

# Optimizacija krojenja piljenica kompjutorskom metodom

## OPTIMIZATION OF FURNITURE PARTS PRODUCTION BASED ON COMPUTER PROGRAM SIMULATION

Krešimir Babunović, dipl. ing.  
Sumarski fakultet, Zagreb

UDK 630\*832.1

Prispjelo: 10. listopada 1990.

Prethodno priopćenje

Prihvaćeno: 25. listopada 1990.

### Sažetak

Cilj ove radnje je iznalaženje mogućnosti za automatsko određivanje načina izrade elemenata iz piljenica, prvenstveno od tvrdih vrsta drva. Problematika određivanja načina izrade elemenata od mekih vrsta drva također bi bila riješena jednostavnim sniženjem ograničavajućih kriterija kod tvrdog drva.

Prvu fazu radnje predstavlja izrada adekvatnog kompjutorskog programa za simulirano krojenje piljenica. Ovaj program mora biti podržan relativno kvalitetnom grafikom, koja će omogućiti dovoljno kvalitetan prikaz grešaka piljenice na ekranu računala. Nakon unosa grešaka na grafički prikaz piljenice (samicice, polusamicice ili okrajčene piljenice), računalo mora izvršiti optimizaciju poprečno-podužnog i podužno-poprečnog krojenja piljenice uz određene zadane kriterije krojenja, te uz usporedbu dva najpovoljnija rješenja optimizacija, odabrati i preporučiti način krojenja piljenice uz očekivane rezultate.

Nakon izrade programa slijedi eksperimentalno krojenje piljenica, simulacija krojenja piljenica s istim rasporedom grešaka kao kod eksperimentalnog piljenja te usporedba rezultata eksperimentalnog i simuliranog krojenja.

**Ključne riječi:** optimizacija — krojenje piljenica — proizvodnja elemenata — simulacija

### Summary

The main objective of this study is to find possibilities for automatic determination of the method of furniture parts production, particularly from hardwoods. The problems of determining the method of dimension stock production from softwoods could then also be solved by simple reduction of the limiting criteria for hardwoods.

The first stage of the study is making the corresponding computer program for simulated cutting of boards. This program must be supported by fairly good graphic presentation which will enable the board defects display with sufficient accuracy. After the input of the board defects into the graphic display of the board (non-edged, semi-edged or edged), the computer must optimize the crosscutting-ripping and ripping-crosscutting of boards, and by comparing the two best optimization solutions, choose one of the two, suggest the cutting method and assume the results.

The next stages of this study are experimental cutting of boards, simulated board cutting with same defects distribution as in experimental cutting and comparison of the experimental and simulated cutting results.

**Key words:** optimization — cutting of boards — furniture parts production — simulation (K.B.)

### 1.0. UVOD

Suvremena industrijska proizvodnja namještaja, proizvodnja građevnostolarskih i ostalih finalnih proizvoda drvne industrije traži i dalje nova, radikalnija rješenja u proizvodnom procesu, radi povećanja produktivnosti rada, rentabilnosti i ekonomičnosti poslovanja. Sve nepovoljnija i limitirana sirovinska baza i deficitarnost prikladnih drvnih sortimenata zahtijevaju da se, angažiranjem odgovornih institucija, stručnih i znanstvenih radnika, što brže i efikasnije riješe ključni problemi daljeg, smišljenog razvoja drvne industrije.

Za povoljno rješenje postojećih problema, danas nije više dovoljna samo koordinirana surad-

nja između samih proizvođača namještaja, s jedne, te proizvođača piljene građe i ostalih poluproizvoda s druge strane. Ovim problemima potrebno je pristupiti interdisciplinarno. Znači, samo koordinacija više znanstvenih disciplina može riješiti postojeće probleme.

Finalna prerada drva sve više kao osnovnu sirovinu upotrebljava pilanske proizvode — piljene elemente. Piljeni drveni elementi su gotovi pilanski proizvodi, izrađeni namjenski, s točno specificiranim dimenzijama, kvalitetom, načinom i stupnjem obrade. Izrađuju se od piljenica uzdužnim i poprečnim piljenjem. Dosadašnji kriterij što većeg kvantitativnog iskorišćenja trupaca prestaje biti najvažniji pokazatelj uspješnosti pilanske proizvodnje. Sada, s proizvodnjom

elemenata, u prvi plan dolazi vrijednosno iskorišćenje, kao rezultat kvantitativnog i kvalitativnog iskorišćenja. Iz tih je razloga potrebno tražiti pristupe uvođenju novih tehnologija, kako u primarnim pilanama tako i u tehnologijama izrade elemenata. Razvoj elektronske industrije u velikoj je mjeri omogućio optimizaciju tehnoloških procesa u tehnologiji masivnog drva. Takvo unapređenje pilanske prerade nesumnjivo već nalazi veliku primjenu u poboljšanju iskorišćenja drvene mase. Tu se, prije svega, misli na mogućnosti upotrebe kompjutorske tehnike za brzo iznalaženje onog načina prerade koji daje najpovoljnije rješenje. No koristiti se računalom samo za optimizaciju u vidu kvantitativnog iskorišćenja bila bi velika greška, imajući u vidu njegove mogućnosti.

