

Analiza utjecaja promjera, pada promjera, dužine trupca, širine raspiljka i netočnosti piljenja na volumno iskorišćenje trupca kod piljenja na jarmači metodom simulacije

Mr **Vladimir Hitrec**, dipl. ing.
Šumarski fakultet, Zagreb

Primljeno: 1. travnja 1982.

UDK 634.0.832.1

Prihvaćeno: 7. svibnja 1982.

Izvorni znanstveni rad

Sažetak

U radu su prikazani rezultati simulacije piljenja pomoću programa RARAVO za trupce različitih dimenzija, piljenih različitim rasporedima pila uz razne netočnosti piljenja i različite širine raspiljka na jarmači. Pokazano je kako volumno iskorišćenje trupca ovisi o promjeru, padu promjera i dužini trupca, te o netočnosti piljenja i veličini raspiljka na jarmači. Rezultati su dani u obliku dijagrama.

Ključne riječi: simulacija piljenja — jarmača — volumno iskorišćenje trupca

ANALYSIS OF INFLUENCE OF LOG TAPER, LOG LENGTH, SAW KERF WIDTH AND SAWING INACCURACY ON VOLUME LOG YIELD WHEN SAWN ON FRAME-SAW BY METHOD OF SIMULATION

Summary

The study shows the results of simulation of sawing by RARAVO program for logs of different dimensions using various saw arrangements, various inaccuracies of sawing and different sawkerf width on frame-saw. It has been demonstrated how the volume utilization of logs depends on diameter, taper, log length, inaccuracy of sawing and width of sawkerf on the frame-saw. Results are shown on diagrams.

Key words: simulations of sawing — frame-saw — volume log yield. (A. M.)

1. UVOD

Metoda simulacije piljenja trupaca na jarmačama [3, 4, 5] omogućuje da se procijeni utjecaj pojedinih faktora na volumno iskorišćenje trupaca. Do sada su takva istraživanja bila rađena i drugim teorijskim metodama, a iz eksperimentalnih piljenja, ti su rezultati poznati stručnjacima [1]. Simulacija omogućuje da rezultati budu kompletniji, tj. da se ispita više faktora i svaki od njih s više mogućih vrijednosti, i to sve za veći broj rasporeda piljenja.

Rezultati prikazani u ovom radu dobiveni su simulacijom pomoću programa RARAVO [4], tako da je svaki trupac »raspiljen« s 10 rasporeda. Promatrano je sedam debljinskih grupa trupaca, a rasporedi piljenja su od grupe do grupe mijenjani. Rasporede piljenja autor je objavio u članku »Kvalitativna komparacija različitih rasporeda pila, s obzirom na volumno iskorišćivanje trupaca, kod piljenja na jarmačama« [5].

2. UTJECAJ PROMJERA, PADA PROMJERA I DUŽINE TRUPCA NA VOLUMNO ISKORIŠEENJE TRUPACA

Kao što je već navedeno, promatrano je 7 debljinskih grupa trupaca: 20—24 cm, 25—29 cm, ..., 50—54 cm promjera. U svakoj od navedenih debljinskih grupa izvršeno je simulirano piljenje s 10 rasporeda. Rasporedi su od grupe do grupe mijenjani. Debljina trupca je mijenjana s intervalom od 1 cm. Za svaku debljinu mijenjan je pad promjera od 0.5 cm/m do 2.5 cm/m, s pomakom od 0.5 cm/m, te dužina trupca od 3 do 6 m, s pomakom od 0.5 m.

Izvršeno je, dakle $7 \times 5 \times 5 \times 7 \times 10 = 12250$ simulacija piljenja. Za svako piljenje je izračunato volumno iskorišćenje za svaki od 10 rasporeda. Rasporedi su prema veličini volumnog iskorišćenja i rangirani. Izračunato je i prosječno volumno iskorišćenje za najboljih 5 rasporeda. Tehnološki uvjeti i metode piljenja opisani su u radovima navedenim u popisu literature [3, 4, 5].

Rezultati dobiveni simulacijom su obrađeni tabelarno, te su na temelju tih tabela načinjeni dijagrami. Ovdje su zbog ograničenog prostora prikazani samo dijagrami.

