotrebljivo za proizvodnju stolica i savijenog namještaja. Odnos između radiusa (R) i debljine piljenice (S) iznosi kod parenog ramin drveta R/S (obloženo) 36 odnosno R/S (neobloženo) 37. Za tanke lamele iz neparenog ramin drveta taj odnos iznosi R/S = 72.

Ramin drvo nije trajno; ono je vrlo osjetljivo na dekolraciju i trulež. Ramin drvo nije jako osjetljivo na napadaj *Lyctus* sp. To je vjerojatno zbog toga, što ramin drvo ne sadrži dovoljno škroba. Ramin drvo nije rezistentno na napadaj *Teredo* sp.

Lako se impregnira pod pritiskom i napajanjem. Lahko se pili i blanja, dobro drži čavle.

Ramin drvo upotrebljava se u proizvodnji pokućstva (ali ne savijeno), u građevnom stolarstvu, za vrata, četke, lijesove, usade, držala i t. d.

Upotrebljava se i za proizvodnju furnira i šperovanog drveta. Kod hladnog ljuštenja mogu se ljuštiti tanki furniri. Kod ljuštenja preporuča se zagrijavanje do 70°C. Ljušteni furnir se suši brzo i dobro (bez prevelikog raspucavanja), dobro se lijepi i nakon prerade je relativno stabilan (ne radi jako).

#### 4. KOMPARACIJA DRVETA ABURE I RAMIN S BUKOVINOM

U uvodu je rečeno, da drvo abure i ramina na poslijeratnom tržištu drvetom postaje sve uporniji takmac našoj bukovini. Ovdje ćemo pokušati uporediti svojstva drveta abure i ramina s bukovinom.

U boji između ove tri vrste drveta nema velikih razlika. Drvo abure je žutosmede boje s crvenkastim tonom, drvo ramina je žute ili žućkastosmede do čokoladno smeđe boje, a drvo bukve je svijetlo smeđe do crvenkasto smeđe boje. U boji drveta bijelji i srži nema znatnijih razlika kod sve tri vrste drveta. Sve tri vrste drveta imaju tzv. bakuljavo drvo, t. j. drvo, kod kojeg nema razlika u boji bijelji i srži.

U građi goda, odnosno rasporedu pora, postoji sličnost između sve ove tri vrste drveta. One pripadaju tzv. difuzno poroznom drvetu. Pore su jednolično raspoređene unutar goda.

U težini drveta abure, ramina i bukve postoje znatne razlike. Težina u prosušenom stanju u prosjeku iznosi:

abura	0,56 g/cm <sup>3</sup>
ramin	0,67 g/cm <sup>3</sup>
bukva	0,73 g/cm <sup>3</sup>

Po težini drveta u prosušenom stanju drvo abure je lakše od drveta ramina i bukve, a drvo ramina je nešto lakše od drveta bukve.

Utezanje drveta abure, ramina i bukve od stanja sirovosti do vlage od 12% iznosi:

	radijalno:	tangencijalno:
abura	2,5%	5,2%
ramin	2,5%	5,0%
bukva*)	3,7%	7,3%

Mehanička svojstva drveta abure, ramina i bukvine su slijedeća:

	Abura:	Ramin:	Bukva:
Čvrstoća na tlak	456	—	530
Čvrstoća na vlak	—	—	1350
Čvrstoća na savijanje	808	—	1050
Čvrstoća na smicanje	—	—	80
Modul elastičnosti	101.232	—	160.000
Tvrdoća	526	—	780

Po čvrstoći, modulu elastičnosti i tvrdoći drvo abure je slabije od drva bukve. Prema ispitivanju F. P. R. L. u Princes Risborough-u drvo ramina je po čvrstoći na savijanje, modulu elastičnosti i cjepljivosti jednako drvu bukve. Drvo ramina je mekše i slabije po čvrstoći na smicanje od drva bukve. Dinamička čvrstoća na savijanje i žilavost je neznatna u drvu ramina. Pareno drvo ramina imade manju čvrstoću na tlak od drva bukve i zbog toga nije upotrebljivo za proizvodnju savijenog pokućstva.

Kod proizvodnje savijenog pokućstva važan je odnos između radiusa savijanja (R) i debljine savijenog komada (S). Ovaj odnos iznosi:

	Obloženo metalom:	Neobloženo metalom:
Abura	—	—
Ramin	36	37
Bukva	2	10

To znači, da minimalni radius savijanja za 1 cm debljine savijenog komada iznosi 2 cm, odnosno 10 cm za drvo bukve, a 36 cm, odnosno 37 cm, za drvo ramina.