Pilanski su elementi proizvodi izrađeni podužnim i poprečnim piljenjem piljenica. Karakteristike piljenice iz koje će se izrađivati elementi određuju, osim kvalitete, i način izrade elemenata (podužno-poprečni ili poprečno-podužni).

## 2.0. CILJ ISTRAŽIVANJA

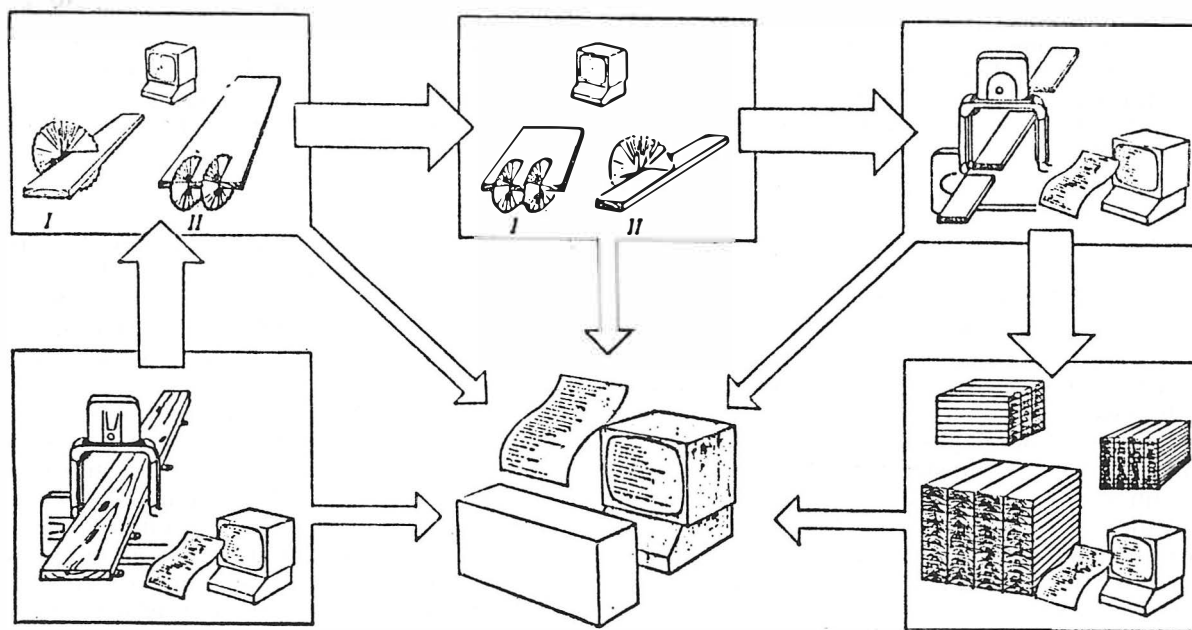
Određivanje načina izrade elemenata jedno je od najvažnijih pitanja današnje problematike namjenske pilanske prerade. Nakon odabira poprečno-podužnog ili podužno-poprečnog načina izrade elemenata, čitav dalji tehnološki proces je stvar optimizacije. S obzirom da su postojeći suvremeni strojevi opremljeni računarima koji tu optimizaciju provode u vrlo kratkom vremenu i s velikom točnošću, trebalo bi pronaći mogućnost za automatsko određivanje načina izrade elemenata.

Automatsko određivanje načina izrade elemenata posebno je interesantno kod prerade tvrdih listača (hrasta i bukve). Primjena drugih vrsta drva (jeftinija sirovina) u pravilu je šira, te se, uz visoku kvalitetu elemenata, proizvode i elementi u nižim kvalitetama i u kvaliteti kod koje se traže samo mehanička svojstva. Namjena elemenata određuje njihovu kvalitetu u smislu dozvoljenih grešaka. Kod proizvodnje elemenata iz tvrdih vrsta drva, kvalitetno iskorišćenje ovisno je o dimenzionalnoj strukturi elemenata. Ono ima za cilj proizvodnju elemenata u što većim dimenzijama (dužinama i širinama) 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 iz mekog drva ne može zadovoljiti potrebe tehnologije proizvodnje elemenata iz tvrdog drva. Specifičnosti sirovine uvjetovale su i tehnologiju izrade elemenata.

