

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Matevž PUŠ

**TEHNOLOŠKA POSODOBITEV MANJŠEGA
ŽAGARSKEGA OBRATA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Matevž PUŠ

**TEHNOLOŠKA POSODOBITEV MANJŠEGA ŽAGARSKEGA
OBRATA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

TEHNOLOGICAL MODERNIZATION OF SMALLER SAWMILL

GRADUATION THESIS

Professional Study Programmes

Ljubljana, 2015

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v delovni skupini za mehanske obdelovalne tehnologije ter v podjetju Žaga-Zora d.o.o., v Črnomlju.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomskega dela imenoval doc. dr. Dominiko Gornik Bučar za somentorja viš. pred. mag. Bogdana Šega in za recenzenta doc. dr. Mirana Merharja.

Mentorica: doc. dr. Dominika Gornik Bučar

Somentor: viš. pred. mag. Bogdan Šega

Recenzent: doc. dr. Miran Merhar

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Matevž Puš

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*822.34
KG	polnojarmenik/tračni žagalni stroj/krožni žagalni stroj/kapaciteta/iglavci
AV	PUŠ, Matevž
SA	GORNIK BUČAR, Dominika (mentorica)/ŠEGA, Bogdan (somentor)/ MERHAR, Miran (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2015
IN	Tehnološka posodobitev manjšega žagarskega obrata
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 46 str., 22 pregl., 5 sl., 10 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V podjetju Žaga-Zora d.o.o. se ukvarjajo z razžagovanjem iglavcev za različne naročnike žaganega lesa. Tudi mere žagarskih asortimentov so različne in so določene z naročilom. Analizirali smo konkretno naročilo s stališča količinskega izkoristka in s stališča zmogljivosti tehnologije. Ugotovili smo, da optimalni izkoristek naročila lahko dosežemo le z ustreznim izborom hlodovine. Najvišji izkoristek naročila je znašal 54,0 %. Kot primarna stroja se uporabljata polnojarmenik in tračni žagalni stroj. Analiza zmogljivosti obstoječe tehnologije je pokazala, da lahko naročilo 520 tramov (dimenzij 120 mm x 140 mm x 4000 mm) izdelamo na polnojarmeniku v 5,43 urah, na tračnem žagalnem stroju pa v 8,35 urah. Če bi v obstoječo tehnologijo vključili nov večlistni krožni žagalni stroj, bi lahko naročeno količino tramov izdelali s kombinacijo polnojarmenika in večlistnega krožnega žagalnega stroja v 4,41 urah, s kombinacijo tračnega žagalnega stroja in večlistnega krožnega žagalnega stroja pa v 4,58 urah. Ugotovili smo, da bi se čas izdelave naročila z uvedbo novega stroja zmanjšal.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND	Vs
DC	UDC 630*822.34
CX	frame saw/ band saw/circular sawing machine/capacity/conifers
AU	PUŠ, Matevž
AA	GORNIK BUČAR, Dominika (supervisor)/ŠEGA, Bogdan (co-advisor)/ MERHAR, Miran (reviewer)
PP	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY	2015
TY	Technological modernisation of a smaller sawmill
DT	Graduation Thesis (Professional Study Programmes)
NO	IX, 46 p., 22 tab., 5 fig., 10 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	In Žaga-Zora Company the core business is producing of conifer sawn timber for different clients. Sawn timber comes in a variety of specific dimensions and shapes in accordance with the customer's order. We analyzed an actual order from the standpoint of quantitative efficiency and technology performance. We have found that optimal raw material for certain order has to be chosen to reach optimal cutting efficiency. The highest cutting efficiency per order was 54.0%. The company is equipped with a primary machine, a frame saw and also a band saw. Research of the capacity of existing technology shows that the order for 520 wooden beams (dimensions 120 mm x 140 mm x 4000 mm) can be performed in 5.43 hours on a frame saw while in 8.35 hours and on a band saw. If a new multiple-blade circular saw would be included into our technology the same quantity of wooden beams could be made in 4.41 hours with a frame saw and multiple-blade circular saw, while in 4.58 hours with a band saw and multiple-blade circular saw. The research shows that the time to realize an order would be decreased.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD	1
1.1 CILJI NALOGE	2
2 SPLOŠNI DEL	3
2.1 MERJENJE IN RAZVRŠČANJE HLODOVINE	3
2.1.1 Merjenje premera in dolžine hloda	3
2.1.2 Izračun volumna hloda	3
2.2 MERJENJE IN RAZVRŠČANJE ŽAGANEGA LESA	5
2.2.1 Merjenje dolžine žaganega lesa	5
2.2.2 Merjenje širine žaganega lesa	5
2.2.3 Merjenje debeline žaganega lesa	5
2.2.4 Dovoljena odstopanja mer žaganega lesa	5
2.2.5 Razvrstitev žaganega lesa	6
2.3 PRIMARNI ŽAGALNI STROJI	7
2.3.1 Polnojarmenik	7
2.3.1.1 Razžagovanje iglavcev na polnojarmeniku	8
2.3.3 Hlodovni tračni žagalni stroj	8
2.3.4 Krožni žagalni stroji	9
3 MATERIALI IN METODE	11
3.1 MATERIALI	11

3.1.1 Hlodovina	11
3.1.2 Izdelki	11
3.1.2.1 Ciljni assortimenti	11
3.2 METODE	12
3.2.1 Način razžagovanja hloda	12
3.2.2 Izračun materialne bilance razžagovanja hloda	12
3.2.3 Karakteristike dobavljene surovine, strojev in obrata	13
3.2.3.1 Karakteristike obstoječega polnojarmenika	14
3.2.3.2 Karakteristike obstoječega tračnega žagalnega stroja (TŽS)	15
3.2.3.3 Karakteristike obstoječega krožnega žagalnega stroja	15
3.2.4 Izračun kapacitet osnovnih žagarskih strojev	16
3.2.5 Izračun časa potrebnega za izdelavo naročila	18
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	19
4.1 IZKORISTKI NAROČILA	19
4.2 KAPACITETA POLNOJARMENIKA	23
4.3 KAPACITETA TRAČNEGA ŽAGALNEGA STROJA (TŽS)	27
4.4 PODVAJANJE PRIZEM	36
4.5 UVEDBA NOVEGA STROJA	37
4.5.1 Karakteristike večlistnega krožnega žagalnega stroja (VKŽS)	38
4.5.2 Izračun razžagovanja prizem na VKŽS	39
5 SKLEPI	44
6 POVZETEK	45
7 VIRI	46

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Seštevek višin prizem in vmesnih žagov za 1, 2 ali 3 prizme	19
Preglednica 2: Seštevek širin tramov in vmesnih žagov za 1, 2, 3 ali 4 trame	19
Preglednica 3: Izkoristki naročila iz določenih premerov hloda (višina prizme 123 mm)	20
Preglednica 4: Izkoristki naročila iz določenih premerov hloda (višina prizme 144 mm)	20
Preglednica 5: Potrebna količina hlodov za dano naročilo	21
Preglednica 6: Materialna bilanca razžagovanja hlodov	23
Preglednica 7: Časi in vzroki mirovanja polnojarmenika	23
Preglednica 8: Število izdelanih prizem na izmeno	24
Preglednica 9: Število izmen za izdelavo naročila na polnojarmeniku	26
Preglednica 10: Časi in vzroki mirovanja tračnega žagalnega stroja	28
Preglednica 11: Časi pomožnih operacij in njihovo trajanje	29
Preglednica 12: Izračun števila delovnih ur za izdelavo tramov na TŽS	32
Preglednica 13: Izračun števila delovnih ur za izdelavo tramov na TŽS z izdelavo stranskih desk	32
Preglednica 14: Izračun števila delovnih ur za izdelavo prizem na TŽS	35
Preglednica 15: Izračun števila delovnih ur za izdelavo prizem na TŽS z izdelavo stranskih desk	35
Preglednica 16: Čas izdelave naročila pri podvajanju prizem	36
Preglednica 17: Čas razžagovanja hloda na TŽS z razžagovanjem posameznih prizem	37
Preglednica 18: Razžagovanje po eno prizmo na polnojarmenik in TŽS	37
Preglednica 19: Primerjava časa izdelave tramov med polnojarmenikom in TŽS	39
Preglednica 20: Razrez tramov na VKŽS iz prizem nažaganih na polnojarmeniku	40
Preglednica 21: Razrez tramov na VKŽS iz prizem nažaganih na TŽS	41
Preglednica 22: Primerjava časov izdelav na vseh strojih	42

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Grafični prikaz potrebne količine hlodov, glede na potrebne vršne premere	22
Slika 2: Grafični prikaz potrebnega števila izmen glede na začetne vršne premere hlodov	27
Slika 3: Grafični prikaz števila delovnih ur za izdelavo tramov na TŽS	33
Slika 4: Grafični prikaz števila delovnih ur za izdelavo prizem na TŽS	34
Slika 5: Grafični prikaz časa izdelave naročila na vseh strojih	43

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

HT - mednarodna oznaka za toplotno obdelavo lesa

VKŽS - večlistni krožni žagalni stroj

TNCS - točka nasičenja celičnih sten

TŽS - tračni žagalni stroj

1 UVOD

Slovenijo je pozimi leta 2014 prizadel hud žledolom. V nekaterih delih države je poškodovanih več kot polovica gozdov. Največji del poškodovanih dreves predstavljata bukovina in smrekovina. Poškodovane gozdove je potrebno čimprej sanirati, predvsem les smreke, da bi tako preprečili razmnožitev smrekovega lubadarja v kar največji meri. Po sanaciji gozdov pa je les potrebno čimprej razžagati, oziroma predelati v kakšne druge uporabne surovine.

Od začetka finančne krize leta 2008 je ogromno slovenskih podjetij, ki se je ukvarjalo s predelavo in obdelavo lesa, propadlo ali zmanjšalo obseg svoje proizvodnje, kar je povzročilo velik izvoz kakovostne slovenske hlodovine v tuje države, ker sami nismo več sposobni predelave lesa. Tako kupujemo lesene izdelke iz uvoza, čeprav je velika verjetnost, da je narejen iz slovenskega lesa.

Bukovino boljše kakovosti bi lahko uporabili za furnir, pohištvo oziroma izdelke z večjo dodano vrednostjo, les nekoliko slabše kakovosti pa lahko prav tako lahko predelamo, saj je povpraševanje po npr. ploščah iz rdečega srca bukve veliko. Les iglavcev, najpogosteje je to smrekovina, uporabljamo za ostrešja, pohištvo, izdelavo lepljenega lesa, manj kakovosten les pa za lesno embalažo. Uporaba lesnih sekancev in peletov se zaradi povečevanja cen fosilnih goriv povečuje in tudi tukaj je možnost izrabe ogromnih količin manj kakovostnega lesa.

Za razžaganje hlodovine imamo različne primarne žagalne stroje, kot so polnojarmenik, hlodovni tračni žagalni stroj, hlodovni krožni žagalni stroj in profilirno iverilne stroje. Z njimi hlode razžagujemo v deske, plohe, prizme ter razne druge asortimente. Največji izkoristek pri žaganju dobimo takrat, kadar za potreben asortiment uporabimo hlode najmanjšega možnega vršnega premera. Čase razžaganja določenih asortimentov pa izračunamo s pomočjo danih karakteristik uporabljenih strojev.

V podjetju Žaga-Zora, ki je manjši žagarski obrat s povprečno letno kapaciteto 15000 m³ razžagane hlodovine, žagamo predvsem les iglavcev. Večji del tega žaganega lesa, se

termično obdela v skladu z zahtevami mednarodnega standarda ISPM 15 in proda v tujino, kjer se uporabi kot embalažni material. Bolj kakovosten les razžagamo v konstrukcijski les za ostrejša ali pa v deske za izdelavo masivnih dolžinsko in širinsko lepljenih plošč.

Zaradi sanacije gozdov imajo trenutno žagarski obrati možnost odkupa velikih količin hlodovine. Poškodovana hlodovina je še vedno primerna za razžaganje v lesne asortimente, vendar pa je v veliki večini napadena z raznimi škodljivci, zato je potrebno to hlodovino čimprej razžagati.

Povpraševanje po termično obdelanem lesu je veliko, roki dobave žaganega lesa pa so vedno krajši. Zato smo se odločili, da pretehtamo možnosti nabave stroja, ki bi povečal kapaciteto proizvodnje žaganega lesa.

1.1 CILJI NALOGE

Na podlagi natančne analize trenutnega stanja želimo podati predlog za povečanje kapacitete manjšega žagarskega obrata. Na primeru izdelave naročila tramov žagarskih mer 123 mm x 144 mm in dolžine 4 m, bomo skušali ugotoviti ustreznost uporabe določenega primarnega stroja glede na kapaciteto stroja in čas izdelave.

Primerjali bomo čas izdelave naročila na dveh osnovnih strojih in sicer na polnojarmeniku in tračnem žagalnem stroju. Ugotoviti želimo, ali je za izvedbo naročila bolj primeren polnojarmenik ali tračni žagalni stroj. Ugotoviti tudi želimo ali lahko naročilo izvedemo hitreje, če pri razžaganju s tračnim žagalnim strojem uporabimo surovino večjih premerov.