Dijagram 1. sadrži prosječno volumno iskorišćenje najboljih 5 rasporeda kao funkciju promjera, duljine i pada promjera trupca. Iz dijagrama 1. je očito slijedeće:

a) Općenit porast volumnog iskorišćenja u odnosu na porast promjera trupca (kao teorijska postavka poznata već otprije).

b) Porast iskorišćenja s porastom promjera (jedina iznimka je kod duljine od 6 m u debljinskoj grupi 40—44 cm) unutar svake debljinske grupe.

c) Prelaskom u drugu debljinsku grupu trupaca, dakle prelaskom na nove rasporede, dolazi do stagnacije porasta, a u nekim slučajevima čak i do pada volumnog iskorišćenja. Ta se pojava može pripisati neadekvatno odabranim rasporedima. Izgleda, naime, da je izbor rasporeda prilagođen promjeru srednjeg trupca iz promatrane grupe, a taj izbor ne odgovara svim trupcima iz grupe, čiji se promjeri nalaze u intervalu od 5 cm. Iz toga je očito da se rasporedi mogu bolje odabrati, odnosno da bi trebalo razmotriti opravdanost finijeg sortiranja trupaca prema promjeru. Ta je pojava uočena već ranije [5], pa je istaknuto da izbor rasporeda može biti »osjetljiv« na svaki centimetar promjene debljine trupca. No, potrebno je navesti da se spomenuta pojava manje ispoljava, čak bi se moglo reći da ne postoji za truppe dužine 3 m.

Ovdje nije zadatak traženje boljih rasporeda, no to će biti potrebno učiniti u daljnim istraživanjima.

d) Kraći trupci imaju redovno veće iskorišćenje od dužih, osim nekoliko iznimaka kod tanjih trupaca (što je već od prije poznato).

e) Pad promjera znatno utječe na volumno iskorišćenje trupaca. Taj je utjecaj značajniji kod dužih nego kod kratkih trupaca. To je vidljivo i po tome što su krivulje koje pripadaju dužim trupcima strmije (dijagram 1). Nismo u stanju objasniti ekstremno značajan utjecaj pada promjera na volumno iskorišćenje u debljinskoj grupi 35—39 cm (dijagram 1, $V_1\%$ od 57% do 72%). Da li je to samo utjecaj odabranih rasporeda ili toj debljinskoj grupi (za mali pad promjera) naročito odgovaraju standardi o dimenzijama piljenica, o kojima je vođeno računa kod piljenja, to bi se moralo provjeriti dodatnim simulacijama.

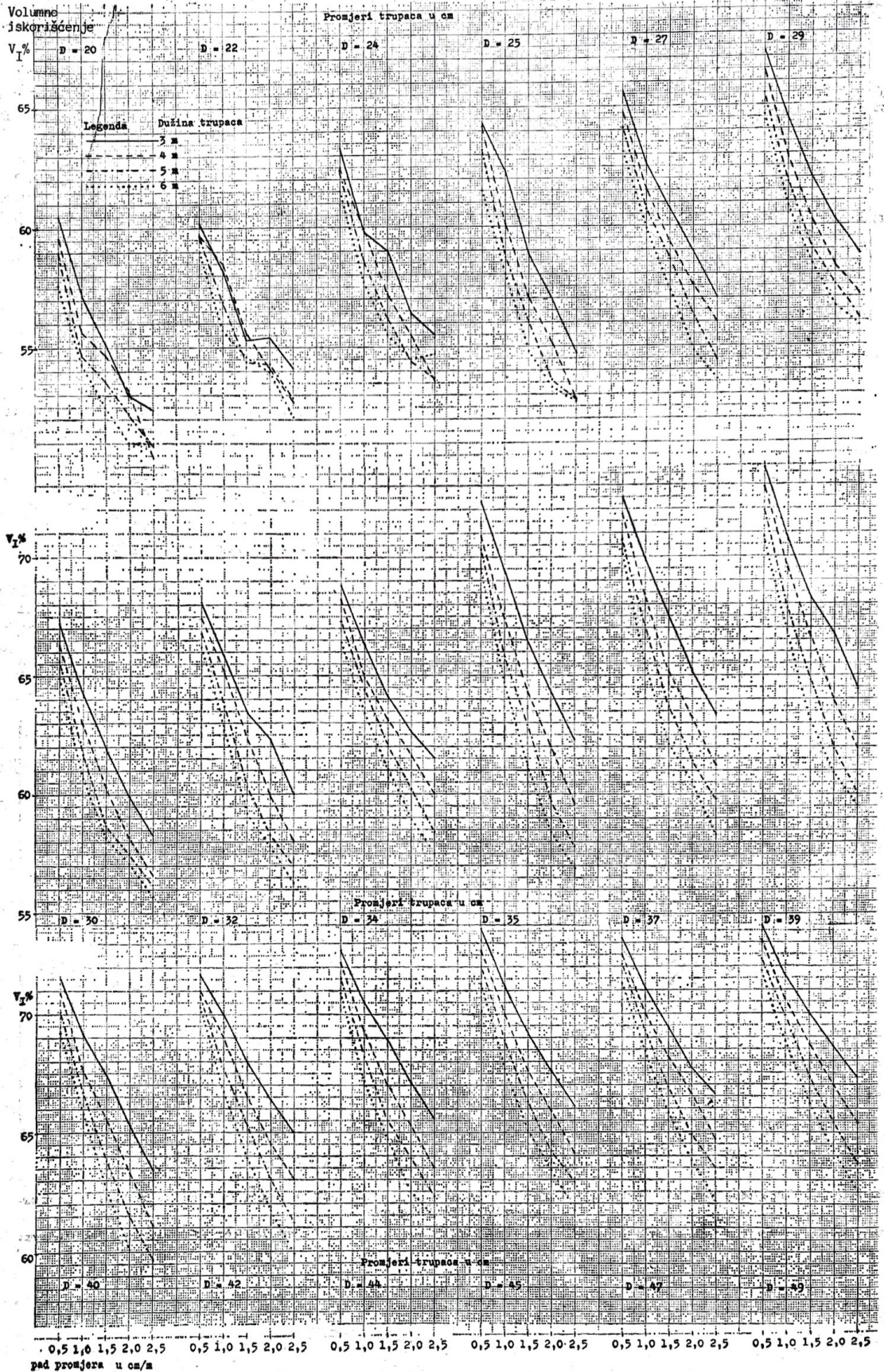
f) Što su trupci većeg promjera, to su linije na dijagramu, koje prikazuju volumno iskorišćenje za različite promjere, glađe (ima manje lozova). Može se reći da su promatrane veze gotovo funkcionalne. To se objašnjava većim volumnim iskorišćenjem debljih trupaca, gdje su relativno manja odstupanja, zbog neadekvatnog rasporeda, manje uočljiva.

