Baština Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

RADOVI V, knj. 1.

Ćosić, Dragomir

1955

Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

https://bastina.anubih.ba/items/d044b257-dc8b-4652-a705-591f82d00049

Preuzeto s Baštine Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

https://bastina.anubih.ba/

NAUČNO DRUŠTVO NR BOSNE I HERCEGOVINE

RADOVI

KNJIGA V

ODJELJENJE PRIVREDNO-TEHNIČKIH NAUKA

Knjiga 1

ANU BiH АНУ БиХ

SARAJEVO
1955

JULIJE HAHAMOVIĆ

PRILOG ISTRAŽIVANJU STATIČKE ČVRSTOĆE NAŠEG TEHNIČKOG DRVETA

(Primljeno na sjednici Odeljenja privredno-tehničkih nauka 24. VI. 1954 g.)

U jednoj nedavno objavljenoj publikaciji[1]) izneli smo da je poznavanje drveta kao konstruktivnog materijala, u opštim razmerama, daleko slabije u odnosu na ostale prirodne i veštačke materijale nego što bi se moglo pretpostaviti prema značaju koje drvo ima u celokupnoj tehnici konstrukcija. Ovo važi naročito sa gledišta njegove mehaničke otpornosti.

Kao jedan između glavnih uzroka toj činjenici istakli smo nedovoljne podatke o ispitivanju po pojedinim regionalnim oblastima, pošto postoji tesna funkcijska povezanost između fizičkih osobina drvnog materijala i lokalnih uslova u kojima je stablo raslo i razvijalo se, kao što su: geografski i visinski položaj, klimatske, geološke i pedološke prilike, a naročito specifični uslovi u vezi sa mikrolokacijom (nagib tla, odnosi prema susednim stablima, objektima i terenskim preprekama, veličina i trajnost oborina, štetočinski uticaji i dr.).

Naglasivši potrebu zainteresovanosti svake zemlje koja obiluje drvetom na rešavanju pitanja poznavanja, naročito, statičkih osobina sopstvenog materijala drveta, a time i postizanja izvesnih tehničkih, ekonomskih i naučnih preimućstava, izneli smo nacrt metodike koja obuhvata glavnu problematiku koju u toku istraživačkog postupka treba rešavati kad je u pitanju materijal za potrebe građevinskih i drugih, analognih konstrukcija. Iznoseći ovu problematiku u detaljima, istakli smo potrebu sistematskog istraživanja osobina našeg tehničkog drveta kao krupnog faktora u vezi sa nastojanjima na unapređivanju celokupnog našeg tehničkog rada, sistematskog naučnog rada, čiji je značaj, kod nas, već odavna uočen. Napomenuli smo da do tada, ni stručnim ljudima u našem građevinarstvu nije bilo poznato da li uopšte raspolažemo ma kakvom dokumentacijom, opšte vrednosti, o karakterističnoj otpornosti našeg masovnog drvenog materijala, pa se napr. i naši standardni propisi za drvene konstrukcije zasnivaju na inostranim podacima o nosivosti raznih vrsta drveta, čija primena, u našim uslovima, može biti sporna. Reč je, često, o podacima koji su metodičkim radom, u raznim evropskim i preko-

[1]) Hahamović: Metodika ispitivanja drveta za građevinske potrebe, Sarajevo 1953 g.

morskim zemljama, utvrđivani još pre mnogo decenija, a koje danas permanentno prikupljaju, proučavaju i razrađuju mnoge naučne institucije.

Kao faktor koji naročito negativno utiče pri istraživanju mehaničkih osobina drveta i koči racionalno obuhvatanje znanja o drvetu, naveli smo veliko procentualno rasturanje ispitivačkih rezultata, što je posledica znatne anizotropnosti i druge tehnološke neujednačenosti ovog materijala. U pitanju je razlika između utvrđenog maksimalnog i minimalnog rezultata iste serije ispitivačkih ugleda u odnosu na prosečni. Ovo se, kad je u pitanju statička čvrstoća može izraziti obrascem

$$(1) \quad \text{rast} = \frac{\beta \text{ max} - \beta \text{ min}}{\beta \text{ pros}} \cdot 100\%$$

β max ... maksimalna pojedinačna čvrstoća u istoj seriji

β min ... minimalna pojedinačna čvrstoća u istoj seriji

β pros ... prosečna čvrstoća ispitane serije ugleda.

Cela *pažnja ispitivačke tehnike usretsređena je, danas, na postizanje što manje razlike* (βmax — β *min*). U tom pravcu kreću se i međunarodne standardne preporuke[2]) i sa tom namerom dali smo i pomenutu metodiku[1]), koja na prvom mestu ima u vidu specifične potrebe građevinskih konstrukcija. U suprotnom slučaju, dakle pri znatnom razilaženju analognih rezultata, podaci su stvarno neupotrebljivi.

Dalji korak u pravcu ostvarivanja naše zamisli trebalo je biti praktično proveravanje objavljene „metodike" u cilju utvrđivanja njene primenjivosti, s tim da se na osnovu postignutih iskustava provedu potrebne korekture. Svakako, da su se od ovakve istraživačke akcije mogli očekivati i dalji rezultati u pogledu produbljivanja znanja o osobinama i o ponašanju drveta u uslovima koji su služili kao podloga ispitivanja.

Sprovođenje preliminarnog ispitivačkog rada u ovom smislu bilo nam je omogućeno stavljanjem na raspoloženje potrebnog materijala drveta, od strane Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, sa njegovog šumskooglednog dobra „Igman". Drvo koje je, ovde, usvojeno, samo unekoliko, kao reprezentativno za bosansko tehničko drvo, oboreno je aprila 1953 g., a zajedno sa podacima o botaničkoj identifikaciji dostavljeno je meseca maja Zavodu za ispitivanje materijala i konstrukcija Tehničkog fakulteta u Sarajevu, gde smo ga ispitali u toku juna—jula iste godine.

Obim istraživanja

Obim istraživanja koja je trebalo sprovesti u relativno vrlo kratkom roku, ograničili smo, a priori, samo na one vrste i one osobine drveta koje dolaze u obzir za građevinske i analogne konstrukcije koje, uostalom, apsorbuju daleko najveći procenat celokupnog volumena našeg tehničkog drveta. U „metodici" izneli smo i dali smo

[2]) First Conference on Mechanical Wood Technologie, Geneva 1949.

obrazloženje koje osobine, kao bitne, praktično dolaze u obzir kod drveta koje je u pitanju. Obradili smo samo vrste koje su karakteristične u masovnoj potrošnji za pomenute potrebe, i to:

od četinara: jelovinu,
smrekovinu
i borovinu;
od lišćara: bukovinu
i jasenovinu,
dok nam je hrastovina nedostajala.

Samo, pak, ispitivanje materijala morali smo prilagoditi ispitivačkim sredstvima kojima raspolažemo, a i vremenskim zahtevima. Zato smo se ograničili na najosnovnije, ali u normalnoj primeni i najbitnije osobine materijala i to na utvrđivanje:

zapreminske težine;
čvrstoće na pritisak u pravcima paralelno (∥) i upravno (⊥ vlaknima i pod uglom (∢) od 30, 45 i 60° dejstva sile sa pravcem vlakana;
i *čvrstoće na savijanje.*

Ispitivanje čvrstoće na zatezanje izostavili smo iz razloga koje smo izneli u „metodici", tj. kao vid naprezanja koji, sam po sebi, nije karakterističan za ponašanje građevinskih elemenata.

Dalji vidovi ispitivanja, kao napr. tvrdoće, izostavljeni su zbog nedostatka aparature, a iz istog razloga ograničili smo se samo na statička ispitivanja mehaničke otpornosti, izostavljajući, dakle, sva dinamička dejstva, pa i udar.

U toku celog istraživanja, išli smo prilikom iskorišćavanja ispitivačkih rezultata za tim da dođemo do što više podataka korelativne prirode, uzajamno povezujući različite odnose u pogledu karakterističnih osobina. U tom cilju bilo je potrebno da se rasprave dva glavna, osnovna momenta koji utiču na pojedinačne rezultate i to:

1) vlažnost ugleda,

2) ugao dejstva sile u odnosu na pravac vlakna.

1) *Vlažnost.* U „metodici" smo naveli da internacionalne preporuke[2]) traže ispitivanje pri ujednačenom stepenu vlažnosti ugleda, između 9—15%, po mogućstvu što bliže 12%. Ovo je, inače, u punom skladu sa prosečnim potrebama za drvo konstruktivne prirode. Mi smo u našem radu pošli od drugih neospornih činjenica, tj. da su *za odnos otpornosti drveta na pritisak i njegove vlažnosti, u najvećoj meri, karakteristične dve konstante materijala,* i to:

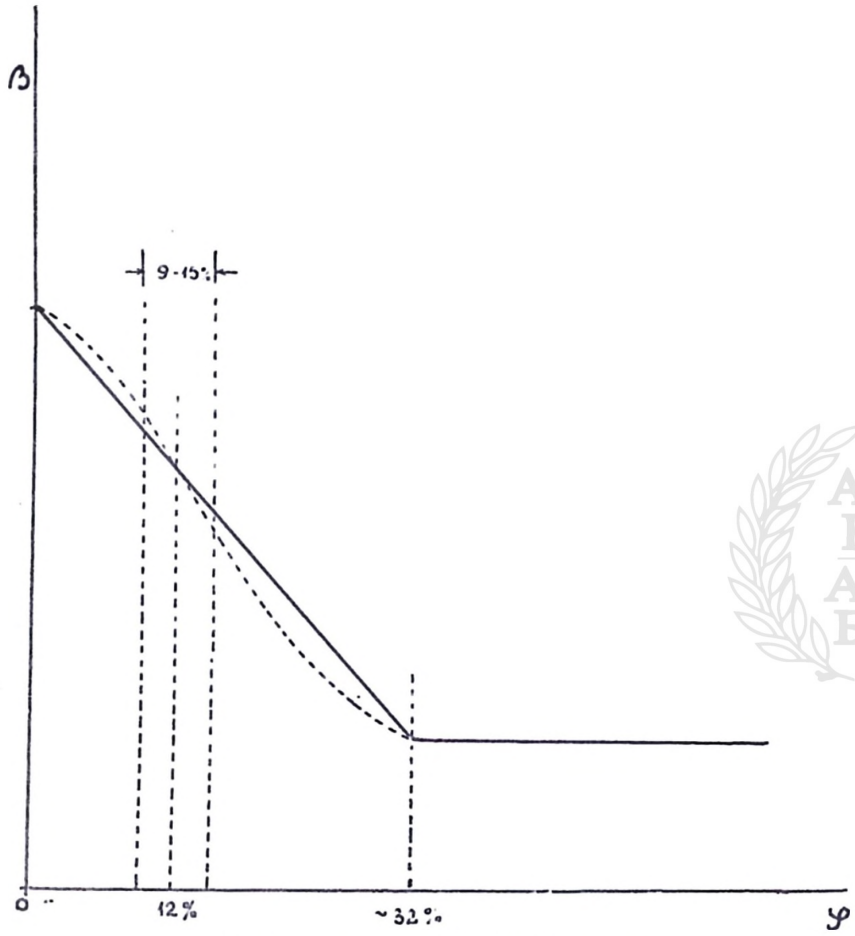
apsolutni maksimum otpornosti — tj. otpornost pri 0% vlažnosti, i

otpornost na granici zasićenosti vlakana — tj. približno pri oko 32% vlažnosti.

Ponašanje materijala vlažnosti preko granice zasićenosti za nas nije interesantno, pošto u ovom području čvrstoća opada tek neznatno, ili se uopšte ne menja. Međutim, na relaciji između nave-

[2]) Kollmann: Technologie des Holzes, Berlin 1951.

dene dve konstante, materijal se prema starijim autorima (J a n k a, S c h l y t e r) vlada linearno, dok K o l l m a n n [3]) ove linije pretstavlja unekoliko blago zaobljene, približno na način koji je crtkasto pretstavljen na sl. 1. Smatramo da je za praktične, pa i za istraživačke potrebe ovakve prirode, dovoljno tačno ako se pretpostavi

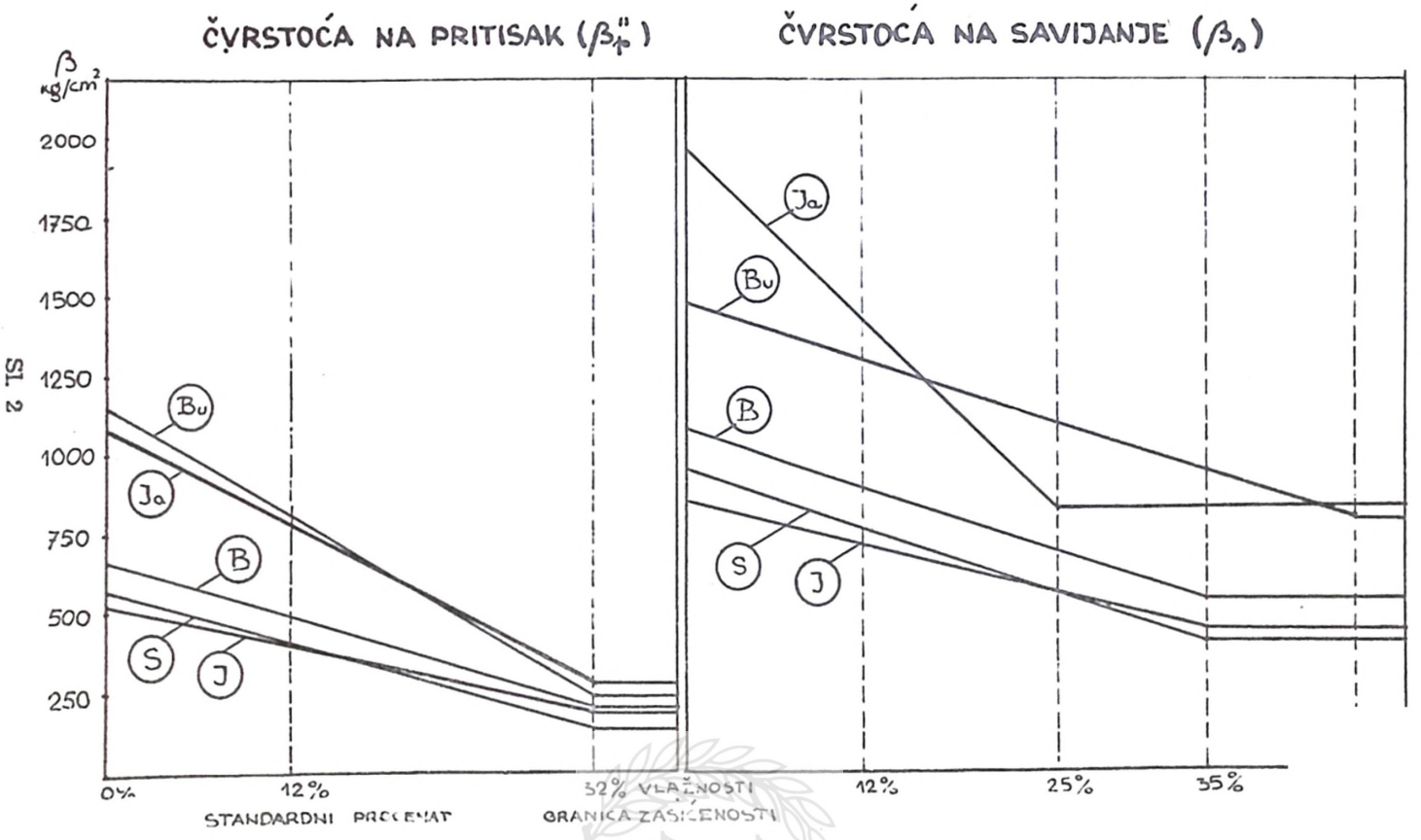


Sl. 1. — Odnos vlažnosti i čvrstoće

da je pri preporučenoj vlažnosti ugleda, dakle na relaciji od 9—15% vlažnosti, dijagram naprezanja materijala približno linearan. Odatle bismo, poznavajući čvrstoću na pritisak (βo) u potpuno prosušenom stanju (pri procentu vlažnosti $\varphi = 0$), i čvrstoću u zasićenom stanju (β zas),za čvrstoću ($\beta\ \varphi$) pri stepenu vlažnosti φ u granicama $9 \leq \varphi \leq 15\%$ dobili obrazac

$$\beta\varphi = \frac{(\beta o - \beta \text{ zas})\ (\varphi \text{ zas} - \varphi)}{\varphi \text{ zas}} + \beta \text{ zas} \qquad (2)$$

ODNOS ČVRSTOĆE I VLAŽNOSTI



Sl. 2

Za standardni stepen vlažnosti 12% a uzimajući granicu zasićenosti vlakana pri φ zas = 32%, obrazac za čvrstoću na pritisak glasio bi

$$\beta_{12} = \frac{5}{8}(\beta o - \beta \text{ zas}) + \beta \text{ zas} \quad (3)$$

Rukovodeći se ovim načelom, mi smo, pretpostavljajući ponašanje materijala prema puno izvučenoj liniji u sl. 1, utvrdili sledeće čvrstoće u svakom pojedinom slučaju:

a) u potpuno prosušenom stanju ($\varphi = 0$), efektivnim merenjem;
b) u zasićenom stanju (φzas), efektivnim merenjem;
c) pri vlažnosti 12% (φ_{12}), primenjujući naš obrazac (3).

Mi smo ovim načinom ujedno omogućili upoređivanje istih osobina u vlažnom i suhom stanju. Čvrstoće svih 5 vrsta drveta na pritisak paralelno vlaknima vide se iz dijagrama (sl. 2), konstruisanog na osnovu konačnog rezultata naših ispitivanja.

Ovaj, u pogledu otpornosti na pritisak dovoljno proučeni postupak, stvara veće teškoće kad je u pitanju *savijanje*. Obrazac koji smo naveli u „metodici", a koji je prvi primenio Bauschinger, a preporučuje ga i Campredon[4]), može se primeniti samo pri vrlo malo udaljenim stepenima vlažnosti, — u našem slučaju on bi totalno zatajio. Zavisnost čvrstoće na savijanje od vlažnosti drveta, u području do granice zasićenosti, doduše, približno je ista kao kod pritiska, sem što se maksimum postiže pri nešto većoj vlažnosti od φ_0. Međutim, granica od koje u zasićenoj oblasti počinje konstantna čvrstoća nije jasno utvrđena.

Na osnovu mnogih podataka rešili smo da primenimo uglavnom one koje daju Küch[5]) i Wilson[6]), ali unekoliko rektificirane prema sopstvenom iskustvu. Na osnovu toga uzeli smo za sve četinare granicu konstantne čvrstoće pri vlažnosti od 35%, za jasenovinu pri 25%, a za bukovinu pri 45%. Čvrstoće na savijanje koje su u vidu lomljenih linija pretstavljene na sl. 2 odgovaraju navedenim postavkama na osnovu rezultata naših ispitivanja.

2) *Ugao dejstva sile pritiska.* Čvrstoća na pritisak koja u maksimalnoj meri, pri inače istim uslovima, dolazi do izražaja pri dejstvu sile paralelno vlaknima $\beta_{\parallel}$, dok joj je minimum pri delovanju sile upravno na vlakna ($\beta \perp$), varira po funkciji visokog stepena, zavisno od ugla što ga napadajuća sila zaklapa sa pravcem vlakana ($\beta \sphericalangle$). Ovo dejstvo, takođe, različito dolazi do izražaja u suvom i u mokrom stanju materijala. Rešili smo zato da, pored paralelnog i upravnog pravca sile, uzmemo u obzir i napadajuće uglove $\sphericalangle$ 30, 45 i 60°, u svim slučajevima u potpuno suvom i u zasićenom stanju. Odabrali smo naročito one uglove koji se u praktičnoj primeni najčešće pojavljuju pri izradi drvenih građevinskih konstrukcija. Mi smo pri ispitivanju zapazili dosta karakterističnih pojedinosti u detalju, koje iznosimo na odgovarajućem mestu u ovoj raspravi.

---

[4]) Campredon: Le bois, matériaux de la construction moderne, Paris 1948.
[5]) Küch: Holz als Roh- und Werkstoff, Berlin 1943.
[6]) Wilson: Strength- Moisture Relations for Wood, Washington 1932.



Sl. 3. — Trupac

ANU
ВіН
АНУ
БиХ

ANU
BiH
АНУ
БиХ

Materijal za ispitivanje

Materijal koji je podvrgnut ispitivanju bio je dostavljen, uglavnom, od šumskooglednog dobra „Igman" Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Sarajevu. Bili su to trupci u vidu odrezaka visine 50—60 cm. Vidi sl. 3.