Preučili bomo tudi možnost povečanja kapacitete obrata z vključitvijo novega stroja v obstoječo tehnologijo.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 MERJENJE IN RAZVRŠČANJE HLODOVINE

2.1.1 Merjenje premera in dolžine hloda

Premer hloda merimo brez lubja. Običajno merimo srednji premer hloda (to je premer na sredini dolžine), lahko pa tudi vršni premer. Srednji premer običajno merimo s premerko, vršnega pa lahko tudi z merilno letvijo. Premer merimo najmanj na en centimeter natančno in ga vedno zaokrožimo navzdol na cele centimetre. Če je premer hloda manjši od 20 centimetrov, ga merimo enkratno (premerko postavimo tako, da izmerimo povprečen premer; če je hlod ovalen opravimo dve meritvi, pravokotno druga na drugo). Pri hlokih, debelejših od 20 centimetrov, premer merimo dvakratno in izračunamo povprečni premer (vsako posamezno meritev zaokrožimo na cele centimetre navzdol), nato izračunamo povprečje in še tega zaokrožimo navzdol na cele centimetre. Če je na mestu kjer merimo premer izrazita napaka v obliki hloda, se odmaknemo od tega mesta navzgor in navzdol za enako razdaljo, izmerimo premera in izračunamo povprečni premer. Kadar merimo vršni premer, moramo oceniti tudi koničnost hloda, da lahko izračunamo njegov srednji premer (volumen hloda namreč računamo na podlagi srednjega premera) (Šega, 2003).

2.1.2 Izračun volumna hloda

Volumen hloda lahko izračunamo z uporabo enačbe (1):

$$V = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times l \times 10^{-4} \quad \dots(1)$$

Kjer je :

- V = volumen hloda v m^3 ,
- d = srednji premer hloda v cm,
- l = dolžina hloda v m.

Volumen podajamo v kubičnih metrih na dve ali tri decimalna mesta natančno, premer merimo na sredini dolžine hloda brez lubja in pri dolžini podajamo najkrajšo razdaljo med čeloma. (π mora biti zaokrožen na štiri decimalna mesta).

Merjenje opravljamo po standardu SIST EN 1309-2 Okrogli in žagani les. Metode merjenja - 2. del: Okrogli les – Zahteve za merjenje dimenzij in pravila računanja volumna.

Če ima hlod na določenem mestu zožitev, ga teoretično delimo na dva dela in za vsak del posebej izračunamo volumen, nato pa volumna seštejemo. Enako ravnamo, če je v istem hlotu več različnih kvalitete. Vsak del iste kvalitete merimo posebej in izračunamo njihov volumen. Vendar pa moramo vsak del kvalitete posebej opredeliti, tako njegovo dolžino kakor tudi udeležbo volumna. To je posebej pomembno pri dolžinski hlotovini, ki ima le-ta navadno v istem kosu več kvalitete in celo različne sortimente npr. vršnji del je uporaben le za celulozo, v spodnjem delu pa so žagarski hlodi. Če merimo vršni primer, računamo volumen hloda po posebnih tablicah, vendar pa so le-te omejene na določene premere in dolžine (Gornik Bučar in Merzelj, 1998).

Hlotovina se razvršča po kakovostnih razredih na podlagi dimenzij in kvarnih vplivov napak. Ti kakovostni razredi so:

- A1 - IGLAVCI – Hlodi za resonančni les,
- A2 - IGLAVCI – Hlodi za proizvodnjo furnirja,
- B - IGLAVCI – Hlodi za proizvodnjo žaganega lesa prve kakovosti,
- C - IGLAVCI – Hlodi za proizvodnjo žaganega lesa druge kakovosti,
- D1- IGLAVCI – Hlodi za proizvodnjo žaganega lesa tretje kakovosti,
- D2 - IGLAVCI – Hlodi za proizvodnjo žaganega lesa za embalažo,
- D3- IGLAVCI – Hlodi z izrazito zverženostjo lesnih vlaken za proizvodnjo žaganega lesa za embalažo (Uradni list RS, stran 10138, št. 79/2011 z dne 7.10.2011).

2.2 MERJENJE IN RAZVRŠČANJE ŽAGANEGA LESA

2.2.1 Merjenje dolžine žaganega lesa

Merimo dolžino največjega možnega pravokotnika, ki ga lahko vrišemo na kos žaganega lesa. Dolžino merimo vsaj na 5 mm natančno, podajamo pa jo v metrih na dve decimalni mesti natančno, pri čemer zaokrožujemo na cele cm navzdol (Šega, 2003).

2.2.2 Merjenje širine žaganega lesa

Širino robljenega lesa merimo vsaj na 1 mm natančno in sicer pravokotno na vzdolžno os kosa lesa na najmanj treh mestih. Mesta, na katerih merimo, morajo biti čista in brez napak. Dve meritvi opravimo blizu obeh čel (vendar pa morata biti od čel oddaljeni vsaj 150 mm), ostale pa naključno med mestoma obeh meritev. Podajamo samo najmanjšo izmerjeno širino v centimetrih na eno decimalno mesto natančno. Navesti moramo tudi vlažnost lesa, pri kateri smo opravili meritve (Šega, 2003).

2.2.3 Merjenje debeline žaganega lesa

Debelino robljenega žaganega lesa merimo pravokotno na ploskev na vsaj 0,1 mm natančno. Merimo podobno kot širino na najmanj treh mestih. Podajamo samo najmanjšo izmerjeno debelino v milimetrih na eno decimalno mesto natančno. Navesti moramo tudi vlažnost lesa (Šega, 2003).

2.2.4 Dovoljena odstopanja mer žaganega lesa

Vse dimenzije žaganega lesa so veljavne pri referenčni 20 odstotni vlažnosti lesa. Ker običajno razžagujemo hlodovino, ki ima ravnovesno vlažnost višjo od točke nasičenja celičnih sten, dimenzije žaganega lesa pa podajamo pri 20 odstotni vlažnosti, moramo debelino in širino desk ustrezno zmanjšati. V standardih za razvrščanje je navedeno grobo

2.3 PRIMARNI ŽAGALNI STROJI

2.3.1 Polnojarmenik

Polnojarmenik je osnovni žagarski stroj, ki ga uporabljamo za razžagovanje hlodov v žaganice. Pri polnojarmeniku je žagalno orodje (žagini listi) vpeto v jarem, ki ga ročni mehanizem premika gor in dol in pri tem opravlja rezalni gib orodja. Žagin list odžaguje pri gibu navzdol. Polnojarmenik je tipičen stroj z nekontinuiranim delovanjem prav zaradi značilnosti, ki izhajajo iz kinematike ročičnega mehanizma.

Podajalni mehanizem s podajalnimi valji zagotavlja pomik hloda skozi stroj in določa podajalno gibanje. Izvedbe podajalnih mehanizmov so različne. Za nastavitev hloda v pravilno lego za razžagovanje in vodenje hloda skozi stroj služita jarmeniški voziček s prijemali in pomožni voziček. Skozi jarem ga vodijo tudi podajalni valji. Na izhodu iz stroja je nameščeno vodilo prizme.

Velikost polnojarmenika se definira s svetlo širino jarma, ki določa prepustni premer hloda. Vrtilne hitrosti pogonske gredi ročičnega mehanizma se gibljejo v mejah od 200 do 380 obratov na minuto. Delovni gib jarma se giblje od 320 do 700 mm. Ta dva parametra v veliki meri določata kapaciteto stroja.

Vrste polnojarmenikov se ločijo glede na podajanje:

- enakomerno kontinuirano podajanje,
- prekinjeno podajanje,
- prekinjeno podajanje brez prehitevanja,
- prekinjeno podajanje s prehitevanjem,
- kontinuirano podajanje s korekcijo kinematike v spodnjem položaju jarma (Medič, 2001).

2.3.1.1 Razžaganje iglavcev na polnojarmeniku

Hlodovina iglavcev je pravilnejših oblik in jo teoretično lahko obravnavamo kot valj ali prisekan stožec, in jo najpogosteje razžagujemo v enkratnem prehodu ali jo prizmiramo. Hlod razžagamo v prizme, radialne, polradialne in tangencialne deske. Pri enkratnem prehodu skozi polnojarmenik dobimo nerobljene asortimente, ki so po debelini vnaprej določeni z razporeditvijo žaginih listov v jarmu polnojarmenika.

Pri prizmiranju na polnojarmeniku razžagujemo hlod v dveh prehodih. V prvem prehodu hlod obžagamo, da dobimo prizmo ali več prizem ustreznih višin. Pri drugem prehodu razžagujemo prizmo ali več prizem v končne asortimente, ki so vsi enakih širin. Prizmiranje uporabljamo, ko potrebujemo centralne asortimente enakih širin in ko razžagujemo trame, pri čemer naredimo pri prvem prehodu eno dimenzijo pri drugem pa drugo dimenzijo trama. Pri žaganju hloda ali prizme izdelamo tudi stranske deske in/ali krajnike.

2.3.3 Hlodovni tračni žagalni stroj

Princip tračnega žagalnega stroja je znan že skoraj dvesto let. Uporablja se za razžaganje hlodovine, torej za primarno razžaganje, pa tudi za razžaganje v finalni proizvodnji. Rez je v principu premočrten in z določenimi omejitvami tudi krivočrten. Žagin list je lahko postavljen vertikalno, horizontalno ali pod kotom. Izvedbe strojev so tako različne in jih lahko razdelimo glede na vrsto naloge, ki jo opravljajo, glede na položaj žaginega lista ali na vrsto razžaganja.

Glede na vrsto naloge poznamo:

- težki tračni žagalni stroj za razrez hlodovine,
- srednji tračni žagalni stroj za razrez masivnega lesa in plošč,
- lahki tračni žagalni stroj za mizarstvo.

Glede na položaj žaginega lista:

- vertikalni tračni žagalni stroj,
- horizontalni tračni žagalni stroj,
- poševni/nagnjeni tračni žagalni stroj.

Glede na vrsto razžagovanja:

- tračni žagalni stroj za raven rez,
- tračni žagalni stroj za krivočrten rez.

Tračni žagin list je narejen v obliki brezkončnega enostransko ozobljenega spojenega jeklenega traku. Žagin list je napet med napenjalnim in pogonskim kolutom. Gnan je praviloma spodnji kolut, zgornji pa služi za napenjanje. Vrtilna hitrost obeh kolutov je tako velika, da je hitrost žaginega lista okoli 30 m/s.

Podajalno gibanje določa gibanje vozička na vzdolžnih tirničnih vodilih. Hitrost podajanja je od 5 do 60 m/min. Ker ima žagin list pri strojih za primaren rez žagine zobe ponavadi samo na enem robu, pri povratnem hodu ni odrezovanja. Pri povratnem hodu se prijemala nekoliko umaknejo, da površina lesa ne drgne ob žagin list. Prečni pomik prijemal med dvema zaporednima prehodoma vozička določa debelino odreza (Medič, 2001).

2.3.4 Krožni žagalni stroji

V primarni proizvodnji se krožni žagalni stroji uporabljajo za razžagovanje hlodov, prizem ali plovov. Stroji za razžagovanje so lahko enoosni ali dvoosni, od tega je odvisna maksimalna višina razžagovanja asortimentov. Krožni žagalni stroji imajo lahko tudi pomične krožne žagalne liste, kjer lahko prilagajamo širine reza glede na širino obdelovanca. Krožni žagalni stroji ponujajo velike rezalne hitrosti in imajo stabilno orodje. Krožni žagalni stroji so uporabniku prijazni, zelo prilagodljivi, zanesljivi in zelo vzdržljivi. Krožni žagalni stroji so visoko produktivni stroji za razžagovanje plovov in prizem v končne asortimente kot so letve, trami in plohi ter deske enakih širin. Največkrat imajo brezstopenjsko nastavitev podajalne hitrosti, ki je lahko tudi do 100 m/min. Uporabljajo se največkrat v kombinaciji z primarnimi stroji kot so polnojarmenik, tračni žagalni stroj ali profilirno iverilni stroji. Poznamo tudi krožne žagalne stroje, ki se uporabljajo za primarni

razrez hlodovine, vendar le za manjše premere hlodov, saj bi za razžaganje večjih premerov hlodov potrebovali velik premer krožnih žagalnih listov, ki bi imeli tudi veliko širino reza in s tem več ostankov v obliki žagovine.

Na dvoosnih krožnih žagalnih strojih, če niso posebej prilagojeni, razžagujemo obdelovance daljše od 0,7 m in višine odvisne od premera žaginskih listov. Ta stroj ima dve gredi, ki sta zamaknjeni in stroj žaga obdelovanec iz spodnje in zgornje strani. Premer krožnih žaginskih listov je odvisen od višine žaganja in sicer od 250 mm do 560 mm. Moči motorjev so različne, od 30 do 200 kW in so odvisne od števila žaginskih listov in višine razžaganja.

