

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Damjan OCEPEK

**VPLIV STRUKTURE ŽAGALNIH STROJEV NA
KAPACITETO ŽAGALNICE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Damjan OCEPEK

**VPLIV STRUKTURE ŽAGALNIH STROJEV NA KAPACITETO
ŽAGALNICE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

**INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF SAWING MACHINES
ON THE SAWMILL CAPACITY**

GRADUATION THESIS

Higher professional studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na katedri za žagarstvo in lesna tvoriva in v podjetju SVEA, d.d., v Zagorju ob Savi.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomskega dela imenoval doc. dr. Dominiko Gornik Bučar, za somentorja doc. dr. Bojana Bučarja in recenzenta doc. dr. Marijana Mediča.

Mentorica: doc. dr. Dominka Gornik Bučar

Somentor: doc. dr. Bojan Bučar

Recenzent: doc. dr. Marijan Medič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Damjan Ocepek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*822.39
KG	žagalnica/polnojarmenik/dvoosni večlistni krožni žagalni stroj/izkoristek/ kapaciteta
AV	OCEPEK, Damjan
SA	GORNIK BUČAR, Dominika (mentorica)/BUČAR, Bojan (somentor)/ MEDIČ Marijan (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2007
IN	VPLIV STRUKTURE ŽAGALNIH STROJEV NA KAPACITETO ŽAGALNICE
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP	XII, 69 str., 25 pregl., 10 sl., 2 pril., 12 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Za strešne in ostale konstrukcije se uporabljajo lepljeni nosilci različnih dimenzij, ki jih izdelujejo tudi v podjetju SVEA d.d.. Surovino dobavlja Svein žagarski obrat, ki je opremljen s primarnim strojem, polnojarmenikom. Obstoječa tehnologija ne zadošča potrebam proizvodnje lepljenih nosilcev, zato so se v podjetju odločili za nadgradnjo tehnologije s sekundarnim strojem. Določili smo hipotetično najboljše izkoristke naročila in optimalno strukturo hlodov za izvedbo naročila. Predvideli smo različne strukture žagalnih strojev, določili kapacitete strojev in potrebne čase za izdelavo naročila. Primarni stroj z največjo kapaciteto je quadro postavitve tračnih žagalnih strojev. Sekundarni stroj z največjo kapaciteto je dvoosni večlistni krožni žagalni stroj. Na osnovi analize kapacitete in ob upoštevanju zahteve po ohranitvi polnojarmenika smo predlagali primerno kombinacijo žagalnih strojev in predvideli povečanje kapacitete žagalnice; ta bi se s predlagano rešitvijo povečala za 18.700 m ³ .

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 630*822.39
- CX sawmill/frame saw/double arbour circular resaw/yield/capacity
- AU OCEPEK, Damjan
- AA GORNIK BUČAR Dominika (supervisor)/BUČAR, Bojan (co-advisor)/
MEDIČ Marijan (reviewer)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science
and Technology
- PY 2007
- TI INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF SAWING MACHINES
ON THE SAWMILL CAPACITY
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO XII, 69 p., 25 tab., 10 fig., 2 ann., 12 ref.
- LA si
- AL si/en
- AB Laminated beams of various dimensions, also manufactured by SVEA d.d, can be used for roof and other constructions. Raw material for them in SVEA is supplied by their own sawmill, equipped with a primary machine, a frame saw. The existing technology does not suffice for manufacturing bonded carriers; therefore, the company people decided to improve technology with an additional machine. Best order yields so as optimal log structure for order realization were hypothetically defined. Various structures of sawing machines were anticipated, machine capacities and needed times for order realization defined. Primary machine with the largest capacity is a “quadro” installation of band-sawing machines. Additional machine with the biggest capacity is double arbour circular resaw. On the basis of capacity analysis and considering request for preservation of the frame saw a suitable combination of sawing machines was proposed, and capacity increase of the sawmill anticipated. In this way the sawmill capacity would be increased for 18,700 m³.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	IV
KEY WORDS DOCUMENTATION	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO PRILOG	XI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XII
1 UVOD	1
2 CILJI NALOGE	3
3 SPLOŠNI DEL	4
3.1 MERJENJE HLODOV IN KONČNIH ASORTIMENTOV IGLAVCEV	4
3.1.1 Merjenje premera hloda	4
3.1.1.1 Določanje volumna okroglega lesa	4
3.2 IZMERE IN ZNAČILNOSTI ŽAGANEGA LESA	5
3.2.1 Merjenje dolžine žaganega lesa	5
3.2.2 Merjenje širine žaganega lesa	5
3.2.3 Merjenje debeline žaganega lesa	5
3.2.4 Dovoljena odstopanja mer žaganega lesa	5
3.3 RAZŽAGOVANJE IGLAVCEV NA POLNOJARMENIKU	6
3.3.1 Polnojarmenik	6
3.3.2 Tračni žagalni stroj	7
3.3.3 Krožni žagalni stroji	8
3.3.3.1 Dvoosni večlistni krožni žagalni stroji	8
3.3.4 Karakteristike strojev	10
3.3.4.1 Karakteristike polnojarmenika	11
3.3.4.2 Karakteristike dvoosnega večlistnega krožnega žagalnega stroja	11
3.3.5 Izdelki	12
3.3.6 Sedanje stanje tehnologije in potek dela	12
4 MATERIALI IN METODE	16
4.1 MATERIALI	16
4.1.1 Surovina	16
4.1.2 Ciljni asortimenti	17
4.2 METODE	17
5 IZRAČUNI IN REZULTATI	19

5.1	IZKORISTKI	19
5.1.1	Razžagovanje ene prizme	22
5.1.2	Razžagovanje dveh prizem	27
5.1.3	Optimalna surovina	37
5.2	KAPACITETA POLNOJARMENIKA	41
5.3	KAPACITETA DVOOSNEGA VEČLISTNEGA KROŽNEGA ŽAGALNEGA STROJA	45
5.4	USKLADITEV KAPACITETE POLNOJARNNIKA IN DOKŽS	48
5.5	KOMBINACIJE TRAČNIH ŽAGALNIH STROJEV STROJEV IN NJIHOVE KAPACITETE	51
5.5.1	Kapaciteta cepilnega tračnega žagalnega stroja za razžagovanje prizem	51
5.5.2	Kapaciteta kombinacije hlodovnega tračnega žagalnega stroja in DOKŽS	53
5.5.3	Kapaciteta kombinacije dvojnega tračnega žagalnega stroja (tandem) in DOKŽS	56
5.5.4	Kapaciteta kombinacije quadro in DOKŽS	57
5.5.5	Časi za izdelavo prizem na različnih primarnih strojih	59
5.5.6	Časi za razžagovanje prizem v končne asortimente	59
5.6	KAPACITETA PREDPOSTAVLJENIH TEHNOLOGIJ	60
6	RAZPRAVA	63
6.1	IZBIRA STROJA	63
6.2	IZKORISTKI	63
6.3	KAPACITETA STROJEV	64
6.4	LETNA KAPACITETA PRENOVLJENEGA OBRATA	65
7	SKLEPI	66
8	POVZETEK	67
9	VIRI	69
	PRILOGE	

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Shematski prikaz postavitve zgornje in spodnje gredi dvoosnega krožnega žagalnega stroja	9
Slika 2: Shema postrojenja na žagarskem obratu	14
Slika 3: Razžagovanje ene prizme iz hloda	19
Slika 4: Razžagovanje dveh prizem iz hloda	19
Slika 5: Prikaz načina razžagovanja plohov enakih širin iz ene prizme	23
Slika 6: Grafični prikaz gibanja hipotetičnih izkoristkov naročila pri razžagovanju ene prizme v iskane asortimete	26
Slika 7: Prikaz načina razžagovanja plohov enakih širin iz dveh prizem z izžagovanjem stržena	27
Slika 8: Grafični prikaz gibanja hipotetičnih izkoristkov naročila pri razžagovanju dveh prizem v iskane asortimete	30
Slika 9: Primerjava hipotetičnih najboljših izkoristkov naročila pri razžagovanju ene in dveh prizem v iskane asortimente	36
Slika 10: Delež in srednji premeri hlodov za izvedbo naročila	40

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Opis strojev in delovnih mest na sliki 2	15
Preglednica 2: Odstotek dobavljene hlodovine glede na debelinske razrede in dolžino	17
Preglednica 3: Odstotek razžagane hlodovine glede na dolžino	17
Preglednica 4: Najboljša hipotetična izkoristka naročila pri razžagovanju hlodov v eno prizmo in nadaljnje razžagovanje prizme v izdelke	24
Preglednica 5: Najboljša hipotetična izkoristka naročila pri razžagovanju hlodov v dve prizmi in nadaljnje razžagovanje dveh prizem v izdelke	28
Preglednica 6: Primerjava hipotetičnih izkoristkov naročila pri razžagovanju ene ali dveh prizem iz hloda	32
Preglednica 7: Srednji premeri hlodov za iskano naročilo in najboljši hipotetični izkoristki naročila	37
Preglednica 8: Pregled porabe določenih širin plohov glede na celoletno naročilo	38
Preglednica 9: Hipotetični najboljši srednji premeri hlodov za izdelavo posamezne širine plohov in optimalna struktura hlodov	39
Preglednica 10: Časi mirovanja polnojarmenika	41
Preglednica 11: Število izdelanih prizem na izmeno na polnojarmeniku pri razžagovanju ene prizme iz hloda	42
Preglednica 12: Število izdelanih prizem na izmeno na polnojarmeniku pri razžagovanju dveh prizem iz hloda	44
Preglednica 13: Potrebni čas za izvedbo naročila pri razžagovanju optimalne surovine	45
Preglednica 14: Število razžaganih prizem pri določenih pogojih na DOKŽS	47
Preglednica 15: Potreben čas za izdelavo naročila na DOKŽS	47
Preglednica 16: Izkoristek zapolnitve obratovalnega časa DOKŽS glede na kapaciteto polnojarmenika pri razžagovanju ene prizme iz hloda	48
Preglednica 17: Izkoristek zapolnitve obratovalnega časa DOKŽS glede na kapaciteto polnojarmenika pri razžagovanju dveh prizem iz hloda	49
Preglednica 18: Število izmen za izdelavo letnega naročila na cepilnem tračnem žagalnem stroju	53
Preglednica 19: Število izmen za razžaganje optimalne hlodovine v prizme za iskano naročilo na hlodovnem tračnem žagalnem stroju	55

Preglednica 20: Potrebno število izmen za razžagovanje hlodov v prizme pri letnem naročilu na tandemski postavitvi	57
Preglednica 21: Potrebno število izmen za razžagovanje hlodov v prizme pri letnem naročilu na quadro postavitvi	58
Preglednica 22: Število potrebnih izmen za izdelavo prizem na primarnih strojih	59
Preglednica 23: Število potrebnih izmen za razžaganje prizem v iskane asortimente na sekundarnih strojih	60
Preglednica 24: Hipotetične možne letne kapacitete primarnih strojev	61
Preglednica 25: Zasedenost DOKŽS ob predpostavki, da je kapaciteta polnojarmenika polno zasedena	61

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Izračun hipotetičnega izkoristka naročila pri razžagovanju ene prizme in naprej v različno število plohov enake širine
- Priloga B: Izračun hipotetičnega izkoristka naročila pri razžagovanju dveh prizem in naprej v različno število plohov enake širine

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

DOKŽS – dvoosni večlistni krožni žagalni stroj

1 UVOD

Po poročilu Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2005 je več kot polovica Slovenije, kar 57,7 odstotkov, poraščena z gozdovi, ki so večinoma mešani, prevladujeta pa bukev in smreka. Smrekovina je zaradi svojih lastnosti vsestransko uporabna za izdelavo vseh vrst pohištva, v gradbeništvu in tudi za strešne konstrukcije, ker je hlod raven in se iz njega najlažje izžagujejo tramovi. Tramovi so lahko dolgi največ toliko, kot je dolg hlod, dolžina hloda pa je odvisna od višine smreke (ta je omejena). Zaradi teh pomanjkljivosti so začeli izdelovati lepljene nosilce, s katerimi lahko premostimo večje razpone. Lepljeni nosilci se lepijo iz desk ali plohov in so lahko ravni ali ukrivljeni. Njihova največja prednost v primerjavi s klasičnimi tramovi je dimenzijska in oblikovna stabilnost. Za izdelavo lepljenih nosilcev moramo imeti plohe ali deske, ki so enakih širin.

Plohe enakih širin razžagujemo iz prizem. Največji izkoristek pri prizmiranju dobimo, kadar diagonala včrtanega kvadrata predstavlja vršni premer hloda in prizmo razžagamo iz hloda z najmanjšim možnim vršnim premerom glede na iskane asortimente. Prizme so asortimenti, ki imajo dve nasprotni stranici vzporedni. Za razžaganje prizem iz hloda uporabljamo različne primarne žagalne stroje: polnojarmenik, hlodovni tračni žagalni stroj, krožni žagalni stroj za žaganje hlodovine, iverilno tehniko in profilirno-iverilno tehniko.

V Sloveniji več lesnih podjetij izdeluje lepljene nosilce, večinoma ravne, nekateri pa tudi ukrivljene. Eno od podjetij, ki izdeluje ravne lepljene nosilce, je SVEA, lesna industrija, d. d., s sedežem v Zagorju ob Savi. Podjetje SVEA izdeluje kuhinje, ki se prilagajajo sodobnim trendom. Podjetje ima svoj žagarski obrat s primarnim strojem polnojarmenikom. Na žagarskem obratu razžagujejo samo hlodovino smreke in jelke, ki se vsa prizmira in zaradi tega je potrebno vsak hlod dvakrat razžagati. Najprej je treba narediti prizmo in jo nato razžagati v končne asortimente, kot so trami, plohi ali deske. Večji del nažaganega lesa se uporabi za lesne konstrukcije kot trame ali kot plohe, ki se uporabijo za izdelavo ravnih lepljenih nosilcev do dolžine 18 m in z največjim presekom 100 cm x 24 cm. Ker lastni žagarski obrat z enim primarnim strojem polnojarmenikom ne zadosti količini porabljenih plohov za izdelavo lepljenih nosilcev, dodatno količino plohov

kupujejo, zato se povečajo stroški izdelave in čas dobave. Da bi zagotovili ustrezno količino nažaganih plohov za izdelavo lepljenih nosilcev, so se v podjetju odločili, da dopolnijo tehnologijo z dodatnim strojem. Odločajo se med tračnimi žagalnimi stroji in večlistnim krožnim žagalnim strojem, pri čemer želijo še vedno uporabljati obstoječi polnojarmenik. Pretehtali bomo prednosti enega in drugega glede na načrtovano proizvodnjo v naslednjih letih.

2 CILJI NALOGE

Na podlagi natančne analize trenutnega stanja želimo podati predlog za povečanje kapacitete žagarskega obrata, ki naj bi temeljil na ohranitvi obstoječe tehnologije in vključitvi sodobne tehnologije – dvoosnega večlistnega krožnega žagalnega stroja. Na podlagi natančne analize naročila (plohi širin 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240 in 250 mm) bomo predlagali hipotetično najboljše srednje premere surovine, ki nam omogoča doseganje hipotetično najboljšega izkoristka. Za izvedbo naročila bomo izračunali potrebne čase obratovanja različnih primarnih strojev (predvsem kombinacij tračnih žagalnih strojev) za izdelovanje prizem in strojev za končno razžagovanje (DOKŽS in cepilni tračni žagalni stroji), ter primerjali potrebne čase za izdelavo. Naredili bomo izračun možnega povečanja letne kapacitete obrata po vključitvi novega stroja v dosedanjo tehnologijo.

3 SPLOŠNI DEL

3.1 MERJENJE HLODOV IN KONČNIH ASORTIMENTOV IGLAVCEV

3.1.1 Merjenje premera 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 zaokrožujemo navzdol na cele centimetre. Če je premer hloda manjši od 20 cm, ga merimo enkratno (premerko postavimo tako, da izmerimo povprečen premer; če je hlod ovalen, lahko opravimo dve meritvi, pravokotno druga na drugo). Pri hlodih, debelejših od 20 cm, 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).

3.1.1.1 Določanje volumna okroglega lesa

Volumen hloda lahko izračunamo z uporabo enačbe:

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

V tej enačbi pomeni V volumen v kubičnih metrih na tri decimalna mesta natančno, d pomeni srednji premer hloda brez lubja v cm in l dolžino hloda v m. π mora biti zaokrožen na štiri decimalna mesta (3,1416).