Prema podacima dobijenim od Uprave pomenutog dobra, u pitanju su vrste drveta sledećih botaničkih i terenskih karakteristika.

1) *Jela,* posečena u odelu 101 g.j. „Igman" na nadmorskoj visini oko 1280 m; obrast 0,8, ekspozicija jugo-zapadna, inklinacija oko 15°, bonitet III.

2) *Smreka,* posečena u odelu 97 g.j. „Igman" na nadmorskoj visini oko 1200 m; obrast 0,7, ekspozicija istočna, inklinacija 10°, bonitet III.

3) *Beli bor,* posečen u odelu 101 g.j. „Igman" na visini oko 1280 m; obrast 0,8, ekspozicija jugo-zapadna, inklinacija oko 15°, bonitet I.

4) *Bukva,* posečena u odelu 104, g.j. „Igman" na nadmorskoj visini oko 1250 m; obrast 0,7, ekspozicija zapadna, inklinacija oko 15°, bonitet III.

Stabla pod 1—4 bila su posečena aprila 1953 g.

5) *Jasen* dostavljen u vidu dužeg trupca neposredno od Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Sarajevu, bez bližih podataka.

U Zavodu za ispitivanje materijala i konstrukcija utvrđeni su merenjem pod lupom sledeći podaci u vezi sa teksturom dostavljenih trupaca:

Jelovina (Abies pectinata). Trupac je imao prosečni čeoni prečnik 60 cm; čeoni prečnik ima 113 godišnjih prstenova. Širina godišnjih prstenova iznosila je u sredini stabla oko 1½ do 2 mm, ona se postepeno proširuje do na oko 6 mm, da bi se na periferiji ponovo suzila na 1½—4 mm. Udeo kasnog drveta u godišnjem prstenu iznosi do 33%.

Smrekovina (Picea excelsa). Prosečni čeoni prečnik 58 cm, 94 godišnja prstena. U sredini stabla godišnji prstenovi široki 2½ do 4½ mm, a docnije prstenovi imaju širinu do 6½ mm, da bi se ka periferiji snizili do 2—3 mm. Udeo kasnog drveta u prstenu iznosi oko 30%.

Borovina (Pinus silvestris). Prosečni čeoni prečnik 45 cm, 85 godišnjih prstenova. Najširi prstenovi u sredini stabla (ako apstrahiramo srce nepravilnog oblika) imali su širinu 4—4½, dok su periferni bili široki svega 0,8—1 mm. Oko 25% iznosi udeo kasnog drveta.

Bukovina (Fagus silvatica). Prosečni čeoni prečnik 60 cm, 183 godišnja prstena. Godovi pri srcu imaju širinu oko 2—2½ mm i sužuju se ka periferiji postepeno do na oko 1½ mm. Udeo kasnog drveta iznosi oko 25%.

Jasenovina. Prosečni prečnik čeonog preseka iznosi 26 cm; presek ima 60 godišnjih prstenova. Najširi godišnji prstenovi, u sredini preseka, imali su širinu 2—2½ mm, a najuži, periferni oko 1½ mm. Udeo kasnog drveta u godišnjem prstenu iznosi oko 45%.

Pripremanje ispitivačkih ugleda

U „metodici" smo izneli naše gledište da između tri preporučene varijante preseka ugleda 2×2 cm, 2½×2½ cm i 5×5 cm, treba priznati preimućstvo poslednjem tipu, tj. preseku 5×5 cm iz razloga koje smo podrobno istakli (manje relativne ispitivačke greške, mogućnost korišćenja ispitivačkih mašina normalnog tipa, olakšano konstatovanje i merenje deformacija i dr.). Ostajući i dalje na ovom gledištu, ipak smo se u ovom slučaju odlučili za presek 2×2 cm, sa jednog, ali ovde vrlo bitnog razloga: u cilju što bržeg postizanja ujednačenog procenta vlažnosti veštačkim sušenjem. Jedini izuzetak čine ugledi za ispitivanje otpornosti na pritisak upravno na vlakna, koji su, u duhu međunarodnih preporuka, izrađeni preseka 5×5 cm. Na ovaj način bilo nam je omogućeno da, u relativno kratkom roku, ostajući ipak na terenu standardnih dimenzija, dođemo do željenih preliminarnih podataka i iskustava.

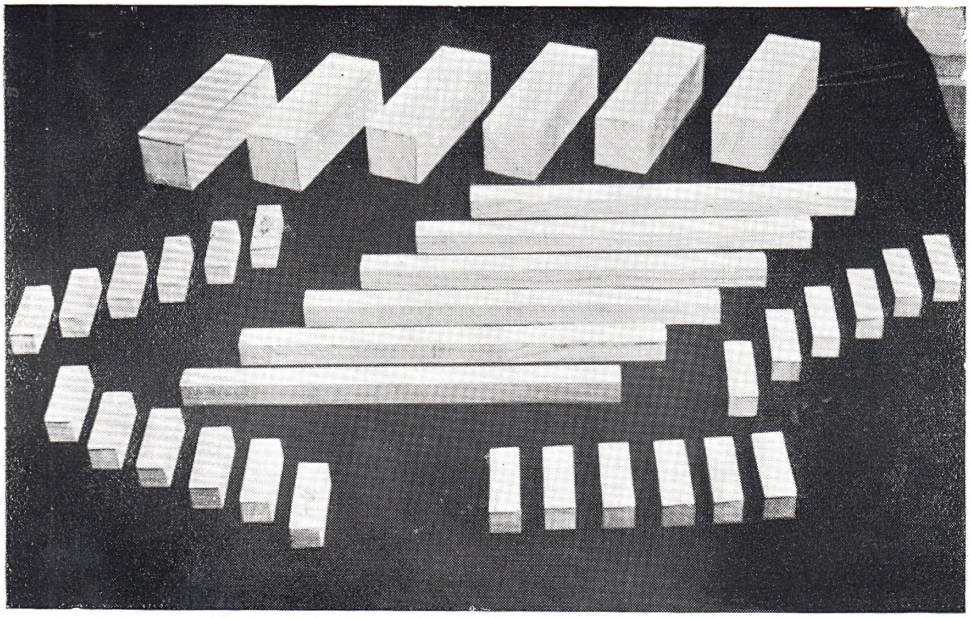
Da bismo mogli izvršiti upoređivanje uticaja preseka ugleda na čvrstoću, sproveli smo prethodno paralelno ispitivanje na pritisak ugleda sva tri tipa.

Ova prethodna ispitivanja, vršena sa ugledima od smrekovine, pokazala su da je prosečna čvrstoća na pritisak paralelno vlaknima gotovo identična za uglede preseka 2×2 cm i 2½×2½ cm, dok je za oko 8% niža kod ugleda 5×5 cm. Rezultati koji su, unekoliko, u interesu kvaliteta drveta kada se primenjuju ugledi 5×5 cm, pretstavljeni su u narednoj tablici:

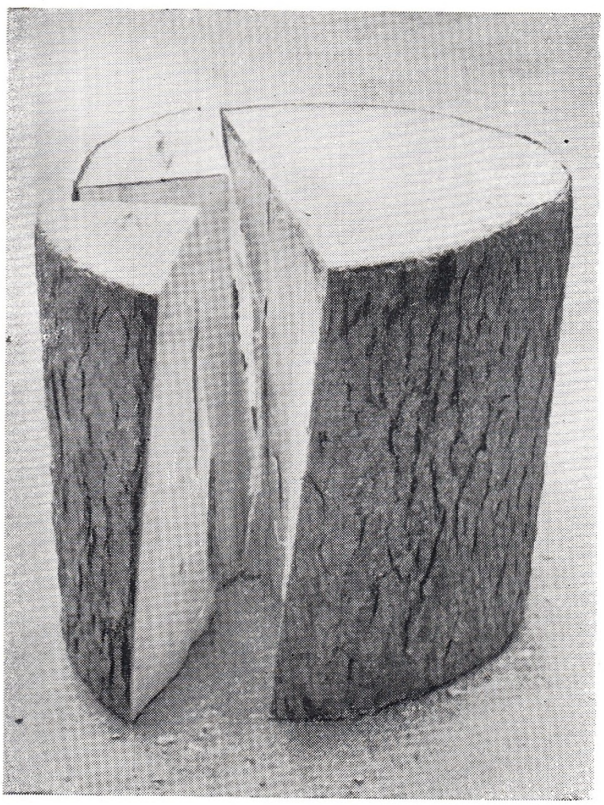
Red. br.	Presek ugleda cm	γ g/cm³	βo kg/cm²	$\frac{\beta o}{\gamma}$	$\approx \frac{\beta \text{ br.} \cdot n}{\beta \text{ br.} \cdot 1}$
1	2×2	0,381	554	1,45	1
2	2½×2½	0,383	558	1,45	1
3	5×5	0,372	510	1,37	0,92

Dužine ugleda za ispitivanje na pritisak uzeli smo veličine 3a, tj. 6 cm, odnosno 15 cm kod ugleda za ispitivanje upravno na vlakna. Ugledi na savijanje imali su dužinu 32, namenjenu za raspon 1 = 28 cm.

Kod svake pojedine vrste ugleda pripremana su po 6 primerka namenjena ispitivanju u apsolutno suvom stanju i po 6 potpuno identična primerka za ispitivanje u vodom zasićenom stanju. Ugledi su uzimani iz trupaca i označavani su sa br. 1—6, shodno sl. 4, tj. br. 1 je ugled najbliži središtu (neposredno iza srca), br. 6 je na krajnjoj periferiji (do kore) dok su ostali ugledi bili ravnomerno raspoređeni između oba krajnja i svojim brojevima dali orijentaciju u odnosu na položaj u čeonom preseku stabla.



Sl. 5. — Polovina serije ugleda jedne vrste drveta



Sl. 6. — Rascepljeni trupac

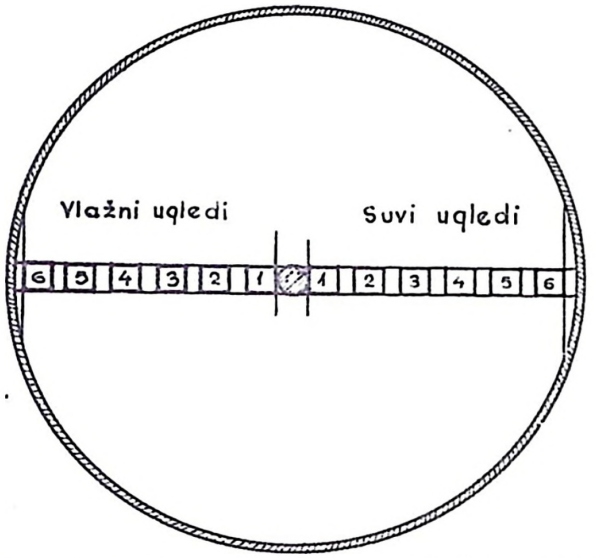
ANU BiH АНУ БиХ

ANU
BiH
АНУ
БиХ

Izradili smo, prema tome, za svaku vrstu drveta sledeće serije ugleda:

a) za pritisak ‖ vlaknima	12 ugleda	2×2× 6	cm,
b) za pritisak pod ∢ 30°	12 „	2×2× 6	„
c) „ „ „ ∢ 45°	12 „	2×2× 6	„
d) „ „ „ ∢ 60°	12 „	2×2× 6	„
e) „ „ ⊥ na vlakna	12 „	5×5×15	„
f) „ savijanje	12 „	2×2×32	„

Svega je, dakle, ispitano po 72 ugleda od svake vrste drveta (polovina u suvom, polovina u zasićenom stanju), odnosno za 5



Sl. 4. — Označavanje ugleda prema položaju u trupcu

vrsta drveta svega 360 ugleda, ne računajući one za prethodne i kontrolne opite i u cilju ponavljanja pri sumnjivim rezultatima, što je stvarno popelo broj ispitivanja na preko 400. Jedna polovina kompletne serije, namenjena ispitivanju u suvom stanju, vidi se na sl. 5.

Samo pripremanje ugleda vršeno je, po gore navedenim načelima rastavljanjem trupaca cepanjem (sl. 6) i odvajanjem pomoću ručne pile dasaka dovoljne širine, da bi se daljim piljenjem po šablonu dobili pojedinačni primerci pod traženim uglom u odnosu na pravac vlakana. Ugledi pojedinih vrsti drveta uzimani su, svi od reda, od istog horizonta; samo izuzetno, kod malog prečnika trupaca, uzimani su neki ugledi, debljine 5 cm, sa raznih visina. Postrane površine blanjane su, dok su čeone samo doterane staklastom hartijom.

Ugledi namenjeni ispitivanju u suvom stanju sušeni su u laboratoriskoj sušnici na temperaturi + 103°C, a po vađenju iz sušnice ostavljeni su u eksikatoru do ispitivanja. Sušenje je vršeno u roku

od 1—2 dana. Brzina sušenja uticala je kod prethodno nedovoljno prosušenog drveta unekoliko negativno i dovela je do izvesnog manjeg deformisanja, naročito izraženog kod ugleda piljenih pod uglom, kod kojih je pravugaoni uzdužni presek unekoliko transformiran u romboedarski. Najmanje se osetilo dejstvo brzog sušenja kod ugleda 5×5 cm. Ova konstatacija stvara novi argumenat za preporučivanje standardnog ugleda ovog preseka, ali ostaje otvoreno pitanje pribora i postupka pri kondicioniranju drveta na način koji će zagarantovati striktno održavanje predvidene preciznosti. Ovo je bio očigledni nedostatak u našem radu koji je svakako, mada u vrlo maloj meri uticao na rezultat.

Ugledi pojedinih serija, namenjeni ispitivanju u vlažnom stanju, bili su u vodi potopljeni prosečno 2 dana. Procenat vlažnosti iznosio je prosečno 36,8%. Primećeno je da u pogledu brzine upijanja vode sve tri vrste četinara znatno prevazilaze obe vrste lišćara. Između četinara, međutim, jelovina svojom brzinom i kapacitetom upijanja znatno prednjači ispred svih ostalih ispitanih vrsta drveta. Nije nam bilo moguće da ovu pojavu vremenski i procentualno izrazimo brojčanim podacima, ali smatramo da zaslužuje pažnju.

Aparature primenjene pri ispitivanju

Ispitivanje na pritisak i savijanje vršeno je u Amsler-ovoj univerzalnoj ispitivačkoj mašini (sl. 7) maksimalnog kapaciteta 30 tona, koja je za gotovo sva ispitivanja sa ugledima preseka 2×2 cm bila postavljena na minimalni kapacitet od 3000 kg, dok su ostala ispitivanja vršena pri kapacitetu od 10 tona.

Ponašanje materijala pri svakom pojedinačnom ispitivanju automatski je, u celom svom toku, ucrtavano u vidu dijagrama na valjku pored mašine (sl. 8) bilo kao funkcija naprezanja (σ) i deformisanja gnječenjem (ϵ) kod pritisnutih ugleda, odnosno kao funkcija naprezanja i strelice savijanja (f) kod ugleda napregnutih na savijanje.

Merenje dužina vršeno je mikrometrima sa tačnosti 1/100 mm.

Težinska merenja vršena su na poluanalitičkoj vazi, sa tačnosti 0,01 gram.

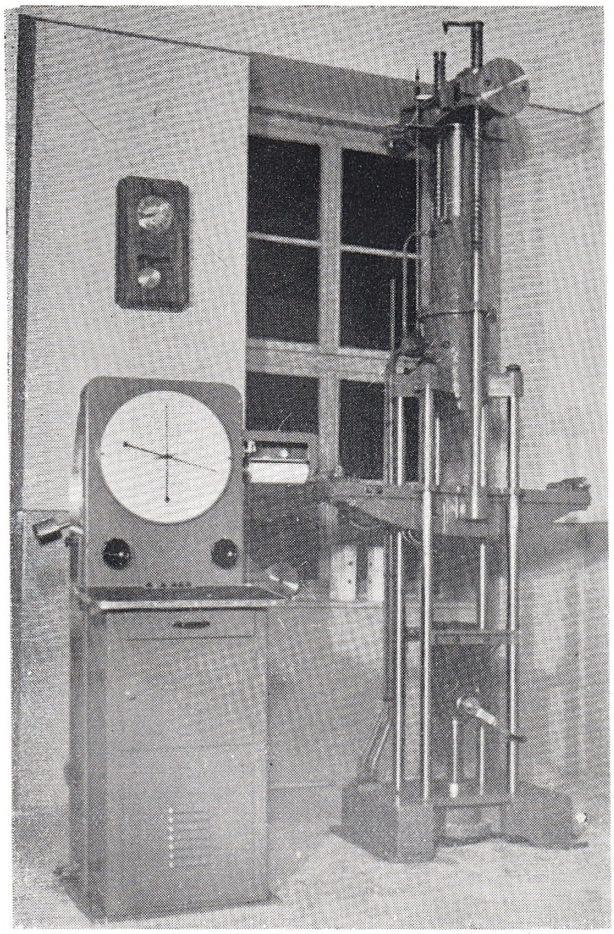
Ispitivanja su obavljena pri sobnoj temperaturi koja se kretala oko 20—23,5°C.

REZULTATI ISPITIVANJA

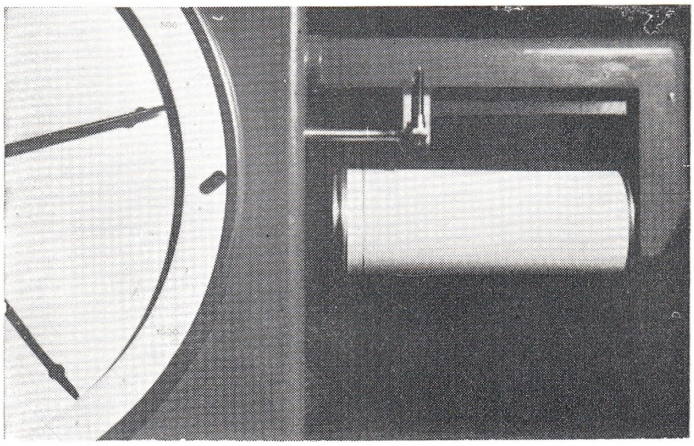
Čvrstoća na pritisak paralelno vlaknima ($\beta_{\parallel}$)

Rezultati ispitivanja čvrstoće na pritisak ($\beta_{\parallel}$) izneti su u tabelarnom pregledu *br. I*), i to pojedinačno i prosečno, da bi se uočilo rasturanje rezultata.