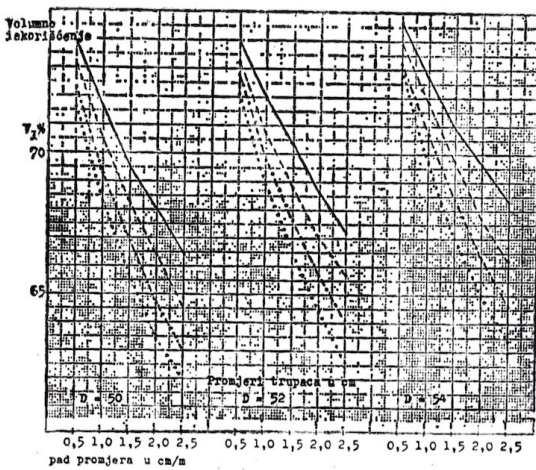
Iako se raspolaže podacima o tome kako promatrani faktori djeluju na volumno iskorišćenje, kod najboljeg od 10 promatranih rasporeda, ti rezultati ovdje nisu iznijeti zbog ograničenog prostora. No, treba izvijestiti da su analogne linije manje glatke, što je i razumljivo jer se ne radi o prosjecima volumnih iskorišćenja najboljih 5 rasporeda, te da su volumna iskorišćenja najboljeg rasporeda za 1,5 do 2,0 postotka veća od prosječnog volumnog iskorišćenja najboljih 5 rasporeda.

Potrebno je spomenuti da se već istaknuta pojava ekstremno velikog utjecaja pada promjera na volumno iskorišćenje trupaca kod grupe 35—39 cm.

Dijagram 1 — Prosječne vrijednosti volumnog iskorišćenja trupaca za najboljih 5 rasporeda pila za različite promjere, pad promjera i dužine

Diagram 1 — Average values of volume utilization of logs for 5 best arrangements of saws for various diameters, taper and log lengths





Dijagram 1. — (nastavak)
Diagram 1 — (continued)

cm pojavljuje i ovdje, kada se promatra samo najbolji raspored. To svakako navodi na pomisao da uzrok toj pojavi nije izbor rasporeda.

Dijagram 2. prikazuje prosječnu promjenu volumnog iskorišćenja ($\Delta V\%$), za promjenu debljine trupca za 1 cm i naznačene četiri kombinacije pada promjera, odnosno duljine trupca. Vidljivo je, da je porast postotka volumnog iskorišćenja, kod promjene debljine trupca za 1 cm, to manji što je trupac deblji. Povećanjem debljine trupca za 1 cm, volumno iskorišćenje se

povećava za 0,7 — 1,0 postotka kod tanjih trupca, dok je kod debljih trupca to povećanje manje i ne prelazi 0,5 postotka.