3.2 IZMERE IN ZNAČILNOSTI ŽAGANEGA LESA

3.2.1 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).

3.2.2 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 teh dveh 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).

3.2.3 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).

3.2.4 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 (TNCS), dimenzije žaganega lesa pa podajamo pri 20-odstotni vlažnosti, moramo debelino in širino desk ustrezno zmanjšati. V standardih za razvrščanje je navedeno grobo pravilo, ki pravi, da se dimenzije žaganega lesa spremenijo pri vlažnosti pod TNCS za 0,25 odstotka, če se vlažnost lesa spremeni za en odstotek. To pravilo velja za vse drevesne vrste, razen za tiste, kjer je delovanje lesa značilno drugačno (npr. bukev).

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.

Podajalni mehanizem s podajalnimi valji zagotavlja pomik hloda skozi stroj in določa podajalno gibanje. Izvedbe so različne.

Za vodenje hloda skozi stroj in za nastavitve hloda v pravilno lego za razrez služita jarmeniški voziček s prijemali in pomožni voziček.

Na izhodu iz stroja je nameščeno vodilo prizme.

Velikost polnojarmenika je definirana s svetlo širino jarma.

Vrtilne hitrosti pogonske gredi ročičnega mehanizma se gibljejo v mejah od 200 do 380 min^{-1} . Delovni gib jarma pa se giblje od 700 do 320 mm. Ta dva parametra v veliki meri določata kapaciteto stroja (Medič, 2001).

3.3.2 Tračni žagalni stroj

Princip tračnega žagalnega stroja je znan že skoraj dvesto let. Uporablja se za razrez hlodovine, torej za primarni razrez, pa tudi za razrez v finalni proizvodnji. Rez je premočrten in z določenimi omejitvami tudi krivočrten. Žagin list je lahko postavljen vertikalno, horizontalno ali pod kotom.

Tračni žagin list je narejen v obliki brezkončnega spojenega jeklenega traku, ki ima na enem robu zobe. Žagin list je napet med napenjalnim in pogonskim kolutom. Gnan je praviloma spodnji kolut, zgornji pa služi za napenjanje. Hitrost žaginega lista je okoli 30 m/s.

Podajalno gibanje določa gibanje vozička na vzdolžnih tirničnih vodilih. Hitrost podajanja je od 5 do 60 m/min. (Medič, 2001)

3.3.3 Krožni žagalni stroji

V primarni proizvodnji se krožni žagalni stroji uporabljajo za razžaganje hlodov ali prizem.

Stroji za razžaganje prizem so lahko eno- ali dvoosni, od tega je odvisna maksimalna višina razžaganja asortimentov. Krožni žagalni stroji ponujajo velike rezalne hitrosti in imajo stabilno orodje. Krožni žagalni stroji so uporabniku prijazni, zelo prilagodljivi, zanesljivi in zelo vzdržljivi (Circular Saw ... 2007).

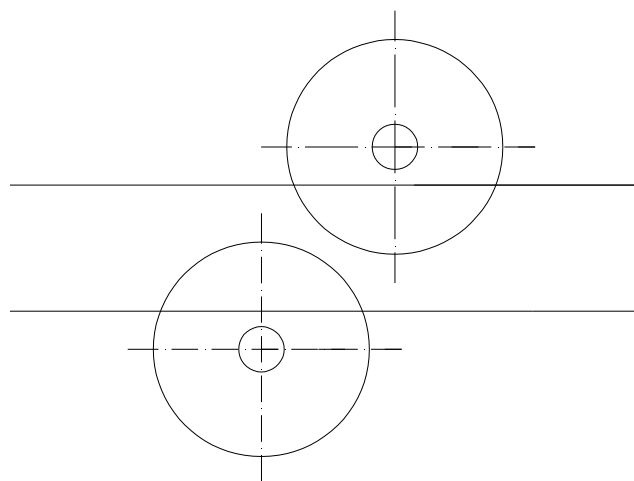
3.3.3.1 Dvoosni večlistni krožni žagalni stroji

Dvoosni večlistni krožni žagalni stroji so visoko produktivni stroji za razžaganje prizem v končne asortimente, kot so trami, plohi enakih širin in deske enakih širin, saj brezstopenjska nastavitev podajalne hitrosti (v_p) omogoča hitrosti podajanja do 75 m/min.

Stroj največkrat uporabljamo v kombinaciji z drugimi primarnimi stroji, kot so hlodovni tračni žagalni stroj, iverilnik pri hlodih manjših premerov, v profilirno-iverilni liniji in redkeje polnojarmenik.

Na stroju lahko razžagujemo prizme od dolžine 0,7 m dalje; maksimalna višina prizem je pri določenih strojih tudi do 300 mm.

Stroj ima dve gredi, ki sta rahlo zamaknjeni, kar je razvidno iz slike 1. To pomeni, da prizme razžagujemo s spodnje in z zgornje strani. Krožni žagini listi so lahko na obeh gredeh enakega premera ali pa so na spodnji gredi manjši, na zgornji pa večji. Premer krožnih žaginih listov je odvisen od višine žaganja in se giblje od 250 do 560 mm.



Slika 1: Shematski prikaz postavitev zgornje in spodnje gredi dvoosnega krožnega žagalnega stroja

Vsaka gred ima svoj pogonski elektromotor, njihove moči se gibljejo od 70 do 250 kW, kar je odvisno od števila žaginskih listov in od višine žaganja.

Število vrtljajev na gredi je odvisno od premera krožnih žaginskih listov.

Premeri gredi se gibljejo od 80 do 100 mm, kar je odvisno od velikosti in obremenjenosti stroja.

Gred ali obe gredi sta lahko po višini (elektrohidravlično) nastavljivi. Z nastavljivostjo zmanjšamo neenakomerno obremenitev elektromotorjev in debelino krožnih žaginskih listov.

Stroj ima lahko prestavljive ali fiksne krožne žagine liste. Prestavljivi krožni žaginski listi se lahko med vsakim žaganjem sproti prestavijo z nastavitvenim cilindrom. Fiksni krožni žaginski listi pa so razporejeni po vnaprej določenem razporedu.

Fiksne krožne žagine liste upravljavec stroja postavi v želenih razmakih s pomočjo distančnikov izven stroja na posebno pušo, ki jo kompletno z žaginskimi listi namesti na glavno gred stroja. Nastavitev gredi za uporabo manjših ali večjih žaginskih listov in menjava pripravljene puše z žaginskimi listi je hitra in enostavna (traja približno minuto) (Dvoosovinske večlistne ... 2005).

Širino posameznih asortimentov nastavljam z distančniki med posameznimi žaginimi listi, ki morajo biti natančno izdelani, da sta krožna žagina lista točno eden nad drugim in ne prihaja do neželenega puščanja risa na asortimentih, saj se lahko zmanjša njihova tržna vrednost, ker jih je potrebno ob nadaljnji obdelavi večkrat poskobljati, da dobimo gladko in ravno površino. Asortimenti pa so posledično tudi tanjši.

Delo na stroju poteka tako, da prizme transportiramo s prečnega transporterja na vzdolžni transporter, kamor pripotujejo po gnanem valjčnem transporterju pred dvoosni večlistni krožni žagalni stroj, kjer se s hidravlično napravo centrirajo na sredino valjčnega transporterja. Ko je prizma centrirana, jo z vrhnje strani s hidravliko pritisnejo gnani zobati valji. S tega mesta prizmo transportiramo v stroj, kjer jo razžagamo v ustrezne asortimente.

Na drugi strani stroja so delilne plošče podobne tistim na polnojarmeniku; imenujemo jih tudi vodilo prizme. Na njih se ločijo stranski asortimenti od centralnih, ki padejo s pomočjo valjev, oblikovanih v vijačnico, na ploščad pod transporterjem. Centralni asortimenti potujejo do konca transporterja, kjer se z izmetalnimi rokami izmečejo na prečni transporter, tam pa delavca pobirata asortimente in jih zlagata v zložaje glede na vrsto asortimentov in vizualno kakovost.

3.3.4 Karakteristike strojev

Za nadaljnje izračune kapacitet moramo imeti potrebne karakteristike obeh strojev: polnojarmenika in dvoosnega večlistnega krožnega žagalnega stroja.

3.3.4.1 Karakteristike polnojarmenika

V podjetju SVEA, d. d., danes vso hlodovino razžagujejo na polnojarmeniku, ki je bil obnovljen leta 2001. Polnojarmenik proizvajalca Esterer tip HDN 600 ima naslednje karakteristike:

- širina jarma	680 mm
- delovni gib jarma	730 mm
- največja širina med zunanjsima žaginima listoma	600 mm
- največja dolžina razžagovanja	8 m
- vrtilna hitrost polnojarmenika	320/min
- podajalna hitrost	do 4 m/min
- moč motorja	110 KW

3.3.4.2 Karakteristike dvoosnega večlistnega krožnega žagalnega stroja

V podjetju so se odločili za nakup dvoosnega večlistnega krožnega žagalnega stroja za razžagovanje prizem CML sca 400 bt 500.

Stroj ima naslednje karakteristike:

- največja višina razžagovanja	250 mm pri premeru krožnega žaginega lista 430 mm 220 mm pri premeru krožnega žaginega lista 400 mm 170 mm pri premeru krožnega žaginega lista 350 mm
- najkrajša dolžina obdelovanca	800 mm
- najmanjši premer krožnega žaginega lista	350 mm
- največji premer krožnega žaginega lista	430 mm
- velikost izvrtine krožnega žaginega lista	90 mm
- vrtilna hitrost	3600/min
- največja širina med zunanjsima žaginima listoma	400 mm
- širina podajalnega traku	500 mm
- dimenzije prostora za delo	3200 mm x 800 mm
- višina od tal do delovne mize	795 mm
- hitrost podajanja	0 – 30 m/min

- moč glavnih elektromotorjev	75 KW
- moč podajalnih elektromotorjev	4 HP (5,2KW)
- premer odsesevalnih ustij	spodaj 300 mm zgoraj 250 mm
- največje dimenzije stroja	4300 x 2170 x 2350 mm

3.3.5 Izdelki

Pri razžagovanju hloda na polnojarmeniku dobimo v prvem prehodu prizme, nerobljene plohe in nerobljene deske. Pri drugem prehodu, kjer razžagujemo prizmo, dobimo trame, plohe enakih širin in deske enakih širin.

Trame razžagujejo kot dopolnitev naročila lepljenih nosilcev. Plohi, robljene in nerobljene deske in t. i. kratice (krajše deske), so stranski produkti, ki se prodajo večinoma stalnim odjemalcem.

3.3.6 Sedanje stanje tehnologije in potek dela

Hlodovino dobavljajo od posrednikov in z lastnim odkupom. Dobavljeno hlodovino po prevzemu sortirajo na hloidišču na ustrezne zložaje hlodovine. Kriteriji za sortiranje hlodovine so: dolžina, premer hloda in kvaliteta. Dolžino sortirajo po metrskih razredih, premer hloda na tri debelinske razrede in na tri kvalitetne razrede.

Hlod z viličarjem dostavijo na transporter, po katerem potuje mimo hlodovnega čelilnega stroja za krojenje hlodovine, kjer se hlod ustrezno kroji. Od tam se transportira naprej: upravljalec polnojarmenika ga naloži na polnojarmeniški voziček in potisne skozi jarem polnojarmenika.

Po razžagovanju najprej transportirajo stranske asortimente, nato pa centralne asortimente (prizme, plohe), ki se transportirajo na višji transporter, s katerega delavca pobirata centralne asortimente in jih zlagata v ustrezne zložaje.

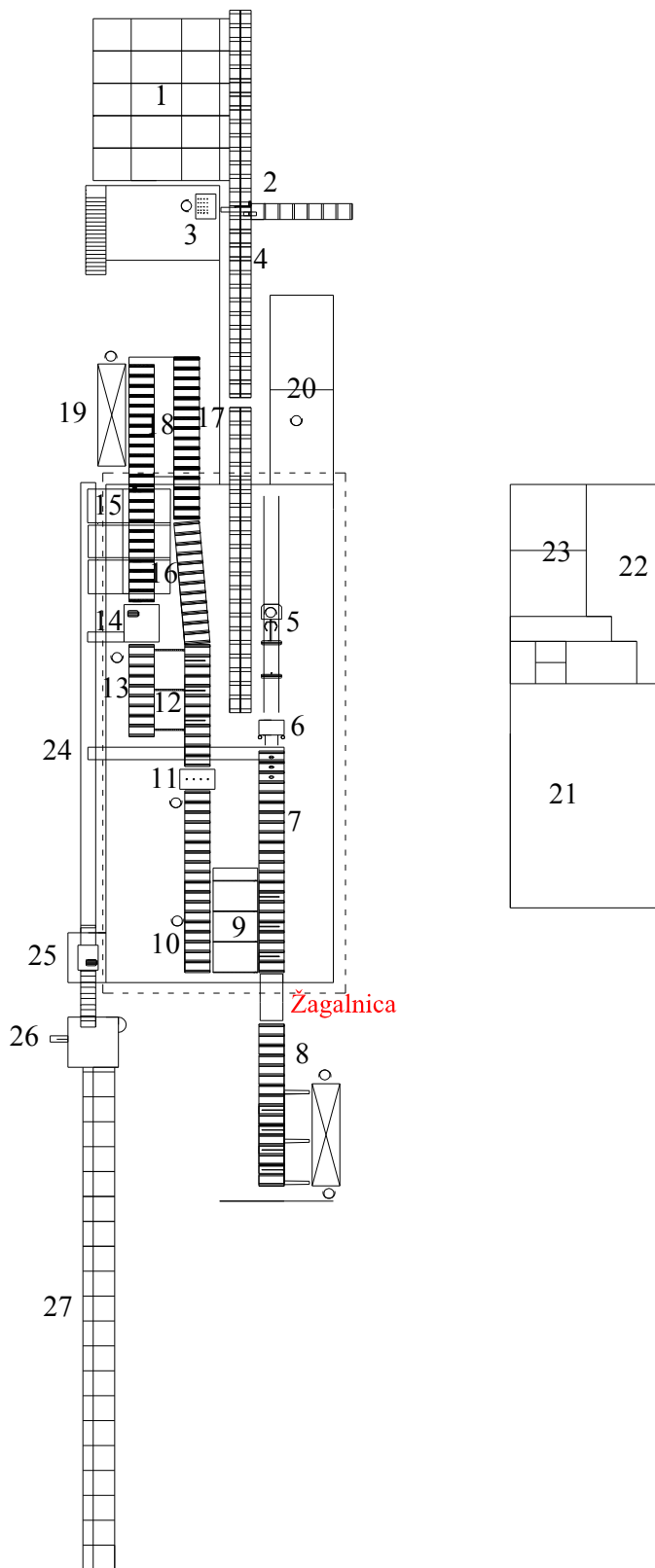
Stranske asortimente transportirajo na valjčno mizo, kjer jih delavec pravilno obrača, da se potem krojijo na ustrezno dolžino na čelilnem stroju.

Ostanki, namenjeni za sekance, se transportirajo v stroj za izdelavo sekancev.

Ostali nerobljeni asortimenti (plohi, deske ...) so namenjeni za robljenje; robijo se na dvostranskem robilnem stroju.

Asortimente transportirajo od čelilnega in dvostranskega robilnega stroja na kovinsko mizo, kjer jih sortirajo in zlagajo v zanje določene zložaje.

Prizme transportirajo na prečni verižni transporter za hlodovino in ponovno razžagajo na polnojarmeniku v končne asortimente, ki se transportirajo v skladišče končnih izdelkov.



