

Prilog istraživanju određenih troškova proizvodnje investiranjem u računalno vođenu tehnologiju izrade drvnih elemenata s predblanjanjem piljenica

Contribution to Research on Certain
Production Costs by Investing into Computer
Aided Technology of Production of Wooden
Elements with Pre-Planing of Sawn Wood

Preliminary paper • Prethodno priopćenje

Received – prispjelo: 14. 12. 2015.

Accepted – prihvaćeno: 5. 5. 2016.

UDK: 630*79; 630*832.11; 630*832.155

doi:10.5552/drind.2016.1543

SAŽETAK • U ovom su radu analizirani troškovi proizvodnje elemenata od drva tvrdih listaća računalno vođenom tehnologijom uzdužno-poprečnog načina piljenja s predblanjanjem piljenica. Tim se postupkom prosušene piljenice prije raspiljivanja blančaju kako bi se kalibrirala njihova debljina i da bi greške drva na njihovoj površini postale vidljivije. Predblanjanje pridonosi njihovoj uspješnijoj daljnjoj obradi. Troškovi tehnologije izrade drvnih elemenata predblanjanjem uspoređeni su s troškovima njihove izrade uobičajenom klasičnom tehnologijom poprečno-uzdužnog načina izrade drvnih elemenata te računalo vođenom tehnologijom uzdužno-poprečnog načina piljenja bez predblanjanja.

Rezultati istraživanja pokazuju da se računalno vođenom tehnologijom s predblanjanjem piljenica postiže najbolja produktivnost i troši najmanje električne energije po jedinici proizvoda, najbolje se kontrolira broj izrađenih komada te postiže najbolje iskorištenje piljenica jer se njihova kvaliteta određuje uz pomoć skenera za drvo. Iz navedenoga se može zaključiti da računalno vođena tehnologija s predblanjanjem daje bolje rezultate od druga dva načina izrade drvnih elemenata. Početna investicija za tu tehnologiju znatno je veća od ulaganja u druge dvije istraživane tehnologije. Ovo bi istraživanje trebalo pomoći investitorima pri donošenju odluke za koju se tehnologiju izrade elemenata odlučiti.

Ključne riječi: drvni elementi, blanjanje, klasična doradna pilana, doradna pilana vođena računalom, trošak proizvodnje

¹ Autor je student poslijediplomskoga doktorskog studija Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i član Uprave tvrtke Spačva d.d. Vinkovci, Hrvatska. ²Autori su studenti poslijediplomskoga doktorskog studija na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu i stručni konzultanti u tvrtki Klikpar d.o.o., Zagreb, Hrvatska. ³Autor je student Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska.

¹ Author is a student of postgraduate doctoral study at the Faculty of Forestry, University of Zagreb, and board member in company Spačva d.d., Vinkovci, Croatia. ²Authors are students of postgraduate doctoral study at the Faculty of Forestry, University of Zagreb and technical consultants in company Klikpar d.o.o., Zagreb, Hrvatska. ³Author is a student of the Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

ABSTRACT • This article presents the analysis of the production costs of hardwood elements produced by computer aided technology of rip-cross sawing with pre-planing of sawn boards. In this procedure, sawn wood is planed prior to sawing to calibrate the thickness of sawn elements and to make wood defects more visible on the surface. Pre-planing contributes to more successful further processing of the sawn elements. The costs of production technology of pre-planed sawn elements were compared with the costs of the classic cross-rip production technology of sawn elements and with the costs of computer aided rip-cross production technology without pre-planing. Research results show that computer aided production technology with pre-planing of sawn elements gives the best productivity, the lowest consumption of electricity per product unit, the best control of the number of produced elements, and the best utilization of sawn wood since the quality is defined by using wood scanners. Further to the above, it can be concluded that better results are achieved by computer aided technology with pre-planing than by two other researched technologies. The disadvantage of this technology is the starting investment, since the price of this technology is significantly higher than that of other two researched technologies. This research should help investors in decision making process when choosing between different technologies of wood element production.

Key words: wood elements, planing, classic secondary sawmill, computer aided secondary sawmill, production costs

1. UVOD 1 INTRODUCTION

Izradom drvnih elemenata od lošije piljene građe bitno se povećava vrijednost takvih manje kvalitetnih pilanskih proizvoda. Taj se proces najčešće izvodi u sekundarnim odnosno doradnim pilanama.

Pojam sekundarnog raspiljivanja zapravo obuhvaća raspiljivanje tih piljenica i izradu različitoga piljenog materijala manjih dimenzija, posebno „piljenih elemenata“ te, eventualno, daljnje raspiljivanje („repariranje“) krupnih pilanskih ostataka (Brežnjak, 1997.).

Mehanička obrada u proizvodnji namještaja najčešće počinje u odjelu grube strojne obrade procesom smišljenoga poprečnog ili uzdužnog raspiljivanja (formatiziranja) piljenica ili sortiranih grubih namjenskih elemenata. Nasuprot tome, u pilanskoj proizvodnji raskrajanjem piljenica obično završava mehanička obrada, a cilj joj je izrada pilanskih proizvoda i u doradnoj fazi – grubih, poludovršenih ili gotovih namjenskih elemenata.

Tijekom raskrajanja piljenica one se određenim redosljedom, okrajčivanjem i prikrajčivanjem, dimenzioniraju na potrebnu širinu i duljinu. Ako je potrebno, obradci se mogu raspiliti i paranjem na potrebnu debljinu. Pri tome se nastoji postići što racionalnije iskorištenje sirovine u kvantitativnome i kvalitativnom odnosno optimalnome vrijednosnom smislu.

Tehnološki proces pilanske obrade može se organizirati kao jednofazni ili dvofazni. U jednofaznoj obradi cjelokupna se mehanička obrada (primarno raspiljivanje trupaca i sekundarno krojenje piljenica) obavlja u jednome neprekidnom i povezanom tehnološkom tijeku, dok su pri dvofaznoj obradi primarna i sekundarna faza vremenski i prostorno odvojene. To znači da se nakon primarnog raspiljivanja trupaca i odvajanja (ili neodvajanja) kvalitetne, obično neokrajčene komercijalne građe ostala dobivena piljena građa djelomično ili potpuno suši, a potom se, u drugoj fazi, kroji u okrajčenu građu i drvne elemente.

