

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Martin DUŽNIK

**PRIPRAVA VERIGE IN NJEN VPLIV NA
UČINKOVITOST PREŽAGOVANJA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij
1. stopnja

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Martin DUŽNIK

**PRIPRAVA VERIGE IN NJEN VPLIV NA UČINKOVITOST
PREŽAGOVANJA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**CHAIN MAINTENANCE AND ITS IMPACT ON THE
PERFORMANCE OF CROSSCUTTING WITH THE CHAINSAW**

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija Gozdarstva na 1. stopnji. Terensko delo je potekalo v Begunjah pri Cerknici, žagovino smo presegali na Gozdarskem inštitutu Slovenije, merjenje vlažnosti na Katedri za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo, merjenje žagovine pa na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin Oddelka za lesarstvo.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete je dne 16. 3. 2012 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Jurija Marenčeta, za somentorja dr. Antona Pojeta, za predsednika komisije za zagovor pa prof. dr. Igorja Potočnika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Martin DUŽNIK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMATIKA

ŠD	Dn
DK	GDK 362:305(043.2)=163.6
KG	Oregon/Stihl/kot ostrine rezilca/globinski zob/bukev/jelka
AV	DUŽNIK Martin
SA	MARENČE Jurij (mentor)/POJE Anton (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2013
IN	PRIPRAVA VERIGE IN NJEN VPLIV NA UČINKOVITOST PREŽAGOVANJA
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 49 str., 27 pregl., 30 sl., 10 vir.
IJ	sl
Jl	sl/en
Al	Cilj in namen diplomskega dela je bil ugotoviti, kako priprava verige motorne žage, drevesna vrsta in tip verige vplivajo na učinke pri prežagovanju lesa ter strukturo in obliko žagovine. Les buke in jelke se je predhodno prizemiral z vertikalno krožno žago na dimenzijo 32 cm x 32 cm, napake pa se je izločilo med samim poskusom. Za prežagovanje lesa se je uporabilo motorno žago Husqvarna 372 xp, 45 cm dolg meč Stihl z 1,6 mm utorom ter verige Oregon in Stihl, katere so bile nabrušene pod tremi različnimi koti ostrine rezilcev in tremi različnimi višinami globinskih zob. Rezultati so pokazali, da se učinki prežagovanja v splošnem povečujejo z zniževanjem kota ostrine in s povečevanjem višinske razlike med rezilci in globinskimi zobi. Prežagovanje je učinkovitejše pri uporabi verig Oregon ter pri obdelavi lesa jelke. Deleži ostružkov z velikostjo 0,063 mm so večji pri manj znižanem globinskem zobu in manjših kotih ostrine rezilcev ter pri bukvi in verigah Oregon. Na dolžino ostružkov značilno vpliva kot ostrine rezilcev in drevesna vrsta, na širino drevesna vrsta in tip verige, na njegovo debelino pa višina globinskega zoba, drevesna vrsta in tip verige. Ugotovitve raziskave so uporabne za povečevanje učinkovitosti kakor tudi varovanje zdravja pri poklicnem in nepoklicnem delu z motorno žago.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
 DC FDC 362:305(043.2)=163.6
 CX Oregon/Stihl/angles of edge of blades /heights of depth of teeth/beechn/fir
 AU DUŽNIK Martin
 AA MARENČE Jurij (supervisor)/POJE Anton (co-supervisor)
 PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
 PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources
 PY 2013
 TI PREPARATION OF THE CHAIN AND ITS IMPACT ON THE PERFORMANCE CROSSCUTTING WITH THE CHAINSAW
 DT Graduation thesis (Higher professional studies)
 NO IX, 49 p., 27 tab., 30 fig., 10 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB The aim and the purpose of the thesis was to find out how to prepare the chain of the chainsaw, tree species and the type of the chain and what is the affect at crosscutting wood and the structure and the form of sawdust. Wood of beech and fir was previously cut into the shape of prism with a vertical circular saw on a 32 cm x 32 cm, errors were eliminated during the experiment. For crosscutting wood was used a chainsaw Husqvarna 372 xp, 45 cm long sword Stihl with 1.6 mm groove and Oregon`s and Stihl`s chains which were sharpened under three different angles of edge of blades and three different heights of depth of teeth. The results showed that the effects of the cut generally increase by reducing the angle of edge of blades and by increasing the height difference between the blade and depth of a tooth. Crosscutting is more efficient in the use of Oregon`s chain and at the processing of fir wood. The proportion of chips with the size of 0,063 mm is higher in less reduced depth tooth and a small corner of the parietal blade and with beech and Oregon`s chains. On the length of the chip significantly affect the peak angle of the blade and tree species, on the width the tree species and the type of the chain, and on the thickness affect the height of depth of the tooth, tree species and the type of the chain. The research findings are useful for increasing the efficiency as well as protection of health at professional and selfwork with a chainsaw.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMATIKA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VI
KAZALO SLIK.....	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD	1
2 NAMEN IN HIPOTEZE DIPLOMSKE NALOGE	2
3 DOSEDANJE RAZISKAVE	3
4 MATERIAL IN METODE DELA	5
4.1 KRAJ IN PRIPRAVA DELA	5
4.2 SHEMA POSKUSA	6
4.3 OPIS DELOVNIH SREDSTEV	8
4.3.1 Opis motorne žage	8
4.3.2 Opis in priprava verig	8
4.4 POTEK DELA	12
4.5 OBDELAVA PODATKOV	17
5 REZULTATI.....	19
5.1 VPLIVI NA UČINKOVITOST PREŽAGOVANJA.....	19
5.1.1 Vpliv kota ostrine rezilca na učinkovitost prežagovanja	19
5.1.2 Vpliv višine globinskega zoba na učinkovitost prežagovanja	20
5.1.3 Vpliv tipa verige na učinkovitost prežagovanja	24
5.1.4 Vpliv drevesne vrste na učinkovitost prežagovanja	29
5.2 STRUKTURA ŽAGOVINE	38
5.2.1 Struktura žagovine glede na znižan globinski zob	38
5.1.2 Struktura žagovine glede na kot ostrine rezilca	39
5.1.3 Struktura žagovine glede na drevesno vrsto	40
5.1.4 Struktura žagovine glede na tip verige	41
5.3 OBLIKA ŽAGOVINE	42
6 RAZPRAVA.....	43
7 SKLEPI	46
8 POVZETEK	47
9 VIRI	49