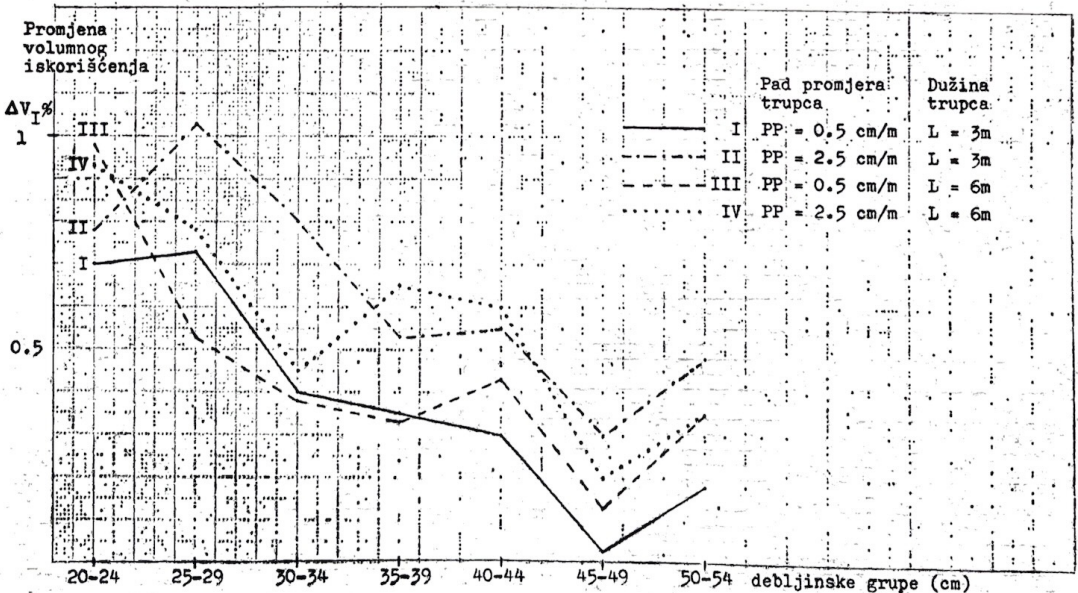
Kod debljih trupca, promjena volumnog iskorišćenja ($\Delta V\%$), s povećanjem debljine sve je manja i manja. To smanjivanje promjene volumnog iskorišćenja, s povećanjem promjera, je izraženije kod trupca s manjim padom promjera (linije br. III i I na dijagramu 2. su niže od linija II i IV). Odatle proizlazi opći trend, što je trupac deblji i što mu je pad promjera veći to daljnja promjena debljine manje utječe na njegovo volumno iskorišćenje. To je ilustrirano i na dijagramu 3.

Kako promjena dužine trupca od 0,5 m, odnosno promjena pada promjera za 0,5 cm/m, utječe na promjenu volumnog iskorišćenja, vidljivo je na dijagramu 4.

Označi li se sa $V_{i,j}$ volumno iskorišćenje koje pripada dužini trupca »i«, te padu promjera »j«, tada su četiri ordinate na dijagramu 4 sljedeće:

