

# Kvantitativno iskorištenje kao kriterij za kompjutorsko određivanje načina krojenja piljenica u elemente

## QUANTITY YIELD AS A CRITERION FOR COMPUTER DETERMINATION OF THE METHOD OF FURNITURE PARTS PRODUCTION FROM BOARDS

Mr. Krešimir Babunović, dipl. inž.  
Šumarski fakultet, Zagreb

UDK 630\*832.1

Prispjelo: 10. veljače 1993.  
Prihvaćeno: 22. ožujka 1993.

Izvorni znanstveni rad

### Sažetak

Cilj ove radnje je nalaženje mogućnosti za automatsko određivanje načina izrade elemenata od piljenica. Za potrebe automatskog određivanja načina izrade elemenata sastavljen je kompjutorski program koji optimizira krojenje piljenica na osnovi njezinih grešaka (broja i rasporeda) i zadanih dimenzija elemenata koje je potrebno proizvesti od zadane piljenice. Program obavlja optimizaciju krojenja piljenica kompjutorskom simulacijom podužno-poprečnoga i poprečno-podužnog načina izrade elemenata, te na osnovi većega kvantitativnog iskorištenja daje preporuku o shemi krojenja, s potrebnim koordinatama pravaca koji označuju shemu piljenja piljenice.

Program omogućuje donošenje ispravne odluke o načinu izrade elemenata (podužno-poprečni ili poprečno-podužni). Uz odgovarajuće prepoznavanje grešaka na piljenici moguće je izraditi proizvodnu liniju za automatsku izradu piljenih drvnih elemenata.

Ključne riječi: proizvodnja elemenata - krojenje piljenica - optimizacija - kvantitativno iskorištenje.

### Summary

The main objective of this study is to find possibilities for automatic determination of the method of furniture parts production from boards. The study proves such automated determination possible by means of a corresponding computer program for simulated cutting of boards. The computer program optimizes furniture parts production on the basis of board defects (number of defects and their disposition) and the required dimensions of the corresponding furniture parts. Following the input of data on board defects and dimensions, the computer optimizes crosscutting-ripping and ripping-crosscutting of the board, and by comparing the two best optimization solutions (with regard to quantity yield), chooses one of the two, suggests the cutting method and the coordinates of cuttings, and predicts the results. With an appropriate defect detection, it is possible to develop a technological line for automatic production of furniture parts.

Key words: elements production - cutting of boards - optimization - quantity yield

### 1. UVOD

U tehnologiji piljenih drvnih elemenata posljednjih su nekoliko godina nastale neke promjene. Istina, one još nisu u skladu sa željama i potrebama, ali su pomaci u odnosu prema prijašnjem stanju očiti. Naime, cjelovitih rješenja još nema, već se promjene zbivaju samo na pojedinim mjestima proizvodnog procesa. Uglavnom se pritom misli na uvođenje pojedinih strojeva u primarne ili doradne pilane, pa i na cijele linije. Međutim, cjelovita se rješenja još ne primjenjuju u praksi. Ideja o novim načinima prerade drva ima mnogo, ali u razmatranjima još ima mnogo dilema, koje uglavnom proizlaze iz nedovoljnog poznavanja postignuća na području drugih industrijskih grana. Upravo se stoga nametnula potreba timskog rada koji bi obuhvatio stručnjake različitih profila, što je ujedno i osnovna pretpostavka za kvalitetna i kompleksna rješenja

problematike namjenske pilanske tehnologije, kao i svih ostalih tehnologija.

Razvoj tehnologije masivnog drva u primarnom dijelu (prerada trupaca u piljenice) približno je dosegao zadovoljavajući stupanj. Naravno, takva se tvrdnja može prihvatiti samo s određenom rezervom, jer još postoji mnoštvo problema koje je potrebno riješiti. No ozbiljnijih tehnoloških promjena u širem smislu u primarnim pilanama nema. Nasuprot tome, u doradnim pilanama problemi kao da su tek sada ozbiljnije shvaćeni. S tim u svezi, i novi su istraživački napori uglavnom usmjereni na to područje.

Krojenje piljenica u elemente u industrijskim se uvjetima obavlja poprečno-podužnim ili podužno-poprečnim načinom. Određivanje načina izrade elemenata u koncepciji doradnih pilana jedno je od najvažnijih pitanja današnje problematike namjenske pilanske prerade. Nakon odabira poprečno-podužnoga

ili podužno-poprečnog načina izrade elemenata cijeli je daljnji tehnološki proces gotovo potpuno definiran. S obzirom na to da su postojeće suvremene tehnološke linije za proizvodnju elemenata već opremljene računalima za optimizaciju jednoga od načina izrade elemenata, nameće se i potreba za automatskim određivanjem načina izrade elemenata.

Automatsko određivanje načina izrade elemenata osobito je zanimljivo u preradi tvrdih listača (hrasta i bukve). Primjena drugih vrsta drva (jeftinija sirovina) po pravilu je šira, te se osim visokokvalitetnih elemenata proizvode i elementi niže kvalitete i kvalitete od koje se očekuju samo dobra mehanička svojstva. Namjena elemenata određuje i njihovu kvalitetu u smislu dopuštenih grešaka. U proizvodnji elemenata od tvrdih vrsta drva kvalitativno iskorištenje ovisi o dimenzionalnoj strukturi elemenata, pri čemu je cilj takvog iskorištenja proizvodnja elemenata što većih dimenzija (dužina i širina), uz određene kvalitativne zahtjeve kao što su potpuna čistoća elemenata, pravilnost žice, jednoličnost strukture i teksture, bez kvrga i pukotina.