Slika 2: Shema postrojenja na žagarskem obratu

Preglednica 1: Opis strojev in delovnih mest na sliki 2

Oznaka	Opis stroja ali delovnega mesta
1	Prečni verižni transporter za hlodovino
2	Čelilni stroj za krojenje lesa
3	Komandni pult za upravljanje čelilnega stroja za krojenje hlodovine s pripadajočima vzdolžnima verižnima transporterjema in prečnim transporterjem za hlodovino
4	Vzdolžni verižni transporter za hlodovino
5	Polnojarmeniški voziček s pomožnim vozičkom
6	Polnojarmenik
7	Vzdolžni valjčni transporter za asortimente
8	Delovno mesto za zlaganje žaganega lesa
9	Prečni verižni transporter za deske
10	Delovno mesto za obračanje asortimentov v pravilno lego
11	Čelilni stroj za deske
12	Prečni verižni transporter za deske, ki so namenjene za robljenje
13	Valjčna delovna miza
14	Dvostranski robilni stroj
15	Korito za ostanke s prečnim gumijastim transporterjem
16	Valjčni transporter z valji v obliki dvostranske vijačnice
17	Vzdolžni valjčni transporter za asortimente
18	Vzdolžni valjčni transporter za asortimente
19	Delovno mesto za zlaganje žaganega lesa
20	Brusilnica
21	Prostor za merjenje žaganega lesa
22	Garderobni prostori
23	Pisarniški prostori
24	Korito za transport ostankov
25	Stroj za izdelavo sekancev
26	Prehodni silos (5 m ³)
27	Gumijasti transporter za transport sekancev v silos mestne kotlovnice

4 MATERIALI IN METODE

4.1 MATERIALI

4.1.1 Surovina

Les smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) je lahak, mehak in svetel, zato je primeren za obdelavo in predelavo. Les ima srednjo gostoto: $\rho_0 = 300 \text{ kg/m}^3 - 640 \text{ kg/m}^3$. Ima neobarvano jedrovino, zato se beljava in jedrovina ne ločita. Les je večinoma rumenkasto bel, v starosti tudi rumenkasto rjav. Branike, od ozkih do širokih, so razločne. Prehod s svetlega, belkastega ranega lesa do rdečkasto rumenega lesa je večinoma postopen. Poskobljana površina ima svilen lesk. Svež les diši po smoli. Pogosto se pojavljajo smolni žepki. Smrekovina je na prodaj kot hlodovina, žagan les in furnir. Njena uporaba je zelo raznovrstna in množična. Poseben pomen ima kot gradben in konstrukcijski les za visoke in nizke gradnje ter za notranjo opremo. Uporablja se za ostrejša in konstrukcije v industrijskih halah, športnih dvoranah, za mostovne, rudniške in ogrodne konstrukcije, za skeletne konstrukcije, stene, strope, stopnice, okna, fasade, vrata, tla, balkone, pergole, vhodna vrata in ograje, za betonske opaže, drogove, zaboje, palete, škatle in igrače. Les je primeren tudi za proizvodnjo lesnih tvoriv (luščen furnir za vezane plošče, sredice mizarskih plošč, okvire vrat, iverne in vlaknene plošče) pa tudi za proizvodnjo celuloze in papirja (Čufar, 2001).

V žagarskem obratu v podjetju SVEA, d.d., razžagujejo hlodovino iglavcev (smreke, jelke) premerov od 20 do 67 cm (preglednica 2) in dolžine od 4 do 8 m (preglednica 3) ter vseh kvalitetnih razredov. Letno razžagajo približno 21.000 m³ hlodovine.

Preglednica 2: Odstotek dobavljene hlodovine glede na debelinske razrede in dolžino

Dolžina (m)	Debelinski razredi (cm)				
	20–30	31–40	41–50	51–60	61 +
4	15 %	20 %	35 %	20 %	10 %
5	10 %	23 %	35 %	22 %	10 %
6	12 %	21 %	35 %	20 %	12 %
7	10 %	23 %	37 %	20 %	10 %
8	5 %	15 %	40 %	30 %	10 %

Preglednica 3: Odstotek razžagane hlodovine glede na dolžino

Dolžina (m)	Odstotek (%)
4	67
5	9
6	8
7	8
8	8

4.1.2 Ciljni asortimenti

Iskani asortimenti so plohi debeline 48 mm in širin 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240 in 250 mm. Dolžina asortimentov za nadaljnjo obdelavo ni omejena.

Zahtevana kvaliteta plohov je, da so brez stržena, ostrorobni, brez trohnobe in brez rogov insektov in ličink. Modrina je dopustna.

4.2 METODE

Analizirali smo izkoristke naročila (plohi debeline 48 mm ter širin 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240 in 250 mm) izdelanega iz posameznih debelinskih razredov hlodovine z dvema načinoma razžaganja. Za naročilo smo izbrali hipotetično najoptimalnejšo surovino. Na osnovi meritev smo določili sedanjo kapaciteto primarnega stroja polnojarmenika. Določili smo kapaciteto dvoosnega večlistnega krožnega žagalnega stroja

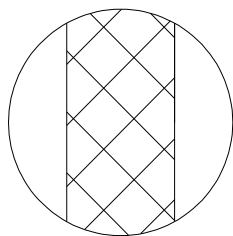
za dano naročilo. Primerjali smo kapaciteti obeh strojev. Izračunali smo potreben čas različnih žagalnih primarnih strojev (polnojarmenika, hlodovnega tračnega žagalnega stroja, tandemske in quadro postavitve tračnih žagalnih strojev) in sekundarnih strojev (DOKŽS in cepilnega tračnega žagalnega stroja) za izvedbo danega naročila. Za predlagano postavitev strojev smo izračunali povečanje kapacitete žagalnice.

5 IZRAČUNI IN REZULTATI

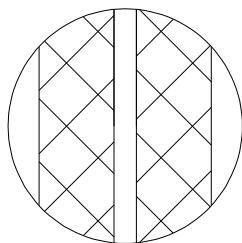
5.1 IZKORISTKI

Poznamo več vrst izkoristkov: izkoristek hloda, izkoristek naročila ... Zanima nas predvsem izkoristek naročila. Naročilo so v tem primeru plohi debeline 48 mm in širin 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240 in 250 mm.

Izkoristki naročila so izračunani za posamezne povprečne premere hlodov od 210 do 670 mm po 1 cm debelinskih stopnjah za dva načina razžagovanja, za željene širine plohov (iskano naročilo). Izkoristki so hipotetični, saj predpostavimo, da so vsi hlodi dolžine 4 m, ravni, pravilne oblike, prerez hloda je krog, polnolesni (padec premera je 0,5 cm/m) in brez izrazitih napak. V preglednici 4 sta povzeta hipotetični najboljši in naslednji (2.) najboljši izkoristek, kadar iz hloda razžagujemo eno prizmo (slika 3). V preglednici 5 pa so povzeti hipotetični najboljši in naslednji (2.) najboljši izkoristki, kadar iz hloda razžagujemo dve prizmi (slika 4).



Slika 3: Razžagovanje ene prizme iz hloda



Slika 4: Razžagovanje dveh prizem iz hloda

Vsi rezultati so v prilogah A in B.

Podajmo primer izračuna izkoristka naročila, ko iz hloda razžagujemo eno prizmo, višine 140 mm. Hlod ima povprečni premer 320 mm, padec premera 0,5 cm/m', dolžine 4 m (l) in je pravilne oblike.

Seštejemo debeline vseh asortimentov, ki jih bomo žagali iz prizme in upoštevamo debelino žagov.

$$\begin{aligned}SUM_p &= n \cdot h_{ploh} + n \cdot h_{deska} + n \cdot h_{zag} \\SUM_p &= 4 \cdot 49,5 \text{ mm} + 2 \cdot 25 \text{ mm} + 5 \cdot 4,1 \text{ mm} \quad \dots(2) \\SUM_p &= 268,5 \text{ mm} \Rightarrow 269 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$h_{ploh} = 49,5 \text{ mm}$$

$$h_{deska} = 25 \text{ mm}$$

$$h_{zag} = 4,1 \text{ mm}$$

V vseh merah je upoštevana žagarska nadmera.

Izračunamo minimalni ali vršni premer hloda s pomočjo diagonale včrtanega kvadrata.

$$\begin{aligned}d_h^2 &= (SUM_p)^2 + d_p^2 \\d_h^2 &= 72361 \text{ mm}^2 + 20880,25 \text{ mm}^2 \quad \dots(3) \\d_h &= 305,35 \text{ mm} \Rightarrow 310 \text{ mm}\end{aligned}$$

To je najbližja diagonala včrtanega kvadrata, ker moramo upoštevati vršni premer hloda, ki je za 10 mm manjši od srednjega premera hloda, saj je padec premera 0,5 cm/m'.

Iz hloda premera 320 mm dobimo najboljši izkoristek naročila, če izžagamo štiri plohe širine 140 mm.

Da dobimo izkoristek naročila (I_n), potrebujemo še volumen iskanih asortimentov (V_a).

$$\begin{aligned}V_a &= n \cdot d \cdot h \cdot l \\V_a &= 4 \cdot 140 \text{ mm} \cdot 48 \text{ mm} \cdot 4 \text{ m} \quad \dots(4) \\V_a &= 0,108 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Izkoristek naročila dobimo z naslednjo enačbo:

$$\begin{aligned}I_n &= \frac{V_a}{V_{hlod}} \cdot 100 \\I_n &= \frac{0,108 \text{ m}^3}{0,322 \text{ m}^3} \cdot 100 \quad \dots(5) \\I_n &= 33,5 \%\end{aligned}$$

Podatke za vse največje in naslednje (2.) največje izkoristke naročila najdemo v preglednici 4. Izračuni za možne načine žaganja hlodovine v iskano naročilo pa so v prilogi A.

Izračun za razžagovanje dveh prizem iz hloda in nadaljnje razžagovanje prizme v končne asortimente (slika 6) je prikazan za hlod povprečnega premera 550 mm, ki ima dolžino 4 m in padec premera 0,5 cm/m' in je pravilne oblike.

Potrebujemo seštevek višine obeh prizem in vmesnega asortimenta in posebej seštevek debeline vseh iskanih asortimentov, ki jih razžagamo iz ene prizme. Vmesni asortiment je vedno debeline 48 mm, ne glede na delež juvinilnega lesa.

$$\begin{aligned}SUM_v &= n \cdot h_{prizma} + h_{ploh} + n \cdot h_{zag} \\SUM_v &= 2 \cdot 165 \text{ mm} + 49,5 \text{ mm} + 2 \cdot 4,1 \text{ mm} \quad \dots(6) \\SUM_v &= 387,7 \text{ mm} \Rightarrow 388 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$h_{prizma} = 165 \text{ mm}$$

$$h_{ploh} = 49,5 \text{ mm}$$

$$h_{zag} = 4,1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}SUM_p &= n \cdot h_{ploh} + n \cdot h_{zag} \\SUM_p &= 7 \cdot 49,5 \text{ mm} + 6 \cdot 4,1 \text{ mm} \quad \dots(7) \\SUM_p &= 371,1 \text{ mm} \Rightarrow 372 \text{ mm}\end{aligned}$$

Izračunamo diagonalno, ki predstavlja vršni premer hloda, ki je za 10 mm manjši od povprečnega premera zaradi padca premera.

$$\begin{aligned}d_h^2 &= (SUM_v)^2 + (SUM_p)^2 \\d_h^2 &= 150544 \text{ mm}^2 + 138384 \text{ mm}^2 \quad \dots(8) \\d_h &= 537,5 \text{ mm} \Rightarrow 540 \text{ mm}\end{aligned}$$

Volumen iskanih asortimentov:

$$\begin{aligned}V_a &= n \cdot d \cdot h \cdot l \\V_a &= 14 \cdot 160 \text{ mm} \cdot 48 \text{ mm} \cdot 4 \text{ m} \quad \dots(9) \\V_a &= 0,430 \text{ m}^3\end{aligned}$$

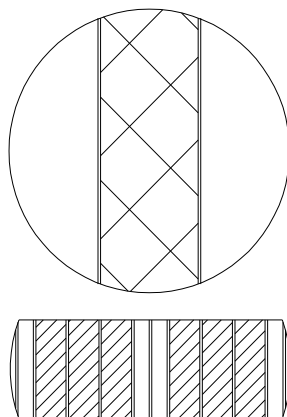
Izkoristek naročila:

$$\begin{aligned}I_n &= \frac{V_a}{V_{hlod}} \cdot 100 \\I_n &= \frac{0,430 \text{ m}^3}{0,950 \text{ m}^3} \cdot 100 \quad \dots(10) \\I_n &= 45,3 \%\end{aligned}$$

Prvi in naslednji (2.) hipotetično najboljši izkoristki naročila so v preglednici 5. Vsi ostali izračuni so podani v prilogi B.

5.1.1 Razžagovanje ene prizme

Na sliki 5 je prikazano razžagovanje hloda na polnojarmeniku in nadaljnje razžagovanje prizme v iskane asortimente na dvoosnem večlistnem krožnem žagalnem stroju.



Slika 5: Prikaz načina razžagovanja plohov enakih širin iz ene prizme

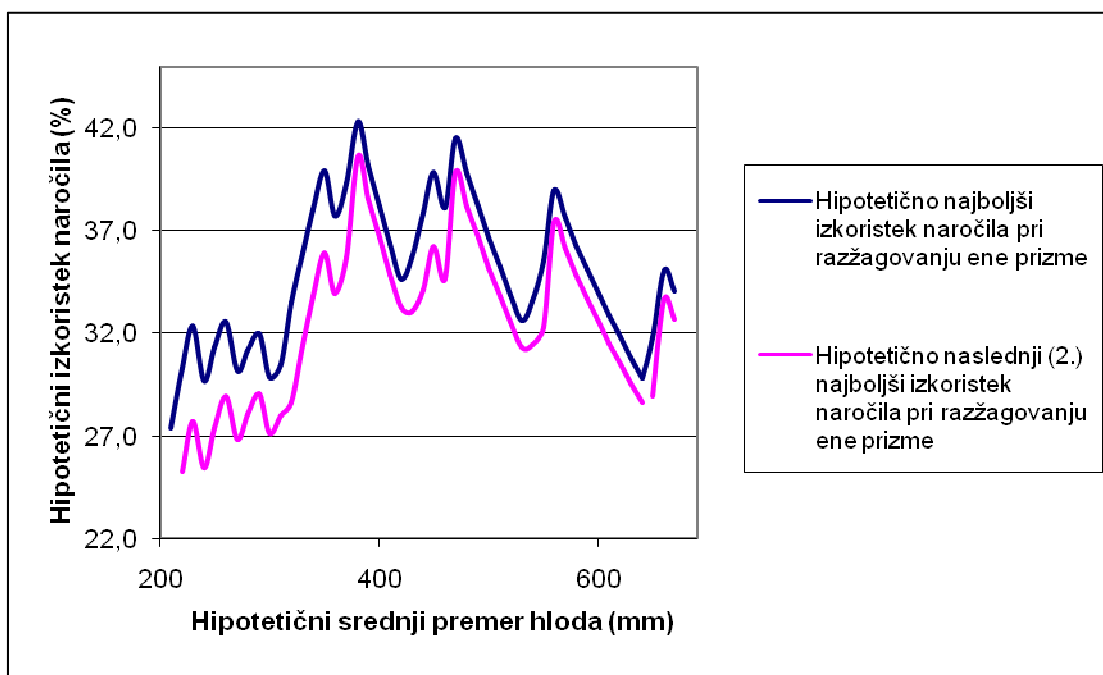
V preglednici 4 so razvidni hipotetični najboljši izkoristki naročila za posamezne srednje premere hlodov. Razvrščeni so po centimetrskih debelinskih razredih, kadar razžagujemo iz hloda eno prizmo. Nato jih razžagujemo v končne asortimente, kot kaže slika 5 v spodnjem delu. Iz območja stržena zaradi ustrezne kvalitete ne glede na delež juvinilnega lesa razžagujemo dve deski. V preglednici 4 je razvidno, število plohov in njihove širine, ki jih dobimo iz posameznih premerov hlodov. Dodani so tudi hipotetično naslednji (2.) najboljši srednji premeri. V prilogi A so podani vsi možni načini razžagovanja hlodovine za zelene asortimente v diplomskem delu in hipotetični izkoristki naročila.