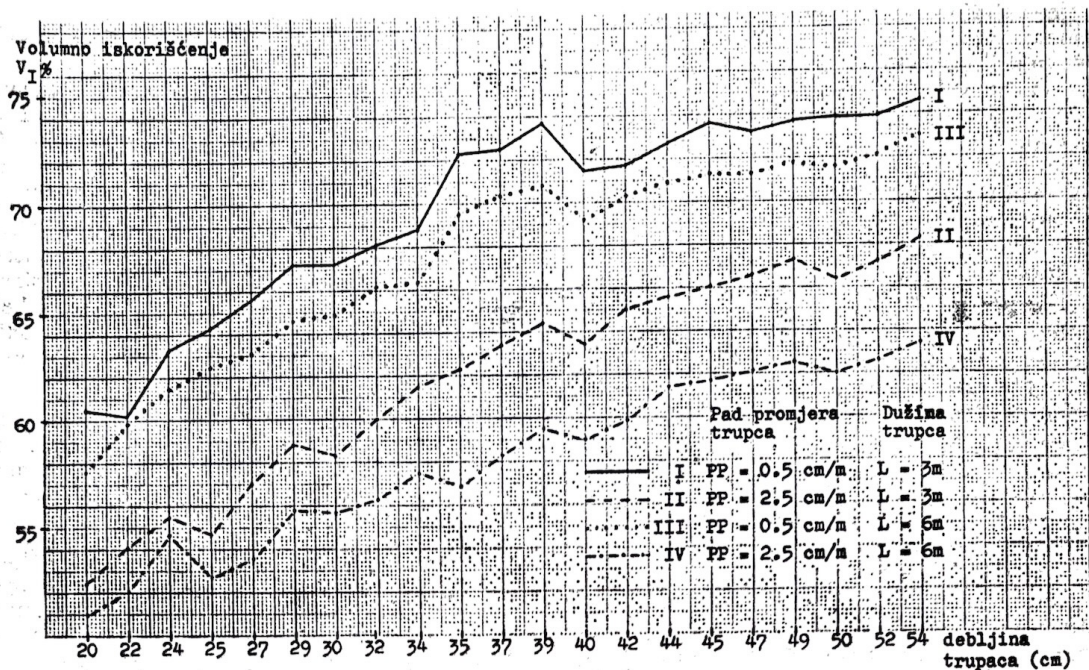
$$\begin{aligned} \text{I} & \dots (V_{3,0.5} - V_{3,2.5})/4 \\ \text{II} & \dots (V_{6,0.5} - V_{6,0.5})/4 \\ \text{III} & \dots (V_{3,0.5} - V_{6,0.5})/6 \\ \text{IV} & \dots (V_{3,2.5} - V_{6,2.5})/6 \end{aligned}$$

Te su vrijednosti računane za sve navedene promjere. Prvo što se može vidjeti iz dijagrama 4. je da su promjene volumnog iskorišćenja osjetljivije na promjenu pada promjera od 0,5 cm/m, nego na promjenu dužine od 0,5 m. Prosječno

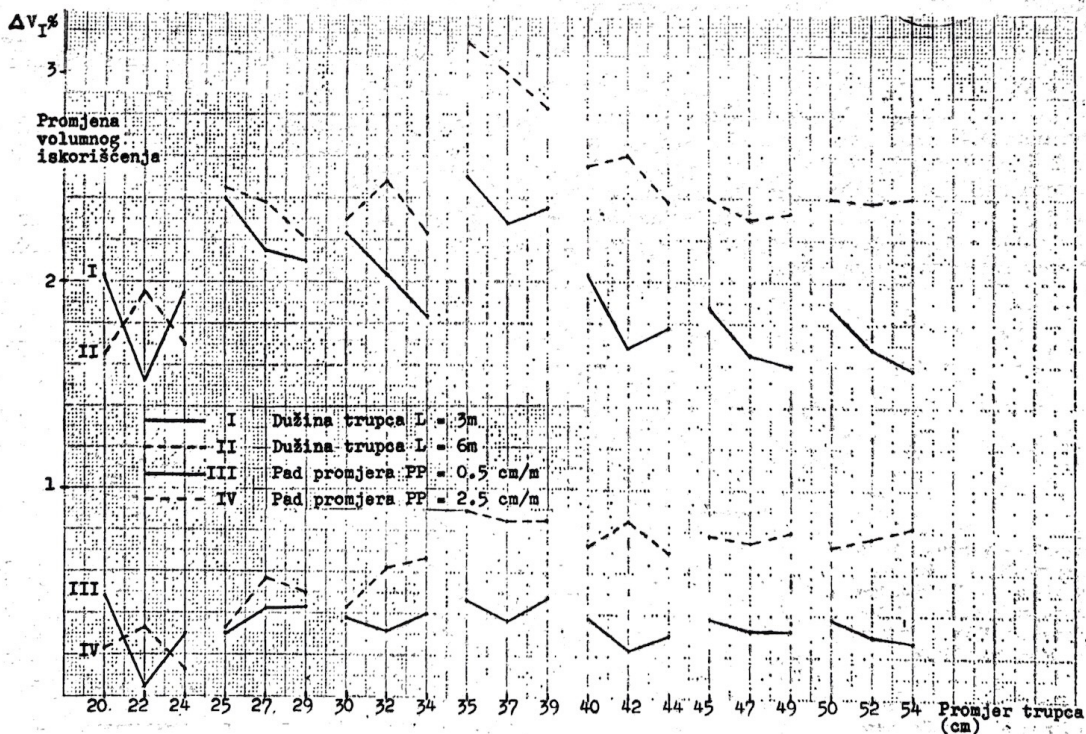


Dijagram 2 — Prosječna promjena volumnog iskorišćenja trupca kod promjene debljine trupca za 1 cm za svaku od 7 promatranih debljinskih grupa