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Shematski prikaz poskusa.....	7
Preglednica 2: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja glede na kot ostrine rezilca	20
Preglednica 3: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja glede na znižan globinski zob	21
Preglednica 4: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,45 mm	23
Preglednica 5: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,65 mm	23
Preglednica 6: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,85 mm	23
Preglednica 7: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja glede na tip verige	24
Preglednica 8: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,45 mm ter verigami Stihl	26
Preglednica 9: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,65 mm ter verigami Stihl	26
Preglednica 10: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,85 mm ter verigami Stihl	26
Preglednica 11: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,45 mm ter verigami Oregon	28
Preglednica 12: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,65 mm ter verigami Oregon	28
Preglednica 13: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,85 mm ter verigami Oregon	28
Preglednica 14: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja glede na drevesno vrsto	29
Preglednica 15: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,45 mm, verigami Stihl in bukviyo	31
Preglednica 16: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,65 mm, verigami Stihl in bukviyo	31
Preglednica 17: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,85 mm, verigami Stihl in bukviyo	31
Preglednica 18: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,45 mm, verigami Stihl in jelko	33
Preglednica 19: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,65 mm, verigami Stihl in jelko	33
Preglednica 20: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,85 mm, verigami Stihl in jelko	33
Preglednica 21: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,45 mm, verigami Oregon in bukviyo	35
Preglednica 22: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,65 mm, verigami Oregon in bukviyo	35
Preglednica 23: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,85 mm, verigami Oregon in bukviyo	35
Preglednica 24: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,45 mm, verigami Oregon in jelko	37
Preglednica 25: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,65 mm, verigami Oregon in jelko	37
Preglednica 26: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,85 mm, verigami Oregon in jelko	37

Preglednica 27: Dolžina, širina, absolutna razlika v dolžini diagonal, in debelina delcev žagovine po obravnavanih faktorjih.....	42
---	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Postavitev in vpetje prizem (Foto: M. Dužnik)	5
Slika 2: Koti ostrine rezilcev verig Oregon: 15°, 25°, 35° (Foto: Foto Atelje Postojna).....	10
Slika 3: Koti ostrine rezilcev verig Stihl: 20°, 30°, 40° (Foto: Foto Atelje Postojna)	10
Slika 4: 0,45 mm znižan globinski zob (Foto: Foto Atelje Postojna).....	11
Slika 5: 0,65 mm znižan globinski zob (Foto: Foto Atelje Postojna).....	11
Slika 6: 0,85 mm znižan globinski zob (Foto: Foto Atelje Postojna).....	11
Slika 7: Preverjanje napetosti verige (Foto: M. Dužnik)	13
Slika 8: Motorna žaga reže brez pritiskanja (Foto: M. Dužnik)	13
Slika 9: Zajem žagovine (Foto: M. Dužnik).....	14
Slika 10: Vlažnost bukve po prerezih za vseh pet prizem	15
Slika 11: Vlažnost jelke po prerezih za vseh pet prizem	15
Slika 12: Presejalnik žagovine (Foto: M. Dužnik)	16
Slika 13: Lupa s fotoaparatom (Foto: M. Dužnik).....	17
Slika 14: Priprava za merjenje debeline (Foto: M. Dužnik).....	17
Slika 15: Povprečno trajanje prežagovanja po bukovih sekcijah.....	18
Slika 16: Trajanje prežagovanja glede na kot ostrine rezilca	19
Slika 17: Trajanje prežagovanja glede na znižan globinski zob	20
Slika 18: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskimi zobi.....	22
Slika 19: Trajanje prežagovanja glede na tip verige.....	24
Slika 20: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskimi zobi ter verigami Stihl.....	25
Slika 21: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskimi zobi ter verigami Oregon.....	27
Slika 22: Trajanje prežagovanja glede na drevesno vrsto.....	29
Slika 23: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskimi zobi, verigami Stihl in bukvijo	30
Slika 24: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskimi zobi, verigami Stihl in jelko	32
Slika 25: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskimi zobi, verigami Oregon in bukvijo.	34
Slika 26: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskimi zobi, verigami Oregon in jelko	36
Slika 27: Struktura žagovine glede na znižan globinski zob	38
Slika 28: Struktura žagovine glede na kot ostrine rezilca.....	39
Slika 29: Struktura žagovine glede na drevesno vrsto	40
Slika 30: Struktura žagovine glede na tip verige	41

