

BILTEN



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA
2018.

BIJLEN - Zavoda za istraživanja u drvnoj industriji

God. 7

Zagreb 1979

Broj 4

S a d r ž a j

	str.
Vladimir Bruči i Salah Eldien Omer Neki novi postupci za ispiti- vanje iverica	1
Stanislav Bađun i Boris Ljuljka Znanstveno-istraživački rad na području nauke o drvu i drvno- tehnološke znanosti za razdob- lje 1976 - 1980. godine ,.....	29
Stanislav Bađun Energija odrvenjene biomase iz šumske proizvodnje	40

R e d a k t o r i :

Prof. dr Stanislav Bađun

Prof.dr mr Boris Ljuljka

Doc. dr mr Mladen Figurić

Dipl. ing. Vladimir Herak

Tehnički urednik :

Zlatko Bihar

Vladimir Bruči *
 Salah Eldien Omer

NEKI NOVI POSTUPCI ZA
 ISPITIVANJE IVERICA^{***}

S a ž e t a k

U ovom radu prikazani su neki načini za brzo ispitivanje čvrstoće na vlak okomito na površinu iverica /čvrstoća raslojavanja/. Opisani načini ispitivanja mogu biti interesantni za pogonsku kontrolu u tvornicama iverica i za potrošače iverica. Oni daju pouzdane rezultate u vrlo kratkom vremenu i vrlo su jednostavni za provedbu. Osim toga, omogućuju na indirektan način, vrlo jednostavnim postupcima, procjenjivanje profila gustoće u smjeru debljine iverica.

Za širu upotrebu u pogonskoj kontroli trebali bi utvrditi kako na rezultate ispitivanja utječe činjenica, da se ona vrše odmah /nekoliko sati/ poslije prešanja, dakle, bez kondicioniranja.

* Doc. dr mr V. Bruči, dipl. ing., Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Mr Salah, E.O., dipl. ing., Institut za drvo Zagreb.

*** Istraživanja izvršena u okviru teme "Istraživanja na području tehnologije furnira i ploča", koju financira SIZ-IV SRH, Zagreb, Poslovna zajednica šumarstva, prerade drva, prometa drvnim proizvodima i papirom, Zagreb, i teme "Primerjalna analiza JUS standardov za lesne plošče in njihovo posodabljanje", koju financira Raziskovalna skupnost Slovenije, Ljubljana.

1.0 U V O D

Čvrstoća raslojavanja iverica vrlo često se koristi kao važan pokazatelj njihove kvalitete u pogonskoj kontroli i upotrebi. To se svojstvo ispituje prema ASTM D1037^{*}, na uzorcima dimenzija 50 x 50 mm², koji se lijepe između metalnih blokova jednakih dimenzija. Za primjenu u industriji postoje dva velika nedostatka ove metode: /a/ potrebno je mnogo vremena za pripremu uzoraka za ispitivanje; /b/ potrebni su posebni uređaji za ispitivanje. Osim toga, S o p e r i H a n n /14/ su utvrdili da kod lijepljenja uzoraka za ispitivanje na metalne blokove, vrsta ljepila, način pripreme ljepila, stanje površina uzoraka za ispitivanje i metalnih blokova mogu značajno utjecati na rezultate ispitivanja.

S h e n i C a r r o l l /12/ na osnovi iskustva zaključuju da klasična metoda ne zadovoljava u potpunosti i nije rentabilna za pogonsku kontrolu kvalitete. Brzo određivanje kvalitete jest neophodno važno za potrošače /npr. za male proizvođače namještaja/, ali ne s relativno skupim strojevima za ispitivanje.

U literaturi možemo naći nekoliko metoda za brže određivanje čvrstoće na vlak okomito na površinu iverice. Japanski industrijski standard JIS - 5908 /18/ razvio je metodu ispitivanja iverica na vlak raslojavanjem. Istu metodu predložio je L e h m a n /7/, kao jednostavniji način za određivanje čvrstoće raslojavanja.

Y a m a g i s h i i d r. /17/, nakon što su utvrdili jaku stohastičku ovisnost između čvrstoće raslojavanja i čvrstoće na cijepanje iverica, predložili su modificirani Northcott-ov test za procjenjivanje čvrstoće raslojavanja. Kasnije je S h e n /11/ odredio stohastičnu ovisnost između čvrstoće na smicanje kompresijom umjesto klasične metode. Sve te metode imaju jedan zajednički cilj, a taj je eliminiranje lijepljenja uzoraka za ispitivanje na metalne obloge. Ipak sve te metode zahtijevaju posebne strojeve za ispitivanje.

* Prema JUS-u D.A1.106 ili DIN-u 52365

Od metode za ispitivanje, koja zadovoljava provjeravanje kvalitete, traži se da je brza, lako izvediva, jednostavna i jeftina. Ispitivanja izvršena u Ottawi /12/ pokazala su da ispitivanje na smicanje torzijom uz upotrebu moment ključa obećava najviše s obzirom na gornje zahtjeve, naročito jer nije potreban skupi stroj za ispitivanje.

Shen i Carroll /12/ poduzeli su istraživanja, da bi ustanovili stohastičku ovisnost između čvrstoće raslojavanja i čvrstoće na smicanje uslijed torzije i razvili jednostavnu metodu procjenjivanja čvrstoće raslojavanja na osnovi rezultata dobivenih ispitivanjem smicanja uslijed torzije.

Općenito torzija /sukanje ili zakretanje/ osim naprezanja savijanja i sukanja, stvara i naprezanje smicanja. Kada se zakreće okrugli štap od izotropnog materijala, naprezanja na smicanje koja se razvijaju na poprečnom presjeku direktno su proporcionalna udaljenosti od osi štapa i postižu najveću vrijednost na periferiji štapa /presjeku/. Problem zakretanja štapa kvadratnog ili pravokutnog presjeka mnogo je kompliciraniji zbog iskrivljenja /deplanacije/ poprečnog presjeka za vrijeme sukanja.

Nakon istraživanja tog problema St. Venant /16/ je zaključio, da se maksimalno naprezanje na smicanje, koje se javlja na poprečnom presjeku kvadratnog štapa koji se zakreće /suče/, može izračunati prema izrazu:

$$S = \frac{12t}{0,208 b^3}$$

gdje je: S - maksimalno naprezanje smicanja /psi/,
 t - moment zakretanja /ft.-lb./,
 0,208 - koeficijent za kvadratni presjek,
 12 - faktor za pretvorbu ft.-lb. u in.-lb.
 ili za SI jedinice mjera

$$\tau_{\max} = \frac{Mt}{d \cdot b^2 \cdot h} = \frac{Mt}{0,208 \cdot b^3} \quad /kp/cm^2/$$

zaključov prethodna istraživanja...

Ova formula vrijedi u elastičnom području, ali se upotrebljava i preko granice elastičnosti sve do loma /16/. U tom slučaju, čvrstoća smicanja izračunata pomoću maksimalnog momenta dobivenog ispitivanjem uzorka na sukanje do loma, može se nazvati modul loma kod torzije. Taj modul daje dobru mjeru relativne čvrstoće uzorka za ispitivanje kod različitih materijala i dimenzija. U pravilno izrađenoj iverici srednji sloj ploče obično je najslabiji s obzirom na čvrstoću raslojavanja. Iskustva pri ispitivanju s uzorcima $50 \times 50 \text{ mm}^2$ potvrđuju, da lom kod ispitivanja čvrstoće na savijanje klasičnom metodom, nastaje uvijek ili gotovo uvijek u ili blizu srednjeg sloja uzorka za ispitivanje. Ta karakteristika iverica dala je osnovu da se ispitivanje čvrstoće na smicanje usredotoči na srednji sloj, da bi se dobili rezultati koji se mogu uspoređivati s onim dobivenim ispitivanjem klasičnom metodom. To može biti i izvor grešaka, ako srednji sloj nije najslabiji.

2.0 ČVRSTOĆA RASLOJAVANJA I ČVRSTOĆA SMICANJA KOD TORZIJE IVERICA

Eksperimentalni rad bio je usmjeren na dobivanje stohastičke ovisnosti između čvrstoće raslojavanja i čvrstoće na smicanje uslijed torzije u srednjem sloju na velikom broju uzoraka /12/. Od 7 tvornica ploča iverica u Kanadi dobiveno je 53 ploča raznih tipova i konstrukcija. Ploče su imale debljinu od 4,76 do 28,57 mm, gustoću* od 0,450 do 0,683 g/cm³. Uz to, ispitivanju je podvrgnuto još 11 ploča nepoznatog porijekla.

Uzorci dimenzija od 25×25 do $50 \times 50 \text{ mm}^2$ izrađeni su na kružnoj pili s točnošću od 0,076 mm. Nakon izrade svi uzorci su kondicionirani kod temperature 21°C i 65% relativne vlage zraka. Za neka ispitivanja uzorci su bili lijepljeni termoplastičnim ljepilom. Mala količina tog ljepila prvo se otopila na zagrijanoj metalnoj ploči na oko 150°C,

* - u ovom se radu pod gustoćom podrazumijeva volumna /obujamska/ masa.

zatim su dva uzorka za ispitivanje uronjena u rastaljeno ljepilo. Uzorci su odmah zatim dignuti s vruće ploče i rukom pritisnuti međusobno, dok ljepilo nije vezalo. Tako dobiveni uzorak kondicioniran je prije ispitivanja.

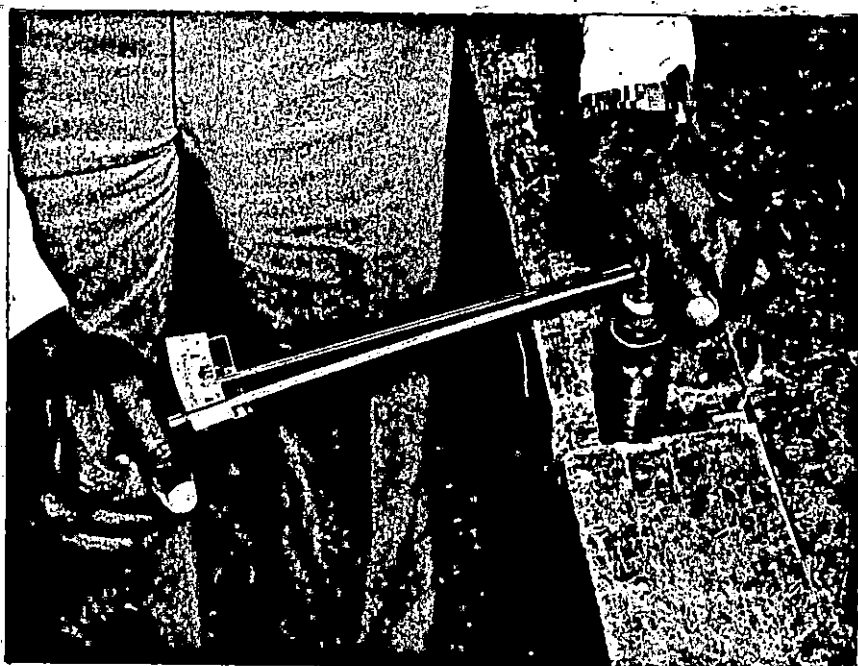
Za ispitivanje čvrstoće raslojavanja uzorak dimenzija $50 \times 50 \text{ mm}^2$ zalijepljen je između dva aluminijska bloka i kondicioniran prije ispitivanja. Ispitivanje je izvršeno na univerzalnom stroju za ispitivanje prema ASTM D 1037 - 64. Izračunata je srednja vrijednost čvrstoće raslojavanja dobivena ispitivanjem 10 uzoraka iz svake ploče.

2.1. POSTUPAK ISPITIVANJA TORZIJOM NA SMICANJE

Budući da veličina momenta kod kojeg nastaje lom varira u širokim granicama /faktor 64/, za uzorke od veličine $25 \times 25 \text{ mm}^2$ do $50 \times 50 \text{ mm}^2$ potrebno je koristiti tri moment ključa. Za uzorke $50 \times 50 \text{ mm}^2$ korišćen je moment ključ sa skalom do 150 ft.-lb. /20,7 kpm/. Za uzorke $25 \times 25 \text{ mm}^2$ korišćen je moment ključ sa skalom od 12 ft.-lb. /1,656 kpm/. Uzorci veličine 13×13 i $19 \times 19 \text{ mm}^2$ zahtijevali su moment ključeve s manjom skalom od 75 in.-lb. /0,862 kpm/. To su bili standardni moment ključevi. Uzorak za ispitivanje bio je namješten u čašicu do polovine svoje dubine pomoću vijka kojim se regulira dubina ili umetanjem pločica u čašicu /sl. 1/. Donja čašica bila je učvršćena u stegač tako, da se nije mogla okretati za vrijeme ispitivanja. Gornja čašica s moment ključem bila je stavljena na gornju polovicu uzorka za ispitivanje. Gornja i donja čašica spoje se kao par i kreću se u suprotnim smjerovima za vrijeme ispitivanja. Normalno, potrebno je lagano pritiskivati gornju čašicu za vrijeme ispitivanja, jer ona ima tendenciju da se izdiže. To se može postići držanjem ruke na vrhu moment ključa, dok se drugom rukom lagano ravnomjerno okreće brzinom od cca 8 s za jedno ispitivanje. Maksimalni moment u ft.-lb. /kpm/ očitavan je na moment ključu u času loma /sl.2/. Ovisnost vrijednosti maksimalnog momenta kod kojeg je nastupio lom i brzine djelovanja sile nije eksperimentalno ispitano /12/.



