

BILTEN



DIGITALNI REPOZITORIJI ŠUMARSKOG FAKULTETA
2018.

S a d r Ź a j :

str.

V. Bruči i M. Primorac

Određivanje gustoće profila iverica
gama-zrakama u pogonskoj kontroli i
kontroli kvalitete gotovih ploča 1

V. Bruči, I. Opačić i V. Sertić

Određivanje formaldehida koji se
oslobađa iz ploča iverica, perforator
i WKI metodom 38

S. Bađun, B. Petrić, V. Šćukanec i S. Govorčin:

Karakteristike bukovine iz trupaca
duže vrijeme ostavljenih u šumi 46

R e d a k t o r i :

Prof.dr Stanislav Bađun
Doc.dr mr Mladen Figurić

Prof.dr mr Boris Ljuljka
Dipl. ing. Vladimir Herak

Tehnički urednik:
Zlatko Bihar

ODREĐIVANJE GUSTOĆE PROFILA IVERICA
GAMA-ZRAKAMA U POGONSKOJ KONTROLI I
KONTROLI KVALITETE GOTOVIH PLOČA

Vladimir Bruči
Miljenko Primorac
Šumarski fakultet, Zagreb

UDK 634.0.862.2
Znanstveni rad

Gotovo su sva svojstva iverica ovisna neposredno ili posredno o njenoj gustoći. Nije, međutim, dovoljno poznavati samo srednju vrijednost gustoće, budući da svojstva iverice ovise i o razdiobi gustoće u smjeru debljine, tj. o gustoći profila. U ovom je radu dat prikaz različitih postupaka za određivanje gustoće profila. Na temelju podataka iz literature i originalnih mjerenja gustoće profila pokazano je kako metoda određivanja gustoće profila gama-zrakama može poslužiti za: - ispitivanje i analizu asimetrije i nejednoličnosti gustoće što se često primjećuje u vezi s izbacivanjem ploča; - podešavanje udaljenosti između zone maksimalne gustoće i površine iverice prema unaprijed postavljenim tolerancijama debljine i potrebnoj minimalnoj debljini koja se skida brušenjem; - ispitivanje i ocjenjivanje kvalitete površine iverice s obzirom na oplemenjivanje i ovisnost kvalitete površine o gustoći profila.

Ključne riječi: gustoća /obujamska masa/ profila,
određivanje gustoće profila brušenjem /glodanjem/, rentgenskim zrakama i gama-zrakama.

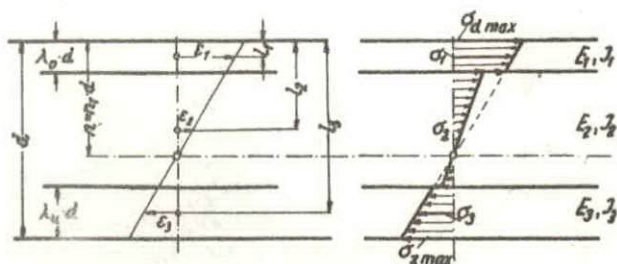
* Rad je izvršen u okviru teme ZIDI-a 6.6.3. "Istraživanja na području tehnologije furnira i ploča". Jednim je dijelom eksperimentalni rad izvršen u Muenchenu /Institut fuer Holzforschung/ i Braunschweigu /Wilhelm-Klauditz Institut/ zahvaljujući stipendiji DAAD za tromjesečni studijski boravak u SR Njemačkoj koju je autor dobio preko Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske.

U V O D

Kod proizvodnje iverica iz iverja na koje je nani-jeto ljepilo formira se različitim postupcima tepih, koji treba imati što je moguće ravnomjerniju masu po jedinici površine. Taj se tepih zatim u vrućoj preši ugušćuje na unaprijed određenu debljinu i lijepljenjem se ukružuje. Bu-dući da se kod kontaktnog zagrijavanja toplina dovodi preko površine tepiha, to se zone bliže površini zagriju brže i jače nego središnje zone. Tepih se, zbog više temperature u vanjskim zonama, u tim zonama jače plastificira i ugušćuje nego u središnjoj zoni. Budući da veća gustoća vanjskih slojeva povoljno djeluje na svojstva iverica u najčešćim područjima primjene, taj se efekt još pojačava time da se za vanjske slojeve koristi tanje iverje, koje se lakše pla-stificira nego iverje unutarnjeg sloja. Razlike u gustoći između vanjskih i unutarnjih slojeva mijenjaju se promjenom uvjeta u izradi tako, da se uz jednaku srednju gustoću mogu dobiti međusobno različite gustoće profila. S druge strane gustoća profila povezana je s najvažnijim tehnološkim svojstvima iverica. Ta povezanost za sada je samo kvalitativno poznata, što je nedovoljno da bismo na svojstva iverica mogli utjecati preko gustoće profila. U normalnoj proizvodnji jednog uređaja ili čitavog postrojenja nastoje se promjene u pripremi materijala svesti u što je moguće uže granice. Tip postrojenja je ionako stalan, a također upravljanje pre-šanja je takvo, da postoje samo neznatna odstupanja od pred-viđenog režima prešanja, tako da od puno faktora koji djeluju na gustoću profila, samo se neki mijenjaju tako jako, da mogu imati jači utjecaj na oblik profila. Budući da svojstva ploče ovise jako i o gustoći profila, mjerenje i izračunava-nje gustoće profila može biti dobro svojstvo za upravljanje i reguliranje proizvodnje. Debljina sloja koji se brusi /nakon odležavanja/ podešava se uvijek prema unaprijed odre-đenoj nominalnoj debljini iverice. Mnoga mjerenja na indu-

strijski izrađenim ivericama pokazuju da zone najveće gustoće i stoga tvrdoće, čvrstoće i zatvorenosti površine ne leže uvijek na površini ploče. Dodatak na debljinu zbog brušenja određuje se dakle samo s aspekta tolerancije debljine, a ne prema debljini više ili manje poroznog vanjskog sloja.

Keylwerth je prvi /1958/ ukazao da iverice treba shvatiti kao višeslojne sastavljene sisteme. Sl. 1 pokazuje deformacije i naprezanja savijanja u poprečnom presjeku troslojne iverice.

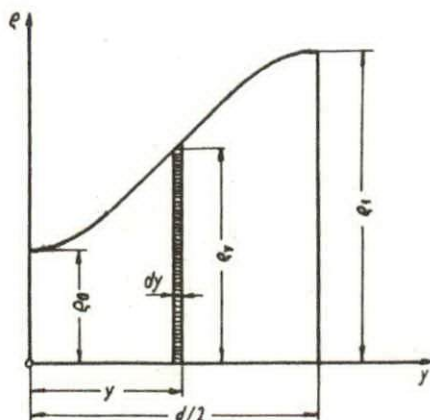


Sl. 1 Razdioba linearnih deformacija i naprezanja savijanja u poprečnom presjeku troslojne iverice / λ - razmak nul linije od gornjeg ruba; l_1, l_2, l_3 - razmaci srednjih točaka od pojedinih slojeva od gornjeg ruba; $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ i $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - deformacije odnosno naprezanja u navedenim točkama / 24/.

Polazi se pri tom od linearnog rasporeda naprezanja i konstantnog modula elastičnosti unutar slojeva. Prema tome, produkt modula elastičnosti / E / i momenta inercije / J / za promatrani presjek troslojne iverice jednak je sumi produkata modula elastičnosti i momenta inercije pojedinih slojeva presjeka, što proizlazi iz slijedeće jednadžbe:

$$EJ = E_1J_1 + E_2J_2 + E_3J_3$$

Različita svojstva materijala unutar samih slojeva, naročito gustoća profila, nisu uzeti u obzir. Plath /1971/ je dao niz prijedloga da se gustoća profila aproksimira različitim funkcijama koje se mogu integrirati. Slika 2 prikazuje jedan takav prijedlog. Odgovarajući E-modul elastičnosti je pri tom uvijek ovisan o pretpostavljenoj funkciji i o vezi između E-modula i gustoće.

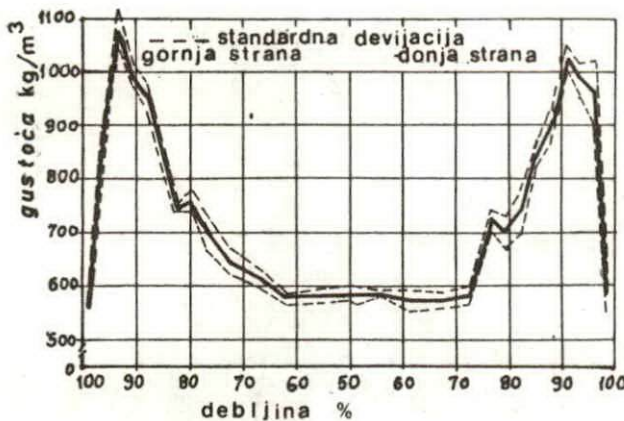


Sl. 2 Sinusoidalni oblik gustoće profila naprezane ploče iverice /Plath 1971/. Srednja obujamska masa takvog profila je: $\rho_v = \rho_1 - \rho_0$

ODREĐIVANJE GUSTOĆE PROFILA GLODANJEM ILI BRUŠENJEM

Za određivanje gustoće profila iverica razvijene su različite metode. Kod najstarije metode brušenjem ili glodanjem odstranjuju se pojedini slojevi paralelno s površinom uzorka. Na osnovi mase i obujma određuje se gustoća pojedinih slojeva. Ako pri tome treba odrediti samo srednju vrijednost gustoće malog broja slojeva, onda točnost postupka zadovoljava i postupak nije preskup. No, budući da krivulja koja predstavlja gustoću profila nije pravac, nego je njen oblik sinusoidaln, za točnije određivanje te krivulje potrebno je mjerenjem dobiti više točaka. S porastom broja

slojeva za koje se određuje gustoća rastu troškovi i netočnost određivanja obujma i mase /sl. 3/. Puna linija na slici 3 predstavlja srednju vrijednost od 5 mjerenja, crtkane linije predstavljaju standardnu devijaciju srednje vrijednosti. S dviju proba kod kojih se mogla pretpostaviti velika sličnost svojstava zbog neposrednog položaja u ploči, skidani su glodanjem slojevi s gornje, odnosno s donje strane. Deset vanjskih slojeva zbog većih razlika gustoće skidano je u debljinama po 0,5 mm, dok su u srednjoj zoni skidani slojevi debljine 1,0 mm. Ako je debljina slojeva premala, veće su netočnosti mjerenja, ako se izaberu predebeli slojevi, oblik profila bit će naročito u vanjskim slojevima iskrivljen.



Sl. 3 Gustoća profila iverice određena glodanjem slojeva. Puna linija pokazuje tijek srednje gustoće /srednja vrijednost od 5 mjerenja /./ 24 /

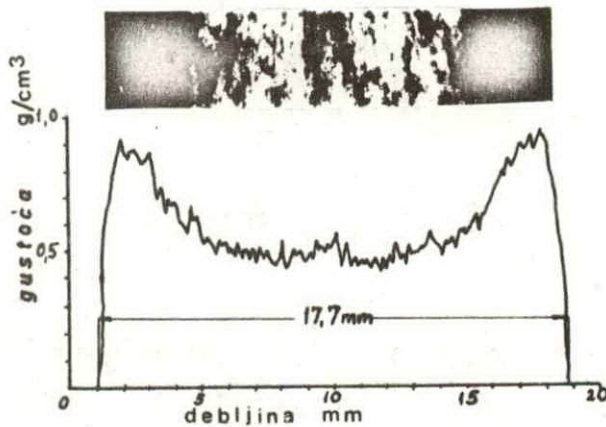
ODREĐIVANJE GUSTOĆE PROFILA RENTGENSKIM ZRAKAMA

U zadnje vrijeme pažnju su privukli postupci koji su radili sa zrakama /6/. Među tim postupcima najtočniji je postupak s rentgenskim zrakama i kasnijim određivanjem gustoće sa snimke /filma/ densitometrijskom metodom.

Visoki troškovi za nabavku prikladnih rentgenskih uređaja i velik utrošak filma vjerojatno su razlog da taj postupak nije našao širu primjenu. Nedostatak je i velika procedura da se dobiju rezultati, jer je vremenski razmak između mjerenja i dobijanja rezultata - snimanje, razvijanje filma i densitometrijsko izračunavanje gustoće - vrlo velik.

ODREĐIVANJE GUSTOĆE PROFILA GAMA-ZRAKAMA

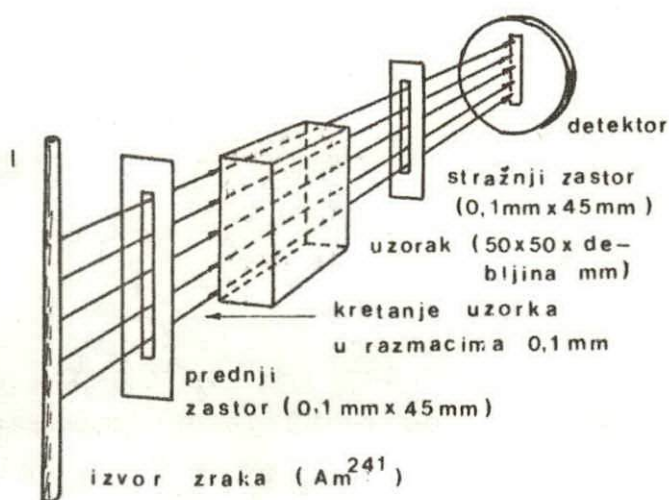
U suradnji s Institut fuer Strahlenbotanik razvijen je u Wilhelm-Klauditz-Institut novi postupak za mjerenje gustoće profila pomoću gama-zraka /May, Kuehn, Schätzler 1976/. Na gornjem dijelu slike 4 prikazan je rentgenski snimak jedne probe, a na donjem dijelu rezultati mjerenja iste probe gama-zrakama.



Sl. 4 Rentgenska snimka i gustoća profila. Mjerenje profila pomoću gama-zraka. /31/

Posebna prednost tog postupka je vrlo kratko vrijeme mjerenja, 3 do 6 minuta po probi. Osim toga postignuta je vrlo velika preciznost, jer se mjeri gustoća slojeva debljine 0,1 mm. Time je bitno povećana točnost pojedinačnih mjerenja i omogućeno mjerenje veće količine uzoraka u relativno krat-

kom vremenu. Mjerenje se obavlja bez razaranja materijala tako da se kasnije na istim probama mogu obaviti ispitivanja ostalih svojstava. Osim toga vrijednosti dobivene mjerenjem mogu se obrađivati u računarima i rezultati se dobiju praktički istovremeno s mjerenjima. Tim postupkom moguće je dobiti reprezentativne gustoće profila i promjenom uvjeta u proizvodnji ustanoviti njihov učinak na gustoću profila. Shematski prikaz principa rada vidi se iz slike 5.



Sl. 5 Shematski prikaz principa mjerenja gustoće profila pomoću gama-zraka. /31/

PRINCIP RADA

Metoda rada u suštini je slična defektoskopskim metodama, koje se zasnivaju na prodornosti gama-zračenja kroz tvar. Prodornost gama-zraka kroz tvar ovisi o gustoći tvari, i to što je gustoća veća manji će broj zraka prodrijeti kroz nju i obrnuto, pod svim ostalim jednakim uvjetima. Da bi se to moglo primjeniti na određivanje gustoće profila iverica po slojevima, moramo imati jedan pravokutni snop gama-zraka, čija je širina jednaka debljini sloja čija nas gustoća zanima. U principu je bolje da je snop uži, jer se

tako određuje gustoća profila u točki, pa se tako može dobiti kontinuirana krivulja funkcije gustoće profila. Visina snopa se može odabrati proizvoljno, ali zbog statističke raspodjele bolje je da je veća, međutim, ona je ograničena visinom radioaktivnog izvora i otvorom detektora. Takav se snop dobije od izvora kolimacijom kroz pravokutne otvore na zastoru, kroz koji inače ne mogu prolaziti γ -zrake. Za zastor je najpogodnije uzeti ploče iz nerđajućeg čelika određene debljine /koja ovisi o energiji γ -zraka/, kako se bi dobazilo do zatvaranja uskog proreza /0,1 mm/ zbog stvaranja oksida. Uzorak iverice se obično uzima dimenzija 5 cm x 5 cm x debljina i stavlja se vertikalno u strogo paralelan položaj sa smjerom snopa zraka, tako da se može uvlačiti u snop pomoću automatskog uređaja u razmacima za debljinu snopa zraka /u ovom slučaju 0,1 mm/. Strogi pravac pukotina prednjeg i zadnjeg zastora, te paralelnost uzorka može se utvrditi vidljivim laserskim zrakama.

Opisani uvjeti određuju zahtjev na γ -zrake, odnosno na njihov izvor. Gustoća iverica je relativno mala, pa bi kroz nju gama-zrake velike energije prolazile gotovo nesmetano, zbog čega treba koristiti radioaktivni izvor čije γ -zrake imaju nižu energiju. Na radioaktivni izvor postavljaju se još dva zahtjeva:

1. da je period poluraspada dovoljno velik zbog trajnosti;
2. aktivnost mu mora biti dovoljno velika, jer se koristi samo mali dio njegove ukupne aktivnosti kroz usku pukotinu, koja ne može biti sam izvor zbog zaštitnih mjera.