Relativno jednostavna tehnologija izrade elemenata od mekog drva ne može zadovoljiti potrebe tehnologije elemenata od tvrdog drva. Upravo specifičnosti sirovine uvjetuju tehnologiju piljenih drvnih elemenata.

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ove radnje je nalaženje mogućnosti automatskog određivanja načina izrade elemenata od piljenica.

Automatsko određivanje načina izrade elemenata moguće je samo uporabom računala. No i računalo je samo jedna karika u već spomenutom sustavu automatizacije.

Kritički gledano, u problematici izrade piljenih drvnih elemenata, kao u mnogim drugim tehnologijama, još nije pronadeno pravo mjesto i uloga računala u proizvodnji. Povećanje kvantitativnog iskorištenja sirovine (u ovom slučaju piljenica za proizvodnju elemenata) jedna je od osnovnih zadaća uspješnijeg poslovanja uopće. Bolje iskorištenje znači i postizanje većeg profita s obzirom na konačni, gotov proizvod i potrebne sirovine.

Na osnovi analize koja mora obuhvatiti optimizaciju poprečno- podužnog i podužno-poprečnog krojenja piljenice simulacijom na računalu, te na temelju postignutoga boljeg kvantitativnog iskorištenja, računalo treba odrediti optimalni način krojenja koji bi se u jednoj od dvije tehnološke linije i provodio.

Dakle, cilj ove radnje je određenje teorijske postavke (metode) koja bi danas (naravno, gdje god je moguće), morala prethoditi svakom pokusu.

## 3. METODIKA RADA

Mjerenje kvantitativnog iskorištenja grade može biti varljiv pokazatelj uspješnosti poslovanja doradnih pilana. S tim u vezi, kvantitativno se iskorištenje

najčešće mjeri odnosom volumena izradenih elemenata i volumena ulazne sirovine, tj. piljenica. Predviđanje volumnog iskorištenja u svakom je slučaju iznimno važno za doradne pilane. Specifična struktura drva kao sirovine za izradu drvnih elemenata teško može dati neko opće rješenje tog problema. Smatramo da je tom problemu u današnje vrijeme moguće prići jedino sa stajališta uporabe računala u proizvodnom procesu.

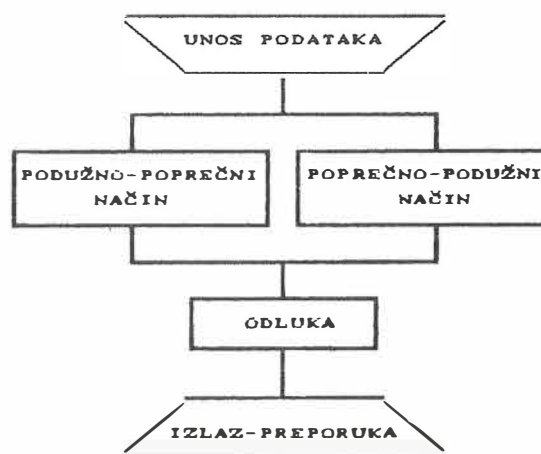
Za rješenje postavljene zadatka automatskog određivanja načina izrade elemenata potrebno je najprije definirati problem.

U problematici izrade elemenata trenutno, a vjerojatno i ubuduće, najviše je pitanja povezano s odabirom jedne od dvije postojeće tehnologije. Velike mogućnosti računala u optimizacijskim procesima isključuju mogućnost ljudske greške, a znatno skraćuju i sam proizvodni proces. Stoga je sastavljen odgovarajući kompjutorski program za određivanje načina krojenja piljenice kojim bi se postiglo veće kvantitativno iskorištenje pojedine piljenice, naravno, uz poštovanje prioriteta duljih elemenata.

Ovaj se računalski program sastoji, zapravo, od dva programa:

1. optimizacije podužno-poprečnog krojenja piljenica simulacijom na računalu
2. optimizacije poprečno-podužnog krojenja piljenica simulacijom na računalu.

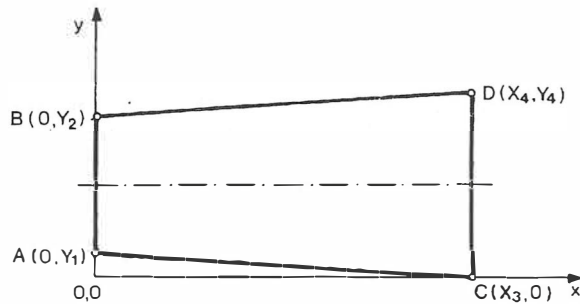
Nakon izvršenja oba kompjutorska programa, te na osnovi većega kvantitativnog iskorištenja piljenice računalo predlaže prepreku sheme krojenja piljenice (sl. 1).



Slika 1. Idejna shema optimizacije krojenja piljenica upotrebom računala

Fig. 1 - Basic block diagram of optimization of furniture parts production based on computer program simulation.

Za potrebe tog programa potrebno je najprije definirati oblik piljenice. Pretpostavit ćemo da je osnovna piljenica prikazana jednakokračnim trapezom (zbog postupnog smanjenja promjera trupca), koji ima svoju dužinu, te širu i užu širinu.