1.1. Krojenje piljenica

1.1 Sawing boards to elements

Načini industrijskog raspiljivanja piljenica obično se dijele na:

- poprečno-uzdužni način,
- (poprečno)-uzdužno-poprečni način.

U oba načina, ovisno o pristupu raspiljivanju, debljina piljenica u konačnici može činiti širinu ili debljinu izrađenih drvnih proizvoda

Šoškić i Popadić (2003.) navode da se u sekundarnoj obradi četinjača po pravilu može primijeniti uzdužno-poprečni način piljenja, dok se pri obradi listača može također upotrijebiti (poprečno)-uzdužno-poprečni, ali i poprečno-uzdužni način piljenja. Odabir načina obrade ovisi o duljini i kvaliteti gotovih obradaka, ali i o kvaliteti ulazne sirovine.

Poprečno-uzdužni način piljenja

Cross-rip sawing to elements

Piljenica se najprije prikrati tako da se čelo piljenice izravna približno pod pravim kutom s obzirom na uzdužnu os i otpili onaj dio čela piljenice na kojemu se nalazi veći broj malih grešaka (npr. čelne pukotine). Ako je piljenica zakrivljena ili na sebi ima još neke druge greške (npr. kvрге), obično se još poprečno prepili na jednome ili više mjesta, uz eventualno odstranjivanje neprihvatljivih grešaka. Kriteriji za određivanje mjesta piljenja jesu:

- položaj na kojemu se nalazi vršna točka zakrivljenosti piljenice ili neka druga greška
- duljine elemenata zahtijevanih u radnom nalogu.

Nakon toga se iskrojani dijelovi piljenice uzdužno raspiljuju u elemente, pri čemu treba paziti na raspored preostalih grešaka, ako ih ima, i o zadanim širinama elemenata.

(Poprečno)-uzdužno-poprečni način piljenja

(Cross)-rip-cross sawing to elements

Taj način obrade piljenica ponajprije obilježava uzdužno raspiljivanje piljenica u „letve“ kao prva operacija obrade, uz vođenje brige o rasporedu grešaka i zadanim širinama elemenata. Piljenice po pravilu ne smiju imati greške zakrivljenosti. Obično se zakrivljenost prethodno izbjegne poprečnim krojenjem već u primarnoj pilani, no pritom treba nastojati da piljenice ostanu što dulje ili da su barem višekratnici duljine budućih elemenata. Nakon toga se od letava poprečnim prepiljivanjem izrađuju drvni elementi zadanih duljina. Kriteriji za određivanje mjesta piljenja postavljaju se na temelju:

- položaja na kojemu se nalaze greške drva koje nisu dopuštene
- širine i duljine elemenata određenih radnim nalogom.

1.2. Blanjanje piljenica ili letava

1.2 Planing of sawn boards or laths

Dvostrano ili četverostrano blanjanje nije nužna tehnološka operacija, pa se zato primjenjuje kao fakultativno tehnološko rješenje i uvodi u tehnološki sustav samo uz posebnu narudžbu. Dva su razloga uključivanja te operacije u tehnološki sustav.

Prvi bitni razlog je u to da se u daljnjoj obradi piljenica i letava na oblanjanim plohama jasnije uočavaju sve greške, koje se kasnije ručno označavaju, odnosno strojno skeniraju i prenose u računalo radi njihova lakšeg i bržeg prepoznavanja. Znači, radi efikasnijeg označivanja ili skeniranja piljenice odnosno letve, po pravilu treba očistiti i otvoriti njezinu površinu, odnosno oblanjati barem jednu površinu. Ipak pretpostavlja se da će biti potrebno i oblanjati i drugu površinu piljenice, osobito ako je debljina piljenica 50 mm i više, u kojih greška sa suprotne strane može probijati plohu koso od gornje površine. Takav način uočavanja grešaka, osobito njihovih krajnjih granica, sigurno može biti bitno jasniji na oblanjanim površinama drva. Posebnu važnost blanjanje površina ima pri postojanju grešaka uz koje su granice normalnoga i drugačijeg drva mnogo nejasnije, osobito između središnjega i perifernog dijela drva, pri različitim diskoloracijama, na drvu zahvaćenom truležnim promjenama ili sl. Tako obrađena površina dobra je osnova za daljnje automatsko skeniranje grešaka na površini.

Drugi bitni razlog za uvođenje te tehnološke faze jest kalibriranje drva, što podrazumijeva obostrano blanjanje piljenice ili četverostrano blanjanje letve, jer se time svi elementi obrađuju na jednaku i točnu debljinu odnosno debljinu i širinu, što olakšava daljnji rad na svim ostalim strojevima i transportnim uređajima za obradu koja slijedi, što znači i produljenje trajnosti svih ostalih strojeva i alata. Blanjanjem se uklanjaju i sve ostale nečistoće s površine piljenica te se smanjuje mogućnost zastoja elemenata u zahvatu stroja zbog netočne debljine i širine. Osim toga, ta tehnološka faza može poslužiti kao kontrola točnosti obrade i dimenzija piljenica i letava, što će osigurati mnogo veću razinu kvalitete elemenata.

1.3. Tehnologije obrade

1.3 Production technologies

Pilanski su elementi proizvodi izrađeni podužnim i poprečnim piljenjem piljenica u doradnim pilanama. Svojstva piljenice od koje će se izrađivati elementi, osim kvalitete, određuju i način izrade elemenata.

Izradom elemenata od lošije građe bitno se povećava vrijednost manje kvalitetnih pilanskih proizvoda te su na bazi toga razvijene određene tehnologije obrade. U praksi se primjenjuju različiti načini proizvodnje elemenata.