Dovoljno velika aktivnost postiže se dovoljnom količinom radioaktivne tvari uz određeni period poluraspada. Za sada se koristi u tu svrhu radioizotop americija ${}_{95}\text{Am}^{241}$ iz područja aktinida. Taj α -radioaktivni element ne nalazi se u prirodi, a dobiva se transmutacijom plutonija neutronskim bombardiranjem, zbog čega je skup. Svaki α -raspad praćen je γ -zračenjem. Energija njegovih γ -fotona je oko 60keV / $9,6 \times 10^{-15}$ J/, što je dvadesetak puta manje od najvećih energija γ -zračenja, a to omogućuje korišćenje uzo-

raka male dužine. Vrijeme poluraspada Am^{241} je 458 godina, a to osigurava trajnu visoku aktivnost. U ovom je radu korišćen izvor ukupne aktivnosti 18,5 GBq /500 mCi/. Detektor β -zraka treba biti osjetljiv na energije u području 60keV. U ovom je slučaju korišćen NaJ /Tl/ scintilacioni brojač s debljinom kristala 6 mm. Sve upadno zračenje detektor ne može registrirati, nego samo određeni dio β -zraka izazove scintilacije, svjetluckanja u kristalu, a to se svjetluckanje pojačava pomoću fotomultiplikatora, nakon čega se pretvaraju u električne impulse koji idu na brojač. Znači, mi brojimo impulse u nekom vremenu, a svakom impulsu odgovara jedna detektirana β -zraka. Taj broj registriranih impulsa je direktno proporcionalan ukupnom broju upadnih zraka u tom vremenu. Zbog velikog razmaka između izvora i detektora α -zrake, koje imaju veliku masu, dvostruki pozitivni naboj i relativno malu brzinu, budu lako zarobljene i primajući dva elektrona postaju atomi helija, tako da o njima ne treba voditi računa u ovim mjerenjima.

U početku je korišćen snop presjeka 17 mm x 0,1 mm, a kasnije se prešlo na snop 45 mm x 0,1 mm, što je pogodnije zbog veće statističke pouzdanosti određivanja apsorbiranog zračenja. Stavimo li na mjesto prolaza zraka neku tvar, jedan dio zraka bit će od te tvari zadržan /apsorbcija zraka/ i ne će dospjeti do brojača. Apsorbcija zračenja ovisi o gustoći i elektronskim svojstvima materijala, te o dužini tvari kroz koju prolaze zrake /o dužini traga u uzorku/. Na osnovi razlike broja impulsa po jedinici vremena za zrak i broja impulsa kada postoji apsorbcija na tvari može se izračunati gustoća na osnovi zakona prigušenja /propuštanja/:

$$\rho = \frac{\ln \frac{I_0 - I_N}{I - I_N}}{\mu/\rho \cdot d} \quad /1/$$

pri tome je: ρ - gustoća /g/cm³/,

I_0 - broj impulsa za zrak,

- I_N - broj impulsa zbog radioaktivnog šuma,
 I - broj impulsa za uzorak,
 μ/ρ - maseni koeficijent prigušenja,
 d - debljina prozračivanja /dužina traga u tvari/
 već prema uzorku cca 5 cm.

Vrijeme mjerenja po jednom pomaku može se po volji odrediti: kod ispitivanja iverica iznosi u pravilu 2 s. Broj impulsa se automatski iskazuje znamenkama koje se upisuju na bušače trake ili magnetske vrpce. Pomoću računara izračuna se gustoća prema jednadžbi /1/. Podaci ostaju pohranjeni i mogu služiti za razna računanja, a među ostalim može se nacrtati graf gustoće profila jednim posebno pridodanim pišačem stroju za elektronsku obradu podataka /ploter/.

ODREĐIVANJE KONSTANTI

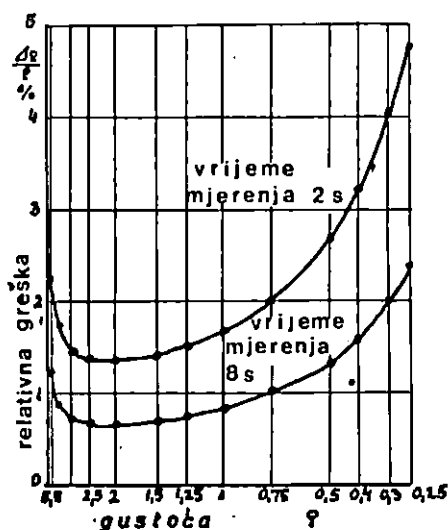
Prethodnim pokusima treba prvo odrediti broj impulsa za zrak, za radioaktivni šum i veličinu masenog koeficijenta prigušenja. Udaljimo li radioaktivni izvor iz uređaja tako da na brojač dolaze samo zračenja sa strane /kozmičke zrake i razna gama zračenja/ dobit ćemo radioaktivni šum I_N . On je naravno jako ovisan o mjestu na koje se postavlja uređaj za mjerenje i pri tome treba biti $I_N \ll I_0$. Provedena ispitivanja su pokazala da je radioaktivni šum, na mjestu mjerenja, nakon 97 mjerenja iznosio prosječno 156 impulsa za tri minute. To je približno jedan impuls u sekundi. Aritmetička sredina iz tih mjerenja, s obzirom na određeno vrijeme mjerenja, uvrštena je u formulu /1/. Redovito rađeni naknadni pokusi nisu dali promjenu vrijednosti I_N . Broj impulsa za zrak - također određen pokusima sa 4.400 impulsa - najprije je smatran konstantom. Kasnije se ustanovilo da se on bez vidljivog razloga povisi polagano od 4.400 na 4.600 impulsa/s. U formuli /1/ nije se I_0 mogao uzeti kao konstanta, nego se dnevno određuje prije računanja gustoće. Maseni koeficijent prigušenja je ovisan o atomskom sastavu materije koja se ispituje. Pokusi su pokazali da za iverice, u

pravilu, iznosi $\mu/\rho = 0,189 \text{ cm}^2/\text{g}$, zbog čega se u svim ispitivanjima taj koeficijent uzima kao konstanta. Za određivanje utjecaja sadržaja vode iverice i vrste ljepila provedeni su pokusi s vodom i pločama iz prešane karbamidformaldehidne i fenolformaldehidne smole. Maseni koeficijent prigušenja za vodu iznosi $0,197 \text{ cm}^3/\text{g}$. To može imati za posljedicu netočan oblik profila kod ispitivanja nekondicionirane iverice, jer je nakon prešanja sadržaj vode cca 9%, a od površine prema unutrašnjosti postoji razlika u sadržaju vode, što može iznositi od 0% - 20%. Uzmemo li u obzir raspon sadržaja vlage iverja i uvrstimo li odgovarajući viši koeficijent za vodu dobit ćemo, u tom području, samo 0,8% manju gustoću. Utjecaj sadržaja vode može se dakle zanemariti. Maseni koeficijent karbamidne smole potpuno se poklapa s koeficijentom za ivericu $\mu/\rho = 0,189 \text{ cm}^2/\text{g}$, za fenolnu smolu iznosi $0,186 \text{ cm}^2/\text{g}$. Tipom smole i udjelom ljepila ne utječe se na odnos broja impulsa i gustoće, jer su koeficijenti praktički isti.

TOČNOST MJERENJA

Za točnost mjerenja razlika u gustoći organskih supstanci, posebno drva, ako se ispitivanja vrše zračenjem, postoje mnogobrojne informacije. Točnost mjerenja ovisna je, prije svega, o vremenu mjerenja. Osim toga, na točnost mjerenja utječe omjer između I_0 i I . Na slici 6 prikazano je kakav učinak imaju ti faktori kod odabranih dimenzija uzoraka /trag zračenja 5 cm/. Promjenom vremena mjerenja od 2 - 8 s po jednom mjerenju može se željena točnost birati u širokim granicama. U običajenom području od 0,5 do $1,2 \text{ g/cm}^3$ može se kod vremena mjerenja 2 s računati s relativnom pogreškom od ± 3 do $\pm 5\%$, a kod 8 s između $\pm 1,5$ i $\pm 2,5\%$. Daljnja tipična pogreška za taj uređaj nastaje puštanjem gama-zraka kroz pukotinu zastora širine 1/10 mm. To znači, da iznenadna promjena gustoće npr. granica između zraka i površine ploče ili između folije kojom je ploča oplemenjena i iverice može se registrirati kao postupna promjena unutar

širine 0,1 mm. Svako mjerenje stoga treba shvatiti kao srednju vrijednost debljine sloja 1/10 mm. Takva srednja vrijednost može se sastojati, da spomenemo jedan ekstremni slučaj, od sloja zraka 3/100 mm, materijala kojim je ploča obložena 4/100 mm i 3/100 mm iverice, što daje srednju vrijednost gustoće cca 0,8 ... 0,9 g/cm³. Za određene slučajeve primjene, npr. kod analize površine i folije kojom je prekrivena, interesantno je finije očitavanje, a to je moguće i realizirati. Planparalelno postavljanje uzorka treba u tom slučaju izvršiti posebnim uređajem.



Sl. 6 Ovisnost relativne greške kod mjerenja gustoće o gustoći uzorka i vremenu mjerenja. /31/

Postupak za određivanje gustoće profila pomoću gamma-zraka prilagođen je toliko, da daje točne i pouzdane podatke, a osim toga je brži i ekonomičniji od dosadašnjih postupaka. Trošak po jednom mjerenju može se toliko smanjiti, da se s obzirom na količinu uzoraka mogu dobiti reprezentativne gustoće profila s podnošljivim troškovima i malim utroškom vremena, pa se ta metoda može koristiti za pogonsku kontrolu. Točnost mjerenja je nasuprot uobičajenim metodama bitno povećana. Relativna pogreška pojedinog mjerenja iznosi cca $\pm 3\%$ i može se produženjem vremena mjerenja smanjiti. Doduše, za povećanje pouzdanosti preporučljivo je obaviti

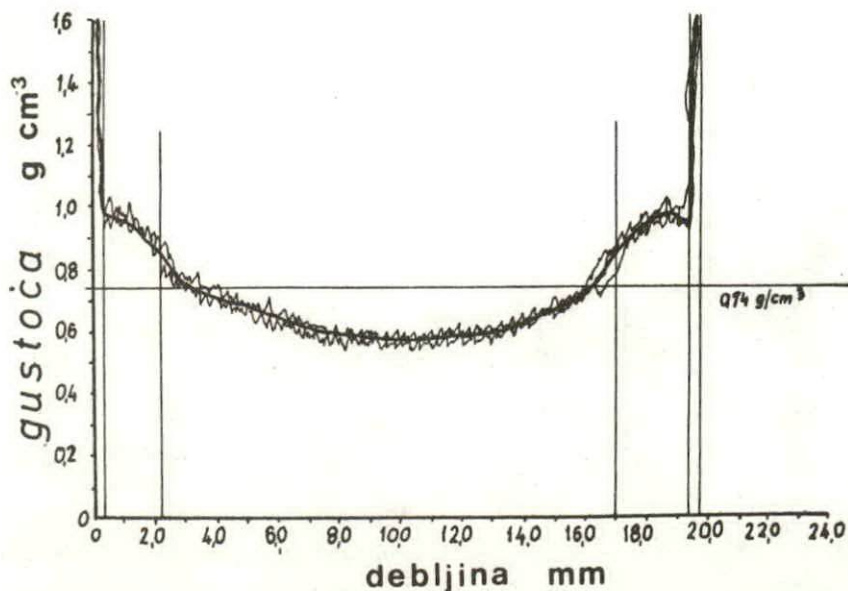
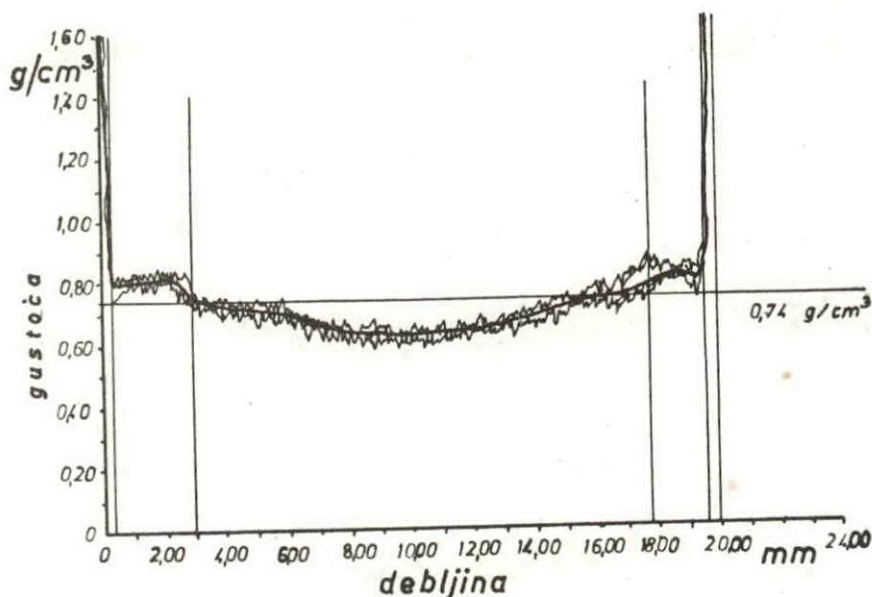
mjerenje na više uzoraka iz iste serije, pa pomoću elektroničkog računala iz više mjerenja izračunati srednju gustoću profila. Pogreška koja bi mogla nastati zbog različitosti količine uobičajenih dodataka iverici, različitih tipova ljepila i količine raspodjele vode može se zanemariti, jer su maseni koeficijenti prigušenja za te tvari gotovo jednaki.

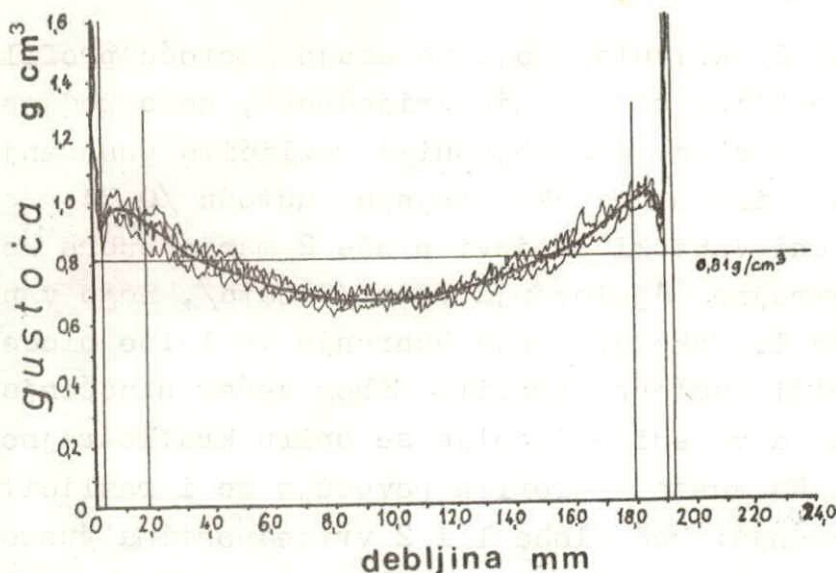
Za provođenje rutinskih analiza, naročito u proizvodnji, potrebna su kratka vremena mjerenja. Uz zadržavanje gore spomenutih točnosti i mogućnosti određivanja gustoće na određenom mjestu profila, to zahtijeva bitno povećanje intenziteta zračenja. Aktivnost po jedinici površine korišćenog izvora zračenja od cca 7 GBq/cm^2 /oko 190 mCi/cm^2 / može se zbog efekta samoapsorpcije povećati samo ograničeno /oko tri puta/. Produženjem pukotine na 4 - 5 cm, što dovodi do formiranja bolje srednje vrijednosti i skraćivanjem udaljenosti između izvora i detektora na 9 cm, kod nepromijenjene širine otvora od 0,1 mm, postiže se 5.000 - 10.000 impulsa/s. Na taj se način, uz smanjenu točnost oko 2%, vremenska baza može smanjiti ispod 1 s, što znači da za 17 mm debelu ploču ukupno vrijeme mjerenja iznosi 90 - 180 s. Takvom gotovo automatskom aparaturom moguće je u jednom satu ispitati 20 - 30 uzoraka što je sasvim dovoljno za pogonsku kontrolu kvalitete. Troškovi za takav uređaj su još uvijek ispod troškova za nabavku rentgenskog uređaja za istu svrhu. Nasuprot rentgenskom zračenju ovdje su postupci potrebni za zaštitu od zračenja puno manji.

MJERENJE GUSTOĆE PROFILA NA RAZLIČITIM PLOČAMA

Na slikama 7, 8 i 9 prikazani su profili triju oplemenjenih iverica za izradu namještaja. Slike 7 i 8 pokazuju profile dviju ploča istog proizvođača iz vremenski različitih perioda, a slika 9, radi usporedbe, profil ploče drugog proizvođača. Velika obujamska masa, s umjetnim smolama impre-

gniranih materijala koji služe za oplemenjivanje, jasno pokazuje koliko mnogo moment otpora, a time i čvrstoća savijanja i E-modul ovisi o gustoći vanjskih slojeva. Kako gustoća vanjskih slojeva utječe na čvrstoću savijanja, vidi se jasno ako usporedimo slike 7, 8 i 9 sa tablicom 1.