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

45-S-B – Globinski zob 0,45 mm, Stihlova veriga, bukev

65-O-J – Globinski zob 0,65 , Oregonova veriga, jelka

1 UVOD

V Sloveniji se vsako leto zgodi veliko nezgod v gozdu, na žalost veliko tudi takih s smrtnim izidom. K temu največ doprinese neizkušenost delavcev, nepravilna tehnika dela, neuporaba osebne varovalne opreme, nepravilno vzdrževana motorna žaga oziroma stara motorna žaga, ki nima vseh varovalnih elementov ter tudi nepravilno vzdrževana in slabo nabrušena veriga. Poleg varnosti vzdrževanje motorne žage in njenih delov vpliva tudi na zdravje delavca, saj zmanjšuje obremenitve z ropotom in tresenjem, izpušnimi plini ter prahom, ki je pri drevesnih vrstah, kot sta hrast in bukev, dokazano rakotvoren. Zato je z vidika preventivnega varstva pri delu nujno, da je motorna žaga pravilno vzdrževana in veriga pravilno nabrušena.

Dobro nabrušena veriga zagotavlja hitro in učinkovito rezanje. S slabo nabrušeno verigo si delo zelo otežimo, saj traja rezanje dlje časa, motorna žaga bolj trese, poraba goriva se poveča, prav tako pa lahko nastanejo tudi poškodbe verige in meča. Pri dobro nabrušeni verigi nam motorne žage skoraj ni potrebno potiskati v les, saj ta reže tako rekoč sama. S tem se zmanjša obremenitev delavca, prav tako so učinki veliko večji kot pri slabo nabrušeni verigi. Ostružki so pri dobro nabrušeni verigi večji, pri slabo nabrušeni verigi pa so ostružki manjši, kar povečuje potrebo po vzdrževanju motorne žage ter tveganje za zdravje, saj te majhne delce delavec vdihuje.

V tej diplomski nalogi smo želeli ugotoviti, kako na učinke požaganja vplivajo koti ostrine rezilcev, različne višine globinskih zob in tipi verig dveh konkurenčnih proizvajalcev pri obdelavi dveh drevesnih vrst, ki so naravno najpogostejše prisotne v slovenskih gozdovih. Poleg tega smo želeli ugotoviti tudi, kako naštetih preučevani dejavniki vplivajo na velikostno strukturo žagovine kot ostanka požaganja.

2 NAMEN IN HIPOTEZE DIPLOMSKE NALOGE

Namen diplomske naloge je ugotoviti, kako pripraviti verigo motorne žage, da bo prežagovanje najučinkovitejše ter kako se ta priprava odrazi na velikost žagovine kot indikatorja učinkovitosti in potencialnega dejavnika tveganja za zdravje delavca.

Glede na namen in cilje naloge ter dosedanje izkušnje pri praktičnem delu v gozdu smo postavili naslednje hipoteze:

1. največji učinki prežagovanja so pri tehničnih parametrih verige, kot jih predpisuje proizvajalec,
2. delež manjših frakcij žagovine se povečuje z odstopanji kota rezilca od predpisanih vrednosti proizvajalca ter z zmanjševanjem razlike med višino rezilca in globinskim zobom.

add (1) Hipoteza temelji na predpostavki, da proizvajalec verige v svojih laboratorijih izvaja poskuse in meritve, iz katerih nato določi optimalni kot ostrine rezilca in optimalno višinsko razliko med rezilcem in globinskim zobom.

add (2) Pomembno je, da je drobnih delcev v žagovini čim manj, saj so ti škodljivi za zdravje delavca. Zato hipoteza temelji na predpostavki, da proizvajalec pri oblikovanju in določanju priporočenih vrednosti za vzdrževanje poleg učinkov prežagovanja upošteva tudi potencialni učinek na zdravje delavca.

3 DOSEDANJE RAZISKAVE

Pri iskanju preteklih raziskav na obravnavano temo diplomske naloge smo prišli do ugotovitve, da so le-te v tujini in v Sloveniji zelo redke ali pa nedosegljive. Tako v tuji literaturi poleg splošnih navodil za vzdrževanje nismo našli nobene raziskave, v Sloveniji pa le eno.