#### Literatura:

1. A Handbook of Empire Timbers, London 1945;
2. A Handbook of Home-grown Timbers, London 1941;
3. E. Schmidt: Überseeholzer, Berlin 1951;
4. An Atlas of End-Grain Photomicrographs for the Identification of Hardwoods, London 1953;
5. Ramin, FPRL Princes Risborough, London 1952;
6. Drei südasiatische Hölzer, Kauri — Ramin — Sandel, Holz-Zbl. 80 (1954), 109, Stuttgart;
7. Ramin and Punah, F. W. Jane, Timber Technol. Vol. 62 (1954), 2183, London;
8. The Structure of New Timbers, F. W. Jane, Timber Progress and Desk Book for 1953, London;
9. World Review of the Newer Timbers and their commercial uses, R. P. Woods, Timber Progress and Desk Book for 1953, London;
10. Identification of Hardwoods a lens key London 1952.

#### Summary

In this paper technical properties and uses of Abura (*Mitragyna stipulosa* O. Kuntze and *Mitragyna ciliata* Aubr. et Pellegr.) and Ramin (*Gonystylus* spp.) are described. After the second world war Abura and Ramin have been employed in Great Britain and other countries as a substitute for Beech in manufacture of furniture and for other purposes. Further the technical properties of aburawood and raminwood are compared to the technical properties of beechwood.

\*) Od stanja sirovosti do 15% vlage.



# Exportna problematika

## Pregled međunarodnog tržišta drveta

Posljednji izvještaj o razvoju cijena meke piljene građe na međunarodnom tržištu, koji je nedavno objavila Međunarodna organizacija za ishranu i poljoprivredu u suradnji sa Drvarskom sekcijom Organizacije za evropsku privrednu suradnju u Zenevi, iscrpno proučava pitanje cijena drveta u posljednjih pet godina. U tom se izvještaju osobito podvlači problem povišenja cijena drveta, t. j. u kolikoj je mjeri povišenje cijena drveta prešlo svoju normalnu granicu u odnosu na cijene mnogih drugih proizvoda. Kod toga se osobito naglašava činjenica, da su u razdoblju 1950/55., vodeće evropske zemlje-uvoznice drveta bile u stanju povećati svoju potrošnju drveta, a da pri tome n'isu izvršile neke veće promjene u samom načinu potrošnje tog artikla. S druge strane su, međutim, drugi manje važni potrošači drveta zabilježili veći otpor sa strane svojih mušterija u vezi s povišenjem cijena drveta, a što je imalo za posljedicu veće smanjenje njegove potrošnje. Dok mnogi stručnjaci misle, da se tendencija smanjenja potrošnje drveta u korist mnogih drugih proizvoda u zamjenu za drvo prilično smanjila, dotle britanski stručnjaci misle, da to n'je slučaj, te da drvo stalno gubi na terenu u korist spomenutih proizvoda. S time u vezi se naglašuje, da troškovi manipulacije iznose tek manji dio predajne cijene, te da veći dio tih troškova — fob i vozarinski troškovi — predstavljaju međunarodne cijene na koje uvoznici nemaju veći izravni uticaj. Posleda li se na razvoju cijena drveta u Evropi između 1950. i 1951., kada je britanska uvozna cijena bila porasla od funta 54.38 na funta 87.33 za std., onda je sigurno, da je ta razlika u cijeni bila istinu velika. Nakon toga su se, međutim, cijene drveta kretale na nešto nižem nivou. Premda je u 1955. g. britanski uvoz drveta dostigao rekordernu visinu u poslijeratnom razdoblju, a što se odrazilo i na cijene drveta (u 1955. cijena je bila funta 83/0/3 za std.), to su ipak cijene drveta u prošloj godini bile niže nego u 1951.

Što se tiče ovogodišnjih zaključaka meke piljene građe od strane britanskih uvoznika i njihovog poznatog stava u tom pitanju, taj je britanski stav utjecao i na već broj ostalih evropskih uvoznika drveta. Izvoznici su se sa svoje strane ubrzo prilagodili smanjenim potrebama svojih kontinentalnih mušterija tako, da sa svojim ponudama n'isu nastupali u većoj mjeri upravo u vrijeme, kada kupci za to n'isu bili spremni.