Slike 7, 8 i 9. Oblik profila triju oplemenjenih iverica. /31/

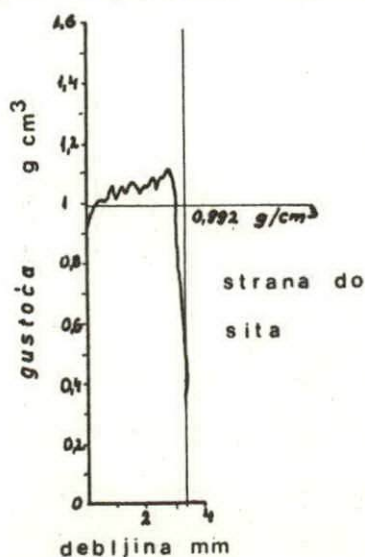
Tab. 1 Srednje vrijednosti nekih mehaničko-tehnoloških svojstava triju različitih industrijski proizvedenih iverica za usporedbu s gustoćama profila na slikama 7, 8 i 9.

| Broj ploče | čvrstoća savijanja | | čvrstoća raslojav. bubrenje deblj. | | |
|------------|---------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| | srednja vrijed. MPa | srednja gustoća g/cm^3 | srednja vrijed. MPa | srednja gustoća g/cm^3 | srednja vrijednost % |
| 1 | 18,97 | 0,73 | 0,59 | 0,72 | 9,5 |
| 2 | 27,43 | 0,72 | 0,46 | 0,72 | 6,7 |
| 3 | 27,49 | 0,81 | 0,94 | 0,79 | 3,1 |

Čvrstoća savijanja ploče 2 /sl. 8/ i ploče 3 /sl. 9/ su usprkos različitim srednjim vrijednostima gustoće gotovo jednake. Usporedimo li gustoće profila tih ploča u području vanjskih slojeva, vidljivo je da se one gotovo podudaraju, što objašnjava gotovo jednake čvrstoće savijanja. Shodno tome čvrstoća savijanja ploče /sl. 7/ zbog slabije ugušćenih vanjskih slojeva, uz jednaku srednju gustoću, ma-

nja je nego ploče 2. Krivulja koja pokazuje gustoću profila ploče 1 nalazi se bliže uz srednju vrijednost, nego kod ostalih dviju ploča. Time se može objasniti različito ponašanje kod bubrenja, iako imaju jednaku srednju gustoću $/0,74 \text{ g/cm}^3/$. Bitno jače ugušćeni vanjski slojevi ploče 2 manje bubre kod relativno kratkotrajnog djelovanja vode $/2 \text{ sata}/$, nego vanjski slojevi ploče 1. Također manje bubrenje debljine ploče 3 može se objasniti gustoćom profila. Zbog većeg ugušćenja sve su sljubnice zatvorenije i bolje se opiru kratkotrajnom djelovanju vode. Na gustoću profila povezuje se i različita čvrstoća raslojavanja: kod ploča 1 i 2 vrijednostima gustoće srednjih slojeva mogu se objasniti razlike u čvrstoći raslojavanja. Mnogo veća čvrstoća raslojavanja ploče 3 ne može se objasniti samo gustoćom profila. Ovdje sigurno postoje drugi faktori u proizvodnji koji utječu na čvrstoću raslojavanja, kao npr. sadržaj suhe tvari ljepila, debljina iverja, vrsta drva itd.

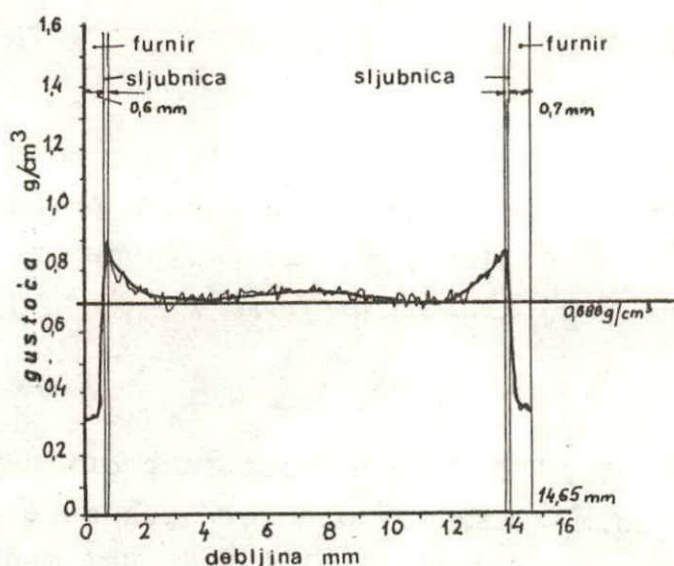
Slika 10 pokazuje gustoću profila vlaknatice izrađene po mokrom postupku. U prvi tren iznenađuje da gustoća opada i u smjeru glatke strane ploče. No, uzmemo li u obzir da se ukupni pritisak raspoređuje preko kao zrcalo sjajnih limova i da se ugušćenje ploče vrši uz preplitanje vlaknaca,



Sl. 10. Gustoća profila vlaknatice izrađene po mokrom postupku. /31/

jasno je da optički vrlo glatka i sjajna površina ne znači zatvorenu površinu bez pora. Na strani do sita udubljenja zbog utiskivanja sita u ploču uočavaju se kod mjerenja gustoće kao jak pad gustoće prema površini ploče. S druge strane, na mjestima gdje se žice mreže ukrštavaju, prenosi se na tepih pritisak točkasto i u blizini mjesta ukrštanja gustoća naglo poraste, što daje profilu nesimetričan oblik.

Na slici 11 prikazana je gustoća profila iverice, dobivene postupkom ekstruzije /okal/, koja je naknadno obložena furnirom limbe. Uočava se prvo mala gustoća furnira limbe. U sljubnici zbog ljepila poraste gustoća, dalje prema unutrašnjosti najprije opada da bi u sredini ploče opet porasla. Taj neobičan tijek profila može se objasniti načinom proizvodnje: uslijed potiskivanja iverja prešanjem paralelno s površinom ploče, iverje se nabija jače u sredini zbog toga, jer je klip na rubovima zaobljen.

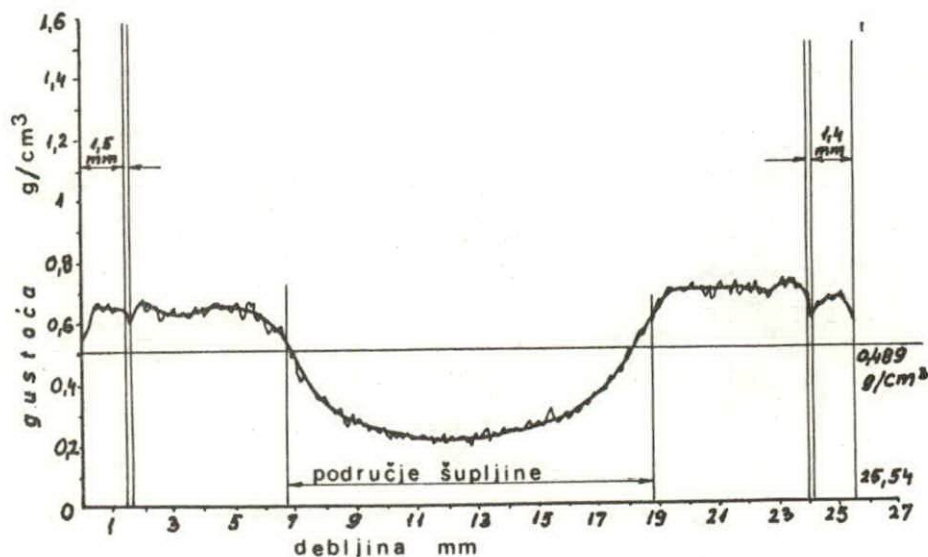


Slika 11. Gustoća profila okal ploče obložene furnirom.

/31/

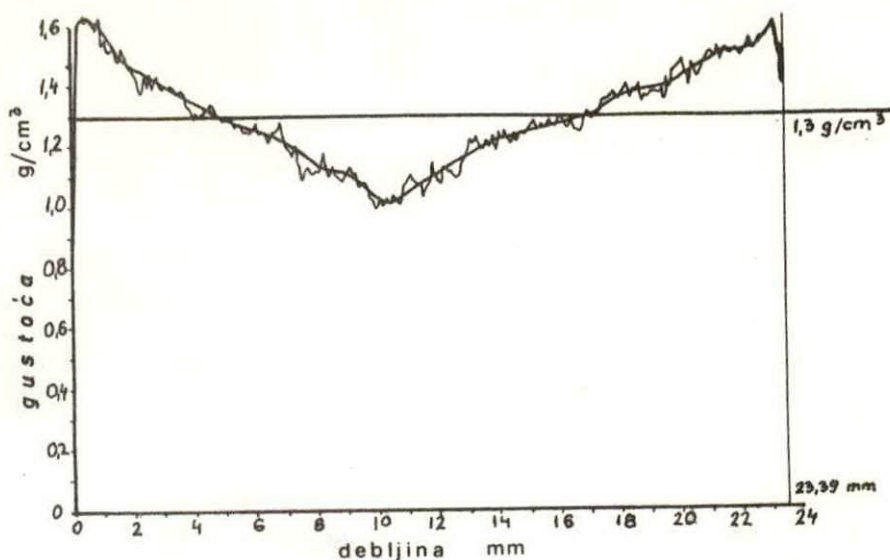
Slika 12 prikazuje gustoću profila iverice sa šupljinama izrađene ekstruzijom, na koju je naknadno nalijepljeno iverje za vanjske slojeve. Manja gustoća sredine

dobivena je zbog šupljina koje u sredini ploče mijenjaju gustoću profila u krivulju sličnu sinus funkciji. Prijelaz između iverice i materijala kojim je ploča obložena nije ovdje nazvan sljubnicom, jer je lijepljenje vršeno kapljicama ljepila koje su nanijete prskanjem. Shodno tome primjećuje se pad gustoće u graničnoj zoni.



Slika 12. Gustoća okal ploče sa šupljinama, koja je naknadno s obje strane postupkom prešanja u smjeru debljine, obložena iverjem za izradu vanjskih slojeva. /31/

Na slici 13 prikazana gustoća profila iverice, izrađene s mineralnim vezivom /cementom/ pokazuje linearno smanjivanje gustoće prema sredini ploče. To se, međutim, ne može smatrati pouzdanim, jer su mjerenja na kocki iz cementa dala vrijednost masenog koeficijenta prigušenja $\mu/g = 0,380 \text{ cm}^2/g$, dok za iverje, koje po prilici odgovara onom iz kojeg je ploča izrađena, maseni koeficijent prigušenja iznosi $0,189 \text{ cm}^2/g$. Iz toga se može zaključiti, da već promjenom raspodjele iverja i cementa u ploči, može neovisno o promjeni gustoće doći do različite apsorpcije zraka. Budući da na poprečnom presjeku dolazi do promjene gustoće jednako kao i omjera drvo-cement, gustoća profila prikazana na slici 13 ne može se bez opasnosti interpretirati kao gustoća profila.



Slika 13. Puni profil iverice izrađene s mineralnim vezivom. /31/

ISPITIVANJE GUSTOĆE PROFILA INDUSTRIJSKI PROIZVEDENIH IVERICA - OBJAŠNJENJE OSNOVNIH INDUSTRIJSKIH PROBLEMA NA REPREZENTATIVNIM PRIMJERIMA

Na temelju mjerenja i analize gustoće profila na velikom broju /cca 2.500/ industrijski izrađenih iverica jasno je, da poznavanje oblika profila ima veliki značaj za:

- optimiranje debljine koja se brušenjem odstranjuje zbog smanjenja ekonomski nepodnosive nadmjere za brušenje /ušteta materijala, smanjenje napada bruševine, optimalizacija postupka brušenja/;

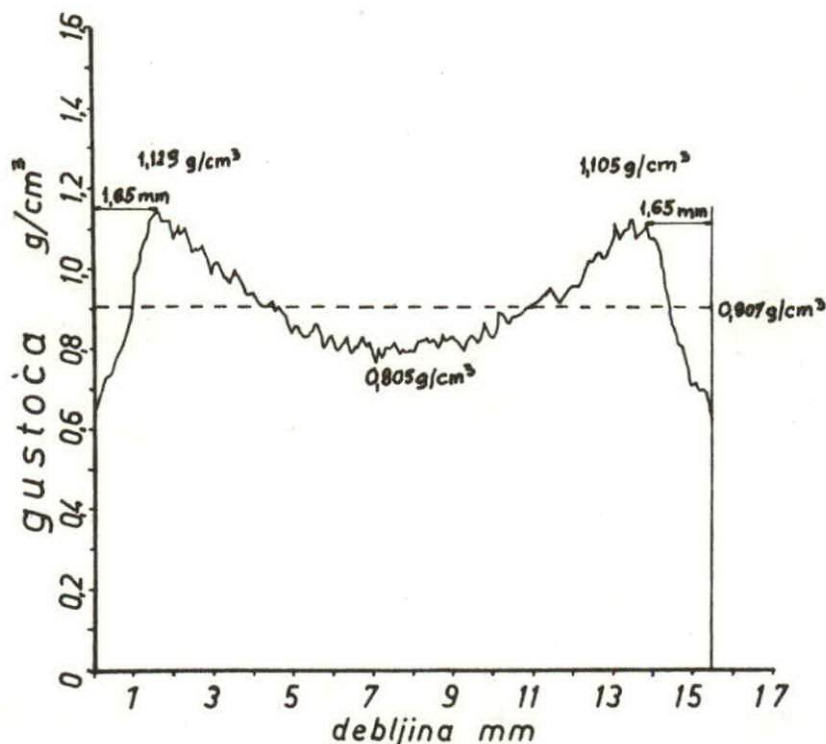
- promjenu oblika profila zbog poboljšanja uvjeta za oplemenjivanje iverica /povećanje čvrstoće savijanja/ ili ugušćenje srednjeg sloja /povećanje čvrstoće raslojavanja/;

- uklanjanje nesimetrije kod formiranja tepiha zbog izbjegavanja deformacije ploča;

- postizanje najboljih svojstava vanjskih slojeva iverica /izbjegavanje grešaka kod brušenja, poboljšanje gustoće površinskog sloja, pravilno određivanje ravnine brušenja/ s obzirom na sve vrste oplemenjivanja.

GUSTOĆA PROFILA NEOPLEMENJENIH IVERICA S
HORIZONTALNIM RASPOREDOM IVERJA

Na slici 14 prikazan je puni profil nebrušene 15,5 mm debele iverice s postepenim prijelazom u strukturi.



Slika 14. Puni profil nebrušene 15,5 mm debele iverice s postupnim prijelazom u strukturi. /33/

Ističemo slijedeće karakteristike profila:

- izrazit porast profila od sredine ploče do ravnine u vanjskim slojevima, koja leži 1,65 mm ispod površine ploče, a zatim se prema površini ploče gustoća smanjuje; potrebno je odbrusiti 1,65 mm sa svake strane, da bi se dobila 12,2 mm debela ploča sa čvrstim slojevima na površini;

- ako se odbrusi 2 x 1,65 mm to uz debljinu ploče 15,5 mm znači gubitak na obujmu 21,3%. Uz dnevni kapacitet 200 m³ to znači napad od 42,6 m³ prašine /bruševine/ dnevno;

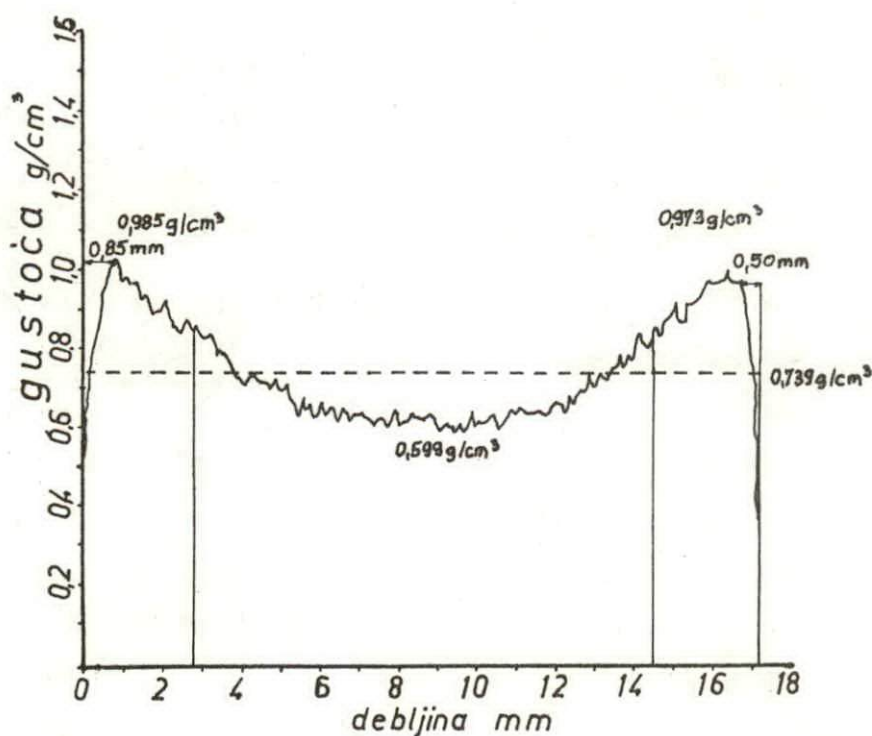
- profili vanjskih slojeva podjednaki /oblik trokuta/;

- izrazita razlika gustoće vanjskih slojeva /1,129 i 1,105 g/cm³/ i manje izrazita razlika srednjeg sloja /0,805 g/cm³/ u odnosu prema srednjoj vrijednosti cijele ploče /0,907 g/cm³/;

- podjednako ugušćenje vanjskih slojeva od maksimuma prema unutrašnjosti ploče proteže se 1 mm;

- ravnomjeran i dobro formiran prijelaz od unutarnjeg prema vanjskim slojevima.