Rasturanje se kreće kod suvih ugleda od 6,53 do 23,30% a prosečno iznosi 12,7%, dok je kod mokrih ugleda u granicama od 3,99 do 25,80% prosečno 15,6%. Rasturanje je, prema tome, znatno manje



Sl. 7. — Amsler-ova ispitivačka mašina od 30 tona



Sl. 8. — Valjak mašine sa automatski ucrtanom linijom rada

ANU BiH АНУ БиХ

Tabelarni pregled I

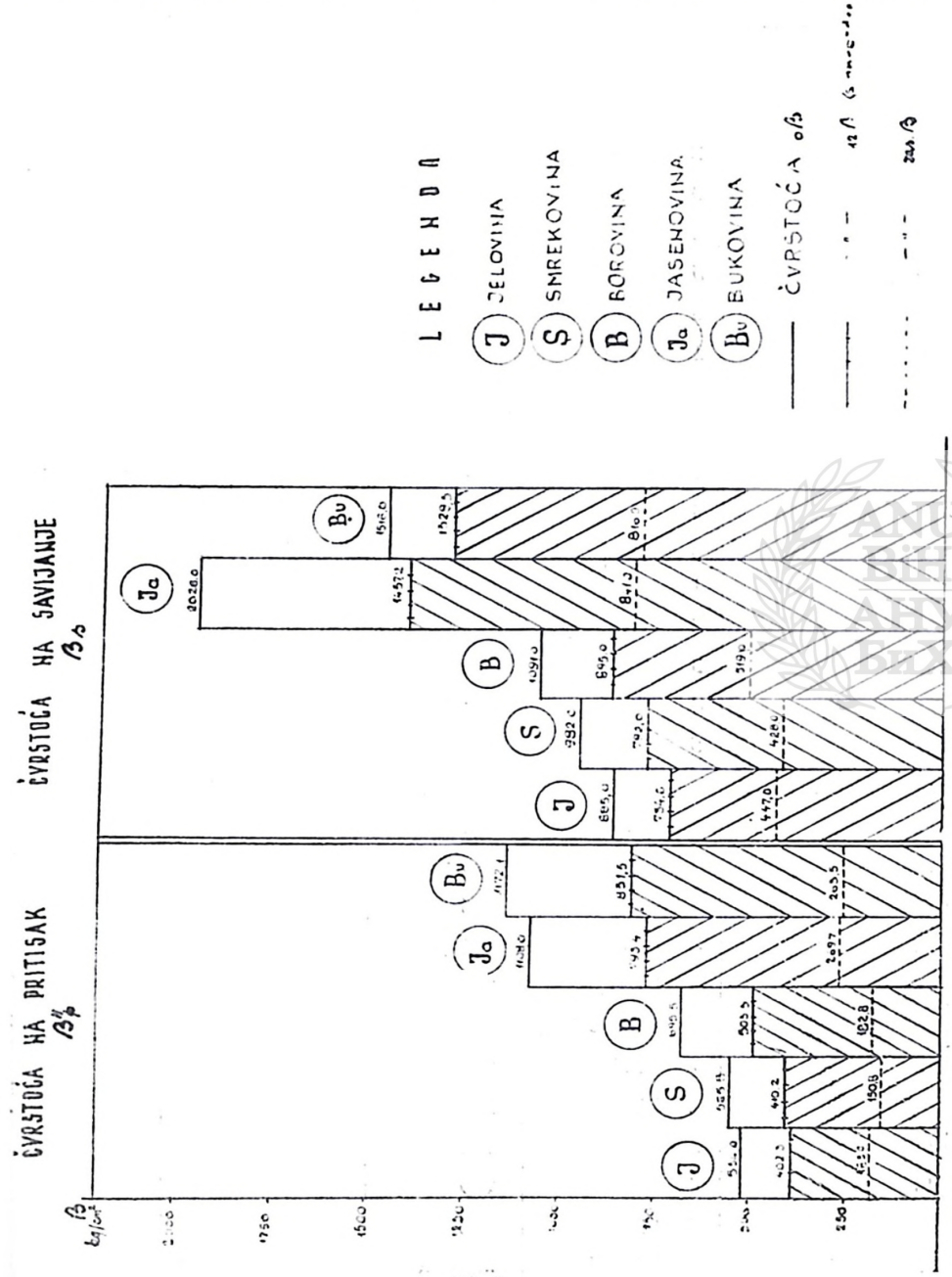
ČVRSTOĆA NA PRITISAK PARALELNO VLAKNIMA (β'')

Redni broj	VRSTA DRVETA	Broj ugleda	Čvrstoća u aps. suhom stanju $_{0}\beta''_{p}$		Čvrstoća u zasićenom stanju $_{zas.}\beta''_{p}$		Rasturanje $\frac{\beta max - \beta min}{\beta pros} \times 100\ ^{0}/_{0}$		Napomena
			pojed. kg cm²	proseč. kg cm²	pojed. kg/cm²	proseč. kg/cm²	suvih ugleda $^{0}/_{0}$	vlažnih ugleda $^{0}/_{0}$	
1		1	506		179				
2		2	555		183				
3		3	556		202				
4		4	—		172				ugled oštećen
5		5	504		188				
6	JELOVINA	6	548	534,0	172	183,0	9,74	16,35	
7		1	—		153				ugled oštećen
8		2	564		152				
9		3	598		151				
10		4	536		152				
11		5	569		147				
12	SMREKOVINA	6	562	565,8	150	150,8	11,95	3,99	
13		1	628		165				
14		2	667		173				
15		3	726		175				
16		4	700		182				
17		5	790		190				
18	BOROVINA	6	662	695,5	212	182,8	23,30	25,80	
19		1	1 075		278				
20		2	1 122		285				
21		3	1 060		246				
22		4	1 132		261				
23		5	1 160		261				
24	JASENOVINA	6	1 102	1 108,0	287	269,7	6,53	15.30	
25		1	1 151		285				
26		2	1 118		270				
27		3	1 250		274				
28		4	1 140		259				
29		5	1 225		242				
30	BUKOVINA	6	1 150	1 172,1	251	263,5	11,94	16,35	

ANU BiH АНУ БиХ

od onog koga mnogi priznati autori (napr. Campredon) navode kao normalno.

Pored neposredno konstatovanih prosečnih čvrstoća u potpuno suvom stanju (β_0) i u vodom zasićenom stanju (β_{max}), unete su u tabelarni pregled *br. II)* i standardne čvrstoće pri vlažnosti 12% (β_{12}).



Sl. 9

Iz tabele II, kao i dijagrama na *sl. 9*, vidi se da se odnos standarnde čvrstoće prema čvrstoći u vlažnom stanju kreće od 2,20 (kod jelovine), od oko 2,75 (kod smrekovine i borovine), dok je kod lišćara još znatno veći, tj. do 3,16 (kod bukovine). Izuzimajući,

Tab. pregled II

Redni broj	VRSTA DRVETA	Prosečna čvrstoća na pritisak // vlaknima			$\frac{12\beta p}{\beta zas.}$	$\frac{{}_0\beta p}{\beta zas.}$	
		${}_0\beta p$ kg/cm²	${}_{12}\beta p$ kg/cm²	zas βp kg/cm²			
1	JELOVINA	534,0	402,3	183,0	2,20	2,92	
2	SMREKOVINA	565,8	410,2	150,8	2,73	3,75	
3	BOROVINA	695,5	503,3	182,8	2,75	3,80	
4	JASENOVINA	1 108,0	793,4	269,7	2,94	4,11	
5	BUKOVINA	1 172,1	831,5	263,5	3,16	4,46	

dakle, jelovinu, približno se može uzeti da je *standardna čvrstoća* (β_{12}) prosušenog drveta oko 3 puta veća od one u vlažnom stanju. Ali, odnos maksimalno moguće i minimalne čvrstoće na pritisak, istog drveta, zavisno od procenta vlažnosti, stvarno se kreće od oko 3 do 4½. Načelno, izlazi da su lišćari unekoliko osetljiviji na vlažnost od četinara, izmedu kojih je relativno najmanje osetljiva jelovina.

Utvrđene standardne čvrstoće u skladu su, ili ih čak i znatno prevazilaze, sa prosečnim ciframa iznetim od raznih merodavnih inostranih autora. Mi ćemo o tom detaljnije govoriti na kraju ove rasprave.

Linija deformisanja drveta pod naponom, u svakoj fazi njegova naprezanja do sloma, ili tzv. „linija rada", snimljena u toku ispitivanja za svaki pojedini ugled, pokazuje izvesna manja otstupanja zavisna od opšte karakteristike drveta i od toga da li je u pitanju suvi ili vlažni materijal. Ali je neosporno da se pri ovom naprezanju *svako drvo ma koga stepena vlažnosti, ponaša dosledno po Hooke-ovom zakonu, u daleko najvećem toku njegova naprezanja do sloma,* da je prema tome linija rada na najvećem svom delu prava linija, shodno funkciji.

(4) $\sigma = E\epsilon$

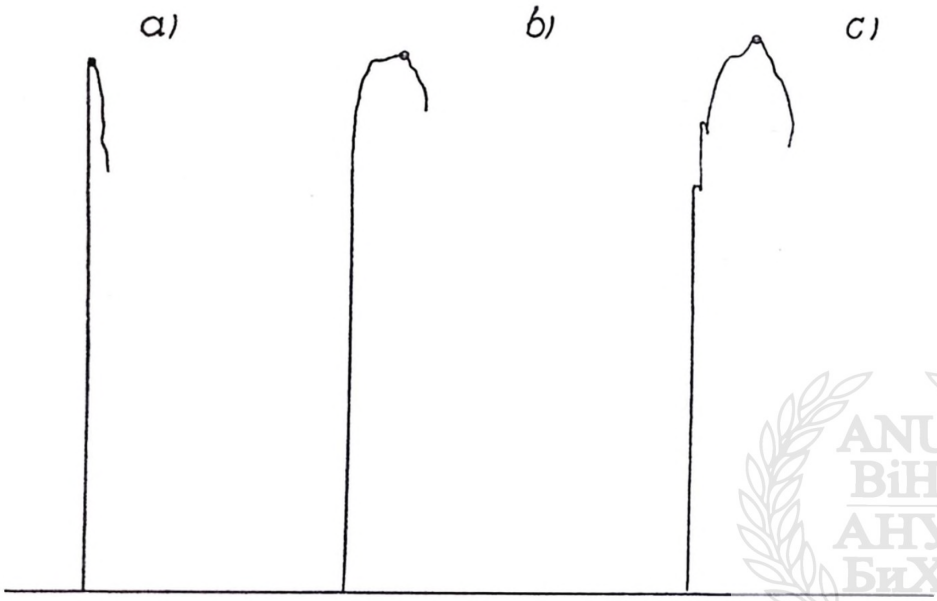
σ..... napon,
E..... modul elastičnosti
ϵ..... relativno deformisanje.

Na sl. 10 pretstavljena su 3 karakteristična slučaja ponašanja *suvih* ugleda.

1) Linija rada proteže se u vidu prave linije sve do samog sloma, ili u neposrednu blizinu granice čvrstoće na pritisak. Granica proporcionalnosti gotovo se poklapa sa granicom čvrstoće, ili, se, pak,

oblast proporcionalnosti prostire najmanje do 90% ukupnog naprezanja do sloma. Slom nastaje naglo („krto" lomljenje), posle minimalnog, pravolinijskog deformisanja koje je određeno konstantnim

B''_p suvi uzledi



Sl. 10. — Tri karakteristična slučaja linije rada pri naprezanju na pritisak

modulom elastičnosti (E). Važenje Hooke-ovog zakona je, dakle, gotovo apsolutno. Ovo ponašanje karakteristično je za tvrdo, suvo drvo, a naročito za bukovinu (Sl. 10 a).

2) Iza granice proporcionalnosti prava linija se kontinualno, vrlo blago, zaobljuje. Za ovu fazu je karakterističan eksponencijalni zakon ponašanja

$$\sigma = E \cdot \epsilon^n \qquad n > 1 \tag{5}$$

Eksponent „n" razlikuje se tek neznatno od 1. Modul elastičnosti nije više konstantan i njegova vrednost opada sa povećanjem poluprečnika zakrivljenosti linije rada, ali se praktično može operisati sa istim E kao ranije.

Ova, kontinualno zaobljena linija proteže se bilo neposredno do sloma, bilo do granice koju ćemo zvati „granicom puzanja" (pandan „granici tečenja" kod zatezanja metala), gde je materijal, već u znatno plastičnom stanju podložan nepravilnom deformisanju do razaranja. Ovo je ponašanje, u najvećoj meri, karakteristično za

suve četinare, kod kojih se konstatovano „proporcionalno" ponašanje prostire:

kod	jelovine	prosečno	oko 74,5%
„	smrekovine	„	„ 80,0%
„	borovine	„	„ 81,0%

Ako na ovo nadovežemo linearno ponašanje lišćara koje iznosi

kod	jasenovine	prosečno	oko 91%
„	bukovine	„	„ 92%

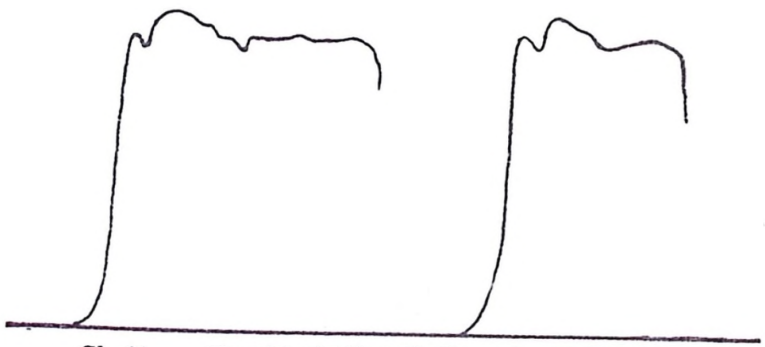
uočljivo je povišenje granice proporcionalnosti unekoliko sa porastom čvrstoće, ali svakako sa porastom tvrdoće materijala.

Slom, za razliku od onog u ranijem slučaju, ne nastaje iznenada pošto mu prethodi faza plastičnog deformisanja. *(Sl. 10 b).*

3) Ponašanje, uglavnom, identično onom pod 2), ali se posle kontinualne zaobljenosti u liniji rada javljaju stepenasti skokovi koji odgovaraju naglom lomljenju svežnjeva vlakana; iza ovog nadovezuje se oblast izrazito plastičnog deformisanja. Ovo ponašanje uočeno je, naročito, kod suve jelovine (Sl. 10 c).

U pogledu *vlažnih* (zasićenih) ugleda treba napomenuti da, uglavnom, postoji znatna analogija sa suvim materijalom, razume se u nižim granicama, uslovljenim manjom čvrstoćom vlažnog drveta. Dok i ovde, kod lišćara, slom nastaje izrazito i naglo, kod drveta četinara, naročito kod jelovine i smrekovine, faza plastičnog deformisanja pre sloma se znatno izdužuje. Ovde je, naročito kod mekog drveta, uočeno izvesno konkavno zaobljenje linije rada u samom njenom početku *(Sl. 11).* Ovo odgovara deformisanju omekšalih po-

B_p'' vlažni ugledi



Sl. 11. — Karakteristične linije rada vlažnog ugleda

vršinskih čeonih vlakana i nema uticaja na ocenu opšteg ponašanja drveta.

Slom ugleda nastao je iz jednog od sledećih uzroka:

a) usled uzajamnog smaknuća drvene mase, tj. skliznuća slojeva u pravcu tangencijalnom na godišnje prstenove, po kosoj ravni. *(Sl. 12 i detalj na sl. 13).* Ovo smaknuće javlja se u radijalnom preseku po liniji upravnoj na pravac vlakana, a u tangencijalnom pod uglom koji u idealnom slučaju iznosi tačno 45°.

b) Usled uzdužnog odvajanja pojedinih debljih ili tanjih slojeva, — najčešće kombinovano sa pojavom pod a). *(Sl. 14).*

c) Kao posledica jakog deformisanja — krivljenja u vidu C ili S — u toku ispitivanja. U ovom slučaju, posle zatajivanja ugleda, tj. po dostignuću maksimalnog opterećenja u ispitivačkoj mašini, i njegovog rasterećivanja, ugled se automatski ispravlja i vrlo često ne pokazuje baš nikakve, ili tek jedva primetne defekte. Ovaj način zatajivanja ugleda karakterističan je za vodom zasićene četinare i lišćare, a u najvećoj meri za borovinu i bukovinu. *(Sl. 15).*

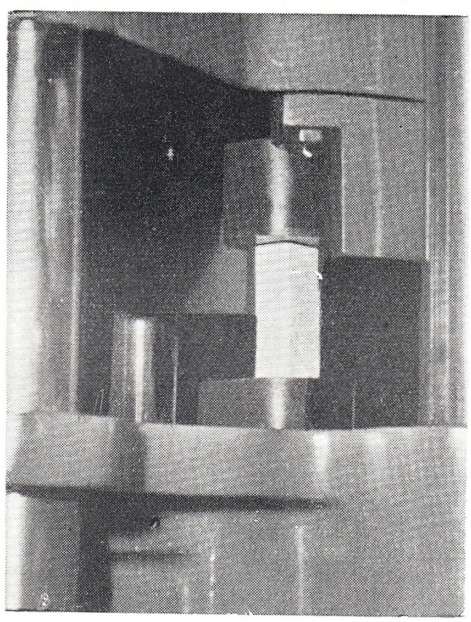
Uzroci sloma pod a) i b) karakteristični su za suve uglede, ali ne dolaze podjednako jasno do izražaja kod svake vrste drveta. Usled uticaja trenja između ploča ispitivačke mašine i ugleda, slom se kod krtih tela, uopšte, dešava nekako u sredini ugleda. Ovo je, uglavnom, i konstatovano kod suve bukovine i jasenovine ispitane na većim ugledima od 2×2 cm. Međutim, kod suve smrekovine i jelovine, kod kojih je *trenje znatno manje,* a isto tako i kod vlažnih ugleda, skliznuća se često javljaju pri samom dnu ili vrhu, do samih čeličnih ploča mašine. *(Sl. 16).* Ublažavanjem ovog trenja usled vlage može se, unekoliko, objasniti i različno vladanje pri naprezanju vlažnih ugleda, uopšte.

Mi smo neke uglede kod kojih je slom nastao na način pod c), tj. bez očiglednih defekata, posle prirodnog sušenja ponovo podvrgli ispitivanju. Pritom smo mogli da konstatujemo različno vladanje različnih vrsta drveta. Borovina, a naročito bukovina pokazali su, pritom, jasne *znakove oporavljanja,* što ćemo ovde izneti.

Ugled bukovine br. 2, koji je kao vlažan zatajio pod $P_{max} = 1125$ kg, izdržao je sada 1390 kg.

Ugled	bukovine	br.	4,	sa	ranijim	P_{max}	= 1088 kg	izdržao je	1430 kg
„	„	„	6	„	„	P_{max}	= 1220 kg	„ „	1375 kg
„	borovine	„	4	„	„	P_{max}	= 762 kg	„ „	970 kg
„	„	„	5	„	„	P_{max}	= 805 kg	„ „	970 kg
„	„	„	6	„	„	P_{max}	= 907 kg	„ „	1203 kg

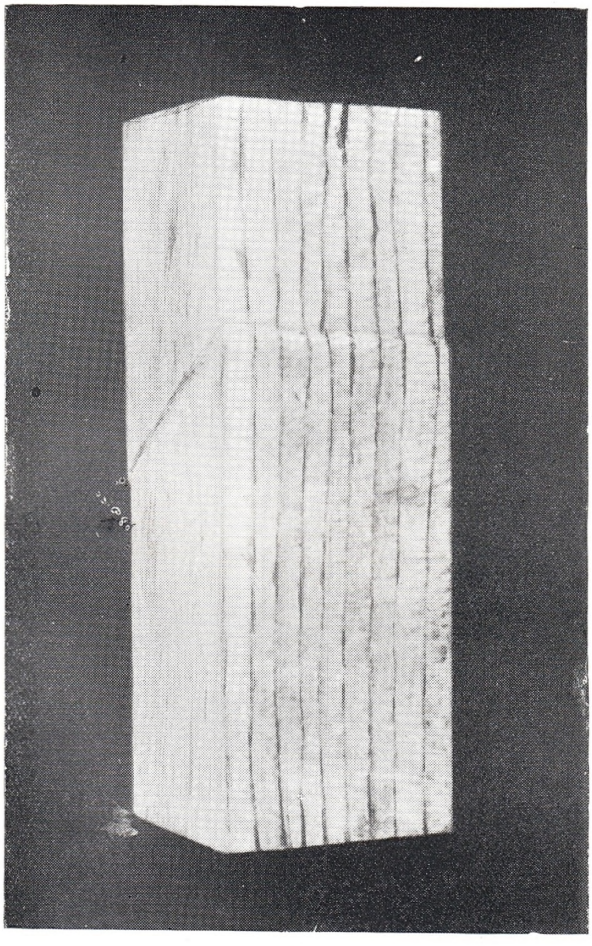
Sledi, da se vlažno drvo koje je, u stvari, već bilo slomljeno, posle prirodnog sušenja ne samo oporavilo već je pokazalo, prosečno, za oko 20% veću čvrstoću nego ranije u vlažnom stanju. U najvećoj



Sl. 12. — Ugled bukovine pri slomu u mašini

ANU ВіН АНУ БиХ

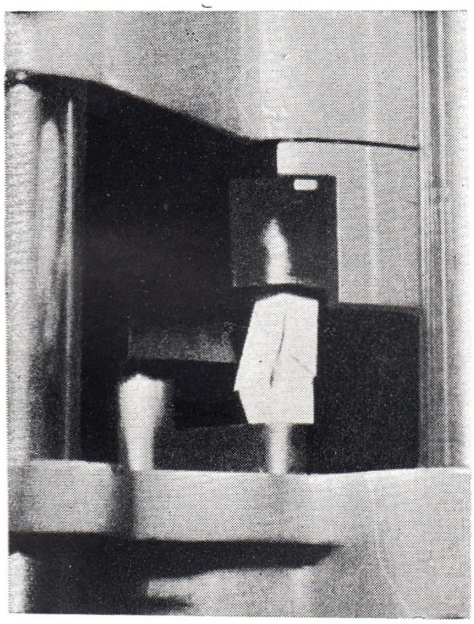
ANU
ВіН
АНУ
БиХ



Sl. 13. — Detalj slomljenog (smaknutog) ugleda

ANU BiH АНУ БиХ

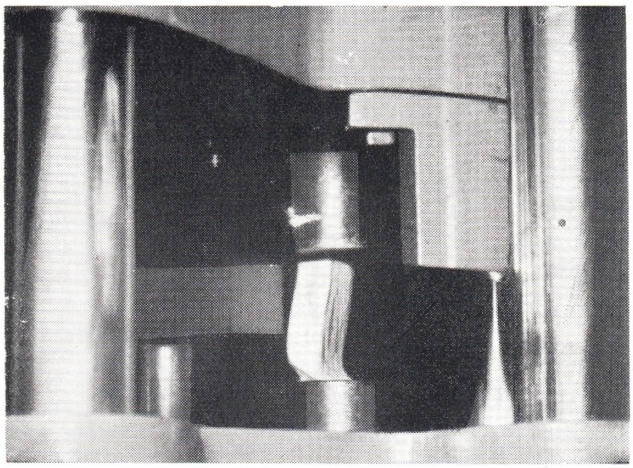
ANU
BiH
АНУ
БиХ



Sl. 14. — Slom ugleda usled uzdužnog razdvajanja

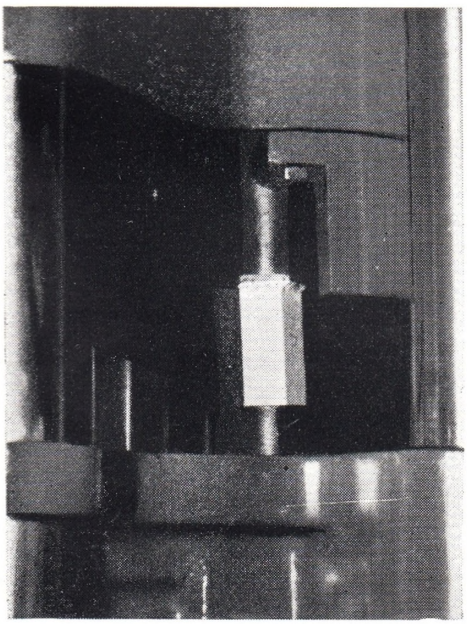
ANU BiH АНУ БиХ

ANU
BiH
АНУ
БиХ



Sl. 15. — Deformisanje vlažnih ugleda pri ispitivanju

ANU BiH АНУ БиХ



Sl. 16. — Deformisanje pri dnu ili vrhu ugleda

ANU
BiH
АНУ
БиХ

meri, međutim, karakteristična je za ponašanje ovog materijala činjenica da se ono, pri ponovnom naprezanju do sloma, skoro do samog sloma, vladalo, uglavnom, po Hooke-ovom zakonu.