Slika 1. - Dinamometar sa skalom 0 - 2 kpm /0.15 ft.-lb./. Donja čašica s vijkom za podešavanje dubine umetanja uzorka /desno/ i gornja čašica /lijevo/ na koju se stavlja dinamometar. Uzorci za ispitivanje 25,4 x 25,4 mm² nakon ispitivanja /gornji red/ i prije ispitivanja /donji red/.



Slika 2. - Položaj dinamometra i čašica za vrijeme ispitivanja.

Ispitivanja su vršena prema slijedećoj shemi /12/:

Način ispitivanja	Dimenzije uzoraka mm	Broj ispitanih ploča kom	Debljina ploča mm	Broj uzoraka po ploči kom	Ukupan broj uzoraka kom
ASTM - čvrstoća raslojavanja	50 x 50	53	4,8-28,6	10	530
Čvrstoća smicanja kod torzije *	50 x 50	53	4,8-28,6	10	530
- " -	25 x 25	53	4,8-28,6	10	530
- " -	19 x 19	11	4,8-19,0	10	110
- " -	13 x 13	11	4,8-19,0	10	110

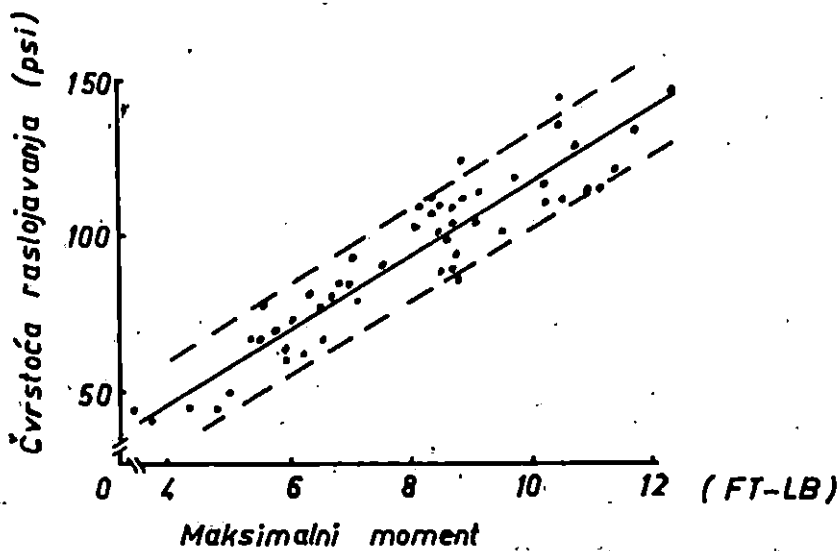
* ispitivanja u srednjem sloju

Poteškoće opisane metode ispoljile su se kada je primjećeno, da kod tanjih uzoraka češće dolazi do neuspjeha zbog destrukcije rubova prije nego dođe do loma zbog smicanja. Što je veća površina uzorka, to se veća sila mora prenositi preko rubova uzorka. Iz tih razloga ne može se vršiti ispitivanje tom metodom na uzorcima $50 \times 50 \text{ mm}^2$, ako im je debljina 13,0 mm ili manja. Na uzorcima $25 \times 25 \text{ mm}^2$ /opterećenje kod loma iznosi samo oko 1/8 vrijednosti od one za uzorak $50 \times 50 \text{ mm}^2$ / ne uspijeva ispitivanje zbog gnječenja kod uzoraka debljine 6,4 mm i tanjih. Na uzorcima $19 \times 19 \text{ mm}^2$ pojavile su se greške zbog gnječenja kod debljine uzoraka 5,56 i 4,76 mm. Kod uzoraka $13 \times 13 \text{ mm}^2$ gnječenje rubova nije se pojavljivalo. Kod uzoraka kod kojih je pretežno dolazilo do gnječenja rubova, ispitivanja smicanja kod torzije vršena su na uzorcima koji su dobiveni lijepljenjem po tri uzorka termoplastičnim ljepilom zajedno. Ispitivanje smicanja torzijom vršeno je zatim u srednjem sloju srednjeg uzorka.

Na tendenciju gnječenja rubova utječe odnos između širine i debljine uzorka, čvrstoća na smicanje srednjeg sloja i čvrstoća vanjskih slojeva iverice. Utvrđeno je, da ploče koje imaju homogenu strukturu, relativno veliku čvrstoću raslojavanja i malu gustoću, više naginju gnječenju rubova, nego ploče koje imaju izrazite troslajne karakteristike.



Slika 3. - Odnos između čvrstoće raslojavanja i momenta zakretanja u času destrukcije smicanjem za uzorke $50 \times 50 \text{ mm}^2$ /12/.



Slika 4. - Odnos između čvrstoće raslojavanja i momenta zakretanja u času destrukcije smicanjem za uzorke $25,4 \times 25,4 \text{ mm}^2$ /12/.

Uzorci $25 \times 25 \text{ mm}^2$ koji su zahtijevali međusobno slijepljivanje triju tanjih uzoraka imali su homogenu strukturu.

Upotreba uzoraka $13 \times 13 \text{ mm}^2$ omogućuje ispitivanje ploča do debljine 4,76 mm bez lijepljenja po tri uzorka zajedno, no treba računati s drugim poteškoćama. Naime, teško je izvesti ispitivanje na smicanje torzijom pomoću moment ključa ručnim zakretanjem, jer je vrijednost momenta, kod kojeg nastaje lom, reda veličine 1 ft.-lb /0,138 kpm/. Praktički je teško postići tako malo opterećenje s potrebnom konstantnom brzinom djelovanja sile.

2.2 ODNOS IZMEĐU ČVRSTOĆE RASLOJAVANJA I MAKSIMALNOG MOMENTA KOD KOJEG JE NASTAO LOM

Prema istraživanjima Shema i Carrola /12/ na slikama 3 i 4 prikazan je odnos između razmatranih metoda ispitivanja na uzorku od 53 ploče iverice. Slika 3 pokazuje odnos između čvrstoće raslojavanja i maksimalnog momenta za zorke $50 \times 50 \text{ mm}^2$, a slika 4 odnos za uzorke $25 \times 25 \text{ mm}^2$. Budući da je čvrstoća smicanja kod torzije izravno proporcionalna veličini momenta loma /moment koji je uzrokovao lom/ kod svih veličina uzoraka za ispitivanje, jednostavnije je ustanoviti stohastičku ovisnost između raslojavanja i momenta loma, nego da se iz vrijednosti momenta loma izračunava čvrstoća na smicanje.

Navedene slike jasno pokazuju, da postoji čvrsta stohastička ovisnost između čvrstoće raslojavanja i čvrstoće smicanja uslijed torzije. Koeficijent korelacije za uzorke 25×25 i $50 \times 50 \text{ mm}^2$ iznosi 0,94, odnosno 0,93.

Jednadžbe regresije /12/ prema linearnom modelu $Y = a + mX$, kod ispitivanja na smicanje torzijom uzoraka $25,0 \times 25,0$ i $50,0 \times 50,0 \text{ mm}^2$ jesu:

$$\text{čvrstoća raslojavanja} = 0,5 + 11,3 t \quad /1/$$

$$\text{čvrstoća raslojavanja} = 0,8 + 1,5 t \quad /2/$$

gdje je: t maksimalni moment zakretanja u ft.-lb.

Treba primijetiti, da pravac prolazi gotovo kroz ishodište. Zbog toga se odnos može prikazati jednadžbom oblika $Y = mX$:

$$\begin{aligned} \text{čvrstoća raslojavanja} &= 11,3 \text{ t} & /1-1/, \\ \text{čvrstoća raslojavanja} &= 1,5 \text{ t} & /2-1/, \end{aligned}$$

pa je vrijednost čvrstoće raslojavanja numerički oko 1,5 puta veća od vrijednosti momenta loma za uzorke $50 \times 50 \text{ mm}^2$ i oko 11 puta veća od vrijednosti momenta loma za uzorke $25 \times 25 \text{ mm}^2$. Nije ispitan odnos između čvrstoće raslojavanja i čvrstoće na smicanje kod torzije za uzorke $13 \times 13 \text{ mm}^2$ i $19 \times 19 \text{ mm}^2$ za sve 53 ploče. Umjesto toga odabrano je 11 ploča koje su imale čvrstoću raslojavanja u rasponu od 0,27 do 0,965 MPa /2,7-9,65 kp/cm²/, a uključeno je i sedam tankih ploča debljine 6,35 mm i tanjih. Rezultati ispitivanja uzoraka $13 \times 13 \text{ mm}^2$ i $19 \times 19 \text{ mm}^2$, izrađenih iz 11 odabranih ploča, skupno su prikazani u tablici 1. Odnos između čvrstoće raslojavanja i čvrstoće smicanja kod torzije za te uzorke gotovo je jednak onom određenom između čvrstoće raslojavanja i čvrstoće na smicanje torzijom na uzorcima 25×25 i $50 \times 50 \text{ mm}^2$. Koeficijent korelacije za podatke dane u tablici 1 je 0,97, odnosno 0,96. Apsolutna vrijednost čvrstoće raslojavanja /u psi/ numerički iznosi 7,6 odnosno 2,3 puta moment loma /in.-lb./ za uzorke od $13 \times 13 \text{ mm}^2$, odnosno $19 \times 19 \text{ mm}^2$.

Veličina uzoraka dozvoljava upotrebu St. Venantove formule u području momenta sve do loma. Iz navedene St. Venantove formule dobijemo:

$$\sqrt[3]{t} = b \sqrt[3]{\frac{0,208 S}{12}}$$

Ova formula pretpostavlja linearni odnos /pravac prolazi kroz ishodište/ između veličine uzoraka /b/ i trećeg korijena momenta loma. Slika 5. prikazuje taj odnos za četiri veličine uzoraka na kojoj su vrijednosti momenta loma uzete iz tablice 1. Taj linearni odnos potvrđuje upotrebljivost St. Venantove formule za ova ispitivanja do granice loma, a pokazuje da i sva tri moment ključa daju dosljedne rezultate.

Gnječenje koje nastaje na uzorcima $13 \times 13 \text{ mm}^2$ ne mijenja smisao rezultata ispitivanja i ne utječe na manju točnost u rezultatima, ako se koriste uzorci za ispitivanja na smicanje torzijom manji od $50 \times 50 \text{ mm}^2$ /kakvi se obično koriste kod ispitivanja čvrstoće raslojavanja klasičnom metodom/.

Tablica 1 Pregled maksimalnih vrijednosti momenta loma za 4 različite veličine uzorka. Usporedba između momenta loma i čvrstoće raslojavanja za 11 ploča. Shen, K.C. i Carroll, M.N. /12/

Debljina ploče /in/	Čvrstoća raslojavanja /psi/ *	Moment za veličine uzoraka /ft.-lb./*			
		50x50 mm ²	25x25 mm ²	19x19 mm ²	13x13 mm ²
1/2	38,6	28,2	3,7	1,7	0,4
1/4	43,8	43,0*	4,4	1,8	0,4
3/4	48,2	37,0	5,0	1,9	0,5
1/4	78,5	48,0*	6,8	2,6	0,8
1/4	101,0	64,0*	8,1*	3,7	1,3
3/4	108,0	68,4	8,4	3,4	1,3
7/32	122,0	87,0*	11,0*	4,9*	1,5
3/16	127,0	81,0*	10,8*	4,8*	1,5
1/4	130,0	87,5	11,8	5,4	1,6
1/2	141,0	77,6*	10,5	4,4	1,5
1/4	142,0	88,0*	12,8	4,9	1,7
prosjek	98,3	64,5	8,5	3,6	1,1

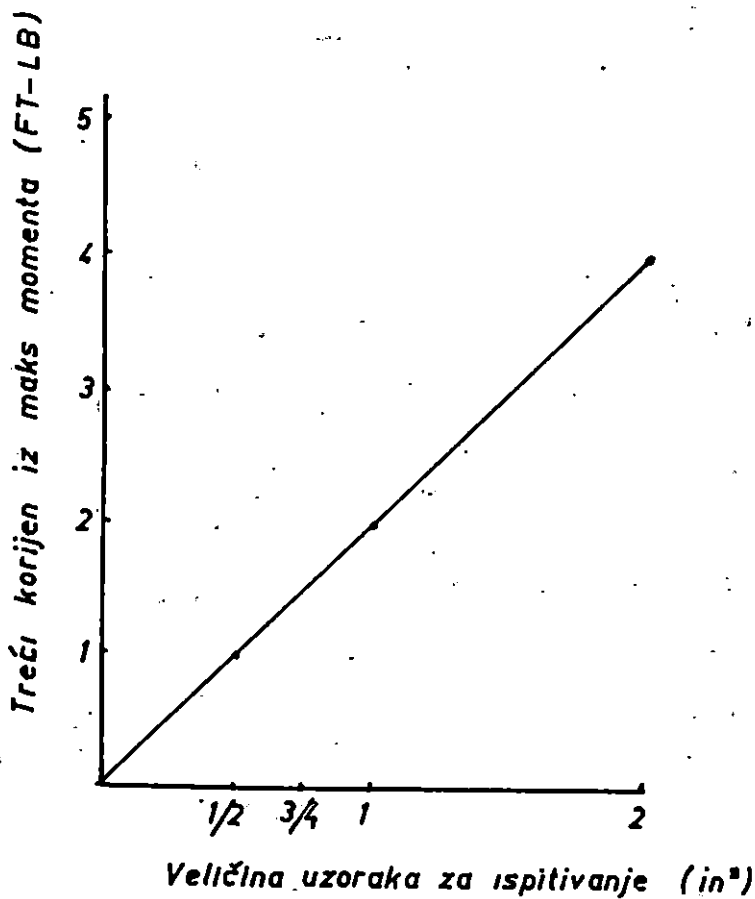
Vrijednosti u tablici su aritmetičke sredine od 10 uzoraka.