Slika 2. Prikaz smještanja piljenice u dvodimenzionalni koordinatni sustav X, Y

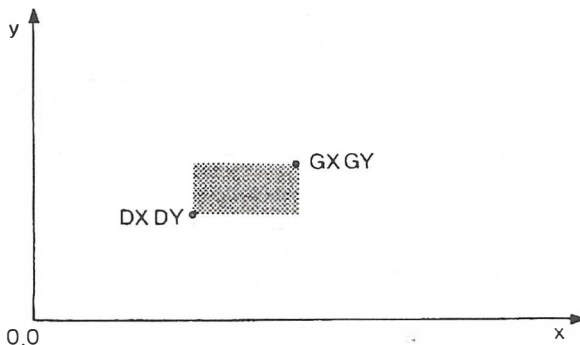
Fig. 2 - Scheme of board installed into twodimensional coordinate system X, Y

Smještanjem piljenice u dvodimenzionalni koordinatni sustav (sl. 2), dobivamo ove dimenzije:

1. duljinu piljenice određenu koordinatama  $X_3, 0$ , pri čemu je  $X_3$  duljina piljenice u centimetrima;
2. širu širinu piljenice određenu koordinatama  $X_4, Y_4$ , pri čemu je  $X_4$  duljina piljenice u centimetrima, a  $Y_4$  šira širina piljenice, također u centimetrima;
3. užu širinu piljenice određenu koordinatama  $0, Y_1$  i  $0, Y_2$ , pri čemu je duljina  $Y_1, Y_2$  uža širina piljenice u centimetrima.

Prema istom načelu svaka se pojedina greška piljenice smješta u koordinatni sustav X, Y. Prema tome, kako se vidi na slici 3, svaka je greška prikazana pravokutnikom određenim nasuprotnim dijagonalnim točkama ovih koordinata:

donja lijeva koordinata = DX, DY  
gornja desna koordinata = GX, GY.



Slika 3. Prikaz smještanja greške piljenice u dvodimenzionalni koordinatni sustav X, Y

Fig. 3 - Scheme of defect installed into twodimensional coordinate system X, Y.

Potrebno je naglasiti da je eventualna odstupanja od "pravilnog" oblika piljenice (jednakokračnog trapeza) moguće riješiti dodavanjem neupotrebljivih područja, tj. grešaka na rubovima piljenice.

Time je definiran problem pozicioniranja piljenice i njezinih grešaka. Nakon toga potrebno je riješiti problem "čitanja" dimenzija i oblika piljenice, te položaja i

dimenzija grešaka piljenice. Postavljanjem mreže kvadrata dimenzija  $3 \times 3$  mm na piljenicu računalo je omogućeno "čitanje" piljenice i njezinih grešaka. Računalo "čita" podatke o piljenici pomoću tzv. binarne mreže te, ovisno o popunjenosti odnosno nepopunjenosti svakoga pojedinog kvadrata, ustanovljuje "zdravo drvo" ili "grešku" na piljenici. Nakon prepoznavanja oblika piljenice te položaja i oblika njezinih grešaka računalo, uz zadanu specifikaciju dimenzije elemenata, optimizira podužno-poprečni i poprečno-podužni način izrade elemenata od piljenice. Naravno, pritom računalo uvijek "pokušava" smjestiti što dulji element između grešaka, a unutar rubova piljenice. Takav pristup maksimiranju kvantitativnog iskorištenja obvezatno ne daje i maksimalno iskorištenje jer uvijek postoji mogućnost da kraći elementi "bolje" popune površine zdravog drva. No imajući na umu potrebe finalne industrije za duljim elementima, a samim time i veću vrijednost elemenata, takav je pristup problemu opravdan.

Program za optimizaciju krojenja piljenica simulacijom poprečno-podužnog načina izrade elemenata vrlo je sličan programu za optimizaciju krojenja piljenica simulacijom podužno-poprečnog načina te je stoga dovoljno blok-dijagramom (sl. 4) objasniti samo jedan od ta dva programa.

Nakon provedene optimizacije podužno-poprečnog i poprečno-podužnog načina izrade elemenata računalo uspoređuje kvantitativna iskorištenja obaju načina, te na osnovi većega kvantitativnog iskorištenja donosi preporuku o načinu izrade elemenata.

Nakon izrade programa potrebno je provesti kontrolnu simulaciju raspiljivanja neke piljenice. Za tu je svrhu slučajno odabrana piljenica ovih dimenzija:

- duljina piljenice: 240 cm
- uža širina piljenice: 30 cm
- šira širina piljenice: 40 cm.