Nasuprot tome, ugledi jelovine, smrekovine i jasenovine, ispitivani oba puta u analognim uslovima, pokazali su sada znatnije opadanje ranije postignute čvrstoće i ponašanje ne više elastičnog, već očigledno plastičnog materijala, koji je izvesnu otpornost na pritisak postigao zahvaljujući njegovom zbijanju (presovanju) u ispitivačkoj mašini.

Ovo protivrečno ponašanje raznih drvenih materijala u istim uslovima može se objasniti jedino strukturnim promenama različnog stepena. Svakako smatramo da ova pojava zaslužuje potrebu daljeg istraživanja.

Naše istraživanje bilo je po svom programu zasnovano, između ostalog, i na potrebi utvrđivanja zavisnosti *otpornosti drvenog materijala i njegovog položaja u poprečnom preseku stabla.* U tom cilju mi smo, baš, izvršili navedeno numerisanje ugleda. Međutim, ispitujući kako završne rezultate opita tako i dijagrame ponašanja materijala u toku celokupnog naprezanja, *nismo mogli uočiti neku zakonitost* u navedenom smislu, ni kod jedne vrste drveta, mada neki autori smatraju da ovakva zakonitost postoji.

Čvrstoća na pritisak pri dejstvu sile pod uglom

U tabelarnom pregledu br. III dati su podaci za slučaj kad napadajuća sila na pritisak dejstvuje koso, tj. pod uglom od 30°, odnosno 45°, odnosno 60°, sa pravcem vlakana drveta. Stvarno je pri ispitivanju postupljeno tako da je pritiskujuća sila dejstvovala vertikalno, dok su ugledi pripremljeni sa odgovarajućim nagibima vlakana ka osovini. Slučaj kad je ugao iznosio 90° obradićemo odvojeno.

Dijagrami na *sl. 17 pretstavljaju* krive linije u kojima je za svaku vrstu drveta izražen tok čvrstoće na pritisak pod uglovima od 0 do 90°. Ove linije konstruisane su na osnovu rezultata naših ispitivanja, za 3 slučaja vlažnosti, tj. u apsolutno suvom stanju, pri vlažnosti 12% i vlažnosti preko granice zasićenosti vlakana. Donje linije pokazuju funkcije čvrstoće u odnosu na linearno izražene uglove, dok su u gornjoj skici uglovi naneti polarno. Izvršene su tek neznatne rektifikacije toka linija, koje su daleko manje od minimalnih, tolerisanih rasturanja rezultata.

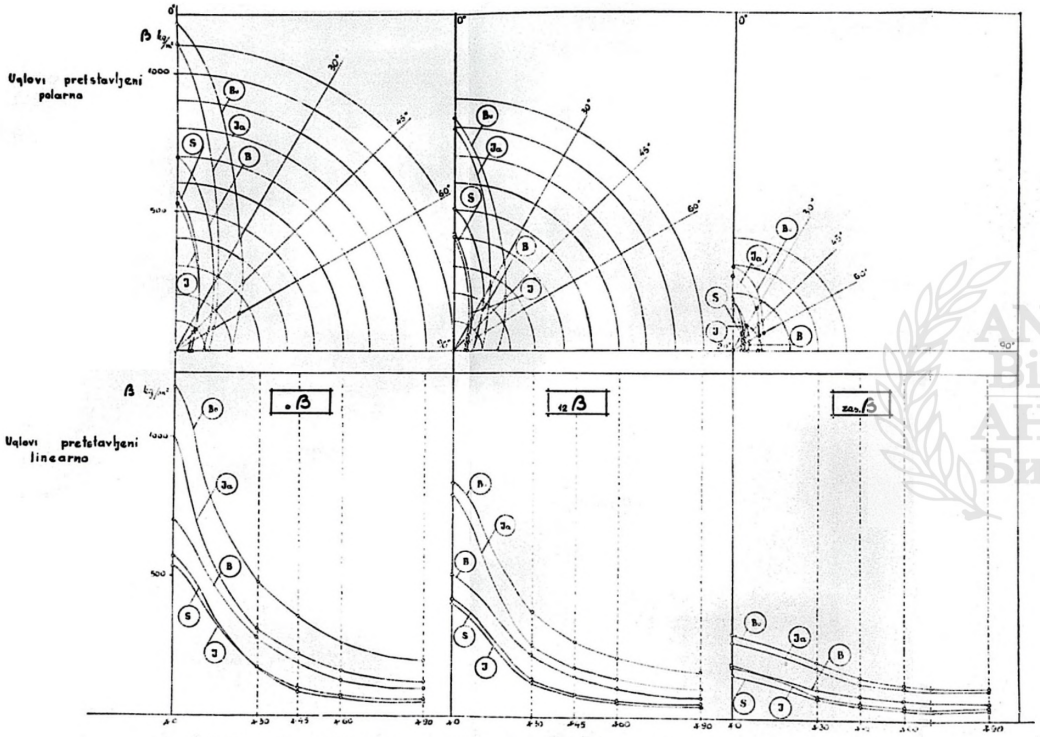
U tabeli br. IV dati su odnosi između čvrstoće na pritisak paralelno vlaknima ($\sphericalangle$ 0) i čvrstoće pod navedenim napadajućim uglovima. Kako iz dijagrama, tako iz tabelarnog pregleda uočljivi su sledeći odnosi između čvrstoće paralelno vlaknima i one pod uglom sa pravcem vlakana:

1) Čvrstoća opada kontinualno sa povećanjem ugla, ali veličina opadanja je daleko znatnija na relaciji do $\sphericalangle$ 30° nego docnije.

Tab. pregled III

Redni broj	Vrsta Drveta	Vlažnost	Čvrstoća na pritisak(kg cm²)					Napomena
			$\beta_{\parallel}''$	$\beta\sphericalangle 30$	$\beta\sphericalangle 45$	$\beta\sphericalangle 60$	$\beta\perp$	
1	JELOVINA	$\varphi = 0$	534,0	176,3	95,3	64,0	∼64,0	podaci pod upitnikom su sumnjivi
2		$\varphi = 12\%$	402,3	136,6	79,9	56,5	∼56,5	
3		$\varphi \sim 30\%$	183,0	70,6	54,1	45,0	∼45,0	
4	SMREKOVINA	$\varphi = 0$	565,8	178,6	86,1	63,0	∼63.0	
5		$\varphi = 12\%$	410,2	137,3	71,0	54,0	∼54,0	
6		$\varphi \sim 30\%$	150,8	68,6	46,2	38,0	∼38,0	
7	BOROVINA	$\varphi = 0$	695,5	288,1	189,8	126,0	145,0 ?	
8		$\varphi = 12\%$	503,3	271,4	148,2	104,8	113,0 ?	
9		$\varphi \sim 30\%$	182,8	99,5	79,0	69,5	60,0	
10	JASENOVINA	$\varphi = 0$	1 108,0	305,0	216,0	147,0	221,0 ?	
11		$\varphi = 12\%$	793,4	256,3	184,1	135,4	176,0 ?	
12		$\varphi \sim 30\%$	269,7	175,1	131,0	116,0	101,0	
13	BUKOVINA	$\varphi = 0$	1 172,1	475,0	357,0	267,0	196,0	
14		$\varphi = 12\%$	831,5	370,8	275,6	213,4	164,0	
15		$\varphi \sim 30\%$	263,5	197,1	140,0	124,0	109,0	

Čvrstoća na pritisak pri dejstvu sile pod uglom



ČVRSTOĆA NA PRITISAK PRI DEJSTVU SILE POD UGLOVIMA 0° 30° 45° 60° I 90°
ZA STEPENE VLAŽNOSTI 0, 12 % I ~30 %

Sl. 17

ANU
BiH
АНУ
БиХ

U tom pogledu instruktivna je donja tablica.

	Ugao napadajuće sile	Čvrstoća β_{12} u % (zaokruženo)				
		Jelovina	Smrekovina	Borovina	Jasenovina	Bukovina
1	$\sphericalangle$ 0°	100	100	100	100	100
2	$\sphericalangle$ 30°	34,0	30,0	43,0	32,4	45,0
3	$\sphericalangle$ 45°	17,0	17,3	29,5	25,5	31,0
4	$\sphericalangle$ 60°	14,6	13,2	20,4	18,8	24,0
5	$\sphericalangle$ 90°	12,0	11,5			18,5

Približno se prema tome može uzeti da se pri dejstvu sile pod uglom od 30° otpornost drveta na pritisak smanjuje kod jelovine, smrekovine i jasenovine na približno 1/3, a kod borovine i bukovine na približno 4/9. Zanimljiva je podudarnost ponašanja borovine s bukovinom, a unekoliko i jasenovine sa jelovinom i smrekovinom, što je primećeno i u nekim drugim slučajevima.

2) Sa povećanjem vlažnosti drveta sve više se ublažava razlika u veličini čvrstoće paralelno vlaknima i pod uglom. Dok npr. kod smrekovine odnos $\beta_{\parallel}/\beta_{\sphericalangle}$ 60 iznosi pri potpuno suvom drvetu 9, taj odnos pri % vlažnosti 12 pada na oko 7,5 a u zasićenm stanju na oko 4.

3) Odnos čvrstoće $\beta_{\parallel}/\beta_{\sphericalangle}$ smanjuje se unekoliko, sa porastom $\beta_{\parallel}$; dok npr. pri $\sphericalangle$ 30 taj odnos za jelovinu i smrekovinu iznosi oko 3, on za borovinu pada na oko 2,3, a za bukovinu na 2,24. Bitan izuzetak u tom pogledu čini jedino ponašanje jasenovine, za koju važi znatno viši odnos, približno kao i za smrekovinu.

Deformisanje prilikom naprezanja treba, opet, rasmotriti kako u vezi sa uglom napadanja tako i u vezi sa procentom vlažnosti.

$\sphericalangle$ *30°*. Ponašanje suvih ogleda gotovo je identično sa onim pri naprezanju paralelno vlaknima. Hooke-ov zakon, dakle, i ovde važi u punom obimu.

Nasuprot tome, dijagrami vlagom zasićenih ugleda posle početnog pravoliniskog toka, pokazuju znatno nepravilno izduženje, kao vidni znak izrazitog plastičnog deformisanja, najjače izraženog kod borovine. Ipak i ovde praktički dolazi u obzir primena Hooke-ovog zakona, prosečno do oko ⅔ naprezanja pri slomu.

$\sphericalangle$ *45°*. Ponašanje *suvih ugleda* najbolje ćemo okarakterisati prema vrsti drveta:

Jasenovina. Neznatno pravolinijsko deformisanje sve do sloma.

Bukovina. Nešto jače linearno, a zatim blago eksponencijalno deformisanje do sloma.

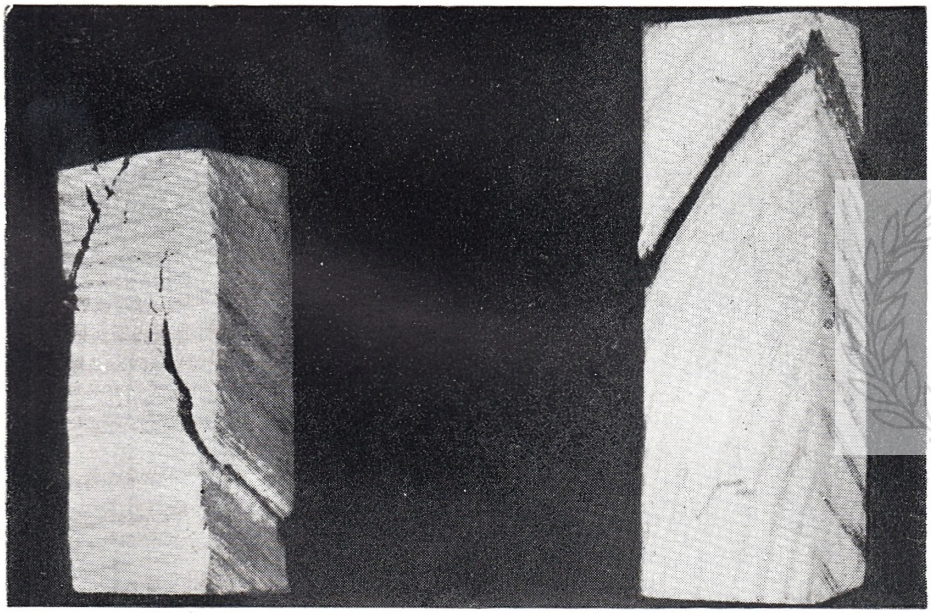
Smrekovina i *jelovina.* Pravolinijsko ponašanje dolazi do izražaja u manjoj meri, ali još daje karakter ponašanju materijala u ovom slučaju. U fazi sloma jače nepravilno deformisanje.

Tab. pregled. IV

Redni broj	VRSTA DRVETA	Vlažnosti	σ''_p / $\beta \sphericalangle 30$	β''_p / $\beta \sphericalangle 45$	β''_p / $\beta \sphericalangle 60$	β''_p / $\beta \sphericalangle 90$	NAPOMENA
1	JELOVINA	$\varphi = 0$	3,03	5,61	8,34	~8,5	Čvrstoće $\beta \sphericalangle 90$ ($\beta \perp$) jesu približno zaokružene
2		$\varphi = 12\%$	2,95	5,04	7,12	7,25	
3		$\varphi \sim 30\%$	2,59	3,39	4,07	~4,0	
4	SMREKOVINA	$\varphi = 0$	3,17	6,57	9,00	~9,0	
5		$\varphi = 12\%$	2,99	5,79	7,60	~7,5	
6		$\varphi \sim 30\%$	2,20	3,27	3,97	~4,0	
7	BOROVINA	$\varphi = 0$	2,41	3,67	5,51	?	
8		$\varphi = 12\%$	2,32	3,40	4,80	~5,0	
9		$\varphi \sim 30\%$	1,84	2,32	2,63	~3,0	
10	JASENOVINA	$\varphi = 0$	3,63	5,13	7,04	?	
11		$\varphi = 12\%$	3,09	4,31	5,86	~6,0	
12		$\varphi \sim 30\%$	1,54	2,06	2,32	~2,75	
13	BUKOVINA	$\varphi = 0$	2,47	3,28	4,39	~6,0	
14		$\varphi = 12\%$	2,24	3,01	3,89	~4,5	
15		$\varphi \sim 30\%$	1,34	1,88	2,12	~2,5	

Odnos čvrstoće paralelno vlaknima i pod uglom

ANU BiH АНУ БиХ



Sl. 18. — Slomljeni ugled jasenovine pri naprezanju pod uglom 60°

ANU BiH АНУ БиХ

Borovina. U glavnom vrlo znatno i vrlo izrazito deformisanje, od samog početka naprezanja.

U vlažnom stanju ponašanje materijala karakteriše izrazito, veliko deformisanje svih vrsta drveta, bez razlike. Po veličini deformisanja pre sloma, na prvom mestu, opet, borovina. Ponašanje materijala, uglavnom, je izrazito plastično.

$\sphericalangle$ *60°. U suvom stanju* kod jasenovine a unekoliko i kod bukovine, početna faza deformisanja ukazuje na elastično vladanje. Po dostignuću granice gnječenja, jasenovina se presovanjem konsoliduje i daje znatan otpor. Drvo četinara, međutim, od početka se ponaša u suprotnosti sa Hooke-ovim zakonom. Ovde je najveće deformisanje. pre sloma konstatovano kod borovine.

U vlažnom stanju, posle unekoliko uočljivog elastičnog otpora — nešto jače naglašenog kod jasenovine i bukovine, — dolazi faza izrazitog, jakog plastičnog deformisanja, što u ispitivačkoj mašini, usled dejstva prese, dovodi i do ponovnog konsolidovanja materijala u statičkom pogledu (presovano drvo) i davanja jakog otpora uz paralelno jako gnječenje.

Slom ugleda na granici čvrstoće materijala dešavao se, uglavnom, po jednakim načelima, ali unekoliko u zavisnosti od ugla napadajuće sile ka pravcu vlakana, a naročito od stepena vlažnosti.

$\sphericalangle$ *30°.* Kod *suvog* drveta nastao je slom, redovno, tačno po godišnjem prstenu pod uglom 30°, bilo da je ovaj bio prav ili zaobljen na odnosnom mestu. U momentu sloma nastaje razletanje ugleda na 2 ili više parčadi, time što se pojavljuju i sekundarna odlamanja, opet po godišnjem prstenu.

Vlažni lišćari pokazali su pri slomu gotovo isto ponašanje kao suvi,, ali je ono kod bukovine bilo nešto ublaženo. Nasuprot tome, *vlažni četinari* pokazali su daleko umerenije ponašanje. Naprsnuo je samo manji broj ugleda jelovine i borovine, dok su ostali, kao i svi ugledi smrekovine ostali, naoko, neoštećeni i nikako ili neznatno deformisani, dakle, slično kao što se to javilo pri slomu ugleda napregnutih paralelno vlaknima.