* psi 0,0703 kp/cm²; lb.-ft. 0,138 kpm.

Budući da su jednadžbe regresije /1/ i /2/ izračunate na osnovi rezultata dobivenih ispitivanjem 53 ploče iverice sa čvrstoćom raslojavanja od 0,269 do 0,979 MPa /2,69 - 9,79 kp/cm²/ bilo je važno ustanoviti da li se ove jednadžbe mogu ili ne mogu upotrijebiti, sa zadovoljavajućom točnošću,

za iverice koje imaju mnogo širi raspon čvrstoće raslojavanja. Čvrstoća raslojavanja komercijalnih ploča iverica izrađenih u Americi kreće se u granicama od 0,138 do 2,758 MPa /1,38 - 27,58 kp/cm²/, najčešće oko 0,689 MPa /6,89 kp/cm²/.

Da se utvrdi taj odnos ispitano je još 11 ploča iverica nepoznatih proizvođača, raznih debljina, gustoće i tipova konstrukcija. Iz svake ploče izrađeno je po 10 uzoraka za ispitivanje dimenzija 25 x 25 i 50 x 50 mm². Vrijednost čvrstoće raslojavanja, procijenjena na osnovi veličine čvrstoće na smicanje kod torzije /10 uzoraka veličine 25 x 25 mm²/ pomoću jednadžbe regresije /1/, komparirana je sa srednjim vrijednostima dobivenih ispitivanjem uzoraka veličine 50 x 50 mm² klasičnom metodom.



Slika 5. - Odnos između dimenzija uzoraka za ispitivanje i trećeg korijena maksimalnog momenta zakretanja /12/.

U tablici 2, prema istraživanjima S h e n a i C a r r o l l a /12/, vidi se da prosječno izračunate i ispitivanjem dobivene vrijednosti čvrstoće raslojavanja za 11 ploča dobro se slažu za pojedine ploče. Razlika između izračunatih vrijednosti čvrstoće raslojavanja i dobivenih ispitivanjem kreće se od 0,8 do 11 psi /0,056 - 0,773 kp/cm²/ i sve vrijednosti se nalaze unutar granica vjerojatnosti /konfidencije/ osnovne linije regresije /sl.4/. Vrijednosti procijenjene prema izrazu $Y = mX$ daju jednako zadovoljavajuće rezultate.

Tablica 2 Usporedba između vrijednosti čvrstoće raslojavanja dobivenih ispitivanjem klasičnom metodom /uzorci 50 x 50 mm²/ i izračunatih vrijednosti čvrstoće raslojavanja ispitivanjem čvrstoće na smicanje torzijom /uzorci 25 x 25 mm²/ za 11 ploča iverica.

Čvrstoća raslojavanja dobivena klasičnom metodom psi	Izračunata čvrstoća raslojavanja psi		Razlika između ispitane i izračunate vrijednosti čvrstoće raslojavanja psi	
	$Y = a + mX$	$Y = mX$	$Y = a + mX$	$Y = mX$
39,6	47,1	46,0	-7,5	-6,4
43,8	45,7	45,5	-1,9	-1,7
70,2	69,4	69,2	0,8	1,0
77,9	74,5	74,5	3,4	3,4
80,9	78,8	78,7	2,1	2,2
91,3	95,5	95,5	-4,2	-4,2
94,3	103,0	104,0	-8,7	-7,7
129,0	123,0	123,0	6,0	6,0
138,0	127,0	127,0	11,0	11,0
224,0	220,0	220,0	4,0	4,0
353,0	345,0	347,0	8,0	6,0
prosjek	120,8	120,9	5,2	5,0

Vrijednosti su prosjek od 10 uzoraka. psi = 0,0703 kp/cm²

Postoje 4 veličine uzoraka za ispitivanje čvrstoće na smicanje kod torzije. Pokazalo se da svaka veličina uzoraka ima određene nedostatke i prednosti. Slijedeći pregled daje sliku o tome:

Veličina uzoraka mm	Osjetljivost na gnječenje rubova	Lakoća izrade uzoraka	Lakoća ispitivanja
50 x 50	Ploča debljine 13 mm i tanje	lako	teško
25 x 25	ploča debljine 6,35 mm i tanje	srednje	lako
19 x 19	ploča debljine 6,35 mm i tanje	teško	lako
13 x 13	ne postoji	vrlo teško	teško

Iskustva stečena ovim ispitivanjima pokazuju da su općenito najprikladniji uzorci 25 x 25 mm². Veličina momenta od 4 do 12 ft.-lb. /0,55 - 1,66 kpm/ prikladna je za ručno ispitivanje s moment ključem, a nije teško izrađivati uzorke za ispitivanje na kružnoj pili s vodilicom.

Sukanje /torzija/ uzoraka 50 x 50 mm² zahtijeva 8 puta veći moment, nego sukanje uzorka 25 x 25 mm² iz iste ploče. Dosadašnja iskustva pokazuju da je pri ispitivanju teško točno očitavati maksimalni moment, ako je on veći od 70 ft.-lb./9,66 kpm/.

Postoje dvije mogućnosti kako postupati s tankim uzorcima:

1. Međusobno slijepljivanje tri uzorka dimenzija 25 x 25 mm².
2. Smanjivanje veličine uzoraka na 19 x 19 mm² i 13 x 13 mm².

Lijepljenje uzoraka zahtijeva dodatno vrijeme i brzo vežuće lijepilo. Međutim, slijepljivanje uzoraka veličine

25 x 25 mm² nije velika prepreka. Ako se traži brzo ispitivanje, ono se može postići upotrebom brzovežućih ljepila za drva, kao npr. karbamidformaldehidnih uz upotrebu posebnih otvrdnjivača, koja vežu za 3. do 5 minuta. S druge strane uzorci manji od 25 x 25 mm² teško se izrađuju na kružnoj pili bez oštećivanja, a znatno je smanjena točnost očitavanja maksimalnog momenta zbog neobično male vrijednosti momenta.

2.3 PREDNOSTI POSTUPKA ISPITIVANJA ČVRSTOĆE SMICANJA KOD TORZIJE

Glavne prednosti metode ispitivanja čvrstoće smicanja kod torzije u odnosu na klasičnu metodu određivanja čvrstoće raslojavanja, prema ispitivanjima Shena i Carrolla /12/ jesu:

1. Brzina. Najčešće nije potrebno prethodno lijepljenje, rezultati ispitivanja mogu se dobiti samo nekoliko minuta nakon izrade uzoraka piljenjem. To može biti od posebne koristi za pogonsku kontrolu kod koje su brzi pouzdani rezultati od neophodne važnosti.

2. Jednostavnost. Uzorci za ispitivanje ne traže kompliciran postupak izrade. Postupak je vrlo jednostavan i radnik ne mora biti posebno podučavan, što je potrebno kod klasičnog određivanja čvrstoće raslojavanja.

3. Niska cijena. Jedina oprema koja se traži je moment-ključ i par čašica. Uz to eliminiran je rad lijepljenja uzoraka između metalnih blokova i kasnije čišćenja blokova, što je potrebno kod klasične metode.

Na osnovi do sada iznesenog autori /12/ zaključuju, da postoji čvrsta stohastička ovisnost između čvrstoće na smicanje kod torzije i čvrstoće raslojavanja za kanadske komercijalne iverice. Ona ne zavisi o veličini uzorka na kojem se vrše ispitivanja /50 x 50 do 25 x 25 mm²/, a postupak je upotrebljiv za iverice sa čvrstoćom raslojavanja do 2,45 MPa /24,5 kp/cm²/. Za uzorke veličine 25 x 25 mm² odnos između numeričkih vrijednosti momenta loma i čvrstoće raslojavanja je 1 : 11.

Uzorak za ispitivanje veličine $25 \times 25 \text{ mm}^2$ je najprikladniji za ispitivanje iverica debljih od 6,35 mm. Za ploče debljine 6,35 mm i tanje nekad je potrebno lijepiti zajedno tri uzorka prije ispitivanja.

Općenito postupak ispitivanja čvrstoće na smicanje torzijom je jednostavan, brz, pouzdan i ekonomičan za određivanje čvrstoće raslojavanja klasičnih iverica. Brzina ispitivanja naročito je interesantna za proizvođače ploča iverica. Niska cijena opreme za ispitivanje može biti vrlo interesantna za potrošače, koji nisu opremljeni s klasičnim strojevima za ispitivanje.

3.0 ČVRSTOĆE POJEDINIH SLOJEVA PLOČA IVERICA

Jedna daljnja mogućnost primjene metode ispitivanja torzijom na smicanje je određivanje profila gustoće u smjeru debljine ploče iverice.

Ploče iverice prešane u smjeru debljine razlikuju se od furnirskih ploča u tome, što se kod iverica mijenja gustoća u smjeru debljine. Ta karakteristična razlika dijelom je posljedica određenog procesa proizvodnje /homogene ili višeslojne/, a može biti uvjetovana i raznim faktorima proizvodnje, kao npr. sadržajem vode, ciklusom prešanja i dr. U proizvodnji ploča za tržište najčešće se javljaju konstrukcije kod kojih su vanjski slojevi znatno veće gustoće, nego unutarnji i često su izradjeni iz sitnijeg iverja.

Veliki broj istraživača je utvrdio, da ako se drže pod kontrolom ovi faktori u proizvodnji, tehnički je moguće utjecati na fizička i mehanička svojstva ploča iverica u širokim granicama. Promjena tih svojstava u velikoj mjeri je rezultat različite distribucije gustoće pojedinih slojeva unutar ploče iverice. P o l o v s t e f f /10/ je proizveo u laboratoriju iverice koje su imale jednaku gustoću, ali je razdioba gustoće u smjeru debljine bila različita. Čvrstoća savijanja tih ploča razlikovala se čak za 80%. Slično je C a r r o l l /2/ utvrdio da samo promjenom vremena zatvaranja preše, gustoća srednjeg sloja iverice uz nepro-

mijenjenu vrijednost gustoće cijele ploče, može varirati čvrstoća raslojavanja i do 70%.

Iako poznavanje razdiobe gustoće u smjeru debljine unutar ploče može biti od velike važnosti u analiziranju i kontroli redovne komercijalne proizvodnje, tehnika određivanja te razdiobe vrlo je spora. Ona oduzima puno vremena i shodno tome nije često upotrebljavana u kontroli proizvodnje. Međutim, prema P o l o v s t e f f-u /10/ jedan od najvećih proizvođača iverica u Velikoj Britaniji određuje profil gustoće u smjeru debljine ploče iverice u okviru unutrašnje kontrole. Tu informaciju prikazuje u dnevnim izvještajima o kontroli kvalitete.

Određivanje gustoće pojedinih slojeva sveobuhvatno se upotrebljava kod ispitivanja iverica za proučavanje utjecaja strukture ploče na fizička i mehanička svojstva /1, 2, 6, 10, 15/. Postupkom ispitivanja smicanja kod torzije, koji je ranije opisan, za određivanje čvrstoće raslojavanja iverica /12/ pokazalo se tehnički moguće razviti brzu i pouzdanu metodu za određivanje profila gustoće pojedinih slojeva iverica. Zadatak spomenutih istraživanja bio je razviti brzu i pouzdanu metodu određivanja čvrstoće pojedinih slojeva postupkom smicanja kod torzije i ustanoviti postoji li međusobna zavisnost između gustoće i čvrstoće pojedinih slojeva. U tu je svrhu od 12 komercijalnih ploča iverica raznih proizvođača odabrano 6 za ispitivanje. Ploče su bile izrađene od raznih vrsta drva i različitih veličina i oblika iverja. Sve su bile prešane u smjeru debljine, a bile su homogene ili višeslojne. Gustoća je bila 449 - 737 kg/m³, a debljina 13 - 28,6 mm.

Na kružnoj pili uz pomoć precizne vodilice izrađeni su uzorci 25 x 25 mm² s tolerancijom od 1%. Oko 90 uzoraka za ispitivanje dobiveno je iz različitih dijelova svake ploče. Od ovih nasumce je odabrano 10 za određivanje čvrstoće svakog sloja. Svi uzorci bili su kondicionirani kod 21°C i 65% relativne vlage zraka.