Klasičan način proizvodnje elemenata počinje poprečnim raspiljivanjem piljenica radi uklanjanja grešaka, i to određivanjem duljine budućih sortimenata. Nakon toga se dijelovi piljenica na kružnim i tračnim

pilama uzdužno kroje na određene širine elemenata. Sortiranjem se slažu u pakete istovrsnih dimenzija. U toj tehnologiji često se pojavljuje problem izvršenja specifikacije jer su međufaze u proizvodnji izvan kontrole zato što se nikad točno ne zna koliki je broj komada u proizvodnji i koliko će ih izaći kao gotovi element. Drugi osnovni problem u toj tehnologiji jest velika količina kratkih i uskih elemenata koji imaju i znatno nižu cijenu na tržištu.

S naglim razvojem računalne tehnike prevladalo je i drugačije razmišljanje o izradi elemenata. Veliku prednost u kontroli izvršenja specifikacije čini računalo. Ono određuje optimalno točne dimenzije elemenata, obavlja točnu kontrolu broja komada izrađenih elemenata, omogućuje odabir kvalitete elemenata te je proces kontinuiran i kontroliran. Kako se danas traže sve dulji i sve širi elementi, tehnologija je ponajprije usmjerena na uzdužno raspiljivanje, a zatim i na poprečno. Nakon toga slijedi sortiranje i slaganje elemenata u pakete.

Određivanje načina izrade elemenata već je dugo jedno od najvažnijih pitanja obrade piljenica. Nakon odabira poprečno-uzduznoga ili uzdužno poprečnog načina izrade elemenata cijeli se daljnji proces može automatizirati jer su današnji strojevi opremljeni računalima koji tu automatizaciju provode u vrlo kratkom roku i s velikom točnošću. Stoga je preporučljivo pronaći mogućnost za automatsko određivanje načina izrade elemenata.

Automatsko određivanje načina izrade elemenata posebno je poželjno pri obradi tvrdog drva listača (hrasta i bukve). Primjena drugih vrsta drva (jeftinija sirovina) uglavnom je rasprostranjenija te se osim elemenata visoke kvalitete proizvode i manje kvalitetni elementi, kao i oni u kojih se zahtijevaju samo dobra mehanička svojstva. Namjena elemenata određuje njihovu kvalitetu u smislu dopustivih grešaka. U proizvodnji elemenata od tvrdih vrsta drva kvalitativno iskorištenje ovisi o dimenzijama elemenata. Cilj te proizvodnje jest dobivanje elemenata što većih dimenzija, uz zadovoljenje određenih kvalitativnih zahtjeva kao što su potpuna čistoća elemenata, pravilnost žice, jednoličnost strukture i teksture, bez kvrga i pukotina.

Automatsko određivanje načina izrade elemenata moguće je samo uz upotrebu računala. Takav bi sustav morao imati skener (čitač grešaka na piljenici) koji bi sliku piljenice, sa svim njezinim greškama, automatski slao u računalo na analizu, gdje bi se računalno odredilo koji je način raspiljivanja bolji: uzdužno-poprečni ili poprečno-uzdužni. Naravno, nakon određivanja načina piljenja za daljnju bi obradu piljenica bile potrebne i dvije neovisne linije na koje bi se, sukladno rezultatu simulacije, upućivale piljenice.

S obzirom na sve lošiju sirovinsku bazu kako u primarnim, tako i u doradnim pilanama, pitanje kvalitete pilanskih proizvoda ima važno mjesto među pokazateljima uspješnosti drvne industrije (Babunović, 1992., 1999.).

Rezultati istraživanja Butkovića (1998.) pokazali su da sekundarna pilana koja je računalno upravljana daje najbolje rezultate, troši najmanje električne ener-

gije, ima najmanje troškove proizvodnje po prostorno-metru elemenata, osigurava potpunu kontrolu broja komada i nadzire kvalitetu elemenata. No takva pilana ima i jedan nedostatak – početno je ulaganje znatno veće nego za klasične doradne pilane.

Osnovni cilj ovog istraživanja jest unapređenje i modernizacija proizvodnje u neimenovanoj tvrtki, i to usporedbom proizvodnih troškova (cijene rada, utroška električne energije i cijene opreme).

Za potrebe istraživanja provedena je usporedba triju vrsta tehnologije izrade drvnih elemenata, uz pretpostavljeni godišnji kapacitet u jednoj smjeni. To su:

- a) *classic technology cross-rip saw* – klasična tehnologija izrade drvnih elemenata poprečno-podužnim načinom piljenja (raspiljivanje 4000 m³ piljenica te 2000 m³ izrađenih elemenata)
- b) *computer aided technology rip-cross saw* – računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja bez predblanjanja piljenica (raspiljivanje 4500 m³ piljenica te 2250 m³ izrađenih elemenata)
- c) *computer aided technology rip-cross saw and pre-planing* – računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja s predblanjanjem piljenica (raspiljivanje 10 000 m³ piljenica te 5500 m³ izrađenih elemenata).

2. MATERIJALI I METODE

2 MATERIALS AND METHODS

U istraživanju je primijenjena metoda istraživanja prema Butkoviću (1998.). Uspoređeni su parametri koji mogu biti važni pri donošenju odluke, a to su:

- broj djelatnika
- cijena rada
- produktivnost
- instalirana snaga
- utrošak električne energije
- cijena opreme.

2.1. Opis tehnologije

2.1 Description of technology

2.1.1. Klasična tehnologija izrade drvnih elemenata poprečno-podužnim načinom piljenja

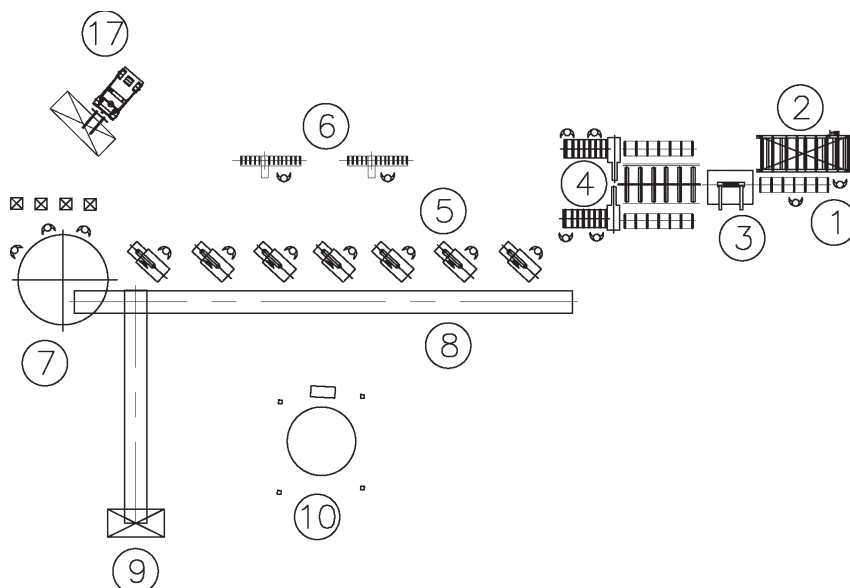
2.1.1 Classical cross-rip sawing production technology of wood elements