Drvarska sekcija Organizacije za evropsku privrednu suradnju je sa svoje strane u međuvremenu ispravila svoje procjene o uvoznim potrebama i predviđenim izvoznim mogućnostima zainteresiranih zemalja. Na temelju te nove prakse, ukupne se potrebe meke piljene građe uvoznčkih zemalja procjenjuju na nekih 250.000 std. manje, nego što je bilo prvobitno predvi-

đeno za ovu godinu. Tu je u prvom redu bila uzeta u obzir smanjena potreba sa strane britanskih uvoznika. Budući se s druge strane procjena s obzirom na raspoložive izvezne količine n'je uvelike izmijenila, to se u 1956. može računati sa stanovitim viškom na evropskom tržištu drveta. Kako s druge strane veća američka potražnja i visoki pomorski vozarinski stavovi onemogućuju veće kanadske ponude u evropskim zemljama, to će veća ponuda od potražnje, koja vlada na evropskom tržištu, jedva biti u stanju sniziti njegove cijene.

Prošle su godine cijene drveta bile uglavnom stabilne. Veće cijene za zemlje-potrošače drveta proizlazile su u najvećoj mjeri od razvoja brodskih vozarinskih stavova. Jače pojeftinjenje fob cijena nije nastupilo osim za neke vrste slabijih kvaliteta. Nakon što su u međuvremenu brodski vozarinski stavovi nešto popustili u usporedbi s najvećom granicom, koja je bila dostignuta u 1955., to bi cijene fob određena luka za najveći dio ovogodišnjeg evropskog uvoza drveta morale biti nešto niže nego u 1955.

U tom su smislu veoma zanimljive sovjetske prodaje meke piljene građe po sniženim cijenama sredinom ove godine, što je znatnije emetalo švedske i finske prodaje na mnogim evropskim tržištima, osobito na zapadnonjemačkom tržištu. Cijene, po kojima je nudeno ovo drvo, kretale su se za jelu/smreku od 2" u/s po funta 77/10 a za 1 3/4" funta 79 Cif zapadnonjemačke luke. Prema najnovijim podacima SSSR je krajem kolovoza ponovo ponudio količinu od nekoliko tisuća standarda jela/smreke od 2" i 1 3/4" Zapadnoj Njemačkoj za isporuku iz Arhangeljska i Lenjingrada. Koncem kolovoza SSSR je također ponudio meku piljenu građu i na belgijskom tržištu po nešto nižim cijenama od desetašnjih. U ožujku je SSSR isporučio Belgiji 16.000 std. na bazi funta 94 za borove planke od 7" u/s, funta 108 za borove daske 7" u/s i funta 82 za borovinu IV klase, dok su cijene posljednjih ponuda iznosile za odgovarajuće sortimane funta 91, odnosno funta 105, odnosno funta 76, sve Cif belgijske luke. Prema trgovinskom sporazumu između Belgije i SSSR od 2. kolovoza o. g., SSSR treba da isporučuje Belgiji oko 42.000 std. mekog drveta, što znači, da SSSR do kraja godine treba da isporučuje još oko 23.000 std., s obzirom na to, što je do sada već prodano 20.000 std.

Iz gore navedenog proizlazi, da skandinavskom drvetu sve više konkuriraju zemlje, kojih su cijene niže od njihovih. Ovdje je osobito zanimljiva upravo sovjetska konkurencija, premda se s druge strane, s obzirom na neizvjesnost daljnjeg razvoja sovjetskog izvoza, ne može reći, u kojoj će mjeri ova konkurencija ozbiljnije ugroziti skandinavske prodaje na evropskom tržištu drveta.

51. Zagrebački Velesajam znači, bez svake sumnje, značajnu prekretnicu ne samo u vlastitom razvoju, već i u historiji jugoslavenskih sajmova uopće. Prostorna ograničenost, koja je posljednjih godina oštro kočila razvoj, davala je Zagrebačkom Velesajmu usprkos sve većeg broja eksponata i sve veće sadržine, ipak donekle provincijski karakter. Novo izgrađeni sajamski prostor potpuno omogućuje ne samo održavanje velesajma prema današnjim mogućnostima i potrebama,

# Drvena industrija

već će, po svemu sudeći, moći zadovoljiti i za perspektivni razvoj.

Brojni paviljoni stranih zemalja potvrđuju riječi druga Tempa da: »Zagrebački Velesajam manifestira dvije permanentne težnje naše politike: težnju za privrednim napret-

kem Jugoslavije i težnju za što širem saradnjom između naše i drugih zemalja.«

S obzirom na karakter našega lista zadržat ćemo se jedino na proizvodima drvene industrije.