Opisanim načinom ispitivanja smicanja kod torzije, vršena su uzastopna određivanja ove čvrstoće na svaka 3 mm

debljine. Npr. kod uzoraka debljine 16 mm dobiju se 4 uzastopna mjerenja čvrstoće na smicanje torzijom. U nekim slučajevima uzastopna određivanja nisu se mogla provesti na svaka 3 mm zbog gnječenja rubova. Za te uzorke potrebna određivanja veličine smicanja za razne slojeve vršena su na dodatnim uzorcima. U svrhu obračuna pretpostavljeno je, da su ploče jednake konstrukcije. Sve vrijednosti smicanja, osim za srednju ravninu ploče iverice, bile su prosjek od 20 mjerenja. Deset sa svake strane ploče. Vrijednost čvrstoće smicanja kod torzije izražena je pomoću momenta loma, budući da je moment loma izravno proporcionalan čvrstoći na smicanje kod svih veličina uzoraka.

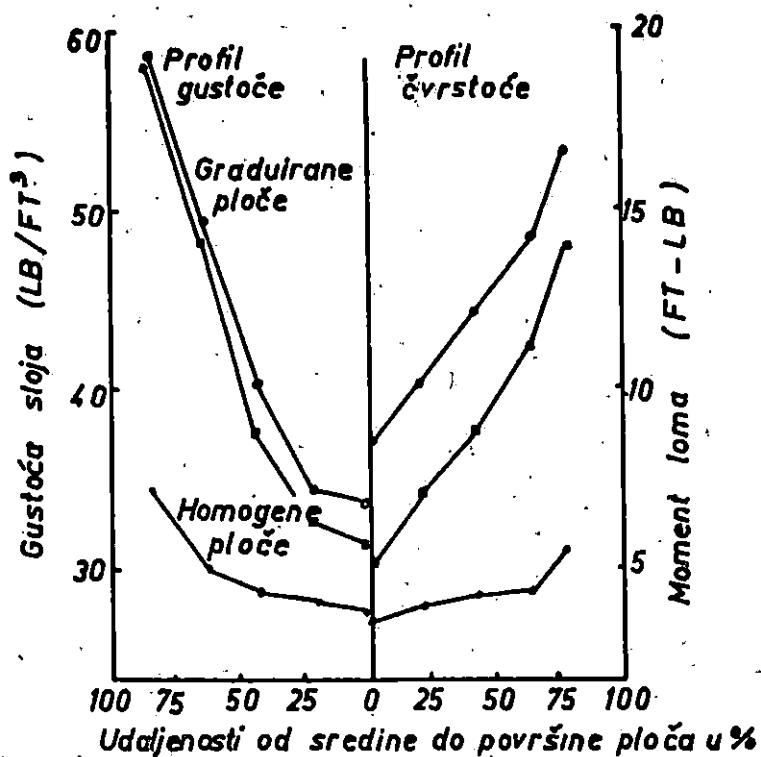
3.1 ODREĐIVANJE GUSTOĆE POJEDINIH SLOJEVA I REZULTATI ISPITIVANJA

Jedan uzorak 36 x 7,6 cm ispiljen je /s jednog od četiri mjesta iz svake od 12 ploča naizmjenično. Sloj po sloj debljine 3 mm uzastopno je odstranjen na glodalici, a gustoća svakog određena je na osnovi gubitka mase i debljine uzorka, kondicioniranog na 21°C i 65% relativne vlage zraka.

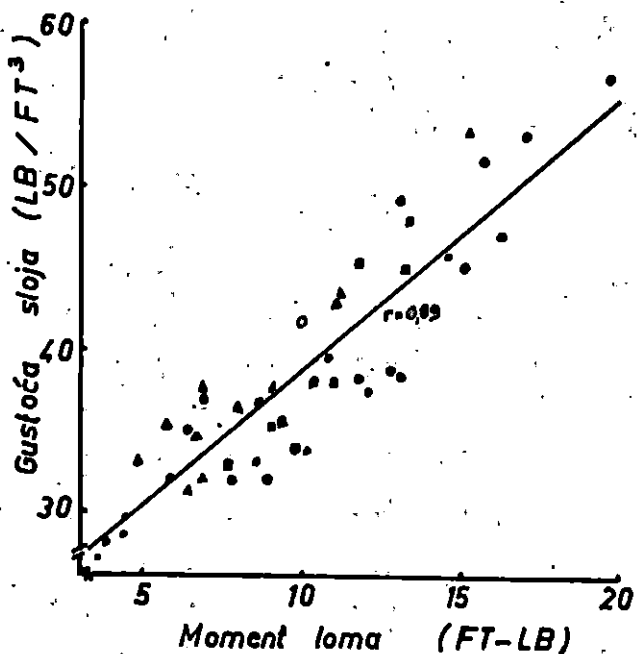
Kod ispitivanja izabranog uzorka ploča ustanovljeno je, da čvrstoća smicanja kod torzije i gustoća ploča imaju općenito najmanje vrijednosti u srednjoj ravnini ploče, a da se te vrijednosti povećavaju do maksimuma u blizini površina. Slika 6 pokazuje profil čvrstoće smicanja i gustoće u smjeru debljine za 3 ploče iverice debljine 28,6 mm. Varijacije čvrstoće ploča i čvrstoće pojedinih slojeva kod graduiranih ploča su 3 do 4 puta veće nego kod homogenih ploča iste debljine.

Slika 7 pokazuje da su razlike u čvrstoći i gustoći unutar ploče debljine 25 mm mnogo veće, nego kod ploča debljine 13 mm jednakih konstrukcija. Također su razlike manje kod homogenih ploča.

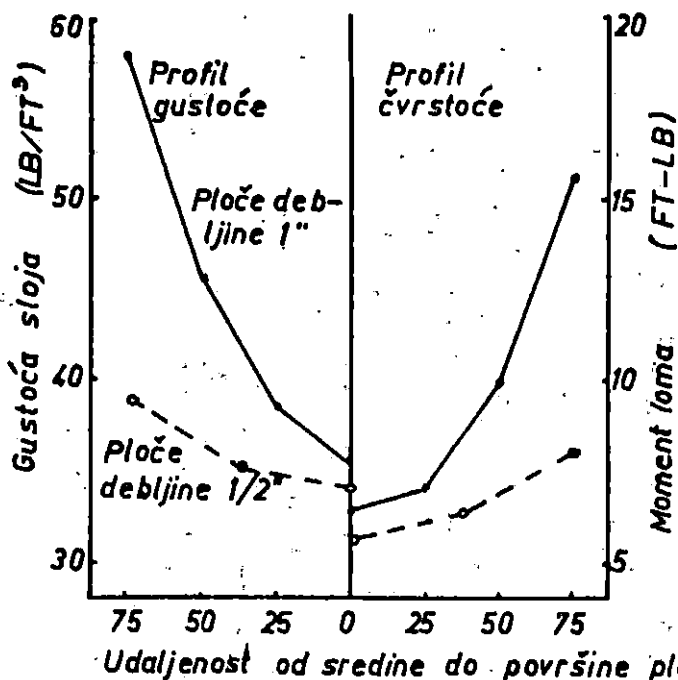
Linearni koeficijent korelacije između čvrstoće smicanja kod torzije i gustoće pojedinih slojeva za ukupno 45 mjerenja, kojih su rezultati prikazani na slici 8, je 0,89.



Slika 6. - Razdioba gustoće i čvrstoće ploča iverica u smjeru debljine. Debljina ploča 29 mm /12/.



Slika 7. - Razdioba gustoće i čvrstoće u smjeru debljine različito debelih /1 i 1/2 in./ graduiranih ploča iverica /13/.



Slika 8. - Odnos između gustoće i čvrstoće slojeva /13/.

To je vrlo zadovoljavajuća korelacija ako se uzme u obzir da veličina iverja i sadržaj ljepila varira od ploče do ploče, a vjerojatno i između srednjeg sloja i vanjskih slojeva unutar ploče. Nadalje, tu su još i varijacije debljine, konstrukcije i drugih faktora u proizvodnji ploča. Profil čvrstoće smicanja torzijom u smjeru debljine može se pouzdano određivati pomoću jednostavne metode određivanja smicanja torzijom.

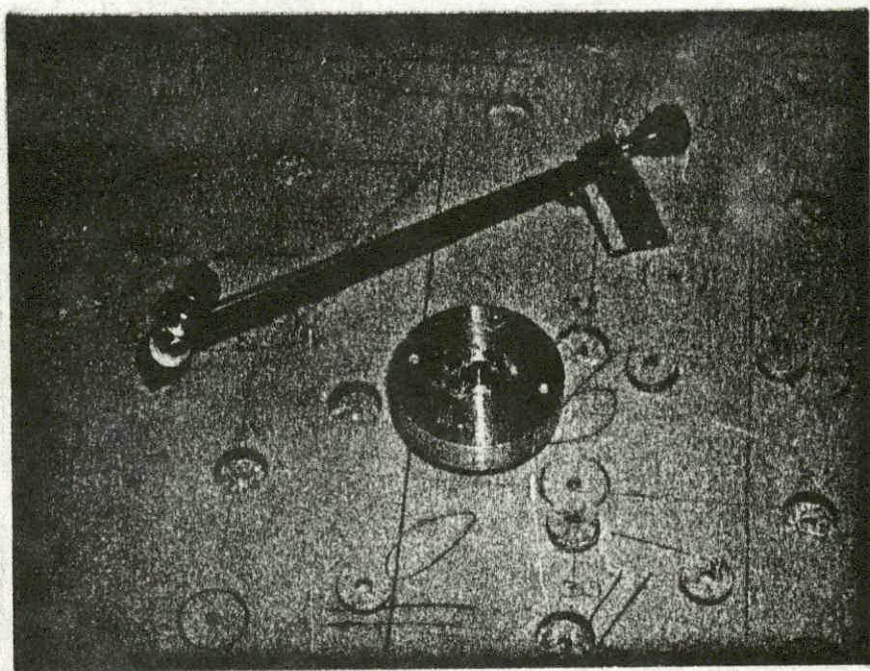
Tehnika određivanja profila čvrstoće je mnogo jednostavnija i brža od mukotrpnog postupka za određivanje profila gustoće. Za razliku od mjerenja gustoće, profil čvrstoće smicanja provodi se izravno mjerenjem kvalitete spoja između iverja. Novi postupak mogao bi biti vrlo korisno oruđe za ispitivanje bitnih karakteristika strukture ploče u proizvodnji i istraživanjima.

Postupak ispitivanja čvrstoće smicanja torzijom za procjenjivanje čvrstoće raslojavanja iverica, koji su razvili Shen i Carroll /12/, imao je nedostatke vezane uz izradu uzoraka $25 \times 25 \text{ mm}^2$ s potrebnom tolerancijom. Zbog toga je iniciran program ispitivanja Gaudert /3/,

koji je trebao utvrditi mogućnost izrade okruglih uzoraka za ispitivanje na glodalici ili pomoću cilindrične pile.

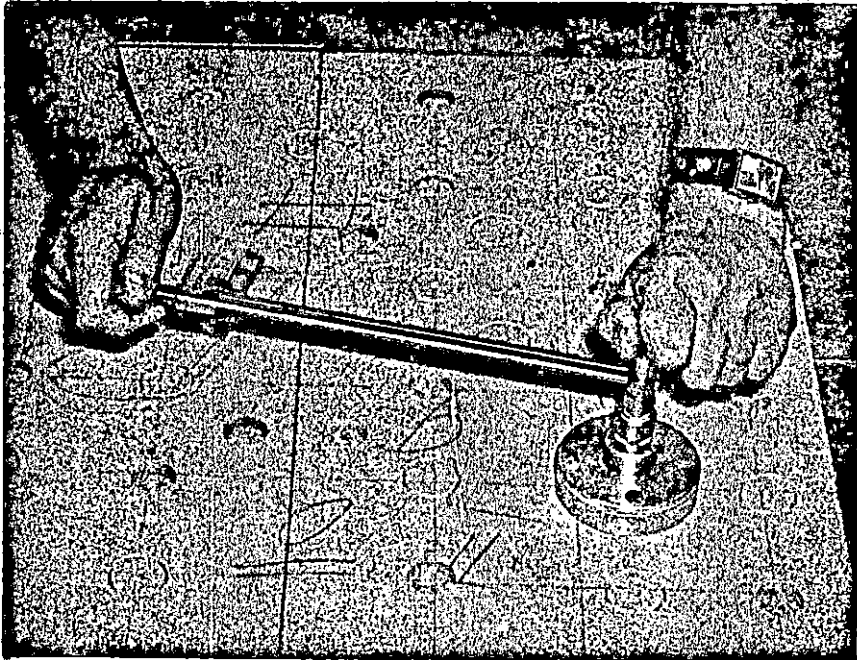
Najveći problem kod ispitivanja s takvih okruglim uzorcima je mehanički, i to kako čvrsto zahvatiti te uzorke. To je moguće izvesti lijepljenjem metalnih blokova na čep, ali takva operacija lijepljenja je spora i tegobna. Umjesto toga predložen je postupak u kojem se metalni blok pričvrsti na uzorak pomoću čeličnih igala. Dalje pojednostavljenje postupka ispitivanja bilo je, da se čep ne vadi iz ploče, već da se napravi utor do oko $2/3$ debljine ploče, tako da je donji dio čepa i dalje vezan na ploču.