Preglednica 4: Najboljša hipotetična izkoristka naročila pri razžagovanju hlodov v eno prizmo in nadaljnje razžagovanje prizme v izdelke

Hipotetično najboljši izkoristek					
Hipote- tični srednji premer hloda (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izkoristek naročila (%)
210	0,139	2	100	0,038	27,4
220	0,152	2	120	0,046	30,3
320	0,322	4	140	0,108	33,5
230	0,166	2	140	0,054	32,3
240	0,181	2	140	0,054	29,7
330	0,342	4	160	0,123	35,9
250	0,196	2	160	0,061	31,3
340	0,363	4	180	0,138	38,1
430	0,581	6	180	0,207	35,7
260	0,212	2	180	0,069	32,5
270	0,229	2	180	0,069	30,2
350	0,385	4	200	0,154	39,9
440	0,608	6	200	0,230	37,9
360	0,407	4	200	0,154	37,7
540	0,916	6	200	0,307	33,5
280	0,246	2	200	0,077	31,2
640	1,287	10	200	0,384	29,8
450	0,636	6	220	0,253	39,8
370	0,430	4	220	0,169	39,3
460	0,665	6	220	0,253	38,1
550	0,950	8	220	0,338	35,6
290	0,264	2	220	0,084	32,0
650	1,327	10	220	0,422	31,8
300	0,283	2	220	0,084	29,9

Hipotetično naslednji (2.) najboljši izkoristek					
Hipote- tični srednji premer hloda (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izkoristek naročila (%)
220	0,152	2	100	0,038	25,3
320	0,322	4	120	0,092	28,6
230	0,166	2	120	0,046	27,7
240	0,181	2	120	0,046	25,5
330	0,342	4	140	0,108	31,4
250	0,196	2	140	0,054	27,4
340	0,363	4	160	0,123	33,8
260	0,212	2	160	0,061	28,9
270	0,229	2	160	0,061	26,8
350	0,385	4	180	0,138	35,9
440	0,608	6	180	0,207	34,1
360	0,407	4	180	0,138	34,0
280	0,246	2	180	0,069	28,1
450	0,636	6	200	0,230	36,2
370	0,430	4	200	0,154	35,7
460	0,665	6	200	0,230	34,7
550	0,950	6	200	0,307	32,3
290	0,264	2	200	0,077	29,1
300	0,283	2	200	0,077	27,2
310	0,302	2	220	0,084	28,0

Se nadaljuje

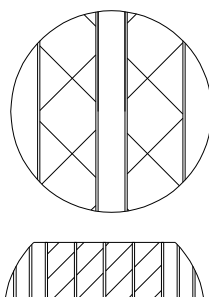


Slika 6: Grafični prikaz gibanja hipotetičnih izkoristkov naročila pri razžagovanju ene prizme v iskane asortimete

Najboljši hipotetični izkoristki naročil se pri navedenem načinu razžagovanja gibljejo med 27,4 in 42,3 odstotki (slika 6). Najboljši hipotetični izkoristek naročila je 42,3 % pri povprečnem premeru hloda 380 mm in petih plohih širine 100 mm (preglednica 4). Na sliki 6 vidimo nihanje hipotetičnih izkoristkov naročila, kar je posledica povečanja debelinskega razreda hloda po 1 cm in zato odmikanje od optimalnega premera za določen razpored žaganja. Izkoristki naročila bi bili večji, če ne bi bilo potrebno iz sredine prizme izžagati cone srca (stržena) v obliki dveh desk. Nekaj odstotkov bi pridobili, če bi iz sredine namesto dveh desk razžagali ploho, vendar je lažje prodati desko kot ploho, ki vsebuje cono srca. Najoptimalneje je razžagovati iz hloda prizme višine nad 200 mm, pri katerem so izkoristki naročil okoli 40 %. Največji hipotetični izkoristki so, kadar iz prizme razžagujemo šest plohov. Pri majhnih povprečnih premerih hloda (do 300 mm) so hipotetični izkoristki naročila majhni (do 30 %), če se odločimo za ta način razžagovanja hlodov. Ker za naročila, ki so podana v diplomskem delu, ni mogoče na drug način razžagovati hlodov majhnih premerov, so to najboljši izkoristki. Drobnejše surovine je bolje porabiti za druga naročila, pri katerih so izkoristki naročila večji, kar je lepo razvidno na sliki 6.

5.1.2 Razžagovanje dveh prizem

Na sliki 7 je prikazano razžagovanje hloda na polnojarmeniku, kadar razžagujemo dve prizmi. Na spodnjem delu slike 7 je prikazano nadaljnje razžagovanje prizme v iskane asortimente na dvoosnem večlistnem krožnem žagalnem stroju.



Slika 7: Prikaz načina razžagovanja plohov enakih širin iz dveh prizem z izžagovanjem stržena

Dve prizmi lahko razžagujemo samo iz hlodov, ki imajo večji srednji premer (nad 300 mm). Kadar razžagujemo iz hloda dve prizmi, iz katerih bomo razžagovali plohe enakih širin, odžagamo cono srca (stržena) v obliki debelejšega asortimenta, da odžagamo del ali ves juvinilni les. Plohi ne smejo vsebovati stržena, ker ne bi ustrezali kriterijem kvalitete.

Najboljši in naslednji (2.) najboljši hipotetični izkoristki naročila za posamezen premer hloda po centimetrskih debelinskih stopnjah so podani v preglednici 5. Vsi ostali možni hipotetični izkoristki naročila so podani v prilogi B.

Preglednica 5: Najboljša hipotetična izkoristka naročila pri razžaganju hlodov v dve prizmi in nadaljnje razžaganje dveh prizem v izdelke

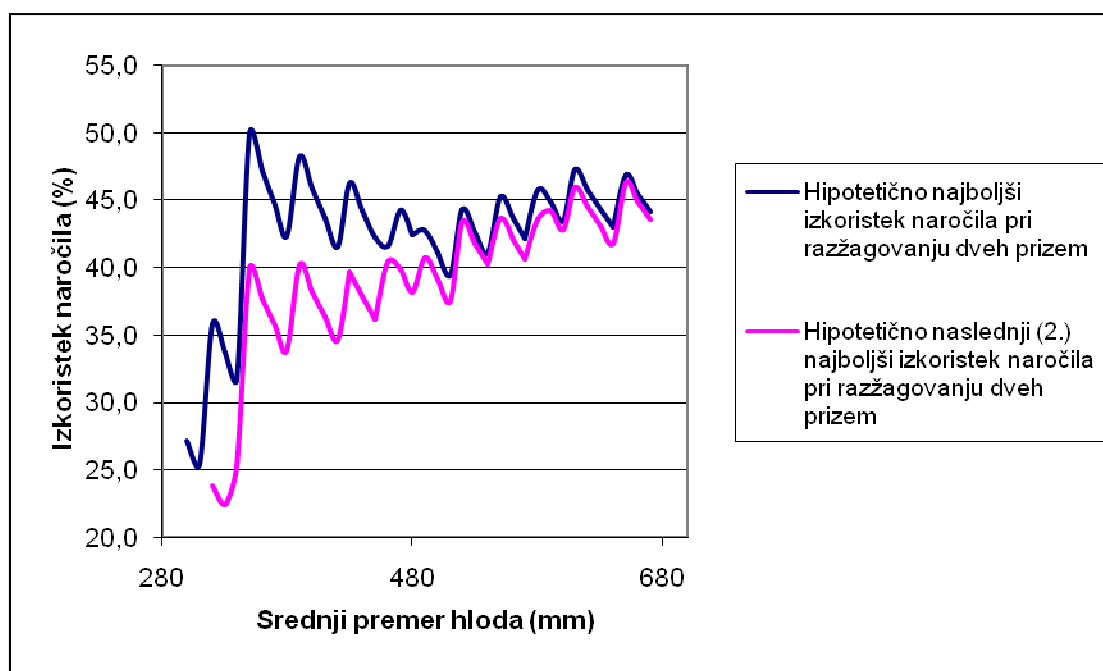
Hipotetično najboljši izkoristek						Hipotetično naslednji (2.) najboljši izkoristek					
Hipote- tični srednji premer (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izkoristek naročila (%)	Hipote- tični srednji premer (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izkoristek naročila (%)
350	0,385	10	100	0,192	49,9	490	0,754	16	100	0,307	40,7
390	0,478	12	100	0,23	48,2	460	0,665	14	100	0,269	40,4
360	0,407	10	100	0,192	47,2	390	0,478	10	100	0,192	40,2
430	0,581	14	100	0,269	46,3	350	0,385	8	100	0,154	39,9
400	0,503	12	100	0,230	45,8	430	0,581	12	100	0,23	39,7
370	0,430	10	100	0,192	44,6	500	0,785	16	100	0,307	39,1
470	0,694	16	100	0,307	44,3	400	0,503	10	100	0,192	38,2
440	0,608	14	100	0,269	44,2	440	0,608	12	100	0,230	37,9
410	0,528	12	100	0,230	43,6	360	0,407	8	100	0,154	37,7
480	0,724	16	100	0,307	42,4	510	0,817	16	100	0,307	37,6
450	0,636	14	100	0,269	42,3	410	0,528	10	100	0,192	36,4
380	0,454	10	100	0,192	42,3	450	0,636	12	100	0,230	36,2
420	0,554	12	100	0,230	41,6	370	0,43	8	100	0,154	35,7
320	0,322	6	100	0,115	35,8	420	0,554	10	100	0,192	34,6
330	0,342	6	100	0,115	33,7	380	0,454	8	100	0,154	33,9
340	0,363	6	100	0,115	31,7	340	0,363	4	120	0,077	25,4
300	0,283	4	100	0,077	27,2	320	0,322	4	100	0,077	23,9
310	0,302	4	100	0,077	25,4	330	0,342	4	100	0,077	22,4
460	0,665	12	120	0,276	41,6	560	0,985	18	120	0,415	42,1
420	0,554	10	120	0,230	41,6	570	1,021	18	120	0,415	40,6
420	0,554	10	120	0,230	41,6	570	1,021	18	120	0,415	40,6
500	0,785	14	120	0,323	41,1	540	0,916	16	120	0,369	40,2
510	0,817	14	120	0,323	39,5	470	0,694	12	120	0,276	39,8

Se nadaljuje

Nadaljevanje

Hipotetično najboljši izkoristek					
Hipote- tični srednji premer (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izkoristek naročila (%)
570	1,021	16	140	0,43	42,1
540	0,916	14	140	0,376	41,1
500	0,785	12	140	0,323	41,1
510	0,817	12	140	0,323	39,5
550	0,950	14	160	0,430	45,3
590	1,094	16	160	0,492	44,9
630	1,247	18	160	0,553	44,3
560	0,985	14	160	0,430	43,7
600	1,131	16	160	0,492	43,5
640	1,287	18	160	0,553	43,0
480	0,724	10	160	0,307	42,4
570	1,021	14	160	0,430	42,1
610	1,169	16	180	0,553	47,3
650	1,327	18	180	0,622	46,9
580	1,057	14	180	0,484	45,8
620	1,208	16	180	0,553	45,8
660	1,368	18	180	0,622	45,5
630	1,247	16	180	0,553	44,3
670	1,41	18	180	0,622	44,1
640	1,287	16	180	0,553	43,0

Hipotetično naslednji (2.) najboljši izkoristek					
Hipote- tični srednji premer (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izkoristek naročila (%)
520	0,849	12	160	0,369	43,4
530	0,882	12	160	0,369	41,8
490	0,754	10	160	0,307	40,7
540	0,916	12	160	0,369	40,2
500	0,785	10	160	0,307	39,1
510	0,817	10	160	0,307	37,6
550	0,95	12	180	0,415	43,6
600	1,131	14	180	0,484	42,8
560	0,985	12	180	0,415	42,1
570	1,021	12	180	0,415	40,6
650	1,327	16	200	0,614	46,3
610	1,169	14	200	0,538	46,0
660	1,368	16	200	0,614	44,9
620	1,208	14	200	0,538	44,5
580	1,057	12	200	0,461	43,6
670	1,41	16	200	0,614	43,6
630	1,247	14	200	0,538	43,1
640	1,287	14	200	0,538	41,8



Slika 8: Grafični prikaz gibanja hipotetičnih izkoristkov naročila pri razžagovanju dveh prizem v iskane asortimete

Hipotetični izkoristki naročila pri tem načinu razžagovanja se gibljejo v povprečju nad 40 % (slika 8). Na sliki 8 vidimo, da je razlika med prvim hipotetičnim izkoristkom naročila in naslednjim (2.) hipotetičnim izkoristkom naročila pri majhnih premerih velika, nato pa se postopno približa najboljšemu hipotetičnemu izkoristku naročila. V preglednici 5 je razvidno, da prizem, višjih od 200 mm, ni smiselno razžagovati na ta način iz hloda, ker so izkoristki naročila majhni (priloga B). Najboljši hipotetični izkoristki naročila se gibljejo pri premeru hlodov od 400 do 600 mm in pri razžagovanju osmih plohov iz ene prizme, kar pomeni skupno šestnajst plohov, kot je zapisano v preglednici 5. Najboljši hipotetični izkoristek naročila znaša 49,9 % pri premeru hloda 350 mm, če imamo 10 plohov širine 100 mm. Pri razžagovanju hlodov premera 310 mm je hipotetični izkoristek naročila nizek in znaša 25,4 %. Opazimo, da so nizki izkoristki naročila pri majhnem številu plohov in veliki višini prizme. V nekaterih primerjavah so razlike med najboljšim in najslabšim izkoristkom naročila tudi do 10 %, zato je izbira ustrezne surovine za določene izdelke zelo pomembna.

V preglednici 6 je primerjava hipotetično najboljših in naslednjih (2.) najboljših izkoristkov naročila plohov enakih širin, ne glede na to, ali iz hloda razžagujemo eno ali dve prizmi. Hipotetični najboljši izkoristki so označeni z rdečo barvo, hipotetično naslednji (2.) najboljši z modro.

Ocepek D. Vpliv strukture žagalnih strojev na kapaciteto žagalnice.

Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2007

Preglednica 6: Primerjava hipotetičnih izkoristkov naročila pri razžaganju ene ali dveh prizem iz hloda

		ENA PRIZMA										DVE PRIZMI								
		Najboljši izkoristek				Drugi najboljši izkoristek						Najboljši izkoristek				Drugi najboljši izkoristek				
Hipote- tični srednji premer hloda (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Hipote- tični srednji premer hloda (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	
210	0,139	2	100	0,038	27,7															
220	0,152	2	120	0,046	30,3	2	100	0,038	25,3											
230	0,166	2	140	0,054	32,3	2	120	0,046	27,7											
240	0,181	2	140	0,054	29,7	2	120	0,046	25,5											
250	0,196	2	160	0,061	31,3	2	140	0,054	27,4											
260	0,212	2	180	0,069	32,5	2	160	0,061	28,9											
270	0,229	2	180	0,069	30,2	2	160	0,061	26,8											
280	0,246	2	200	0,077	31,2	2	180	0,069	28,1											
290	0,264	2	220	0,084	32,0	2	200	0,077	29,1											
300	0,283	2	220	0,084	29,9	2	200	0,077	27,2	300	0,283	4	100	0,077	27,2					
310	0,302	2	240	0,092	30,5	2	220	0,084	28,0	310	0,302	4	100	0,077	25,4					
320	0,322	4	140	0,108	33,4	2	240	0,092	28,6	320	0,322	6	100	0,115	35,8	4	100	0,077	23,9	
						4	120	0,092	28,6											
330	0,342	4	160	0,123	35,9	4	140	0,108	31,4	330	0,342	6	100	0,115	33,7	4	100	0,077	22,4	
340	0,363	4	180	0,138	38,1	4	160	0,123	33,8	340	0,363	6	100	0,115	31,7	4	120	0,077	25,4	
350	0,385	4	200	0,154	39,9	4	180	0,138	35,9	350	0,385	10	100	0,192	49,9	8	100	0,154	39,9	
360	0,407	4	200	0,154	37,7	4	180	0,138	34,0	360	0,407	10	100	0,192	47,2	8	100	0,154	37,7	
370	0,430	4	220	0,169	39,3	4	200	0,154	35,7	370	0,430	10	100	0,192	44,6	8	100	0,154	35,7	

Se nadaljuje

Nadaljevanje

		ENA PRIZMA										DVE PRIZMI							
		Najboljši izkoristek				Drugi najboljši izkoristek						Najboljši izkoristek				Drugi najboljši izkoristek			
Hipote- tični srednji premer hloda (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Hipote- tični srednji premer hloda (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)
380	0,454	4	250	0,192	42,3	4	240	0,184	40,6	380	0,454	10	100	0,192	42,3	8	100	0,154	33,9
390	0,478	4	250	0,192	40,2	4	240	0,184	38,6	390	0,478	12	100	0,230	48,2	10	100	0,192	40,2
400	0,503	4	250	0,192	38,2	4	240	0,184	36,7	400	0,503	12	100	0,230	45,8	10	100	0,192	38,2
410	0,528	4	250	0,192	36,4	4	240	0,184	34,9	410	0,528	12	100	0,230	43,6	10	100	0,192	36,4
420	0,554	4	250	0,192	34,6	4	240	0,184	33,3	420	0,554	12	100	0,230	41,6	10	100	0,192	34,6
												10	120	0,230	41,6				
430	0,581	6	180	0,207	35,7	4	250	0,192	33,1	430	0,581	14	100	0,269	46,3	12	100	0,230	39,7
																10	120	0,230	39,7
440	0,608	6	200	0,230	37,9	6	180	0,207	34,1	440	0,608	14	100	0,269	44,2	12	100	0,230	37,9
																10	120	0,230	37,9
450	0,636	6	220	0,253	39,8	6	200	0,230	36,2	450	0,636	14	100	0,269	42,3	12	100	0,230	36,2
																10	120	0,230	36,2
460	0,665	6	220	0,253	38,1	6	200	0,230	34,7	460	0,665	12	120	0,276	41,6	14	100	0,269	40,4
470	0,694	6	250	0,288	41,5	6	240	0,276	39,8	470	0,694	16	100	0,307	44,3	12	120	0,276	39,8
480	0,724	6	250	0,288	39,8	6	240	0,276	38,2	480	0,724	16	100	0,307	42,4	12	120	0,276	38,2
												10	160	0,307	42,4				
490	0,754	6	250	0,288	38,2	6	240	0,276	36,7	490	0,754	12	140	0,323	42,8	16	100	0,307	40,7
																10	160	0,307	40,7