Tom se tehnologijom piljenice ulaznim transporterom (1) dopremaju do kružne pile za uzdužno raspiljivanje (3) na kojoj se piljenice uzdužno raspiljuju tako da se dobiju bazni rubovi za prislon na vodilice i za pravokutno prepiljivanje na sljedećoj poziciji. Nakon obrade na toj kružnoj pili piljenice se transportiraju (2) do kružne pile za poprečno piljenje (4), na kojoj se raspiljuju na potrebne duljine. Nakon toga se dijelovi piljenica otpremaju do tračnih pila (5), gdje se raspiljuju (paraju) na potrebne širine. Izrađeni se elementi odlažu na transportnu traku i otpremaju do sortirnice s okretnim stolom. Nakon toga elementi se izuzimaju sa stola te se sortiraju i slažu na palete. Eventualna dodatna dorada i reparacija elemenata s greškama izvodi se na kružnim pilama (6). U toj se tehnologiji često pojavljuje problem izvršenja specifikacije jer su međufaze u proizvodnji izvan kontrole pa se nikad točno ne zna koliki je broj komada u proizvodnji te koliko će ih izaći kao gotov element. Problem je i velika količina kratkih i uskih elemenata koji imaju nižu cijenu na tržištu (sl. 1.).

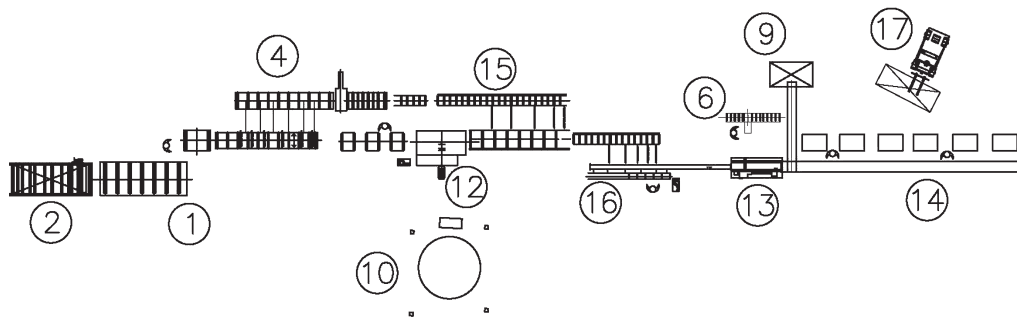
2.1.2. Računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja bez predblanjanja piljenica

2.1.2 Computer aided rip-cross sawing production technology of wood elements without pre-planing

S razvojem elektroničke i računalne tehnike u industriju se uvodi računalno i u fazu kontrole izvršenja specifikacije. Računalno kontrolira broj izrađenih elemenata. Piljenice se ulaznim transporterom (1) dopremaju na uzdužno raspiljivanje na višelisnoj kružnoj pili (12), a nakon toga se letve poprečno kroje računalom upravljanim kružnom pilom (13) na određene optimizirane duljine, s tim da se na računalom upravljaju



Slika 1. Klasična tehnologija izrade drvnih elemenata poprečno-podužnim načinom piljenja
Figure 1 Classic technology of wood elements production by cross-rip sawing



Slika 2. Računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja bez predblanjanja piljenica

Figure 2 Computer aided technology of wood elements production by using rip-cross sawing without pre-planing

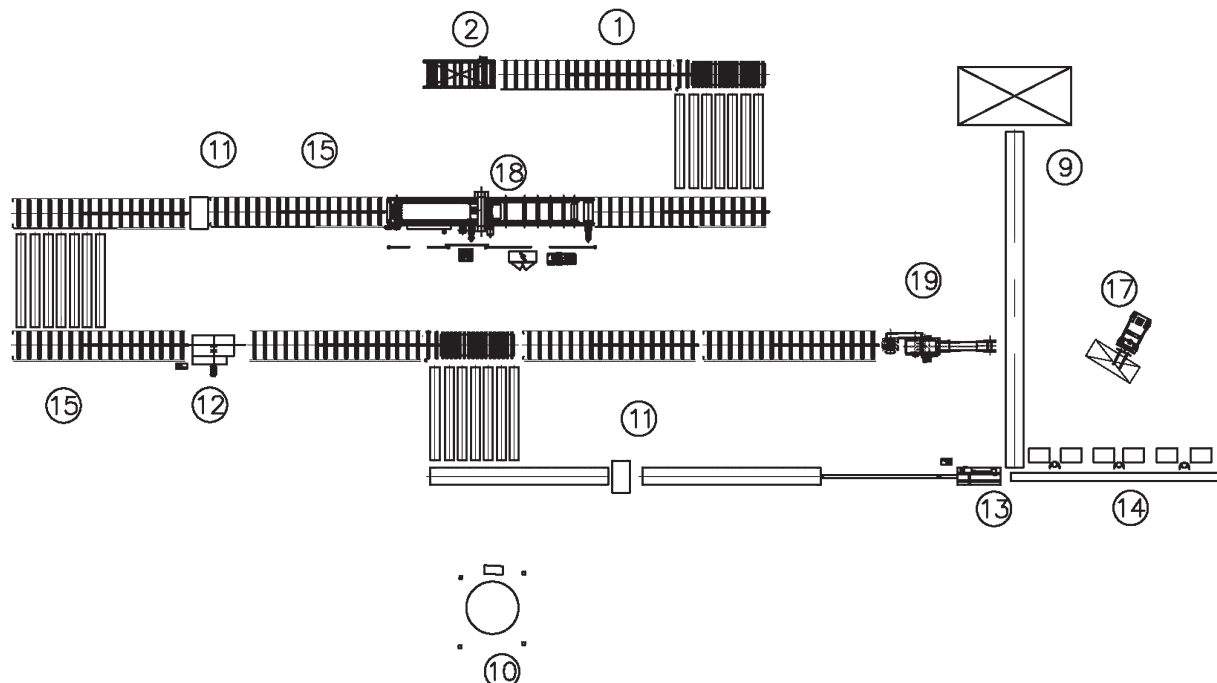
noj poprečnoj kružnoj pili odstranjuju dijelovi drva s greškama koje su prije toga označene kredom. Nakon toga slijedi sortiranje i slaganje elemenata (14) u pakete istovrsnih dimenzija i kvalitete (sl. 2.).