Stroj ima lahko fiksne ali nastavljive krožne žagine liste. Nastavljivi žaginski listi se lahko za vsak obdelovanec posebej nastavijo z nastavitvenim cilindrom. Pri izvedbi stroja z fiksnimi krožnimi žaginskimi listi se liste nastavi na vnaprej zelene razmake z distančniki na posebno pušo, ki se jo nato kompletno z žaginskimi listi namesti na glavno gred stroja (Forma d.o.o., 2005).

3 MATERIALI IN METODE

Praktični del naloge je bil izdelan v podjetju Žaga-Zora. V podjetju sta osnovna žagarska stroja polnojarmenik in tračni žagalni stroj, na katerih smo opravili vse meritve.

3.1 MATERIALI

3.1.1 Hlodovina

V raziskavi je bil uporabljen les smreke in jelke, ki se tudi sicer največkrat uporablja za ostrejšja. V podjetju Zora, kjer je bila raziskava delana, tudi sicer razžagujemo predvsem les smreke in jelke. Razžagujemo tudi borovino, vendar le če to kupcu ustreza, saj je bolj krhka in ni primeren za vse izdelke. Uporabljamo les C, D1 ter D2 kakovostnega razreda. Dobavljena hlodovina je dolžine od 3 m do 12 m, nato pa jo sami krojimo glede na zahteve izdelka.

3.1.2 Izdelki

V podjetju pri razžagovanju na polnojarmenik ali TŽS dobimo različne sortimente. Hlodi se razžagujejo v asortimente različnih mer, ki so odvisne od naročila kupca. Deske, tako robljene kot ne robljene, so stranski produkti, debelin 17 mm in 23 mm, ki se prodajo stalnim odjemalcem.

3.1.2.1 Ciljni asortimenti

Hipotetično naročilo predstavlja 520 tramov dimenzij višine 120 mm in širine 140 mm ter dolžine 4 m, kar pomeni 34,944 m³ žaganega lesa. Upoštevali smo nadmere in določili žagarske mere asortimentov, katerih dimenzije so višina 123 mm in širina 144 mm ter dolžina 4 m. Zahtevana kvaliteta tramov je ostrorobnost, brez trohnobe, brez rogov insektov ali ličink in brez modrivosti.

3.2 METODE

Analizirali smo zahteve naročila in izračunali izkoristke, če ga izdelamo iz hlodov srednjih premerov od 220 mm do 700 mm z razžagovanjem na polnojarmenik in TŽS. Določili smo hipotetično najoptimalnejše debelinske razrede za dano naročilo. Z meritvami in izračuni smo določili kapaciteto polnojarmenika in TŽS. Za različne debelinske razrede hlodovine smo izračunali, koliko prizem bomo žagali iz povprečnega hloda in količino končnih in stranskih asortimentov.

Z izračuni smo ugotovili, kakšna bi bila razlika v času izdelave naročila in izkoristku naročila, če razžagujemo z obstoječo tehnologijo in če v proizvodnjo vključimo tudi enosni večlistni krožni žagalni stroj (VKŽS), na katerem razžagamo prizme.

3.2.1 Način razžagovanja hloda

Hlodovino smo prizmirali. Glede na izračunani potrebni vršni premer hloda smo hlod razžagovali v eno, dve ali tri prizme. Prizme smo nato razžagali v trame, število le teh pa je določeno s širino razžagane prizme.

3.2.2 Izračun materialne bilance razžagovanja hloda

Uporabili smo način razžagovanja s prizmiranjem, kjer smo na polnojarmeniku ali TŽS v prvem prehodu izdelali prizme, v drugem pa prizme razžagali v končne izdelke. Glede na debelinske razrede smo razžagali hlod v eno, dve ali tri prizme. Preostanek hlodov smo razžagali v deske debeline 25 mm. Širina reže znaša 4,1 mm. Za vsak debelinski razred hlodov smo izdelali sliko razžagovanja in izdelali materialno bilanco ter izračunali količinske izkoristke za izbran način razžagovanja.

Za izračun bilance razžagovanja hloda smo morali narisati načrt razžagovanja hloda. Iz načrta razžagovanja smo nato dobili rezultate, ki smo jih vstavili v preglednico. V preglednici št. 6 vidimo število tramov razžaganih iz hloda določenega srednjega premera. Iz načrta razžagovanja smo ugotovili tudi količino stranskih produktov razžagovanja, kot so ostrorobne deske, žagovina in ostanki (žamanje in krajniki) in volumen nadmer.

3.2.3 Karakteristike dobavljene surovine, strojev in obrata

V podjetje hlodovino dobavljajo posredniki. Ta hlodovina se po prevzemu sortira na hloidišču. Pri prevzemu se hlodovina vizualno pregleda, ugotovi dejansko kakovost in količino ter stanje na dobavnici lesa. Če se opazijo napake v količini ali kakovostnem razredu, se le te popravijo na dobavnici lesa. Količino hlodovine merijo pred razžagovanjem, na prejemu v žagalnico. Odkupujejo hlodovino iglavcev, predvsem uporabljajo les smreke in jelke. Uporabljajo les C in D1 kakovostnega razreda, pa tudi les smreke poškodovan od lubadarja razreda D2. Za sosednje podjetje razžagujemo tudi hlodovino bukve in javorja v vnaprej določene žagarske mere.

Hlodovina iglavcev se sortira po dolžinah v metrske razrede od 3 m do 10 m.

Hlod najprej z viličarjem transportirajo na lupilno linijo, kjer se les olupí, s čemer se odstrani lubje in umazanija. Umazanija na hlokih vsebuje tudi pesek, ki lahko poškoduje zob žaginega lista in tako je potrebno novo varjenje zoba. Pri razžagovanju olupljenih hlokov se žagini listi manj obrabljajo, zato je potrebno manj menjav in brušenj žaginskih listov. S tem so tudi krajši časi zastojev pri razžagovanju.

O olupljen hlokov se odpelje na transporter TŽS ali polnojarmenika. Ko se hlokov razžaga, se ločijo prizme ali končni produkti na izmetni transporter, ostali stranski produkti pa se transportirajo naprej po liniji na čeljenje in robljenje.

Prizme se sortirajo ali pa vrnejo na transporter za nadaljnje razžagovanje. Končni produkti oz. centralni asortimenti se zlagajo v ustrezne zložaje. Stranski asortimenti se najprej čelijo na ustrezne dolžine, nato pa se robijo na dvostranskem robilnem stroju. Robljene deske se iz končnega transporterja zlagajo v zložaje določene velikosti. Ostanke, kot so krajniki in odčelki se transportirajo v posebne zaboje ali zložaje ter uporabijo za sekance.

V podjetju Žaga-Zora d.o.o. sta dve proizvodni hali, v vsaki pa je svoj primarni žagalni stroj. V prvi je TŽS s progo in vozičkom za hlode. Krajnike izmečemo iz vozička TŽS direktno skozi loputo v prostor, kjer se zvežejo in odpeljejo z viličarjem. Asortimenti se iz valjčne proge bočno izvržejo na prečni transporter na sortirni trak. Tam delavec sortira

asortimente po boksih. Kriterij sortiranja je prečni presek: deske, plohi ali prizme. Iz zadnjega boksa se lahko assortimenti direktno razžagujejo na obstoječem večlistnem krožnem žagalnem stroju. Deske, ki so namenjene za robljenje se zlagajo, ali pa jih z viličarjem transportirajo v drugo proizvodno halo, kjer je čelilnik in robilnik.

V drugi hali je polnojarmenik, ki ima na koncu valjčno progo in bočni izmet za prizme ali končne assortimente. Deske ali plohi namenjeni za robljenje potujejo po progi naprej do čelilnika. Delavec na čelilniku upravlja tudi z valjčnim sortirnim transporterjem, ki ima štiri pozicije izmeta. Večino desk se robi na manjšem VKŽS, ki je namenjen za žaganje desk ali plohov na assortimente enakih širin. Hkrati se izločijo krajniki ter že robljene deske, ki se nato letvičijo. Nerobljene deske se transportirajo do robilnika. Kadar se žaga hlodovino daljšo od petih metrov, prežagujejo deske med razrezom pri izhodu iz polnojarmenika na ustrezno dolžino.

Zunanja manipulacija se opravlja z viličarji in kolesnim bagrom s kleščami za hlodovino. Proizvodni obrat ima tudi sušilnico za les, ki je namenjena za sušenje žaganega lesa kot tudi termični obdelavi lesa. Le to se izvaja odvisno od zahtev kupcev.

3.2.3.1 Karakteristike obstoječega polnojarmenika

V podjetju del hlodovine razžagujejo na polnojarmeniku ESTERER HDN 600.

Polnojarmenik ima naslednje karakteristike:

- | | |
|---|-------------|
| – širina jarma | 730 mm, |
| – delovni gib jarma | 730 mm, |
| – največja širina med zunanjsima žaginima listoma | 600 mm, |
| – največja dolžina razžagovanja | do 10 m, |
| – vrtilna hitrost polnojarmenika | 320/min, |
| – podajalna hitrost | do 4 m/min, |
| – moč motorja | 110 kW |
- (lasten vir).

Glavni in pomožni voziček sta gnana elektrohidravlično, vse pa je krmiljeno iz kabine, ki prav tako stoji na tirnicah in se jo pomika glede na dolžino hlodov.

3.2.3.2 Karakteristike obstoječega tračnega žagalnega stroja (TŽS)

Del hlodovine se razžaguje na tračnem žagalnem stroju LBL BRENTA CD 1600.

Tračni žagalni stroj ima naslednje karakteristike:

- premer napenjalnega in pogonskega koluta 1600 mm,
 - podajalna hitrost do 20 m/min,
 - največja dolžina razžagovanja do 8 m,
 - moč motorja 65 kW,
 - dolžina vozička 5000 mm
- (lasten vir).

TŽS ima vse operacije dvigovanja, obračanja in pritrjevanja hloda na voziček izvedene pnevmatsko. Največja dolžina žaganja je 8 m, čeprav lahko točno razžagujemo le do dolžine 6 m. Pri daljših hlodih se pojavi zvijanje razrezanega hloda. Hlod zaradi prekratkega vozička ni vpet po celotni dolžini in zato se pojavi odstopanje pri končnih merah asortimentov.

3.2.3.3 Karakteristike obstoječega krožnega žagalnega stroja

Trenutno se za razrez desk, plohov in prizem uporablja manjši krožni žagalni stroj Kuang Yung MRS 340M z enim pomičnim listom, s katerim razžagujemo asortimente do debeline 100 mm. Na gred VKŽS lahko namestimo več fiksnih žaginskih listov, zadnjega pa lahko po potrebi elektronsko prilagajamo glede na zahtevano širino.

Večlistni krožni žagalni stroj ima naslednje karakteristike:

- premer krožnih žaginih listov	450 mm,
- moč motorja	38 kW,
- podajalna hitrost	5 – 40 m/min,
- maksimalna višina reza	110 mm,
- minimalna dolžina reza	800 mm.

3.2.4 Izračun kapacitet osnovnih žagarskih strojev

Kapaciteto osnovnih žagarskih strojev definira količina razžagane hlodovine v določenem časovnem obdobju. Odvisna je od lastnosti lesa in tehničnih karakteristik strojev. Ena od teh karakteristik je podajalna hitrost stroja, ki je odvisna od vrste lesa, premera hlodov, načina razžagovanja in pri polnojarmeniku števila žaginih listov. Za izračun kapacitet žagarskih strojev potrebujemo tudi koeficient strojnega časa in koeficient izmene.

Kapaciteto polnojarmenika izračunamo z izrazom (2):

$$E = T \times p \times n \times D^2 \times 0,785 \times k_1 \times k_2 \quad (\text{m}^3/\text{izmeno}) \quad \dots(2)$$

Kjer je:

- T = čas trajanja izmene brez izgub (480 min),
- p = pomik na en hod jarma,
- n = vrtilna hitrost na gredi polnojarmenika,
- k_1 = koeficient strojnega časa,
- k_2 = koeficient izmene,
- E = količina razžagane hlodovine na izmeno,
- D = premer hloda (Gornik Bučar in Merzelj, 1998).

Kapaciteta tračnega žagalnega stroja (3) je odvisna od karakteristik stroja, podajalne hitrosti, premera hloda, števila žagov in koeficientov strojnega časa in izmene.

$$E = T x \frac{u}{n_r} x D^2 x 0,785 x k_1 x k_2 \quad (\text{m}^3/\text{izmeno}) \quad \dots(3)$$

Kjer je:

- T = čas trajanja izmene,
- u = podajalna hitrost,
- n_r = število žagov,
- D = premer hloda,
- k_1 = koeficient strojnega časa,
- k_2 = koeficient izmene,
- E = količina razžagane hlodovine na izmeno (Gornik Bučar in Merzelj, 1998).