Tako raziskava iz leta 1967 obravnava ekonomske elemente dela z motorkami (Turk in Ude, 1967). Naredili so primerjave med štirimi različnimi motornimi žagami s prostornino valja od 90 do 106 cm³ in močjo od 5 do 6 KM. Hitrost verige je znašala od 11 do 16 m/sek.

Ugotovili so, da znašajo razlike efektivnih učinkov motornega žaganja med motorkami pri prežagovanju smrekove-jelove deblovine 9-34 %, bukovine pa 10-18 % največjega učinka. Primerjava teh učinkov s podatki iz bližnjih tujih držav pa je pokazala, da so pri nas za okoli 10-20 % manjši. Vzrok za to lahko pripišemo deloma slabši izobrazbi sekačev in manj skrbnemu vzdrževanju (brušenju) motornih žag.

V tej raziskavi so tudi ugotovili, da je efektivni učinek žaganja bukovine, če ga presojava v fazi prežagovanja deblovine, za okoli 20 % manjši od efektivnega učinka žaganja smrekovine (jelovine). Pri obratovalnem času pa so prišli do ugotovitev, da se učinek pri lesu iglavcev in lesu listavcev le malo razlikuje, to pa zato, ker je v izdelkih listavcev vsebovano veliko več žaganja (večja prežagana ploščina, zaradi kleščenja debelejših vej) kot v sortimentih iglavcev. Zaradi tega je obratovalni čas nekoliko bolje izkoriščen. Zanimiv je tudi podatek, da z motorko ni smotrno odžagovati tanjših vej iglavcev, zlasti ne tistih pod 6 cm, ki jih s sekiro odsekamo z enim ali nekaj zamahi. Prišli so tudi do ugotovitve, da je učinek rezanja največji v debelinskem razredu s premerom 1/2 do 2/3 koristne dolžine letve.

Poleg te raziskave je bilo narejenih tudi nekaj raziskav o vzdrževanju in brušenju verig ter o razvoju verig za žaganje. Pri predmetu Pridobivanje lesa (Košir, 1997), v knjižici Varno delo pri sečnji (Košir in Medved, 2002) ter v knjigi Podiranje in obdelava dreves (Ude,

1988) avtorji navajajo, da moramo za varnost in uspešnost dela z motorno žago imeti pravilno nabrušeno in napeto verigo. Za varno delo je pomembno, da je veriga ves čas pravilno nabrušena (ustrezno oblikovani koti na rezilnem zobu - 30° do 35° in ustrezna višina globinskih zobov – med 50 in 75 mm). Pri tem je bolje brusiti večkrat po malo kot redkeje in takrat močno, prav tako pa moramo imeti za dosego optimalnih kotov na rezilnem zobu primerno debelino pile (pribl. 10 % je mora biti nad nivojem rezilca). Poleg tega mora biti veriga med delom ves čas pravilno napeta in to tako, da jo lahko, ko je motorna žaga ugasnjena, z roko še potegnemo po letvi. S pravilno vzdrževano verigo in letvijo bomo dosegali boljše učinke pri delu, delo bo varneje, med delom bomo manj utrujeni, manjše bodo obremenitve zaradi tresenja, hrupa in izpušnih plinov. Veriga, letev in ostali deli bodo imeli daljšo življenjsko dobo, manj bo okvar na motorni žagi, poleg tega pa bo tudi poraba goriva in maziva manjša, s tem pa tudi stroški dela nižji.

Bizjak v svojem diplomskem delu (Bizjak, 2007) govori tudi o razvoju verig za žaganje. Prve brezkončne verige so se pojavile med leti 1858 in 1905, ko je bilo patentiranih vsaj 25 patentov verig za podiranje dreves. Med leti 1925 in 1935 so uporabljali verigo izumitelja Charlesa Wolfa, ki je imela zobovje enake oblike kot ročne žage, leta 1932 pa je podjetje Stihl izdelalo brezkončno tričlenkasto verigo z zobmi rezilci in čistilci. Šele leta 1946 je Joseph Buford Cox dobil idejo za razvoj nove verige pri ličinki lesnega hrošča (čeljust v obliki črke C). Tako je nastala prva veriga s srpastimi zobmi, ki se v osnovi uporablja tudi pri današnjih tipih verig. Leta 1963 so naredili prvo verigo, ki je imela korak verige $3/8''$. Verigo z istim korakom smo uporabili tudi v naši raziskavi.

V diplomski nalogi analiziramo učinkovitost prežagovanja pri različnih kotih ostrine rezilca. Pri tem imamo v mislih kot med pilo pri brušenju rezilca in pravokotnico na verigo. V literaturi za ta kot srečujemo različne izraze – kot ostrine, kot ostrine rezilca (Remic, 1967, Košir, 1997, Medved, Košir, 2002) ali celo kot brušenja (Ude, 1988), v praksi ga včasih imenujemo tudi temenski kot. V naši raziskavi ga torej imenujemo kot ostrine rezilca.