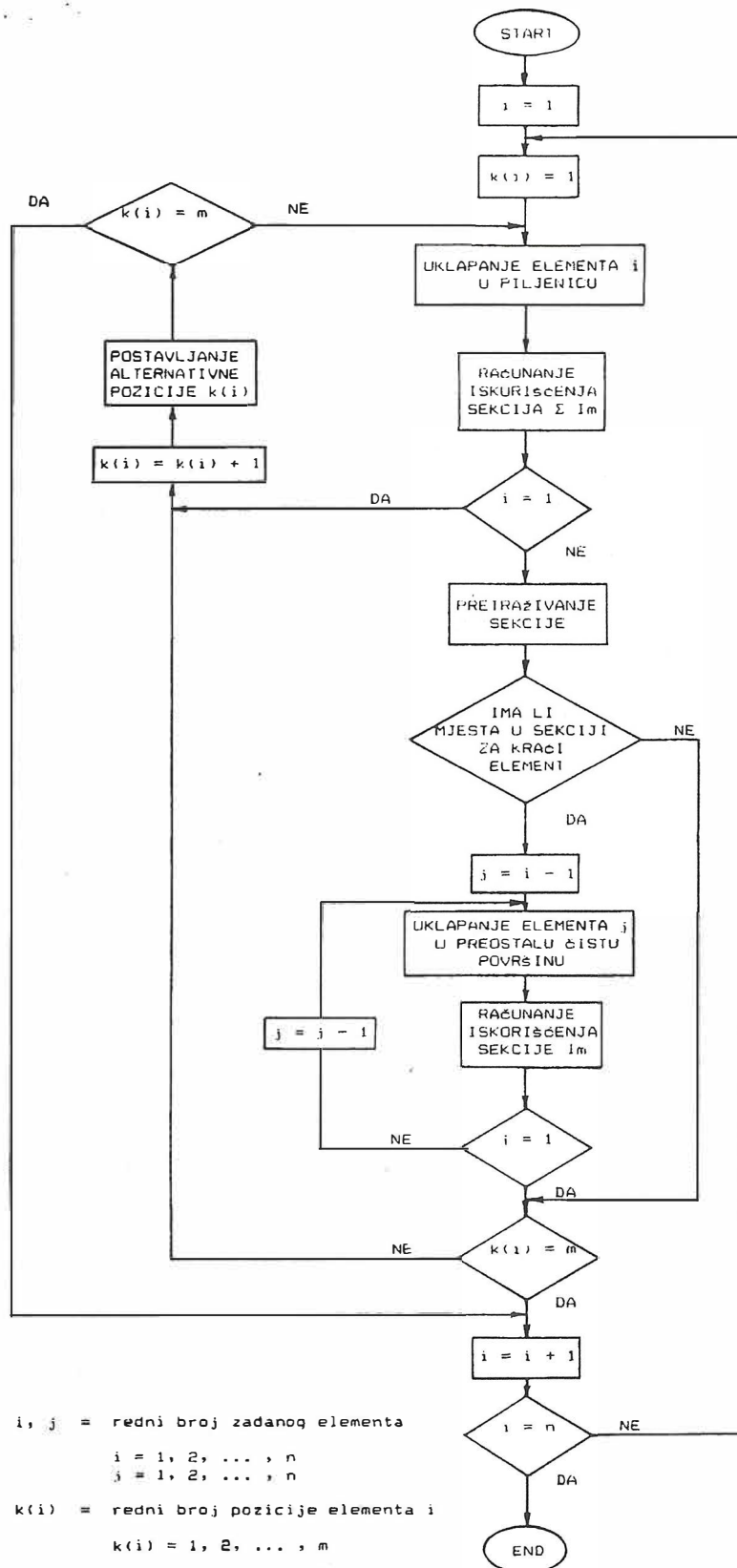
Smještanjem piljenice u dvodimenzionalni koordinatni sustav X, Y prema slici 2. određeni su i položaji svih šest grešaka na njoj.

Koordinate grešaka piljenice slučajno odabrane za kontrolno "raspiljivanje" računalom **Tablica 1.**

Board defects coordinates randomly chosen for computer cutting of board. **Table 1**

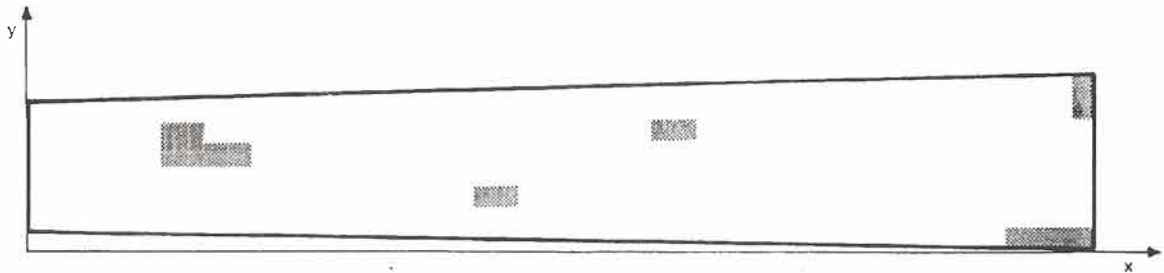
Redni broj greške	DX	DY	GX	GY
1.	30	20	40	30
2.	40	20	50	25
3.	100	10	110	115
4.	140	25	150	30
5.	220	0	240	5
6.	235	30	240	40

Na slici 5. vidi se izgled kontrolne piljenice sa svim njezinim greškama.



Slika 4. Blok-diagram optimizacije krojenja piljenica kompjutorskom simulacijom poprečno-podužnog ili podužno-poprečnog načina izrade elemenata

Fig. 4 - Block diagram of optimization of furniture parts production based on computer program simulation of crosscutting-ripping or ripping-crosscutting system.



Slika 5. Prikaz zadane piljenice smještene u dvodimenzionalni koordinatni sustav X, Y i njezinih grešaka

Fig. 5 - Scheme of board and board defects installed into twodimensional coordinate system X Y.

Nakon toga računalo je potrebno zadati specifikaciju elemenata. Za tu su svrhu proizvoljno odabrane sve kombinacije dužina elemenata 40, 75 i 100 cm te širina elemenata 8, 12 i 15 cm (tbl. 2).

Specifikacija dimenzija elemenata odabranih za kontrolnu simulaciju "raspiljivanja" računalom **Tablica 2.**

Elements dimensions chosen for computer cutting of board. **Table 2**

Redni broj elementa	Dužina (cm)	Širina (cm)
1.	40	8
2.	40	12
3.	40	15
4.	75	8
5.	75	12
6.	75	15
7.	100	8
8.	100	12
9.	100	15

Na taj su način uneseni svi potrebni podaci za optimizaciju krojenja piljenica kompjutorskom simulacijom.

#### 4. REZULTATI

Rezultati istraživanja provedenog na samo jednoj piljenici vrijede za bilo koju piljenicu (s obzirom na njezine dimenzije), s bilo kakvim rasporedom grešaka i za bilo koju zadanu specifikaciju elemenata.

##### 4.1. Podužno-poprečni način izrade elemenata

U skladu s načelom o poštovanju prioriteta elemenata većih duljina podužno-poprečnim načinom izrade elemenata uz pomoć optimizacije kompjutorskom simulacijom postignut je rezultat predložen u tablici 3.