Cilj ove radnje je iznalaženje mogućnosti za automatsko određivanje načina izrade elemenata iz piljenica, prvenstveno iz tvrdih vrsta drva. Problematika određivanja načina izrade elemenata iz mekih vrsta drva također bi bila riješena jednostavnim sniženjem ograničavajućih kriterija kod tvrdog drva.

Automatsko određivanje načina izrade elemenata moguće je samo uz upotrebu računala. No i to računalo predstavlja samo jednu kariku u sistemu automatizacije. Potrebni sistem morao bi sadržavati i dovoljno brzi »scanner« (čitač grešaka na piljenici), koji bi tomografsku sliku piljenice sa svim njenim, ili, bolje rečeno, dovoljnim greškama za određivanje načina izrade elemenata, poslao računaru na analizu. Na osnovi analize,



Slika 1. Principijelna shema upotrebe kompjutora u tehnologiji proizvodnje elemenata  
Fig. 1. Fundamental scheme of use of computers in production technology of elements

koja se mora sastojati od optimizacije poprečno-podužnog i podužno-poprečnog krojenja piljenice, računalo treba odrediti optimalni način krojenja, koji bi se dalje u jednoj od dvije tehnološke linije i provodio.

S obzirom na sve lošiju sirovinsku bazu, kako u primarnim tako i u doradnim pilanama, pitanje kvalitete pilanskih proizvoda zauzima važno mjesto u pokazateljima uspješnosti drvne industrije.

Simulacija krojenja piljenica računalom predstavlja značajan korak naprijed s obzirom na potrebu brzine donošenja odluke. Problem nije u sirovini (piljenicama) visoke kvalitete, već u onim kod kojih su greške drva uvjetovale nižu kvalitetu. Ekranski prikaz optimalno iskrojene piljenice u elemente zadanih dimenzija eliminira mogućnost pogreške.

Proizvodnja piljenih elemenata u sklopu pilanske tehnologije masivnog drva mora zadovoljiti i određene zahtjeve finalne prerade. U pravilu su to zahtjevi za točnim dimenzijama, predviđenim specifikacijom, točnim oblikom, traženom kvalitetom, sadržajem vode, teksturom itd. S obzirom na sve lošiju sirovinu, sve je teže zadovoljiti zahtjeve za elementima većih dužina. Imajući to u vidu, kao i veliki broj različitih dimenzija elemenata (traženih i mogućih), simulacija krojenja piljenica predstavlja jedino moguće rješenje određivanja načina izrade elemenata. Pri tom je važno napomenuti da je neophodno potrebno računalo zadati kriterije krojenja po kvaliteti i dimenzijama elemenata. Isto tako, vrlo je važno odrediti i zadati prioritetne zahtjeve. To znači da je potrebno odrediti količine elemenata određenih kvaliteta i dimenzija, koji daju veće vrijednosno iskorišćenje. Radi se o što dužim elementima visoke kvalitete koje je i inače sve teže proizvesti. Tako brza kalkulacija svojstvena je samo elektroničkim računalima, i u tom smislu ih treba koristiti.

U problematici izrade elemenata trenutno, a vjerojatno i ubuduće, najviše pitanja ima u vezi određivanja jedne od dviju postojećih tehnologija. Velike mogućnosti računala u optimizacijskim procesima isključuju mogućnost ljudske greške, a i sam proizvodni proces znatno skraćuju. Iz tih, a i mnogih drugih razloga, izrada programa za određivanje tehnologije izrade elemenata ne bi smjela biti dovedena u pitanje. Takav program našao bi svoju primjenu i u znatnosti i u edukaciji tehnologa.

### 3.0. METODIKA ISTRAŽIVANJA

Ova bi radnja trebala dokazati mogućnost automatskog određivanja načina izrade elemenata, i to kroz slijedeće faze:

1. Izrada kompjutorskog programa;
2. Eksperimentalno krojenje piljenica;

3. Simulacija krojenja piljenica s istim rasporedom grešaka kao kod eksperimentalnog krojenja;
4. Usporedba rezultata eksperimentalnog i simuliranog krojenja prema poznatim statističkim principima.