Kapaciteta večlistnega krožnega žagalnega stroja (4) je odvisna od karakteristik stroja, podajalne hitrosti, števila žagov in koeficientov strojnega časa in izmene.

$$E = T x \frac{u}{n_r x l} x k_1 x k_2 \quad (\text{kos/izmeno}) \quad \dots(4)$$

Kjer je:

- T = čas obratovanja brez izgub,
- u = podajalna hitrost,
- n_r = število žagov,
- l = dolžina prizme,
- k_1 = koeficient strojnega časa,
- k_2 = koeficient izmene,
- E = količina - število razžaganih prizem oz. desk na izmeno (Gornik Bučar in Merzelj, 1998).

3.2.5 Izračun časa potrebnega za izdelavo naročila

Za izračun potrebnega časa za izdelavo naročila (5) potrebujemo količino naročenih tramov in kapaciteto stroja s katerim smo razžagovali hlode. Pri polnojarmeniku in VKŽS za kapaciteto potrebujemo seštevek časov izdelave prizem in izdelave tramov.

$$N_{izmeno} = \frac{E}{V_{hloda}} \times N_{tramov} \quad \dots(5)$$

Kjer je:

- N_{izmeno} = število tramov na izmeno,
- E = kapaciteta posameznega stroja,
- N_{tramov} = število tramov razžaganih iz hloda,
- V_{hloda} = volumen hloda (Gornik Bučar in Merzelj, 1998).

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 IZKORISTKI NAROČILA

Naročeni so trami žagarskih mer debeline 123 mm in širine 144 mm.

Izkoristki naročila so izračunani za tiste debeline hlodov, iz katerih lahko dobimo enega ali več tramov. Določeni izkoristki so hipotetični, saj predpostavljamo, da so vsi hlodi dolžine 4 m, ravni, pravilne oblike in brez izrazitih napak. Upoštevali smo, da se premer hlodov povečuje za 1 cm na 1 m dolžine hloda.

Izračunali smo tudi razlike, če žagamo po eno, dve ali po tri prizme iz hloda. Za izračun izkoristkov in volumna smo uporabili srednji premer hloda. Pri izračunu minimalnega vršnega premera hlodov moramo poleg naročenih tramov žagarskih mer upoštevati tudi debelino žaga, saj lahko le tako zagotovimo, da bodo trami ostrorobni.

Preglednica 1: Seštevek višin prizem in vmesnih žagov za 1, 2 ali 3 prizme

višina prizme (mm)	število prizem	debelina žaga (mm)	število vmesnih žagov	seštevek (mm)
144	1	4,1	0	144,0
144	2	4,1	1	292,1
144	3	4,1	2	440,2

Preglednica 2: Seštevek širin tramov in vmesnih žagov za 1, 2, 3 ali 4 trame

širina trama (mm)	število tramov	debelina žag (mm)	število vmesnih žagov	seštevek (mm)
123	1	4,1	0	123,0
123	2	4,1	1	250,1
123	3	4,1	2	377,2
123	4	4,1	3	504,3

V preglednici 3 smo računali tudi možnost razžagovanja hlodov v prizme višine 123 mm, vendar so izkoristki pri razžagovanju v prizme višine 144 mm boljši. Zato smo pri nalogi v nadaljevanju uporabili samo ustrežnejši način razžagovanja hlodov v prizme višine 144 mm. Iz preglednic 3 in 4 je razvidno, kolikšni so hipotetični izkoristki naročila iz posameznih srednjih premerov hlodov.

Preglednica 3: Izkoristki naročila iz določenih premerov hloda (višina prizme 123 mm)

srednji premer (mm)	št. prizem iz hloda	št. tramov iz prizme	potrebni vršni premer (mm)	V izdelka (m ³)	V hloda (m ³)	izkoristek (%)
210	1	1	189	0,067	0,138	48,8
340	1	2	317	0,134	0,357	37,7
410	2	2	385	0,269	0,514	52,3
530	2	3	506	0,403	0,870	46,3
600	3	3	580	0,605	1,130	53,5
720	3	4	699	0,806	1,623	49,7

V preglednici 3 so prikazani izkoristki razžagovanja iz ene, dveh ali treh prizem višine 123 mm. Ugotovili smo, da je najboljši izkoristek pri razžagovanju hloda v tri prizme, iz vsake prizme pa nato nažagamo tri trame. Srednji premer hloda je v tem primeru 600 mm, izkoristek pa 53,5 %.

Drugi najboljši izkoristek je pri razžagovanju dveh prizem, iz katerih nažagamo dva trama. Tako dobimo iz hloda srednjega premera 410 mm štiri trame, izkoristek razžagovanja pa je 52,3 %. Hipotetično najslabši izkoristek, 37,7 %, smo dobili pri razžagovanju ene prizme iz hloda premera 340 mm. Iz te prizme bi nato dobili dva trama, vendar zaradi velike količine stranskih produktov tako razžagovanje ni racionalno. Pri razžagovanju treh prizem iz hloda in štirih tramov iz prizme je hlood predebel in ga na polnojarmenik ne moremo razžagovati. Smo pa pri omenjenem razžagovanju hloda dobili tretji najboljši izkoristek.

Preglednica 4: Izkoristki naročila iz določenih premerov hloda (višina prizme 144 mm)

srednji premer (mm)	št. prizem iz hloda	št. tramov iz prizme	potrebni vršni premer (mm)	V izdelka (m ³)	V hloda (m ³)	izkoristek (%)
210	1	1	189	0,067	0,138	48,8
310	1	2	289	0,134	0,299	44,9
410	2	2	385	0,269	0,514	52,3
500	2	3	477	0,403	0,776	51,9
600	3	3	580	0,605	1,130	53,5
690	3	4	669	0,806	1,493	54,0

V zgornji preglednici so prikazani izkoristki razžagovanja hloda v eno, dve ali tri prizme višine 144 mm. Ugotovili smo, da je pri prizmi 144 mm, najboljši izkoristek pri razžagovanju hloda v tri prizme, iz katere nato nažagamo štiri trame. Srednji premer hloda

je v tem primeru 690 mm, izkoristek pa 54 %. Hlod tega premera lahko razžagujemo na polnojarmenik, vendar mora biti hlod zaradi karakteristik polnojarmenika raven, saj je svetla širina jarma 730 mm. Drugi najboljši izkoristek ima hlod premera 600 mm, iz katerega nažagamo 9 tramov.

Tretji najboljši izkoristek je pri razžagovanju hloda v dve prizmi, katere razžagamo vsako v dva trama. Tako dobimo iz hloda srednjega premera 410 mm štiri trame, izkoristek razžagovanja pa je 52,3 %.

Najslabši izkoristek smo dobili pri izdelavi ene prizme iz hloda, katero smo nato razžagali v dva trama. Hlod je imel srednji premer 310 mm, izkoristek pa je bil 44,9 %. Izkoristek je pri razžagovanju prizme višine 144 mm vseeno boljši, kot pri razžagovanju prizme višine 123 mm. Pri hlodih iz katerih žagamo prizme kvadratnih oblik so izkoristki najboljši, kar se vidi predvsem pri razžagovanju hlodov v enega, štiri ali devet tramov. Za nadaljnje izračune smo se odločili za razžagovanje hlodov v prizme višine 144 mm, ker daje tako razžagovanje boljše izkoristke.

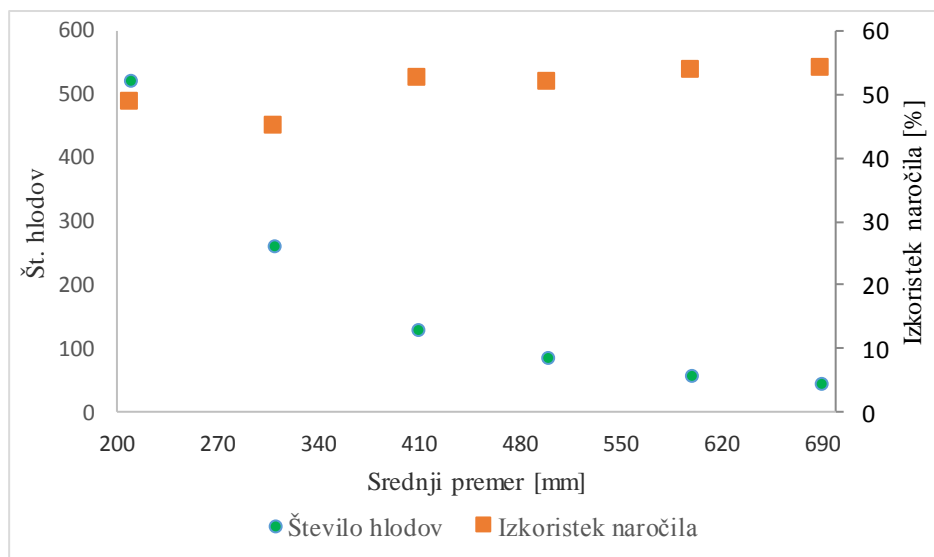
Preglednica 5: Potrebna količina hlodov za dano naročilo

srednji premer (mm)	št. prizem iz hloda	št. tramov iz hloda	izkoristek (%)	število hlodov za naročilo	količina hlodov za naročilo (m ³)
210	1	1	48,8	520	72,280
310	1	2	44,9	260	77,785
410	2	4	52,3	130	66,838
500	2	6	51,9	86,6	67,223
600	3	9	53,5	57,7	65,193
690	3	12	54,0	43,3	64,652

V preglednici 5 je prikazana optimalna surovina za izdelavo naročila pri razžagovanju v prizmo višine 144 mm. Iz preglednice je razvidno, da za dano naročilo potrebujemo največ hlodov v primeru, ko izdelamo po en tram iz hloda. Pri razžagovanju hlodov srednjega premera 690 mm dosežemo najboljši izkoristek in potrebujemo najmanjši skupni volumen hlodov. Manj hlodov porabimo tudi, če razžagujemo hlod v tri prizme in nato iz vsake

prizme po tri trame. Največji volumen hlodov potrebujemo, če razžagujemo hlod v eno prizmo in iz prizme dva trama, vendar je izkoristek za tako razžaganje na polnojarmenik preslab, prav tako imamo preveč stranskih asortimentov v obliki desk. Pri žaganju na TŽS bi lahko prilagajali vrsto stranskih produktov in žagali kaj drugega in manj desk.

V preglednici 5 je prikazana surovina za naročilo, ki ima najboljše izkoristke. Vidimo, da so srednji premeri hlodov različni. Polovica optimalne surovine je debele nad 50 cm. Če na skladišču nimamo dovolj hlodov enake debeline (debelinski razredi po 3 cm), moramo izbrati različne debeline in načine izdelave. Tako lahko del naročila tramov dobimo iz premera 600 mm, del iz premera 410 mm in del iz premera 690 mm. Če bi uporabili te vršne premere, bi imeli dobre izkoristke naročila.



Slika 1: Grafični prikaz potrebnega števila hlodov in izkoristka naročila za različne debeline hlodov

Preglednica 6: Materialna bilanca razžagovanja hlodov

sr. premer hloda (mm)	št. tramov na hlod	volumen hloda (m ³)	volumen tramov (m ³)	volumen desk (m ³)	volumen žagovine (m ³)	volumen nadmer (m ³)	volumen ostankov (m ³)
210	1	0,139	0,067	0,010	0,011	0,004	0,047
310	2	0,299	0,134	0,065	0,033	0,009	0,057
410	4	0,514	0,269	0,104	0,056	0,018	0,067
500	6	0,776	0,403	0,167	0,084	0,027	0,095
600	9	1,130	0,605	0,148	0,118	0,037	0,221
690	12	1,493	0,806	0,325	0,146	0,054	0,162

V preglednici 6 je prikazana materialna bilanca razžagovanja hloda. Z izdelavo načrta razžagovanja smo določili število posameznih asortimentov pri razžagovanju hlodov določenega srednjega premera. Ugotovili smo količino tramov, desk, žagovine, ostankov in nadmer. Pri bilanci razžagovanja moramo upoštevati dejanske mere tramov, nato pa podati volumen nadmer. Pri volumnu nadmer smo pri tramovih upoštevali naročene in žagarske mere, pri deskah pa smo upoštevali 3 % nadmer.

4.2 KAPACITETA POLNOJARMENIKA

Kadar računamo kapaciteto polnojarmenika, moramo upoštevati vzroke in čase mirovanja. Tako dobimo čas samega žaganja. Kot je razvidno iz preglednice 7, je čas žaganja v eni izmeni (8 h) na polnojarmeniku 370 minut. To pomeni da polnojarmenik žaga v delovnem tednu, ki obsega 40 ur, dejansko samo 30,8 ur. Zanima nas, koliko časa polnojarmenik potrebuje, da razžaga hlode in nato prizme v trame, da končamo naročilo.

Preglednica 7: Časi in vzroki mirovanja polnojarmenika

Vzrok za mirovanje polnojarmenika	Čas trajanja
Malica	30 min
Menjava ali prestavitev žaginih listov	60 min
Začetek in konec dela	10 min
Ostali zastoji	10 min
Skupaj	110 min

Za izračun kapacitete stroja moramo upoštevati nekatere podatke:

- pomik na en hod jarma (p) = 0,0025 m – 0,0156 m,
- vrtilna hitrost na gredi polnojarmenika (n) = 320 /min,
- trajanje izmene (T) = 480 min,
- koeficient strojnega časa (k_1) = 0,9,
- koeficient izmene (k_2) = 0,77.