Drvo i proizvodi od drveta bili su izloženi na zapadnom dijelu starog Velesajma. Odmah možemo ustvrditi, da je i načinom izlaganja i sadržajem uspješno pružiti stranom i domaćem posjetocu vjernu sliku današnjeg stanja i nastojanja u industrijskoj preradi i obradi drveta. U skladu s osnovnom tendencijom razvika ne samo drvene industrije, već i naše privrede uopće, glavna je pažnja bila posvećena finalnim proizvodima, a naročito namještaju. Piljene građe i šumskih proizvoda bilo je manje, nego li ranijih godina. To je uostalom sasvim prirodno, jer za našu piljenu građu nije ni potrebna naročita reklama, budući da je poznata i uvedena na svim važnijim evropskim i vanevropskim tržištima. U finalnim proizvodima mi se nalazimo tek u stadiju prodiranja na tržišta i stvaranja pozicija, pa je upravo zato opravdano, da se težište na Velesajmu i raznim izložbama polaže na finalne proizvode, u prvom redu na namještaj.

Svakako pozitivna je činjenica, da se od sajma do sajma kod naših proizvođača sve više osjeća težnja za proizvodnjom novijih i modernijih tipova namještaja. Naročito kod proizvođača iz Slovenije i Hrvatske, a u posljednje vrijeme i iz Srbije sve manje se vidi zastarjelih garnitura teškog namještaja, tamnih i tmurnih boja, funkcionalno nepraktičnog. Umjesto toga svaki proizvođač nastoji da iznese originalne tipove lakog, modernog namještaja, svijetlih nijansa, koji ne samo da bolje služe svojoj svrsi, već i svojom skladnom konstrukcijom i oblikom, lakim linijama i vedrim bojama čine udobniji prostor, u kojem čovjek sprovedi već dio dana.

Bilo je i premašaja i neuspjeha, traženja novog samo zbog novog, ne vodeći dovoljno računa o funkcionalnom zadatku. To je potpuno prirodno, jer u svakom traženju novoga početni neuspjesi i pogreške nužni su i razumljivi, ukoliko se željelo stvoriti zaista nešto originalno i sveže, a ne slijepo kopirati dostignuća sa strane.

Naročito treba pozdraviti cijeniaciju, koja je na ovom sajmu jasno došla do izražaja, a to je orijentacija na proizvodnju pojedinih dijelova namještaja, a ne samo kompletnih garnitura. To je u toliko važnije,





NA

## Zagrebačkom velesajmu 1956.

Jer današnje mogućnosti domaćih kupaca bliže su nabavljanju namještaja komad po komad, nego čitavih garnitura. Osim toga, ukoliko proizvodnja uzma barem djelomično orijentaciju na izvoz, tada treba imati na umu da će i u one zemlje, gdje je standard života još razmjerno nizak, biti mnoge lakše plasirati pojedine dijelove ili jeftinije garniture, nego li skupe. S obzirom na nova tržišta, koja postaju od sve većeg značaja za našu industriju finalnih drvnih proizvoda, ovo postaje još važnijim.

Druga je pozitivna činjenica, da se uopće uzevši opaža nastojanje proizvođača, da se i cijenama po mogućnosti približe i prilagode mogućnostima potrošača. Od pojedinih eksponata teško je izdvojiti neke, koji bi daleko odskakali od ostalih, ali ipak smatramo, da ne ćemo pogriješiti, ako poimence nabrojimo neke novitete, odnosno neka poduzeća, čiji su proizvodi najviše privlačili pažnju posjetilaca.

Proizvođači iz NR Hrvatske po prvi puta su izložili sportske artikle, vrlo uspjele i srazmjerno jeftine reketke za ten's, te razne igračke. Na naročito sviđanje naišao je jedan izloženi čamac.

Treba spomenuti blagovaonicu DIP-a Virovitica, kakva se danas serijski proizvodi za englesko tržište. Na izgled je vrlo lijepa, a uz to je jednostavna i praktična. Uspjele su i blagovaonice DIP-a Nova Gradiška namjenjene izvozu za SSSR. Ipak, možda je najviše upadala u oči luksusna radna soba Tvornice »Marko Šavrić«, izrađena iz brijesta i javora. Ova je soba zapravo bila velesajamska kancelarija »Export-drva«, koje je i ovaj puta, uostalom kao i dosada, vrlo uspješno organiziralo nastup proizvođača iz NR Hrvatske.

Vrlo su lijepe sobe za kancelarije, proizvodi poduzeća »Jadran« Zagreb, u kombinaciji drvo-metal. Isto je tako interesantna kombinacija raznih soba za urede, sve u istom stilu. Proizvođač je DIP »Brezovica«. DIP Ogulin i Tvornica pokućstva Vrata izložili su nove moderne tipove kuhinjskog namještaja.