S obzirom na to da su i piljenica i elementi u programu prikazani kao dvodimenzionalni likovi, i kvantitativno je iskorištenje piljenice predloženo odnosom ukupne površine dobivenih elemenata i ukupne površine piljenice, pa je:

- ukupna površina piljenice 8 400 cm
- ukupna površina elemenata 4 400 cm
- kvantitativno iskorištenje 52,38 %.

Elementi dobiveni optimizacijom krojenja piljenice kompjutorskom simulacijom podužno-poprečnog načina izrade elemenata **Tablica 3.**

Elements produced by optimization of furniture parts production based on computer program simulation of ripping- crosscutting system. **Table 3**

Dužina (cm)	Širina (cm)	Komada
100	8	4
75	8	2

Osim dobivenih elemenata i kvantitativnog iskorištenja piljenice, program daje i potrebne koordinate pravaca (uvjetno rečeno "rezova") potrebnih za dobivanje navđenih elemenata (tbl. 4).

Koordinate rezova dobivenih optimizacijom krojenja piljenice kompjutorskom simulacijom podužno-poprečnog načina izrade elemenata **Tablica 4.**

Kerf coordinates resulting from optimization of furniture parts production based on computer program simulation of ripping-crosscutting system. **Table 4**

DX	GX	DY	GY
0.0	240.0	8.1	8.4
0.0	240.0	16.5	16.8
99.9	100.2	8.4	16.5
109.9	110.1	8.4	16.5
210.0	210.3	8.4	16.5
0.0	240.0	24.9	25.2
49.8	50.1	16.8	24.9
150.0	150.3	16.8	24.9
225.3	225.6	16.8	24.9
0.0	240.0	33.3	33.6
39.6	39.9	25.2	33.3
139.8	140.1	25.2	33.3
149.7	150.0	25.2	33.3
225.0	225.3	25.2	33.3

#### 4.2. Poprečno-podužni način izrade elemenata

Nakon optimizacije podužno-poprečnog načina izrade elemenata provedena je optimizacija poprečno-podužnog načina izrade elemenata od iste piljenice jednakih dimenzija kao i za optimizaciju podužno-poprečnog načina izrade elemenata.

Tom su optimizacijom proizvedeni elementi navedeni u tablici 5.

Elementi dobiveni optimizacijom krojenja piljenice kompjutorskom simulacijom poprečno-podužnog načina izrade elemenata **Tablica 5.**

Elements produced by optimization of furniture parts production based on computer program simulation of crosscutting-ripping system. **Table 5**

Dužina (cm)	Širina (cm)	Komada
75	15	1
75	8	2
40	15	1
40	12	1
40	8	7

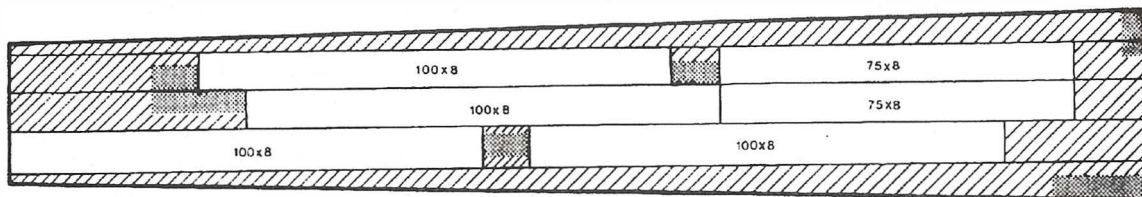
Kao i pri podužno-poprečnom načinu izrade elemenata, i pri poprečno-podužnom načinu kvantitativno je iskorištenje izraženo odnosom ukupne površine dobivenih elemenata i ukupne površine piljenice:

- ukupna površina piljenice 8 400 cm
- ukupna površina elemenata 6 645 cm
- kvantitativno iskorištenje 78,10 %.

Koordinate rezova dobivenih optimizacijom krojenja piljenice kompjutorskom simulacijom poprečno-podužnog načina izrade elemenata **Tablica 6.**

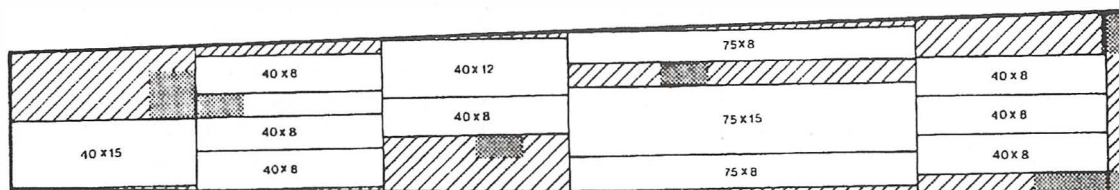
Kerf coordinates resulting from optimization of furniture parts production based on computer program simulation of crosscutting-ripping system. **Table 6**

DX	GX	DY	GY
39.9	0.0	40.2	39.9
0.0	3.9	39.9	4.2
0.0	19.2	39.9	19.5
39.9	0.0	40.2	39.9
80.1	0.0	80.4	39.9
40.2	3.3	80.1	3.6
40.2	11.7	80.1	12.0
40.2	20.1	80.1	20.4
40.2	24.6	80.1	24.9
40.2	33.0	80.1	33.3
80.1	0.0	80.4	39.9
120.3	0.0	120.6	39.9
80.4	14.7	120.3	15.0
80.4	23.1	120.3	23.4
80.4	35.4	120.3	35.7
120.3	0.0	120.6	39.9
195.6	0.0	195.9	39.9
120.6	0.9	195.6	1.2
120.6	9.3	195.6	9.6
120.6	24.6	195.6	24.9
120.6	29.7	195.6	30.0
120.6	38.1	195.6	38.4
195.6	0.0	195.9	39.9
235.8	0.0	236.1	39.9
195.9	4.8	235.8	5.1
195.9	13.2	235.8	13.5
195.9	21.6	235.8	21.9
195.9	30.0	235.8	30.3



Slika 6. Prikaz zadane piljenice, njezinih grešaka i pravaca (uvjetno rečeno rezova) dobivenih optimizacijom krojenja piljenice kompjutorskom simulacijom podužno-poprečnog načina izrade zadanih elemenata

Fig. 6 - Scheme of board, board defects and directions (kerfs) produced by computer optimization of ripping-crosscutting system in elements production.