4 MATERIAL IN METODE DELA

4.1 KRAJ IN PRIPRAVA DELA

Terenske meritve smo opravili v Begunjah pri Cerknici na skladišču podjetja LOMAR, Lesna obrt s.p. Meritve smo opravljali v začetku meseca maja v letu 2012. Za uspešno delo smo potrebovali les brez napak, oziroma smo te napake kasneje med meritvami izločili. Da bi bili učinki primerljivi, je bil les približno pol leta pred meritvami prizmiran z vertikalno krožno žago na dimenzije 32 cm x 32 cm. Les je bil nato skladiščen pod streho, da se je sušil. En dan pred meritvami je bil les razrezan na približno 2,5 m dolge kose, naslednji dan pa smo prizme postavili na podstavke in jih trdno vpeli s pomočjo zategovalnih pasov, da se med samimi meritvami ne bi premikale (slika 1).



Slika 1: Postavitev in vpetje prizem (Foto: M. Dužnik)

4.2 SHEMA POSKUSA

Statistično gledano smo raziskavo oblikovali kot popolni štirifaktorski poskus s petimi ponovitvami (preglednica 1). Tako nam je prvi dejavnik predstavljala drevesna vrsta na dveh nivojih: jelka in bukev, drugi faktor tip verige dveh proizvajalcev prav tako na dveh nivojih: Oregon in Stihl, tretji faktor kot ostrine rezilcev na treh nivojih oz. pri treh različnih kotih ostrine ter četrti faktor višina globinskega zoba pri treh različnih višinah. Skupno smo tako oblikovali ($2 \times 2 \times 3 \times 3$) 36 različnih kombinacij vplivnih faktorjev. Za namen statističnih obdelav smo vsako kombinacijo petkrat ponovili, kar pomeni, da smo pri vsaki drevesni vrsti opravili pet rezov z isto verigo. Skupno smo tako izvedli 180 prežagovanj. Za analizo žagovine pa smo z vsako kombinacijo oz. verigo opravili še en dodaten prerez na obeh drevesnih vrstah, torej skupno 36 prerezov.

Preglednica 1: Shematski prikaz poskusa

DR. VRSTA	VERIGA	KOT OSTRINE REZILCA (°)	GLOBINSKI ZOB (mm)
IGLAVCI	OREGON 75 LPX	15	0,45
			0,65
			0,85
		25	0,45
			0,65
			0,85
		35	0,45
			0,65
			0,85
	STIHL 36 RSC	20	0,45
			0,65
			0,85
		30	0,45
			0,65
			0,85
		40	0,45
			0,65
			0,85
LISTAVCI	OREGON 75 LPX	15	0,45
			0,65
			0,85
		25	0,45
			0,65
			0,85
		35	0,45
			0,65
			0,85
	STIHL 36 RSC	20	0,45
			0,65
			0,85
		30	0,45
			0,65
			0,85
		40	0,45
			0,65
			0,85

4.3 OPIS DELOVNIH SREDSTEV

4.3.1 Opis motorne žage

V raziskavi smo uporabili popolnoma novo motorno žago tipa 372 XP proizvajalca Husqvarna. Motorna žaga je dobro uravnotežena in zmogljiva žaga za delo v zelo zahtevnih pogojih. Robustno izdelana motorna gred prenese visoke vrtljaje in velike obremenitve. V tej žagi so združeni visoka zmogljivost in majhna teža ter dobri pospeški in vsestranskost. Opremljena s sistemom za lahek zagon Smart Start, stranskim napenjalnikom verige in gumijastim vzmetenjem uplinjača (Totum d.o.o., 2013).

Tehnični podatki:

- prostornina: 70,7 cm³,
- moč: 5,4 KM / 3,9 kW,
- maksimalna priporočena hitrost: 13500 obr.,
- zalogovnik goriva: 0,77 l,
- zalogovnik olja: 0,40 l,
- oljna črpalka: nastavljiva.

Masa brez rezalnega pribora (meč, veriga): 6,1 kg.

4.3.2 Opis in priprava verig

V raziskavo smo vključili dva tipa verig motorne žage, ki glede na podatke proizvajalcev zmanjšujejo obremenitve delavcev s tresenjem rok in dlani. Tako smo izbrali verigo proizvajalca Oregon, tip 75 LPX in proizvajalca Stihl, tip 36 RSC. Oba tipa sta dosegljiva v redni prodaji.

Tehnični podatki:

Oregon 75 LPX:

- standardna 3/8 rezalna veriga za profesionalno uporabo,
- zelo zmogljiva rezila s kvadratnimi rezalnimi robovi na rezalnem dletu,
- blažilni členi zmanjšajo povratni sunek,
- vibe-Ban™ oblika pete rezilca zmanjšuje vibracije na ročajih za 25 % ali več,

- verižni členi Lubrilink™ pomagajo zadrževati olje na verigi tam, kjer je najbolj potrebno,
- oznaka vrhnje plošče rezila Witness mark olajša ostrenje (Katalog proizvodov OREGON, 2012).