Diagram 2 — Average change of volume log utilization at change of log diameter by 1 cm for every of 7 examined log thickness groups



Dijagram 3 — Volumno iskorišćenje trupaca različitih dimenzija Diagram 3 — Volume utilization of logs of different dimensions



Dijagram 4 — Prosječna promjena volumnog iskorišćenja kod promjene dužine trupca za 0,5 m odnosno promjene pada promjera za 0,5 cm/m

Diagram 4 — Average change of long volume utilization at change of log length by 0,5 m, and change of log taper by 0,5 cm/m

promjena dužine od 1.5 m daje istu promjenu volumnog iskorišćenja kao promjena pada promjera za 0.5 cm/m. Kod promjene pada promjera za 0.5 cm/m, volumno iskorišćenje se promijeni za oko 1.8 do 3.0 postotaka (prosječno preko 2 postotka). Promjena volumnog iskorišćenja kod promjene dužine trupca za 0.5 m manja je od 1,0 postotka. Taj podatak može biti interesantan kod sortiranja trupaca, jer za bolji izbor rasporeda pila (s obzirom na volumno iskorišćenje) važnija je promjena pada promjera od 0.5 cm/m nego promjena dužine za 1.5 m.

Interesantno jer da su te promjene volumnog iskorišćenja uzrokovane padom promjera i dužinom trupca neovisne od debljinske grupe, što je također vidljivo iz dijagrama 4.

Rezultati izneseni ovdje, koji govore o utjecaju pada promjera na promjenu volumnog iskorišćenja, slažu se s rezultatima koje su dobili Klem, G. G. i Karlsen, O. [6], dok su rezultati Kneževića, M. [7] znatno niži. Rezultati koji se odnose na utjecaj promjera po iznosu su ovdje različiti od rezultata koje je dobio Sapiro, prema Seldeckij, I. F. [8]. Slažu se jedino u debljinskoj grupi 45—49 cm, dok je ovdje dobiven utjecaj promjera 3 do 5 puta veći.

3. UTJECAJ NETOČNOSTI PILJENJA I ŠIRINE RASPILJKA NA VOLUMNO ISKORIŠĆENJE TRUPACA RAZLIČITIH DEBLJINA

Za ovaj simulirani eksperiment trupci su bili podijeljeni u 7 debljinskih grupa. Uzeti su samo trupci dužine 4 metra i pada promjera 1.5 cm/m. U svakoj od 7 debljinskih grupa promatrano je 5 trupaca različitih debljina (razlika u promjeru iznosila je 1 cm). Svaki trupac iz pojedine debljinske grupe »raspiljen« je s 10 različitih rasporeda, kao što je ranije navedeno [5].

Širina raspiljka na jarmači varirala je od 3.0 do 4.0 mm, s pomakom od 0.2 mm.

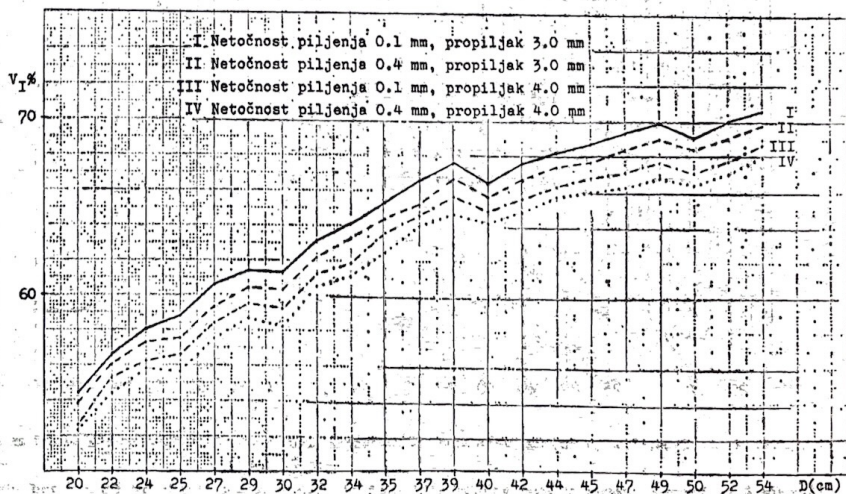
Netočnost piljenja, izražena jednom standardnom devijacijom netočnosti, mijenjana je od 0.1 do 0.4 mm, s pomakom 0.1 mm. Raspiljeno je, dakle, $5 \times 7 = 35$ različitih trupaca, svaki na $6 \times 4 \times 10 = 240$ različitih načina. »Izvršeno« je $35 \times 640 = 8400$ prolaza trupaca kroz jarmaču.