2.1.3. Računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata uzdužno-poprečnim načinom piljenja s predblanjanjem piljenica
2.1.3 Computer aided rip-cross sawing production technology of pre-planed wood elements

Načelo izrade elemenata slično je načinu opisanom u prethodnoj tehnologiji. Piljenice se ulaznim transporterom (1) dopremaju na blanjalicu (18) na kojoj se dvostrano blanjaju. Nakon toga se skeniraju (11), pri čemu se uz pomoć skenera prema kvaliteti piljenica odredi optimalno krojenje po širini, a zatim se piljenice uzdužno raspiljuju na višelisnoj kružnoj pili (12). Dobivene se letve zatim ponovno skeniraju (11) te na računalo upravljanoj kružnoj pili poprečno kroje na određene optimizirane duljine (13). Na poprečnoj kružnoj pili odstranjuju se dijelovi drva s greškama koje su prije toga određene uz pomoć skenera. Nakon toga slijedi slaganje elemenata (14) u pakete istovrsnih dimenzija i kvalitete (sl. 3.).

Specifikacija strojeva i opreme na slikama 1. – 3.:

- pozicija 1. ulazni transporter za građu / *entry transporter*
- pozicija 2. hidraulični podizni stol za građu / *hydraulic lift table for sawn wood*
- pozicija 3. jednonisna kružna pila za uzdužno piljenje / *single circular saw for rip sawing*
- pozicija 4. kružna pila za poprečno piljenje / *circular saw for cross sawing*
- pozicija 5. tračna pila za izradu elemenata / *band saw for making elements*
- pozicija 6. kružna pila za doradu ili repariranje elemenata / *circular saw for making elements*
- pozicija 7. rotacijski sortirni stol / *rotating sort table*
- pozicija 8. trakasti transporter (dvostruki) za elemente i drveni ostatak / *double transporter for elements and wood residue*
- pozicija 9. trakasti transporter za krupni drveni ostatak s deponijem / *transporter for large wood residue with depo*
- pozicija 10. silos za piljevinu / *saw dust silo*
- pozicija 11. skener za drvo / *wood scanner*



Slika 3. Računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja s predblanjanjem piljenica
Figure 3 Computer aided technology of wood elements production using rip-cross sawing with pre-planing

- pozicija 12. automatska kružna pila za uzdužno piljenje / *automatic circular saw for rip sawing*
- pozicija 13. računalom upravljana kružna pila za poprečno piljenje / *automatic circular saw for cross sawing*
- pozicija 14. automatska sortirinica za elemente / *automatic sorting of elements*
- pozicija 15. sustav transporta / *transportation system*
- pozicija 16. stol za označivanje grešaka / *defects marking table*
- pozicija 17. viličar / *forklift truck*
- pozicija 18. blanjalica za piljenice / *planing machine for saw wood*
- pozicija 19. drobilica za drveni ostatak / *wood residue chipper*.

2.2. Broj djelatnika

2.2 Number of workers

Kao što je vidljivo u tablici 1., pretpostavljeni broj radnika pri klasičnoj tehnologiji izrade drvnih elemenata poprečno-podužnim načinom piljenja bio bi 19, uz računalo vođenu tehnologiju izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja bez predblanjanja piljenica taj bi broj bio sedam, a pri računalom vođenoj tehnologiji izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja s predblanjanjem piljenica bilo bi potrebno zaposliti pet djelatnika.

2.3. Cijena rada djelatnika

2.3 Working hour price

Pretpostavljena bruto vrijednost sata rada (c_p) djelatnika u prosjeku iznosi oko 5 EUR/h.

2.4. Produktivnost

2.4 Productivity

Produktivnost je izračunana na temelju utrošenih sati rada djelatnika u odnosu prema proizvedenoj količini elemenata u svakoj tehnologiji posebno prema izrazima (1) do (3).

$$T_{h/god.} = T_s \cdot d \cdot n_d \quad (1)$$

$T_{h/god.}$ – ukupni broj utrošenih sati djelatnika u godini, h/god. / *total number of annual working hours spent by workers, hours in a year*

T_s – broj radnih sati u smjeni, h / *total number of working hours per shift, hours*

d – broj radnih dana u godini / *total number of working days in a year*

n_d – broj djelatnika / *number of workers*

$$T_{h/m^3} = \frac{T_{h/god.}}{V_{el./god.}} \quad (2)$$

T_{h/m^3} – utrošak radnih sati za jedinicu proizvoda, h/m³ elemenata / *working hours spent by unit of product, h/m³ elements*

$T_{h/god.}$ – ukupni broj utrošenih sati djelatnika u godini, h/god. / *total number of annual working hours spent, hours in a year*

Tablica 1. Broj djelatnika i instalirana snaga u ovisnosti o izabranoj tehnologiji

Table 1 Number of employees and installed capacity depending on chosen technology