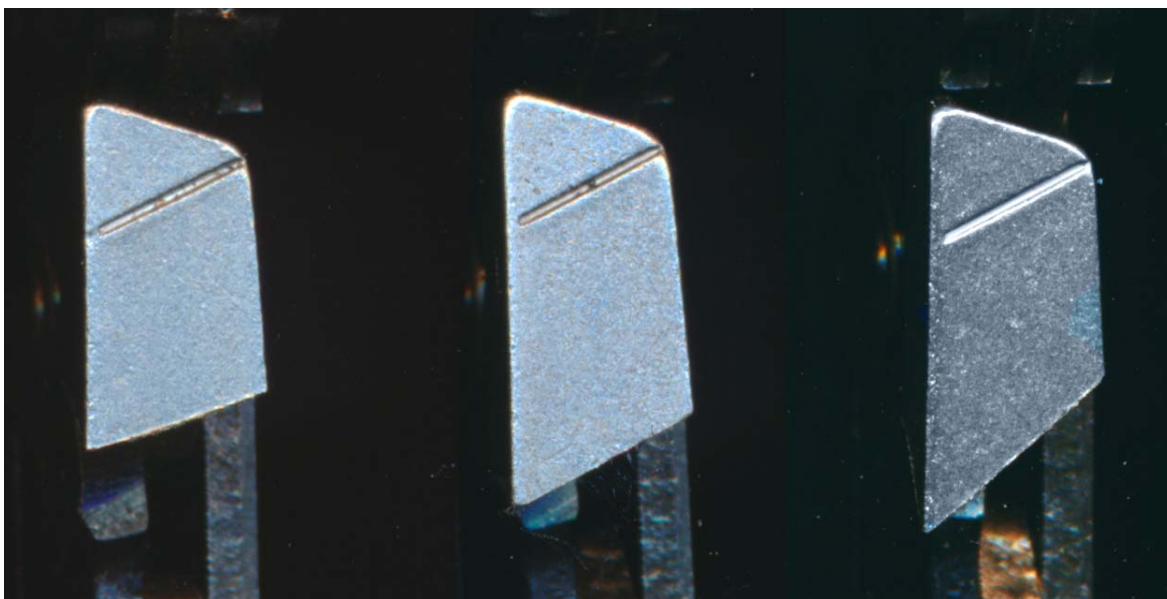
Stihl 36 RSC:

- standardna 3/8 rezalna veriga za profesionalno uporabo,
- zmogljiva veriga s spremenjenim pogonskim členom,
- z manjšim povratnim udarcem,
- izjemno dobri rezalni in vbodni učinki (Katalog proizvodov Stihl, 2011).

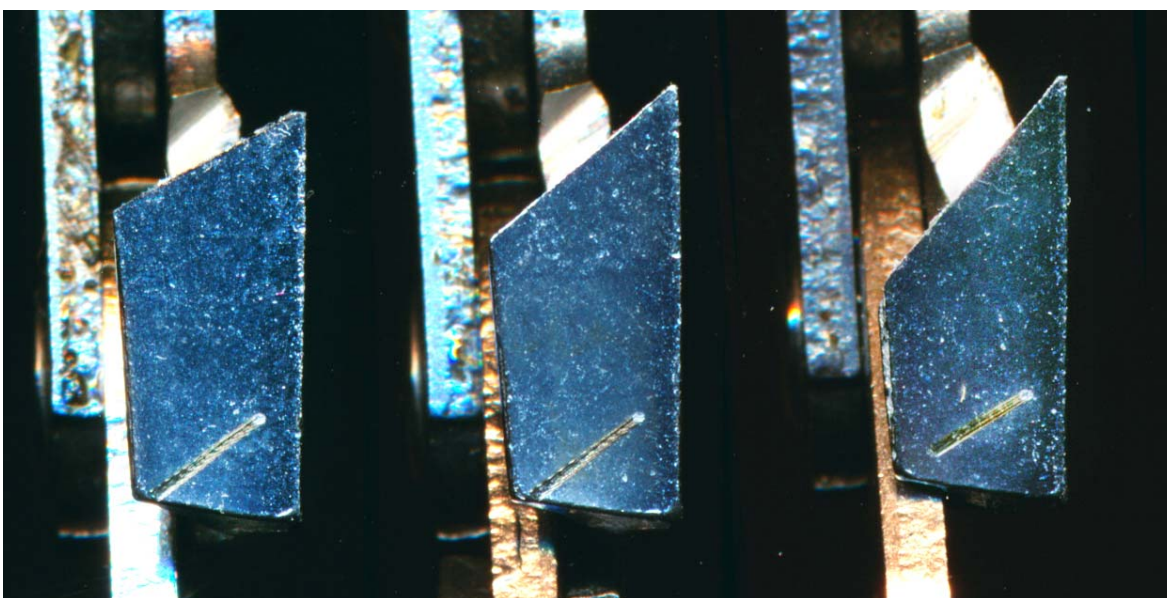
Priprava verig:

Glede na cilj in shemo poskusa smo verige obeh proizvajalcev pripravili tako, da smo osnovni kot ostrine rezilca, ki ga priporoča proizvajalec, znižali oz. povišali za 10°, osnovni globinski zob pa znižali in povišali za 0,20 mm. Tako smo pri verigah Oregon rezilce nabrusili na 15°, 25° in 35° (slika 2), rezilce verig Stihl pa na 20°, 30° in 40° (slika 3). Višine globinskih zob so bile pri obeh verigah enake: 0,45, 0,65 in 0,85 mm (slike 4, 5, 6). Ker smo želeli, da so vsi členi verige nabrušeni čim bolj enako, smo brušenje rezilcev opravili strojno. Strojno brušenje nam je omogočilo podjetje Česnik d.o.o. v Postojni, ki se ukvarja s prodajo in servisom motornih žag in drugih produktov za gozdarstvo in vrtnarstvo. Brušenje je potekalo s Stihlovo napravo USG, ki spada med profesionalne stroje za brušenje verig. Nekatere verige je bilo potrebno za dosego zelenega kota ostrine bolj zbrusiti kot druge, pri tem pa smo morali paziti, da smo brusili z občutkom, saj smo v nasprotnem primeru rezilca preveč segreli in jih poškodovali. Globinske zobe smo znižali ročno s pomočjo šablon.

Proizvajalec verig za vsakodnevno brušenje na terenu predpisuje okrogle pile naslednjih dimenzij: pri verigi Stihl pilo premera 5,2 mm, v drugi polovici brušenja 4,8 mm pilo, pri verigi Oregon pa pri novi verigi pilo premera 5,5 mm, v drugi polovici brušenja pa 5,0 mm pilo.



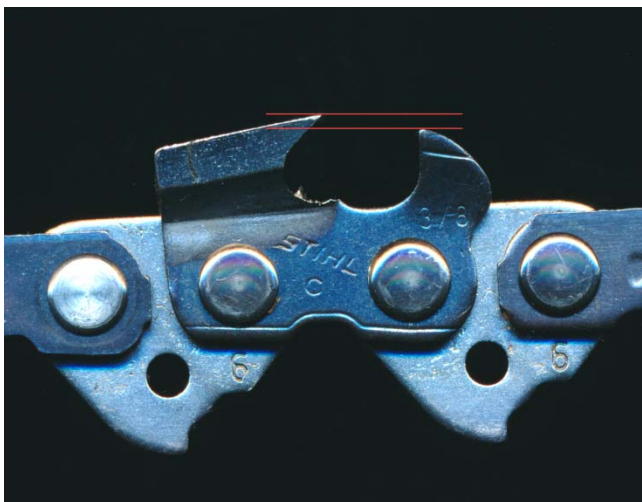
Slika 2: Koti ostrine rezilcev verig Oregon: 15°, 25°, 35° (Foto: Foto Atelje Postojna)



Slika 3: Koti ostrine rezilcev verig Stihl: 20°, 30°, 40° (Foto: Foto Atelje Postojna)



Slika 4: 0,45 mm znižan globinski zob (Foto: Foto Atelje Postojna)



Slika 5: 0,65 mm znižan globinski zob (Foto: Foto Atelje Postojna)



Slika 6: 0,85 mm znižan globinski zob (Foto: Foto Atelje Postojna)

4.4 POTEK DELA

Celotno delo je obsegalo terenski in laboratorijski del. Terenski del poskusa je obsegal predvsem prežagovanje, laboratorijski pa merjenje trajanja prežagovanja, merjenje vlažnosti odrezkov in žagovine, sejalne teste ter merjenje parametrov pri največjih ostružkih.

Terenski del poskusa je potekal glede na njegovo shemo. Tako smo z vsako verigo izmenično izvedli pet rezov pri jelki in pet rezov pri bukvi. Po petih zaporednih rezih smo preverili napetost verige s posebej za ta poskus pripravljeno šablono (0,5 cm). Vrednosti smo izmerili s pomočjo uteži tako, da smo jo obesili na verigo (slika 7) in po potrebi verigo napeli do šablone. Šablono smo pripravili tako, da smo sledili napotkom, da se mora veriga med delovanjem na trebušni in hrbtni strani meča prilegati meču, ter da pri pravilno napeti verigi pri dvigu le-te iz tirnice pogledajo trije celi gonilni členi verige (Bajc, 2005). Poleg preverjanja napetosti verige smo dolili gorivo in mazivo, tako da so bili pogoji dela ves čas čim bolj enaki. Motorna žaga je bila vodena le z vodilnim ročajem, saj smo želeli, da je pritisk nanjo vedno enak (slika 8). Pri vsaki verigi smo na koncu izvedli tudi zajem žagovine s pomočjo posebnega modela, katerega smo pritrdili z elastikami na motorno žago (slika 9).