Za svaki trupac je izračunato volumno iskorišćenje [4], i rasporedi su prema tom iskorišćenju rangirani. Rezultati su pregledno tabilirano obrađeni, te su na temelju tih tabela načinjeni odgovarajući dijagrami. Zbog ograničenog prostora tabele ovdje nisu prikazane.

Na dijagramu 5. prikazano je volumno iskorišćenje za pojedine debljine trupaca (dugih 4 m s padom promjera od 1.5 cm/m) i četiri kombinacije vrijednosti netočnosti piljenja, odnosno širine raspiljka.

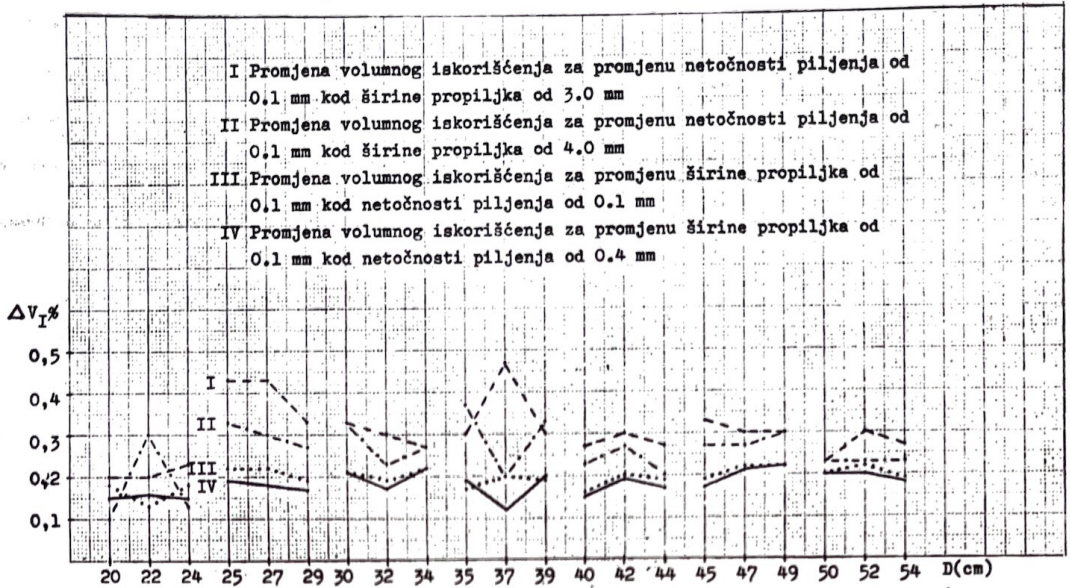
Koliko je značajna promjena širine raspiljka, odnosno veličina netočnosti piljenja, na promjenu volumnog iskorišćenja, prikazano je na dijagramu 6. Na tom su dijagramu, za svaku debljinu trupca, na ordinati nanesene slijedeće vrijednosti:

- I. Promjena volumnog iskorišćenja za promjenu netočnosti piljenja od 0.1 mm kod širine raspiljka od 3.0 mm,
- II. Promjena volumnog iskorišćenja za promjenu netočnosti piljenja od 0.1 mm kod širine raspiljka od 4.0 mm,
- III. Promjena volumnog iskorišćenja za promjenu širine raspiljka od 0.1 mm kod netočnosti piljenja od 0.1 mm,
- IV. Promjena volumnog iskorišćenja za promjenu širine raspiljka od 0.1 mm kod netočnosti piljenja od 0.4 mm.



Dijagram 5 — Volumna iskorišćenja za različite debljine trupaca dužine 4 m s padom promjera 1,5 cm/m, za različite vrijednosti širine raspiljka i različite netočnosti piljenja

Diagram 5 — Volume log utilization for various log diameters, 4 m log with 1,5 cm/m taper, for various values of sawkerf width and various inaccuracies of sawing



Dijagram 6 — Prosječne promjene volumnog iskorišćenja trupaca uz promjenu netočnosti piljenja i širine raspiljka za 0,1 mm
 Diagram 6 — Average change of log volume utilization at change of inaccuracy of sawing and sawkerf width by 0,1 mm

Iz dijagrama 6. može se uočiti da promjena volumnog iskorišćenja (ΔV^0_0), uzrokovana netočnošću piljenja, odnosno veličinom raspiljka, gotovo i ne ovisi o debljini trupca. Odatle proizlazi da su ti faktori relativno manje značajni kod debljih nego kod tanjih trupaca.