Pozicija Position	Klasična tehnologija poprečno-podužnog piljenja Classical technology cross-rip sawing		Računalom vođena tehnologija podužno-poprečnog piljenja Computer aided technology rip-cross sawing		Računalom vođena tehnologija podužno-poprečnog piljenja s predblanjanjem Computer aided technology rip-cross sawing and pre-planing	
	Broj djelatnika number of workers	Instalirana snaga installed power kW	Broj djelatnika number of workers	Instalirana snaga installed power kW	Broj djelatnika number of workers	Instalirana snaga installed power kW
1.		2		2		2
2.		6		6		6
3.	2	20				
4.	4	14	1	11		
5.	7	49				
6.	2	4	1	3		
7.	3	5				
8.		6				
9.		3				3
10.		20		10		10
11.						11
12.			1	40		40
13.				12		12
14.			2	10	4	10
15.				9		9
16.			1			
17.	1		1		1	
18.						50
19.						9
Σ	19	129	7	103	5	162
Cijena opreme equipment costs	64 000 EUR		220 000 EUR		1 500 000 EUR	

$V_{el./god.}$ – godišnja proizvodnja elemenata, $m^3 el./god.$ / *annual production of elements, $m^3 elements per year.$*

$$N_{el.} = T_{h/m^3} \cdot C_p \quad (3)$$

$N_{el.}$ – vrijednost rada, EUR/ m^3 elemenata / *work value, EUR/ $m^3 elements$*

T_{h/m^3} – utrošak radnih sati za jedinicu proizvoda, h/m^3 / *working hours spent for unit of product, h/m^3*

C_p – bruto vrijednost sata rada, EUR/h / *brutto working hour value, EUR/h.*

2.5. Instalirana snaga elektromotora

2.5 Installed electric power

Za svaki elektromotor dan je koeficijent njegova opterećenja pri radu, kao i koeficijent iskorištenja vremena rada. Koeficijent opterećenja pri radu motora i koeficijent iskorištenja vremena rada procijenjeni su na osnovi iskustva i uputa ponuđača opreme. Umnoškom instalirane snage elektromotora i koeficijenta opterećenja dobije se maksimalna potrebna snaga motora pri opterećenju za vrijeme rada prema izrazu (4):

$$P_{maks.} = P_{inst.} \cdot k_{em} \quad (4)$$

$P_{maks.}$ – maksimalna potrebna snaga elektromotora pri opterećenju za vrijeme rada / *maximum needed power of electric motor while working, kW*

$P_{inst.}$ – instalirana snaga elektromotora / *installed power of electric motor, kW*

k_{em} – koeficijent opterećenja elektromotora pri radu / *coefficient of electric motor burden while working.*

2.6. Utrošak električne energije

2.6 Electric energy consumption

Utrošak električne energije izračunan je kao umnožak broja sati rada stroja i maksimalno korištene snage pojedinog elektromotora prema izrazu (5). Broj sati rada stroja i koeficijent iskorištenja vremena rada stroja procijenjeni su na osnovi dosadašnjeg iskustva u radu s takvim tehnologijama.

$$E = P_{maks.} \cdot t_s \quad (5)$$

E – utrošak električne energije / *consumption of electric energy, kWh*

$P_{maks.}$ – maksimalna potrebna snaga elektromotora pri opterećenju za vrijeme rada / *maximum power of electric motor needed while working, kW*

t_s – broj sati rada stroja / *number of machine working hours.*

Količina sati rada izračuna se umnoškom koeficijentata iskorištenja vremena rada stroja k_s i ukupnog broja radnih sati u godini prema izrazu (6):

$$T_g = T \cdot k_s \quad (6)$$

T_g – količina sati rada u jednoj smjeni, h/god. / *amount of workin hours in one shift, hours in a year*

T – ukupan broj radnih sati u godini / *total number of working hours per year*

k_s – koeficijent iskorištenja vremena rada stroja / *coefficient of machine work time utilization*

Godišnji ukupni utrošak električne energije odnosno utrošak po jedinici proizvoda te cijena električne

energije po jedinici proizvoda izračunani su prema izrazima (7) do (9).

$$\sum E = E_1 + E_2 + \dots + E_n \quad (7)$$

$$E_{kWh/m^3el.} = \frac{\sum E}{V_{el./god.}} \quad (8)$$

$$EC_{Eur/m^3} = E_{kWh/m^3el.} \cdot c_e \quad (9)$$

$\sum E$ – ukupni utrošak električne energije u godini, kWh/god. / *total consumption of electric energy per year, kWh per year.*

$E_1 \dots E_n$ – godišnji utrošak električne energije pojedinog elektromotora (stroja) / *annual consumption of electric energy per each electric motor, kW*

$E_{kWh/m^3el.}$ – godišnji utrošak električne energije po jedinici proizvoda, kWh/ m^3 elemenata / *annual electric energy consumption per unit of product, kWh/ $m^3 elements$*

$V_{el./god.}$ – godišnja proizvodnja elemenata, m^3 elemenata/god. / *annual production of elements, $m^3 elements/year$*

EC_{Eur/m^3} – cijena elektroenergije po jedinici proizvoda, EUR/ m^3 elemenata / *price of electric energy per unit of product, Eur/ $m^3 elements$*

c_e – jedinična cijena elektroenergije, EUR/kWh / *price of electric energy per unit of energy, Eur/kWh.*

2.7. Cijena opreme i amortizacija

2.7 Equipment costs and amortisation

Ukupna cijena opreme prikazana je u tablici 1. Iz nje je izračunana amortizacija, koja se predviđa za vrijeme od pet godina. Uzet je isti vijek trajanja opreme kako bi se moglo izračunati koliko veličina investicije utječe na konačnu kalkulaciju po jedinici proizvoda. U dogovoru s ponuđačima opreme, određen je optimalni vijek trajanja opreme od pet godina, što je ujedno i vrijeme otplate kredita. Vrijednost opreme procijenjena je na osnovi dviju ponuda različitih proizvođača opreme. Amortizacija po jedinici proizvoda izračunana je prema izrazu (10):

$$A = \frac{N_o}{V_{el./god.}} \cdot G \quad (10)$$

A – amortizacija po jedinici proizvoda, EUR/ m^3 elemenata / *amortisation per unit of product, EUR/ $m^3 elements$*

N_o – ukupna vrijednost opreme, EUR / *total equipment value, EUR*

G – broj godina amortizacije / *number of amortisation years*

$V_{el./god.}$ – godišnja proizvodnja elemenata, m^3 elemenata/god. / *annual production of elements, $m^3 elements per year.$*

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3 RESULTS OF THE RESEARCH

3.1. Produktivnost i vrijednost rada istraživanih tehnologija

3.1 Productivity and work value of researched technologies

Podatci o produktivnosti i vrijednosti rada navedeni su u tablici 2.