Če želimo izračunati čas potreben za izdelavo naročila, moramo najprej ugotoviti koliko prizem dobimo v eni izmeni iz določene debeline hlodov.

V preglednici 8 imamo podano količino razžaganih hlodov na eno izmeno. Iz preglednice vidimo, da polnojarmenik ne nažaga dovolj prizem za naročilo v eni izmeni le pri razžagovanju hlodov premera 210 mm in 310 mm. Izdelavo prizem lahko dokončamo v manj kot eni izmeni pri vseh ostalih načinih razžagovanja.

Preglednica 8: Število izdelanih prizem na izmeno

D hloda (mm)	V hloda (m ³)	p (mm)	u (m/min)	kol. na izmeno (m ³)	št. tramov iz prizme	št. prizem iz hloda	H prizme	št. prizem na izmeno	potrebno št. prizem za naročilo
0,21	0,139	0,0125	4	45,8	1	1	144	330	520
0,31	0,299	0,0097	3,1	77,1	2	1	144	258	260
0,40	0,514	0,0056	1,8	77,0	2	2	144	299	260
0,50	0,776	0,0038	1,2	77,5	3	2	144	200	173
0,60	1,130	0,0031	1	94,0	3	3	144	249	173
0,69	1,493	0,0025	0,8	99,3	4	3	144	200	130

V preglednici 9 smo izračunali koliko izmen, oziroma časa potrebujemo, da razžagamo prizme v trame za izdelavo celotnega naročila. Najprej smo računali, koliko izmen potrebujemo, da iz hlodov nažagamo prizme. Iz hloda najmanjšega vršnega premera dobimo samo en tram iz prizme, zato potrebujemo večje število ur za izvedbo naročila.

Izračunali smo tudi potrebno število izmen za izdelavo tramov iz prizem (preglednica 9). Razvidno je, da pri razžagovanju enega trama iz prizme, potrebujemo več kot eno izmeno.

Čeprav je podajalna hitrost pri razžagovanju enega trama največja, je potrebno razžagati 520 prizem, za kar pa potrebujemo 1,25 izmene.

Število delovnih ur potrebnih za izdelavo naročila lahko zmanjšamo s podvajanjem prizem pri razžagovanju. To storimo tako, da prizme, iz katerih žagamo enako število tramov, zložimo eno vrh druge na voziček polnojarmenika in jih tako žagamo več naenkrat.

Pri tem načinu dela potrebujemo delavca, ki poravna prizme po višini in s tem zagotovi, da bodo vsi trami ostrorobni. Kadar so prizme zavite, takšno razžagovanje ni možno, saj je težko zagotoviti ostrorobnost, ker upravljalec stroja ne vidi poteka reza na spodnjih prizmah. S podvajanjem prizem se lahko močno poveča kapaciteta stroja, saj ni potrebna veliko manjša podajalna hitrost stroja. Tak način žaganja se pri prizmah manjših višin pogosto uporablja. Izračunali smo tudi koliko izmen potrebujemo v primeru, če podvajamo prizme, da na polnojarmeniku razžagamo trame za naročilo. Rezultate vidimo v preglednici 16.

Najmanjše število izmen potrebujemo pri razžagovanju dvanajstih tramov iz hloda. Če razžagujemo naročilo na ta način, potrebujemo za izvedbo 1,01 izmene. Največ časa, da končamo naročilo potrebujemo, če izdelamo iz hloda en tram. V tem primeru končamo naročilo v 2,83 izmene. Za izvedbo naročila v tem primeru potrebujemo hlode premera 210 mm, prav tako imamo pri takšnem razžagovanju drugi najmanjši izkoristek. Potrebujemo 520 hlodov tega premera in če takšnega premera nimamo na zalogi dovolj, moramo izbrati način razžagovanja za premer hlodov, ki jih imamo dovolj na zalogi. Čeprav lahko razžagujemo z večjo podajalno hitrostjo, moramo razžagati 520 hlodov, za kar potrebujemo veliko časa. S takim razžagovanjem bi za izvedbo naročila potrebovali kar 17,4 ure.

Lahko se odločimo za razžagovanje več različnih premerov hlodov, vendar je s tem izguba časa zaradi menjav žaginih listov. Na ta način razžagujemo takrat, kadar nimamo dovolj hlodov določenega premera na hlodišču in ne moremo samo na en način razžagovanja končati naročila.

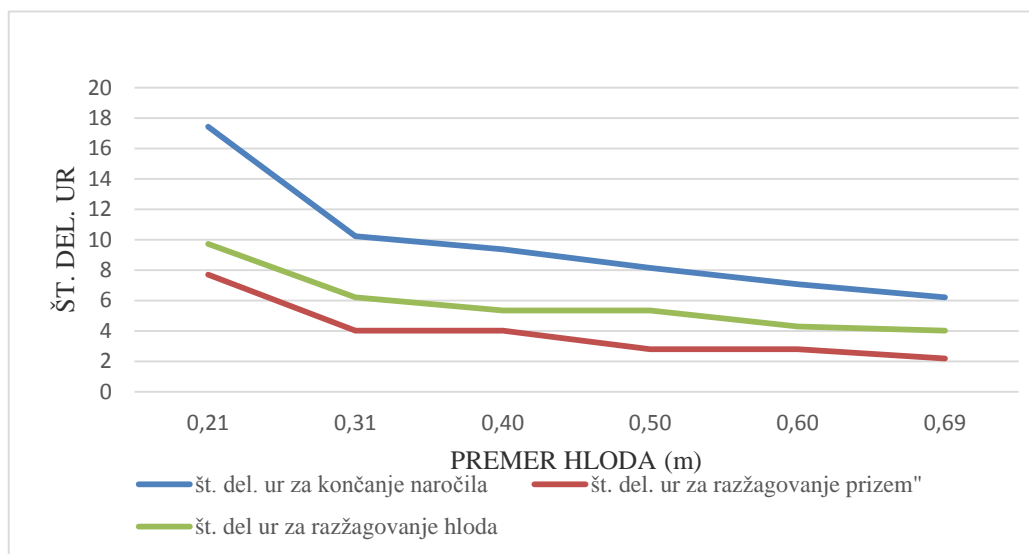
V našem primeru bi to lahko storili tako, da bi razžagali 50 hlodov premera 410 mm, iz katerih bi dobili 200 tramov. Nato bi razžagali 30 hlodov premera 500 mm, iz katerih bi dobili 180 tramov in še 140 hlodov premera 210 mm, iz katerih bi dobili 140 tramov. Tudi

tako bi lahko končali naročilo, vendar bi potrebovali večje število delovnih ur, ker bi morali večkrat prestavljati žagine liste v polnojarmeniku.

Preglednica 9: Število izmen za izdelavo naročila na polnojarmeniku

D hloda (m)	št. izmen za izd. prizem	u (m/min)	št. tramov iz prizme	št. tramov na izmeno	št. izmen za izd. tramov	št. izmen za naročilo	št. del. ur za naročilo (h)
0,21	1,58	5	1	416	1,25	2,83	17,4
0,31	1,01	4,8	2	798	0,65	1,66	10,2
0,40	0,87	4,8	2	798	0,65	1,52	9,4
0,50	0,87	4,6	3	1148	0,45	1,32	8,1
0,60	0,69	4,6	3	1148	0,45	1,15	7,1
0,69	0,65	4,4	4	1464	0,36	1,01	6,2

Slika 2 prikazuje potrebno število izmen za izdelavo prizem, tramov ali celega naročila. Grafični prikaz je narejen glede na premere hlodov za katere je način razžagovanja hloda v trame poznan. Iz grafa je razvidno, da smo potrebovali več časa za razrez hloda, kot za razžagovanje prizem. Razrez hloda je bil počasnejši, tudi kadar smo razžagali hlod v eno prizmo. Ker imamo pri razžagovanju prizem večjo podajalno hitrost, potrebujemo manj časa, čeprav moramo razžagati več prizem, kot smo imeli hlodov. Zato je na grafu razvidna razlika v številu izmen za razžagovanje hloda ali prizem. Prikazan je tudi skupni čas razžagovanja, kjer vidimo razliko glede na premer hloda in način razžagovanja. Kapaciteto razžagovanja prizem lahko povečamo le s podvajanjem prizem.



Slika 2: Grafični prikaz potrebnega števila delovnih ur glede na začetne srednje premere hlobov

4.3 KAPACITETA TRAČNEGA ŽAGALNEGA STROJA (TŽS)

Pri razžaganju na tračnem žagalnem stroju upoštevamo, da moramo odžagati še določeno število desk, preden odrežemo prizmo iz hloda. Zato moramo za vsako določeno debelino hloda izračunati število desk. Tako dobimo število rezov in s tem kapaciteto TŽS.

TŽS lahko bolje uporabimo za prilagajanje asortimentov glede na kvaliteto žaganic ali pri razžaganju hlobovine, ki ni sortirana po premerih. V podjetju sedaj zaradi obstoječega VKŽS, ki nima pomičnih žaginskih listov iz nesortirane hlobovine žagamo prizme, ki pa jih obžagujemo, da so ostrorobe. Ker so prizme različno široke ne moremo prilagajati odreza stranskih desk na VKŽS, zato prizme obdelamo že na TŽS, da se izboljša izkoristek razreza hloda tudi zaradi stranskih desk.

Preglednica 10: Časi in vzroki mirovanja tračnega žagalnega stroja

Vzrok za mirovanje tračnega žagalnega stroja	Čas trajanja (min)
Malica	30
Menjava ali prestavitev žaginih listov	40
Začetek in konec dela	20
Ostali zastoji	10
Skupaj	100

Za izračun kapacitet TŽS upoštevamo koeficienta strojnega časa in koeficienta izmene (ki je v našem primeru $k_2 = 0,79$), pri čemer se upošteva tudi skupni povprečni čas pomožnih operacij pri razžagovanju vsakega hloda (preglednica 11).

Skupni povprečni čas pomožnih operacij (T_p) pri predelavi vsakega hloda izračunamo z izrazom (6):

$$T_p = t_1 + t_2 \times n_o + n_r (t_3 + t_4 + t_5 + t_6) + t_7 \quad \dots(6)$$

Kjer je :

t_1 = čas nakladanja hloda na voziček,

t_2 = čas obračanja hloda,

n_o = število obračanj hloda,

n_r = število žagov po posameznem hlodu,

t_3 = čas za nameščanje debeline žaganice,

t_4 = čas povratnega hoda vozička,

t_5 = čas pomikanja vozička k žaginem listu,

t_6 = čas odmikanja vozička od žaginega lista,

t_7 = čas odpenjanja in drugih nujnih operacij v toku ciklusa razžagovanja posameznega hloda (Gornik Bučar in Merzelj, 1998).

Preglednica 11: Časi pomožnih operacij in njihovo trajanje

časi	trajanje (s)
t_1	30
t_2	10
t_3	2
t_4	5
t_5	2
t_6	2
t_7	35

(vir: lastne meritve)

Pri računanju povprečnega časa pomožnih operacij moramo vedeti število obračanj in rezov na posameznem hlodu, ki pa se spreminja v odvisnosti od premera hloda in načina razžaganja.

TŽS je moderniziran in ima prednastavljanje debelin reza, kamero za nadzor položaja hloda na vozičku in s prikazom poteka reza, ter avtomatično odmikanje hloda pri povratnem hodu. Vse to pomeni tudi krajše čase pomožnih operacij in s tem večjo količino razžaganega lesa na izmeno.

Podajalna hitrost TŽS je zelo odvisna tudi od upravljalca stroja in njegove usposobljenosti. Izhodni vzdolžni valjni transporter ima dodan dvižni prečni verižni transporter, ki služi kot zalogovnik prizem. Nanj odlagamo prizme za nadaljnji razrez, kadar je le teh več iz enega hloda. Ko hlod razžagamo, lahko iz zalogovnika z dvigom in prečnim pomikom prizme premaknemo nazaj na voziček. Prav tako si lahko s tem transporterjem naložimo na voziček več prizem enakih širin. Tako jih žagamo več hkrati in s tem povečamo kapaciteto stroja.

Čas t_7 (preglednica 11) upošteva omenjene operacije in je ustrezno daljši, saj prizme shranjujemo v zalogovniku prizem in jih po razrezu hloda ponovno naložimo na voziček TŽS in razžagujemo.

V preglednici 12 smo izračunali potrebno število izmen za izdelavo naročila na TŽS.

Kot vidimo, je razlika v potrebnem številu izmen glede na premere hlodov. Z določitvijo optimalnih vršnih premerov hlodov je določeno število tramov iz določenega hloda.

Pri določanju optimalnega vršnega premera hloda smo uporabili izračune, ki smo jih opravili za polnojarmenik, vendar smo pri polnojarmeniku uporabili širino reže 4,1 mm. Pri TŽS je širina reže manjša in znaša 3,2 mm, vendar to bistveno ne vpliva na izračunane debelinske razrede, ki jih potrebujemo za dano naročilo. Z večjim premerom hloda se zmanjšuje podajalna hitrost, kar močno vpliva na kapacitete stroja.