Oblik i dimenzije metalnog bloka riješeni su i odabrani u prethodnim ispitivanjima Gauderta. Četiri igle za učvršćivanje bloka na uzorak smještene su simetrično, svaka 8,89 mm od sredine. Te igle izrađene su od šiljaka debljine 1,75 mm izbrušenih na kraju pod kutem od oko 45° . Igle strše iz bloka 4,32 mm /sl. 9/.



Slika 9. - Oblik i dimenzije metalnog bloka. Četiri igle za učvršćivanje bloka na uzorak smještene su simetrično. Svaka 8,89 mm od sredine. Igle su debljine 1,75 mm i strše izvan bloka 4,32 mm /12/.

Vodeći središnji valjak metalnog bloka pristaje bez poteškoća u utor, što ga pravi svrdlo cilindrične pile. Valjak je duži od dubine utora u ploči. Vodeći valjak se može odstraniti da se olakša skidanje čepa s metalnih igala za spajanje. U sredini stražnje strane metalnog bloka nalazi se kvadratni otvor 13,00 mm za smještaj moment ključa /100 in.-lb./. Ključ se opterećuje s približno 100 in.-lb. u minuti. Trenje između metalnog bloka i ploče iznosi oko 1 in.-lb., i na osnovi toga se korigira skala /sl. 10/. Za očekivati je, da prenošenje momenta na uzorak preko četiri igle može stvarati neka koncentrična naprezanja, koja mogu utjecati na rezultate ispitivanja.

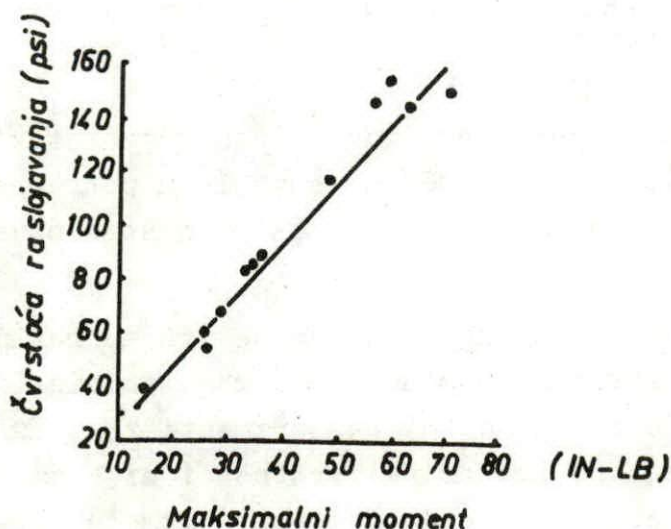


Slika 10. - Položaj metalnog bloka i dinamometra za vrijeme ispitivanja.

Početna su ispitivanja imala za osnovni cilj, da utvrde da li će šiljci moći ravnomjerno prenositi moment u granicama čvrstoće ploče. Predviđen je eksperiment, da se ispita korelacija između novog postupka ispitivanja smicanja torzijom i čvrstoće raslojavanja prema ASTM 1037 na većem broju uzoraka. Dvanaest različitih ploča iverica, različitih tipova, gustoće i čvrstoće raslojavanja, kondicionirane su kod 21°C i 65% relativne vlage.

Debljina ploča varirala je od 9,5 do 19,0 mm. Po širini svake ploče, dvije paralelne susjedne trake širine 63 mm, korišćene su kao istorodni materijal za izradu proba. Iz jedne trake izrađeno je 16 uzoraka za ispitivanje standardnom metodom čvrstoće raslojavanja, a 16 diskova /utora u obliku kruga/ izrađeno je na drugoj traci na odgovarajućim mjestima.

Slika 11 pokazuje odnos između srednjih vrijednosti čvrstoće smicanja i odgovarajućih vrijednosti čvrstoće na raslojavanje. Jednadžba regresije glasi: čvrstoća raslojavanja = $1,9 + 27,6 t$, gdje je t u ft.-lb., a čvrstoća raslojavanja u psi. Koeficijent korelacije podataka na slici 11 je 0,98. Grafikon pokazuje da se najveća odstupanja od linearnog odnosa pojavljuju kod većih vrijednosti.



Slika 11. - Odnos između čvrstoće raslojavanja i momenta zakretanja kod ispitivanja maksimalnog naprežanja smicanja kod torzije na uzorcima u obliku diska /3/.

Za uzorke od $25 \times 25 \text{ mm}^2$ Shen i Carroll dobili su koeficijent pravca /momenta/ od 11,3, a u nekim novijim radovima dobili su Gertjejansem i Haygreen /4/ istu vrijednost 9,0.

Razlika između koeficijenta pravca /momenta/ 11,3 i 27,6 znači, da opterećenje kod loma diska promjera 25,0 mm iznosi oko 41% vrijednosti od onih za uzorke 25 x 25 mm².

Teoretski omjer momenta loma može se procijeniti pomoću polarnih momenata otpora /W/, za kvadratni presjek: $W = 0,208 a^3$ /a = dužina stranice/, za cilindrični presjek:

$$W = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$$

Gdje je D vanjski promjer, d unutarnji promjer.

Za stvarni disk promjera 0,97 palca i središnjeg utora promjera 0,25 palca:

$$w = 0,196 \cdot \frac{0,885 - 0,004}{0,970} = 0,178 \text{ palca}^3$$

$$\frac{w_{\text{disk}}}{w_{\text{prizma}}} = \frac{0,178}{0,208} = 0,8558$$

Odnos momenta otpora pokazuje da će se teoretski kod diska pojaviti lom kod oko 86% momenta loma potrebnog za lom kvadratnog uzorka, dok je stvarno lom nastupio već kod 41%.

Da bi se dobila predodba u kojem se iznosu razlike između teorijskog i stvarnog momenta loma mogu pripisati obliku uzorka provedeni su dodatni eksperimenti /3/. Izabran je tip ploče koji je prosječne čvrstoće i nije imao signifikantna odstupanja od linije regresije između čvrstoće raslojavanja i čvrstoće smicanja. Plan ispitivanja predvidio je 4 puta po 21 uzorak. Prva grupa od 21 uzorka ispitana je pomoću diska na ranije opisani način, druga grupa od 21 uzorka ispitana je metodom torzije prema S h e n u i C a r r o l l u /12/. Ostale dvije grupe uzoraka predstavljale su mnogo idealnije /ali manje prikladne/ uvjete ispitivanja kod kojih su utjecaji, koji vjerojatno utječu na gore spomenute razlike, eliminirani. Kod jedne grupe uzoraka s diskovima koncentracija naprezanja kod šiljaka eliminirana je lijepljenjem kvadratnog bloka od javorovine na disk, da bi se osigurala osnova za zahvaćanje moment ključa.

Kod druge grupe efekt usmjeravanja loma u jednu ravninu kod ispitivanja smicanja torzijom kvadratnog uzorka otklonjen je umetanjem 6,35 mm visokog međuprstena. Tablica 3 pokazuje rezultate ovih dodatnih ispitivanja. Velika razlika /4,8 nasuprot 8,3 ft.-lb./ između rezultata dobivenih ispitivanjem diskom i prizmom smanjena je na 6,4 nasuprot 7,0 ft.-lb. kod opisanih modificiranih testova.

Tablica 3 Čvrstoća smicanja kod torzije za razne izvedbe uzoraka

Disk zahvaćanje uzoraka		P r i z m a	
šiljcima	lijepljenjem	S prstenom	Normalni ¹
Izmjerena srednja vrijednost /ft.+lb./ koef.varijacije %/ za 21 uzorak			
4,8 /9,6/	6,4 /10,8/	8,2 /7,1/	9,7 /9,0/
Srednje vrijednosti popravljene s momentom otpora			
4,8	6,4	7,0	8,3

¹ način ispitivanja opisan ranije prema S h e n u i C a r r o l l u /12/

Ti rezultati ukazuju, da koncentracija naprezanja kod šiljaka i ograničenje loma na jednu ravninu su dva glavna razloga neočekivanih razlika u momentu loma između ispitivanja s diskom i kvadratnim uzorkom.

Za primjenu u praksi postupka ispitivanja diskom važno je znati koliko je uzoraka potrebno da bismo dobili ekvivalentni uzorak /jednaka standardna greška ili koeficijent varijacije/ s uzorkom za ispitivanje čvrstoće raslojavanja klasičnom metodom. Izračunato je da taj faktor iznosi približno dva /3/. Općenito dakle potrebna su dva uzorka za ispitivanje diskom da zamijene jedan uzorak za određivanje čvrstoće raslojavanja klasičnom metodom.

Oštećenja ploča koja nastaju na ploči koja je bila podvrgnuta ispitivanju diskom mogu se jednostavno popraviti s diskom za krpanje. Za neke upotrebe oštećenja koja nastaju kod tih ispitivanja ne isključuju upotrebu tih ploča, kao npr. ispadajuće kvrge u slojevitom drvu, oplati ili srednjicama. Ispitivanje diskom može olakšati kontrolu kvalitete i može se upotrijebiti za pogonsku kontrolu kao i kontrolu kod krajnjih potrošača.

Istraživanja mogućnosti primjene testa smicanja torzijom na ivericama, pomoću diska, pokazala su da je taj način moguć i praktičan. Utvrđeno je da postoji zadovoljavajuća korelacija s klasičnom metodom ispitivanja čvrstoće raslojavanja prema ASTM /3/. Relativno mala oštećenja ploča koja nastaju kod ovog načina ispitivanja daju velike nade za daljnju primjenu tih ispitivanja.

Autori ovog članka su ovu studiju prikazali povezano s radovima koji se obavljaju u okviru ranije navedenog istraživačkog zadatka. Verifikacija opisanih metoda izvršena je za uvjete naših postupaka proizvodnje iverica i naše iverice. Rezultati tih istraživanja čine rad pod naslovom "Prilog proučavanju novih postupaka ispitivanja iverica". Zbog obimnosti sadržaja cjelovitog rada oni će biti tiskani zasebno.

L i t e r a t u r a :

1. BRUČI, V. 1976. Utjecaj vlage iverja i temperature prešanja u proizvodnji troslojnih ploča iverica na vrijeme prešanja i fizičko-mehanička svojstva gotovih ploča. /Dissertacija/. Šumarski fakultet Zagreb.
2. CARROLL, M.N. 1963. Efficiency of urea and phenolformaldehyde resins in particleboard. For. Prod.Jour. 13 /3/:113-120.
3. GAUDERT, P. 1974. New torsion test for Particleboard. For.Prod.Jour. 24 /2/:35-37.

4. GERTJEJANSEN, R.O., and J.G. HAYGREEN. 1971. Torsionshear test for particleboard adapted to a universal testing machine. For. Prod.Jour. 21 /11/:59-60.
5. HEEBINK, B.G., and C.J. GATCHELL. 1965. A proposed plug tension test for particleboard. For.Prod.Jour. 15/1/:28-30.
6. KOLLMANN, F. 1957. Ueber den Einfluss von Feuchtigkeitunterschied im Spangut vor dem Verpressen auf die Eigenschaften von Holzspanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 15 /1957/:35-44.
7. LEHMANN, W.F. 1965. Simplified test of internal bond in particleboard. For.Prod.Jour. 15/5/: 223-224.
8. LIIRI, O. 1961. Investigations on Properties of Wood Particles Boards. Paperi ja Pu. 1961. No 1.
9. SALAH, E.O. 1978: Ispitivanje nekih fizičkih i mehaničkih svojstava ploča iverica za proizvodnju namještaja i unutarnju upotrebu. Magistarska radnja. Šumarski fakultet Zagreb. Rukopis 1-152, tab.19, sl. 86.
10. POLOVTSEFF, B. 1961. Practical aspects of wood chipboard densification patterns. Wood Chipboard. The Air screw. Co. and Jicwood Ltd., England.
11. SHEN, K.C., M.N. CARROLL, and B. WRANGHAM. 1968. Study on compression shear strength and its relationship to internal bond properties of particleboard. Can.Dep.Fish. Forest., Forest.Br.Forest Prod.Lab. Ottawa. Inform.Rep. /in press/ Gov't Pub.

12. SHEN, K.C., and M.N. CARROLL. 1969. A new method for evaluation of internal Strength of particleboard. For.Prod.Jour. 19/8/: 17-22.
13. SHEN, K.C., and M.N. CARROLL. 1970. Measurement of layerstrength distribution in particleboard. For.Prod.Jour. 20/6/:53-55.
14. SOPER, V.R., and R.A. HANN. 1964. Variables in specimen preparation influence results of I.B. test on particleboard. For.Prod. Jour. 14/6/:261-264.
15. STRICKLER, H.S. 1959. Effect of press cycles and moisture content on properties of Douglas fir flakeboard. For.Prod.Jour. 9/7/: 203-215.
16. TIMOSHENKO, S., and G.H. MAC CULLOUGH. 1959. Elements of strength of material. D. Van Nostrand Company, Inc. pp. 265.
17. YAMAGISHI, U., U. IMURA, and M. OKADA. 1963. Studies on the test methods of particleboards and particleboard core plywoods. Hokkaido Forest Prod. Inst.Jap. Rep. No. 31 Part /1/.
18. ~~XXXX~~ : JIS - 5908 - 1961. Specification for particleboard. Jap.Ind.Stand. Tokyo, Jap.