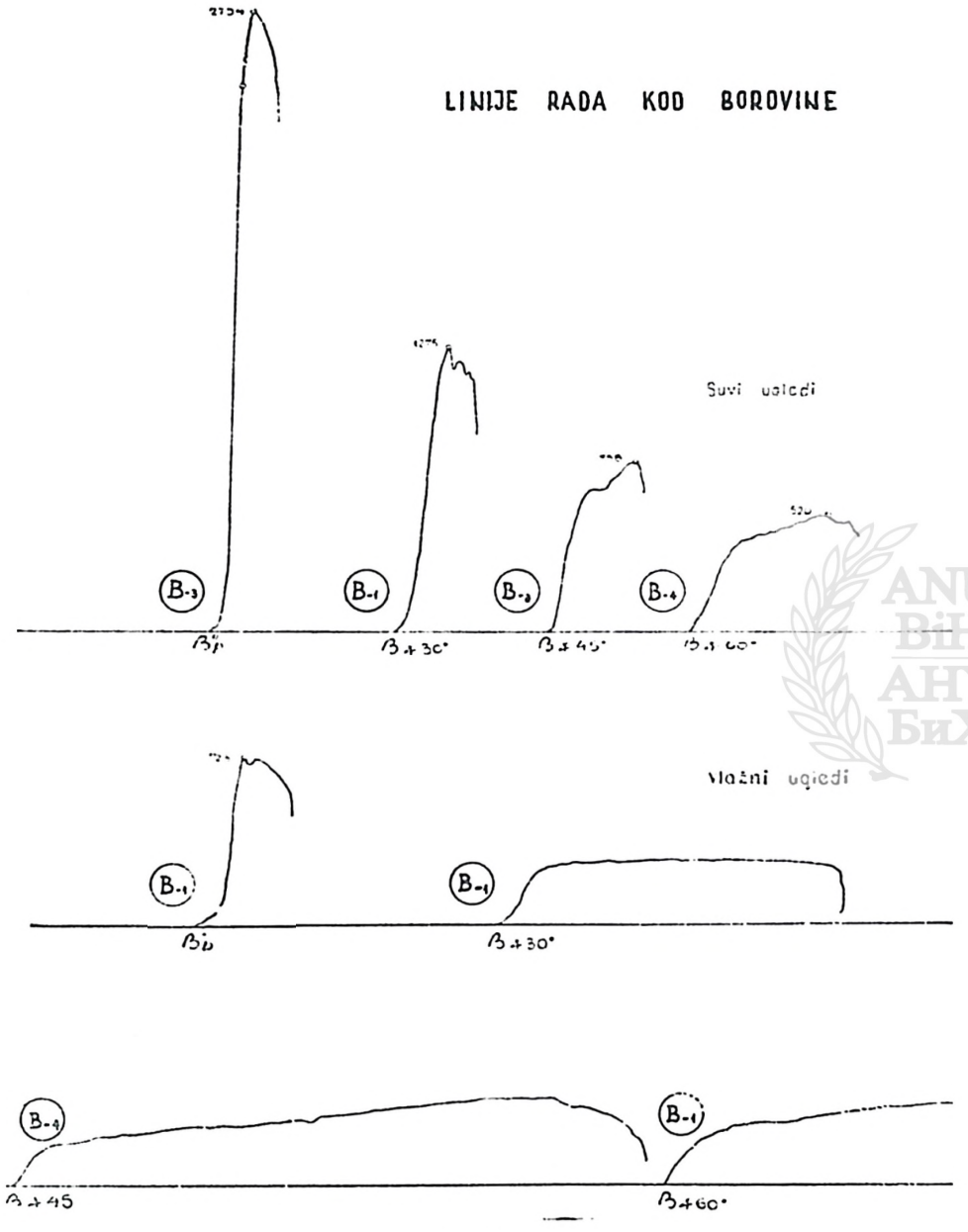
$\sphericalangle$ *45°.* Kod svih ugleda, bez razlike, nastupio je slom razdvajanjem drveta pod $\sphericalangle$ 45°, tačno po godišnjem prstenu.

Kod *suvog* drveta, sem kod jelovine, nastupilo je naglo, gotovo eksplozivno razletanje na 2, obično više parčadi. Kod *vlažnih* ugleda javlja se, izvesna postepenost u lomljenju, koja se, naročito kod jelovine, ograničava samo na naprslost. Ponašanje jelovine je, uopšte, umerenije.

$\sphericalangle$ *60°.* Pojave pri slomu su gotovo iste kao pri $\sphericalangle$ 45°, ali bez naročite razlike kod vlažnog i mokrog drveta, sem što kod suvih nastupaju naglo, a kod mokrih postepeno, u toku plastičnog deformisanja. Kod suve jasenovine, koja se u fazi sloma u mašini presuje, nastaje zatajivanje postepeno, u toku ovog zbijanja materijala.

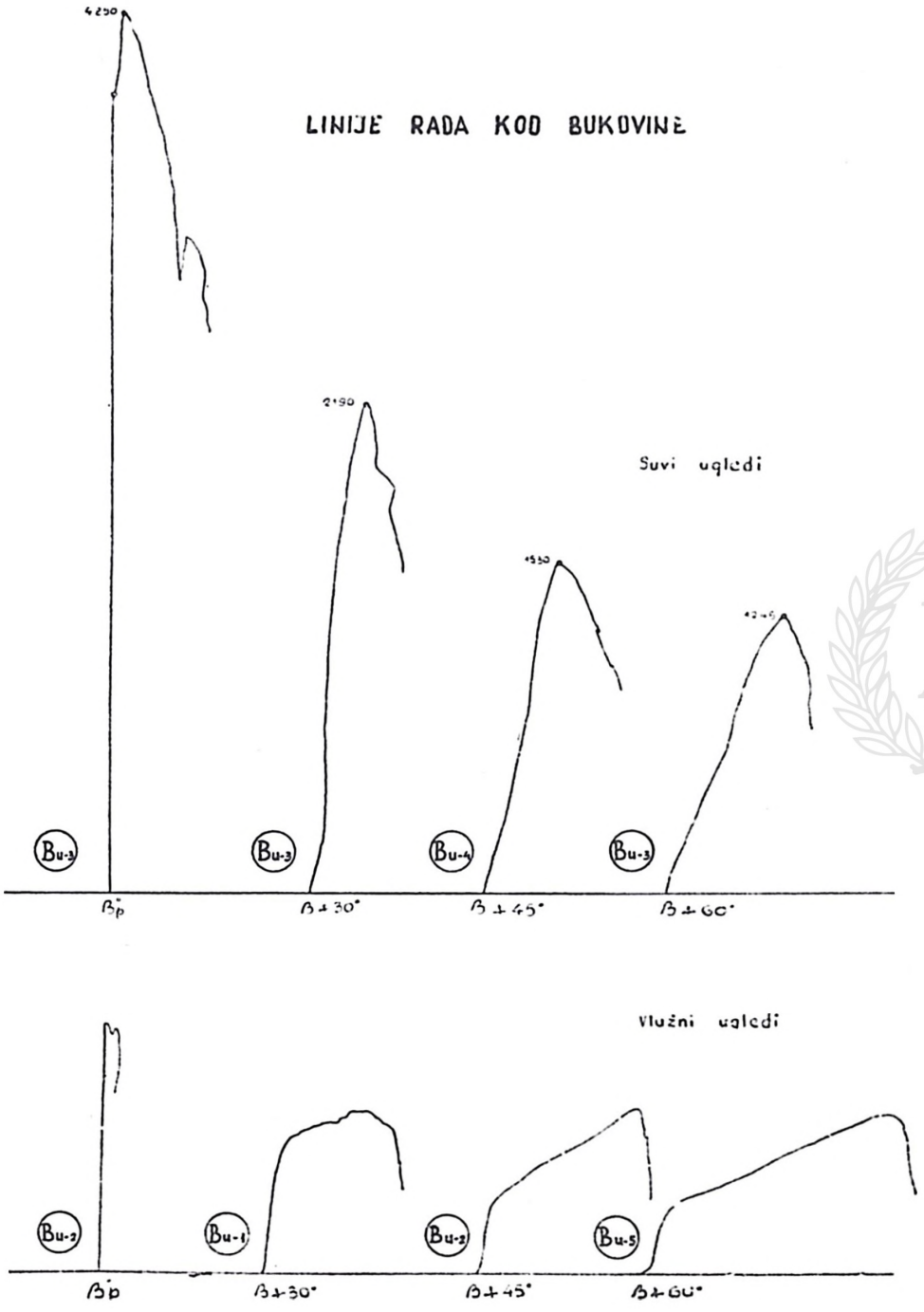
Na *sl. 18* vidi se s desne strane, slomljen vlažni ugled jasenovine, a sa leve strane suv ugled koji je presovan u fazi lomljenja. U oba slučaja sila je dejstvovala pod $\sphericalangle$ 60°.

Na slikama *19 i 20* pretstavljene su, u cilju upoređivanja, efekne linije rada dobijene prilikom ispitivanja na pritisak paralelno



SL. 19

vlaknima i pod uglovima 30, 45 i 60°. Na sl. *br. 19* su linije rada borovine, a na *sl. 20* bukovine, kako suve tako i vlažne.


LINIJE RADA KOD BUKOVINE
Suvi ugledi
Vlažni ugledi
Bu-3
Bu-3
Bu-4
Bu-3
Bu-2
Bu-1
Bu-2
Bu-5
Bp
B±30°
B±45°
B±60°

Sl. 20

Čvrstoća na pritisak upravno na vlakna ($\beta \perp$)

Ispitivanje čvrstoće u ovom pravcu vršili smo na ugledima 5×5×15 cm, opterećenih na srednjoj trećini dužine, preko čeličnih pločica, na širini od 5 cm. *(Vidi sl. 21 i 22).* Opterećena je dakle svega ⅓ površine ugleda, tj. 25 cm². Ovo odgovara približno, slučajevima u građevinskoj praksi koji se javljaju napr. pri opterećenju železničkih pragova i sličnih elemenata.

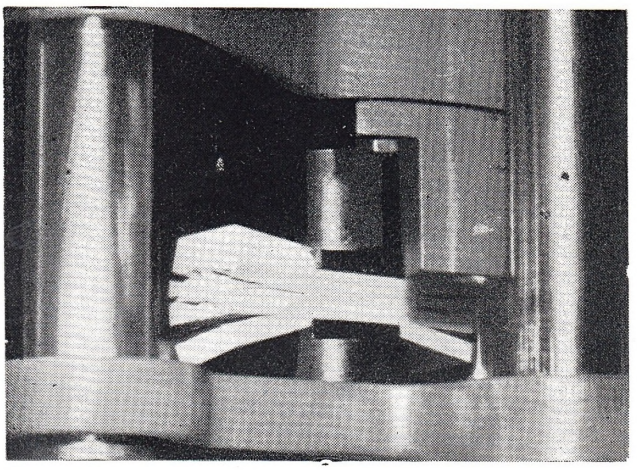
Dok je precizno utvrđivanje čvrstoće na pritisak paralelno vlaknima, a isto tako i pri dejstvu pod uglom pri kom se izaziva eventualni slom, sasvim mogućno u ispitivačkoj mašini, ovo je nemoguće u slučajevima kada u fazi plastičnog deformisanja materijala pod komprimirajućim dejstvom mašine nastaje njegovo konsolidovanje, dakle stvaranje novog materijala (presovanog drveta) koji, do izvesne mere, ponovo daje elastični ili plastični otpor. Ovaj slučaj je, u velikoj meri, karakterističan za drvo napregnuto upravno na vlakna.

Utvrdili smo kao pouzdano da pri ovakvom opterećenju samo u retkim slučajevima dolazi do efektivnog sloma, na način koji bi se mogao uporediti sa slomom pri naprezanjima pod manjim uglom. Ovakav slom desio se, međutim, zaista samo kod apsolutno prosušenih ugleda jasenovine i bukovine. Stvarno će se, međutim, u praksi ovakav slučaj retko javljati, pošto u vlažnijem stanju materijal reagira sasvim drukčije.

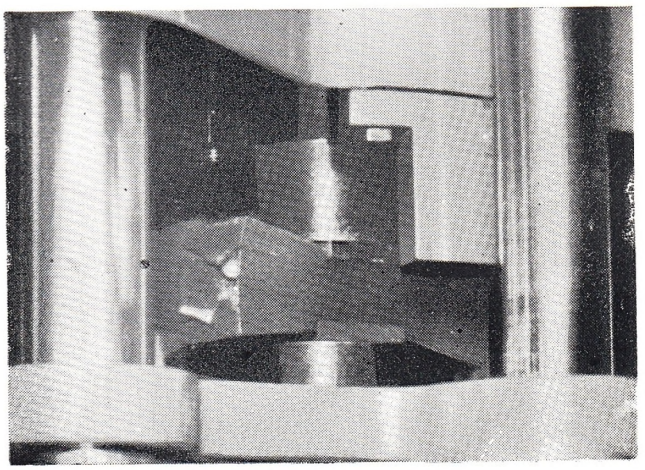
Za svaki drveni materijal u vlažnom stanju, a i za potpuno suvu jelovinu i smrekovinu, u najvećoj je meri karakteristično ponašanje koje se do izvesne mere može uporediti sa onim pri naprezanju građevinskog čelika (sa malo ugljenika). Posle kraćeg ili nešto dužeg pravolinijskog ponašanja u duhu Hooke-ovog zakona, na koji se nadovezuje kraći ili duži tok ponašanja prema zaobljenoj, eksponencijalnoj funkciji, materijal se u potpuno plastificiranom stanju, sasvim nepravilno deformiše dalje (komprimira) da bi, pri daljem dejstvu naprežuće sile, ovako komprimiran ponovo stekao unutarnju ravnotežu, konsolidovao se, i — za razliku od čelika — ponovo pružio otpor koji se sa gledišta praktičnih prilika quasi asimptotski produžuje do „beskonačnosti". Pri našim ogledima nismo često mogli konstatovati slom, naprosto zbog toga što to kapacitet mašine nije dozvolio, mada je materijal, usled jakog deformisanja stvarno već odavna bio zatajio.

Postavlja se, zato, i pitanje na koji se način može utvrditi čvrstoća, odnosno otpornost na pritisak upravno na vlakna?. Prema nemačkim normama[7]), u pitanju je ovde čvrstoća koja se postiže pri deformisanju (komprimiranju) veličine 1%. Na osnovu našeg iskustva ne smatramo, međutim, ovu odredbu dovoljno ubedljivom. Pre svega, slom pri opterećenju upravno na vlakna može nastupiti — a to smo u više mahova nesumnjivo konstatovali — na način potpuno analogan onom naprezanju paralelno vlaknima, pa nema razloga

[7]) DIN 52185 — Druckfestigkeit von Holz.



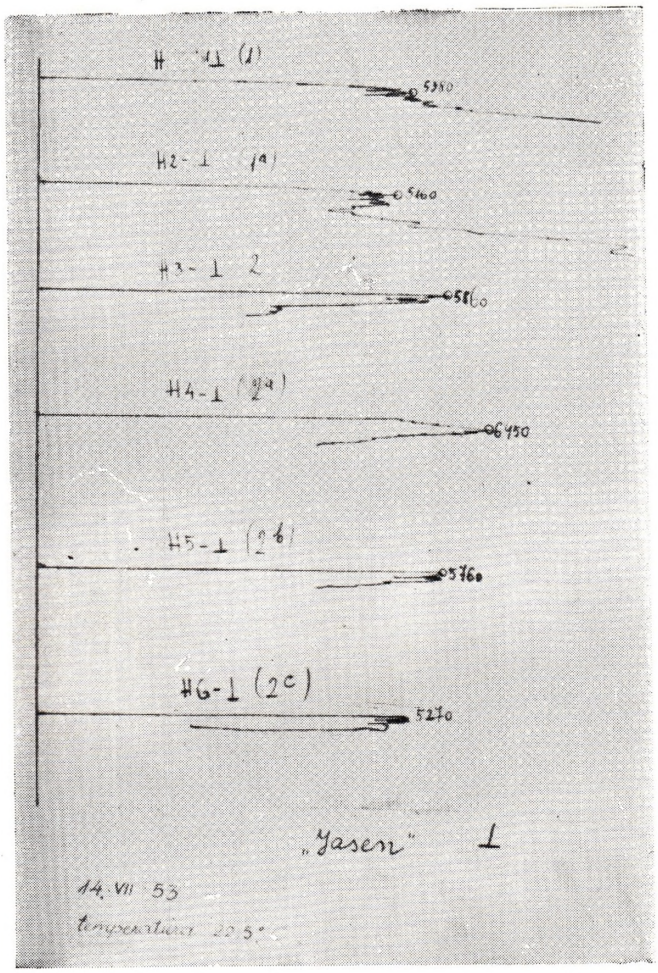
Sl. 21. — Suv ugled opterećen na vlakna



Sl. 22. — Vlažni ugled opterećen na vlakna

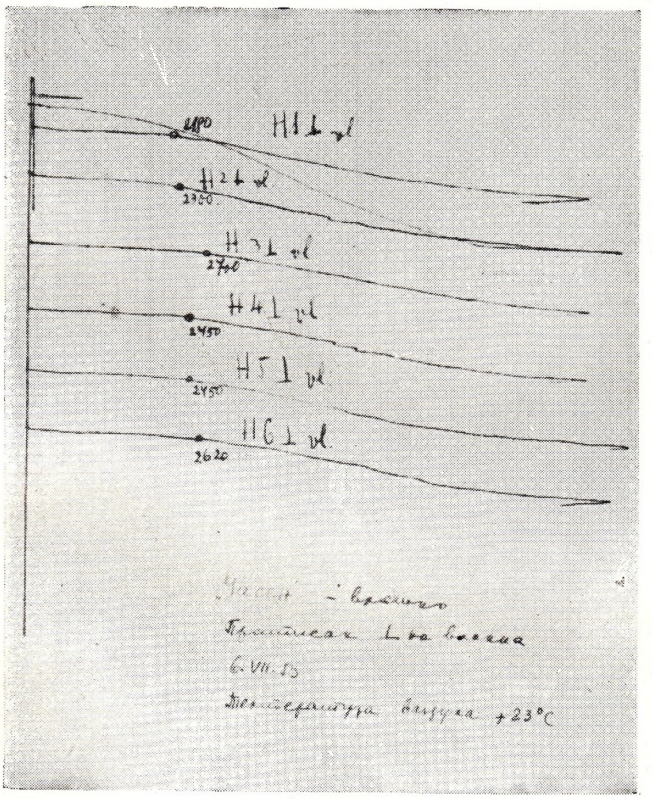
ANU BiH АНУ БиХ

ANU
ВіН
АНУ
БиХ



Sl. 23. — Originalni snimak automatski ucrtanih linija rada suve jasenovine; opterećene ⊥ na vlakna

ANU
BiH
АНУ
БиХ



Sl. 24. — Originalni snimak automatski ucrtanih linija rada mokre jasenovine; opterećene ⊥ na vlakna

ANU
BiH
АНУ
БиХ

da se, u ovom slučaju, postupi drukčije. Dalje, linija rada ugleda nekada obeležava daleko markantnije momente koji dolaze u obzir za utvrđivanje stvarnog zatajivanja materijala nego što je proizvoljno iznalaženje kad se iskorišćava propisana veličina deformisanja. Smatramo da se *čvrstoća upravno na vlakna može pouzdano utvrditi samo na osnovu kontinualne linije čvrstoće pri različnim uglovima napadajuće sile, kao što je to pretstavljeno u sl. 17.* U praktičnim slučajevima, gde to nije moguće sprovesti, mogla bi se primenjivati odredba o propisanoj veličini deformisanja, ali samo u slučaju kada nije nastupio slom na drugi način ili kad ponašanje materijala ubedljivo ne pokazuje momenat zatajivanja pre njegovog konsolidovanja.

Ovo rezonovanje ukazuje na nedovoljnu pouzdanost ovakvih standardnih eksperimenata kada se radi o ispitivanjima u naučne svrhe. Mi smo zbog toga rezultate naših „standardnih" ispitivanja uporedili sa tokom linija prema *sl. 17,* pa rezultate koji su bili u očiglednoj kontradikciji sa ovim tokom nismo uzimali u obzir. Kao primer navodimo slučaj kod jasenovine, gde su rezultati koji se vide na fotokopijama originalnih linija rada *(sl. 23)* prevazišli rezultate ne samo pri opterećenju pod $\sphericalangle$ 60° već i one pod $\sphericalangle$ 45°, što je očigledno nemogućno. Ovom, možda, doprinosi i činjenica što u oba slučaja nisu vršeni ogledi sa ugledima iste veličine.

Rezultati ispitivanja koji se vide iz tablice br. III ukazuju na sumnjive podatke dobijene za borovinu, a naročito za jasenovinu, dok su za bukovinu, kao i za smrekovinu i jelovinu postignuti podaci koji su u dobrom ili prilično skladu sa ostalim ogledima. Svakako da smrekovina i jelovina, teoretski, treba da imaju nešto nižu čvrstoću od one pri dejstvu sile pod $\sphericalangle$ 60°, ali se ovde radi o malim razlikama koje se ubedljivo mogu objasniti rasturanjem pojedinačnih rezultata u dozvoljenim granicama.

U tablici br. IV nalaze se, između ostalog, odnosi čvrstoća na pritisak paralelno i upravno na vlakna.

Ovi odnosi su približno na sredini između kontradiktornih, prosečnih podataka koje daju Campredon[4]) i Kollmann[3]), ali se, izuzetno i slažu. Prema ovome taj odnos iznosi za:

jelovinu: po našim podacima oko 7,25, po Campredonu 6, dok Kollmann ne daje podatak;

smrekovinu: po našim podacima oko 7,5 prema C. 6, a prema K. oko 8,6;

borovinu: po našim podacima oko 5, prema C. 5, prema K. oko 7;

bukovinu: po našim podacima oko 4,5 prema C. 5, prema K. 6,2—7;

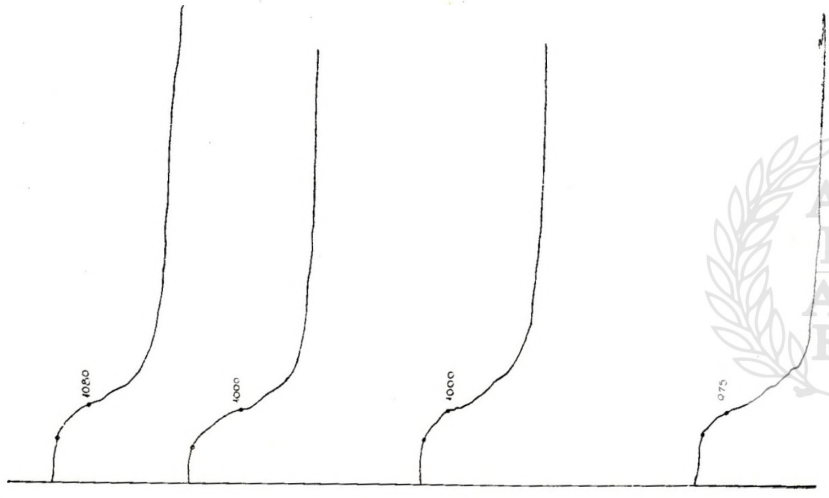
jasenovinu: po našim podacima oko 6, prema C. 3,5, prema K. oko 5.