Tablica 2. Produktivnost i vrijednost rada istraživanih tehnologija

Table 2 Productivity and work value of researched technologies

Produktivnost i vrijednost rada <i>Productivity and work value</i>	Klasična tehnologija poprečno-podužnog piljenja <i>Classical technology cross-rip saw</i>	Računalom vođena tehnologija podužno- poprečnog piljenja <i>Computer aided technology rip-cross saw</i>	Računalom vođena tehnologi- ja podužno-poprečnog piljenja s predblanjanjem <i>Computer aided technology rip-cross saw and pre-planing</i>
broj utrošenih sati djelatnika u godini h/god. / <i>Number of spent hours by workers in a year, h/year</i>	35 625	13 125	9375
utrošak radnih sati za jedinicu proizvoda, h/m ³ elemenata <i>Working hours spent per unit of product, h/m³ elements</i>	17,8	5,83	1,70
vrijednost rada, EUR/ m ³ elemenata <i>Work value, EUR/m³ elements</i>	89,00	29,15	8,50

3.2. Utrošak električne energije

3.2 Consumption of electric energy

Podatci o utrošku električne energije dani su u tablicama 3. i 4.

3.3. Vrijednost opreme i amortizacija

3.3 Equipment price and amortisation

Cijena opreme i amortizacija prikazani su u tablici 5. za svaku tehnologiju posebno.

3.4. Ukupni trošak proizvodnje pojedinih tehnologija

3.4 Total production costs of each technology

Pri obračunu direktnih troškova nisu uzeti u obzir troškovi režijskoga i administrativnog osoblja ni ula-

zna cijena sirovine, dok su troškovi održavanja opreme i oštrenje alata uvršteni u obračun. Rezultati su navedeni u tablici 6.

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

4 DISCUSSION AND CONCLUSION

Razmišljanje o namjenskoj pilanskoj obradi listača s proizvodnjom elemenata nametnulo se onog trenutka kad su pilane počele ostvarivati sve slabije rezultate, kad je uočen znatan porast proizvodnih troškova i kad je postala očita činjenica da je produktivnost rada naših pilana neusporedivo niža od europ-

Tablica 3. Utrošak električne energije prema pozicijama strojeva i opreme

Table 3 Electric energy consumption per position of machine and equipment

Poz.	Klasična tehnologija poprečno-podužnog piljenja <i>Classical technology cross-rip sawing</i>					Računalom vođena tehnologija podužno-poprečnog piljenja <i>Computer aided technology rip-cross saw</i>					Računalom vođena tehnologija podužno-poprečnog piljenja s predblanjanjem <i>Computer aided technology rip-cross saw and pre-planing</i>				
	k_{em}	$P_{maks.}$ kW	k_s	T_g h	E kWh/god.	k_e	$P_{maks.}$ kW	k_s	T_g h	E kWh/god.	k_e	$P_{maks.}$ kW	k_s	T_g h	E kWh/god.
1.	0,4	0,8	0,4	750	600	0,4	0,8	0,4	750	600	0,4	0,8	0,4	750	600
2.	0,6	3,6	0,5	937,5	3375	0,6	3,6	0,5	937,5	3375	0,6	3,6	0,5	937,5	3375
3.	0,5	10,0	0,7	1312,5	13 125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	0,5	7,0	0,8	1500	10 500	0,6	6,6	0,4	750	4950	-	-	-	-	-
5.	0,6	29,4	0,8	1500	44 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	0,4	1,6	0,7	1312,5	2100	0,6	1,8	0,8	1500	2700	-	-	-	-	-
7.	0,7	3,5	0,8	1500	5250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.	0,7	4,2	0,8	1500	6300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.	0,7	2,1	0,8	1500	3150	-	-	-	-	-	0,7	2,1	0,8	1500	3150
10.	0,8	16,0	0,8	1500	24 000	0,8	8,0	0,8	1500	12 000	0,8	8,0	0,7	1312,5	10 500
11.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	7,7	0,7	1312,5	10 106
12.	-	-	-	-	-	0,8	32,0	0,8	1500	48 000	0,8	32,0	0,8	1500	48 000
13.	-	-	-	-	-	0,7	8,4	0,8	1500	12 600	0,7	8,4	0,8	1500	12 600
14.	-	-	-	-	-	0,6	6,0	0,8	1500	9000	0,6	6,0	0,8	1500	9000
15.	-	-	-	-	-	0,7	6,3	0,8	1500	9450	0,7	6,3	0,8	1500	9450
16.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	35,0	0,8	1500	52 500
19.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	6,3	0,8	1500	9450
Σ	-	78,2	-	13 312,5	112 500	-	73,5	-	11 437,5	102 675	-	116,2	-	14 812,5	168 731

Legenda / Key: k_{em} – koeficijent opterećenja elektromotora pri radu / *coefficient of electric motor overload while working*; $P_{maks.}$ – opterećenje elektromotora pri radu / *electric motor burden while working, kW*; k_s – koeficijent iskorištenja vremena rada stroja / *coefficient of machine utilization of working time*; T_g – broj sati rada u godini / *number of hours per year*; E – utrošak električne energije u godini / *electric energy consumption per year, kWh /god.*

Tablica 4. Utrošak električne energije po jedinici proizvoda

Table 4 Electric energy consumption per unit of product

Utrošak električne energije <i>Electric energy consumption</i>	Klasična tehnologija poprečno-podužnog piljenja <i>Classical technology cross-rip saw</i>	Računalom vođena tehnologija podužno-poprečnog piljenja <i>Computer aided technology rip-cross saw</i>	Računalom vođena tehnologija podužno-poprečnog piljenja s predblanjanjem <i>Computer aided technology rip-cross saw and pre-planing</i>
utrošak električne energije kWh/god. <i>Electric energy consumption, kWh per year.</i>	112 500	102 675	16 831
utrošak električne energije po jedinici proizvoda, kWh/m ³ elemenata <i>Electric energy consumption per unit of product, kWh/m³ elements</i>	56,25	45,63	30,68
cijena elektroenergije po jedinici proizvoda, EUR/m ³ elemenata <i>Price of electric energy per unit of product, EUR/ m³ elements</i>	3,94	3,19	2,15