Zbog konstantnosti tih promjena, ima smisla računati prosjeke. Tako promjena netočnosti piljenja za 0,1 mm uzrokuje, kod veličine raspiljka od 3,0 mm, smanjenje volumnog iskorišćenja za 0,30 postotaka, a kod veličine raspiljka od 4,0 za 0,25 postotaka.

Uz pretpostavku da se održava konstantna netočnost piljenja od 0,1 mm, promjena širine raspiljka za 0,1 mm smanjit će volumno iskorišćenje za 0,19 postotaka. Ako je netočnost piljenja 0,4 mm, tada ista promjena veličine raspiljka uzrokuje smanjenje volumnog iskorišćenja za 0,18 postotaka. Smatra se da te razlike nisu značajne.

Da 0,1 mm povećanja netočnosti piljenja uzrokuje veću promjenu volumnog iskorišćenja od povećanja širine raspiljka za 0,1 mm, jasno je, jer se veličina netočnosti piljenja množi s faktorom 1,28 [3]. Taj je faktor uzet iz tabele za normalnu distribuciju, a proizlazi iz uvjeta da 10⁰% piljenica smije biti tanje od nominalne debljine (JUS).

Ovdje se ne bi moglo dati zadovoljavajuće objašnjenje zašto je promjena volumnog iskorišćenja uzrokovana netočnošću piljenja veća od veće širine raspiljka na jarmači. Ova pojava će se nastojati kasnije objasniti.

4. UMJESTO ZAKLJUČKA

Zapisnici istraživanja, nakon izvršenih simulacija programom RARAVO, toliko su opsežni da ih je praktički nemoguće, na jednom relativno ograničenom prostoru, izložiti i analizirati. Podaci koji su upotrijebljeni za ovaj rad i rad u broju 3—4 časopisa »Drvna industrija« [5] nalaze se na 2000 listova papira elektroničkog računala. Uzmu li se u obzir i podaci o dobivenoj građi, tada se broj listova udeseterostručuje.

Predstavljeni podaci i komentari čine samo osnovnu informaciju o rezultatima koji su izdvojeni kao najbitniji. Nastojat će se kasnije, u obliku prikladnog albuma, prikazati i ostale interesantne rezultate. Razmatrani materijali arhivirani su u Zavodu za istraživanja u drvojoj industriji Šumarskog fakulteta Zagreb, i dostupni su svakom zainteresiranom stručnjaku.

LITERATURA

- [1] BREZNJAK, M.: 1971. Analiza nekih elemenata koji utječu na kvantitativno iskorišćenje trupaca u pilanskoj preradi. Rukopis, Katedra za tehnologije drva, Šumarski fakultet Zagreb.
- [2] BUTKOVIC, Đ.: 1979. Komparativna istraživanja volumnog iskorišćenja trupaca kod simuliranog i eksperimentalnog piljenja. Bilten ZIDI, Šum. fak. Zagreb 7 (5).
- [3] HITREC, V.: RARAVO-ZIDI, Program za elektronski računar. Rangiranje rasporeda piljenja na jarmači prema vo-

- lumnom iskorišćenju. Bilten ZIDI, Sum. fak. Zagreb 7 (1): 1—52.
- [4] HITREC, V.: 1981. Određivanje rasporeda pila metodom simuliranog piljenja trupaca na jarmačama. DRVNA INDUSTRIJA, 32 (1—2), 13—20.
- [5] HITREC, V.: 1982. Kvalitativna komparacija različitih rasporeda, s obzirom na volumno iskorišćenje trupaca kod piljenja na jarmačama. Utjecaj debljine, dužine i pada promjera trupca, te širine raspiljka i netočnosti piljenja. DRVNA INDUSTRIJA, 33 (3—4), 59—73.
- [6] KLEM, G. G., KARLSEN, O.: 1951. Skurutbytets variasjon. N. T. I., Meddelelser Nr. 1.
- [7] KNEŽEVIC, M.: 1956. Racionalna prerada drveta na gateru. Beograd.
- [8] SEDLECKIJ, I. F.: 1947. Postava na raspilovku breven. Moskva-Leningrad.

Recenzent: prof. dr. M. Brežnjak