Načelno — sa izuzetkom jasenovine — važi činjenica da kod lakših i manje otpornijih materijala uticaj pravca dejstva sile jače dolazi do izražaja nego u suprotnom slučaju.

Podaci koje smo ovde citirali odnose se na uglede standardne vlažnosti φ 12 (Campredon uzima pri φ 15, ali je razlika minimalna, a u pitanju su približni podaci). Sa količinom vlažnosti međutim, u obrnutom smeru, veličina ovih odnosa raste i pada. Ona, u krajnjem slučaju, za potpuno suvu smrekovinu, iznosi 9 (za vlažnu samo 4), a sa vlagom zasićenu bukovinu svega 2,5.

Ako posmatramo *ponašanje pojedinih materijala u toku naprezanja,* vidimo sledeće:

Jelovina i smrekovina ponašaju se približno jednako. U *suvom* stanju početna faza je strogo po Hooke-ovom zakonu, granica zatajivanja materijala je jasno izražena, zatim sledi faza nepravilnog deformisanja i ponovo konsolidovanje sa izrazitim pravolinijskim otporom. U *vlažnom* stanju linija rada materijala se posle kratkog početnog pravolinijskog toka postepeno zaobljuje i kontrakrivinom prelazi u stanje pravolinijske konsolidacije (Sl. 25).



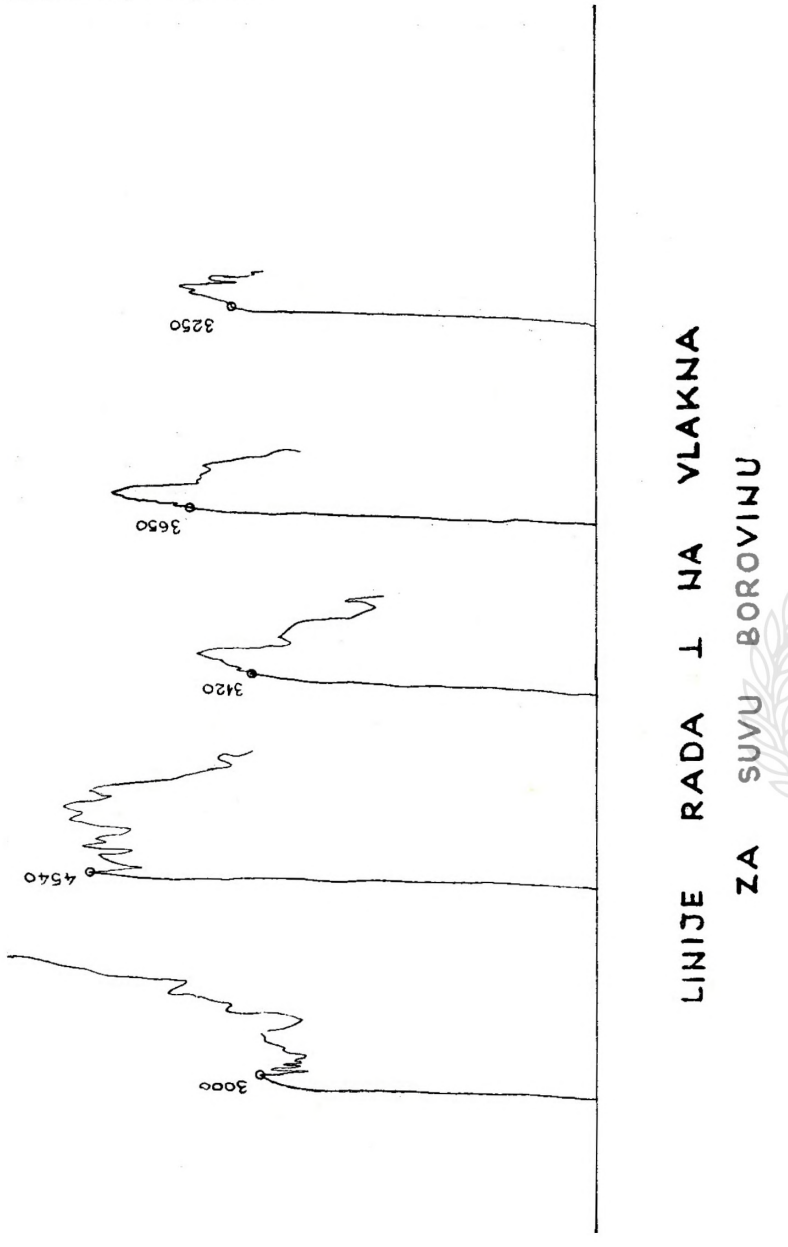
LINIJE RADA ⊥ NA VLAKNA
ZA VLAŽNU SMREKOVINU

Sl. 25

Borovina u *suvom* stanju potseća, apsolutno, na puno elastično ponašanje u toku naprezanja paralelno vlaknima. *(Sl. 26).* Slom nastupa u malom otstojanju od granice proporcionalnosti. Ponašanje *vlažnog* materijala nalik je na opisano ponašanje vlažne smrekovine, ali se prelaz u stanje konsolidacije sprovodi još blažim kontrakrivinama, približno na način pretstavljen kod jasenovine.

Bukovina. Suvi materijal vlada se naročito nepravilno. Čak i početna, unekoliko linearna faza je izlomljena. Docnija faza takođe pretstavlja totalno nepravilne izlomljene crte bez uočljivog sistema. Nasuprot tome, u vlažnom stanju materijal se vlada mirnije, bez

očiglednog lomljenja, a linija rada liči na onu kod jasenovine, ali sa izrazitijim deformacijama.



Sl. 26

Jasenovina u suvom stanju po načinu lomljenja potseća, u najvećoj meri, na slom pri opterećenju paralelno vlaknima. Materijal

se tek neznatno i gotovo do sloma pravolinijski deformiše. Faza sloma nastaje naglo. Jedino dva ugleda najbliža srcu stabla su posle zatajivanja, i zbijanja u mašini, ponovo dala otpor. *Vlažni* ugledi takođe pokazuju najmanje deformisanje između sveg ispitanog materijala (daleko manje od bukovine) i blago prelaženje iz jedne faze u drugu. (Vidi linije rada na fotokopiji, prema snimcima u toku ispitivanja *(sl. 23 i 24).*

U toku ispitivanja kod *suvih* ugleda, uskoro posle dostignuća granice proporcionalnosti, nastaje uzdužno prskanje drveta, razdvajanje svežnjeva vlakana u vidu lepeze, što ubrzo dovodi do njihovog totalnog raspadanja pa i mrvljenja. Raspadanje je naročito izraženo kod borovine, bukovine i smrekovine. *Vlažno* drvo, kod koga u toku ispitivanja nastaje znatno istiskivanje vode, pokazuje mnogo manju naprslost, posle ispitivanja; vlakna koja su se u toku ispitivanja razdvojila ponovo se skupe i ugled ponovo postaje dosta kompaktan. Znatno komprimiranje uočljivo je samo na neposredno pritisnutom mestu (na srednjoj trećini ugleda). Vidi *sl.* 27 na kojoj je gore pretstavljen slomljeni vlažni ugled, a dole slomljeni suvi ugled borovine. Sl. 28 pretstavlja uvećani snimak slomljenog suvog ugleda.

Drvo koje se u suvom stanju najslabije ponašalo, tj. bukovina, pa borovina i smrekovina, pokazuju se u vlažnom stanju kao najbolji, dok je najslabija jelovina.

Čvrstoća na savijanje (β (s

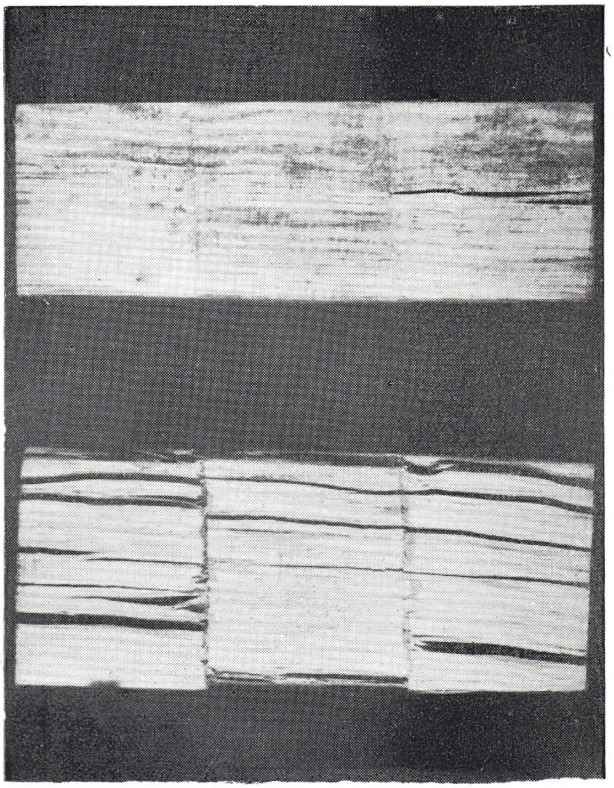
Ispitivanje na savijanje koje je vršeno na rasponu 1 = 28 cm, opterećenjem jednom koncentričnom silom u sredini raspona, pokazalo je, pri slomu, napone materijala koji su pretstavljeni u tablici V.

Ovi rezultati izračunati su, uzimajući u obzir da je sila dejstvovala na radijalnu površinu ugleda, iz obrasca

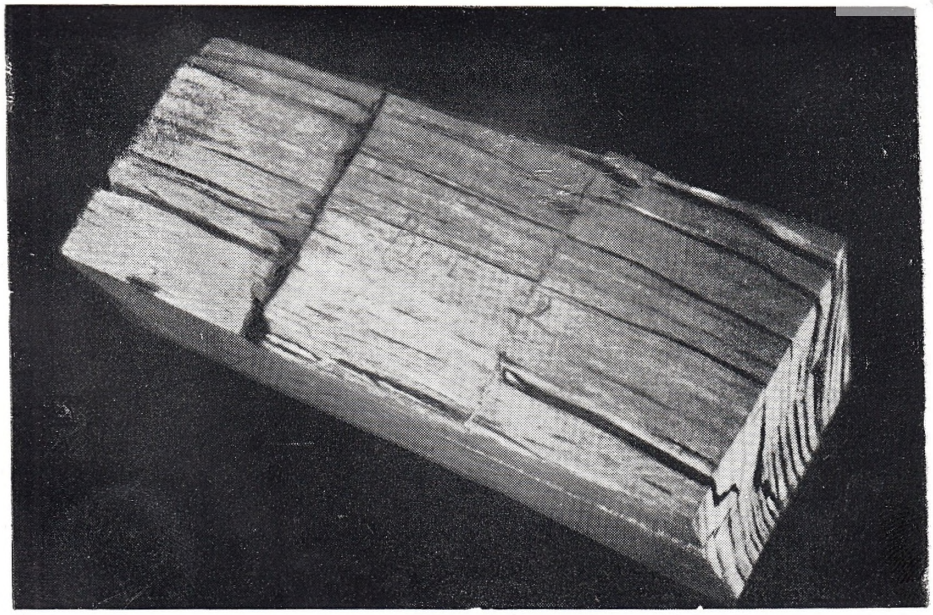
$$(6) \qquad \beta_s = \frac{42}{a_r \cdot a_t^2} P_{max}$$

a_r ... radijalna stranica preseka
a_t ... tangencijalna stranica preseka
P max.. sila pri slomu

U istoj tablici naveli smo rasturanja pojedinih rezultata koja su, za razliku od onih koje smo konstatovali pri opterećenju na pritisak paralelno vlaknima, vrlo znatna i iznose, prosečno, za suve uglede 51,2%, a za vlažne 40,3%. Mada je rasturanje veliko, ono nije u opreci sa konstatacijama koje u pogledu moguće disperzije pominju i drugi autori. Konstatovane prosečne čvrstoće na savijanje svih materijala su znatne i mi ćemo u zaključku ove rasprave izneti naše gledište o kvalitetu materijala.



Sl. 27. — Dva fotosnimka vlažne i suve borovine opterećene do sloma ⊥ na vlakna



Sl. 28. — Detalj fotosnimka suvog ugleda slomljenog pri opterećenju ⊥ na vlakna

ANU BiH АНУ БиХ

Tab. pregled V

ČVRSTOĆA NA SAVIJANJE (β_s)

Redni broj	VRSTA DRVETA	Broj ugleda	Čvrstoća u aps. suhom stanju $_o\beta_s$		Čvrstoća u zasićenom stanju zas.β_s		Rasturanje $\frac{\beta max - \beta min}{\beta pros} \times 100\%$		Napomena
			pojed. kg cm²	proseč. kg/cm²	pojed. kg cm²	proseč. kg cm²	suvih ugleda %	vlažnih ugleda %	
1		1	828		385				
2		2	954		420				
3		3	730		510				
4		4	915		432				
5		5	1 018		395				
6	JELOVINA	6	866	885,0	540	447,0	32,6	34,5	
7		7	1 082		640				
8		8	1 058		352				
9		9	983		370				
10		10	951		411				
11		11	1 002		400				
12	SMREKOVINA	12	796	982,0	386	428,0	29,1	67,3	
13		13	750		475				
14		14	810		570				
15		15	995		575				
16		16	903		540				
17		17	1 635		495				
18	BOROVINA	18	1 450	1 091,0	461	519,0	80,8	21,9	
19		19	2 300		865				
20		20	—		745				
21		21	2 180		860				
22		22	1 842		820				
23		23	2 068		966				
24	JASENOVINA	24	1 741	2 026,0	793	841,0	27,6	26,3	
25		25	1 360		574				
26		26	751		756				
27		27	1 460		840				
28		28	2 055		1 020				
29		29	1 910		842				
30	BUKOVINA	30	1 560	1 516,0	867	816,0	86,1	51,7	

Tablica br. VI, kao i dijagram na *sl. 29*, daje odnose između čvrstoće na savijanje i na pritisak paralelno vlaknima koji za standardno drvo prosečno iznosi okruglo 1,75. Iz podataka je uočljiv dobar *pravolinijski odnos* ovih dvaju čvrstoća koji nešto jače oscilira samo kod apsolutno suvih ugleda, kod kojih je, uostalom, i najveće rasturanje rezultata. Dalje se vidi da *sa vlažnosti materijala ovaj odnos raste u korist čvrstoće na savijanje*, pa dok kod apsolutno suvog materijala iznosi prosečno oko 1,6, kod vlagom zasićenog on se penje prosečno do blizu 3,0. *Drvo je, dakle, pri savijanju, znatno manje osetljivo na vlagu nego pri opterećenju na pritisak.* To se takođe vidi iz činjenice da prosečni odnos standardne čvrstoće na savijanje i one u vlagom zasićenom stanju iznosi oko 1,7 (kod čvrstoće na pritisak oko 3), dok se maksimalno mogući odnos kreće od oko 1,9 do 2,4 (kod čvrstoće na pritisak od oko 3 do 4,5).

U toku opterećavanja ugleda snimljeni su dijagrami kao funkcije napona i strelice savijanja, u svakom momentu, do sloma.

Dijagrami suvih ugleda pokazuju sasvim slabo zaobljenu liniju koja se, nekada, jedva razlikuje od prave (kod jelovine), dok je nešto jače izražena samo kod jasenovine. To znači da se povijenost drveta približno ravnomerno povećava do sloma. Karakteristika dobrog ponašanja materijala pri savijanju je, međutim, ta da se mate-

Tab. pregled VI

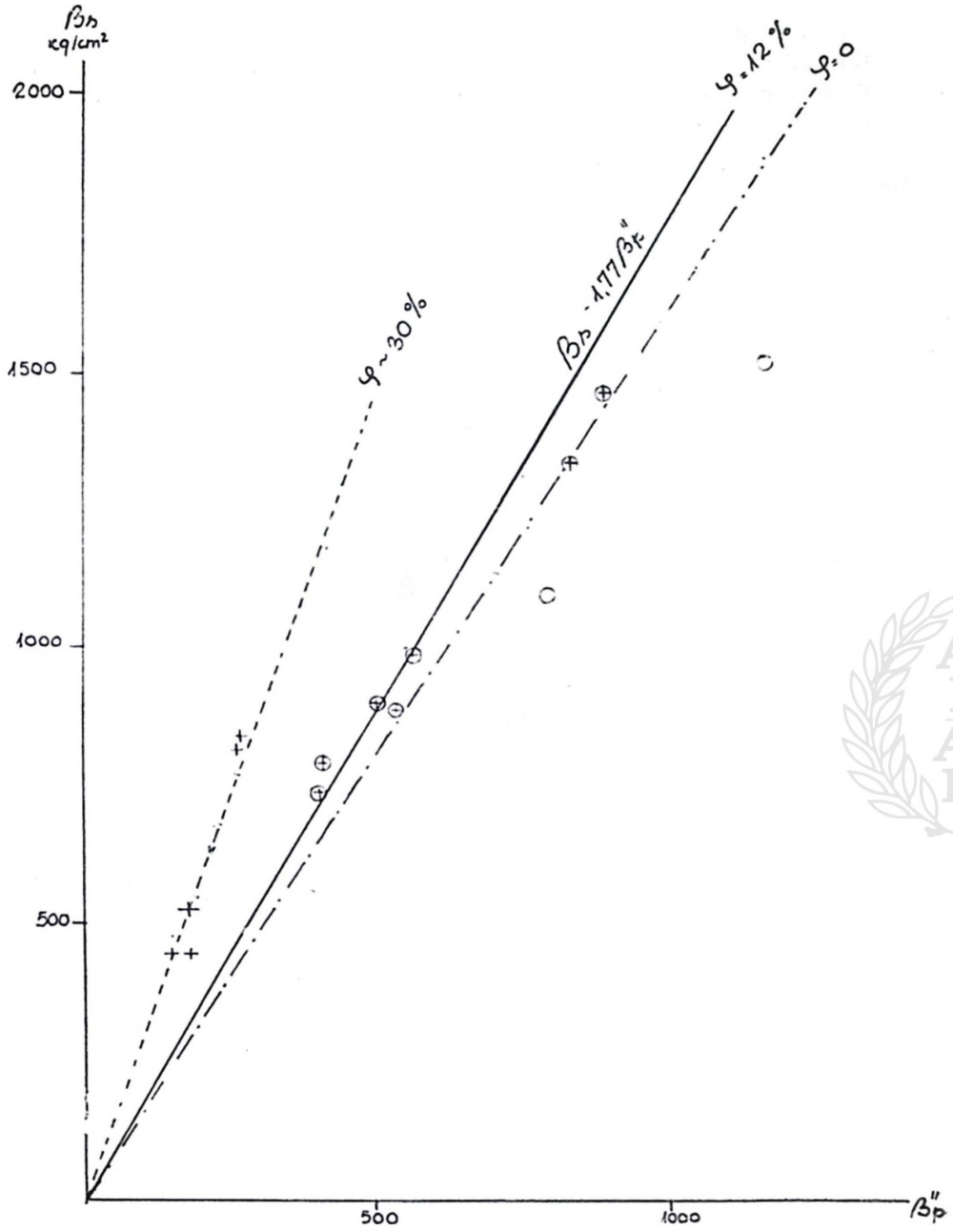
Redni broj	VRSTA DRVETA	Prosečna čvrstoća na savijanje [kg/cm²]			Odnos $\frac{\beta s}{\beta p''}$		
		$\varphi = 0$	$\varphi = 12\%$	$\varphi \sim 30\%$	$\varphi = 0$	$\varphi = 12\%$	$\varphi \sim 30\%$
1	JELOVINA	8 85,0	7 34,6	4 47,0	1,735	1,825	2,44
2	SMREKOVINA	9 82,0	7 92,0	4 28,0	1,655	1,905	2,85
3	BOROVINA	1 091,0	8 95,0	5 19,0	1,568	1,778	2,84
4	JASENOVINA	2 026,0	1 457,2	8 41,0	1,835	1,837	3,24
5	BUKOVINA	1 516,0	1 329,3	8 16,0	1,292	1,597	3,09

Odnosi čvrstoće na savijanje i na pritisak paralelno vlaknima

rijal u prvoj fazi opterećenja savija jače, a docnije, kontinualno, sve manje. Svakako, kod ovih ugleda deformisanje dostiže maksimum jednovremeno sa dostizanjem maksimalnog opterećenja i nastupom sloma.