Se nadaljuje

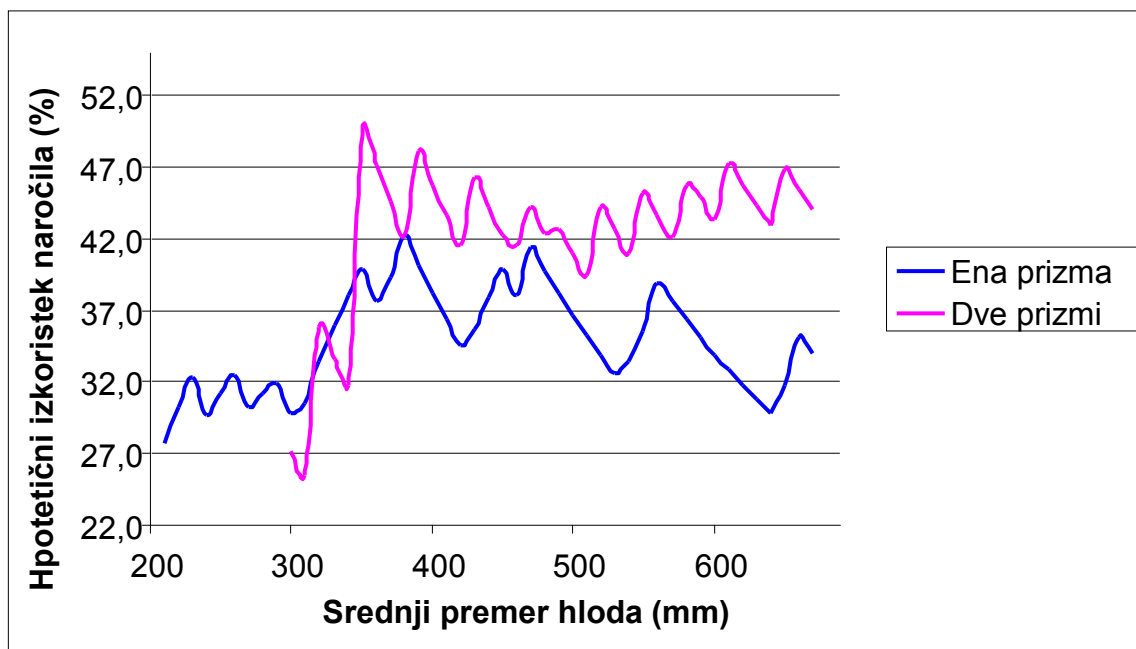
Nadaljevanje

		ENA PRIZMA										DVE PRIZMI							
		Najboljši izkoristek				Drugi najboljši izkoristek						Najboljši izkoristek				Drugi najboljši izkoristek			
Hipote- tični srednji premer hloda (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Hipote- tični srednji premer hloda (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)
500	0,785	6	250	0,288	36,7	6	240	0,276	35,2	500	0,785	14	120	0,323	41,1	16	100	0,307	39,1
												12	140	0,323	41,1	10	160	0,307	39,1
510	0,817	6	250	0,288	35,2	6	240	0,276	33,8	510	0,817	14	120	0,323	39,5	16	100	0,307	37,6
												12	140	0,323	39,5	10	160	0,307	37,6
520	0,849	6	250	0,288	33,9	6	240	0,276	32,5	520	0,849	14	140	0,376	44,3	12	160	0,369	43,4
530	0,882	6	250	0,288	32,6	6	240	0,276	31,3	530	0,882	14	140	0,376	42,6	12	160	0,369	41,8
540	0,916	6	200	0,307	33,5	6	250	0,288	31,4	540	0,916	14	140	0,376	41,1	12	160	0,369	40,2
																12	160	0,369	40,2
550	0,950	8	220	0,338	35,6	6	200	0,307	32,3	550	0,950	14	160	0,430	45,3	12	180	0,415	43,6
560	0,985	8	250	0,384	39,0	8	240	0,369	37,4	560	0,985	16	140	0,430	43,7	18	120	0,415	42,1
												14	160	0,430	43,7	12	180	0,415	42,1
570	1,021	8	250	0,384	37,6	8	240	0,369	36,1	570	1,021	16	140	0,430	42,1	18	120	0,415	40,6
												14	160	0,430	42,1	12	180	0,415	40,6
580	1,057	8	250	0,384	36,3	8	240	0,369	34,9	580	1,057	14	180	0,484	45,8	12	200	0,461	43,6
590	1,094	8	250	0,384	35,1	8	240	0,369	33,7	590	1,094	16	160	0,492	44,9	14	180	0,484	44,2
600	1,131	8	250	0,384	34,0	8	240	0,369	32,6	600	1,131	16	160	0,492	43,5	14	180	0,484	42,8
610	1,169	8	250	0,384	32,8	8	240	0,369	31,5	610	1,169	16	180	0,553	47,3	14	200	0,538	46,0
620	1,208	8	250	0,384	31,8	8	240	0,369	30,5	620	1,208	16	180	0,553	45,8	14	200	0,538	44,5

Se nadaljuje

Nadaljevanje

		ENA PRIZMA										DVE PRIZMI							
		Najboljši izkoristek				Drugi najboljši izkoristek						Najboljši izkoristek				Drugi najboljši izkoristek			
Hipote- tični srednji premer hloda (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Hipote- tični srednji premer hloda (mm)	V hloda (m ³)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)	Število plohov	Širina plohov (mm)	V plohov (m ³)	Hipote- tični izko- ristek naročila (%)
630	1,247	8	250	0,384	30,8	8	240	0,369	29,6	630	1,247	18	160	0,553	44,3	14	200	0,538	43,1
												16	180	0,553	44,3				
640	1,287	10	200	0,384	29,8	8	240	0,369	28,6	640	1,287	18	160	0,553	43,0	14	200	0,538	41,8
640	1,287	8	250	0,384	29,8							16	180	0,553	43,0				
650	1,327	10	220	0,422	31,8	8	250	0,384	28,9	650	1,327	18	180	0,622	46,9	16	200	0,614	46,3
660	1,368	10	250	0,480	35,1	10	240	0,461	33,7	660	1,368	18	180	0,622	45,5	16	200	0,614	44,9
670	1,410	10	250	0,480	34,0	10	240	0,461	32,7	670	1,410	18	180	0,622	44,1	16	200	0,614	43,6



Slika 9: Primerjava hipotetičnih najboljših izkoristkov naročila pri razžagovanju ene in dveh prizem v iskane asortimente

V preglednici 6 in na sliki 9 je razvidno, da so pri manjših povprečnih premerih hipotetični izkoristki naročila pri izdelovanju ene prizme boljši, nato pa postopoma najboljši izkoristki preidejo na hlode, iz katerih izdelamo dve prizmi. Na sliki 9 je izrazito opazno nihanje hipotetičnih izkoristkov naročila pri razžagovanju hloda v eno ali dve prizmi. Pri razžagovanju dveh prizem je gibanje hipotetičnih izkoristkov manjše. Do povprečnega premera hloda 300 mm ne primerjamo, ker je premer hloda premajhen, da bi razžagovali dve prizmi ustrezne višine. Prizme, višje od 200 mm, razžagujemo samo iz hlodov, iz katerih razžagujemo eno prizmo. Razžagovanje je omejeno s širino jarma polnojarmenika. V prilogah A in B, kjer so povzeti vsi hipotetični izkoristki za posamezna možna načina žaganja hlodovine v prizme in nadalje v zelene asortimente, razberemo, da so nekateri nadaljnji hipotetični izkoristki naročila boljši pri razžagovanju dveh prizem iz hloda, kar je izrazito razvidno pri velikih povprečnih premerih hloda. Iz hloda povprečnega premera 550 mm je bolje razžagovati dve prizmi (izkoristek naročila je 45,3%), ker je šele na sedmem mestu hipotetično najboljši izkoristek (35,56 %), če razžagujemo eno prizmo. Pri največjih premerih hlodov je razlika med hipotetično največjima izkoristkoma naročila do 10 %. Preglednica 6 kaže tudi, da je za nekatere možnosti razžagovanja izkoristek pri

enakem povprečnem premeru hloda enak. Večina hipotetičnih izkoristkov naročila, ki jih je mogoče primerjati, je pri razžagovanju ene prizme za 2 do 10 % manjša od načina, po katerem razžagujemo dve prizmi, kar je posledica razžagovanja dveh desk iz sredine prizme, pri čemer se odžaga cona srca. Za prehod na večje število plohov v primeru razžagovanja ene prizme vzamemo približno za 10 cm večji premer hloda, v primeru, da razžagujemo dve prizmi, pa v povprečju za 3 cm. Da bi se odločili npr. za boljši način razžagovanja hloda in izbrali povprečne premere hlodov za plohe širine 180 mm, primerjamo izračune izkoristkov naročila v prilogah A in B. Razberemo, da so za razžaganje plohov, npr. širine 180 mm, iz katerega razžagamo eno prizmo, najprimernejši hlodi povprečnih premerov 340 mm, 350 mm, 430 mm in 440 mm. Pri tem načinu žaganja dobimo 4 ali 6 plohov iz ene prizme. Če razžagamo dve prizmi, morajo biti povprečni premeri hloda nad 600 mm, da dobimo najboljše hipotetične izkoristke naročila; ti so v primerjavi s prejšnjim načinom veliko boljši. Ko nimamo zadostne količine hlodov velikih premerov, se je smotrno odločiti za razžaganje ene prizme širine 180 mm.

5.1.3 Optimalna surovina

V preglednici 7 je prikazana struktura optimalne surovine za dano naročilo.

Preglednica 7: Srednji premeri hlodov za iskano naročilo in najboljši hipotetični izkoristki naročila

Širina plohov (mm)	Srednji premer hloda (mm)	Najboljši hipotetični izkoristek naročila
100	350	49,9 %
120	460	41,6 %
140	490	42,8 %
160	550	45,3 %
180	650	46,9 %
200	650	46,3 %
220	450	38,8 %
240	380	40,6 %
250	380	42,3 %

V preglednici 7 vidimo, da za dano naročilo potrebujemo debelejšo in debelo hlodovino (nad 50 cm). Da bi imeli najboljše izkoristke za dano naročilo, bi za izdelavo naročila hipotetično potrebovali samo hlode srednjih premerov, ki so navedeni v preglednici 7. Opazimo, da vsi hipotetični izkoristki naročila presegajo 40 %, razen pri razžagovanju v prizmo in nadaljnjem razžagovanju v plohe širine 220 mm.

V preglednici 8 je prikazano, kolikšen odstotek in kolikšne volumne posamezne širine plohov potrebujemo letno za izdelavo lepljenih nosilcev. Podana je skupna dolžina plohov in podano je tudi število plohov za letno naročilo (plohi so dolžine 4 m). Podatki so pridobljeni iz pregleda letnega naročila (Letno poročilo primarne proizvodnje .. 2004), dodani so 3 odstotki kala (ocena), upoštevana pa je nadmera za nadaljno predelavo.

Preglednica 8: Pregled porabe določenih širin plohov glede na celoletno naročilo

Širina plohov (mm)	Odstotek porabljenih plohov (%)	V_{plohov} (m^3)	V_{ploha} (m^3)	Število plohov ($l=4\text{m}$)	Skupna dolžina (m')
160	31,6	5755,9	0,031	187368	749471
140	22,5	4098,4	0,027	152469	609877
120	15,7	2859,8	0,023	124121	496485
180	11,3	2058,3	0,035	59557	238229
100	7,5	1366,1	0,019	71152	284609
200	4,9	892,5	0,039	23243	92972
220	3,3	601,1	0,042	14230	56922
240	1,9	346,1	0,046	7511	30042
250	1,3	236,8	0,048	4933	19733
Σ	100	18215			2578340

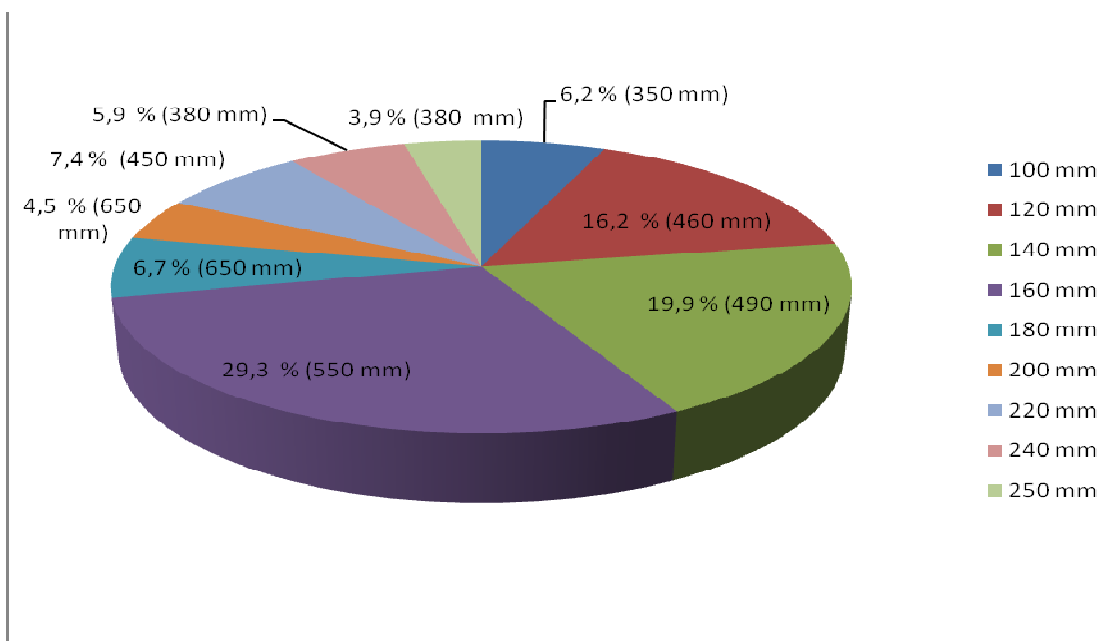
V preglednici 8 je razvidno, da je največja poraba plohov širine 160 mm (31,6 %), upoštevajoč volumen lesa. Širine plohov so razporejene glede na odstotek porabe ter glede na volumen lesa. Glede na celoletno porabo surovine letno porabijo samo 1,3 % plohov širine 250 mm.

Ker letno potrebujemo samo določeno število posameznih asortimentov, se izkoristki naročila zmanjšajo, ker moramo razžagovati tudi hlode, ki niso najprimernejši za razžaganje v iskane asortimente, četudi imamo zadostno količino posameznih premerov hlodov za celoletno naročilo.

Največja težava nastane pri prebiranju hlodovine, da bi našli hlode točno določenih vršnih premerov, ker nimamo dovolj velike površine za skladiščenje hlodovine, da bi imeli hlodovino sortirano po centimetrih ter na vse kvalitetne in dolžinske razrede. Ker hlodovino sortiramo po debelinskih razredih na deset centimetrov, lahko izbiramo hlodovino, ki je v bližini najboljšega izkoristka naročila. Izkoristek naročila je zato nižji.