Na slici 15 prikazan je puni profil 17,2 mm debele nebrušene troslojne iverice sa slijedećim karakteristikama:



Slika 15. Puni profil nebrušene 17,2 mm debele troslojne iverice./ 33/.

- izrazit porast profila od sredine ploče do maksimalne gustoće, koja se, kao kod mnogih nebrušenih ploča, nalazi 0,85, odnosno 0,50 mm ispod površine ploče; jak pad gustoće od maksimalne vrijednosti prema površini ploče. Za izradu 16,0 mm debele gotove ploče potrebna debljina koju treba

odbrusiti nalazi se u granicama normale;

- profili vanjskih slojeva podjednako masivni /oblik trokuta/;

- jasno izražena razlika gustoće vanjskih slojeva /0,987 i 0,973 g/cm³/ i manje izražena razlika unutarnjeg sloja /0,599 g/cm³/ u odnosu prema srednjoj vrijednosti za cijelu ploču /0,739 g/cm³/;

- ravnomjerno ugušćenje vanjskih slojeva cca 1 mm od maksimuma prema sredini ploče;

- ravnomjerno i dobro formiran prijelaz od srednjeg sloja prema vanjskim.

Na slici 16 prikazan je puni profil brušene 16,23 mm debele troslojne iverice sa slijedećim karakteristikama:

- izrazit jasno uočljiv stupnjevit porast profila od sredine ploče prema površini;

- profili vanjskih slojeva simetrično formirani. Vanjski slojevi masivni, oblik profila pravokutan;

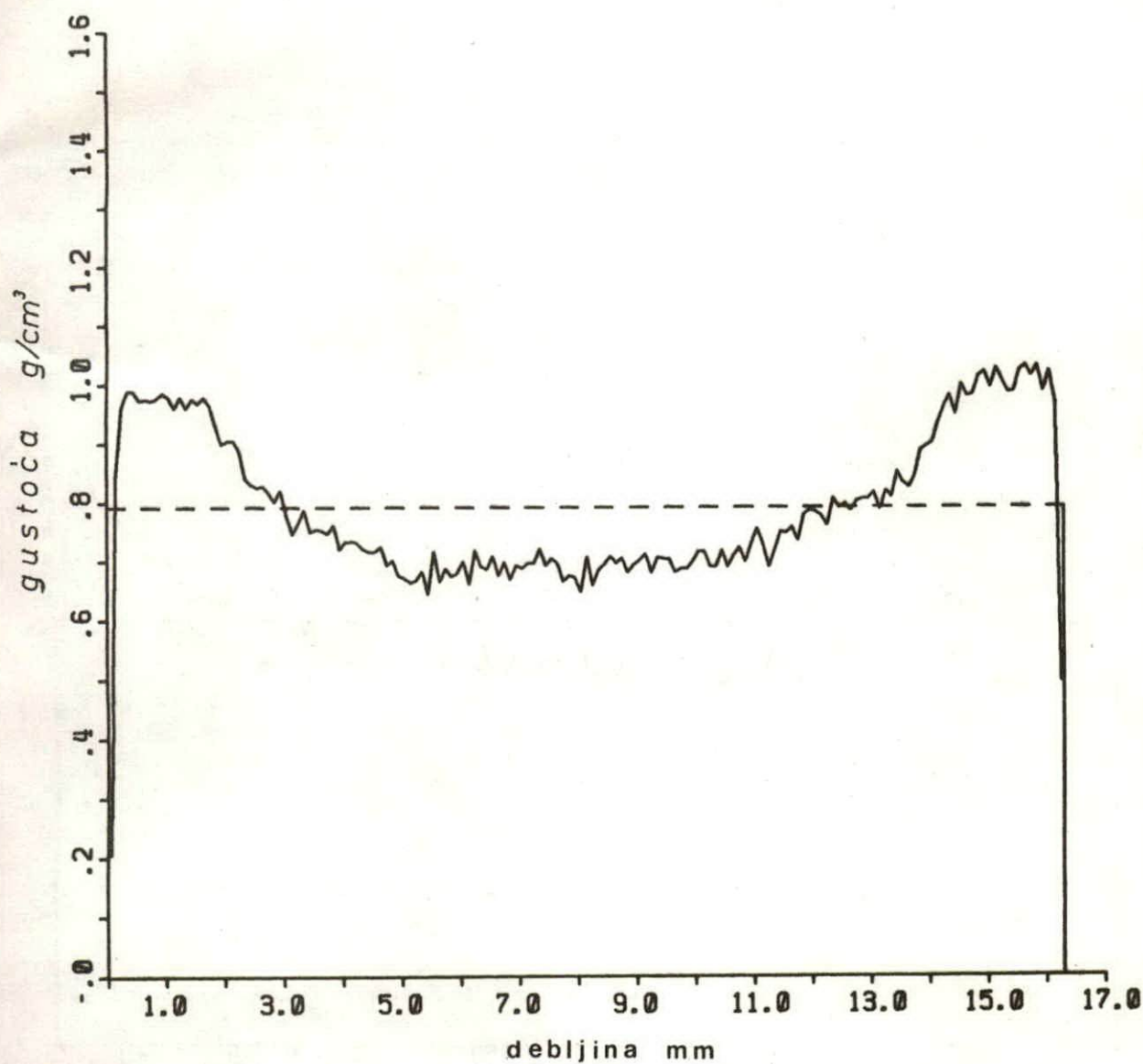
- * zona ravnomjerno visokog ugušćenja seže 2,0 mm s lijeve i s desne strane prema unutrašnjosti ploče;

- izrazita razlika između maksimalne gustoće vanjskih slojeva /0,977 i 1,017 g/cm³/, a manja srednjeg sloja /0,678 g/cm³/ u odnosu prema srednjoj vrijednosti cijelog uzorka /0,792 g/cm³/.

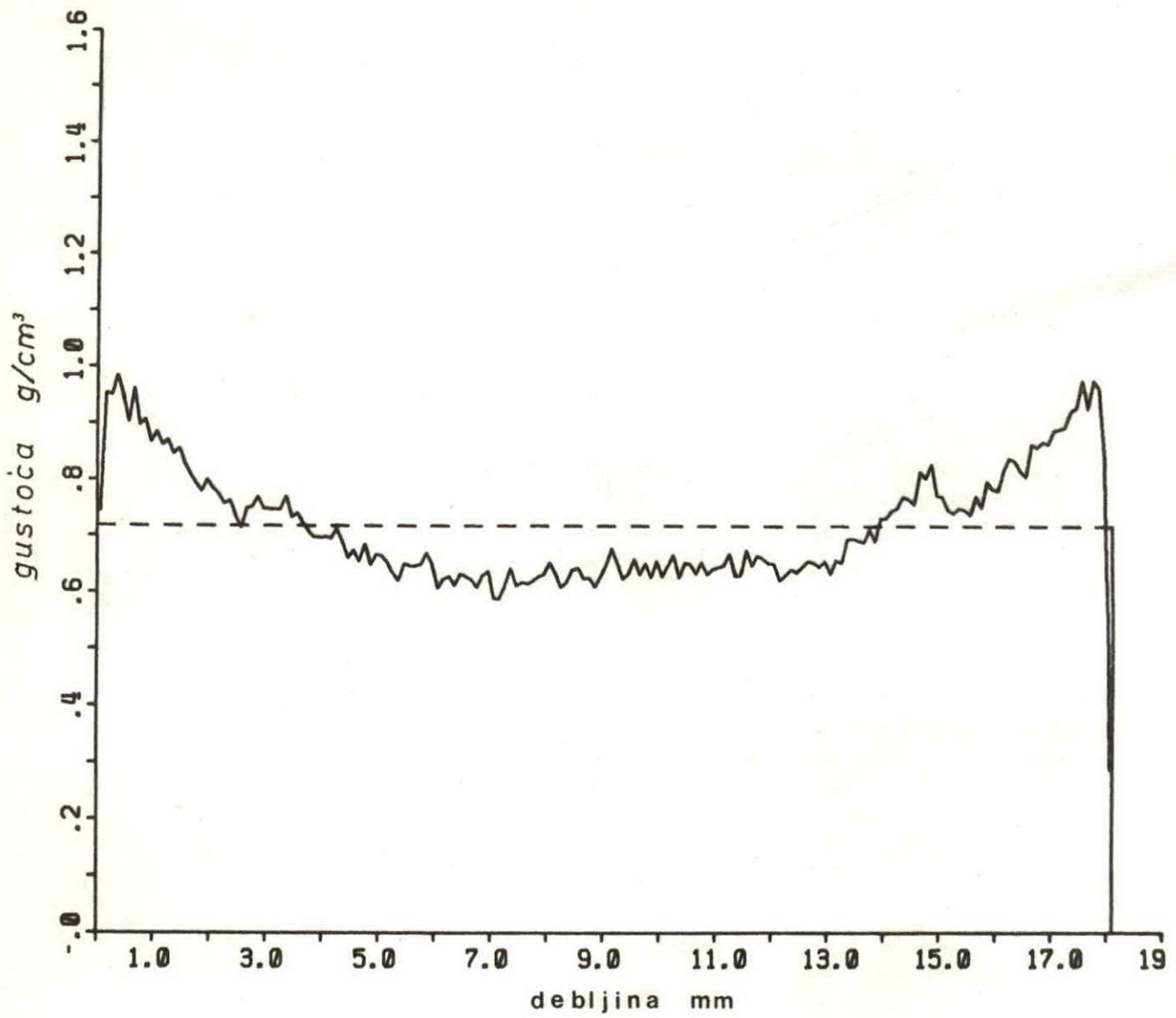
Na slikama 17 i 18 prikazani su puni profili dobiveni mjerenjem na dva uzorka izrađenih iz jedne iverice. Profili imaju slijedeće karakteristike:

- izrazit porast profila od srednjeg sloja gdje je gotovo paralelan s apscisom preko jasno izraženog međumaksimuma na desnoj strani i jedva uočljivog maksimuma na lijevoj strani;

- profili vanjskih slojeva su simetrično formirani i trokutastog su oblika;

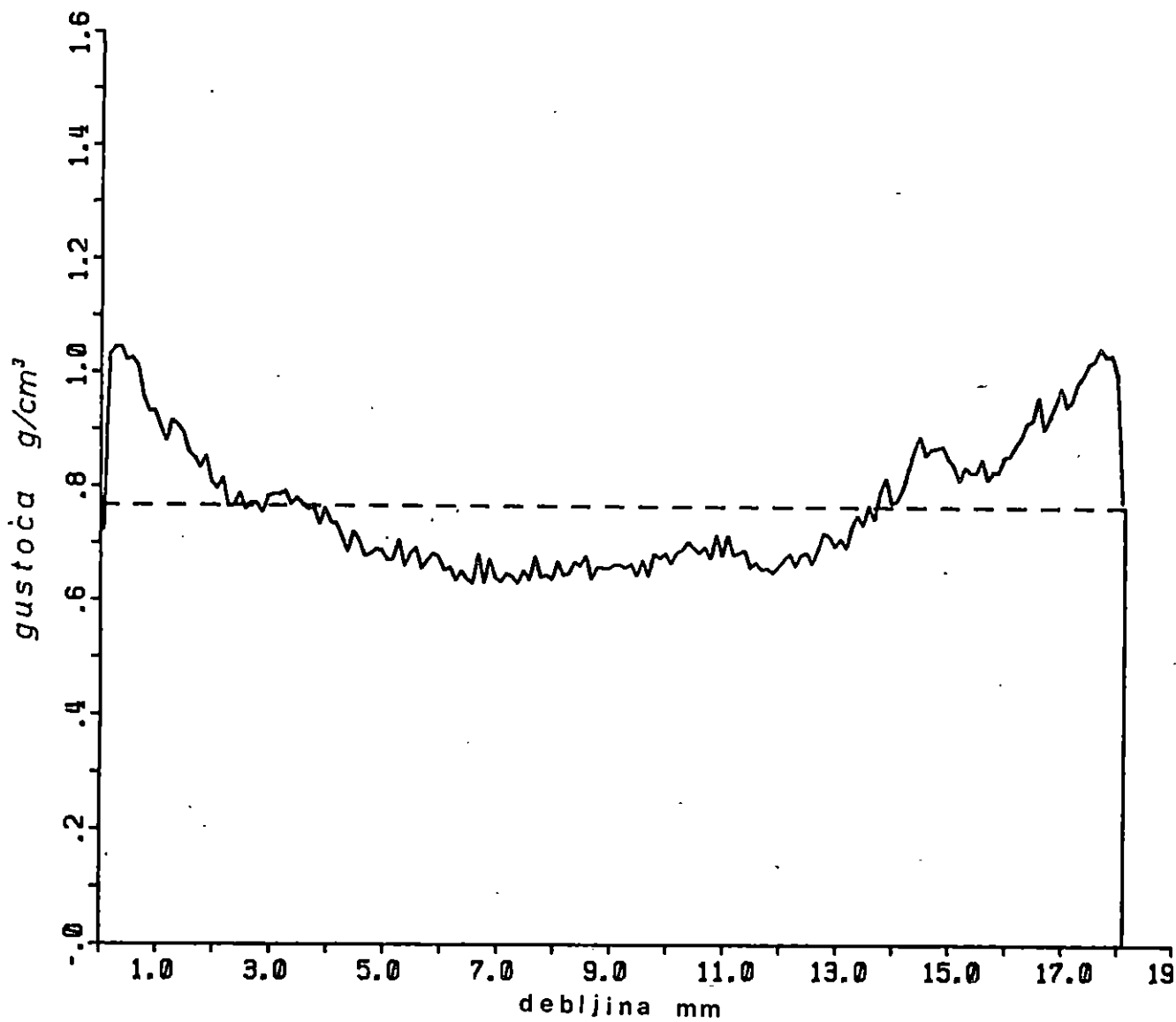


Slika 16. Puni profil brušene 16,23 mm debele troslojne iverice. / V. Bruči, Nr. A, 4. 12. 1979 /.



Slika 17. Puni profili brušene troslojne iverice.

Uzorci izrađeni iz iste ploče./ V. Bruči, Nr.5,
4. 12. 1979 /.

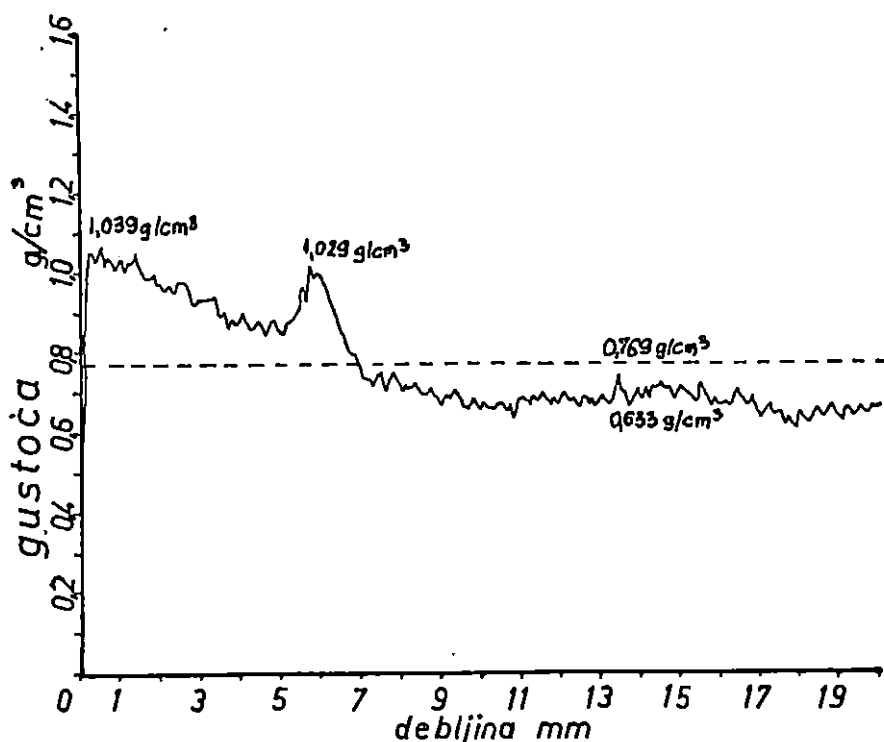


Slika 18. Puni profili brušene troslojne iverice.
Uzorci izrađeni iz iste ploče./ V. Bruči, Nr. 9,
4. 12. 1979 /.

- međumaksimum na desnoj strani posljedica je nakupljanja na tom mjestu sitnijeg iverja i prašine s većom količinom ljepila;

- izrazita razlika gustoće vanjskih slojeva, a manja unutarnjeg sloja u odnosu na srednju gustoću cijele ploče;

- zona visokog ugušćenja vanjskih slojeva dovoljno i podjednako široka na lijevoj i desnoj strani.