Pri računanju časov v preglednici 12 smo predpostavljali, da iz hloda razžagujemo samo izbrane trame, vse ostalo pa razžagujemo v nadaljnji obdelavi krajnikov na cepilni TŽS. Tako smo zmanjšali število rezov in povečali kapacitete TŽS. V tem primeru dobimo najboljši rezultat pri razžagovanju hloda s premerom 600 mm in 690 mm, iz katerih dobimo 9 ali 12 tramov, za izdelavo naročila pa potrebujemo le 0,73 izmene. Z takšnim razžagovanjem lahko na izmeno iz hloda premera 690 mm razžagamo 711 tramov in porabimo 88,47 m³ hlodov. To je najboljši rezultat količine razžagovanja tramov, tak način razžagovanja pa ima tudi najboljši izkoristek.

Iz hlodov premera 600 mm pa razžagamo 709 tramov in porabimo 88,95 m³ hlodov.

Najslabši rezultat pa dobimo pri razžagovanju hloda z najmanjšim premerom 210 mm, iz katerega dobimo en tram. Pri tej debelini hlodov potrebujemo za izdelavo naročila 3,73 izmene. S takšnim razžagovanjem lahko na izmeno razžagamo 19,22 m³ hlodov, oziroma izrežemo 140 naročenih tramov. Ugotovili smo, da s takšnim razžagovanjem brez desk, razžagamo največ tramov iz hlodov največjih premerov. Količina razžaganega lesa skoraj sorazmerno narašča s premerom hlodov.

V preglednici 13 smo izračunali potrebno število izmen, za izdelavo naročila na TŽS, vendar smo v tem primeru upoštevali tudi odžagovanje stranskih desk. Kot vidimo, je razlika v potrebnem številu izmen glede na premere hlodov. Z izračunanimi vršnimi premeri je določeno število tramov iz določenega hloda. Z večjim premerom hloda se zmanjšuje podajalna hitrost, prav tako pa se večja število žagov, ki močno vpliva na kapacitete stroja. V tej preglednici smo upoštevali celoten razrez hloda v trame in

nerobljene deske debeline 25 mm (žagarska mera), ki so stranski produkt pri razžagovanju hloda.

Ker smo upoštevali tudi žaganje desk, smo morali upoštevati tudi večje število žagov in s tem zmanjšanje kapacitete TŽS. Ugotovili smo, da najmanj tramov nažagamo iz hlodov premera 210 mm iz katerega dobimo en tram. Na izmeno tako razžagamo 15,91 m³ hlodov in iz njih 114 tramov, za končanje naročila pa bi potrebovali 4,54 izmene.

Najhitreje končamo naročilo pri razžagovanju hloda s premerom 600 mm in 690 mm, iz katerih dobimo 9 ali 12 tramov, za izdelavo naročila pa potrebujemo le 1,32 izmene. Z takšnim razžagovanjem lahko na izmeno iz hloda premera 690 mm nažagamo 393 tramov in porabimo 48,95 m³ hlodov. To je najboljši rezultat količine razžagovanja tramov, tak način razžagovanja pa ima tudi najboljši izkoristek. Iz hlodov premera 600 mm pa nažagamo 395 tramov in porabimo 49,53 m³ hlodov.

Prednost TŽS je prav v prilagodljivosti razžagovanja glede na premer hloda, saj lahko debelino asortimentov prilagajamo vsakemu rezu posebej. Še posebej pa je pomembna možnost razžagovanja glede na kvaliteto hloda oziroma desk.

V preglednicah 12 in 13 je razvidno, da so velike razlike med količinami razžagane hlodovine in številom izmen za izdelavo naročila. Pri TŽS ima veliko vlogo pri količini razžagane hlodovine poleg podajalne hitrosti tudi število rezov na hlod.

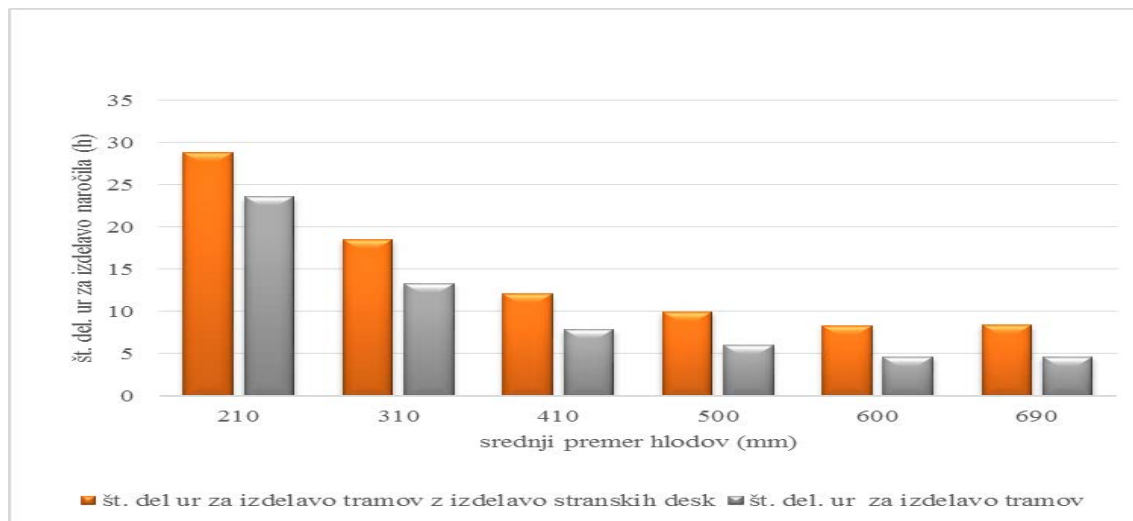
Preglednica 12: Izračun števila delovnih ur za izdelavo tramov na TŽS

D hlodov (mm)	št. obračanj hloda	u (m/min)	št. žagov na hlod	T_p (s)	V hloda (m^3)	T_t (s)	T_s (s)	k_l	E (m^3 /izmeno)	št. tramov na izmeno	št. izmen za naročilo	št. del. ur za naročilo
210	3	40	4	139	0,138	163	24	0,15	19,22	140	3,73	23,59
310	3	35	5	150	0,299	184	34	0,19	36,94	247	2,11	13,34
410	4	30	6	171	0,514	219	48	0,22	53,41	416	1,25	7,93
500	4	25	7	182	0,776	249	67	0,27	70,87	548	0,95	6,01
600	4	20	8	193	1,130	289	96	0,33	88,95	709	0,73	4,65
690	4	12	9	204	1,493	384	180	0,47	88,47	711	0,73	4,63
									$k_2 = 0,79$			

Preglednica 13: Izračun števila delovnih ur za izdelavo tramov na TŽS z izdelavo stranskih desk

D hlodov (mm)	št. obračanj hloda	u (m/min)	št. žagov na hlod	T_p (s)	V hloda (m^3)	T_t (s)	T_s (s)	k_l	E (m^3 /izmeno)	št. tramov na izmeno	št. izmen za naročilo	št. del. ur za naročilo
210	3	40	6	161	0,139	197	36	0,18	15,91	114	4,54	28,78
310	3	35	9	194	0,299	256	62	0,24	26,62	178	2,92	18,51
410	4	30	12	237	0,514	333	96	0,29	35,13	273	1,90	12,05
500	4	25	15	270	0,776	414	144	0,35	42,66	330	1,58	9,99
600	4	20	18	303	1,130	519	216	0,42	49,53	395	1,32	8,35
690	4	12	19	314	1,493	694	380	0,55	48,95	393	1,32	8,37
									$k_2 = 0,79$			

Na sliki 3 je graf, ki nam nazorno prikazuje razlike, ki smo jih računsko prikazali v preglednicah 12 in 13. Graf prikazuje čas izdelave naročila, če upoštevamo tudi razžagovanje desk iz hloda in ne samo tramov.



Slika 3: Grafični prikaz števila delovnih ur za izdelavo tramov na TŽS

V preglednici 14 smo izračunali potrebno število izmen za izdelavo prizem potrebnih za izdelavo naročila.

Ugotovili smo, da potrebujemo največ izmen za izdelavo prizem iz hlodov premera 210 mm. Čeprav potrebujemo za izdelavo prizme le dva žaga, je ta prizma samo za en tram, potrebujemo pa jih 520.

Najhitreje razžagamo potrebno količino prizem iz hlodov premera 690 mm. Za izdelavo zadostne količine prizem potrebujemo 0,39 izmene.

Pri izračunu v tej preglednici smo kot pri preglednici 12 upoštevali razrez brez desk. Zato so tudi količine razžaganega lesa velike in nerealne za TŽS.

Pri razžagovanju hlodov premera 690 mm smo izračunali kapaciteto kar 170,71 m³ hlodov na izmeno.

V preglednici 15 smo izračunali potrebno število izmen za izdelavo prizem na TŽS, vendar smo v tem primeru upoštevali tudi odžaganje desk.

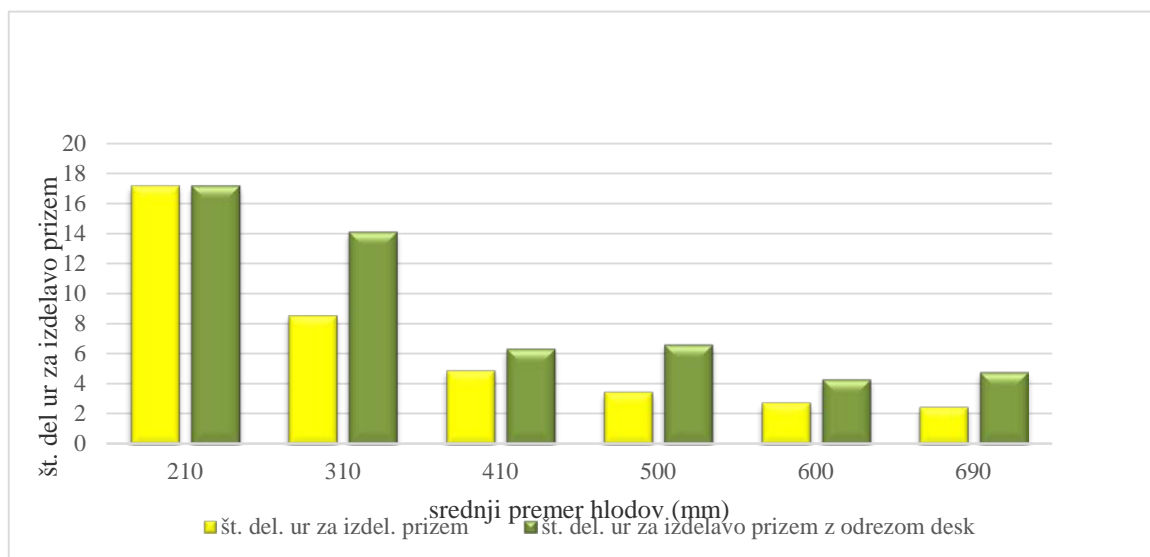
V tej preglednici smo upoštevali celoten razrez hloda v trame in nerobljene deske žagarskih debelin 25 mm, ki so stranski produkt pri razrezu hloda. Upoštevali smo tudi odžaganje desk, zato smo morali upoštevati tudi večje število rezov in s tem zmanjšanje

kapacitete TŽS. Pri razžagovanju hlodov premera 410, 510, 600, 690 mm potrebujemo manj kot eno izmeno, da nažagamo dovolj prizem za izvedbo naročila.

Najmanj prizem nažagamo iz hlodov premera 210 mm. Iz hloda dobimo eno prizmo, iz katere bomo nato izrezali en tram. V primerjavi s časi iz preglednice 14, se je najbolj povečal čas razžagovanja za hlod premera 310 mm. Zaradi debeline hloda in razžagovanja samo ene prizme iz hloda, moramo razžagati več desk, to pa pomeni več žagov TŽS in manjšo kapaciteto stroja.

Dovolj prizem za dano naročilo najhitreje nažagamo iz hlodov premera 690 mm, pri tem izdelamo iz hloda po tri prizme, iz vsake pa v nadaljnjem razžagovanju po štiri trame. Čeprav je premer hloda večji, je število žagov samo za štiri žage večje, kot pri razžagovanju iz hloda premera 310 mm. Zaradi tega je razlika v kapaciteti tako velika. Največjo kapaciteto, kar 99,25 m³ na izmeno, imamo pri razžagovanju hloda premera 600 mm, iz katerega naredimo 9 tramov.

Na sliki 4 je graf, ki nam vidno prikazuje razlike, ki smo jih računsko prikazali v preglednicah 14 in 15. Graf prikazuje čas izdelave prizem, če upoštevamo tudi razžagovanje desk iz hloda in ne samo prizem. Vidimo velike razlike med številom delovnih ur potrebnih za izdelavo prizem in s tem odvisnost TŽS od števila žagov na hlod.