Preglednica 9: Hipotetični najboljši srednji premeri hlodov za izdelavo posamezne širine plohov in optimalna struktura hlodov

Širina plohov (mm)	Odstotek porabljenih plohov (%)	ENA PRIZMA		DVE PRIZMI		OPTIMALNA REŠITEV		
		Hipotetični srednji premer hloda (mm)	Število plohov iz hloda	Hipotetični srednji premer hloda (mm)	Število plohov iz hloda	Srednji premer hloda (mm)	Število hlodov	Delež hlodov (%)
100	7,5	210	2	350	10	350	1976,4	6,2
120	15,7	220	2	460	12	460	5171,7	16,2
140	22,5	320	4	490	12	490	6352,9	19,9
160	31,6	330	4	550	10	550	9368,4	29,3
180	11,3	340	4	650	18	650	2127,0	6,7
200	4,9	350	4	650	16	650	1452,7	4,5
220	3,3	450	6			450	2371,7	7,4
240	1,9	380	4			380	1877,8	5,9
250	1,3	380	4			380	1233,3	3,9



Slika 10: Delež in srednji premeri hlodov za izvedbo naročila

V preglednici 9 razberemo najboljše hipotetične srednje premere hlodov za razžaganje v iskane asortimente. Prikazana sta oba načina razžaganja hlodov v prizme in nadalje v končne asortimente. Največji delež hlodov se giblje v debelinskih razredih od 41 do 60 cm. V preglednici 9 je prikazano, da bi potrebovali za vse iskane asortimente 65,4 % hlodov srednjega premera od 460 do 550 mm. V preglednici 2 vidimo, da 55 % hlodovine, ki jo trenutno dobi žagarski obrat, ustreza tem pogojem. Ugotovimo, da ne moremo imeti vedno najboljšega izkoristka naročila iz hloda, ker moramo uporabiti hlode tudi iz drugih debelinskih razredov, kjer so izkoristki naročila manjši. Skupni izkoristek naročil se tako zmanjša.

Iz slike 10 razberemo, da za izvršitev naročila potrebujemo predvsem debelejšo hlodovino (29,3 % hlodov srednjega premera 550 mm, 19,9 % hlodov srednjega premera 490 mm ...), seveda če želimo dosegati dobre izkoristke. Ob predpostavki, da je struktura naročila po letih enaka, je za izvedbo teoretično potrebno imeti samo hlode srednjih premerov, ki so navedeni v preglednici 9, v določenih deležih, ki so prikazani na sliki 10.

5.2 KAPACITETA POLNOJARMENIKA

Kapaciteta polnojarmenika je odvisna od vrste dejavnikov, tako od konstrukcije stroja, ki pogojuje največji možni premer razžagovanja, od podajalne hitrosti (v_p) in tudi od nekaterih drugih dejavnikov.

$T = 480 \text{ min} \Rightarrow$ čas obratovanja brez izgub časa,

$p = 0,0093 \text{ m} \Rightarrow$ pomik na en hod jarma,

$n = 320/\text{min} \Rightarrow$ vrtilna hitrost na gredi polnojarmenika,

$k_1 = 0,9 \Rightarrow$ koeficient strojnega časa,

$k_2 = 0,83 \Rightarrow$ koeficient izmene.

Preglednica 10: Časi mirovanja polnojarmenika

Vzrok za mirovanje polnojarmenika	Čas trajanja
Malica	30 min
Dva odmora	20 min
Menjava žaginskih listov oz. prestavitvev (del časa sovpada z odmoroma)	40 min
Začetek in konec dela	20 min
Ostali zastoji	10 min

Primer izračuna količine razžagane hlodovine (E) s premerom 40 cm (D):

$$E = T \cdot p \cdot n \cdot D^2 \cdot 0,785 \cdot k_1 \cdot k_2$$
$$E = 480 \text{ min} \cdot 0,0093 \text{ m} \cdot 320 \frac{1}{\text{min}} \cdot 0,4^2 \cdot 0,785 \cdot 0,9 \cdot 0,83 \quad \dots(11)$$
$$E = 134,025 \frac{\text{m}^3}{\text{izmeno}}$$

Ker nas zanima število prizem iz posameznih debelinskih razredov, izračunamo, koliko prizem dobimo v enem dnevu, če polnojarmenik obratuje povprečno 88 ur na teden, dvoosni večlistni krožni žagalni stroj pa naj bi obratoval 40 ur.

Izračun števila prizem iz hloda (N_{prizem}), kadar razžagujemo eno prizmo dolžine štiri metre iz hloda:

$$N_{prizem} = \frac{E}{V}$$

$$N_{prizem} = \frac{134,025 \frac{m^3}{izmeno}}{0,503 m^3} \quad \dots(12)$$

$$N_{prizem} = 266,45 \Rightarrow 266$$

Preglednica 11: Število izdelanih prizem na izmeno na polnojarmeniku pri razžagovanju ene prizme iz hloda

Srednji povprečni premer (mm)	Volumen hloda (m ³)	p (mm)	v _p (m/min)	Količina nažagane hlodovine na izmeno (m ³)	Višina optimalne prizme (mm)	Število prizem na izmeno
210	0,139	0,0132	4,21	52,458	100	378
220	0,152	0,0132	4,21	57,573	120	378
230	0,166	0,0132	4,21	62,926	140	378
240	0,181	0,0132	4,21	68,517	140	378
250	0,196	0,0132	4,21	74,346	160	378
260	0,212	0,0121	3,86	73,711	180	347
270	0,229	0,0121	3,86	79,490	180	347
280	0,246	0,0121	3,86	85,488	200	347
290	0,264	0,0121	3,86	91,703	220	347
300	0,283	0,0121	3,86	98,136	220	347
310	0,302	0,0109	3,50	94,396	240	312
320	0,322	0,0109	3,50	100,584	140	312
330	0,342	0,0109	3,50	106,969	160	312
340	0,363	0,0109	3,50	113,550	180	312
350	0,385	0,0109	3,50	120,327	200	312
360	0,407	0,0093	2,99	108,615	200	266
370	0,430	0,0093	2,99	114,733	220	266
380	0,454	0,0093	2,99	121,019	250	266
390	0,478	0,0093	2,99	127,472	250	266
400	0,503	0,0093	2,99	134,025	250	266
410	0,528	0,0077	2,47	116,643	250	220
420	0,554	0,0077	2,47	122,403	250	220
430	0,581	0,0077	2,47	128,301	180	220
440	0,608	0,0077	2,47	134,338	200	220
450	0,636	0,0077	2,47	140,513	220	220
460	0,665	0,0069	2,22	131,573	220	198

Se nadaljuje

Nadaljevanje

Srednji povprečni premer (mm)	Volumen hloda (m ³)	p (mm)	v _p (m/min)	Količina nažagane hlodovine na izmeno (m ³)	Višina optimalne prizme (mm)	Število prizem na izmeno
470	0,694	0,0069	2,22	137,356	250	198
480	0,724	0,0069	2,22	143,263	250	198
490	0,754	0,0069	2,22	149,294	250	198
500	0,785	0,0069	2,22	155,450	250	198
510	0,817	0,0062	1,98	145,323	250	177
520	0,849	0,0062	1,98	151,078	250	177
530	0,882	0,0062	1,98	156,944	250	177
540	0,916	0,0062	1,98	162,922	200	177
550	0,950	0,0062	1,98	169,012	220	177
520	0,849	0,0062	1,98	151,078	250	177
530	0,882	0,0062	1,98	156,944	250	177
540	0,916	0,0062	1,98	162,922	200	177
550	0,950	0,0062	1,98	169,012	220	177
560	0,985	0,0057	1,81	161,084	250	163
570	1,021	0,0057	1,81	166,888	250	163
580	1,057	0,0057	1,81	172,796	250	163
590	1,094	0,0057	1,81	178,805	250	163
600	1,131	0,0057	1,81	184,918	250	163
610	1,169	0,0051	1,63	171,014	250	146
620	1,208	0,0051	1,63	176,667	250	146
630	1,247	0,0051	1,63	182,412	250	146
640	1,287	0,0051	1,63	188,249	200 ali 250	146
650	1,327	0,0051	1,63	194,177	220	146
660	1,368	0,0051	1,63	200,198	250	146
670	1,410	0,0051	1,63	206,311	250	146

Z večjim premerom hloda se zmanjša podajalna hitrost (v_p). Ker je skupna višina žaganja hloda večja, se posledično zmanjša število prizem, ki jih lahko izdelamo v eni izmeni. Podajalne hitrosti so rezultati lastnih meritev, ki so bile narejene za vnaprej določene debelinske razrede hlodovine po 5-centimetrovskih korakih.

Preglednica 12: Število izdelanih prizem na izmeno na polnojarmeniku pri razžagovanju dveh prizem iz hloda

Srednji povprečni premer (mm)	Volumen hloda (m ³)	p (mm)	V _p (m/min)	Količina nažagane hlodovine na izmeno (m ³)	Višina optimalne prizme (mm)	Število prizem na izmeno
300	0,283	0,0113	3,60	91,242	100	644
310	0,302	0,0113	3,60	97,427	100	644
320	0,322	0,0113	3,60	103,814	100	644
330	0,342	0,0113	3,60	110,403	100	644
340	0,363	0,0113	3,60	117,196	100	644
350	0,385	0,0113	3,60	124,191	100	644
360	0,407	0,0097	3,09	112,776	100	554
370	0,430	0,0097	3,09	119,128	100	554
380	0,454	0,0097	3,09	125,654	100	554
390	0,478	0,0097	3,09	132,355	100	554
400	0,503	0,0097	3,09	139,229	100	554
410	0,528	0,0080	2,57	121,661	100	460
420	0,554	0,0080	2,57	127,668	100 ali 120	460
430	0,581	0,0080	2,57	133,820	100	460
440	0,608	0,0080	2,57	140,117	100	460
450	0,636	0,0080	2,57	146,558	100	460
460	0,665	0,0073	2,32	138,247	120	416
470	0,694	0,0073	2,32	144,323	100	416
480	0,724	0,0073	2,32	150,530	100 ali 160	416
490	0,754	0,0073	2,32	156,867	140	416
500	0,785	0,0073	2,32	163,335	120 ali 140	416
510	0,817	0,0065	2,08	152,355	120 ali 140	372
520	0,849	0,0065	2,08	158,388	140	372
530	0,882	0,0065	2,08	164,538	140	372
540	0,916	0,0065	2,08	170,806	140	372
550	0,950	0,0065	2,08	177,191	160	372
560	0,985	0,0060	1,91	168,679	140 ali 160	342
570	1,021	0,0060	1,91	174,757	140 ali 160	342
580	1,057	0,0060	1,91	180,943	180	342
590	1,094	0,0060	1,91	187,236	160	342
600	1,131	0,0060	1,91	193,637	160	342
610	1,169	0,0054	1,73	181,283	180	310
620	1,208	0,0054	1,73	187,276	180	310
630	1,247	0,0054	1,73	193,365	160 ali 180	310
640	1,287	0,0054	1,73	199,553	160 ali 180	310
650	1,327	0,0054	1,73	205,838	180	310
660	1,368	0,0054	1,73	212,220	180	310
670	1,410	0,0054	1,73	218,699	180	310

Kadar žagamo iz hloda dve prizmi z vmesnim plohom, je kapaciteta nekoliko večja, ker žaga manj žaginih listov naenkrat, kot pri enakem povprečnem premeru, ko razžagujemo eno prizmo iz hloda.

Preglednica 13: Potrebni čas za izvedbo naročila pri razžagovanju optimalne surovine

Srednji premer hloda (mm)	Širina plovov (mm)	Potrebno število prizem za letno naročilo	Število izmen
350	100	18737	29,1
460	120	12706	27,6
490	140	10343	24,9
550	160	4254	11,4
650	180	3953	12,8
650	200	1453	5,2
450	220	2372	10,8
380	240	1878	6,5
380	250	1233	4,6
			Σ 132,9

Za izvedbo naročila potrebujemo 132,9 izmen na polnojarmeniku (preglednica 13), da naredimo ustrezno število prizem. Največ izmen potrebujemo, da razžagamo prizme višine 100 mm, ki predstavljajo velik delež plovov. Pri razžagovanju prizem višine 250 mm potrebujemo 4,6 izmen.

5.3 KAPACITETA DVOOSNEGA VEČLISTNEGA KROŽNEGA ŽAGALNEGA STROJA

DOKŽS je sekundarni stroj, na katerem razžagujemo prizme v željene asortimente. Kapaciteto stroja definira podajalna hitrost (v_p), ki je odvisna od višine prizme. V diplomskem delu smo upoštevali dejanske podajalne hitrosti (preglednica 14), pridobljene na podlagi izkušenj upravljalca stroja.

Primer izračuna kapacitete dvoosnega večlistnega žagalnega stroja ($E_{DOKŽS}$), za prizmo višine 140 mm:

$T = 480 \text{ min} \Rightarrow$ čas izmene

$u = 18 \text{ m/min} \Rightarrow$ hitrost podajanja

$k_1 = 0,80 \Rightarrow$ koeficient strojnega časa

$k_2 = 0,79 \Rightarrow$ koeficient izmene

$$E_{DOKŽS} = T \cdot u \cdot k_1 \cdot k_2$$

$$E_{DOKŽS} = 480 \text{ min} \cdot 18 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 0,80 \cdot 0,79 \quad \dots(13)$$

$$E_{DOKŽS} = 5460 \frac{\text{m}}{\text{izmeno}}$$

Izračun števila štirimetrskih prizem (N_{prizem}), ki jih lahko stroj razžaga v eni izmeni.

$E_{DOKŽS} = 5460 \text{ m/izmeno}$

$l = 4 \text{ m} \Rightarrow$ dolžina prizme

$$N_{prizem} = \frac{E_{DOKŽS}}{l}$$

$$N_{prizem} = \frac{5460 \frac{\text{m}}{\text{izmeno}}}{4 \text{ m}} \quad \dots(14)$$

$$N_{prizem} = 1365 \frac{\text{prizem}}{\text{izmeno}}$$

Preglednica 14: Število razžaganih prizem pri določenih pogojih na DOKŽS

Višina prizme (mm)	v_p (m/min)	Premer krožnega žaginega lista (mm)	p (mm)	E (m'/izmeno)	Število prizem (N)
100	23	350	0,0003194	6977	1744
120	21	350	0,0002917	6370	1592
140	18	350	0,0002500	5460	1365
160	16	400	0,0001852	4853	1213
180	14	400	0,0001620	4247	1061
200	12	400	0,0001389	3640	910
220	10	430	0,0000992	3033	758
240	8	430	0,0000794	2426	606

V preglednici 14 je razvidno, da se z višino prizem zmanjša podajalna hitrost (v_p) in poveča premer krožnih žaginskih listov, zato se kapaciteta dvoosnega večlistnega krožnega žagalnega stroja, ki jo podajamo v tekočih metrih (m'), zmanjša za 65,2 %. Pri izračunu kapacitete stroja sta upoštevana koeficient izmene ($k_1 = 0,80$) in koeficient strojnega časa. ($k_2 = 0,79$).

Preglednica 15: Potreben čas za izdelavo naročila na DOKŽS

Srednji premer hloda (mm)	Širina plohov (mm)	Potrebno število prizem za letno naročilo	Število izmen
350	100	18737	10,8
460	120	12706	8,0
490	140	10343	7,6
550	160	4254	3,5
650	180	3953	3,7
650	200	1453	1,6
450	220	2372	3,1
380	240	1878	3,1
			Σ 41,4

Na DOKŽS za letno naročilo potrebujemo 41,4 izmen (preglednica (15)). Največ izmen (10,8) potrebujemo, da razžagamo prizme višine 100 mm, ki predstavljajo največji delež plohov.

5.4 USKLADITEV KAPACITETE POLNOJARNNIKA IN DOKŽS

Za izvedbo naročila razžagujejo tudi hlode, ki nimajo optimalnega premera, zato smo želeli ugotoviti usklajenost kapacitete polnojarmenika in DOKŽS pri razžagovanju različnih premerov hlo dovine.