Simulacija krojenja piljenica, odnosno određivanje načina izrade elemenata, ne može biti izvedena bez prisustva grešaka drva. Tu se prije svega misli na one greške koje određuju način krojenja, a to su kvrge, crvotočnost, mušičavost, pukotine, srž, bijelj, srce, urasla kora, trulež, dekoloracija, nepravilnost toka vlaknaca i lisičavost.

Ovdje je potrebno naglasiti da radnja obuhvaća simulaciju krojenja svih vrsta piljenica: samica (neokrajčenih piljenica), polusamica (piljenica okrajčenih samo s jedne strane) i okrajčenih piljenica. Ovdje je prisutna još jedna razlika u tehnologiji izrade elemenata između tvrdih listića i četinjača. Trupci četinjača se uglavnom prerađuju u okrajčenu građu, dok se trupci listića, u prvom redu, prerađuju u neokrajčenu građu, pa su shodno tome i tehnologije izrade elemenata drugačije.

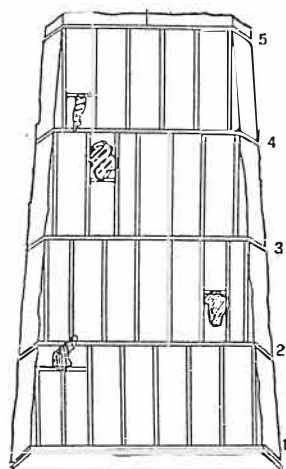
Kako je naprijed navedeno, prvu fazu ove radnje predstavlja izrada adekvatnog kompjutorskog programa za simulirano krojenje piljenica. Ovaj program mora biti podržan relativno kvalitetnom grafikom, koja će omogućiti dovoljno kvalitetan prikaz grešaka piljenice na ekranu računala. Potrebno je naglasiti da grafika mora omogućavati prikaz različitih grešaka piljenice kao što su npr. kvrga, trulež itd. Nakon unosa grešaka na grafički prikaz piljenice (samice, polusamice ili okrajčene piljenice), računalo mora izvršiti optimizaciju poprečno-podužnog i podužno-poprečnog krojenja piljenice uz određene zadane kriterije krojenja, te, uz usporedbu dva najpovoljnija rješenja optimizacije, odabrati i preporučiti način krojenja piljenice uz očekivane rezultate.

Svaka se proizvodnja elemenata bazira na velikom broju različitih dimenzija elemenata, dvije kvalitete i, naravno, na izvršenju pojedinih specifikacija. Zbog toga će kompjutor biti od velike pomoći kako te elemente uklopiti u površinu piljenice da se zadovolje spomenuti uvjeti.

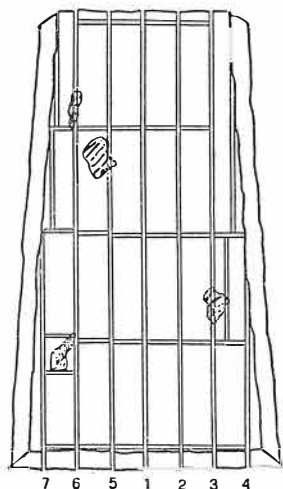
Problem je kako uklopiti elemente u čisto drvo (piljenicu) na bazi dviju vrsta tehnologija. Elementi mogu biti rangirani na više načina:

- a) po cijeni
- b) po kvaliteti
- c) po specifikaciji
- d) kombinacija svih načina

Dvije osnovne dimenzije u kojima će se raditi su širina i dužina elementa. Rješavanje ovog problema sagledava se u dvodimenzionalnom sustavu, tj. uklapanju dvodimenzionalnih elemenata u površinu piljenice. Svaki postupak sa svakom pi-



Slika 2. Poprečno — podužno krojenje elemenata  
Fig. 2. Rippling-crosscutting method of elements production



Slika 3. Produžno — poprečno krojenje elemenata  
Fig. 3. Crosscutting-ripping method of elements production

ljenicom kompjutor mora riješiti na oba načina krojenja (poprečno-podužni i podužno-poprečni).

Postupak se sastoji u slijedećem:

### 3.1. Poprečno-podužno krojenje

Prema priloženoj slici kao primjeru, potrebno je da kompjutor razvrsta odgovarajuće elemente po dužinama između područja gdje se na piljenici nalaze greške. Kad je to učinjeno i prikazano na ekranu, donesena je odluka o mjestima gdje izvršiti poprečno krojenje, a nakon toga uzdužno krojenje dobijenih kraćih komada piljenice (slika 2).

### 3.2. Podužno-poprečno krojenje

Baza za podužno krojenje je širina elemenata, koje se uvrstavaju u piljenicu uz mogućnost izbjegavanja grešaka na piljenici (slika 3).