Slika 4: Grafični prikaz števila delovnih ur za izdelavo prizem na TŽS

Preglednica 14: Izračun števila delovnih ur za izdelavo prizem na TŽS

D hlodov (mm)	št.obračanj hloda	u (m/min)	št. žagov na hlod	T_p (s)	V hloda (m^3)	T_t (s)	T_s (s)	k_1	E (m^3 /izmeno)	št. prizem na izmeno	št. izmen za izd. prizem	št. del. ur za izd. prizem
210	1	40	2	97	0,15	109	12	0,11	28,75	192	2,71	17,18
310	1	35	2	97	0,32	111	14	0,12	61,48	192	1,35	8,57
410	1	30	3	108	0,53	132	24	0,18	88,62	334	0,78	4,92
500	1	25	3	108	0,82	137	29	0,21	129,10	315	0,55	3,49
600	1	20	4	119	1,17	167	48	0,29	153,93	395	0,44	2,78
690	1	12	4	119	1,54	199	80	0,40	170,71	333	0,39	2,48
									$k_2 = 0,79$			

Preglednica 15: Izračun števila delovnih ur za izdelavo prizem na TŽS z izdelavo stranskih desk

D hlodov (mm)	št.obračanj hloda	u (m/min)	št. žagov na hlod	T_p (s)	V hloda (m^3)	T_t (s)	T_s (s)	k_1	E (m^3 /izmeno)	št. prizem na izmeno	št. izmen za izd. prizem	št. del. ur za izd. prizem
210	1	40	2	97	0,15	109	12	0,11	28,75	192	2,71	17,18
310	1	35	6	141	0,32	182	41	0,23	37,37	117	2,23	14,10
410	1	30	5	130	0,53	170	40	0,24	68,81	260	1,00	6,34
500	1	25	9	174	0,82	260	86	0,33	67,82	165	1,05	6,64
600	1	20	8	163	1,17	259	96	0,37	99,25	254	0,68	4,31
690	1	12	10	185	1,54	385	200	0,52	88,24	172	0,76	4,79
									$k_2 = 0,79$			

4.4 PODVAJANJE PRIZEM

Pri razžagovanju prizem na polnojarmenik ali TŽS lahko žagamo več prizem v istem prehodu prizem skozi stroj. To storimo tako, da na voziček polnojarmenika naložimo dve ali več prizem eno na drugo, kolikor dopušča višina reza stroja. Delavec, ki zлага prizme, jih mora naložiti natančno, da dosežemo ostrorobnost tramov ali drugih asortimentov. S takim načinom razreza lahko povečamo kapacitete strojev in s tem tudi hitrost izdelave naročila. Omejeni smo predvsem s težo prizem, saj bi za prizme večjih višin in dolžin potrebovali dvigalo za nalaganje prizem. Pri žaganju dveh prizem v prehodu skozi stroj se podajalna hitrost stroja malo zmanjša, število razžaganih prizem pa se podvoji. Pri tračnem žagalnem stroju, pa se kapaciteta ne podvoji tako kot pri polnojarmeniku, saj moramo upoštevati dodatni čas mirovanja vozička, ko upravljalec iz zalogovnega prečnega transporterja zлага in poravna prizme eno vrh druge na voziček.

Preglednica 16: Čas izdelave naročila pri podvajanju prizem

POLNOJARMENIK - podvajanje prizem							
<i>D</i> hlodov (mm)	<i>V</i> hloda (m ³)	št. prizem iz hloda	št. tramov iz prizme	št. izmen za razžagovanje prizem	št. izmen za razžagovanje prizem (podvajanje)	<i>u</i> (m/min)	<i>E</i> (prizem/izmeno)
210	0,139	1	1	1,25	0,78	4	665
310	0,299	1	2	0,65	0,41	3,8	632
410	0,514	2	2	0,65	0,41	3,8	632
500	0,776	2	3	0,45	0,29	3,6	599
600	1,130	3	3	0,45	0,29	3,6	599
690	1,493	3	4	0,36	0,23	3,4	565

Pri razžagovanju prizem v trame pri TŽS (preglednici 12 in 13), smo upoštevali, da vse prizme razžagane iz hloda naenkrat razžagamo v trame. Tako pri hlodih premerov 410 in 500 mm razžagujemo naenkrat dve prizmi pri hlodih premerov 600 in 690 mm pa naenkrat tri prizme. Zato smo v preglednici 17 izračunali čas razreza posameznih prizem in ugotovili, da se s številom rezov poveča tudi čas razžagovanja.

Preglednica 17: Čas razžagovanja hloda na TŽS z razžagovanjem posameznih prizem

D hlodov (mm)	št. obračanj hloda	u (m/min)	št. žagov na hlod	T_p (s)	V hloda (m ³)	T_t (s)	T_s (s)	k_I	E (m ³ /izmeno)	št. tramov na izmeno	št. izmen za naročilo	št. del. ur za naročilo
210	3	40	6	161	0,138	197	36	0,18	15,91	115	4,50	28,52
310	3	35	9	194	0,299	256	62	0,24	26,62	178	2,92	18,51
410	4	35	19	314	0,514	444	130	0,29	26,33	205	2,54	16,08
500	4	32	21	336	0,776	494	158	0,32	35,79	277	1,88	11,91
600	4	30	34	479	1,130	751	272	0,36	34,23	273	1,91	12,08
690	4	27	37	512	1,493	841	329	0,39	40,40	325	1,60	10,14
$k_2 = 0,79$												

Za primerjavo časov izdelave naročila z razžagovanjem, ko smo žagali po eno prizmo na polnojarmeniku in TŽS, smo podatke podali v preglednici 18.

Preglednica 18: Razžagovanje po eno prizmo na polnojarmenik in TŽS

D hlodov (mm)	V hloda (m ³)	št. prizem iz hloda	št. tramov iz prizme	razžagovanje po eno prizmo na TŽS		razžagovanje po eno prizmo na polnojarmenik	
				št. izmen za naročilo	št. del. ur za naročilo	št. izmen za naročilo	št. del. ur za naročilo
210	0,139	1	1	4,50	28,52	2,83	17,44
310	0,299	1	2	2,92	18,51	1,66	10,24
410	0,514	2	2	2,54	16,08	1,52	9,37
500	0,776	2	3	1,88	11,91	1,32	8,15
600	1,130	3	3	1,91	12,08	1,15	7,08
690	1,493	3	4	1,60	10,14	1,01	6,21

4.5 UVEDBA NOVEGA STROJA

V tej diplomski nalogi smo hoteli utemeljiti upravičenost vpeljave novega večlistnega krožnega žagalnega stroja v obstoječo tehnologijo in izračunati, za koliko bi se povečale kapacitete oziroma skrajšali časi izdelave naročila. Ta stroj bi razžagoval prizme dolžine 3 m do 6 m, katere bi nažagali na polnojarmeniku in tračnem žagalnem stroju.

VKŽS bi umestili v prazen prostor v proizvodni hali, kjer je sedaj linija tračnega žagalnega stroja. Ta prostor je že od same izgradnje predviden za večlistni krožni žagalni stroj z vso

potrebno opremo. Žagalna linija TŽS ima izmet, po katerem bi prizme premaknili na transporter VKŽS. Na ta transporter bi prav tako z viličarjem pripeljali prizme, ki bi jih nažagali na polnojarmeniku.

4.5.1 Karakteristike večlistnega krožnega žagalnega stroja (VKŽS)

Za primer smo vzeli stroj LBL BRENTA CD tip OXIA 150. Ta stroj ima tudi avtomatsko podajanje prizem.

VKŽS ima naslednje karakteristike:

– višina razreza	14 – 150 mm,
– maksimalna širina razreza	800 mm,
– dolžina razreza	1,2 – 8 m,
– razmaki med rezili	18 – 500 mm,
– število vrtljajev	2240 /min,
– premer rezil	530 mm,
– debelina krožnih žaginih listov	4 mm,
– moč motorja	95 kW,
– podajalna hitrost	10 – 110 m/min

(Groupe Seeb, 2014).

Stroj ima 4 pomična rezila, kar nam omogoča, da v primeru, ko imamo v naročilu različne širine prizem, razžagovanje prilagodimo najbolj optimalno. Zato pri takem stroju ni potrebno sortiranje prizem, kadar so le te različnih širin končni izdelki pa enaki. Tako lahko na gibljivi del gredi širine 200 mm žagamo deske, kadar je prizma vmesne širine in tako izboljšamo izkoristek razžagovanja.

Primer:

Za dva trama iz naročila potrebujemo prizmo širine 250,1 mm, za tri trame pa 377,2 mm. Če pa imamo prizmo širine 360 mm, lahko na premičnih rezilih nastavimo število tramov zraven pa ostanek istočasno razžagamo v deske, katerih število lahko nastavimo za vsako prizmo posebej. V tem primeru bi prizmo razžagali v dva trama in tri deske debeline 25 mm.

4.5.2 Izračun razžagovanja prizem na VKŽS

V nadaljnjem delu bomo ugotavljali smotrnost uvedbe novega večlistnega krožnega žagalnega stroja in zato potrebujemo primerjavo med posameznimi stroji, da lahko pridemo do rezultata.

Preglednica 19: Primerjava časa izdelave tramov med polnojarmenikom in TŽS

<i>D</i> hlodov (mm)	št. prizem iz hloda	<i>V</i> hloda (m ³)	št. tramov iz prizme	POLNOJARMENIK		TŽS	
				št. del. ur za naročilo	št. izmen za naročilo	št. del. ur za naročilo	št. izmen za naročilo
210	1	0,139	1	14,55	2,36	28,78	4,54
310	1	0,299	2	8,76	1,42	18,51	2,92
410	2	0,514	2	7,89	1,28	12,05	1,90
500	2	0,776	3	7,14	1,16	9,99	1,58
600	3	1,130	3	6,07	0,98	8,35	1,32
690	3	1,493	4	5,43	0,88	8,37	1,32

Kot vidimo v preglednici 19, lahko s polnojarmenikom hitreje končamo naročilo izdelave tramov. TŽS je po izračunih počasnejši pri razžagovanju hlodov. Vidimo, da je polnojarmenik boljši za velike količine hlodov enakega premera in enakega načina razžagovanja, saj s tem zmanjšamo izgube časa zaradi spreminjanja postavitve žaginih listov. Kapaciteta TŽS se v primerjavi približuje polnojarmeniku pri debelejši hlodovini, kjer ima polnojarmenik majhno podajalno hitrost. Če bi povečali podajalno hitrost polnojarmeniku ali TŽS, bi s tem zmanjšali kakovost razžagovanja in nebi ugodili zahtevam kupcev. Pri polnojarmeniku smo zaradi lažje primerjave razžagovanja prizem s TŽS upoštevali razžagovanje s podvajanjem prizem.

Z izračunom bi radi ugotovili, za koliko bi se povečala kapaciteta proizvodnje, če bi v proizvodno linijo dodali VKŽS. Z nakupom novega stroja razžagovanje prizem ne bi bilo več potrebno izvajati s polnojarmenikom ali TŽS. Prav tako imamo pri VKŽS višje podajalne hitrosti, kot pri primarnih žagalnih strojih.

Z avtomatskim podajanjem prizem v razrez je rez bolj točen. Prav tako je enostavno razžagovanje dela prizme, iz katerega ne dobimo več trama, lahko pa izrežemo nek drug prednastavljen asortiment. Avtomatsko podajanje stroja razbremeni upravljalca stroja fizičnega dela, saj mora le upravljati nastavitve stroja in skrbeti za morebitne zastoje.

V preglednici 20, vidimo izračun žaganja tramov na VKŽS iz prizem, ki smo jih nažagali na polnojarmeniku. Ugotovili smo, da končamo naročilo najhitreje, kadar prizme nažagamo iz hlodov premera 690 mm. Prizme razžagamo na VKŽS, iz vsake prizme dobimo po štiri tramove. Tako končamo naročilo v 0,73 izmene, oziroma v 4,41 delovnih urah. Najslabši čas izdelave je 10,46 delovnih ur ali 1,74 izmene, kadar razžagujemo hlode premera 210 mm v eno prizmo, iz prizme pa nažagamo en tram.

Preglednica 20: Razrez tramov na VKŽS iz prizem nažaganih na polnojarmeniku

D hlodov (mm)	V_p (m/min)	št. žagov na prizmo	E (prizem/izmeno)	E (tramov/izmeno)	št. izmen za izd. tramov	št. izmen za izd. prizem	št. izmen za izd. naročila	št.ur za izd. naročila
210	60	2	3132	3132	0,17	1,58	1,74	10,46
310	50	3	2610	5220	0,10	1,01	1,11	6,65
410	50	3	2610	5220	0,10	0,87	0,97	5,81
500	40	4	2088	6264	0,08	0,87	0,95	5,71
600	40	4	2088	6264	0,08	0,69	0,78	4,67
690	30	5	1566	6264	0,08	0,65	0,73	4,41

V preglednici 21 je prikazano število izmen, ki so potrebne za izdelavo tramov na VKŽS iz prizem, ki smo jih razžagali na TŽS. Vidimo, da končamo naročilo najhitreje, kadar prizme nažagamo iz hlodov premera 600 mm. Prizme razžagamo na VKŽS, iz vsake prizme dobimo tri tramove. Tako končamo naročilo v 0,76 izmene, oziroma potrebujemo 4,58

delovnih ur. Najslabši čas izdelave je 17,28 delovnih ur ali 2,88 izmene, kadar razžagujemo hlode premera 210 mm v eno prizmo, iz te pa dobimo en tram pri razrezu na VKŽS.