Dijagrami vlažnih ugleda, nasuprot ovome, pokazuju jako izduženo deformisanje posle dostignuća P max, ili pak u fazi njegovog dostignuća. Ovo deformisanje produžuje se i do dvostruke pa i nekolikostruke veličine prvobitnog deformisanja, a bilo je najjače izraženo kod smrekovine.

U skladu sa ovim karakteristikama je i način na koji nastaje slom. Kod suvih ugleda on nastupa uglavnom „krto", tj. posle kratkotrajnog savijanja, dok kod vlažnih proces savijanja traje mnogo



Odnos $\frac{\beta_n}{\beta''_p}$

Sl. 29

ANU BiH АНУ БиХ

duže, a stvara se strelica koja kod ovih ugleda, iznosi i 2—3 cm. (Uporedi ponašanje za vreme opterećivanja na *sl. 30 i 31.*). Lom se redovno javljao na zategnutoj strani, usled cepanja u uzdužnom pravcu koje se od sredine produžilo ka ležištu. I ovde je kod suvih ugleda naprslina bila izrazitija nego kod mokrih.

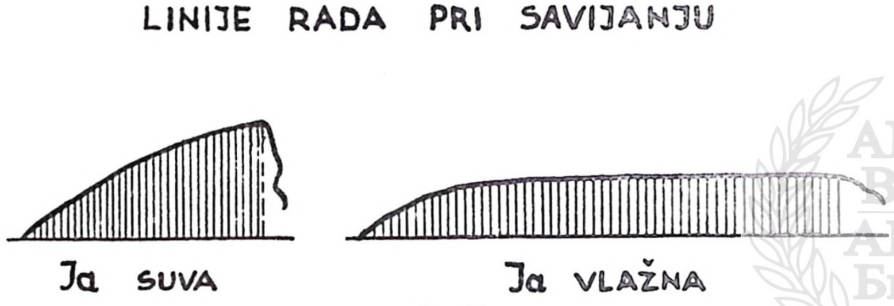
U vezi sa konstatovanjem deformacionog rada drveta prema Tetmajeru, uočili smo sledeće:

Obrazac koji pretstavlja rad materijala

$$R = \int P \, df \tag{7}$$

ima sasvim drugi značaj kod suvih a drugi kod jako vlažnih ugleda.

Dosledno primenjivanje ovog obrasca kao kriterij za savitljivost materijala značilo bi da se kod suvog materijala uzima u obzir „površina rada", koja je stvarno znatno manja od one kod istog materijala u vlažnom stanju. (Vidi oba slučaja na *sl. 32*). *U drugom*



Sl. 32

slučaju, dakle, veći rad je postignut zahvaljujući većoj vlažnosti drveta, pa prema tome taj podatak ne može da opstane kao kvalitetni kriterij materijala.

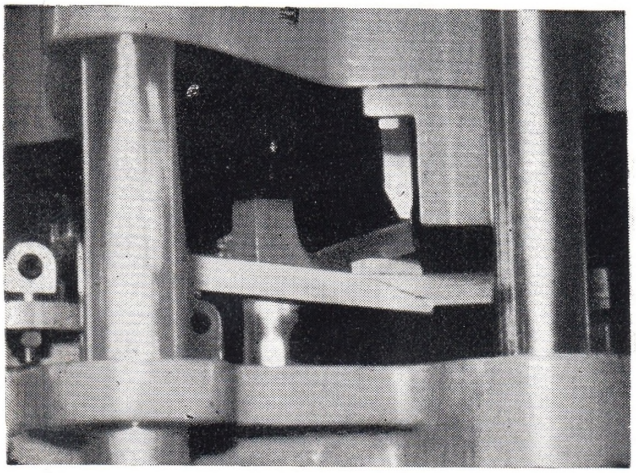
Prema švajcarskom standardu za drvene konstrukcije[8]) zahteva se „količnik potpunosti" η veličine 0,7 kao pokazatelj kvaliteta pri naprezanju na savijanje, pri čem je

$$\eta = \frac{\int P \, df}{P_{max} \cdot f_{max}} = \frac{R}{F_{max}} \tag{9}$$

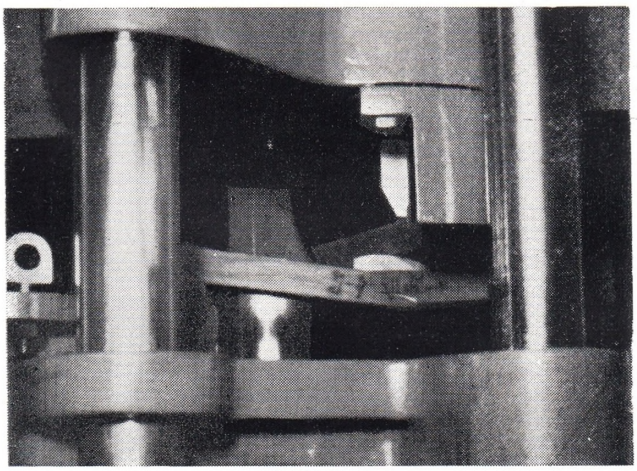
Ovaj uslov traži da P mora biti funkcija višeg stepena od kvadratnog, tj.

$$P = a \cdot f^n + C \qquad n > 2 \tag{10}$$

[8]) S. I. A. Normen für die Berechnung von hölzernen Tragwerken, Zürich 1936.



Sl. 30. — Suv ugled napregnut na savijanje do sloma



Sl. 31. — Vlažan ugled napregnut na savijanje do sloma

ANU BiH АНУ БиХ

Stvarno, međutim, naši suvi ugledi, ni približno ne odgovaraju ovom uslovu, dok bi s druge strane svaki pojedini dijagram vlažnog ugleda mogao da zadovolji, nekada i do blizu 100%. Ovde, dakle, postoji izvestan nesklad koji treba objasniti.

Stojimo na gledištu da $\int P\,df$ kao *pokazatelj kvaliteta* može da važi samo u standardnim uslovima i samo u granicama od 0 do izvesne strelice veličine fa, da se prema tome u obrascu (9) javlja *određeni* integral, prema

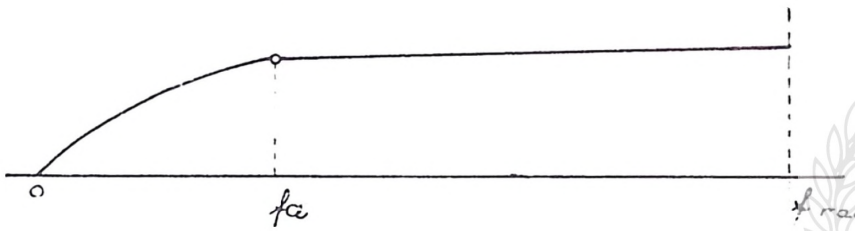
(10)

$$R_a = \int_0^{fa} P\,df \qquad fa \leq f\ max$$

Utvrđivanje veličine fa trebalo bi vršiti po sledećem pravilu:

1) pri naglom slomu drveta fa = f max

2) pri postepenom (izduženom) slomu drveta fa treba utvrditi na dijagramu, na mestu gde prestaje zaobljavanje, pa se linija rada tangencijalno produžuje *(Vidi sl. 33).*



Sl. 33. — Veličina savijanja *fa* u dijagramu

U slučaju pod 2) ukupni deformacioni rad iznosio bi prema obrascu

(11)

$$R = \int_0^{fa} P\,df + (f\ max - fa)\ P\ max$$

Odnos f max/fa pretstavlja *podatak koji pokazuje uticaj vlažnosti na savitljivost drveta,* njegova je vrednost, prema tome, funkcija vlažnosti drveta.

Uzajamna zavisnost zapreminske težine drveta i njegove statičke otpornosti

Plinijeva postavka o uzajamnoj povezanosti zapreminske težine i statičke otpornosti drveta daje tehničaru vrlo važnu indikaciju koja u praksi nije dovoljno iskorišćena, mada je primenom ovog pravila omogućeno da se na vrlo jednostavan način dobiju dobri orijentacioni podaci o čvrstoći na pritisak i na savijanje materijala.. Svakako, da je praktično korišćenje ovog, prastarog saznanja nemogućno ako nisu poznate konstante koje regulišu ovu uzajamnu povezanost.

ANU BiH АНУ БиХ

Rešavajući ovo pitanje u našim uslovima, imali smo najpre da rešimo koju ćemo zapreminsku težinu drveta, tj pri kom procentu vlažnosti, uzeti kao merodavnu. Smatramo da to može biti jedino zapr. težina u apsolutno suhom stanju (γ_0), a nipošto težina pri standardnoj vlažnosti 12% (γ_{12}), pošto ovu i ne možemo smatrati materijalnom konstantom čije je precizno utvrđivanje mogućno u svakom slučaju. Nasuprot ovom je iznalaženje γ_0 postupak koji se i sa vrlo skromnim, pa i improviziranim sredstvima, može postići ne samo u laboratoriju već i na operativnom radilištu.

U tablici br. VII i dijagramima na *sl. 34* pretstavili smo naše postignute rezultate u ovom smislu, i to kako u pogledu čvrstoće na pritisak paralelno vlaknima β''_p tako i u pogledu čvrstoće na

Tab. pregled VII

Redni broj	VRSTA DRVETA	γ_0 g cm³	$\frac{\beta''_p}{\gamma_0}$	$\frac{12\beta''_p}{\gamma_0}$	$\frac{zas.\beta''_p}{\gamma_0}$	γ_{12} g/cm³	$\frac{\varkappa}{100} = \frac{12\beta''_p}{\gamma_{12}}$	
1	JELOVINA	0,335	1 502	1 133	516	0,398	~ 10	
2	SMREKOVINA	0,368	1 536	1 290	410	0,412	~ 10	
3	BOROVINA	0,500	1 390	1 007	366	0,560	~ 9	
4	JASENOVINA	0,708	1 538	1 119	342	0,793	~ 10	
5	BUKOVINA	0,720	1 626	1 153	372	0,806	~ 10,3	
	$\frac{\Sigma}{5} =$		1 518	1 140	401			

Zavisnost čvrstoće na pritisak paralelno vlaknima od zapreminske težine

savijanje. Iz dijagrama je uočljiva dobra linearna zavisnost zapreminske težine u apsolutno suhom stanju i *čvrstoće na pritisak* za 3 karakteristična stepena vlažnosti drveta ($\varphi = 0$; $\varphi = 12\%$ i $\varphi \cong 30\%$).

Iz dijagrama za β''_p sledi uzajamnost zapreminske težine (γ_0) i čvrstoće na pritisak paralelno vlaknima, izražena empiričkim obrascem koji za standardnu vlažnost od 12%, glasi

(12)
$$12\ \beta''_p = 1140\ \gamma_0$$

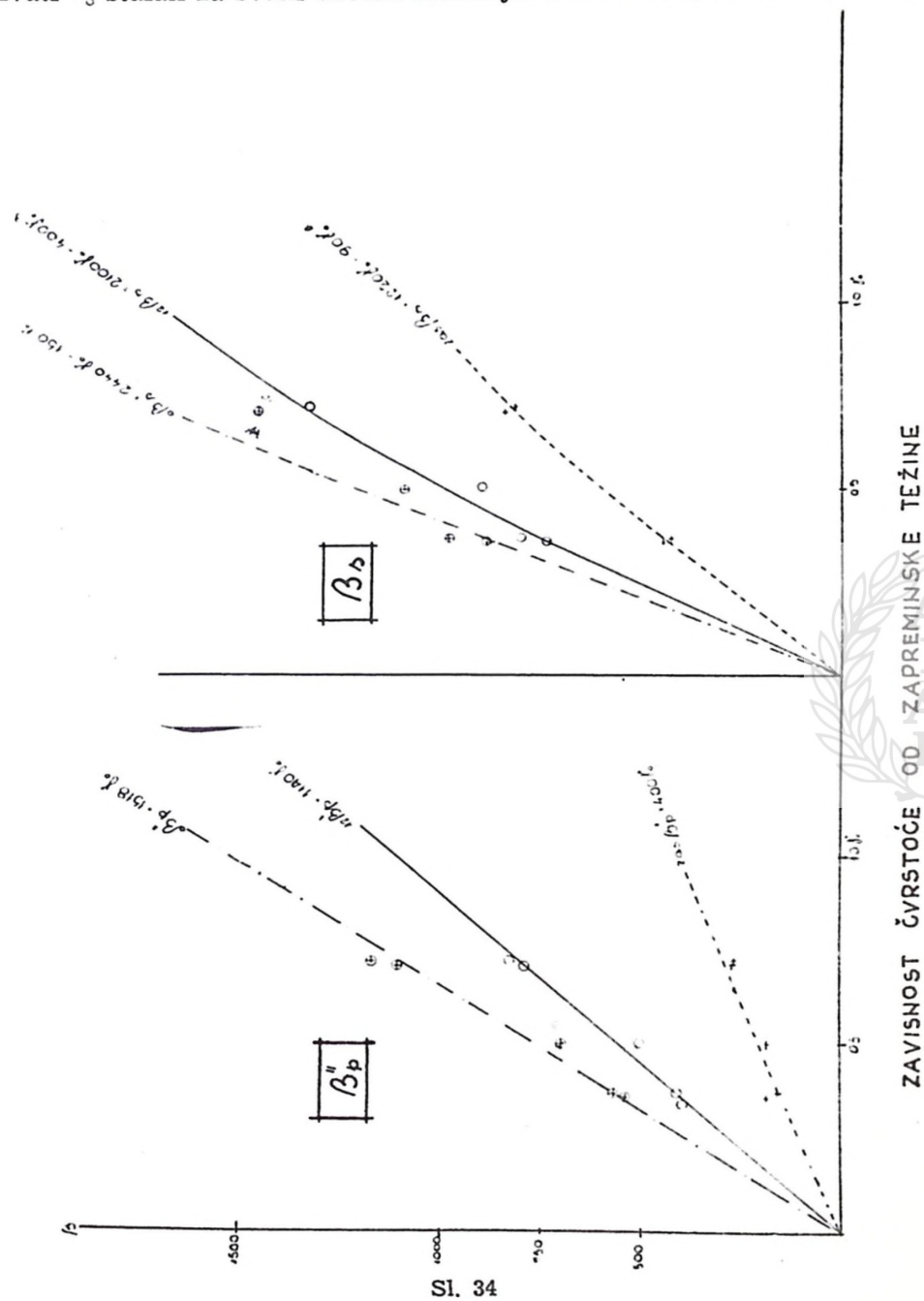
Obrazac je sa, vrlo velikom približnošću, primenljiv za praktičnu primenu.

Slične odnose dobili smo i za čvrstoće u potpuno suvom, kao i vlagom zasićenom stanju materijala, i to:

(13)
$$_0\beta''_p = 1518 \cdot \gamma_0$$

(14)
$$_{zas}\beta''_p = 400 \cdot \gamma_0$$

Iz obrazaca (12), (13) i (14) izlazi da je odnos β/γ_0 koji ćemo zvati $\varkappa_0$ stalan za svaki drveni materijal bez razlike, ukoliko je istog



Sl. 34

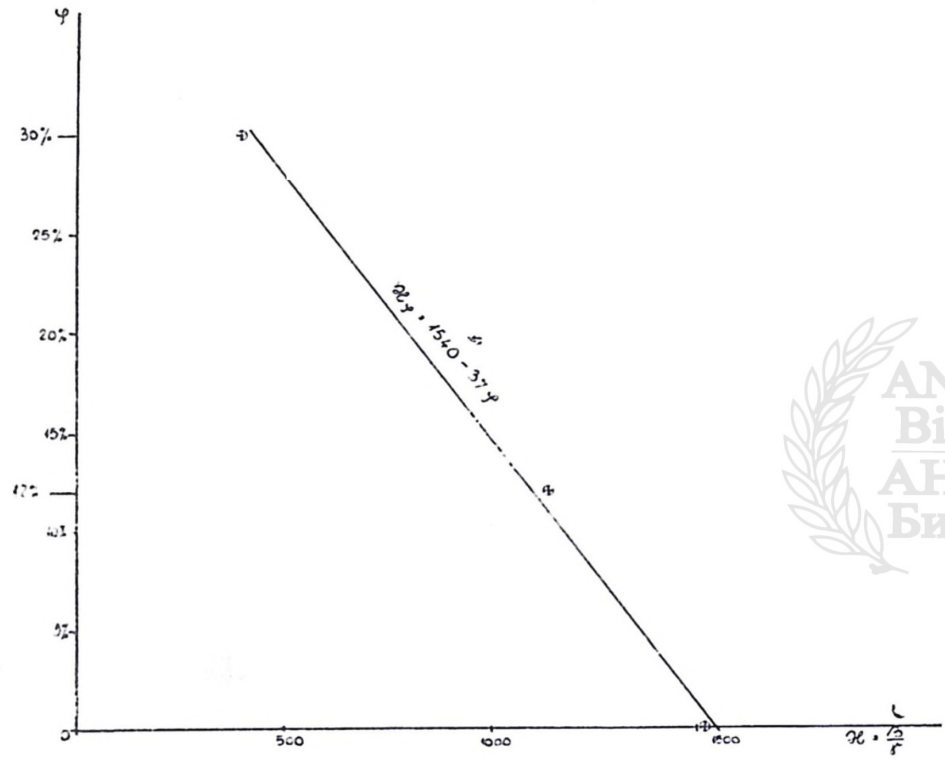
stepena vlažnosti; $\varkappa$ menja se, dakle, samo sa procentom vlage u drvetu u granicama od 0 do granice zasićenosti vlakana. Veličina $\varkappa$,

data je ovim obrascima za tri karakteristična slučaja, inače ona približno sledi iz odnosa

(15)
$$\varkappa_\varphi = 1540 - 37\ \varphi$$

koji je grafički pretstavljen na *sl. 35 levo.*

Uzajamni odnosi zapreminske težine i *čvrstoće na savijanje* koji su pretstavljeni u dijagramu na *sl. 35* (desno) zbog, navedenog velikog rasturanja rezultata, nisu u tolikoj meri upotrebljivi kao oni



Sl. 35 Dijagram zavisnosti procenta vlažnosti i odnosa $\varkappa$

u ranijem slučaju, ali, ipak, pokazuju ovu povezanost po zakonu funkcije višeg stepena. Za čvrstoću na savijanje drveta standardnog stepena vlažnosti, približno važi empirički obrazac.

(16)
$$_{12}\beta_s = 2100\ \gamma_0 - 400\ \gamma_0{}^3$$

Za ostale karakteristične stepene važe, približno, obrasci

(17) $$_{0}\beta_s = 2440\ \gamma_0 - 150\ \gamma_0{}^3$$

(18) $$_{zas}\beta_s = 1220\ \gamma_0 - 90\ \gamma_0{}^2$$

U tabelarni pregled br. VII uneli smo, na kraju, u cilju orijentacije, zaokružene odnose čvrstoće na pritisak i zapreminske težine pri 12% vlažnosti (γ_{12}) ili tzv *konstante kvaliteta* o kojima ćemo dati našu ocenu u zaključku ovog rada.

Zaključci o izvršenom ispitivanju

Opšta napomena. Ma da je glavni zadatak ovog preliminarnog rada bio laboratorijsko proveravanje postavljene metodike[1]) po kojoj bi trebalo sprovoditi masovnija ispitivanja našeg drveta, ipak dobijeni podaci, kako u pogledu ponašanja materijala tako i u pogledu statičke čvrstoće, zaslužuju pažnju, naročito građevinskih konstruktora. Pošto do sada uopšte ne raspolažemo širim, sistematski dobijenim rezultatima o ispitivanju statičke čvrstoće našeg drveta, naročito ne onog sa teritorije Bosne, pa su, kao što smo već istakli, čak i dopušteni naponi u našim tehničkim propisima za drvene konstrukcije uzeti po stranim ugledima, to nam svaki objavljeni pojedinačni podatak, dobijen po pravilnom i naučno osnovanom tehničkom postupku, može da posluži kao orijentaciona indikacija o odnosnim mehaničkim osobinama našeg drveta, s tim da njegovo praktično važenje može da opstane samo do daljeg i šireg metodskog proveravanja osobina na koje se taj podatak odnosi. Istina o kvalitetu i osobinama našeg drveta i ne može da se utvrdi drugim putem nego metodskim nizanjem što više pojedinačnih istraživačkih podataka, njihovim obrađivanjem i proučavanjem ; — u većoj meri kad je u pitanju kvalitet, u manjoj meri kad je u pitanju osmatranje ponašanja materijala u stanju statičkog naprezanja.