Stanislav Bađun [✱]

Boris Ljuljka

ZNANSTVENO ISTRAŽIVAČKI RAD NA
 PODRUČJU NAUKE O DRVU I DRVNO-
 TEHNOLOŠKE ZNANOSTI ZA RAZDOBLJE
 1976 - 1980 GODINE ^{✱✱}

1.0 U V O D

Znanstvenoistraživački i istraživačko-razvojni rad jest sistematska stvaralačka djelatnost kojoj je cilj da poveća znanstvene i tehnološke spoznaje radi njihove primjene u praksi. Znanost je danas postala dominantna sila koja pridonosi ostvarivanju tehnoloških, ekonomskih, obrazovnih, socijalnih i općekulturnih ciljeva u suvremenom društvu. Rezultati i primjena znanstvenoistraživačke i istraživačko-razvojne djelatnosti omogućuju iznalaženje optimalnih rješenja za unapređenje proizvodnog procesa i organizaciju proizvodnje, društvenog života, te veću društvenu proizvodnost i efikasnost. Prema izloženom, znanstvenoistraživački rad i primjena rezultata iz te djelatnosti najznačajnija su komponenta u daljem razvoju i napretku svake, pa tako i industrije za preradu drva. Usitnjen i neorganiziran znanstvenoistraživački i istraživačko-razvojni rad ne može i ne daje one rezultate, koji se mogu očekivati od integriranog, timski aktivnog, programski i tematski usmjerenog na potrebe udruženog rada, čija je problematika područje njegove djelatnosti. Sve oblike znanstvenoistraživačkog rada: fundamentalna, usmjerena ili neusmjerena, pri-

[✱] Prof. dr S. Bađun, dipl. ing., Šumarski fakultet Zagreb
 Prof. dr mr B. Ljuljka, dipl. ing., Šumarski Fakultet Zgb

^{✱✱} Rad je tiskan u časopisu "Drvena industrija", 1979 /30/:
 11-12.

mjenjena, istraživačko-razvojna, treba smatrati jedinstvenim procesom, jer se osnivaju na znanstvenoj metodologiji rada i najuže su međusobno povezani i zavisni, a od interesa su za praksu.

Znanstvenoistraživački rad u svijetu na području nauke o drvu star je jedva 100 godina, a na polju drvne tehnologije /biotehnologije/ jedva 50 godina. U nas su počeci istraživanja na jednom i drugom području stari tek polovicu naznačenih godina. Organiziraniji znanstvenoistraživački rad vezan na nauku o drvu započeo je poslije rata, a onaj u domeni drvnotehnološke djelatnosti unatrag 10 - 15 godina. Značajnu ulogu za naučnoistraživački rad na polju znanosti o drvu i drvne tehnologije odigrale su pravne osnove znanstvenog rada u SR Hrvatskoj, regulirane Zakonom o organizaciji znanstvenog rada iz 1974. god, za osnivanje Samoupravnih interesnih zajednica za znanstveni rad /SIZ znanosti/. Područje drvnotehnoloških znanosti /biotehnologija/ u oblasti Biotehničkih znanosti nakon toga je uključeno u SIZ IV za znanstveni rad. I tek 1975. godine dogovoreni su prvi organizirani programi znanstvenoistraživačkog rada za ovo područje znanstvene djelatnosti, i to za srednjeročno razdoblje 1976 - 1980 godine.

U našoj Republici ovo je bilo prvi puta, u povijesti ove znanstvene djelatnosti, da se dogovorio, objedinio i predstavio jedinstveni program istraživanja u jednom projektu pod nazivom "ISTRAŽIVANJA SVOJSTAVA DRVA I PROIZVODA OD DRVA KOD MEHANIČKE PRERADE", koji je dobio društvenu potvrdu. Radovi na zadacima tog istraživačkog projekta započeli su 1976. godine, a koordinator radova i nosilac projekta jest Zavod za istraživanje u drvnoj industriji, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

2.0 ZNANSTVENOISTRAŽIVAČKI KAPACITETI I KADROVI

Potencijal koji stoji na raspolaganju za rješavanje ovako programiranog znanstvenog rada na području drvnotehnološke znanosti i omogućuje njegovo plansko ostvarivanje re-

lativno nije malen. On uključuje kadrove i opremu znanstveno-nastavnih organizacija, institucija čija djelatnost uključuje i istraživačko-razvojni rad, te kadrove razvojnih službi OUR-a drvne industrije, koji sudjeluju u radu i ostvarivanju primjene postignutih rezultata. Ovako koncipiran i objedinjen interes i potreba za znanstvenoistraživačkim radom, planski ukomponirani u jedan dugoročni program, primjenom znanstvene metodologije, postat će rezultati koji će, primjenjeni, ostvariti zajedničku potrebu - napredak drvne tehnike i tehnologije.

Kadar koji sudjeluje u realizaciji zadataka uključenih u spomenuti projekt istraživanja, čine:

- znanstveni radnici /ZR/, u koje se ubrajaju radnici koji aktivno rade na znanstvenoistraživačkim i istraživačko-razvojnim zadacima, a stekli su akademski stupanj magistra /Mr/ ili doktora znanosti /Dr/, odnosno odgovarajuće priznate ekvivalencije;

- istraživači /IR/, kojima pripadaju radnici sa završenom visokom školskom spremom, koji aktivno rade na znanstvenoistraživačkim razvojnim zadacima, te imaju objavljene znanstvene ili stručne radove, izvedene znanstvene projekte ili dijelove projekata, registrirane patente, inovacije ili tehnička unapređenja;

- pomoćni istraživači /PIR/, u koje se ubrajaju radnici s visokom stručnom spremom, koji rade na znanstvenoistraživačkim i istraživačko-razvojnim zadacima, a nemaju objavljene znanstvene ili stručne radove, ni registrirane patente, inovacije, tehnička unapređenja, ili projekte, odnosno dijelove projekata.

U aktivnostima na naznačenom istraživačkom projektu sudjeluje slijedeći broj znanstvenih radnika i istraživača:

Godina	Dr	Mr	IR	PIR
1976	14	10	8	12
1977	17	13	14	16
1978	19	15	24	20

Raspored ovog broja radnika u znanstvenoistraživačkim i drugim organizacijama:

OUR	Dr	Mr	IR	PIR
Šumarski fakultet Zagreb	15	5	8	3
Institut za drvo Zagreb	2	4	8	-
Centar za razvoj DI Slav. Brod	1	-	1	-
Razvojne službe DI	1	6	7	17

Iz pregleda je vidljivo, da se struktura istraživačkog kadra iz godine u godinu poboljšavala. Radnici na istraživačkom projektu stjecali su određene veće stupnjeve od 1976. do 1978. godine, i to 5 doktora znanosti, 5 radnika s akademskim zvanjem magistra znanosti i čak 16 suradnika stekli su kvalifikaciju istraživača.

3.0 OKOSNICE PROGRAMA ZNANSTVENOISTRAŽIVAČKOG RADA NA PODRUČJU NAUKE O DRVU I DRVNOTEHNOLOŠKE ZNANOSTI

Sadržajno se program znanstvenoistraživačkog rada na projektu odvijao u nekoliko pravaca. Oni su utvrđeni dogovorom s obzirom na stanje i potrebu razvoja drvne industrije. Ti pravci uključuju:

1. - istraživanja na području nauke o drvu
2. - racionalno korišćenje sirovine u drvenoj industriji
3. - optimizacija proizvodnih procesa u preradi drva
4. - istraživanja razvoja proizvoda i poboljšanje svojstava konstrukcija iz drva.

Realnost potrebe istraživanja u naznačenim pravcima leži u činjenici, da je drvo sirovina obnavljajućih izvora i da je tražnja za proizvodima iz drva u neprestanom porastu.

Povezano s tim, drvo će kao sirovina i u buduće igrati važnu ulogu, a njegova prerada i korišćenje biti će sve kompleksnije. Rješavanje cjelokupnosti ovakvog spleta postojećih i budućih pitanja moguće je ostvariti jedino metodama istraživačkog rada.

3.1 Istraživanja na području nauke o drvu

Upotreba drva, kao i svakog drugog materijala, traži točno poznavanje prirode drva kao sirovine. Primjena postignutih rezultata znanstvenoistraživačkog rada: - osigurava bolju kvalitetu drveta proizvedenog u bioproizvodnji; - omogućuje bolje i integralnije korišćenje drva; - pridonosi realizaciji poboljšanja nepoželjnih svojstava drva; - ukazuje na elemente za ostvarivanje bolje kvalitete proizvoda iz drva; - otkriva spoznaje za primjenu drva u novim razinama i načinima upotrebe.

Znanja o drvu, kao interpenetriranom sustavu prirodnih kopolimera, odnosno anizotropno - ototropnog materijala, vlaknasto-uslojene heterocelularne strukture, značajna su za pravilnu preradu i upotrebu, te su temelj pronalaženja načina poboljšanja postupaka prerade i ponašanja drva u upotrebi.

3.2 Racionalno korišćenje sirovine u drvnoj industriji

Iako je drvo sirovina proizvod obnavljajućeg izvora, ipak je njegovo racionalno korišćenje imperativ današnjice. Uz ostalo, to racionalno korišćenje je nužnost vezana za maksimalno osiguranje indirektno koristi od šumske bioproizvodnje za potrebe cijelog čovječanstva. Prema tome, racionalno korišćenje drva kao sirovine nije samo u značenju ekonomske kategorije, nego i u značenju potreba uvjeta života i njegova opstanka.

Racionalno korišćenje može se ostvariti: - optimalnim korišćenjem; - kompleksnim /integralnim/ korišćenjem; - djelomičnim supstituiranjem drugim materijalima u konstrukcijama; - novim materijalima na bazi drva i njegovih kompo-

zicija s nedrvenim materijalima. Ostvarivanje rezultata koji proizlaze iz ovih zahtjeva, traži opsežna specijalistička i interdisciplinarna istraživanja, inovacije i pronalazaštvo u procesnim tehnikama.

3.3 Optimizacija proizvodnih procesa u preradi drva

Optimiziranje postupaka prerade drva predstavlja istraživanje vrlo kompleksne naravi. Ono zahtijeva istraživanja: - međuzavisnosti osnovnih svojstava drva i tehnoloških karakteristika drva; - mehanizma interakcije drva i obrade; - geometrije alata i režima obrade; - specijalne primjene novih tehničkih dostignuća; - otkrivanje najpovoljnijeg postupka za raspoloživu vrstu i oblik drvne sirovine, te predviđeni stupanj i kvalitetu gotovih proizvoda.

Istraživanja optimizacije procesa uključuju, prema tome, znanstveno utemeljene tehnologije, kojima će se ostvariti najbolji rezultat s aspekta sirovine, postupka prerade i gotovog proizvoda.

3.4 Istraživanja razvoja proizvoda i poboljšanje svojstava konstrukcija iz drva

Pojedinačno ili kompleksno, osnovna svojstva drva utječu u procesu prerade na izradu i kvalitetu gotovih proizvoda. Izbor vrsta drva, kod kojih se postupkom obrade postiže najpovoljniji odnos ovih čimbenika, osigurava kod izrade određenog proizvoda i najbolja svojstva obradljivosti. Ova se svojstva, slično drugim kategorijama svojstava za različite vrste drva, ispoljavaju u širokoj skali varijacija. Odatle svojstvo obradljivosti predstavlja značajnu i važnu kategoriju, koje u krajnjoj ocjeni čini važan faktor s gledišta upotrebe. Ono sa stajališta gotovog proizvoda utječe i na njegovu kvalitetu i uz geometriju alata i režim obrade činilac je definiranja te kvalitete. Kao proizvod nekog postupka prerade /primarna i dr./ može se odmah upotrebiti, ali u većini slučajeva čini proizvod koji služi za viši stupanj obrade /finalizacija/. I u jednom i

drugom slučaju činioci kvalitete kao: točnost dimenzija i oblika, finoća površine, čvrstoća, kvaliteta sklopova, kompozicija složenih proizvoda i dr., traže poznavanje elementarnog i još više komponiranog proizvoda. Faktori koji uvjetuju spomenute činioce moraju se poznavati, a njihovo otkrivanje čini temelj za razvoj proizvoda i poboljšanje svojstva konstrukcije iz drva. U ovu se kategoriju uključuju i istraživanja, rezultati kojih će omogućiti modifikaciju prirodnih svojstava drva, pa prema tome i proizvoda iz drva.

Ovako koncipirani osnovni pravci znanstvenoistraživačkog rada na području drvnotehnološke znanosti potreba su današnjeg stanja i budućeg razvoja drvne industrije. Za ovakvu koncepciju okosnice programa ustanovljeno je unutar istraživačkog projekta 5 tema i 22 zadatka. Nazivi tema i zadataka, njihovi nosioci kao i izvodi iz publiciranih radova, zaključno s 1978. godinom, tiskani su u članku "Bibliografija radova programa znanstveno-istraživačkog projekta - Istraživanja svojstava drva i proizvoda iz drva kod mehaničke prerade - za razdoblje 1976 - 1978. god." *

4.0 OBJAVLJENI RADOVI PO TEMAMA IZ PROGRAMA ZNANSTVENOISTRAŽIVAČKOG PROJEKTA U ČASOPISU "DRVNA INDUSTRIJA"

Objavljeni radovi često se koriste kao pokazatelji efikasnosti znanstvenoistraživačkog rada. U časopisu "Drvna industrija" kao primarnom dokumentu tiskane su brojne informacije /članci/, koje su vezane na program razmatranog istraživačkog projekta. Na taj se način kroz časopis "Drvna industrija" ostvario put brzog znanstvenog komuniciranja. Horizontalno između znanstvenih radnika i stručnjaka, i vertikalno prijenosom rezultata izvršenih istraživanja do stručnjaka u praksi.