Pri razžagovanju hlodov na TŽS vidimo, da potrebujemo več časa za razrez, kjer je potrebno veliko število žagov na hlod, s tem pa dobimo različne kapacitete stroja. Pri polnojarmeniku pa je glede na premer hlodov različna samo podajalna hitrost.

Preglednica 21: Razrez tramov na VKŽS iz prizem nažaganih na TŽS

<i>D</i> hlodov (mm)	<i>V_p</i> (m/min)	št. žagov na prizmo	<i>E</i> (kosov/izmeno)	<i>E</i> (tramov/izmeno)	št. izmen za izd. tramov	št. izmen za izd. prizem	št. izmen za izd. naročila	št.ur za izd. naročila
210	60	2	3132	3132	0,17	2,71	2,88	17,28
310	50	3	2610	5220	0,10	2,23	2,33	13,96
410	50	3	2610	5220	0,10	1,00	1,10	6,61
500	40	4	2088	6264	0,08	1,05	1,13	6,79
600	40	4	2088	6264	0,08	0,68	0,76	4,58
690	30	5	1566	6264	0,08	0,76	0,84	5,04

V preglednici 22, imamo primerjavo potrebnih števil izmen in delovnih ur za izdelavo tramov potrebnih za naročilo. Kot vidimo, je najboljša izbira za izdelavo naročila kombinacija polnojarmenika za izdelavo prizem in VKŽS za razrez prizem v trame. Kombinacija TŽS in VKŽS potrebuje manj delovnih ur za izdelavo kot sam TŽS, vendar tudi velika podajalna hitrost VKŽS ne more izboljšati manjših kapacitet TŽS. V primerjavi s polnojarmenikom potrebujemo pri tej kombinaciji še vedno večje število izmen za izdelavo naročila. Polnojarmenik je boljša izbira pri drobni hlo dovini in razžagovanju, kjer je potrebno veliko število rezov za malo tramov nažaganih iz hloda.

TŽS je uporaben predvsem zaradi prilagodljivosti pri hlo dovini, ki ni sortirana po debelinskih razredih in z žaganjem take hlo dovine dobimo prizme različnih širin. Tako lahko v kombinaciji s takim VKŽS, ki ima premična rezila, zelo dobro izkoristimo hlode oziroma prizme in imamo velike izkoristke. Pri razžagovanju velikih količin hlo dovine

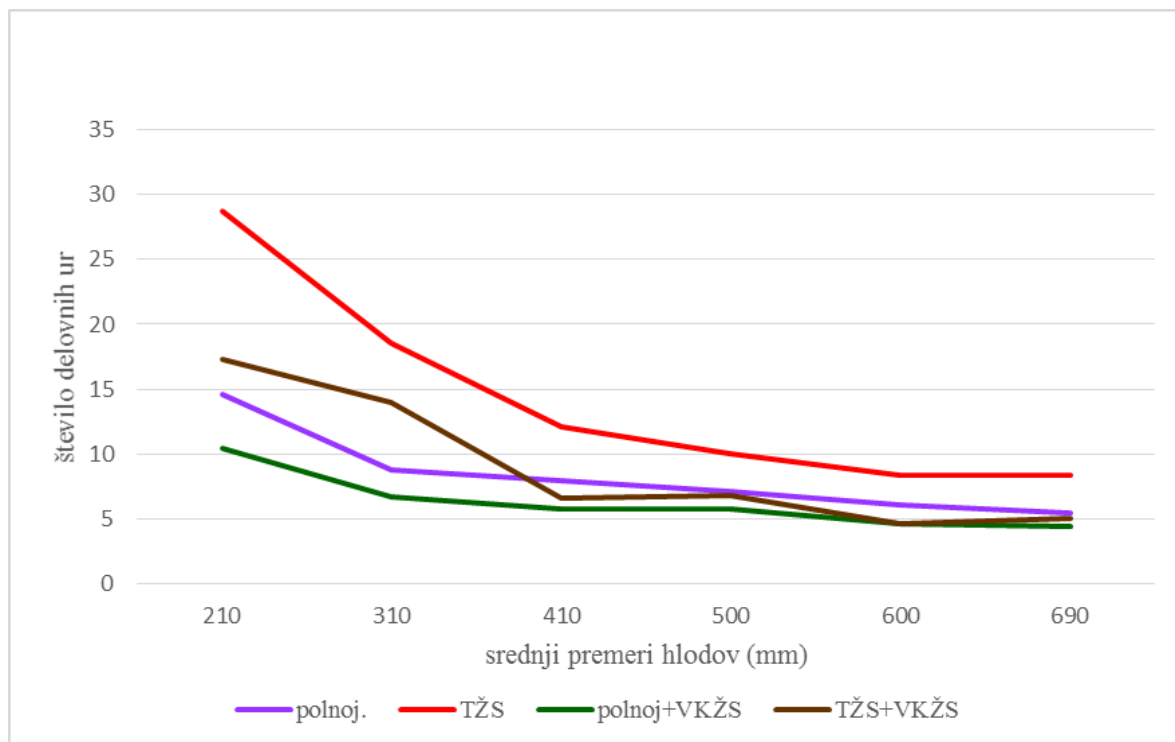
manjšega premera, sortirane po debelinskih razredih, pa je kombinacija polnojarmenika in VKŽS najbolj uporabna.

Preglednica 22: Primerjava časov izdelav na vseh strojih

<i>D</i> hlodov (mm)	št. tramov iz hloda	POLNOJARMENIK		TŽS		POLNOJARMENIK + VKŽS		TŽS + VKŽS	
		št. del. ur za naročilo	št. izmen za naročilo	št. del. ur za naročilo	št. izmen za naročilo	št. del. ur za naročilo	št. izmen za naročilo	št. del. ur za naročilo	št. izmen za izd. naročila
210	1	14,55	2,36	28,78	4,54	10,46	1,74	17,28	2,88
310	2	8,76	1,42	18,51	2,92	6,65	1,11	13,96	2,33
410	4	7,89	1,28	12,05	1,90	5,81	0,97	6,61	1,10
500	6	7,14	1,16	9,99	1,58	5,71	0,95	6,79	1,13
600	9	6,07	0,98	8,35	1,32	4,67	0,78	4,58	0,76
690	12	5,43	0,88	8,37	1,32	4,41	0,73	5,04	0,84

Iz preglednice 22 vidimo primerjavo števila izmen in delovnih ur za razrez tramov na obeh primarnih strojih, kot tudi kombinacije primarnih strojev in VKŽS. Vidimo, da potrebujemo manj časa za izdelavo naročila kadar razžagujemo prizme na VKŽS. Pri razžagovanju prizem iz hlodov premerov 600 in 690 mm vidimo, da so minimalne razlike pri času izdelave med izdelavo prizem na TŽS in polnojarmenik.

Pri razžagovanju prizem z VKŽS potrebujemo zelo malo časa za izdelavo naročila. Če bi tak stroj uporabili v proizvodnji, ne bi deloval celo izmeno, ampak po potrebi, razžagoval pa bi lahko prizme izdelane na obeh primarnih strojih.



Slika 5: Grafični prikaz časa izdelave naročila na različnih strojih

Slika 5 nam prikazuje primerjave števila delovnih ur za izdelavo naročila v vseh kombinacijah, ki smo jih računali v preglednici 22.

5 SKLEPI

Na osnovi analize sedanjega stanja in podanega predloga za povečanje kapacitete žagalnice podajamo naslednje sklepe:

Izračunane vrednosti nam prikažejo, da je pri razžagovanju izbrane hlodovine za izdelavo preučevalnega naročila najzmogljivejši stroj polnojarmenik, pri razžagovanju nesortirnih hlodov večjih premerov nesortiranih hlodov, pa sta TŽS in polnojarmenik približno izenačena.

Za dano naročilo je najboljši izkoristek 54 %, pri razžagovanju hlodov srednjega premera 690 mm, iz katerega žagamo dvanajst tramov. Drugi najboljši izkoristek 53,5 % je pri razrezu hloda srednjega premera 600 mm, iz katerega žagamo devet tramov.

Ugotovili smo, da je za dano naročilo najprimernejša kombinacija polnojarmenika in večlistnega krožnega žagalnega stroja, saj skoraj v vseh debelinskih razredih potrebujeta najmanjše število delovnih ur za izvedbo naročila.

Z najbolj optimalno surovino bi s polnojarmenikom naročilo končali v 5,43 delovnih urah, s tračnim žagalnim strojem pa v 8,37 delovnih urah.

V kombinaciji polnojarmenik in VKŽS bi naročilo končali v 4,41 delovnih urah, če bi pa uporabili TŽS in VKŽS bi naročilo končali v 4,58 delovnih urah.

Posodobitev obrata z novim večlistnim krožnima žagalnim strojem je upravičena, saj kombinacija večlistnega krožnega žagalnega stroja s katerim koli od primarnih žagalnih strojev omogoča povečanje kapacitet in skrajšanje časa izdelave naročila.

Za današnje potrebe bi bilo potrebno v tem podjetju poleg nabave VKŽS zamenjati tudi polnojarmenik. Za drobno hlodovino bi bilo najbolje polnojarmenik zamenjati s tandem tračnim žagalnim strojem, primeren pa bi bil tudi hlodovni tračni žagalni stroj z boljšimi karakteristikami.

6 POVZETEK

V podjetju Žaga-Zora d.o.o. hlodovino razžagujemo na polnojarmeniku in tračnem žagalnem stroju v asortimente kot so grede, trami, morali, letve, ter robljene in nerobljene deske. Za večino asortimentov je potrebno hlode razžagati v prizme, nato pa prizme v končne asortimente.

Zaradi majhnih kapacitet obstoječe tehnologije bi bilo potrebno nadgraditi tehnologijo za razžagovanje prizem v končne asortimente.

Analizirali smo zasedenost obstoječih strojev za izvedbo konkretnega naročila, nato pa izračunali kakšne bi bile zasedenosti strojev za izdelavo naročila če uvedemo nov stroj. Predvideli smo, da se stroj doda obstoječi tehnologiji, zato smo izbrali večlistni krožni žagalni stroj s pomičnimi rezili.

Ugotovili smo, da optimalni izkoristek naročila lahko dosežemo le z ustreznim izborom hlodovine. Najvišji izkoristek naročila je znašal 54,0 %.

Kot primarna stroja se uporabljata polnojarmenik in tračni žagalni stroj. Analiza zmogljivosti obstoječe tehnologije je pokazala, da lahko naročilo 520 tramov (dimenzij 120 mm x 140 mm x 4000 mm) izdelamo na polnojarmeniku v 5,43 urah, na tračnem žagalnem stroju pa v 8,35 urah.

Če bi v obstoječo tehnologijo vključili nov večlistni krožni žagalni stroj, bi lahko naročeno količino tramov izdelali s kombinacijo polnojarmenika in večlistnega krožnega žagalnega stroja v 4,41 urah, s kombinacijo tračnega žagalnega stroja in večlistnega krožnega žagalnega stroja pa v 4,58 urah. Ugotovili smo, da bi se čas izdelave naročila z uvedbo novega stroja zmanjšal.

7 VIRI

- Gornik Bučar D., Merzelj F. 1998. Žagarski praktikum. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 151 str
- Groupe Seeb. LBL Brenta Oxia 150. Chauffaillesf,
<http://www.lbl-brenta-cd.com/en/deligneuse-oxia.html> (22. maj. 2014)
- ISPM 15. Zakonodajna ureditev za lesen pakirni material v mednarodni trgovini. 2009 (revizija 2013): 20 str.
- Medič M. 2001. Lesarsko strojništvo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 180 - 192 str.
- Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov - Kakovostni razredi za razvrščanje hlodovine. 2011. Ur. l. RS Št. 79/2011. 10138 str. (13.člen, priloga 2)
- SIST EN 1309-2. Okrogli in žagani les. Metode merjenja - 2. del: Okrogli les - Zahteve za merjenje dimenzij in pravila računanja volumna. 2006: 16 str.
- Šega B. 2003. Standardi za okrogel in žagani les, Študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: str.32
- Šega B. 2006-2007. Merjenje in razvrščanje žaganega lesa. Študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo (neobjavljeno)
- Šega B. 2010. Vizualno razvrščanje konstrukcijskega žaganega lesa. Visual Grading of Structural Sawn Timber. Les Wood, 2010, 62: 96-104
- Večlistne krožne žage. 2005. Cerknica, Forma d.o.o.,
<http://www.forma.si/cml> (maj 2013)