Proizvođači iz NR Srbije pružili su bogatu reviju namještaja, među kojima se naročito ističu serijski proizvedene spavaće sobe u svijetlim tonovima, kao i radne sobe i pojedinačni namještaj namijenjen izvozu u Holandiju. Kod spavaćih

soba valja istaknuti, da usprkos solidne izrade i lijepog izgleda cijena za naše prilike nije visoka. Kreće se cca 50.000.— D.n.

Proizvođač iz NR Slovenije, koji su dosada uvijek prednjačili u finalnim proizvodima, pa i u namještaju, izgleda da ovom Velesajmu ni kvantitativno ni kvalitativno nisu posvetili naročitu pažnju. Izlagao je mali broj poduzeća, a među eksponatima nismo zapazili nekih naro-

čitih novosti. Vjerojatno je, da su se spremali za ljubljanski sajam artkala namjenjenih izvozu, koji je počeo kratko vrijeme izo završetka Zagrebačkog Velesajma.

Ovo je vjerojatno bilo po posljednji puta da naša drvena industrija izlaže na starom sajmu. Bilo bi poželjno, da novi nastup na novom Velesajmu bude održan u vlastitom paviljenu, koji će izlagačima pružiti mogućnost da u cijelosti i organskom povezanošću prikažu sve proizvode koje proizvode. Ovakav paviljon po našem mišljenju i načinom svoje izgradnje morao bi ukazivati na važnost, koju drvo ima u našoj privredi, a specijalno na sektoru vanjske trgovine.



## Mi čitamo za Vas

U ovoj rubrici donosimo preglede važnijih članaka, koji su objavljeni u najnovijim brojevima vodećih svjetskih časopisa sa područja drvne industrije. Zbog ograničenog prostora ove preglede donosimo u veoma skraćenom obliku. Međutim, skrećemo pažnju čitaocima i pretplatnicima, kao i svim zainteresiranim poduzećima i licima, da smo u stanju na zahtjev izraditi cjelokupne prijevode ili fotokopije svih članaka, čiji su prikazi ovdje objavljeni. Za sve takve narudžbe izvolite se obratiti na Uredništvo časopisa ili na Institut za drvno-industrijska istraživanja — Zagreb, Gajeva ulica 5.

### 8. — MEHANIČKA TEHNOLOGIJA

80.7 TLAČENJE I EGALIZIRANJE ZUBI PILA (Swaging and Side-Dressing.) A. H. Haycock. »Wood«, god. 20 (1955), br. 5, maj, str. 198—201, br. 6, juni, str. 251—253.

Aparati za tlačenje i egaliziranje zubi pila, koji se danas u praksi upotrebljavaju, nisu naročito komplikirani. U biti se oni sastoje iz jednog nakovnja, koji ostaje čvrsto naslonjen na vrh zuba, i iz jednog kalupa za tlačenje, kojim se pritišće čelo zuba. Aparat se učvrsti na pilu i kalup za tlačenje se zaokrene pomoću jedne ručne poluge. U članku se detaljno opisuje sam aparat za tlačenje i egaliziranje kao i njegova upotreba, te se daje niz praktičnih savjeta i uputa o načinu sprovođenja ove važne radne operacije.

81 / 04 ISTRAŽIVANJE OBRADIVOSTI DRVETA POMOCU ULTRA-BRZIH FILMSKIH KAMERA ZA SNIMANJE (Wood Machining Research With High Speed Motion Pictures.) R. J. Hoyle Jr. i W. A. Cote Jr. »J. For. Prod. Res. Soc.«, USA, god. 4 (1954), br. 5, okt., str. 246—250.

Radnja rezanja mnogih alata strojeva za obradu drveta obavlja se kod tako velikih brzina da je prostom okom nemoguće pratiti proces formiranja ivera. Najnovija istraživanja obradivosti drveta, kod kojih su upotrebene ultra-brze kamere za filmsko snimanje, otkrivaju fenomen formiranja ivera onako kako se on u stvarnosti i zbiva. Iako je za mnoge vrste drveta utvrđen utjecaj, što ga na obradivost imaju rezni kutovi noževa, dubine reza, sadržaj vlage, gustoća i konfiguracija žice drveta, neke vrste drveta pokazuju svojstva obradivosti, koja se ne podudaraju s općom teorijom rezanja. Ovo se neslaganje može protumačiti proučavanjem procesa formiranja ivera pri obradi. Utvrđivanje osnovnih zakona obrade drveta bit će od neocenjive vrijednosti za konstruktore strojeva i alata za obradu drveta i za one, koji ove strojeve i alate upotrebljavaju. U članku se analiziraju uzroci nastajanja četiri vrste griješaka kod obrade drveta, koje se mogu pripisati uvjetima, pod kojima se formira iver, a to su: istrgnuta vlakanca, vunasta obrađena površina, tragovi alata ili paljenje i izdignuta vlakanca na obrađenoj površini drveta.