Slika 19. Poluprofil brušene 38 mm debele troslojne iverice. /33/

Na slici 19 prikazan je poluprofil brušene 38 mm debele iverice na slijedećim karakteristikama:

- izrazit ali prilično blag uspon profila od ravnomjerno ugušćenog srednjeg sloja, ide, preko neočekivanog maksimuma gustoće u graničnom području između vanjskog i unutarnjeg sloja, do maksimuma u vanjskom sloju, koji se nalazi vrlo blizu površine ploče;

- gledajući od međumaksimuma, koji je uzrokovan na-

kupljanjem sitnog iverja koje sadrži mnogo ljepila, profil vanjskog sloja ima izdužen trokutast oblik;

- jasno izražena razlika gustoće vanjskog sloja $/1,039 \text{ g/cm}^3/$ i manje izražena razlika srednjeg sloja $/0,633 \text{ g/cm}^3/$ u odnosu na srednju gustoću cijelog uzorka $/0,769 \text{ g/cm}^3/$;

- jako ugušćenje vanjskog sloja ravnomjerno opada do dubine 4 mm prema unutrašnjosti ploče;

- međumaksimum gustoće treba smatrati kao grešku kod natresanja tepiha i treba ga izbjeći. Međumaksimum narušava željenu ravnomjernost u prijelaznom području između vanjskog i unutarnjeg sloja.

Na slici 20 prikazan je profil 15,91 mm debele brušene MDF ploče koji ima slijedeće karakteristike:

- stepenast porast profila od srednjeg sloja prema vanjskim slojevima. Profili vanjskih slojeva trokutasti;

- srednja gustoća cijelog uzorka iznosi $0,654 \text{ g/cm}^3$, vanjskih slojeva $0,825$, odnosno $0,715 \text{ g/cm}^3$, a unutarnjeg sloja $0,584 \text{ g/cm}^3$;

- vanjski slojevi simetrični i podjednako masivni.

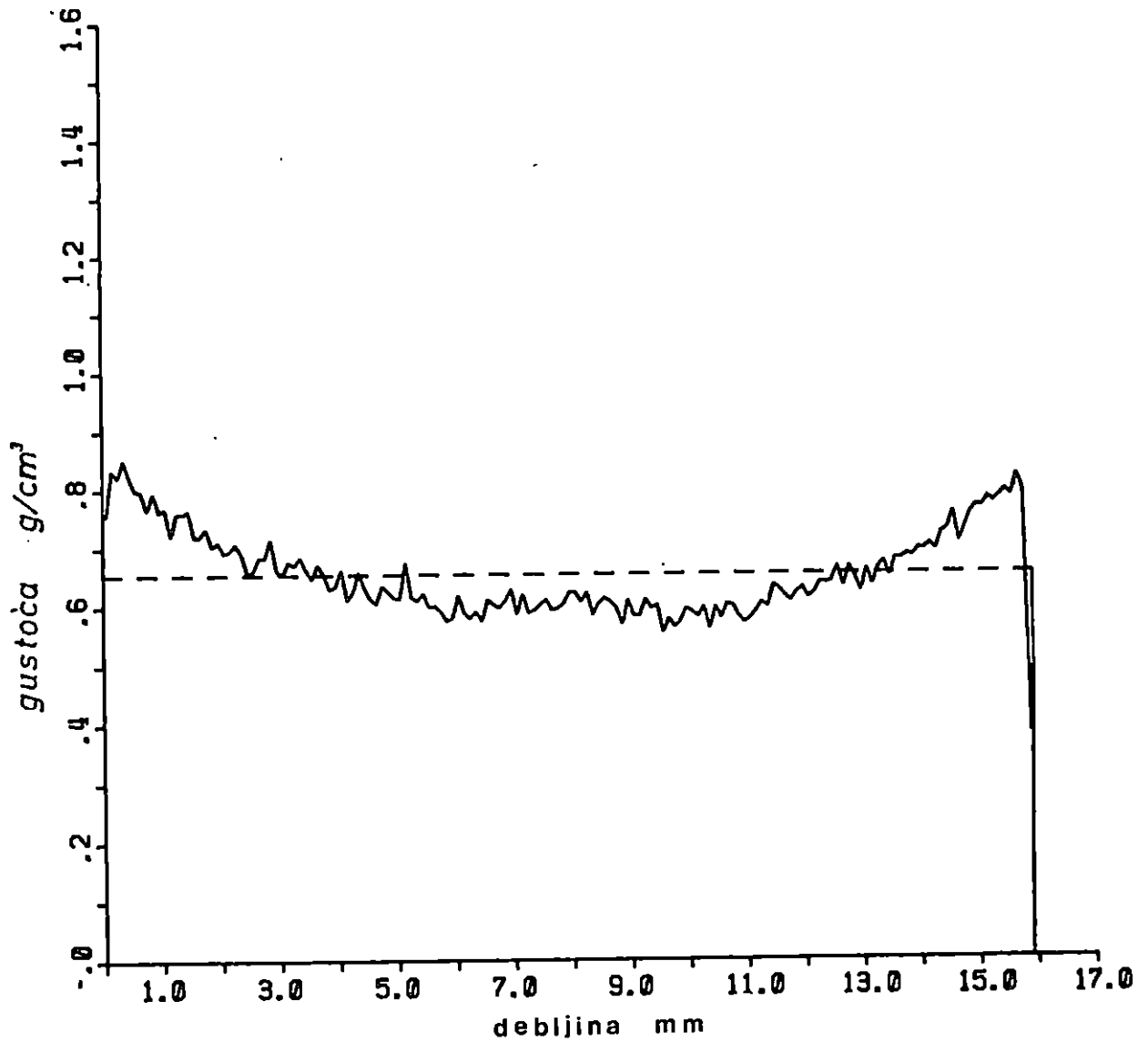
GUSTOĆA PROFILA OPLEMENJENIH IVERICA

Na slici 21 prikazan je puni profil 16 mm debele KF-ploče*. Profil pokazuje:

- izrazito s apscisom paralelan tijek u srednjem i u vanjskim slojevima; profil vanjskih slojeva neznatno stepenasto viši od profila srednjeg sloja;

- vrlo malu razliku gustoće vanjskih slojeva $/0,838$ i $0,821 \text{ g/cm}^3/$ i srednjeg sloja $/0,703 \text{ g/cm}^3/$ u odnosu prema srednjoj vrijednosti čitavog uzorka $/0,786 \text{ g/cm}^3/$;

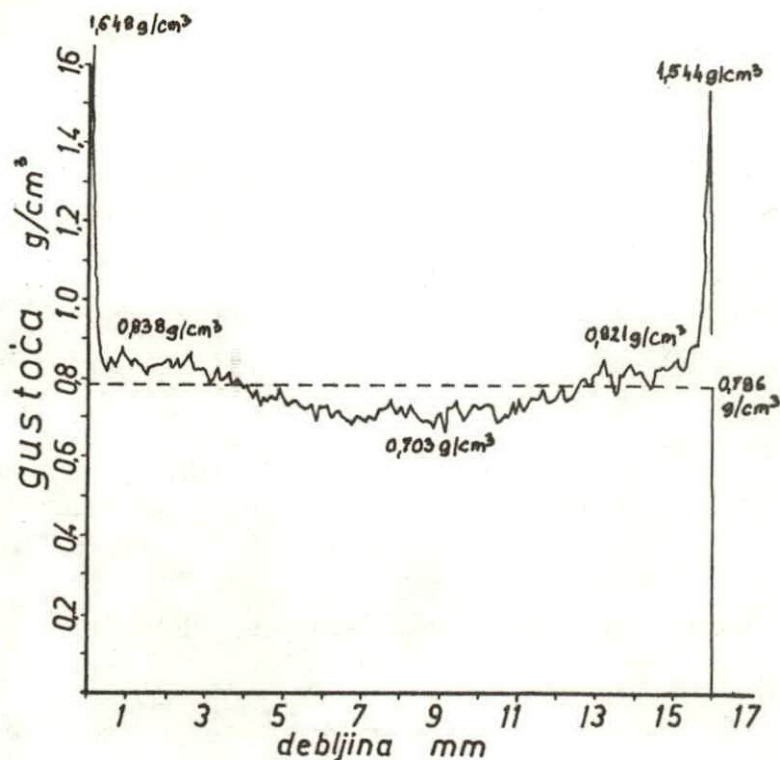
* Prema DIN 68 765 März 1976, KF ploče su iverice izrađene s ljepilom iz umjetne smole, iverjem pretežno paralelnim s površinom ploče na koje su obostrano pod djelovanjem toplinske nalijepljeni papiri /nosači/ impregnirani s duroplastičnim smolama.



Slika 20. Puni profil 15,91 mm brušene MDF ploče./ V. Bruči,
Nr. B, 4. 12. 1979 /.

- ravnomjerno jako ugušćenje do 3,0 odnosno 2,5 mm dubine ploče;

- do prijelaza na lijevoj strani između vanjskog sloja i materijala kojim je ploča oplemenjena svi prijelazi su postupni i dobro izrađeni.



Slika 21. Puni profil 15 mm debele KF-ploče. /33/

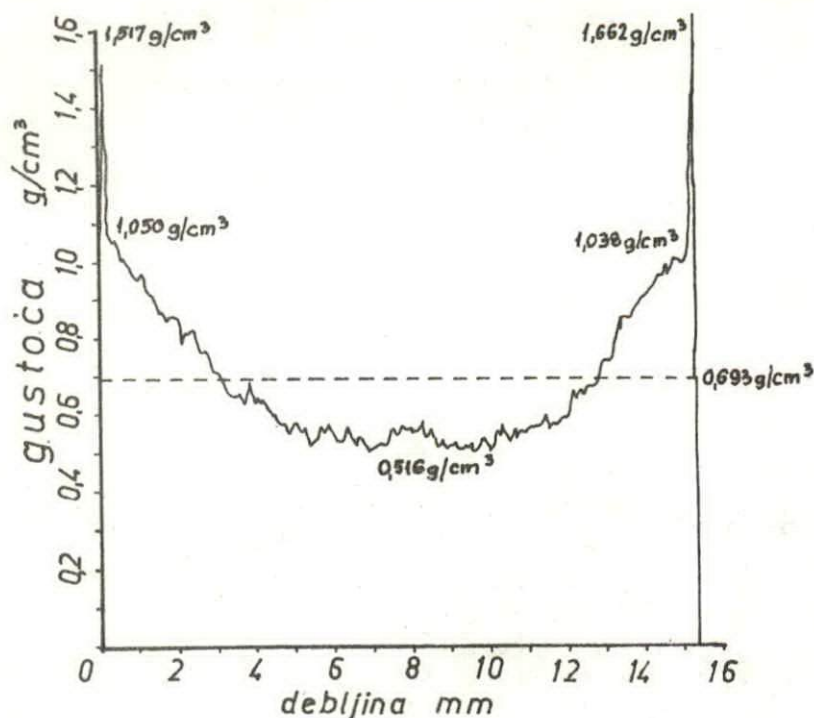
Na slici 22 prikazan je puni profil 15,4 mm debele KF-Iverice. Slika pokazuje:

- vrlo izrazit porast profila od sredine ploče do oplemenjenih površina; jaki i izrazito masivni vanjski slojevi, oblik profila vanjskih slojeva trokutast;

- izrazite razlike između gustoće vanjskih slojeva /1,050 i 1,038 g/cm³/ i unutarnjeg sloja /0,516 g/cm³/ u odnosu prema srednjoj vrijednosti uzorka /0,693 g/cm³/;

- ugušćenje vanjskih slojeva izrazito do 3,0 odnosno 2,5 mm dubine ploče;

- postupno dobro izrađeni prijelazi: srednji sloj - vanjski sloj - oplemenjena površina iverice;



Slika 22. Puni profil 15,4 mm debele KF-ploče. /33/

- manji dopustiv maksimum profila u srednjem sloju zbog lokalnog nakupljanja sitnijeg iverja i prašine.

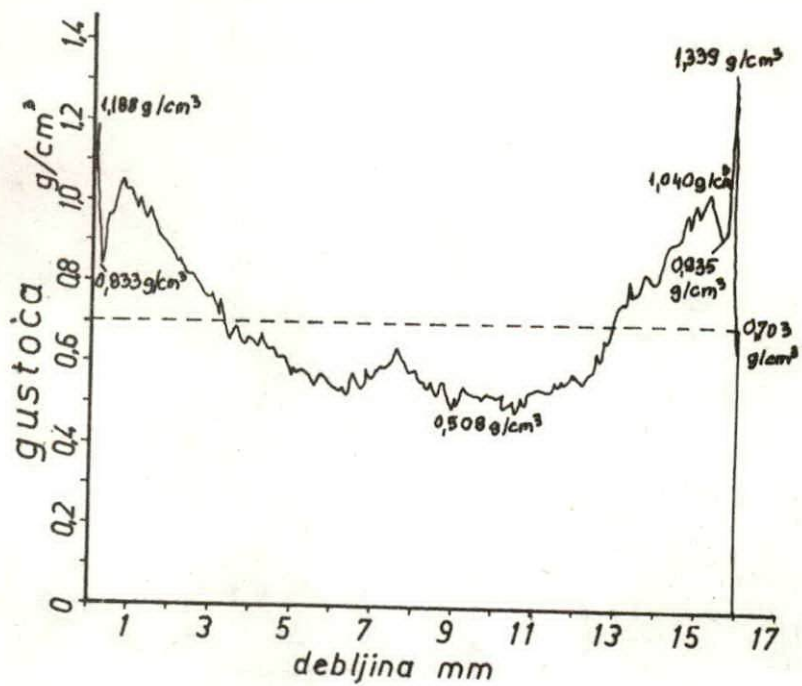
Na slikama 23, 24 i 25 prikazani profili pokazuju:

- izrazit porast profila od sredine ploče do maksimuma u vanjskim slojevima, ali ne do površine vanjskih slojeva;

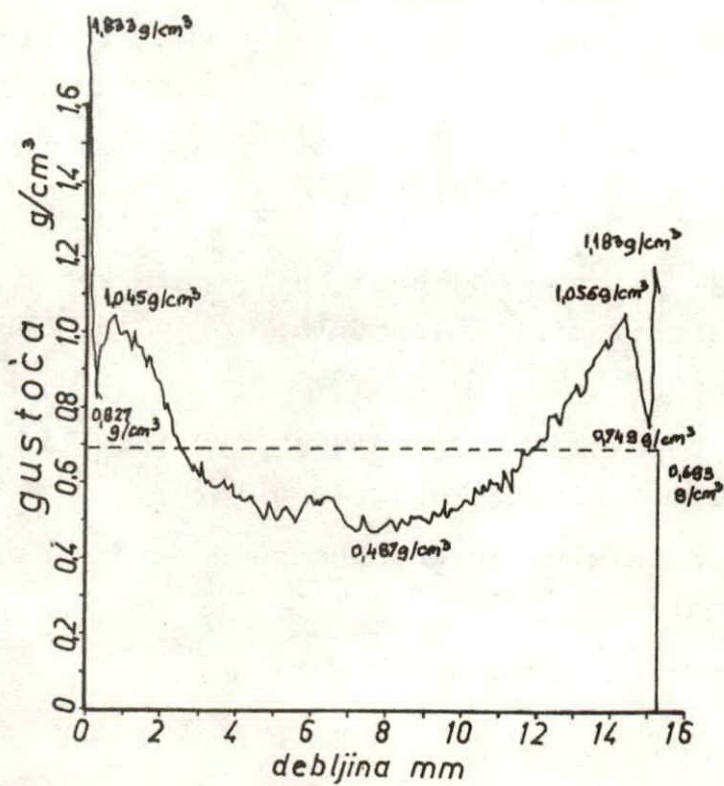
- velike razlike gustoće vanjskih i unutarnjih slojeva u odnosu prema srednjoj gustoći cijelog uzorka;

- postupan dobro izrađen prijelaz između unutarnjeg i vanjskih slojeva; izrazit nedostatak zbog neravnomjernog prijelaza između vanjskih slojeva i materijala kojim je ploča obložena;

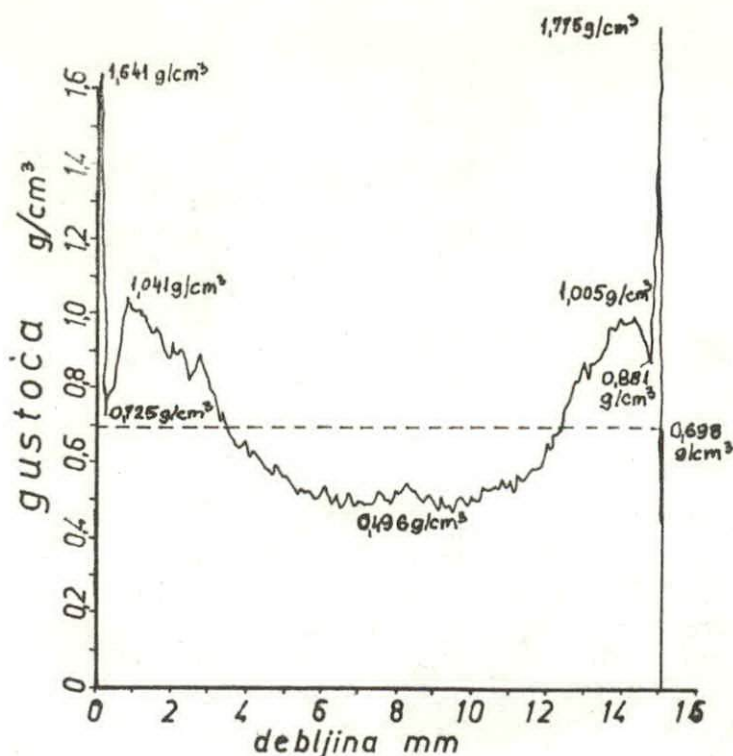
- prilično uočljiv, no još dopustiv maksimum profila u srednjem sloju zbog lokalnog nakupljanja finijeg iverja i prašine.