Tablica 5. Amortizacija i cijena opreme

Table 5 Equipment price and amortisation

Amortizacija i cijena opreme <i>Amortisation and equipment prices</i>	Klasična tehnologija poprečno-podužnog piljenja <i>Classical technology cross-rip saw</i>	Računalom vođena tehnologija podužno-poprečnog piljenja <i>Computer aided technology rip-cross saw</i>	Računalom vođena tehnologija podužno-poprečnog piljenja s predblanjanjem <i>Computer aided technology rip-cross saw and pre-planing</i>
vrijednost opreme, EUR <i>Equipment value, EUR</i>	64 000	220 000	1 500 000
godišnja amortizacija, EUR/god. <i>Annual amortisation, EUR per year</i>	12 800	44 000	300 000
amortizacija po jedinici proizvoda, EUR/m ³ elemenata <i>Amortisation per unit of product, EUR/m³ elements</i>	6,40	19,56	54,55

Tablica 6. Ukupni trošak po jedinici proizvoda

Table 6 Summary cost per product unit

Trošak po fazama, EUR/m ³ elemenata <i>Costs by phases, EUR/m³ of elements</i>	Klasična tehnologija poprečno-podužnog piljenja <i>Classical technology cross-rip saw</i>	Računalom vođena tehnologija podužno-poprečnog piljenja <i>Computer aided technology rip-cross saw</i>	Računalom vođena tehnologija podužno-poprečnog piljenja s predblanjanjem <i>Computer aided technology rip-cross saw and pre-planing</i>
trošak (vrijednost) rada <i>Costs (value) of work</i>	89,00	29,15	8,50
trošak opreme <i>Equipment costs</i>	6,40	19,56	54,55
trošak električne energije <i>Costs of electric energy</i>	3,94	3,19	2,15
ukupni trošak / <i>Total costs</i>	99,34	51,90	65,20

skog prosjeka. Pilansku obradu u Hrvatskoj obilježava jedan svojevrsni ekonomski paradoks, prema kojemu neki proizvod vrijedi manje što se više rada uloži u njegovu proizvodnju.

Primjerice, u proizvodnju popruga i ukupnu manipulaciju treba uložiti najviše rada, a popruga je najmanje vrijedan proizvod. I obrnuto, proizvodnja komercijalnih samica zahtijeva najmanji angažman, a samice su jedan od najvrednijih pilanskih proizvoda. Padom kvalitete pilanske sirovine pojavila se potreba za sve intenzivnijom i detaljnijom obradom, što je značilo i više uloženog rada, povećanje troškova i smanjenje produktivnosti, a globalna je vrijednost pilanske

proizvodnje unatoč tome stalno padala zbog sve većeg udjela sortimenata manje vrijednosti na štetu vrednije robe. Moguće rješenje trebalo je obuhvatiti osnovne komponente, i to uz povećanje produktivnosti rada i smanjenje proizvodnih troškova te povećanje ukupne vrijednosti proizvodnje.

Povećanje produktivnosti rada treba se postići uvođenjem potrebne mehanizacije i automatizacije u proizvodni proces te zamjenom teškoga fizičkog rada gdje god je moguće. Time se izravno smanjuju troškovi proizvodnje. Istodobno treba povećati ukupnu vrijednost proizvoda i osloboditi se suvišnih proizvodnih troškova.

Iz prikazanog istraživanja i dobivenih rezultata o troškovima proizvodnje elemenata različitih tehnologija može se zaključiti sljedeće.

Klasična tehnologija izrade drvnih elemenata poprečno-podužnim načinom ima najveće troškove rada i električne energije, ali ima najmanje troškove opreme. Ta linija ujedno ima ukupno najveće troškove po jedinici proizvedenih elemenata i najlošiju kontrolu broja izrađenih elemenata.

Računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja bez predblanjanja piljenica daje ukupno najmanje troškove proizvodnje, trošak rada i električne energije manji je nego na klasičnoj liniji, a veći je od doradne pilane vođene računalom s predblanjanjem piljenica. Na toj je liniji kontrola broja izrađenih komada mnogo bolja nego u klasičnoj doradnoj pilani.

Računalom vođena tehnologija izrade drvnih elemenata podužno-poprečnim načinom piljenja s predblanjanjem piljenica rezultira najboljom produktivnošću i troši najmanje električne energije po jedinici proizvoda te ima najbolju kontrolu izrađenog broja komada i najbolju iskorištenje piljenica jer se kvaliteta određuje uz pomoć skenera za drvo. Nedostatak te tehnologije jest visoka početna investicija koja je gotovo sedam puta veća nego za prethodnu tehnologiju. Dobi-

veni su zaključci potvrdili citirane spoznaje do kojih je u svom istraživanju došao Butković (1998.).

5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. Brežnjak, M., 1997: Pilanska tehnologija drva, I. dio, str: 18. (udžbenik). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
2. Babunović, K., 1999: Optimizacija krojenja piljenica kompjutorskom metodom. *Drvena industrija*, 41 (11/12): 205-208.
3. Babunović, K., 1992: Kvantitativno iskorištenje kao kriterij za kompjutorsko određivanje načina krojenja piljenica u elemente. *Drvena industrija*, 43 (4): 136-144.
4. Butković, J., 1998: Troškovi izrade drvnih elemenata u tri različite decimirnice. *Drvena industrija*, 49 (2): 81-88.
5. Šoškić, B.; Popadić, R., 2003: Izbor tehnoloških postupaka pri namenskoj pilanskoj preradi drveta. *Prerada drveta*, (2): 11-19.

Corresponding address:

JOSIP FALETAR, dipl. ing.

Spačva d.d.
Duga ulica 181
32100 Vinkovci, CROATIA
e-mail: jfaletar@inet.hr