Slika 7. Prikaz zadane piljenice, njezinih grešaka i pravaca (uvjetno rečeno rezova) dobivenih optimizacijom krojenja piljenice kompjutorskom simulacijom poprečno-podužnog načina izrade zadanih elemenata

Fig. 7 - Scheme of board, board defects and directions (kerfs) produced by computer optimization of crosscutting-ripping system in elements production.

### 4.3. Preporuka načina izrade elemenata

Na osnovi usporedbe simulacijskih rezultata optimizacije krojenja piljenice podužno-poprečnim i poprečno-podužnim načinom izrade elemenata, tj. na osnovi usporedbe njihovih kvantitativnih iskorištenja, računalo donosi preporuku o načinu izrade elemenata.

Za piljenicu zadanu na slici 5. i specifikacije elemenata iz tablice 2. računalo donosi sljedeće zaključke.

1. Optimizacija krojenja piljenice kompjutorskom simulacijom podužno-poprečnog načina krojenja piljenice preporučuje shemu krojenja kojom se postiže kvantitativno iskorištenje od 52,38 %.
2. Optimizacija krojenja piljenice kompjutorskom simulacijom poprečno-podužnog načina krojenja piljenice daje preporuku o shemi krojenja kojom se postiže kvantitativno iskorištenje od 78,10 %.
3. Usporedbom kvantitativnih iskorištenja kompjutorske simulacije podužno-poprečnog i poprečno-podužnog načina krojenja piljenice zamjetno je veće kvantitativno iskorištenje pri poprečno-podužnom načinu krojenja piljenice, te se na osnovi toga preporučuje zadanu piljenicu, uz zadanu specifikaciju elemenata, preraditi u elemente poprečno-podužnim načinom izrade.

## 5. DISKUSIJA

Velike su i različite mogućnosti povećanja vrijednosnog iskorištenja pilanske sirovine, a moguće su u području pilanske organizacije, tehnologije i tehnike. Vjerojatno nema pilane koja u tom smislu odmah ne bi mogla postići barem neka poboljšanja. Ta poboljšanja donose korist ne samo pilani, već i šumarstvu, finalnoj preradi drva, pa i nekim drugim granama gospodarstva uopće.

Promjene u tehnologiji masivnog drva usmjerene su prema ostvarenju maksimalnoga vrijednosnog iskorištenja sirovine kao umnošku kvantitativnoga i kvalitativnog iskorištenja.

Namjenska tehnologija drvnih elemenata kakvu danas poznajemo neosporno je donijela znatno povećanje vrijednosnog iskorištenja sirovina i uspješnije poslovanje uopće. Stoga se daljnja istraživanja na području namjenske tehnologije drvnih elemenata ne smiju dovoditi u pitanje.

Ostvarenje sustava automatske proizvodnje elemenata u tehnologiji masivnog drva jedan je od važnijih zadataka potrebnih za unapređenje tog dijela drvne industrije.

Vrijednosno iskorištenje sirovine upravo je proporcionalno kvantitativnome i kvalitativnom iskorištenju. Kvaliteta sirovine kao bitan činitelj vrijednosnog iskorištenja svakim je danom sve slabija. Upravo je to potaklo ideju o sustavu automatske proizvodnje elemenata. Već obrazložena istraživanja na području otkrivanja grešaka drva pokazuju ohrabrujuće rezultate, te je, s obzirom na mogućnost konstruiranja takvog sustava, u ovom radu razmatran problem

određivanja načina izrade elemenata uz pomoć računala.

Kompjutorski program napravljen radi određivanja načina izrade elemenata, rješava problem usporedbom kvantitativnih iskorištenja pri poprečno-podužnome i podužno-poprečnom načinu izrade elemenata. Nakon usporedbe računalo donosi preporuku o shemi krojenja piljenice na osnovi većega kvantitativnog iskorištenja. Pritom moramo naglasiti da takav pristup problemu ne mora značiti i najveće vrijednosno iskorištenje. Naime, kompjutorski program daje prednost duljim elementima (koji su obično vredniji), ali ne na štetu kvantitativnog iskorištenja. Drugim riječima, ako kraći elementi osiguravaju veće kvantitativno iskorištenje, računalo će upravo njima dati prednost. Iznimno će u slučaju mogućnosti smještaja duljeg elementa (zadanog specifikacijom), ali ne na štetu kvantitativnog iskorištenja, računalo uzeti u obzir taj dulji element.

Želja za što većim vrijednosnim iskorištenjem sirovine (u ovom slučaju piljenice) dodatni je izazov i sljedeći zadatak u rješavanju tog problema. Potrebno je izraditi kompjutorski program koji će imati mogućnost preporuke načina krojenja piljenice na osnovi boljšega vrijednosnog iskorištenja. Naime, maksimizacija iskorištenja ne bi se temeljila, kao u ovom slučaju, na načelu maksimiziranja površine elemenata unutar "čiste" površine piljenice, već na načelu maksimiziranja vrijednosti zadanih elemenata unutar "čiste" površine piljenice. Time bi se potpuno ispunila težnja za maksimiziranjem vrijednosnog iskorištenja (unutar mogućnosti sirovina) u tehnologiji piljenih drvnih elemenata.