Slika 23



Slika 24



Slika 25

Slike 23, 24 i 25 - Puni profili oplemenjenih iverica. Karakterističan je izrazit pad profila ispod materijala kojim je ploča oplemenjena. /33/

Ako ploče neposredno ispod materijala kojim su oplemenjene imaju izrazit minimum profila, to je najčešće nedostatak iverice, koji:

1. može nepovoljno utjecati na čvrstoću lijepljenja između iverice i materijala kojim se oblaže;
2. potpomaže stvaranje pukotina u materijalu kojim je ploča obložena;
3. otežava obradu manjih površina.

Razlozi nepovoljnog minimuma profila mogu, među ostalim, biti:

- nedovoljno debeo sloj, koji se skida s ploče nosača /ravnina brušenja i ravnina najveće gustoće ili dovoljnog ugušćenja ne padaju zajedno/;

- upotreba pregrubog brusnog papira /prvotno čvrsta površina ploče se brušenjem razrahli/.

Za izradu slika dugujem zahvalnost Mladenu Barberiću, Dragutinu Kujundžiji i Franji Molnaru.

L I T E R A T U R A

1. Bruči, Vladimir. 1976. Utjecaj vlage iverja i temperature prešanja u proizvodnji troslojnih iverica na vrijeme prešanja i fizičko-mehanička svojstva gotovih ploča. Glasnik za šumske pokuse XX: 61-92.
2. Bruči, V., E-O. Salah, 1978. Novi postupci za ispitivanje iverica. Bilten ZIDI 1979 /4/.
3. Kufner, M., 1975. Pruefung der Bindefestigkeit von Spanplatten. Holz-Roh- Werkstoff 33 /1975/ 265-270.
4. Bismarck, C.v. 1974. Zur Optimierung des Spanplattenpressens. Holz-Zbl. 100 /80/: 1247-1249.
5. Diaz-Vaz, J.E., Echols, R., Knigge, W.: 1975. Vergleichende Untersuchung der Schwankungen von Tracheidimensionen und röntgenoptisch ermittelter Rohdichte innerhalb des Jahrrings. Forstwiss. Cbl. 94 /415/: 161-175.
6. Henkel, M. 1969. Ermittlung von Dichteprofilen an Span- und Faserplatten mit Röntgenstrahlung. Holztechnologie 10 /2/: 93-96.
7. Keylwerth, R. 1959. Zur Mechanik der mehrschichtigen Spanplatte. Holz- Roh- Werkstoff 16 /11/: 419-430.
8. Kleuters, W. 1964. Optimal test-conditions for determining local density of wood by the beta-ray method. Forest. Prod. J XIV /9/: 414-420.
9. May, H.A. 1970. Einflüsse der Pressenregelung auf Wirtschaftlichkeit und Qualität der Spanplattenherstellung. Holz Roh- Werkstoff 28 /10/: 391-396.
10. May, H.A., Mehlhorn, L., 1969. Verbesserung der Pressebedingungen durch die Anwendung von Regelsystemen anstelle von Programmsteuerungen. Holz-Zbl. 95 /86/: 1342-1347.

11. Parker, M.L., Jozsa, L.A., 1977. Use of the one-line computer-densitometer system to rapidly produce summary density profiles. bi-monthly research notes 33 /2/: 13.
12. Paulitsch, M., L. Mehlhorn: Neues Verfahren zur Bestimmung des Rohdichteprofiles von Holzspanplatten. Holz Roh-Werkstoff 31 /1973/, 393.
13. Henkel, M., Ermittlung von Dichteprofilen an Span- und Faserplatten mit Röntgenstrahlung. Holztechnologie 10 /1969/ 93.
14. Polge, H., Lutz, P.: Ueber die Möglichkeit der Dichtemessung von Spanplatten senkrecht zur Plattenebene mit Hilfe von Röntgenstrahlen. Holztechnologie 10 /1969/ 75.
15. Schätzler, H.P.: Bestimmung der Biomasse lebender Pflanzenbestände durch Absorption von Gammastrahlen. GSF-Bericht BT 245 /1975/.
16. Keylwerth, R. 1958. Zur Mechanik der mehrschichtigen Spanplatte. Holz Roh- Werkstoff 16: 419-430.
17. May, H.A., Kuehn, W., Schätzler, H.P.: 1976. Messung des Dichteprofiles von Spanplatten mittels Gammastrahlen. Kerntechnik 18 /11/: 491-494.
18. Plath, E. 1971. Beitrag zur Mechanik der Holzspanplatten. Holz Roh- Werkstoff 29: 337-382.
19. Plath, E., Schnitzler, E. 1974. Das Rohdichteprofil als Beurteilungsmerkmal von Spanplatten. Holz Roh-Werkstoff 32 : 443-449.
20. Jensen, U., Kehr, E.: Untersuchung zur Verarbeitung von Feingut bei der Spanplattenherstellung. 1. Mitteilung: Untersuchungen und Ableitungen zur Definition fuer Feingut und Staub. Holztechnologie 11 /1970/: Nr. 2, S. 97-100.

21. Kusian, R.: Modell-Untersuchungen ueber den Einfluss des Spanformats auf Struktur- und Festigkeitseigenschaften von Spanwerkstoffen. Holztechnologie 9 /1968/ Nr. 3, S. 189-196.
22. Kusian, R.: Zur Analyse von Flächendichteschwankungen bei Spanwerkstoffen. Holztechnologie 10 /1969/ Nr. 1, S. 9-12.
23. Liiri, O., Kivistö, A, Saarinen, A.: Der Einfluss von Holzart, Spangrösse und Bindemittel auf die Festigkeit und die Quellung von Spanplatten mit höheren elastomechanischen Eifenschaften. Holzforschung u. Holzverwertung 29 /1977/ Nr. 6, S. 117-122.
24. May, H.A.: Zur Mechanik der Holzspanplatten unter besonderer Beruecksichtigung der Rohdichte-Differenzierung und Rohstoffzusammensetzung. Holz als Roh- und Werkstoff 35 /1977/ S. 385-387.
25. May, H .A,: Zur Optimierung der Herstellungsbedingungen phenolharzverleimter Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff, 36 /1978/, S. 441-449.
26. May, H,A.: Optimierung des Pressvorganges bei der Herstellung von phenolharzverleimten Spanplatten unter Beruecksichtigung der Reaktivität der verwendeten Phenolharze und Holzarten. WKI - Bericht Nr. 10/1979.
27. Neusser, H., Krames, U.: Ueber die Erfassung einiger wichtiger Kennzahlen von Holzspänen.
28. Neusser, H., Krames, U., Haidinger, K., Serentschy, W: Spancharakter und sein Einfluss auf die Deckschichtqualität von Spanplatten. Holzforschung u. Holzverwertung 21 /1969/ Nr. 4, S. 81-94.
29. Neusser, H., Zentner, M.: Vergleichsuntersuchung der wichtigsten heimischen Holzarten hinsichtlich

ihrer Eignung fuer die Spanplattenherstellung. Holzforschung u. Holzverwertung 26 /1974/ Nr. 3, S. 54-63.

30. Rackwitz, G.: Der Einfluss der Spanabmessungen auf einige Eigenschaften von Holzspanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 21 /1963/ S. 200-209.
31. Ranta, L., May, H.A.: Zur Messung von Rohdichteprofilen an Spanplatten mittels Gammastrahlen. Holz als Roh- und Werkstoff 36 /1978/ S. 467-474.
32. Schmidt-Hellerau, C.: Spanform und Spanplatteneigenschaften. Der Einfluss der Spanform auf die Eigenschaften von Fichten- und Eichenspanplatten. Holz-Zentralblatt 99 /1973/ Nr. 43, S. 657-659.
33. May, H.A., Harbs, C.: Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Verbesserung der Eigenschaften von Spanplatten durch Bestimmung und Veränderung ihres Dichteprofils. September 1979. WKI-Bericht, Nr. 11.

ODREĐIVANJE FORMALDEHIDA
KOJI SE OSLOBAĐA IZ PLOČA IVERICA
PERFORATOR I WKI METODOM

Vladimir Bruči*
Ivo Opačić
Vladimir Sertić
Šumarski fakultet Zagreb

UDK 634.0.862.2
Znanstveni rad

SAŽETAK: U ovom radu iznijeti su rezultati izvršenih ispitivanja naknadno oslobođenog formaldehida iz troslojne ploče iverice, izrađene s karbamid-formaldehidnom smolom, pomoću perforator i WKI metode.

U V O D

Za izradu iverica upotrebljavaju se uglavnom karbamidformaldehidna ljepila. Uz neosporne prednosti koje posjeduju ta ljepila, kao npr. brzo otvrdnjavanje, niska cijena i sl. imaju ta ljepila i neke nedostatke. Naime, kako za vrijeme proizvodnje, tako i kod uskladištenja i u primjeni iz iverica lijepljenih s karbamid-formaldenidnim ljepilom oslobađaju se, već prema temperaturi i vlazi zraka, veće ili manje količine formaldehida. Usprkos pažnji u proizvodnji i preradi tih ploča dolazi katkada do opravdanih reklamacija s obzirom na količinu naknadno oslobođenog formaldehida koje treba ozbiljno shvatiti.

* Doc.dr mr V. Bruči, dipl. ing., prof. dr I. Opačić, dipl. ing., mr V. Sertić, dipl. ing., Zagreb, Šimunska 25. Rad je dio teme "Istraživanja na području tehnologije furnira i ploča", koja se obrađuje u Zavodu za istraživanja u drvenoj industriji Šumarskog fakulteta u Zagrebu. Rad financira Samoupravna interesna zajednica za znanstveni rad SRH /SIZ-IV/ i Opće udruženje šumarstva, prerade drva i prometa drvnim proizvodima i papirom, Zagreb.

Određivanje količine formaldehida koja se naknadno oslobađa iz iverica bilo je do sada, a i sada je delikatno. Prvo zbog toga, što su količine koje se oslobađaju relativno male, drugo što je pomoću samo jedne metode jedva moguće odgovoriti na sva pitanja koja se s tim u vezi javljaju.

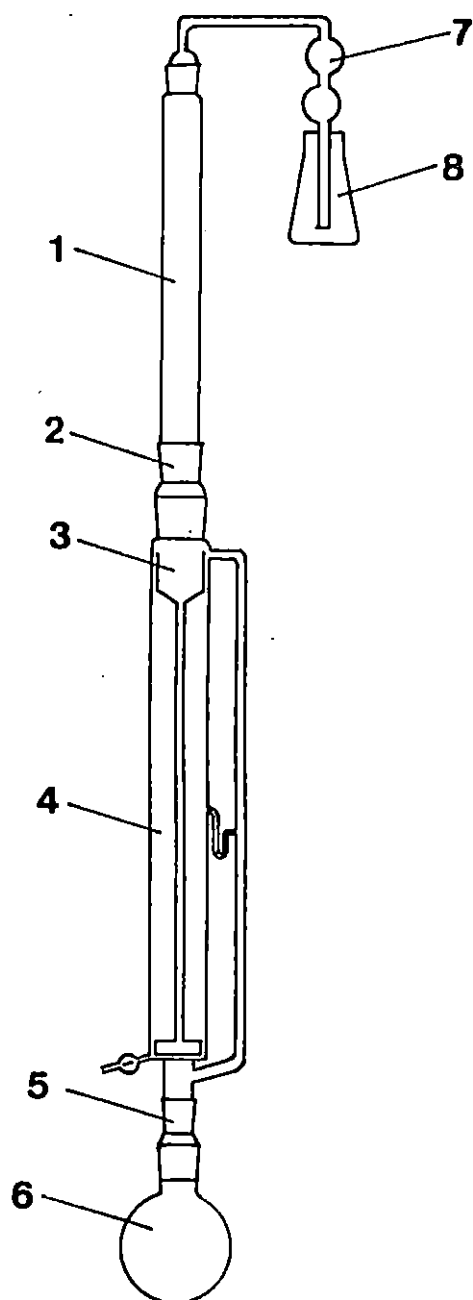
Formaldehid koji se oslobađa iz iverica vezanih karbamid-formaldehidnim ljepilom potječe od slobodnog formaldehida kojeg u ljepilu ima u količini oko 0,2 do 0,5% i od naknadne hidrolize karbamidne smole.

Za određivanje formaldehida koji se naknadno oslobađa iz iverica ima više laboratorijskih metoda /1/. U ovom radu ispitivanja su vršena perforator i WKI metodom. Perforator metoda je provjerena, usavršena, standardizirana i prihvaćena u mnogim evropskim zemljama. WKI metoda je nova, a razvio ju je Roffael /2/ u "Wilhelm-Klauditz-Institut" u Braunschweigu. Ta se metoda nameće u posljednje vrijeme svojom jednostavnošću i većom selektivnošću pri određivanju oslobođene količine formaldehida.

METODA RADA

Određivanje formaldehida perforator metodom vršeno je prema prijedlogu za DIN/EN 120 "Bestimmung von Formaldehyd in Spanplatten, Perforator Methode" November 1979. Prema navedenim propisima formaldehid se ekstrahira s ključalim toluolom, a zatim se otapa u destiliranoj vodi. Sadržaj formaldehida određuje se iz vodene otopine jodometrijski. Na slici 1 je shematski prikazana aparatura za perforator metodu. Određivanje formaldehida izvršeno je na ukupno osam uzoraka iz iste ploče /2, 4 i 5/.

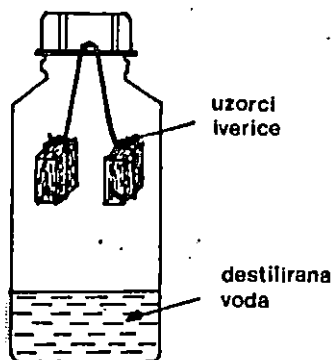
Određivanje formaldehida WKI metodom vrši se izlaganjem uzoraka ploče veličine 25 x 25 mm² iznad destilirane vode /50 ml/ u polietilenskoj boci od 500 ml kod, u pravilu, temperature od 40°C u trajanju od 24, 48, 72 ili više sati /sl. 2/. Formaldehid koji se oslobodio iz uzoraka i otopio



Slika 1. Aparatura za perforator metodu /4/.

1 - Dimroth hladilo; 2 - spojni element; 3 - umetak s filter pločicom poroziteta 1; 4 - perforator; 5 - spojni element, 6 - tikvica od 1000 ml; 7 - spojna cijev s kuglama; 8 - predložak.

u vodi određuje se također jodometrijski. Ispitivanja su vršena na ukupno 32 uzorka. 16 uzoraka izloženo je pod navedenim uvjetima 24 sata, a 16 uzoraka 48 sati. To znači, dobivene su vrijednosti WKI-24 i WKI-48.



Slika 2. Skica principa rada WKI - metode /2/.

UZORCI

Ispitivanja su bila izvršena, na uzorcima koji su bili izrađeni iz jedne troslojne iverice debljine 16 mm, prema shemi datoj na slici 3. Na slici 3 prikazana su mjesta uzimanja uzoraka, sadržaj vode u %, perforator vrijednost i vrijednosti WKI-24 sata i WKI-48 sati.

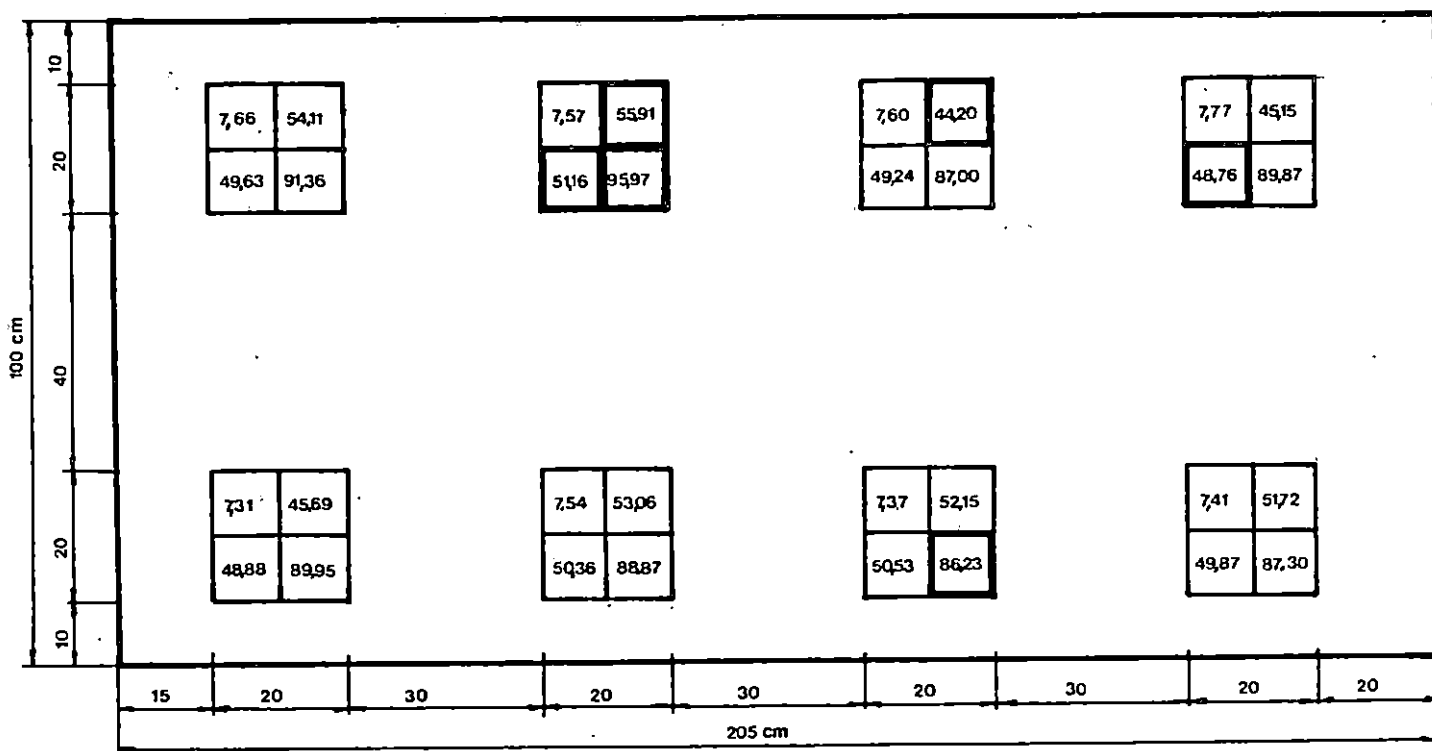
Za izvršena ispitivanja upotrijebljen je dio ploče označen s A na slici 4. Dijelovi ploče označeni s B, odnosno s C upotrijebit će se za jednaka ispitivanja nakon 3, odnosno 6 mjeseci, da bi se utvrdilo kako se mijenja količina formaldehida određena spomenutim metodama tijekom vremena.