81.2 SVESTRANA TRAČNA PILA — UNIVERZALNI STROJ ZA OBRADU DRVA U MALOM POGONU. (The Versatile Band-Saw — Universal Wood Worker in the Small Plant.) P. H. Graham »The Wood-Worker«, god. 74 (1955), br. 2, april, str. 10—11, 18—20.

Unatoč činjenici, da su moderni specijalni strojevi za obradu drva istisnuli tračnu pilu u velikim pogonima ona u malim pogonima još uvijek predstavlja vrlo koristan stroj. Ona se upotrebljava jednako uspješno za grubo rezanje i oblikovanje drveta kao i za specijalne fine radove rezanja. Svestranosti upotrebe tračne pile su mnogo dobrinili i proizvađači tih strojeva koji isporučuju razne standardne naprave, pomoću kojih se razne radne operacije na tračnim pilama vrše brže, lakše i tačnije, nego što je to ranije bilo

moćuće. Tako se danas na pr. na tračnim pilama uspješno obavljaju radovi kao što su koso podrezivanje, obrubljivanje oblikovanje, izrezivanje krugova i lukova, paranje debele građe u tanke piljenice pomoću naročitog uređaja za posmak, koji se lako može montirati i opet skinuti, kada nije potreban i t. d. Osvjetljenje neposrednog radnog mjesta je vrlo važno za postizanje kvalitetnog i preciznog rada. U članku se opisuju razni praktični uređaji za svestranu upotrebu tračne pile.

81.7 / 83.1 / 97 OBRADA RAVNIH PLOHA ZA NAMJEŠTAJ. (Processing Flat Components into Furniture.) J. E. Hyler. »The Wood-Worker«, god. 74 (1955), br. 2, april, str. 13, 24, 26—28.

U članku se detaljno opisuje način izrade i obrade ravnih ploha iz punog drveta za namještaj. Pod ravnim plohamo namještaja se podrazumjevaju stropovi, podovi, stranice i razdjelne stijene ormara police, čela ladica i t. d. Kvalitet izrade i obrade ovih dijelova je uvijek važan, kako obzirom na jačinu konstrukcije namještaja tako i obzirom na površinsku obradu. Pri izradi i obradi ravnih ploha treba obraćati najveću pažnju na kvalitet lijepljenja pri bočnom lijepjenju pojedinih dasaka iz tvrdog drveta jedna uz drugu, na slaganje pojedinih letvica kako bi se izbjeglo bacanje i vitoperenje cijele plohe, na pravilan izbor drveta obzirom na boju, da bi se postigao željeni estetski efekt. Nadalje treba paziti na to, da svo drvo, koje se upotrebljava za izradu ravnih ploha, ima jednak sadržaj vlage, da žica pojedinih letvica teče uvijek u istom smjeru, kako bi se ploha mogla što čišće obraditi na blanjatici, i konačno, da dovršno čišćenje i brušenje plohe bude kvalitativno na visini kako bi površina nakon površinske obrade bila potpuno ravna.

81.1 GRIJEŠKE SIROVE ROBE KOD PILJENJA NA GATERU. (Schnittfehler bei Rohware am Vollgatter.) H. Fronius. »Holz-Zbl.«, god. 81 (1955), br. 105, str. 1249.

Kod proizvodnje piljene građe na gateru može povremeno doći do griješaka, koje imaju za posljedicu deklasiranje robe ili u najmanju ruku loš izgled proizvedenih piljenica. Glavne pogreške su slijedeće: hrapavi rez, S — rez, grbavi rez, vitoperi rez, konični rez, rez s brkovima i sirovi rez. Navode se jednostavna pomoćna sredstva za ustanovljenje pogrešaka, ukoliko one nisu vidljive prostim okom, kao i moguć uzroci i mjere, koje treba poduzeti, da bi se pogrešak uklonile ili izbjegle. Na kraju se pretresa djelovanje ovih pogrešaka pri rezanju kod daljnje obrade građe.

### 9. — MEHANIČKA PRERADA, INDUSTRIJA DRVETA

99.1 / 97 OŠTEĆENJA KOJA SE PONAVLJAJU KOD ISPORUKE NAMJEŠTAJA (Recurrent Damage in Furniture Shipments.) R. E. L. Harmon. »J. For. Prod. Res. Soc.«, USA, god. 4 (1954), br. 5, okt., str. 196—198.