Preglednica 16: Izkoristek zapolnitve obratovalnega časa DOKŽS glede na kapaciteto polnojarmenika pri razžagovanju ene prizme iz hloda

Srednji povprečni premer hloda (mm)	Polnojarmenik		DOKŽS		Izkoristek zapolnitve obratovalnega časa DOKŽS (%)
	Število prizem na izmeno	Višina optimalne prizme (mm)	v_p (m/min)	Število prizem na izmeno	
210	378	100	23	1744	21,7
220	378	120	21	1592	23,7
230	378	140	18	1365	27,7
240	378	140	18	1365	27,7
250	378	160	16	1213	31,2
260	347	180	14	1061	32,7
270	347	180	14	1061	32,7
280	347	200	12	910	38,1
290	347	220	10	758	45,8
300	347	220	10	758	45,8
310	312	240	8	606	51,5
320	312	140	18	1365	22,9
330	312	160	16	1213	25,7
340	312	180	14	1061	29,4
350	312	200	12	910	34,3
360	266	200	12	910	29,2
370	266	220	10	758	35,1
430	220	180	14	1061	20,7
440	220	200	12	910	24,2
450	220	220	10	758	29,0
460	198	220	10	758	26,1
540	177	200	12	910	19,5
550	177	220	10	758	23,4
640	146	200	12	910	16,0
650	146	220	10	758	19,3

V preglednici 16 je prikazano, da se v enakem časovnem obdobju, v eni izmeni, obratovalni čas DOKŽS zapolni od 21,7 do 51,5 %. Predvidevamo, da bo polnojarmenik obratoval dve izmeni in v soboto dopoldne (11 izmen tedensko), medtem ko naj bi DOKŽS obratoval v eni izmeni (5 izmen tedensko). V preglednici 16 je razvidno, da je kapaciteta ob upoštevanju režima dela usklajena samo pri razžaganju prizem višine 240 mm iz hloda srednjega premera 310 mm na DOKŽS, vendar to višino prizme (240 mm) razžagujemo v plohe na DOKŽS le 3,1 izmene. Pri razžaganju hloda srednjega premera 640 mm, kjer razžagujemo prizmo višine 200 mm, pa je zapolnitev delovnega časa DOKŽS samo 16 %. DOKŽS ima vedno veliko večjo kapaciteto razžaganja od polnojarmenika, zato je dobra uskladitev kapacitet praktično neizvedljiva.

Preglednica 17: Izkoristek zapolnitve obratovalnega časa DOKŽS glede na kapaciteto polnojarmenika pri razžaganju dveh prizem iz hloda

Srednji povprečni premer hloda (mm)	Polnojarmenik		DOKŽS		Izkoristek zapolnitve obratovalnega časa DOKŽS (%)
	Število prizem na izmeno	Višina optimalne prizme (mm)	vp (m/min)	Število prizem na izmeno	
300	644	100	23	1744	36,9
310	644	100	23	1744	36,9
320	644	100	23	1744	36,9
330	644	100	23	1744	36,9
340	644	100	23	1744	36,9
350	644	100	23	1744	36,9
360	554	100	23	1744	31,8
370	554	100	23	1744	31,8
380	554	100	23	1744	31,8
390	554	100	23	1744	31,8
400	554	100	23	1744	31,8
410	460	100	23	1744	26,4

Se nadaljuje

Nadaljevanje

Srednji povprečni premer hloda (mm)	Polnojarmenik		DOKŽS		Izkoristek zapolnitve obratovalnega časa DOKŽS (%)
	Število prizem na izmeno	Višina optimalne prizme (mm)	vp (m/min)	Število prizem na izmeno	
420	460	100	23	1744	26,4
		120	21	1592	28,9
430	460	100	23	1744	26,4
440	460	100	23	1744	26,4
450	460	100	23	1744	26,4
460	416	120	21	1592	26,1
470	416	100	23	1744	23,9
480	416	100	23	1744	23,9
		160	18	1365	30,5
490	416	140	18	1365	30,5
500	416	120	21	1592	26,1
		140	18	1365	30,5
510	372	120	21	1592	23,4
		140	18	1365	27,3
520	372	140	18	1365	27,3
530	372	140	18	1365	27,3
540	372	140	18	1365	27,3
550	372	160	16	1213	30,7
560	342	140	18	1365	25,1
		160	16	1213	28,2
570	342	140	18	1365	25,1
		160	16	1213	28,2
580	342	180	14	1061	32,2
590	342	160	16	1213	28,2
600	342	160	16	1213	28,2
610	310	180	14	1061	29,2
620	310	180	14	1061	29,2
630	310	160	16	1213	25,6
		180	14	1061	29,2
640	310	160	16	1213	25,6
		180	14	1061	29,2
650	310	180	14	1061	29,2
660	310	180	14	1061	29,2
670	310	180	14	1061	29,2

Pri razžagovanju prizem na DOKŽS, kadar na polnojarmeniku razžagujemo iz hloda dve prizmi, je zapolnitev obratovalnega časa DOKŽS od 23,9 do 36,9 % (preglednica 17).

5.5 KOMBINACIJE TRAČNIH ŽAGALNIH STROJEV IN NJIHOVE KAPACITETE

Za izdelavo željenih asortimentov lahko uporabljamo še druge primarne stroje in sekundarne stroje in njihove kombinacije.

V nadaljevanju je predstavljena kombinacija, pri kateri bi na cepilnem tračnem žagalnem stroju razžagovali prizme, ki bi jih prej razžagali iz hloda na polnojarmeniku. Ta kombinacija je tudi v skladu z željo, da se ohrani polnojarmenik kot osnovni stroj.

Druge kombinacije so z enim ali več tračnimi žagalnimi stroji. Prizmo nadalje razžagujemo na dvoosnem večlistnem krožnem žagalnem stroju.

5.5.1 Kapaciteta cepilnega tračnega žagalnega stroja za razžagovanje prizem

Cepilni tračni stroj se uporablja za razdvajanje debelejših asortimentov lesa, ki imajo obdelano najmanj eno ploskev v več asortimentov poljubnih dimenzij. Stroj ima namesto vozička ustrezno dimenzionirane podajalne valje, ki obdelovanec (prizmo) potiskajo skozi stroj.

Za izračun kapacitete tračnega žagalnega stroja potrebujemo podajalno hitrost (v_p), število žagov (n_r) in vse pomožne čase, ki jih upoštevamo v koeficientih k_1 in k_2 . Koeficient strojnega časa izračunamo z naslednjo enačbo:

$$k_1 = \frac{t_s}{t_v} \quad \dots(15)$$

t_s – povprečen čas dejanskega žaganja,

t_v – povprečen čas celotnega tehnološkega ciklusa, ki je sestavljen iz povprečnega časa dejanskega žaganja in pomožnih časov.

Osnovna enačba za izračun kapacitete cepilnega tračnega žagalnega stroja na izmeno je:

$$E = T \cdot \frac{u}{n_r \cdot l} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad \dots(16)$$

pri čemer je:

E – kapaciteta tračnega žagalnega stroja v številu kosov na izmeno,

T – čas izmene,

u – podajalna hitrost,

l – dolžina asortimenta

n_r – število žagov

k_1 – koeficient strojnega časa,

k_2 – koeficient izmene.

Izračun za primer razžaganja prizme višine 100 mm, kjer odžagamo sedem asortimentov prikazuje enačba 17. Izračunana kapaciteta cepilnega tračnega žagalnega stroja prikazuje število prizem, ki se razžagajo v eni izmeni. Rezultati so podani za prizme, razžagane iz najprimernejših hlodov, za izbrane širine naročenih plohov.

$$E = T \cdot \frac{u}{n_r \cdot l} \cdot k_1 \cdot k_2$$

$$E = 450 \text{ min} \cdot \frac{35 \frac{m}{\text{min}}}{7 \cdot 4 m} \cdot 0,9 \cdot 0,8 \quad \dots(17)$$

$$E = 405 \frac{\text{kosov}}{\text{izmeno}}$$

Preglednica 18: Število izmen za izdelavo letnega naročila na cepilnem tračnem žagalnem stroju

Širina plohov (mm)	Potrebno število prizem za letno naročilo	Število žagov na eni prizmi	vp (m/min)	E (kos/izmeno)	Število izmen
100	18737	7	35,0	405,0	46,3
120	12706	8	34,0	344,3	36,9
140	10343	8	34,0	344,3	30,0
160	4254	9	33,0	297,0	14,3
180	3953	11	32,0	235,6	16,8
200	1453	10	32,0	259,2	5,6
220	2372	11	31,0	228,3	10,4
240	1878	9	30,0	270,0	7,0
250	1233	9	30,0	270,0	4,6
					Σ 171,9

Cepilni tračni žagalni stroj ima večjo podajalno hitrost (v_p) in večji koeficient strojnega časa (k_1) kot polnojarmenik. Stroj razžaga prizme v 171,9 izmenah. Za razžaganje vseh prizem porabi več časa kot polnojarmenik, na katerem se izdelujejo, predvsem zaradi velikega števila žagov na eni prizmi.

5.5.2 Kapaciteta kombinacije hlodovnega tračnega žagalnega stroja in DOKŽS

V tej kombinaciji strojev na hlodovnem tračnem žagalnem stroju najprej hlod razžagamo v prizmo ali dve prizmi, ki jih nadalje razžagamo v iskane asortimente na DOKŽS.

Primer izračuna (enačba 18) kapacitete (E) hlodovnega tračnega žagalnega stroja.

Za izračun kapacitete hlodovnega tračnega žagalnega stroja na izmeno imamo naslednje podatke:

$$u = 35 \text{ m/min}$$

$$n_r = 4$$

$$D = 350 \text{ mm}$$

$$k_1 = 0,28$$

$$k_2 = 0,8$$

$$E = T \cdot \frac{u}{n_r} D^2 \cdot 0,7854 \cdot k_1 \cdot k_2$$

$$E = 450 \text{ min} \cdot \frac{35 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{4} \cdot (0,35 \text{ m})^2 \cdot 0,7854 \cdot 0,28 \cdot 0,8 \quad \dots(18)$$

$$E = 84,9 \text{ m}^3$$

Za primerjavo kapacitete hlodovnega tračnega žagalnega stroja (izračun 18) z DOKŽS moramo imeti podatek o številu izmen, ki jih potrebuje hlodovni tračni žagalni stroj, da razžaga vso hlodovino za letno naročilo iskanih asortimentov. Čas za razžagovanje prizem, ki jih potrebujemo razžagati za izvršitev naročila, s predpostavko, da je povprečna podajalna hitrost hloda 35 m/min, prikazuje preglednica 19.

Preglednica 19: Število izmen za razžaganje optimalne hlodovine v prizme za iskano naročilo na hlodovnem tračnem žagalnem stroju

Širina plohov (mm)	Srednji premer hloda	Potrebno število hlodov za letno naročilo	Volumen hlodov za naročilo (m ³)	Število žagov	Kapaciteta stroja (m ³)	Število izmen
100	350	9368	3605	4	84,9	42,5
120	460	6353	4223	4	146,6	28,8
140	490	5172	3901	4	166,3	23,5
160	550	2127	2021	4	209,5	9,6
180	650	1976	2623	4	292,7	9,0
200	650	1453	1928	4	292,7	6,6
220	450	2372	1509	2	280,6	5,4
240	380	1878	852	2	200,1	4,3
250	380	1233	559	2	200,1	2,8
						Σ 132,5

Skupno število izmen za razžaganje hlodov v prizme na hlodovnem tračnem žagalnem stroju, ki se nadaljno razžagujejo na DOKŽS, je 132,5 izmen (preglednica 19). V tej kombinaciji ima DOKŽS večjo kapaciteto kot hlodovni tračni žagalni stroj, ker je potrebno opraviti vsak žag posebej. Hlod je potrebno med razžagovanjem tudi obračati, če se izdelujejo prizme. DOKŽS pa v enem prehodu razžaga celotno prizmo v asortimente.

Razlika med kapacitetama strojev (polnojarmenika in hlodovnega tračnega žagalnega stroja) je za preučevan način razžagovanja izbrane surovine minimalna, saj polnojarmenik potrebuje 0,4 izmene več, kot hlodovni tračni žagalni stroj. Pri tem naj poudarimo, da smo v izračunih upoštevali samo čase, potrebne za izdelavo naročila in ne tudi časa, ki je potreben za razžagovanje stranskih desk.

Prednost hlodovnega tračnega žagalnega stroja, kot primarnega stroja, v primerjavi s polnojarmenikom je, da lahko za vsak premer hloda sproti nastavimo debelino asortimentov glede na kakovost surovine, kar pri polnojarmeniku ni možno zaradi vnaprej določenega razporeda žaginih listov.

Ker je želja obrata ohraniti polnojarmenik in poleg tega ni bistvene razlike v kapaciteti, če se osredotočimo na naročilo, smo se odločili zanj. Za uporabo hlodovnega tračnega žagalnega stroja bi bilo potrebno preurediti celotno žagalnico.

5.5.3 Kapaciteta kombinacije dvojnega tračnega žagalnega stroja (tandem) in DOKŽS

Kapaciteto tandema določata podajalna hitrost (v_p) in število prehodov, ker se na njem lahko hkrati opravita dva žaga naenkrat. Kapaciteta DOKŽS je podana v preglednici 20, ki je določena na podlagi podajalne hitrosti (v_p).

E – kapaciteta tračnega žagalnega stroja v m' na izmeno,

T – čas izmene,

n – število prehodov,

u – podajalna hitrost,

k_1 – koeficient strojnega časa,

k_2 – koeficient izmene.

Na dvojnem tračnem žagalnem stroju na hlodu hkrati naredimo dva žaga. Če želimo izdelovati dve prizmi, moramo narediti dva prehoda.

Primer izračuna kapacitete dvojnega tračnega žagalnega stroja:

$$E = T \cdot \frac{u}{n} \cdot k_1 \cdot k_2$$
$$E = 450 \text{ min} \cdot \frac{35 \frac{m}{\text{min}}}{2} \cdot 0,3 \cdot 0,8 \quad \dots(19)$$
$$E = 1890 \text{ m'}$$

V preglednici 20 je prikazano število potrebnih izmen, za izdelavo posamezne višine prizem.

Preglednica 20: Potrebno število izmen za razžaganje hlodov v prizme pri letnem naročilu na tandemski postavitvi

Višina prizme (mm)	Srednji premer hloda (mm)	Najboljši hipotetični izkoristek naročila (%)	Potrebno število hlodov za letno naročilo	Število izmen
100	350	49,9	9368	19,8
120	460	41,6	6353	13,4
140	490	42,8	5172	10,9
160	550	45,3	2127	4,5
180	650	46,9	1976	6,3
200	650	46,3	1453	4,6
220	450	38,8	2372	2,5
240	380	40,6	1878	2,0
250	380	42,3	1233	1,3
				Σ 65,3

Na tandemu bi potrebovali 65,3 izmen za razžaganje vse hlodovine v prizme. To je ocenjena vrednost, ker ni bilo upoštevano zmanjšanje podajalne hitrosti (v_p) pri večjih premerih hloda. Za izdelavo prizem višine 250 mm potrebujemo 1,3 izmene. Za ostale višine prizem pa večje število izmen.

5.5.4 Kapaciteta kombinacije quadro in DOKŽS

Quadro je postavitve štirih tračnih žagalnih strojev, kjer hkrati iz vsake strani odžagamo po dva asortimenta. Ta kombinacija je najpogosteje v liniji. Kapaciteta quadro postavitve tračnih žagalnih strojev je izračunana v enačbi 20.

$$E = T \cdot \frac{u}{n_r} \cdot k_1 \cdot k_2$$

$$E = 450 \text{ min} \cdot 25 \frac{m}{\text{min}} \cdot 0,8 \cdot 0,8 \quad \dots(20)$$

$$E = 7200 m'$$

Preglednica 21: Potrebno število izmen za razžaganje hlodov v prizme pri letnem naročilu na quadro postavitvi

Višina prizme (mm)	Srednji premer hloda (mm)	Najboljši hipotetični izkoristek naročila (%)	Potrebno število hlodov za letno naročilo	Število izmen
100	350	49,9	9368	5,2
120	460	41,6	6353	3,6
140	490	42,8	5172	2,9
160	550	45,3	2127	1,2
180	650	46,9	1976	1,2
200	650	46,3	1453	0,8
220	450	38,8	2372	1,3
240	380	40,6	1878	1,1
250	380	42,3	1233	0,7
				Σ 18,0

V tej postavitvi bi letno naročilo hlodovine razžagali v 18 izmenah. To je velika kapaciteta v primerjavi z DOKŽS. V tem primeru bi potrebovali dva dvoosna večlistna krožna žagalna stroja ali enega z večjo podajalno hitrostjo (v_p), da ne bi prihajalo do zastojev.

5.5.5 Časi za izdelavo prizem na različnih primarnih strojih

V preglednici 22 je podano število izmen, ki so potrebne na posameznih primarnih strojih za izvedbo naročila.