REZULTATI

Rezultati ispitivanja dati su tabelarno na slici 3.

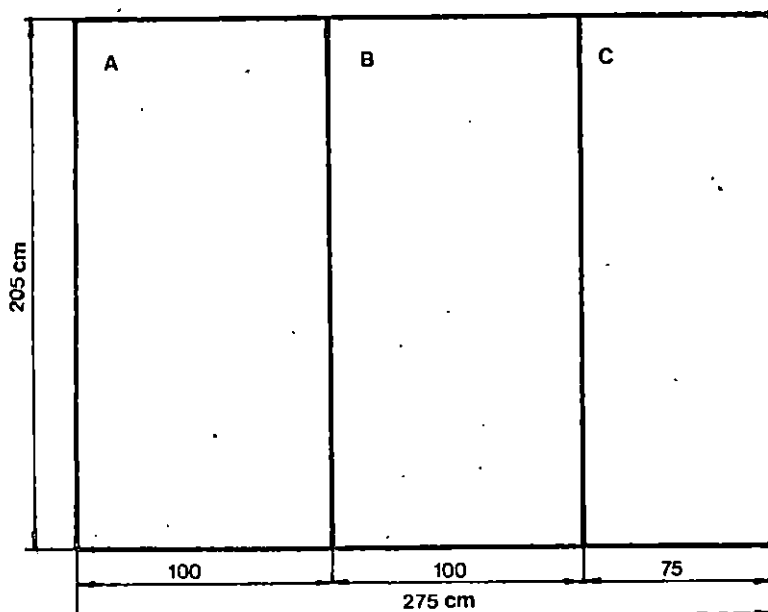
Perforator vrijednost kretala se je u granicama od 44,22 do 55,91 mg formaldehida na 100 g standardno suhe

Slika 3 - Mjesta uzimanja uzoraka, sadržaj vode /%, perforator vrijednosti i WKI-24 sata i WKI-48 sati vrijednosti /mg/100 g/.



| | |
|------------------|-------------------------------|
| vlaga % | perforator vrijednost mg/100g |
| WKI-24 h mg/100g | WKI-48 h mg/100g |

| SREDNJA VRIJEDNOST | STANDARDNA DEVIJACIJA | VARIJACIONI KOEFICIJENT |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| SADRŽAJ VODE 7,53 | 0,51 | 2,07 |
| PERFORATOR VRIJEDNOST 50,24 | 4,53 | 9,02 |
| WKI - 24 h 49,80 | 0,84 | 1,69 |
| WKI - 48 h 89,57 | 3,11 | 3,47 |



Slika 4 - Dimenzije ploče iverice i način uzimanja uzoraka. A - dio ploče iz kojeg su uzeti uzorci za ispitivanje; B i C - dijelovi ploče iz kojih će se izraditi uzorci za ispitivanje nakon 3 odnosno 6 mjeseci.

iverice. Srednja vrijednost iznosila je 50,24 mg/100 g, standardna devijacija 4,53 mg/100 g, a varijacioni koeficijent 9,02%.

Vrijednost WKI-24 sata kretala se u granicama od 48,76 do 51,16 mg/100 g, srednja vrijednost iznosila je 49,80 mg/100 g, standardna devijacija 0,84 mg/100 g, a varijacioni koeficijent bio je 1,69%.

Vrijednost WKI-48 sati kretala se u granicama od 86,23 do 95,97 mg/100 g, srednja vrijednost iznosila je 89,57 mg/100 g, standardna devijacija 3,11 mg/100 g, a varijacioni koeficijent 3,47%.

Minimalne i maksimalne vrijednosti na slici 3 deblje su ukvirene.

ZAKLJUČAK

Obje metode daju približno jednake vrijednosti, ako se uspoređuje perforator vrijednost s vrijednošću WKI-24 sata .

Na osnovi rezultata iz ovog rada i radova Roffaela /2,3/ možemo zaključiti da su vrijednosti WKI-24 sata nešto niže od perforator vrijednosti.

Iako maksimalna dozvoljena perforator vrijednost nije propisana, iz iskustva se zna, da ona ne bi smjela biti preko 100 mg/100 g. U protivnom treba poduzeti mjere za smanjenje perforator vrijednosti. To možemo postići ili odgovarajućim mjerama u proizvodnji ili smanjenjem molarnog odnosa formaldehid : karbamid.

Uz to je važno: -opterećenje prostorije ivericom /koje ima dimenziju: m^2 iverica po m^3 prostorije/, -temperatura i vlaga zraka u prostoriji, -kao i brzina izmjene zraka u prostoriji.

LITERATURA:

1. Bruči, V., Sertić, V., Barberić, M.: Određivanje količine formaldehida koji se oslobađa iz iverica. Bilten ZIDI, 6, 28, Zagreb 1979.
2. Roffael, E., Mehlhorn, L.: Erfahrungen mit einer einfachen Methode zur Bestimmung der Formaldehydabgabe von Spanplatten. Holz-Zentralblatt 102, Nr. 154, S.2202.
3. Roffael, E.: Praxisnahe Methode zur Bestimmung der Formaldehydabgabe harnstoffharzgebundener Spanplatten. Holz-Zentralblatt 101, S.1403-1404.
4. Entwurf DIN/EN 120 "Bestimmung von Formaldehyd in Spanplatten, Perforatormethode" November 1979.

5. F E S Y P : Formaldehydbestimmung bei Spanplatten: Perforatormethode, Gasanalysemethode, Bestimmung von Formaldehyd in der Luft: Photometrisches Verfahren, Jodometrisches Verfahren. Giessen 1975.

Prof. dr Stanislav Bađun
 Prof. dr Božidar Petrić
 Mr Velimir Šćukanec
 dipl. ing. Slavko Govorčin

KARAKTERISTIKE BUKOVINE IZ TRUPACA
 DUŽE VRIJEME OSTAVLJENIH U ŠUMI

1.0 U V O D

U ovom su radu obrađena svojstva bukovine iz izvaljenih ili u manjoj mjeri prevršenih stabala. Stabla su izvaljena ili prevršena od ciklonskog vjetra u 1978. godini, a njihovo drvo je preležalo u šumi do svibnja 1979. godine. Nakon toga su izrađeni šumski sortimenti izvezeni i otpremljeni.

Za ova su istraživanja upotrijebljeni uzorci izrezani iz trupaca nakon raspiljivanja na pilani. Oni su odabrani na principu slučajnog izbora i nepoznate lokacije u trupcu. Uzorak su činila četiri obratka, slijedećih karakteristika:

| oznaka | dimenzije, cm | diskoloracija | greške |
|--------|---------------|------------------------------------|-------------------|
| UP-1 | 43,3x12,1x4,5 | žuto-bijela; modra | napukline, kvрге |
| UP-2 | 14,0x 9,2x3,0 | smeđe-zeleno | napukline |
| UP-3 | 37,0x 7,5x2,0 | žuto-bijela oivičena; crveno-smeđa | neravnosti obrade |
| UP-4 | 12,0x 9,0x2,9 | modro-siva; bijelo-žuta | napukline |

Na svim uzorcima uočljiva je pojava i razni stadiji zagušenosti, modrenja i piravosti različitog smjera protezanja, veličine površina i oblika.

2.0 ISPITANA SVOJSTVA

Radi utvrđivanja stupnja upotrebljivosti ove bukovine u industrijskoj preradi, ispitana su slijedeća svojstva:

- 2.1 širina goda
- 2.2 volumna masa /gustoća/ kod 0% vlažnosti,
- 2.3 volumna masa /gustoća/ u času ispitivanja,
- 2.4 volumna masa /gustoća/ kod 12% vlažnosti,
- 2.5 čvrstoća na tlak,
- 2.6 čvrstoća na savijanje,
- 2.7 modul elastičnosti,
- 2.8 dinamička čvrstoća na savijanje /čvrstoća na udarac/,
- 2.9 vlažnost u času ispitivanja.

Nakon ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava izvršena su:

- anatomsko i mikološko istraživanje strukture bukovine pojedinih uzoraka.

Na osnovi dobivenih podataka obavljena je komparativna analiza kvalitete ispitane bukovine. Za usporedbu su upotrijebljeni odgovarajući podaci za bukovinu s drugih staništa u SRH.

3.0 REZULTATI ISPITIVANJA

U tablicama I, II i III prikazani su rezultati ispitivanja volumne mase za pojedine uzorke i prosječni podaci cijelog uzorka.

Tablica I - Volumna masa istraživane bukovine u standardnom suhom stanju /0% vlažnosti/.

| OZNAKA | Broj proba | Granice od kg/m^3 | do | m | f_m kg/m^3 | s | fs |
|---------|------------|----------------------------|-----|-----|--------------------------|------|-----|
| UP-1 | 8 | 655 | 687 | 665 | 3,32 | 9,4 | 2,3 |
| UP-3 | 3 | 572 | 620 | 595 | 11,3 | 19,6 | 8,0 |
| Prosjek | 11 | 572 | 687 | 646 | 10,2 | 33,9 | 7,2 |

m - aritmetička sredina; fm - greška srednje vrijednosti;
 s - srednja kvadratna greška; fs - greška standardne devijacije.

Tablica II - Volumna masa istraživane bukovine u vrijeme ispitivanja

| OZNAKA | Broj proba | Granice od kg/m^3 do | | m | fm kg/m^3 | s | fs |
|---------|------------|-------------------------------|-----|-----|--------------------|------|-----|
| UP-1 | 9 | 677 | 690 | 682 | 1,40 | 4,2 | 1,0 |
| UP-2 | 10 | 693 | 797 | 738 | 9,96 | 31,5 | 7,0 |
| UP-3 | 3 | 617 | 645 | 634 | 7,04 | 12,2 | 5,0 |
| UP-4 | 7 | 671 | 734 | 707 | 9,98 | 26,1 | 7,0 |
| Prosjek | 29 | 617 | 797 | 702 | 7,26 | 39,7 | 5,1 |

m - aritmetička sredina; fm - greška srednje vrijednosti;
 s - srednja kvadratna greška; fs - greška standardne devijacije.

Tablica III - Volumna masa istraživane bukovine kod proba za ispitivanje čvrstoće

| OZNAKA | Broj proba | Granice od kg/m^3 do | | m | fm kg/m^3 | s | fs | Vlažnost |
|--------|------------|-------------------------------|-----|-----|--------------------|------|-----|----------|
| UP-1 | 8 | 684 | 734 | 697 | 6,12 | 17,3 | 4,3 | 8,5 |
| UP-3 | 3 | 601 | 656 | 627 | 13,0 | 22,6 | 9,2 | 7,9 |

m - aritmetička sredina; fm - greška arit. sredine;
 S - srednja kvadratna greška; fs - greška standardne devijacije.

Volumna masa u tablicama II i III, unutar uzorka ispitane bukovine, određena je posebno za grupe proba prema namjeni ispitivanja. To je učinjeno da bi se utvrdilo, da li postoji statistička opravdanost razlika ovog svojstva između

grupa proba. Test signifikantnosti je pokazao, da te razlike nisu statistički opravdane /poglavlje 4.1/.

U tablici IV prikazani su rezultati ispitivanja mehaničkih svojstava.

Tablica IV - Čvrstoća ispitane bukovine

| OZNAKA | Broj proba | Granice | | m | fm | s | fs |
|--|------------|---------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | od | do | | | | |
| <u>ČVRSTOĆA NA TLAK, daN/cm²</u> | | | | | | | |
| UP-1 | 7 | 565 | 713 | 667 | 17,9 | 47,5 | 12,7 |
| UP-1 | 8 | 569 | 678 | 637 | 13,5 | 38,3 | 9,6 |
| UP-2 | 3 | 329 | 498 | 440 | 27,3 | 47,3 | 19,3 |
| UP-3 | 9 | 485 | 641 | 588 | 24,3 | 72,9 | 17,2 |
| UP-3 | 3 | 556 | 630 | 596 | 17,7 | 30,6 | 10,2 |
| UP-4 | 10 | 378 | 644 | 515 | 29,2 | 92,4 | 20,7 |
| Prosjek | 40 | 329 | 713 | 566 | 16,7 | 105,6 | 11,8 |
| <u>ČVRSTOĆA NA SAVIJANJE, daN/cm²</u> | | | | | | | |
| UP-1 | 4 | 1321 | 1381 | 1351 | 10,8 | 21,6 | 7,6 |
| UP-3 | 1 | - | - | 1053 | - | - | - |
| Prosjek | 5 | 1053 | 1381 | 1292 | 63,6 | 120,7 | 45,0 |
| <u>MODUL ELASTIČNOSTI, daN/cm² x 10³</u> | | | | | | | |
| UP-1 | 4 | 104 | 124 | 113 | 4,1 | 8,3 | 2,9 |
| UP-3 | 1 | - | - | 89 | - | - | - |
| Prosjek | 5 | 89 | 124 | 108 | 5,4 | 12,1 | 3,8 |
| <u>ČVRSTOĆA NA UDARAC, kpm/cm²</u> | | | | | | | |
| UP-1 | 4 | 0,81 | 1,79 | 0,322 | 0,046 | 0,092 | 0,032 |
| UP-3 | 2 | 0,31 | 0,98 | 0,154 | 0,057 | 0,080 | 0,040 |
| Prosjek | 6 | 0,31 | 1,79 | 0,266 | 0,048 | 0,118 | 0,034 |

m - aritmetička sredina; fm - greška srednje vrijednosti;
 S - srednja kvadratna greška; fs - greška standardne devijacije.

4.0 KOMPARACIJA REZULTATA ISPITIVANJA

Rezultati ispitane bukovine komparirani su s podacima za ista svojstva bukovine s drugih staništa u SRH. Ovakva komparacija omogućuje analizu kvalitete i svojstava usporedivanog i usporednog drva. Za tu svrhu upotrijebljeni su rezultati istraživanja Horvat, I./3/, Štajduhar, F./8/, Lukić, N./4/, Bađun, S. i dr. /2/, Petrić, B. i dr. /5/.

4.1. KOMPARACIJA VOLUMNE MASE

U tablici V prikazani su podaci za volumnu masu ispitane i komparirane bukovine.

Tablica V - Komparacija rezultata volumne mase bukovine

| Red. br. | Područje | br. proba | Širina goda | Volumna masa, kg/cm ³ | | | RAZLIKE | | |
|----------|--------------------|-----------|-------------|----------------------------------|------|---------------|---------|----------|-----------|
| | | | | Kod 0% vlaž. | fm | kod 12% vlaž. | fm | 0% vlaž. | 12% vlaž. |
| 1 | Podr.Slatina | 29 | - | - | - | 702 | 7,3 | - | +4,3 |
| 2 | Podr.Slatina | 11 | 1,3-6,1 | 646 | 10,2 | 673 | 11,0 | 0 | 0 |
| 3 | Papuk | 224 | 0,6-3,5 | 702 | 3,0 | 740 | 2,0 | +8,7 | +9,9 |
| 4 | Petrova Gora | 169 | 0,5-6,0 | 703 | 3,0 | 735 | 3,0 | +8,8 | +9,2 |
| 5 | Majdanpek | 40 | 1,2-3,0 | 700 | - | 747 | - | +8,3 | +11,0 |
| 6 | Lokalizetiti u SRH | 114 | 0,2-4,5 | 681 | - | 714 | - | +5,4 | +6,1 |

Iz tablice se vidi da je volumna masa ispitane bukovine u standardno suhom /0% vlaž./ i prosušenom stanju /12% vlaž./ manja za 4,3 - 11% od volumne mase komparirane bukovine. Eliminiranjem faktora širine goda, izvršena je ocjena statističke opravdanosti ovih razlika, radi analize drugih faktora koji su mogli imati utjecaj na ove razlike. Podaci o statističkoj opravdanosti razlika unutar ispitane, te između ispitane i komparirane bukovine dani su u slijedećem pregledu.

| Statistička opravdanost razlika | | Volumna masa | |
|---------------------------------|-------|--------------|---------|
| | | kod 0% | kod 12% |
| red.broj | 1 - 2 | - | 2,19 |
| prema tab- lici V: | 1 - 3 | - | 5,02 |
| | 1 - 4 | - | 4,18 |
| | 2 - 3 | 5,27 | 5,99 |
| | 2 - 4 | 5,36 | 5,44 |

Primijenjeni test utvrđivanja statističke opravdanosti razlika pokazuje da te razlike nisu opravdane unutar ispitnog uzorka bukovine. Razlike su opravdane između ispitane i komparirane bukovine, jer je pokazatelj statističke opravdanosti veći od 3. Budući da je na ispitanim uzorcima utvrđena pojava diskoloracije, zagušenosti i piravosti, može se smatrati da je to bio uzrok smanjenja volumne mase ispitane bukovine.