Mnoga oštećenja namještaja nastaju pri transportu i isporuci, pa se zato moraju poduzeti odgovarajuće mjere, da bi ih se spriječilo. Iako je rukovanje

pošiljkama za vrijeme transporta važan faktor koji pridonosi oštećenju, on nije najvažniji faktor, kako mu se to općenito pripisuje. Odgovarajuća analiza oštećenja zajedno s ispitivanjem karakteristika robe, koja se isporučuje i primjenom unutrašnjeg pakovanja uvijek će pružiti mogućnost sprovedbe ispravaka načina pakovanja na samom izvoru, t. j. u proizvodnji i pripremi robe za transport i tako znatno smanjiti rizik oštećenja robe za vrijeme isporuke. U članku se navode oštećenja namještaja, koja se najčešće ponavljaju, njihovj uzroci i način sprečavanja.

97 / 05.1 DIMENZIJE I TOLERANCE U OBRADI DIJELOVA NAMJEŠTAJA (Dimensions and Tolerances For Machined Furniture Parts.) J. S. Bethel i R. J. Hader. »J. For. Prod. Res. Soc.«, USA. god. 4 (1954), br. 5, okt., str. 365—370.

Proizvodnja kvalitetnog namještaja zahtijeva, da pojedini sastavni elementi budu ispravno međusobno podešeni (»upasovani«). Slabo podešeni elementi uslovljuju slabu strukturalnu čvrstoću namještaja i njegov slab izgled. Ako neko zastupa teoriju, da se drvo ne može točno obraditi, ali da pojedini elementi ipak moraju biti međusobno podešeni, onda jedino rješenje ovoga problema predstavlja veliki utrošak radne snage za skupo ručno podešavanje pojedinih elemenata za vrijeme operacije montaže namještaja. Ako se, međutim, smatra, da se može sprovesti tačna obrada pojedinih elemenata, onda skupi ručni rad na njihovom podešavanju može biti sveden na minimum. Istraživanja su pokazala, da je moguće drvo obraditi s velikom tačnošću i unutar vrlo uskih toleranca pomoću tehnike statističke kontrole kvaliteta. U članku se detaljno i konkretno opisuje način primjene ove tehnike.

Za naprednu drvenu industriju i obrt

**U R O F I X**

**F E N O F I X**

**F I B R O F I X**

sintetska ljepila



Tvornica boja i lakova  
Zagreb, Radnička 43



## DRVNO INDUSTRIJSKO PODUZEĆE NOVA GRADIŠKA

Telefon: 30 i 69 - Tek. rač. 571-T-59

### PROIZVODI:

**TVORNICA POKUČSTVA »STJEPAN SEKULIĆ«**  
sa strojnom stolarijom »Papuk«

najmodernije tipove kućnog i uredskog namještaja, i vrši unutrašnje uređaje

**PILANE**  
u Okučanima i Novoj Gradiški

rezanu hrastovu, bukovu, jasenovu, i brestovu građu

**SUMSKO RADILIŠTE**  
u Novoj Gradiški

hrastove furnirske trupce, bukove trupce za ljuštenje, hrastovu cjepanu dužicu (tesanu), celulozno drvo, bukovo i taninsko drvo, ogrjevno drvo svih klasa i drveni ugali

**KAMENOLOM**  
u Okučanima

svih dimenzija lomljeni kamen, kamen za gradnju, tucanika za gradnju ceste, sipine i sitnez (dioritamfibolit)

### VLASTITE PRODAVAONICE

ZAGREB, Trg Bratstva i Jedinstva br. 4  
ZAGREB, Vlaška ulica br. 99  
PULA, Trg Bratstva i Jedinstva br. 15  
BANJA LUKA, Maršala Tita b. b.  
RIJEKA, Trg Maršala Tita br. 10

S  
L  
A  
V  
O  
N  
I  
J  
A

# Drvena industrija - Slav. Brod

S  
L  
A  
V  
O  
N  
I  
J  
A**KOMBINAT:**

Iskorištavanje šuma, Pilana, Tvornica furnira, Tvornica parketa, Strojna stolarija.

TELEFON: Uprava 202 i 203, Tvornica furnira 204, Strojna stolarija 205.

BRZOJAVNA KRATICA: SLAVDRVO - SLAVONSKI BROD.

**PROIZVODI:**

Trupce tvrdih i mekih lišćara, pragovsku oblovinu, rezanu građu, furnire svih domaćih vrsta drva i egzota, parkete i proizvode strojne stolarije.