Ovo je, stvarno, permanentni zadatak koji ima da se sprovodi trajno i sistematski. Sa iznetog gledišta treba posmatrati i niže navedene zaključke o izvršenom preliminarnom ispitivanju, koji su, inače, u priličnoj saglasnosti sa praktičnim iskustvima naših projektanata i izvođača drvenih građevinskih konstrukcija, koji, dosada, eksperimentalnim ogledima nisu poduprti, — bar ne u jačoj meri.

I) Kvalitet i ponašanje drveta

1) Mada se ispitano drve ni po kome osnovu ne može smatrati kao reprezentativno za bosansko tehničko drvo, zaslužuje pažnju da rezultati ispitivanja pokazuju da je pri standardnoj vlažnosti (a to u još većoj meri važi u potpuno suvom stanju) čvrstoća ispitanih lišćara, kako na pritisak tako i na savijanje, znatno iznad međunarodnih prosečnih podataka. Iznad proseka su i čvrstoće na savijanje ispitanih četinara, sem borovine. Nasuprot tome, u pogledu čvrstoće na pritisak, prema nekim autorima, zaostaju (za 10—15%) ispitani četinari.

U cilju poređenja naših rezultata i onih koji se odnose na strani prosek, mi smo u niže navedenom pregledu uzeli u obzir dva, najmerodavnija evropska autora za drvo Campredon-a[4]) i Kollmann-a[3]);

podatke potonjeg kao kompetentne usvaja i Ugrenović[9]). Mi ćemo prosečne podatke ova dva istraživača citirati prema njihovim delima od 1948, odn. 1951 godine.

	Standardna čvrstoća βp kg/cm²			Standardna čvrstoća βs kg/cm²		
	Campredon	Kollmann	naš podatak	Campredon	Kollmann	naš podatak
Jelovina	300—450	470	402,3	—	730	734,6
Smrekovina	300—450	500	410,2	—	780	792,0
Borovina	350—500	550	503,3	—	1000	895,0
Jasenovina	500—700	520	793,4	—	1200	1457,3
Bukovina	500—700	620	831,5	—	1230	1329,3

2) Druga slika dobija se kada se uporede rezultati čvrstoće ispitanog drveta u vlažnom stanju sa podacima koje, za ovaj slučaj, navodi Kollmann (Campredon ne daje ove podatke). Upoređivanjem se vidi da je ispitano drvo jako osetljivo na vlagu kad je u pitanju pritisak, s druge strane, čvrstoća na savijanje ostaje i u vlažnom stanju, kod svih ispitanih vrsta (pa i kod borovine) prosečno, znatno iznad proseka. Ova pojava koja može da ima uzroka u ponašanju lignina — glavnog hemijskog nosioca otpornosti na pritisak, zaslužuje naročitu pažnju. U niže navedenoj tablici pretstavljeni su ovi podaci:

	Čvrstoća na pritisak vlažnog drveta zas β p kg/cm²		Čvrstoća na savijanje vlažnog drveta zas β s kg cm²	
	Kollmann	naš podatak	Kollmann	naš podatak
Jelovina	—	183,0	—	447
Smrekovina	230	150,8	400	428
Borovina	250	182,8	460	519
Jasenovina	290	269,7	750	841
Bukovina	290	262,5	600	816

3) Upoređivanje zapreminske težine ispitanog drveta sa merodavnim inostranim podacima objašnjava nam u dobroj meri, ranije podatke — o nešto nižoj čvrstoći na pritisak smrekovine i jelovine. Izlazi, naime, da su utvrđene zapreminske težine znatno niže od prosečnih, dok su, nasuprot tome, težine lišćara znatno više. Uzimajući u obzir tesnu linearnu povezanost čvrstoće i zapreminske težine rezultati su potpuno logični.

Ipak, ocenjujući kvalitet drveta, kako sa gledišta statičke otpornosti tako i sa gledišta njihove težine, uzimajući dakle u obzir „kon-

[9]) Ugrenović: Tehnologija drveta, Zagreb 1950 (str. 205).

stantu kvaliteta", tj. odnos čvrstoće i težine, izlazi da ne samo ispitani lišćari već i četinari imaju ove konstante po veličini znatno iznad prosečnog kriterija. Srazmerno mala težina ispitanih četinara ispoljava se, sa ovog gledišta, kao vrlo povoljan kvalitetni faktor. Mi smo u narednoj tablici uporedili naše zapreminske težine, ali u potpuno suvom stanju (γ_0), sa onim koje navode Campredon i Kollmann, a isto tako smo uporedili naše konstante kvaliteta ($\frac{\beta_{12}}{\gamma_0}$), sa analognim koji slede iz podataka ova dva autora.

	Zapreminska težina (γ_0)			Konstanta kvaliteta $\frac{12\ \beta\ p}{\gamma\ o}$		
	Campredon	Kollmann	naš podatak	Campredon	Kollmann	naš podatak
Jelovina	0,35—0,44	0,41	0,355	8,6—10,0	10,4	11,3
Smrekovina	0,35—0,44	0,43	0,368	8,6—10,0	10,6	12,9
Borovina	0,44—0,52	0,49	0,500	9,0— 9,6	10,5	10,0
Jasenovina	0,56—0,69	0,65	0,708	9,0—10,0	9,4	11,2
Bukovina	0,56—0,69	0,68	0,720	9,0—10,0	8,6	11,5

4) Naše ispitano drvo je u pritisnutom stanju, znatno osetljivo na vlagu. Ta osetljivost izražena u odnosu standardne čvrstoće na pritisak i one u zasićenom stanju kreće se od 2,20 (jelovina) do 3,16 (bukovina), a prosečno iznosi 2,76. Nasuprot tome prosek koji dolazi do izražaja u Kollmannovim tabelama iznosi 2,08, a kreće se od 1,79 (za jasenovinu) do 2,20 borovinu).

U tom pogledu mnogo su bolji odnosi pri savijanju gde smo izuzimajući jasenovinu iznad proseka.

5) Praktički često uočena činjenica da kriterij u pogledu mehaničke otpornosti drveta nije uvek u saglasnosti sa šumarskim kriterijem nameće preporuku da se, kod drveta za tehničke potrebe, pored ostalih faktora uzme u obzir i prosečna statička otpornost drveta na pritisak.

6) Utvrđivanje standardne statičke čvrstoće na pritisak moglo bi se za orijentacione potrebe vršiti na osnovu povezanosti ove otpornosti i zapreminske težine drveta u apsolutno suvom stanju, koristeći se, naprimer, obrascem

$$12\ \beta p = 1140\ \gamma o.$$

Iznalaženje ove zapreminske težine može se i na terenu vršiti vrlo jednostavnim sredstvima i postupcima.

7) Na osnovu ponašanja ispitanog materijala prilikom naprezanja, došli smo do niže navedenih zaključaka u pogledu pojedinih ispitanih vrsta drveta. *Načelno,* prilikom opterećenja na pritisak paralelno vlaknima, sve vrste drveta vladaju se dosledno po Hookeovom zakonu u toku gotovo celog naprezanja, do blizu samog sloma. Do izvesne mere ovo važi i za opterećenja pod uglom, sve do uprav-

nog dejstva sile, sem za vlažno drvo. Odnos između standardne čvrstoće paralelno i upravno na vlakna, mada znatan (od 4,5 kod bukovine, do 7,5 kod smrekovine), ipak je manji od prosečnih stranih podataka (5,8 do 8,6).

Jelovina. Drvo je lakše od stranih prosečnih podataka. Srazmerno najmanje osetljivo na vlagu. Otpornost na savijanje je relativno bolje nego na pritisak. Znatno osetljiva pri opterećenju pod uglom. U suvom stanju deformisanje pravilno pri opterećenju pod ma kojim uglom. U vlažnom stanju je deformisanje pri naprezanju paralelno vlaknima tek neznatno veće od onog u suvom stanju, dok je pri naprezanju pod većim uglom ovo jako naglašeno. Prilikom savijanja u vlažnom stanju drvo podnosi daleko veće deformacije (strelicu progiba) nego u suvom.

Smrekovina. Znatno više osetljiva na vlagu od jelovine, dok je ostalo vladanje materijala približno u skladu sa navodima iznetim za jelovinu, s tim da je deformisanje nešto izrazitije pri naprezanju u vlažnom stanju, pa i paralelno sa vlaknima.

Borovina. U vlažnom stanju manje osetljiva na savijanje nego na pritisak. Ima srazmerno najslabije podatke o statičkoj otpornosti, kako na pritisak tako i na savijanje u suvom stanju, a relativno dobru čvrstoću pri savijanju u vlažnom stanju. Ponaša se vrlo dobro pri naprezanju pod uglom sa pravcem vlakana. Deformisanje pre sloma je veće nego kod jelovine i smrekovine, naročito pri savijanju. Potonje osobine čine ovaj materijal naročito podesnim za jamsko i t.sl. drvo.

Jasenovina. Teža od stranih prosečnih podataka. Čvrstoća na pritisak vrlo znatna, ali samo u suvom stanju. Pri dejstvu sile pod uglom čvrstoća znatnije opada, nego kod bukovine. Čvrstoća na savijanje, koja je u suvom stanju vrlo velika, snizuje se i ovde vrlo mnogo, zahvaljujući znatnoj osetljivosti na vlagu, ali je ipak iznad stranih proseka. Osetljivost pri naprezanju pod uglom je manja nego kod smrekovine i jelovine, ali veća nego kod borovine i bukovine. U suvom stanju vrši se deformisanje pri dejstvu sile do $\sphericalangle$ 45°, primerno po Hooke-ovom zakonu, gotovo sve do vrlo naglog i krtog sloma.

Bukovina. Po težini znatno prevazilazi prosek, a isto tako i u pogledu čvrstoće na pritisak i savijanje u suvom stanju. U najvećoj je meri osetljiva na vlagu pri opterećenju na pritisak, dok je, nasuprot tome, najmanje osetljiva pri savijanju u vlažnom stanju. U apsolutno suvom stanju gotovo neupotrebljiva zbog krtog lomljenja i raspadanja. Ima relativno najveću čvrstoću upravno na vlakna, ali već u nižim fazama opterećenja vrlo jako naginje prskanju. Pri savijanju u vlažnom stanju je deformisanje relativno malo, što ovaj materijal čini manje podesnim za izvesne konstruktivne potrebe.

8) Vrednosti koje smo ovde postavili kao rezultate ispitivanja na pritisak upravno na vlakna proizilaze na osnovu ispitivanja pri dejstvu sile pod različnim uglovima i povezivanju ovih rezultata. Ispitivanja na pritisak upravno na vlakna, sama po sebi, ne daju ubedljiv rezultat.

9) Preporučujemo da se pri ocenjivanju savitljivosti drveta uzme u obzir deformacioni rad u vlažnom stanju i uticaj vlažnosti na savitljivost, prema našem obrascu (11):

$$R = \int_0^{fa} P\,df + (f\,max - f\,a)\,P\,max$$

II) Odnosi statičko-konstruktivne prirode

10) Rezultati ovog ispitivanja i ovde signaliziraju činjenicu koja je praktički uočena već ranije, na terenu, a koju širim ispitivačkim radom treba rasvetliti da su odredbe o dopuštenim naponima drveta naših Privr. tehničkih propisa za drvene konstrukcije (od 21 juna 1949 g.) verovatno u znatnoj protivrečnosti sa stvarnim kvalitetnim osobinama našeg drveta. Naši propisi poznaju dvega dve osnovne kategorije konstruktivong drveta: četinare i hrastovinu, bukovinu. S obzirom na činjenicu, potvrđenu i ovim ispitivanjem, da borovina u odnosu na ostala 2 četinara ima za oko 25% veću čvrstoću na pritisak i za oko 18% veću čvrstoću na savijanje, smatramo da bi, u analognim propisima, trebalo provesti podelu po sledećem:

a) jelovina i smrekovina

b) borovina

c)hrastovina, bukovina i njima slični lišćari.

Ostali četinari trebalo bi da uđu u grupu a), ukoliko se efektivnim ispitivanjem ne bi utvrdio viši kvalitet, dok bi lišćari ušli u grupu c) ako zadovolje na osnovu ispitivanja.

11) U pogledu čvrstoće na pritisak proizilazilo bi, prema rezultatima ispitivanja, da se pri standadnoj vlažnosti, materijali gornje tri grupe odnose kao 406,2 : 503,3 : 812,5 kg/cm^2, tj. približno kao 1 : 1, 25 : 2. Kad se uzmu u obzir dopušteni naponi samo za materijal I klase (kod ostalih klasa odnosi su još nepovoljniji), izlazi prema propisima da se dopušteni naponi kreću u odnosima 1 : 1 : 1,2. Ovo bi značilo očigledno unazađivanje našeg tvrdog drveta u punoj suprotnosti sa njegovim stvarnim osobinama. Ovakvi neracionalni odnosi, dobrim delom postoje i u internacionalnoj srazmeri i bilo bi od velike praktične prednosti da se ceo ovaj kompleks pitanja eksperimentalno rasmotri.

12) Slično je stanje i u pogledu dopuštenih napona na savijanje. Dok se čvrstoća materijala na savijanje za pojedine između navedene 3 grupe ispitanog materijala odnose kao 763,3 : 895,0 : 1393,3 kg/cm^2, odnosno približno kao 1 : 1,18 : 1,83, dopušteni naponi na savijanje kreću se u relacijama (opet samo za I klasu) 1 : 1 : 1,22. Dakle, ista, neracionalna situacija kao kod pritiska, što nameće i iste zaključke kao ranije.

13) Komentarišući švajcarske propise za drvene konstrukcije Roš[10]) daje sledeće podatke o prosečnim koeficijentima sigurnosti:

[10]) Roš: Qualité des matériaux, Paris 1948.

za konstrukcije visokih građevina sa mirnim opterećenjem, pomoćne mostove i skele

na pritisak	$\geqq$ 3,3
na savijanje	$\geqq$ 4

za mostove, nepokrivene konstrukcije visokih građevina i one sa dinamičkim opterećenjem:

na pritisak	$\geqq$ 3,75
na savijanje	$\geqq$ 4,75

Kad se uzmu u obzir naši rezultati ispitivanja, izlazi da bi u slučaju primene ispitanog drveta, koeficijenti sigurnosti kod prvoklasnog materijala bili kod nas sledeći:

kod jelovine i smrekovine,

na pritisak	$\geqq$ 4,6
na savijanje	$\geqq$ 6,6

kod borovine:

na pritisak	$\geqq$ 5,0
na savijanje	$\geqq$ 7,75

kod jasenovine i bukovine

na pritisak	$\geqq$ 6,75
na savijanje	$\geqq$ 9,25

Pored ovog, propisi predviđaju smanjivanje dopuštenih napona (dakle povećanje koeficijenta sigurnosti) za 25% kod spoljnih konstrukcija nezaštićenih od kiše i vlage, i za 35% kod unutarnjih konstrukcija pri trajnoj, punoj relativnoj vlažnosti.

Smatramo da su, i pored zaostalijih građevinskih metoda, ovoliki koeficijenti sigurnosti za prvoklasni materijal kod nas neopravdani i da ceo ovaj problem zaslužuje svestrano razmatranje. Ovo tim pre što i inostranim korisnicima našeg drvenog materijala naši propisi služe kao orijentacija u pitanjima kvalitetnih konstanti.

14) Dopušteni naponi na pritisak upravno na vlakna uzeti su u našim propisima možda kao nešto viši u odnosu na odgovarajuće napone pri opterećenju na pritisak paralelno vlaknima. Za drvo grupa a), b) i c) kreću se ovi naponi u veličini od 20% : 20% : 25%, dok se ovde konstatovani naponi stvarno kreću približno u veličini od 15% : 20% : 20%. Ali, s obzirom da se pri određivanju ovih napona normalno uzima manji koeficijenat sigurnosti (prema Rošu 2—2,5), biće verovatno potrebno da se i ovo pitanje reši na drugom osnovu.

15) Obrazac 4117 naših propisa o dopuštenim naponima na pritisak koso na pravac vlakana apsolutno ne odgovara za opterećenje pod uglom od oko 30°, a i za veće uglove važi samo donekle. Stvarno napon u drvetu daleko više opada pri manjim uglovima nego što to sledi iz obrasca.

16) S obzirom na činjenicu da su naše, a možda i neke strane odredbe statičkog karaktera donete bez stvarnog poznavanja vladanja i statičke otpornosti odgovarajućeg drvenog materijala, trebalo bi preporučiti, ne samo kod nas, da se pitanje dopuštenih napona u drvenim konstrukcijama veže za dokazivanje standardne čvrstoće

upotrebljenog materijala, na način koji je u davnašnjoj praksi kod drugih građevinskih materijala (prirodnog i veštačkog kamena, metala i dr.).

17) Ako bi se utvrdila činjenica da su naši četinari jako osetljivi na vlagu, trebalo bi izvući potrebne zaključke u vezi sa zaštićivanjem konstruktivne prirode.

Analogne zaključke, imajući u vidu postignute rezultate, trebalo bi donositi u vezi sa projektovanjem i izvođenjem konstrukcija kod kojih sila dejstvuje pod uglom na pravac vlakana. S druge strane, pri dejstvu paralelno vlaknima, treba sprečavati ugrađivanje elemenata kod kojih ne postoje uslovi za bezbedno prenošenje sila u pravcu i u duhu statičkih pretpostavki.

18) Tok i rezultati ovog ispitivanja pokazali su uglavnom, dobru primenjivost naše metodike [1]) kad se iskoriste pritom pozitivna i negativna iskustva stečena u toku rada, i nadopune koje su ovde iznete.

Uopštavajući ovakva ispitivanja u masovnoj razmeri i proširujući ih i na druge osobine drveta i na drvo drugih karakteristika, moći će se postepeno doći do saznanja koja čine stvarni osnov poznavanja kvalitetnih osobina našeg tehničkog drveta, a time i do određenijeg i racionalnijeg tretiranja ovog materijala u masovnoj građevinskoj proizvodnji, a i u spoljnoj trgovini tehničkim drvetom.

* * *

Ovaj rad bio je omogućen zahvaljujući staranju profesora Poljoprivredno-šumarskog fakulteta ing. Branislava Begovića u vezi sa nabavkom i botaničkom identifikacijom reprezentativnog drvenog materijala. U toku najvećeg dela ispitivanja materijala pomagala mi je moj asistent ing. arh. Olga Čeleketić. Izradu ispitivačkih ugleda vršio je stolarski majstor Zavoda za ispitivanje materijala i konstrukcija Tehničkog fakulteta Hazim Tafro. Na izradi nacrta i proračunavanju ispitivačkih rezultata sarađivala je stud. arhit. Zlatiborka Radović. Pri merenju ugleda učestvovale su sem navedenih, i asistent Stojanka Stojadinović i tehn. Zora Pjanić. Fotografije je izradio fotograf Tehničkog fakulteta Slobodan Krstanović.

ANU BiH АНУ БиХ

J. HAHAMOVIĆ. CONTRIBUTION AUX RECHERCHES DE LA RÉSISTANCE DE NOTRE BOIS TECHNIQUE

Résumé

Dans le but de vérifier notre propre méthodique publiée au printemps 1953 à Sarajevo (plus tard aussi à Belgrade) de plus amples études des bois bosniaques (bois de sapin, d'épicéa de pin, de hêtre et de frène) ont été publiées par l'Institut des Recherches des Matériaux et Constructions de la Faculté Technique de Sarajevo, qui n'ont pas seulement établi, en principe, une bonne application de la méthodique, mais nous a aussi fourni beaucoup de nouvelles connaissances du comportement et des valeurs de notre bois technique. Par des tableaux synoptiques, des diagrammes et des descriptions sont présentés non seulement les résultats des recherches de la résistance mécanique (solidité à la pression parallèle et verticale sur les fibres et sous angles de 30^0, 45^0 et 60^0, résistance à la flexion et poids volumétriques) à différents pourcentages d'humidité, mais aussi le cours de la déformation des matériaux dans les phases de sa tension statique, jusqu'à la rupture. Sont exposés des observations et conclusions sur la correlation entre les différentes propriétés mécaniques et physiques, ainsi que sur d'autres phénomènes qui ont été observés, avec certaines formules mathématiques qui en donnent l'explication. Dans les conclusions concernant les résultats des recherches, une rétrospection critique quant à la qualité du bois examiné selon le module international est émise, ainsi que quant aux dispositions statiques-constructives de nos prescriptions techniques, qui ne sont, à certains points de vue, pas en concordance avec les réelles caractéristiques techniques des matériaux.

ANU BiH АНУ БиХ