4.2 KOMPARACIJA MEHANIČKIH SVOJSTAVA

U tablicama VI i VII prikazani su podaci ispitane i komparirane bukovine.

Tablica VI - Komparacija mehaničkih svojstava bukovine

| Red. br. | Područje | Čvrstoća, daN/cm ² | | | | | |
|----------|------------------|-------------------------------|------|-------|-----------------------|------|-------|
| | | Na t l a k | | | N a s a v i j a n j e | | |
| | | m | fm | r | m | fm | r |
| 1 | Podrav.Slatina | 566 | 16,7 | 0 | 1292 | 63,6 | 0 |
| 2 | Papuk | 723 | 3,3 | +27,7 | 1393 | 14,5 | +7,8 |
| 3 | Petrova Gora | 656 | 6,0 | +15,9 | 1320 | 12,0 | +2,2 |
| 4 | Majdanpek | 576 | - | +1,77 | 1005 | - | -22,2 |
| 5 | Lokaliteti u SRH | 612 | 3,12 | +8,13 | 1382 | 14,9 | +7,0 |

r - razlike u %

U tablici VI se vidi da je čvrstoća na tlak ispitane

bukovine manja za približno 2 - 28% od iste čvrstoće komparirane bukovine. Čvrstoća na savijanje ispitane bukovine manja je za približno 2 - 8% od iste čvrstoće komparirane bukovine, osim za lokalitet Majdanpek od koje je veća za 22%.

Pokazatelji statističke opravdanosti ovih razlika izneseni su u sljedećem pregledu:

| Statistička opravdanost razlika | Čvrstoća tlak | Čvrstoća na savijanje |
|--|------------------|--------------------------|
| red.broj 1 - 2 prema tab lici VI | 9,22 | 1,55 |
| 1 - 3 | 5,07 | 0,43 |
| 1 - 5 | 2,71 | 1,38 |

Kao što se iz pregleda vidi ove su razlike statistički opravdane kod čvrstoće na tlak ispitane i komparirane bukovine. Kod čvrstoće na savijanje isti pokazatelji ukazuju da razlike, niti u jednom slučaju, nisu signifikantne između ispitane i komparirane bukovine. Poznato je da se smanjenje čvrstoće uslijed zagušenosti, odnosno piravosti naročito ispoljava kod čvrstoće na tlak i čvrstoće na udarac /9/. Razni stupnjevi diskoloracije i početne dezintegracije nemaju jednak utjecaj na pojedine čvrstoće.

Tablica VII - Komparacija mehaničkih svojstava bukovine

| Red. br. Područje | Čvrstoća na udarac, | | | Modul elastičnosti, | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------------|------|---------------------|---------------------------|-------|
| | m | kpm/cm ² fm | r | m | daN/cm ² fm | r |
| 1 Podr.Slatina | 0,266 | 0,048 | 0 | 107826 | 5400 | 0 |
| 2 Papuk | 1,533 | 0,032 | +476 | 141020 | 2636 | +30,8 |
| 3 Petrova Gora | 0,952 | 0,023 | +258 | 122630 | 3340 | +13,7 |
| 4 Majdanpek | 0,880 | - | +231 | - | - | - |
| 5 Lokaliteti u SRH | 1,350 | 0,025 | +407 | 133162 | 2004 | +23,5 |

r - razlike u %

U tablici VII se vidi da je čvrstoća na udarac ispitane bukovine izrazito manja /2,3 - 4,8 puta/ od iste čvrstoće komparirane bukovine. Modul elasticiteta ispitane bukovine manji je za približno 14 - 31% od modula elastičnosti komparirane bukovine.

Statistička opravdanost ovih razlika prikazana je u slijedećem pregledu:

| Statistička opravdanost razlika | Čvrstoća na udarac | Modul elasticiteta |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| Red.broj: 1 - 2 | 21,96 | 5,52 |
| prema tab- lici VII 1 - 3 | 12,86 | 2,33 |
| 1 - 5 | 14,98 | 4,40 |

Kao što se iz pregleda vidi, razlike čvrstoće na udarac i modula elasticiteta ispitane i komparirane bukovine su statistički opravdane. S obzirom na makroskopski izgled drva uzoraka ispitane bukovine /diskoloracije, zagušenost, početna dezintegracija, piravost/ može se smatrati da su te razlike posljedica ovih pojava.

4.3. KOMPARACIJA RELEVANTNIH PODATAKA

Radi cjelovitosti ove analize komparirat će se rezultati Štajduhar, F. /6,7/ s podacima ovih ispitivanja. Svi su podaci izraženi odnosom vrijednosti svojstva diskolorirane ili dezintegrirane bukovine prema zdravoj bukovini, a prikazani su u tablici VIII.

Tablica VIII - Prosjek početne dezintegracije bukovine /6/

| Područje | Vrijeme izlaganja mj. | Volum. masa % | Čvrstota tlak % | Ća savijanje % | na udarac % |
|----------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|
| | 2 | 98 | 89 | 90 | 80 |
| Lokaliteti | 4 | 96 | 94 | 93 | 79 |
| u | 6 | 96 | 90 | 84 | 64 |
| SRH | 8 | 92 | 95 | 85 | 66 |
| | 10 | 92 | 97 | 79 | 67 |
| | 12 | 90 | 92 | 76 | 45 |
| | | 2-10 | 3-11 | 7-24 | 20 - 55% |
| | | smanjenja vrijednost svojstva | | | |
| Podrav.Slatina | | 94-92 | 92-78 | 98-93 | 30-17 |
| | | 6-8 | 8-22 | 2-7 | 70 - 83% |
| | | smanjena vrijednost svojstva | | | |

Kao što se u tablici VIII vidi, rezultati istraživanja Štajduhar, F. i rezultati ovih ispitivanja približno se podudaraju. Komparativna zdrava i dezintegraciji izložena bukovina u istraživanjima Štajduhar, F. bila je istorodna /stablo, lokalitet, stanište/. Iako se u ovim ispitivanjima nije raspolagalo tako homogenim materijalom, ipak je trend dobivenih rezultata gotovo istovjetan. Ta činjenica omogućuje donošenje zaključka o vjerodostojnosti dobivenih rezultata.

5.0 OCJENA KVALITETE UZORKA ISPITANE BUKOVINE

Na uzorku bukovine koji je dostavljen na ispitivanje izvršena je makroskopska, mikroskopska i mikološka analiza. Ove su analize izvršene radi ocjene kvalitete i utvrđivanja faktora koji su mogli imati utjecaja na ispitana svojstva. Opservacije makroskopske analize dane su opisno u pregledu materijala za ispitivanje.

5.1 MIKROSKOPSKA ANALIZA

Zadatak je ove analize bio iskazati strukturu drva uzoraka ispitane bukovine i usporediti je sa strukturom zdrave bukovine /5/. S obzirom na djelovanje ciklonskog vjetrova, trajanje izrade i vremena do iznošenja i otpreme, pojave diskoloracije i stadija početne dezintegracije mogle su se očekivati. Takve su promjene i makroskopski identificirane.

Zagušenost kao jedna od pojava utvrđena je makroskopski na temelju promjene prirodnog tona boje i mikroskopski prema povećanom broju tila u provodnim elementima. Zagušenost bukovine, neki autori smatraju nepotpunim procesom osržavanja, koje se u biti ne razlikuju od nepravne srži /crveno srce/. Novija istraživanja Vatkina, A.T., Černeova, I.A. i Akindinova, M.V. navode da floru crvenog srca čine gljive *Hypoxyylon coccineum*, *Torula ligniperda* i druge; gljive uzročnici modrenja *Ophiostoma* sp., *Alternaria* sp. i *Cadophora* sp. U dubučem stablu njihova je uloga sasvim posebna i nije daleko od simbioze. Međutim, u oborenom drvu te prvotne infekcije drveta mogu ubrzati propadanje drva. Nastajanje zagušenosti i pojava crvenog srca je prema istraživanjima Zycha, H. posljedica reakcije drva na prodor kisika kod određenog kritičnog sadržaja vode u pojedinim dijelovima drva.

Stanje u kojem se nalazilo drvo bukovih izvaljenih i prevršenih stabala odgovaralo je nastajanju i razvoju zagušenosti, a vremensko trajanje i raznim stadijima dezintegracije do stupnja piravosti. Poznato je da se zagušenost bukovine pojavljuje vrlo brzo nakon obaranja ako za to postoje odgovarajući klimatski uvjeti /temperatura oko 25°C, Jurašek, I./ . Prema istraživanjima Uidl, N. /10,11/ stanje zagušenosti bukovih trupaca na kraju četirijesečnog ispitivanja /travanj - srpanj/ može se prikazati kako slijedi:

| PODRUČJE | Polovina dužine trupca cm | Prosječni promjer cm | Zagušeno | | Relativno na duž. trupca | | |
|-------------|------------------------------------|----------------------------|------------|-------------|-----------------------------|------------|----------|
| | | | min. cm | maks. cm | min. % | maks. % | prosjeck |
| Durđenovac | 176,5 | 50 | 15 | 95 | 8,5 | 53,8 | 51,0 |
| Nova Kapela | 176,5 | 45 | 3 | 100 | 1,7 | 56,6 | 37,8 |
| Sanski Most | 233,3 | 45 | 10 | 100 | 4,3 | 42,8 | 31,4 |
| Bos. Krupa | 243,3 | 49 | 10 | 50 | 4,1 | 20,5 | 17,8 |
| Bos. Novi | 201,6 | 40 | 3 | 90 | 1,5 | 44,6 | 36,4 |

Od ukupno 15 istraživanih trupaca, do kraja ovih ispitivanja /10/ u svima se razvila zagušenost, a u 8 od njih i početna dezintegracija do stupnja piravosti. Pojava i vrijeme napredovanja zagušenosti bukovine, prema drugom istraživanju Uidl, N. /11/, može se očitati iz grafikona odnosa dubine prodiranja zagušenosti i vremena ležanja trupca kako slijedi:

| | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|
| - vrijeme ležanja trupaca mjes. | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 |
| - dubina prodiranja zagušenosti, cm | 0 | 18,7 | 37,5 | 60,0 | 78,7 |

Iz gornjih se pregleda vide apsolutne i relativne vrijednosti zahvaćenosti drvene mase pojavom zagušenosti. Ona se razvija obično od čela prema unutrašnjosti ili preko oštećenja kore na plaštu trupca. Zagušeno drvo smatra se tehnički manje vrijednim. Neki autori smatraju da u početnom stadiju zagušeno drvo zadržava svoja svojstva, ali ubrzo u povoljnim vanjskim i unutarnjim uvjetima javlja se početna dezintegracija koja se razvija u piravost. Drugi pak navode da se smanjenje svojstava pojavljuje čim se dekoheracija jednako-mjerno raširi /9/.

Za ispitānu bukovinu nije se raspolagalo podacima o stupnju apsolutne i relativne zahvaćenosti drvene mase pojavom zagušenosti i početne odnosno razvijene dezintegracije. Ranije navedeni podaci /10, 11/ mogu se uzeti kao mjerilo za smanjene drvene mase /bonifikaciju/, zbog njene slabije kvalitete ili neupotrebljivosti za industrijsku preradu.

5.2 MIKOLOŠKA ANALIZA

Iz proba uzoraka ispitane bukovine, standardnim laboratorijskim postupcima, izrađeni su preparati za utvrđivanje eventualnih promjena u strukturi i prisustva mikroorganizama.

U tu je svrhu utvrđivana zastupljenost tila, prisustvo hifa gljiva i destrukcija membrana stanica. U tablici IX prikazani su podaci ovih istraživanja. Radi usporednih razmatranja i ocjene kvalitete ispitane bukovine u tablici IX unešeni su i podaci o nekim fizičkim i mehaničkim svojstvima. Pojedinačni se podaci odnose na istu probu. Iz tablice IX se vidi da su makroskopske opservacije o prisutnosti zagušenosti, početnoj dezintegraciji i piravosti /bijela trulež/ i mikroskopski utvrđena. Prema tome raniji zaključak o uzroku smanjenja svojstava ispitane bukovine potvrđen je i mikroskopskom i mikološkom analizom.

Tablica IX Komparacija svojstava s mikroskopskom i mikološkom analizom

| Red. b r. | Oznaka | Tile | Hife | Destruk- cija mem- brane | Volum. masa | Čvrstoća tlak | na udarac |
|-------------|--------|------|------|--------------------------------|----------------|------------------|--------------|
| <u>UP-1</u> | | | | | | | |
| 1. | S-1 | +++ | - | - | 672 | 658 | - |
| 2. | S-2 | ++++ | + | - | 666 | 678 | - |
| 3. | S-3 | + | - | - | 687 | 670 | - |
| 4. | S-4 | ++ | + | - | 662 | 599 | - |
| <u>UP-3</u> | | | | | | | |
| 5. | S-1 | +++ | ++ | ++ | 572 | 556 | - |
| <u>UP-1</u> | | | | | | | |
| 6. | D-1 | +++ | + | - | 660 | 656 | 0,281 |
| 7. | D-2 | +++ | ++ | +++ | 655 | 665 | 0,193 |
| 8. | D-3 | +++ | + | - | 660 | 569 | 0,426 |
| 9. | D-4 | + | - | - | 661 | 601 | 0,389 |
| <u>UP-3</u> | | | | | | | |
| 10. | D-1 | +++ | +++ | ++++ | 593 | 602 | 0,074 |
| 11. | D-2 | +++ | + | - | 620 | 630 | 0,234 |

TILE

- + - mali broj tila
- ++ - povećani broj tila
- +++ - veliki broj tila u zonama
- ++++ - veliki broj tila na cijelom presjeku

HIFE

- + - mjestimično malo
- ++ - mjestimično više
- +++ - u velikom broju

DESTRUKCIJE MEMBRANE

- ++ - mjestimično razgrađene membrane
- +++ - akcijalne zone s djelomično razgrađenim membranama
- ++++ - bijela trulež u aksijažnim zonama

Iako je broj ispitanih proba relativno malen, ipak se u tablici IX uočava utjecaj promjena u strukturi /tile, hife, razgrađnja membrana/ na veličinu pojedinih fizičkih i mehaničkih svojstava /probe 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11/.

5.3 OCJENA KVALITETE

Dosadašnje analize ispitane bukovine pokazuju, za istraženi uzorak, da je to drvo smanjene kvalitete /estetske promjene/, smanjenog stupnja upotrebljivosti /fizička i mehanička svojstva/ i djelomično neupotrebljivo /piravost, trulež, korozije/. Za industrijsku preradu finalnih proizvoda iz masivnog drva, u kojima se želi ispoljiti prirodni ton boje i tekstura, ovaj je materijal neupotrebljiv. U elementima konstrukcija ojašćenog /tapeciranog/ namještaja, zbog smanjene čvrstoće njegova je upotreba nedopuštena ili je nekorektni rizik proizvođača namještaja.

6.0 LITERATURA

- : 1957. Buk ako priemyselna surovina. Zbornik referata. Bratislava.
- BAĐUN, S., PETRIĆ, B. i ŠĆUKANEC, V.: /1977/ Karakteristike i mogućnosti korišćenja bukovine s mozaičnom srži u preradi drva. Bilten ZIDI, Šum. fak. Zagreb, 5: 1-2, str. 33-40.
- HORVAT, I.: 1969. Osnovne fizičke i mehaničke karakteristike bukovine. Drvna industrija, 20:11-12, str. 183-194.
- LUKIĆ, N.: 1953. O nekim svojstvima parene i neparene bukovine Majdanpeške domene. Glasnik Šum. fak. Beograd, 6, str. 51-66.
- PETRIĆ, B., ŠĆUKANEC, V.: 1980. Neke strukturne karakteristike domaće bukovine /*Fagus silvatica* L./. Drvna industrija 31: 9-10, str. 245-246.
- ŠTAJDUHAR, F.: 1969. Slabljenje bukovine početnom dezintegracijom. Drvna industrija 20:11-12, str. 195-198.
- ŠTAJDUHAR, F.: 1971. Bukova građa iz zagušenih trupaca. Drvna industrija, 22: 1-2, str. 17-25.
- ŠTAJDUHAR, F.: 1972. Prilog istraživanju fizičko-mehaničkih svojstava bukovine u Hrvatskoj. Drvna industrija, 24: 3-4, str. 43-59.
- TRENDELENBURG, R. i MAYER-MEGELIN, H: 1955. Das Holz als Rohstoff, 2, izd. Muenchen.
- UIDL, N.: 1961. Zaštita bukovih trupaca protiv zagušivanja. Drvna industrija, 12: 3-4, str.45-49.
- UIDL, N.: 1968. Zaštita tehničke oblovine premazima. Drvna industrija, 19: 2-3, str. 41-44.