Današnje pilane, koje u svom sastavu imaju i namjensku tehnologiju piljenih drvnih elemenata, najčešće elemente proizvode na načelu većega kvantitativnog iskorištenja, uz poštovanje specifikacije. Pritom se prije svega misli na zadovoljenje potrebe za duljim elementima, jer je upravo njih (zbog slabe kvalitete sirovine) moguće proizvesti mnogo manje nego kratkih.

Doradne pilane koje u svom sastavu imaju dvije tehnološke linije za proizvodnju elemenata (jednu za poprečno-podužni način i drugu za podužno-poprečni način), odluku o upućivanju pojedine piljenice na jednu od te dvije tehnološke linije donose na načelu "više grešaka na piljenici - poprečno-podužni način, manje grešaka na piljenici - podužno-poprečni način". Sustav otkrivanja grešaka na piljenici, uz podršku računala u smislu optimalnog krojenja piljenice, svakako bi riješio dileme pri određivanju načina krojenja pojedine piljenice. Naime, čovjekova se odluka o načinu krojenja mora prihvatiti s određenom rezervom, pogotovo glede piljenica koje imaju "previše grešaka za podužno-poprečni način, a premalo grešaka za poprečno-podužni način krojenja". Ta je odluka osobito upitna kad je riječ o velikom broju različitih dimenzija elemenata. Osim same odluke, mnoštvo različitih dimenzija elemenata dovodi u pitanje i shemu krojenja piljenice, te i u tom slučaju računalo ima znatnu prednost u odnosu prema čovjeku.

Poseban dio u ovoj problematici ima pitanje zadovoljenja specifikacije u smislu zadovoljenja potrebnog broja pojedinih elemenata. Naime, ne izrađuju se jednake količine svih elemenata, te je s tog stajališta opisan pristup problemu suboptimalan. Pitanje zadovoljenja potrebnog broja zadanih elemenata također uzeti u obzir pri optimizaciji. Na taj je način uočen još jedan dodatni razlog za interdisciplinarni pristup tom problemu. Samo odgovarajuća suradnja s organizacijskom pripremom rada može dati zadovoljavajuće rješenje.

Već jesmo napomenuli da su promjene u tehnologiji masivnog drva krenule prema ostvarivanju maksimalnoga vrijednosnog iskorištenja sirovine. Može se dogoditi da se pri krojenju piljenice ne odabere način krojenja koji daje najbolje vrijednosno iskorištenje već onaj kojim se udovoljava specifikaciji. Opravdanost takve odluke mora se potvrditi ukupno pozitivnim gospodarskim i drugim pokazateljima uspješnosti poslovanja doradne pilane. Sustav automatske proizvodnje elemenata mogao bi znatno pridonijeti rješenju tog problema. Skaniranje svih piljenice predviđenih za preradu u elemente na stovarištu piljene grade omogućilo bi stvaranje "banke podataka" o piljenicama, te bi se prema zadanoj specifikaciji mogle odabrati upravo one piljenice koje bi uz optimalne sheme krojenja maksimalno zadovoljile specifikaciju te dale maksimalno vrijednosno iskorištenje.

Vjerojatno postoje još neka razmišljanja i rješenja u svezi s unapređenjem tehnologije piljenih drvnih elemenata. Ovdje navedeni primjeri dio su aktualnih zbivanja i usmjerenja. U ovom trenutku neznatno zaostajemo za svjetskim istraživanjima na tom području. Međutim, taj zaostatak nije toliki da bi nas trebao obeshrabriti. Čak smo u nekim segmentima, možda, i u prednosti.

## 6. ZAKLJUČAK

Na osnovi svega navedenog mogu se donijeti određeni zaključci.

1. Optimizacija krojenja piljenica kompjutorskom simulacijom nužna je karika u sustavu automatske proizvodnje elemenata.
2. Mogućnost pogreške u odlučivanju o načinu izrade elemenata optimizacijom krojenja piljenica kompjutorskom simulacijom isključena je.
3. Optimizacija krojenja piljenice kompjutorskom simulacijom daje upravo optimalnu shemu krojenja svake pojedine piljenice s obzirom na kvantitativno iskorištenje.
4. Za zadovoljenje broja elemenata zadanih specifikacijom pristup problemu na način opisan u ovom tekstu daje suboptimalno rješenje.
5. Optimizacija krojenja piljenica kompjutorskom simulacijom posebno je važna za piljenice s rasporedom i brojem grešaka koje čovjeku ne

omogućavaju ili teško omogućuju donošenje odluke o odabiru načina krojenja piljenice.

6. Optimizacija krojenja piljenica kompjutorskom simulacijom prijelom je potrebna ako se zahtijeva velik broj različitih dimenzija elemenata.
7. Pravilno odabran proizvodni program u usporedbi s kvalitetom sirovine ključni je problem u zadovoljenju specifikacije i maksimiziranju iskorištenja.
8. Za uspješnu primjenu elektronski upravljanih strojeva u tehnologiji piljenih drvnih elemenata nužna je odgovarajuća priprema rada, koja se prije svega zrcali u kvalitetnom sortiranju grade.
9. Maksimiziranje iskorištenja ograničeno je kvalitetom sirovine.
10. Problematika te vrste odveć je složena da bi mogla biti prikazana samo kao iskorištenje. Naime, ono je samo jedan od činitelja opravdanosti pojedine tehnologije.
11. Potrebno je provesti usporedbu eksperimentalnoga i simuliranog krojenja piljenica radi uočavanja razlika u iskorištenjima.
12. Takva je istraživanja potrebno usmjeriti na maksimiziranje vrijednosnog iskorištenja sirovine, tj. piljenica.