**PRODAJE:**

Jamsko drvo, kolarsku građu, tesane željezničke pragove i taninsko drvo. / Hrastovu, jasenovu, brijestovu i orahovu rezanu građu, hrastove rezane pragove i skretničku građu, te hrastove grede po specifikaciji. / Sve vrste plemenitih i slijepih furnira. / Hrastove, bukove i jasenove parkete. / Sobni i kuhinjski namještaj, građevinsku stolariju, drvenu galanteriju, sastavljene furnire svih vrsta, intarzirane slike iz furnira i t. d.

KUPUJE: Orahove i ostale furnirske trupce, kao i trupce za ljuštenje svih vrsta drveta.

## »Krivaja« Zavidovići

PREDUZEĆE DRVNE INDUSTRIJE

Brzovani naslov: KRIVAJA - Zavidovići

Telefon br. 2

Tekući račun kod Narodne banke filijala Zavidovići br. 718-T-3

**PROIZVODNJA MONTAŽNIH KUĆA:**

- Pogon montažnih kuća PDI »KRIVAJA« započeo je serijsku proizvodnju stambenih i »weekend« kuća.
- »KRAVAJA« doprinosi rješenju stambenog i ugostiteljsko-turističkog problema svojim montažnim objektima.
- Male investicije, brza montaža i demontaža, mogućnost premještanja, solidnost i trajnost, udobnost i lijep izgled su odlika i prednosti »Krivajinih« montažnih kuća.
- »Krivajine« montažne kuće obezbjeđuju svojom opremom potpuni komfor.
- Po želji kupca tvornica oprema kuće savremenim namještajem.

*Drveno industrijsko poduzeće*  
**„TUROPOLJE“**  
U TUROPOLJU

Telefon: 81-92  
Brzjavi: DIP - Turopolje  
Bankovna veza: 413-T-169 Velika Gorica

**PROIZVODI:**

Hrastovu, parenu i neparenu bukovu, jasenovu i brestovu rezanu građu u svim debljinama i klasama u poznatoj prvorazrednoj kvaliteti zbog svoje finoće i strukture drveta.

**KUPUJE:**

Svaku količinu hrastovih, bukovih, jasenovih i brestovih trupaca u svim debljinama i klasama.

**Drveno  
industrijsko  
poduzeće**



**Novi Vinodol**

Telefon br. 27  
Tekući račun  
N. B. Crikvenica  
502-T-57  
Telegram:  
DIP Novi

**IMA U SVOM SASTAVU:** pilanu, vozni park i remontnu radionicu.  
**VRŠI EKSPLOATACIJU ŠUME I PILANSKU PRERADU DRVETA.**  
**PROIZVODI I PRODAJE:** jelovu i bukovu građu, te sve šumske sortimente.



# JUGODRVO

PREDUZEĆE ZA PRODAJU DRVETA

**BEOGRAD**

TRG REPUBLIKE 3/V – POŠTANSKI FAH 60

Telegrami: JUGODRVO, BEOGRAD – Telefoni: 21-794, 21-795, 21-796, 21-797



**PREDSTAVNIŠTVA U ZEMLJI:**

**LJUBLJANA:**

Gradišče 4 – Pošt. fah: 10 – Ljubljana – Telegrami:  
Jugodrvvo – Ljubljana – Telefon: 23-351.

**ZAGREB:**

Kaptol 21. Pošt. fah: 258 – Zagreb. Telegrami: Jugodrvvo – Zagreb. Telefon: 35-483.

**SARAJEVO:**

Jugosl. nar. armije 42. Pošt. fah 193 – Sarajevo. Telegrami: Jugodrvvo – Sarajevo. Telefoni: 35-04 i 38-35.

**Poslovnica  
RIJEKA:**

Delta 6. Pošt. fah: 351 – Rijeka. Telegrami: Jugodrvvo – Rijeka. Telefon: 34-81.

**PRETSTAVNIŠTVA I ZASTUPNICI U INOSTRANSTVU:**

Italija, Engleska, Njemačka, Austrija, Belgija, Holandija, Švajcarska, Francuska i Francuska Sjeverna, Afrika, Egipat, Turska, Izrael, Grčka, Argentina, Urugvaj, Austrija i SAD.

**KUPUJE I IZVOZI**

SVE DRVNE SORTIMENTE I FINALNE PROIZVODE

**POSREDUJE**

KOD PRODAJE DRVNIH SORTIMENATA U INOSTRANSTVU PO NALOGU PROIZVOĐAČA.

**RASPOLAŽE**

SA DUGOGODIŠNJIM ISKUSTVOM PO IZVOZIM POSLOVIMA I RAZGRANATIM TRGOVINSKIM VEZAMA U SVIM DJELOVIMA SVIJETA.

**PROIZVOĐAČI:** koristite u Vašem poslovanju naše iskustvo i naše usluge