Ukupan broj objavljenih radova po temama, kao i broj od tih radova objavljen u časopisu "Drvna industrija" dan je u slijedećem pregledu:

* Bađun, S. i Herak, V.: Bilten ZIDI, Šumarski fakultet
Zagreb, 1979. /Glasnik, str. 1-50

T e m a	1976		1977		1978		Sveukupno	
	Ukup.	DI	Ukup.	DI	Ukup.	DI	Ukup.	DI
1. Istraživanja na području nauke o drvu	-	-	3	1	1	-	4	1
2. Istraživanja na području tehnologije masivn.drva	3	3	1	1	15	4	19	8
3. Istraživanja na području tehnologije furnira i ploča	2	1	3	2	4	1	9	4
4. Istraživanja na području tehnologije namještaja	7	7	6	3	11	7	24	27
5. Istraživanja na području tehnologije proizvoda iz drva za građevinarstvo	1	1	1	1	1	-	3	2
UKUPNO:	13	12	14	8	32	12	59	32
%		92		57		38		54

DI - Časopis "Drvena industrija"

Kao što se iz pregleda vidi, više od polovice ukupnog broja objavljenih radova do 1978. godine iz programa znanstveno-istraživačkih projekata, tiskan je u časopisu "Drvena industrija". Neki od objavljenih radova kategorije su fundamentalnih istraživanja, većina primjenjenih i razvojno-istraživačkih, a jedan je u kategoriji izuma koji je patentiran /Savezni zavod za patente, broj P. 256/75/, M. Štambuk: Magnetski kontrolnik za mjerenje ispupčenja profila pilne trake. Drv. ind. 1978 /29/:5/6, str. 125-134.

Ostali radovi izvršeni u okviru programa, objavljeni su u drugim domaćim stručnim časopisima, a neki i u inozemnim.

Broj objavljenih radova po temama znanstvenoistraživačkog projekta dani su u prethodnom pregledu. U pregledu koji slijedi dat će se broj članaka i autora, oznaka organizacije u kojoj rade: Šumarski fakultet /ŠF/, Institut za drvo /IZAD/, Centar za razvoj drvene industrije /CDI/, OUR drvene industrije /UR/:

Godina	članaka	autora	ŠF	IZAD	CDI	UR
1976	13	11	5	3	-	3
1977	14	13	7	4	-	2
1978	32	25	12	5	1	7

Radi potpunosti pregleda o objavljenim radovima istraživačkog projekta, u daljem pregledu iznijet će se broj tih radova po kvalifikacijama autora ZR, IR i PIR /prvi objavljeni rad/ po godinama:

Godina	Članaka	Autora	ZR	IR	PIR	Članaka po		
						ZR	ZR+IR	Svih
1976	13	11	6	2	3	0,38	0,22	0,17
1977	14	13	10	1	2	0,41	0,24	0,18
1978	32	25	14	8	3	0,94	0,55	0,41

U jednom i drugom pregledu uočljiv je razvoj radova na programu istraživanja. Iz njih su također vidljive i promjene u broju i kvalifikacionoj kategoriji autora koji su iz kategorije PIR prešli u kategoriju IR, a neki od njih iz istraživača u znanstvene radnike. Sve to proizlazi iz aktivnosti koje se sprovode u organizaciji, izvođenju i izvršenju radova na projektu istraživanja. Udjel znanstvenih radnika, istraživača i PIR iz OUR-a drvene industrije sve je evidentniji, a to ukazuje na aktualnost zadatka istraživačkog projekta. Efikasnost znanstvenoistraživačkog rada izražena brojem članaka po ZR ili ZR + IR nije tako mala kako to na prvi

pogled izgleda, ako se uzme u obzir da je to početak istraživanja, da istraživači nisu kategorije "full time" /FT, 11 mjeseci rada na istraživačkim projektima/. Ta se efikasnost za jednog FT istraživača kretala od 1970. do 1976. god. od 0,6 - 0,8 za SFRJ i 0,69 - 1,16 u SR Hrvatskoj.

5.0 MATERIJALNO-TEHNIČKA OPREMLJENOST ZA IZ- VODENJE PROGRAMA ISTRAŽIVAČKOG PROJEKTA

Radovi vezani na istraživačke zadatke u okviru programa znanstvenoistraživačkog projekta, vrše se u laboratorijima navedenih organizacija i izabranim poligonima u OUR-ima drvne industrije materijalne proizvodnje. Prema karakteru zadataka neki se radovi mogu obavljati u laboratoriju, a neki u proizvodnim pogonima, dok je za neka istraživanja potrebno koristiti oba ova mjesta. Laboratorijska opremljenost za istraživanja postoji na Fakultetu i Institutu za drvo i ona se od 1976. godine na dalje neprestano dopunjava. Pri tom se vodi politika opremanja u smislu kompletiranja, a ne dupliranja, uz zajedničko korišćenje opreme. Opremljenost laboratorija Instituta za drvo, naročito laboratorija za ispitivanje kvalitete namještaja i poluindustrijskog laboratorija za izradu i ispitivanje ploča iz drva, znatno je pripomogla ostvarivanje istraživanja na temama tehnologije namještaja i tehnologije furnira i ploča. Laboratorijska i proizvodna opremljenost u izabranim OUR-ima drvne industrije, kao daljnjim poligonima za istraživačke radove, omogućuje realizaciju programa istraživanja za određene teme i zadatke. Uz znanstvene radnike na takvim se poligonima angažiraju i istraživači, te pomoćni istraživači iz redova stručnjaka u OUR-ima, čime se postupno proširuje kadrovska baza za radove na istraživanjima, a što se vidi iz pregleda strukture istraživačkog kadra za 1976, 1977. i 1978. godinu.

6.0 ZNANSTVENOISTRAŽIVAČKI RAD U RAZDOBLJU SLIJEDEĆEG SREDNJEROČNOG PLANA

Iz dosadašnjeg pregleda znanstvenoistraživačkog rada na području nauke o drvu i drvnotehnološke znanosti vidljiva je problematika, stanje radova na istraživanjima i zadaci koji nisu obuhvaćeni /poglavlje 3.0/ ovim istraživačkim projektom.

U slijedećem periodu potrebno je dalje poboljšavanje organizacije izvođenja programa, dogovorno uključivanje prioriternih zadataka koji proizlaze iz datih okosnica programa, dalje okupljanje stručnjaka za rad na projektu, te kroz rad na programu istraživanja poboljšati njihovu kvalifikacionu strukturu u skladu sa Zakonom o organizaciji znanstvenog rada, većeg angažiranja razvojnih službi OUR-a drvne industrije za sudjelovanje kod postavljanja i izvođenja radova na istraživanju, poboljšanje materijalno-tehničke opremljenosti za potrebe istraživanja na projektu, kao i izborom novih poligona istraživanja. Sve će to onda omogućiti veću produktivnost znanstvenoistraživačkog rada i dati rezultate, koji će, primjenjeni u pogonima drvne industrije, pridonijeti rješavanju niza pitanja tehničko-tehnološke i organizacijske naravi, a u krajnjoj liniji i potrebne ekonomske efekte.



Stanislav Bađun ^{3*}

ENERGIJA ODRVENJENE BIOMASE IZ ŠUMSKE PROIZVODNJE

1.0 UVOD

Količina energije, potrebna za svakodnevno podmirenje široke skale zahtjeva čovječanstva, svakim danom postaje sve veća. Nasuprot tomu prirodni izvori energije svakim se danom sve više smanjuju i izazivaju sve češće krizna stanja. Radi toga je razumljivo da su nastojanja čovječanstva okrenuta traženju rješenja u takvim prirodnim izborima energije, koji praktično predstavljaju nepresušna /obnavljajuća/ vrela.

Odrvenjena biomasa iz šumske proizvodnje jedan je od nekoliko takvih obnavljajućih prirodnih izvora energije. Neizravna i izravna korist od te produkcije moraju naći svoje uravnoteženje u budućnosti, iz poznatih razloga. Razumljivo je današnje shvaćanje da izravno korišćenje odrvenjene biomase za dobivanje energije predstavlja rasipanje te vrijedne organske materije. Ipak je sigurno da se još uvijek velik dio te materije rasipava i mnogo beskorisnije /ostaci u šumskoj i drvarskoj proizvodnji/. Razumljiv je današnji trend u pokušajima iznalaženja mogućnosti integralnog /kompleksnog/ korišćenja odrvenjene biomase u proizvodnji visokovrijednih proizvoda. No ti pokušaji ne isključuju rješenja boljeg i racionalnijeg korišćenja ostataka /otpatka/, te materije za dobivanje energije. Za to danas postoje tri razloga, a to su: velika količina ostataka u šumskoj i drvarskoj proizvodnji koji se ne koriste, povremene pojave energetske krize i stalno smanjivanje klasičnih prirodnih izvora energije.

^{3*} Prof.dr S. Bađun, dipl. ing., Katedra za tehnologiju drva, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Iz tog se razloga u ovom prilogu želi osvježiti i ukazati na vrijednost odrvenjene biomase kao prirodnog izvora energije. Podaci koji će se ovdje iznijeti dvojakog su značenja. Za ocjenu vrijednosti ove tvari s aspekta dobivanja energije i kao upozorenje za eventualnu ljudsku nesmotrenost, u času dugotrajnije energetske krize, u smislu njenog neracionalnog korišćenja.

2.0 ZADATAK I MATERIJAL ZA ISTRAŽIVANJE

Odrvenjena, pa i neodrvjenjena biomasa šumske proizvodnje od davnine se koristi za dobivanje toplinske energije. Količina topline koja se dobiva izgaranjem jedinice mase ili volumena neke tvari, izraženo u kJ/kg /kcal/kg/, naziva se snaga ogrijevanja ili kalorična vrijednost. Kalorična vrijednost može se utvrditi kemijskim, fizičkim i tehničkim načinom. Za ovaj se rad kalorična vrijednost odrvenjene biomase nije određivala, nego su se upotrijebili podaci iz literature.

Za potrebe obračunavanja kalorične vrijednosti odrvenjene biomase u ovom se radu istraživanjem odredila:

- volumna masa standardno suhog i prosušenog drva debela do 7 cm promjera,
- volumna masa standardno suhog i prosušenog drva grana od 1 do 7 cm promjera,
- volumna masa standardno suhe i prosušene kore.

Kao materijal za istraživanje i obračunavanje uzeta su po dva modelna stabla hrasta i jasena iz gospodarske jedinice "J. Kozarac" šumarije Lipovljani, podaci kojih su dani u tabelama 1 i 2. Iz njih su izrađeni odresci uzoraka na svakih 1,3 m dužine debela. Probni kolotovi su odabrani i izrađeni iz ovih uzoraka.

Tabela 1. - Podaci o modelnim stablima, broju uzoraka, kolutova i proba

Vrst drva	Prsni promjer cm	Visina m	volumen, m ³			deblovina			granjevina		
			deblovina	granjevina	Ukupno	Uzoraka	ispitano		pro- mje- ro	ko- lu- ta	pro- ba
hrast	50,1	34,3	3,180	0,130	3,310	24	5	64	1-7	-	-
hrast	50,1	34,6	3,305	0,215	3,520	25	4	52	1-7	1	6
jasen	40,6	32,4	2,011	0,196	2,207	21	5	71	1-7	-	-
jasen	41,9	34,4	2,156	0,104	2,260	24	5	59	1-7	1	5

Tabela 2. - Podaci o udjelu i volumenu kore

Vrst drva	volumen, m ³						Ukupno kore m ³	Ispitano	
	deblovina	% kore /1,2/	kore	granjevina	% kore	kore		koluta	proba
hrast	3,180	16,4	0,522	0,130	20,0	0,026	0,548	5	11
hrast	3,305	17,3	0,572	0,215	20,0	0,043	0,615	4	16
jasen	2,011	15,1	0,304	0,196	26,3	0,052	0,356	5	19
jasen	2,156	15,9	0,343	0,104	26,3	0,027	0,370	5	20

1/ - Bojanin, S.: Gubitak kod sječe i izrade hrasta lužnjaka s obzirom na učešće sortimenata. Drvna Ind., 1965, 16 /3/4/:

2/ - Bojanin, S.: Debljina i postotak kore oblovine poljskog jasena. Šum. List, 1972., /7/8/: 267-277

Kalorična vrijednost za drvo hrasta i jasena prikazana je u tabeli 3. Podaci u tabeli rezultati su kemijskog načina određivanja na temelju elementarnog sastava $/Q_n, H_o/$ ili su rezultati istraživanja pojedinih autora. Rezultati su prikazani u kcal/kg i za njihovo preračunavanje u kJ/kg treba ih umnožiti s 4,1868. Podaci pojedinih autora o kaloričnoj vrijednosti pokazuju znatne razlike, koje potječu od metoda istraživanja i faktora prirode drva. Oni se razlikuju i do 25%. /3, 4, 5, 6, 7, 8/.