Prikazom sheme na ekranu, koju preporuča kompjutor, dobivene se »letve« poprečnim krojenjem prerađuju u elemente zadanih dužina.

U ovim kombinacijama mora postojati mogućnost za izradu prioritetnih elemenata, što može biti baza naprijed spomenutih načina određivanja prioriteta.

Slijedeća faza radnje je valorizacija ovog programa, koja se sastoji od eksperimentalnog krojenja piljenica, simulacije krojenja piljenica približno istih karakteristika i usporedbe eksperimentalnog i simuliranog krojenja prema statističkim principima.

## 4.0. DISKUSIJA

Postoje velike i različite mogućnosti povećanja vrijednosnog iskorišćenja pilanske sirovine, koje leže u domeni pilanske organizacije, tehnologije i tehnike. Sigurno ne postoji niti jedna pilana koja u tom smislu odmah ne bi mogla napraviti bar neka poboljšanja. Od tog poboljšanja koristi imaju i primarna i finalna prerada drva, pa i neke druge privredne grane.

Tehnološke promjene u namjenskoj pilanskoj preradi išle su k ostvarivanju maksimalnog vrijednosnog iskorišćenja sirovine. Moguće je da se pri raspiljivanju piljenica ne odabere način prerade koji daje najveće vrijednosno iskorišćenje, već onaj kojim se izvršava specifikacija. Opravdanost tog odstupanja mora se opravdati ukupno pozitivnijim ekonomskim i drugim pokazateljima uspješnosti poslovanja pilane i finalne prerade koje u istom sklopu posluju. Cilj je takve analize odabir najuspješnijeg načina prerade i sa stajališta iskorišćenja i sa stajališta specifikacije proizvoda za finalnu industriju.

Do prije nekoliko godina egzaktno praćenje iskorišćenja u našoj pilanskoj praksi moglo se vršiti samo organiziranim probnim piljenjima. Današnji razvoj elektroničkih računala omogućuje rješavanje velikih objektivnih problema koji su vezani uz probna piljenja. Samim tim, ne koristiti ove mogućnosti predstavlja korak unazad i za znanost i za praksu.

## LITERATURA

- [1] Brežnjak, M.: Drvni elementi — poimanje, proizvodnja, *Drvna ind.* 25 (1974) 7—8 151—165.
- [2] Brežnjak, M., Hitrec, V., Butković, Đ.: Album rasporeda pila rangiranih prema veličini kvantitativnog iskorišćenja jelovih i smrekovih trupaca baziranih na simuliranom piljenju, *Šumarski fakultet Zagreb*, 1985.
- [3] Butković, Đ.: Istraživanje iskorišćenja jelovih trupaca kod eksperimentalnog i simuliranog piljenja te prognozirane kvalitete piljenica, *Doktorska disertacija*, *Šumarski fakultet Zagreb*, 1985.
- [4] Prka, T.: Usporedna analiza prerade hrastove oblovine klasičnom tehnologijom i tehnologijom izrade drvnih elemenata, *Magistarski rad*, *Šumarski fakultet Zagreb*, 1973.
- [5] Prka, T.: Pilanska tehnologija hrastovine s obzirom na potrebe industrije namještaja, *Zbornik radova »Istraživanje, razvoj i kvaliteta proizvoda u preradi drva«*, *Savjetovanje Osijek*, 1984.
- [6] Huber, H. H., Rudell, S., Mukherjee, K., McMillin, C. W.: Economics of cutting hardwood dimension parts with an automated system, *For. Prod. Jour.*, 39 (1989) 3 46—50.
- [7] Klinkhachorn, P., Franklin, J. P., McMillin, C. W., Huber, H. A.: ALPS: yield optimization cutting program, *For. Prod. Jour.*, 39 (1989) 3 53—56.
- [8] Brunner, C. C., White, S. M., Lamb, F. M., Schroeder, J. G.: CORY: a computer program for determining dimension stock yields, *For. Prod. Jour.*, 39 (1989) 2 23—24.
- [9] Occena, L. G., Tanchoco, J. M. A.: Computer graphics simulation of hardwood log sawing, *For. Prod. Jour.*, 38 (1988) 10 72—76.
- [10] Klinkhachorn, P., Franklin, J. P., McMillin, C. W., Conners, W.: Huber, H. A.: Automated computer grading of hardwood lumber, *For. Prod. Jour.*, 38 (1988) 3 67—69.

Recenzent: prof. dr. Marijan Brežnjak