Preglednica 22: Število potrebnih izmen za izdelavo prizem na primarnih strojih

Širina plovov (mm)	Srednji premer hloda	Polnojarmenik (št. izmen)	Hlodovni tračni žagalni stroj (št. izmen)	Tandem (št. izmen)	Quadro (št. izmen)
100	350	29,1	42,5	19,8	5,2
120	460	27,6	28,8	13,4	3,6
140	490	24,9	23,5	10,9	2,9
160	550	11,4	9,6	4,5	1,2
180	650	12,8	9,0	6,3	1,1
200	650	5,2	6,6	4,6	0,8
220	450	10,8	5,4	2,5	1,3
240	380	6,5	4,3	2,0	1,1
250	380	4,6	2,8	1,3	0,7
	Skupaj:	132,9	132,5	65,3	18,0

V preglednici 22 razberemo, da polnojarmenik potrebuje največje število izmen za izdelavo vseh prizem v letnem naročilu. Pri tandemu sta dva tračna žagalna stroja postavljena eden za drugim in se v enkratnem prehodu odžagata dva asortimenta. Pri quadro so postavljeni štirje tračni žagalni stroji (po dva paralelno). Prednost te postavitve je, da ni potrebno vračati hlode, saj se prizme izdelajo v enem samem prehodu, kar močno vpliva na krajši čas (število izmen), ki je potreben za izvedbo naročila.

5.5.6 Časi za razžaganje prizem v končne asortimente

Za dokončno izdelavo naročenih asortimentov moramo prizme razžagati na sekundarnem stroju. Osredotočili smo se na DOKŽS in cepilni tračni žagalni stroj.

Preglednica 23: Število potrebnih izmen za razžaganje prizem v iskane asortimente na sekundarnih strojih

Širina plohov (mm)	Cepilni tračni žagalni stroj (št. izmen)	DOKŽS (št. izmen)
100	46,3	10,8
120	36,9	8,0
140	30,0	7,6
160	14,3	3,5
180	16,8	3,7
200	5,6	1,6
220	10,4	3,1
240	7,0	3,1
250	4,6	
Skupaj:	171,9	41,4

Pri tej primerjavi (preglednica 23) potrebuje cepilni tračni žagalni stroj več izmen za razžaganje letnega naročila plohov. Vzrok je, da se na cepilnem tračnem žagalnem stroju odžaga iz prizme vsak asortimet posebej. Pri DOKŽS prizmo razžagamo v enem prehodu. Razvidno je tudi, da bi bil cepilni tračni žagalni stroj ozko grlo v kombinaciji s polnojarmenikom, ker bi se na njem opravljalo veliko število žagov. Na izbranem DOKŽS ni možno razžagati prizem višine 250 mm, kar pa predstavlja le 1,3 % letnega naročila.

5.6 KAPACITETA PREDPOSTAVLJENIH TEHNOLOGIJ

Vsi v diplomskem delu obravnavani primarni stroji imajo večjo razpoložljivo kapaciteto, kot je letno naročilo. V preglednici 24 je prikazano, kolikšna bi bila hipotetična kapaciteta posameznega primarnega stroja v m³ razžagane surovine pri enaki sestavi letnega naročila ob upoštevanju 250 delovnih dni. Prikazano je tudi, kolikšen del letne kapacitete bi bil pri sedanjem letnem naročilu neizkoriščen.

Preglednica 24: Hipotetične možne letne kapacitete primarnih strojev

Širina plohov (mm)	Srednji premer hloda (mm)	Volumen hlodov za naročilo (m ³)	Delež hlodov (%)	Hipotetična kapaciteta primarnih strojev			
				Polnojarmenik (m ³)	Hlodovni tračni žagalni stroj (m ³)	Tandem (m ³)	Quadro (m ³)
100	350	3605	6,2	6786	6809	13803	50075
120	460	4223	16,2	7948	7975	16168	58655
140	490	3901	19,9	7342	7367	14935	54181
160	550	2021	29,3	3804	3817	7739	28075
180	650	2623	6,7	4937	4954	10044	36436
200	650	1928	4,5	3629	3641	7382	26780
220	450	1509	7,4	2840	2849	5776	20955
240	380	852	5,9	1603	1609	3261	11831
250	380	559	3,9	1053	1057	2142	7770
Skupaj:		21223	100,0	39943	40078	81250	294758
Delež proste kapacitete (%)				46,9	47,0	73,9	92,8

Iz preglednice 24 je razvidno, da ima največ proste kapacitete quadro postavitev tračnih žagalnih strojev. Na polnojarmeniku je kapaciteta zasedena več kot polovico (53,1 %). Na hlodovnem tračnem žagalnem stroju se lahko do zapolnjenosti letno naročilo poveča za 53,0 %.

Preglednica 25: Zasedenost DOKŽS ob predpostavki, da je kapaciteta polnojarmenika polno zasedena

Višina prizme (mm)	Srednji premer hloda (mm)	Število prizem izdelanih na polnojarmeniku	Število prizem na izmeno na DOKŽS	Število izmen za razžagovanje prizem na DOKŽS
100	350	27525	1744	15,8
120	460	18665	1592	11,7
140	490	15194	1365	11,1
160	550	6249	1213	5,2
180	650	5807	1061	5,5
200	650	2134	910	2,3
220	450	3484	758	4,6
240	380	2759	606	4,6
				Σ 60,8

Pri polni izkoriščenosti kapacitete polnojarmenika, to je razžaganih 39943 m³ hlodov v prizme, in ob predpostavki, da je naočilo nespremenjeno, bi za razžaganje vseh prizem v plohe na DOKŽS potreboval 60,8 izmen (preglednica 25). To pomeni, da bi kljub predlaganemu tedenskemu režimu dela (11 izmen obratovanja polnojarmnika in 5 izmeno obratovanja DOKŽS), bila kapaciteta DOKŽS zasedena samo polovično. Smiselna uskladitev kapacitet polnojarmenika in DOKŽS je praktično mogoča samo z ustreznim režimom dela.

6 RAZPRAVA

Sedanja tehnologija s primarnim strojem (polnojarmenikom) ne zadošča porabi plovov enakih širin za izdelavo lepljenih nosilcev ustrezne kvalitete, zato les kupujejo od drugih dobaviteljev.

V podjetju so se odločili, da povečajo kapaciteto lastne žagalnice z nadgradnjo tehnologije z nakupom še enega stroja.

6.1 IZBIRA STROJA

Glede na vrsto vhodne surovine, to je smrekovina in željo ohraniti polnojarmenik, smo izbrali dvoosni večlistni krožni žagalni stroj, čeprav je ta kombinacija strojev (polnojarmenik in DOKŽS) glede kapacitet neustrezna. Druga možnost izbire sekundarnega stroja je cepilni tračni žagalni stroj, ki pa ima manjšo kapaciteto kot DOKŽS. Pri izbiri strojev smo upoštevali vrsto asortimentov (plohi enakih širin), ki jih razžagujejo iz hlodov, ker je potrebno hlod prizmirati in nato še prizmo razžagati v končne asortimente.

Kombinacije s tračnimi žagalnimi stroji (hlodovni tračni žagalni stroj - DOKŽS, tandem - DOKŽS in quadro - DOKŽS) imajo večjo kapaciteto, kot kombinacija polnojarmenika s DOKŽS. Na drugi strani pa ima cepilni tračni žagalni stroj manjšo kapaciteto od DOKŽS, ker se asortiment iz prizme odžaga posamezno, pri DOKŽS pa se prizma razžaga v enem prehodu.

6.2 IZKORISTKI

Izračunali smo izkoristek naročila (plohi širin 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240 in 250 mm) za dva načina razžagovanja hlodov. Hipotetični izkoristki naročila, to so plohi enakih širin, se pri razžagovanju ene prizme iz hloda na polnojarmeniku in nadaljnjem razžagovanju na dvoosnem večlistnem krožnem žagalnem stroju v končne asortimente gibljejo od 27,4 do 42,3 %. Pri dveh prizmah in enakem načinu razžagovanja hloda se hipotetični izkoristki naročila gibljejo od 25,4 do 49,9 %. S stališča doseganja večjega izkoristka naročila je bolj smiselno izžagovati iz hloda dve prizmi. Omejitev je tudi višina prizme, saj prizme višje od 200 mm, lahko izžagujemo samo posamezno iz hloda. Druga omejitev je, da iz hlodov manjših povprečnih premerov do 300 mm ne moremo razžagati dveh prizem iz hloda, ker je potrebno zaradi zahtev kakovosti iz cone srca izžagati še debelejši asortiment, ki je ne glede na delež juvenilnega lesa vedno enake debeline 48 mm. Za večjo širino plohov moramo izbrati večji premer hloda in izžagati dve prizmi, da dobimo optimalni izkoristek naročila iz hloda. Omejitev je širina jarma pri polnojarmeniku in posledično premer hlodovine; za velike širine plohov izžagujemo samo eno prizmo.

Za doseganje hipotetično najboljših izkoristkov naročila bi hipotetično potrebovali samo hlode srednjega premera, ki so podani v preglednici 7. S tem bi dosegli najboljše hipotetične izkoristke naročila.

6.3 KAPACITETA STROJEV

Najmanjšo kapaciteto od primarnih strojev, na katerem se razžaga iz hloda prizma ali več prizem, ima polnojarmenik, saj potrebuje 132,9 izmen za izdelavo prizem za celoletno naročilo, najboljšo pa quadro postavitev tračnih žagalnih strojev z 18,0 izmen za izdelavo prizem za celoletno naročilo.

Razžagovanje prizem v končne izdelke, smo primerjali na dvosnim večlistnim krožnim žagalnim strojem in cepilnim tračnim žagalnim strojem. DOKŽS ima večjo kapaciteto od cepilnega tračnega žagalnega stroja, ker se prizme razžagajo v enkratnem prehodu, na

cepilnem tračnem žagalnem stroju pa vsak asortiment posebej. Zato je boljša izbira dvoosni večlistni krožni žagalni stroj, saj za izdelavo naročila potrebuje 41,4 izmen.

6.4 LETNA KAPACITETA PRENOVLJENEGA OBRATA

Predvidoma se bo letna kapaciteta razžagane hlodovine občutno povečala, s 21.200 m³ na 39.900 m³.

Kapaciteta se bo povečala zaradi posodobitve tehnologije z dvoosnim večlistnim krožnim žagalnim strojem, na katerem se bodo razžagovale prizme do dolžine 5 m. Zaradi dodatnega stroja, dvoosnega večlistnega krožnega žagalnega stroja, ne bo več dvakratnega prehoda skozi polnojarmenik, ampak bodo hlod prizmerali na polnojarmeniku, prizme pa razžagovali na dvoosnem večlistnem krožnem žagalnem stroju.

7 SKLEPI

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

- Ne izhajamo iz optimalne tehnologije, ker smo omejeni z obstoječo tehnologijo (polnojarmenikom).
- Hipotetično najboljši izkoristki naročila se gibljejo od 25,3 do 49,9 %.
- Za širše plohe (od 200 mm) je smotrnejše razžagati hlod v eno prizmo, ker so hipotetični izkoristki naročila večji (od 42,3 do 49,9 %).
- Ožje plohe je bolje razžagovati iz hloda, iz katerega se razžagata dve prizmi.
- Največji delež (55 %) hipotetično optimalne surovine, so hlodi v debelinskih razredih od 41 do 50 cm.
- Za doseganje hipotetičnih izkoristkov bi bilo potrebno izvesti natančno sortiranje hlodovine.
- Polnojarmenik potrebuje za izvedbo naročila 132,9 izmen.
- Za razžagovnje prizem v končne asortimente predlagamo dvoosni večlistni krožni žagalni stroj, ki naročilo izvrši v 41,4 izmenah.
- Tehnologija tračnih žagalnih strojev, kot primarnih strojev, omogoča doseganje večjih kapacitet, saj hlodovni tračni žagalni stroj za naročilo potrebuje 132,5 izmen, tandemska postavitvev 65,3 izmen in quadro postavitvev samo 18 izmen.
- Tračni žagalni stroj ima veliko prednost tudi v tem, da ni potrebno surovine predhodno sortirati po premerih.
- Letna kapaciteta razžagane hlodovine se bo ob predlagani postavitvi (polnojarmenika in DOKŽS) povečala za 46,9 %, s 21.200 m³ na 39.900 m³ ob predpostavki, da razžagujemo optimalno hlodovino.

8 POVZETEK

V podjetju SVEA, d.d., vso hlodovino iglavcev (smreke, jelke) razžagujejo na enem primarnem stroju, polnojarmeniku, v končne asortimente, kot so plohi, trami, robljene in nerobljene deske in strešne letve. Za plohe enakih širin in trame je potrebno hlod najprej prizmerati in nato prizme razžagovati v končne asortimente.

Trenutna letna kapaciteta žagarskega obrata je premajhna, da bi zadostila količini plohov za izdelavo ravnih lepljenih nosilcev, zato razliko dokupujejo.

Zaradi premajhne kapacitete osnovnega stroja je potrebno obstoječo tehnologijo nadgraditi ali zamenjati s strojem, ki ustreza surovini in vrsti asortimentov (plohi širin: 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240 in 250 mm), ki jih izžagujejo. V nalogi smo upoštevali tudi omejitve; ohranitev obstoječe tehnologije (polnojarmenik). Najprimernejši je dvoosni večlistni krožni žagalni stroj, ki ima zadostno višino žaganja, ustrezno kapaciteto, je enostaven za upravljanje, delavcev pa ni potrebno dodatno izobraževati in usposabljeni.

Hipotetični izkoristki razžagovanja hlodov v prizme in naprej v končne asortimente so odvisni od premera hloda, višine prizme in od izžagovanja stržena v obliki debelejšega asortimenta pri razžagovanju dveh prizem (zaradi ustrezne kakovosti lesa plohov enakih širin za izdelavo lepljenih nosilcev). Hipotetično najboljši izkoristki naraščajo od 25,3 do 49,9 %.

Dnevno v dveh izmenah dobimo pri razžagovanju hlodovine različno število prizem, kar je odvisno od števila prizem, ki jih razžagamo iz hloda, in od premera hloda, ki pogojuje podajalno hitrost (v_p).

Za naročilo smo na osnovi hipotetično najboljših izkoristkov določili optimalno strukturo surovine in ugotovili, da največji delež (55 %) hipotetično optimalne surovine v debelinskih razredih od 41 do 50 cm.

Za doseganje hipotetičnih izkoristkov bi bilo potrebno izvesti natančno sortiranje hlodovine.

Predvidoma bo dvoosni večlistni krožni žagalni stroj obratoval v eni izmeni. Kljub povečanemu številu izdelanih prizme na polnojarmeniku, in ob prilagojenem režimu dela, bo kapaciteta DOKŽS zasedena le 50 %.

Glede na celoletno naročilo ima največjo kapaciteto quadro postavitev tračnih žagalnih strojev, kot primarni stroj. Sekundarni stroj z največjo kapaciteto, glede na celoletno naročilo je DOKŽS.

Letna količina razžagane hlodovine se lahko ob polni izkoriščenosti polnojarmenika in ob nespremenjeni strukturi naročila poveča za 53,1 %.

9 VIRI

Brežnjak M. 1997–2000. Pilanska tehnologija drva II. Zagreb, Šumarska fakulteta Zagreb: 215 str.

CML program – Model sca 400 bt 500, Cerknica,
<http://www.forma.si/slo/cml/cml.sca400b.html> (17. 3. 2007).

Čufar K. 2001. Opis drevesnih vrst. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 54 str.

Dvoosovinske večlistne krožne žage, 2007.
<http://www.forma.si/slo/cml/cml.dvoosovinke.html> (17. 3. 2007).

EWD Altötting, 2007, Circular Saw Technology, Altötting:
http://www.ewd.de/The_SawLine_Company_English/Circular_saw_technology/circular_saw_technology.html.

Gornik Bučar D. 1998. Žagarski praktikum. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 151 str.

Letno poročilo primarne proizvodnje. 2004. Zagorje ob Savi, Svea d.d.: 5 str.

Medič M. 2001. Lesarsko strojništvo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 180–192

Merzelj F. 1996. Žagarstvo. Ljubljana, Kmečki glas, 287 str.

SCA 400 bt 500 sega circolare multilame bialbero. Milano.
<http://www.cml-srl.it/pdf/sca400bt500.pdf> (21. 3. 2007).

Šega B. 2003. Standardi za okrogel in žagani les, študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 32 str.

Zavod za gozdove Slovenije. 2005. Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih,
Ljubljana: 5–8

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Dominiki Gornik Bučar za prijaznost in strokovno vodenje pri izdelavi diplomskega dela, prav tako se zahvaljujem tudi somentorju doc. dr. Bojanu Bučarju. Hvala doc. dr. Marijanu Mediču za recenzijo ter mag. Bogdanu Šegi za strokovne nasvete.

Zahvalo izrekam vsem, ki so kakorkoli pomagali pri nastajanju diplomskega dela, med njimi lektorici prof. Stanki Klopčič; vedno bom hvaležen svoji mami, ki me je med študijem vseskozi vzpodbujala in podpirala, še posebej pa med nastajanjem diplomskega dela.