Tabela 3. - Elementarni sastav drva i kalorična vrijednost standardno suhe hrastovine i jasenovine

Vrst drva	Ugljik C	Vodik H	Kisik O	Q_n kcal/kg	H_o kcal/kg	Fabric. kcal/kg	Perel. kcal/kg	Feher kcal/kg	Schlöp. kcal/kg
hrast	49,4	6,1	44,5	4345	4184	4390	4857	4244	4356
jasen	49,4	6,1	44,5	4345	4184	4255	-	4402	-

$$Q_n = 81 C + 246 H - 26 O; H_o = 8100 C + 34000 / H - \frac{O}{8} + 2500 S$$

/u izrazu $Q_n - C, H, O$ u % /p/; u izrazu $H_o - C, H, O$ u O, op;
S-sumpor/

- 3/ - Fabricius, L.: Forstbenutzung, 14. izd., Hamb./Berlin 1949.
- 4/ - Perelygin, A.M.: Drevesenovedenie, Moskva 1969.
- 5/ - Feher, D.: Erdeszeti kiserletek, sv. 42, 1941.
- 6/ - Schlöpfer, P.: Grundsätzliches über die Verbrennung des Holzes, I. Schweiz. Kongr., Bern 1936.
- 7/ - Kollmann, F.F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. I. Band. München 1951.
- 8/ - Ugolev, B.N.: Drevesenovedenie i lesnoe tovarovedenie. Moskva 1975.

3.0 METODA RADA

Nakon obaranja na modelnim je stablima određena masa vaganjem /točnost 0,1 kg/ i volumen sekcioniranjem /točnost dužine i promjera, 1 mm/ sekcija od 1,3 m. Posebno je mjerena deblovina a posebno granjevina. Osim toga na svakoj je sekciji ispiljen kolut debljine 3 - 5 cm namijenjen određivanju volumne mase. Nakon kondicioniranja kolutova u laboratoriju iz njih su izrađene probe prema JUS D.Al.044. Usporedno s izradom proba iz drva izrađene su i probe za određivanje volumne mase kore. Uobičajenim laboratorijskim postupcima i obračunom, dobiveni su potrebni podaci za izračunavanje kaloričke vrijednosti istraživanih vrsta drva.

4.0 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Dobiveni rezultati o volumnoj masi bit će izneseni posebno za drvo i posebno za koru. U daljnjem prikazivanju podataka oni će se razmatrati odvojeno za različita stanja vlažnosti /sirovo, standardno suho i prosušeno/. Na temelju prosječnih vrijednosti volumne mase, sadržaja vode i kalorične vrijednosti obračunate su kalorične vrijednosti drva hrasta i jasena za masu od 1 m^3 , $1 \text{ pm} / 0.7 \text{ m}^3 /$ kao i kalorična vrijednost za ukupnu masu svakog modelnog stabla. Istim se postupkom obračunavala i kalorična vrijednost granjevine i kore. U tabelama 4 i 5 svrstani su ti podaci za stanje vlažnosti /sirovo/ odmah nakon obaranja.

Tabela 4. - Podaci o volumnoj masi i sadržaju vode deblovine

Vrst drva	Masa kg	Volum. m ³	ρ_s kg/m ³	ρ_n kg/m ³	ρ_o kg/m ³	Udjel vode, kg		Sadržaj vode %
						po m ³	ukupno	
hrast	3171,1	3,180	997,2	563,3	664,1	433,9	1379,8	77,0
hrast	2996,0	3,305	906,5	517,2	618,0	389,3	1286,6	75,3
jasen	1576,9	2,011	784,1	550,6	644,8	233,5	469,6	42,4
jasen	1720,7	2,156	798,1	544,6	633,4	253,5	546,5	46,5

ρ_s - volumna masa drveta debila; ρ_n - nominalna volumna masa;
 ρ_o - volumna masa standardno suhog drva.

Tabela 5. - Podaci o volumnoj masi i sadržaju vode granjevine

Vrst drva	Masa kg	Volum. m ³	ρ_s kg/m ³	ρ_n kg/m ³	ρ_o kg/m ³	Udjel vode, kg		Sadržaj vode %
						po m ³	ukupno	
hrast	131,59	0,130	1012,2	-	-	-	-	-
hrast	219,00	0,215	1018,6	576,8	704,3	441,8	95,0	76,6
jasen	151,15	0,196	771,2	-	-	-	-	-
jasen	123,30	0,104	1185,6	607,6	758,2	578,0	60,1	95,1

Kalorična vrijednost sirovog drva debila i grana nije obračunata. Ona nije upotrebno zanimljiva i relativno je niska. Poznato je da se za svakih 10% sadržaja vode smanjuje kalorična vrijednost za oko 12% u odnosu na onu za standardno drvo.

Volumna masa kore neposredno nakon obaranja nije određivana, jer je kalorična vrijednost sirove kore /vlažnost 80 - 90%/ praktično jednaka nuli.

U tabelama 6 i 7 daju se obračunate vrijednosti snage ogrijevanja H_o / deblovine i granjevine kod 0% vlažnosti.

Tabela 6. - Podaci o kaloričnoj vrijednosti standardno suhog drva deblovine

Vrst drva	ρ_o kg/m ³	D e b l o v i n a			Ukupna H_o - deblovine			
		H_o /3/ kcal/kg	H_o Gcal/m ³	H_o Gcal/pm	ρ_n kg/m ³	volum. m ³	masa kg	H_o Gcal
hrast	664,1	4390	2,915	2,041	563,3	3,180	1791,3	7,864
hrast	618,0	4390	2,713	1,899	517,2	3,305	1709,3	7,504
jasen	644,8	4255	2,744	1,920	550,6	2,011	1107,2	4,711
jasen	633,4	4255	2,695	1,887	544,6	2,156	1174,2	4,996
Ukupno:							5782,0	25,075

Tabela 7. - Podaci o kaloričnoj vrijednosti standardno suhog drva granjevine

Vrst drva	ρ_o kg/m ³	G r a n j : e v i n a			Ukupna H_o - granjevine			
		H_o kcal/kg	H_o Gcal/m ³	H_o Gcal/pm	ρ_n kg/m ³	volum. m ³	masa kg	H_o Gcal
hrast	704,3	4390	3,092	2,164	576,8	0,345	199,0	0,874
jasen	758,2	4255	3,226	2,258	607,6	0,300	182,3	0,776
Ukupno:							381,3	1,650

9/ - Štajduhar, F.: 1976. Neki problemi iskorišćivanja drvnih otpadaka u SR Hrvatskoj. Drvna Ind. 27 /3/4/:59-69.

Iz podataka prosječnih kaloričnih vrijednosti, prikazanih u tabelama 6 i 7, vidi se da su one veće za granjevinu nego deblovinu. Kumulirana masa istraživanog drva debela i grana iznosi 6,163 t, što uz veličinu volumnog utezanja od 13,9% predstavlja volumen od 9,727 m³. Kalorična vrijednost te mase odnosno volumena iznosi 26,725 giga kalorija /111,89 GJ/ i ekvivalentna je kaloričnoj vrijednosti 10,28 t lignita ili 3,87 t smeđeg /švel/ ugljena, 3,26 t kamenog /pješčanog/ uglja ili 2,94 t kamenog /antracit/ ugljena. Ista komparacija za goriva dobivena iz nafte pokazuje da su 2 do 3 kg drva ekvivalent za 1 kg nafte ili mazuta, a masa od 2,5 - 4 kg drva zamjenjuje 1 m³ zemnog plina.

I kora je produkt šumske bioproizvodnje i kao odrvenjena biomasa može se koristiti za dobivanje topline. U nas se ona još uvijek smatra otpatkom iako postoje načini da se privede raznim oblicima upotrebljivih proizvoda ili da se koristi kao gorivo. Podaci u tabeli 8 potvrđuju njenu vrijednost kao goriva. Isto tako drvni otpaci velika su količina upotrebljivog goriva /9/.

Tabela 8. - Podaci o volumnoj masi i kaloričnoj vrijednosti standardno suhe kore

Vrst drva	ρ_o kg/m ³	ρ_n kg/m ³	H _o - kore			Ukupna H _o - kore		
			/10/ kcal/kg	Gcal/m ³	Gcal/pm	volum. m ³	masa kg	H _o Gcal
hrast	612	533	3.886	2,378	1,665	0.548	292,1	1,135
hrast	632	543	3.886	2,456	1,719	0.615	333,9	1,298
jasen	699	609	4.173	2,917	2,042	0.356	216,8	0.905
jasen	689	592	4.173	2,875	2,013	0.370	219,0	0.914
Ukupno							1061,8	4.252

10/ - Harkin, J.M., Rowe, J.W.: Bark and its possible uses. U.S.D.A. For. serv. Res. Note, FPL - 091, Madison 1971.

Tabela 9. - Podaci o volumnoj masi i kaloričnoj vrijednosti prosušenog drva debla i grana

Vrst drva	d e b l o v i n a					
	ρ_p kg/m ³	vlaž. %	/5/ kcal/kg	Gcal/m ³	Gcal/pm	Gcal
hrast	697	12,3	3418	2,382	1,667	6,876
hrast	621	10,5	3418	2,122	1,485	6,456
jasen	690	15,1	3493	2,410	1,687	4,451
jasen	692	13,6	3493	2,417	1,692	4,659
	masa 6508,7 kg					22,445

Vrst drva	g r a n j e v i n a				
	ρ_p kg/m ³	vlaž. %	Gcal/m ³	Gcal/pm	Gcal
hrast	723	8,4	2,471	1,730	0,674
jasen	758	6,8	2,648	1,853	0,632
	masa 378,4 kg				1,306

Slična komparacija koja je izvršena za standardno suho drvo može se učiniti i za koru. Harkin, J.M. /10/ navodi da 10 t standardno suhe kore, po svojoj kaloričnoj vrijednosti, zamjenjuje 7 t ugljena ili 5 t tekućeg goriva. Treba naglasiti da su dosadašnje komparacije razmatrale kaloričnu vrijednost standardno suhe odrvenjene biomase /0% vlažnosti/, a da drvo ili kora u upotrebi sadrže uvijek određenu količinu vode. Najčešće stanje vlažnosti u upotrebi je prosušeno stanje /8 - 22%/. Radi toga su u tabelama 9 i 10 prikazani potrebni podaci i obračuni za prosušeno drvo i koru.

Tabela 10. - Podaci o volumnoj masi i kaloričnoj vrijednosti prosušene kore

Vrst drva	ρ_p kg/m ³	vlaž. %	H_p - kore *			Ukupna H_p - kore		
			kcal/kg	Gcal/m ³	Gcal/pm	m_o kg	m_p kg	Gcal
hrast	643	12,3	3300	2,199	1,539	292,1	328,0	1,082
hrast	663	10,5	3300	2,267	1,587	333,9	368,9	1,217
jasen	721	10,8	3550	2,647	1,853	216,8	240,1	0,768
jasen	720	11,6	3550	2,644	1,851	219,0	244,3	0,782
						Ukupno	1181,3	3,849

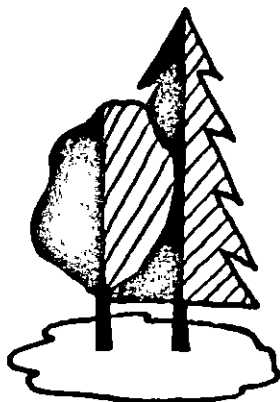
m_o - masa standardno suhe kore

m_p - masa prosušene kore

* - vrijednost H_p uzeta kao približna prosječna vrijednost.

Kao što je iz tabela vidljivo kalorična je vrijednost prosušenog drva niža od one standardno suhog drva. Ona predstavlja količinu oslobođene topline drva u slučaju kada se u produktima izgaranja nalazi voda u obliku pare i zavisi o sadržaju vode kao što je već ranije iznijeto.

U uvodnim razmatranjima naglašeni su aspekti koji su bili razlog pristupanju razmatranja ovog pitanja. Onaj dio koji se odnosi na ostatak odrvenjene biomase iz šumske i drvnoindustrijske proizvodnje, kao što je iz rezultata istraživanja vidljivo, predstavlja veliku, često neiskorištenu energiju. U pomanjkanju drugih racionalnijih načina korišćenja, taj bi se ostatak odrvenjene biomase trebalo makar i na ovaj način iskoristiti. On prema tome ne predstavlja otpadak nego korisni ostatak ili nuzproizvod, ili sekundarnu sirovinu.



BIILTEN - Zavoda za istraživanja u drvnoj industriji

God. 7

Zagreb 1979

Broj 4

S a d r ž a j

	str.
Vladimir Bruči i Salah Eldien Omer Neki novi postupci za ispiti- vanje iverica	1
Stanislav Bađun i Boris Ljuljka Znanstveno-istraživački rad na području nauke o drvu i drvno- tehnološke znanosti za razdob- lje 1976 - 1980. godine ,.....	29
Stanislav Bađun Energija odrvenjene biomase iz šumske proizvodnje	40

R e d a k t o r i :

Prof. dr Stanislav Bađun

Prof.dr mr Boris Ljuljka

Doc. dr mr Mladen Figurić

Dipl. ing. Vladimir Herak

Tehnički urednik :

Zlatko Bihar