## LITERATURA

- [1] Babunović, K.: Optimizacija krojenja piljenica kompjutorskom metodom. *Drvna industrija* 41 (1990) 11-12, 205-208.
- [2] Babunović, K.: Tehnologija proizvodnje piljenih elemenata podržana elektronskim računalom. Zbornik radova sa znanstveno-stručnog savjetovanja "Ambienta - Razvoj i perspektive finalne obrade drva", 1991, 103-108, ZIDI Sumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [3] Babunović, K.: Optimizacija krojenja piljenica kompjutorskom simulacijom. Magistarski rad, Sumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1992
- [4] Babunović, K.: Detekcija grešaka drva u funkciji sustava automatske proizvodnje elemenata. *Drvna industrija*, 43, 1992, 2, 71-77.
- [5] Brežnjak, M.: Drvni elementi - poimanje - proizvodnja - primjena. *Drvna industrija*, 25, 1974, 7-8, 151-155.
- [6] Brežnjak, M.: Suvremene tendencije u pilanskoj preradi bukovine. Referat sa simpozija "Pilanska prerada niskokvalitetne bukovine i ostalih lišćara prvenstveno sa aspekta industrije namještaja", Živnice, 1977
- [7] Brunner, C.C.; White, M.S.; Lamb, F.M.; Schroeder, J.G.: Cory: A computer program for determining dimension stock yields. *Forest Product Journal* 39, 1989, 2, 23-24.
- [8] Butković, Đ.: Komparativna istraživanja volumnog iskorištenja trupaca kod simuliranog i eksperimentalnog piljenja. *Bilten ZIDI* 7 (1979) 5, 15-33, Sumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [9] Butković, Đ.: Simuliranje kvalitete piljenica. *Bilten ZIDI* 11 (1983) 4, 1-16, Sumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [10] Englerth, G.H.: Charts for calculating dimension yields from hard maple lumber, USDA Forest Service Research Paper FPL-118, Madison Wi., 1969
- [11] Giese, P.J.; McDonald, K.A.: Optyld - A multiple rip-first computer program to maximize cutting yields. USDA Forest Service Research Paper FPL-412, Madison, WI, 1982
- [12] Giese, P.J.; Danielson, J.D.: Cromax: A crosscut-first computer simulation program to determine cutting yield. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. FPL-38, Madison, WI., 1983
- [13] Gregić, M.: Pilanska proizvodnja elemenata. *Drvna industrija*, 25, 1974, 7-8, 155-159.
- [14] Guštin, B.: Primjena elektronike i elektronskih računala u



- procesu proizvodnje elemenata. Bilten ZIDI 14, 1987, 1, 79-81, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [15] Hitrec, V.: RARAVO-ZIDI, Program za elektronski računar - rangiranje rasporeda piljenja na jarmači prema volumnom iskorišćenju. Bilten ZIDI 7, 1979, 1, 1-52, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [16] Hitrec, V.: Racionalno piljenje i rezanje oblovine i dvodimenzionalnih materijala. Bilten ZIDI 13, 1985, 2, 77-80, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [17] Horvat, Z.: Inovacije u tehnologiji piljenih elemenata tvrdih listača. Bilten ZIDI, 14, 1987, 1, 34-36, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [18] Huber, H.A.; Rudell, S.; Mukherjee, K.; McMillin, C.W.: Economics of cutting hardwood dimension parts with an automated system. Forest Product Journal 39, 1989, 3, 46-50.
- [19] Lončar, J.: Krojenje velikih pravokutnika u male. Zbornik radova sa VII. Međunarodnog simpozija "Projektiranje i proizvodnja podržani računalom - CAD/CAM", 1985, s. 653-658, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [20] McMillin, C.W.; Conners, R.W.; Huber, H.A.: ALPS - A potential new automated lumber processing system. Forest Product Journal 34, 1984, 1, 13-21.
- [21] Petrič, Z.: Računalniški programi v žagarski proizvodnji. Les 34, 1987, 11-12, 268-271.
- [22] Stern, A.R.: Computer optimization of cutting yield from multiple - ripped boards. USDA Forest Service Research Paper FPL-318, Madison, Wi., 1978
- [23] Thomas, R.J.: Analysis of yield of dimension stock from standard lumber grades. Forest Product Journal 15, 1965, 7, 285-288.
- [24] Tomić, M.: Optimizacija krojenja piljenica upotrebom elektroničkog računala. Bilten ZIDI 14, 1987, 1, 77-79, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [25] Wodzinski, C.; Hahn, E.: A computer program to determine yields of lumber. USDA Forest Service Research Paper, - Madison, Wi., 1966

#### ISPRAVAK:

U postupku tiskanja rada S. Petrovića pod naslovom "Utjecaj nekih tehnoloških faktora na kakvoću lijepljenja lameliranih prozorskih profila", objavljenog u "Drvnoj industriji" br. 3 (1992), došlo je do greške u rasporedu slika: prikaz uzoraka označenih kao "10/1" i "10/2" zamijenjen je na slikama 1 i 2. Uzorci s navedenim oznakama na sl. 2 predstavljaju stanje prije izlaganja, a na sl. 1 su prikazani ti isti uzorci poslije izlaganja.

Molimo da čitatelji vode računa o ovoj promjeni, te da uvažavaju ispriku Uredništva.