Slika 7: Preverjanje napetosti verige (Foto: M. Dužnik)



Slika 8: Motorna žaga reže brez pritiskanja (Foto: M. Dužnik)

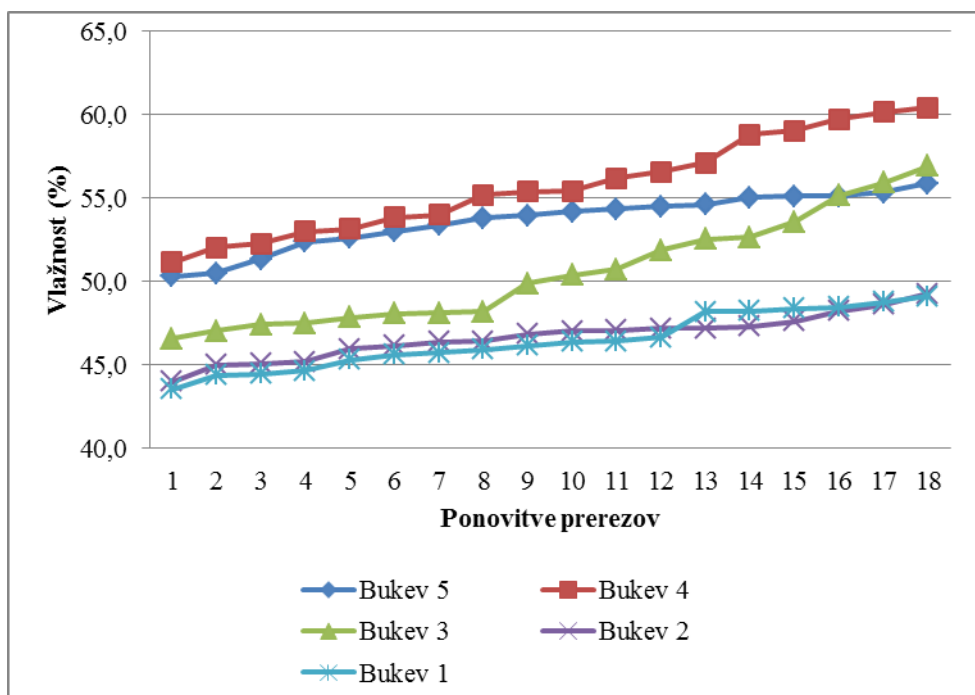


Slika 9: Zajem žagovine (Foto: M. Dužnik)

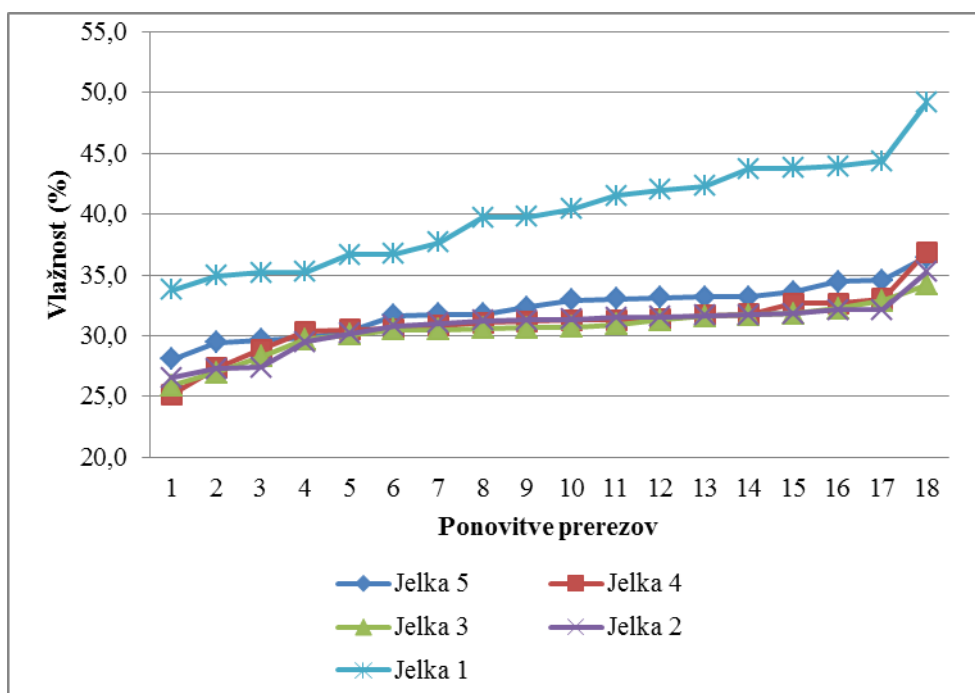
Vse prereze smo snemali s kamero, kasneje pa smo s štoparico z ničelno metodo merili čase posameznih rezov. Vsak rez smo razdelili na 7 sekcij. Prva sekcija je bila 2 cm (izravnava žage), drugih šest sekcij pa je bilo po 5 cm (slika 7).

Žagovino smo spravili v papirnate vrečke, da se je žagovina sušila približno en teden. Odrezke smo obrezali, tako da so bili manjši in pripravljeni za sušenje, prav tako pa smo jih tudi spravili v polivinilaste vrečke, saj je tehtanje potekalo šele naslednji dan in bi se lahko vlažnost vmes že znižala.

Vlažnost odrezkov smo ugotavljali na Oddelku za lesarstvo na Biotehniški Fakulteti v Ljubljani. Vse odrezke smo najprej stehali skupaj z vrečko, katere maso smo nato odšteli (vrečke so bile že vlažne). Po tehtanju smo odrezke zložili v laboratorijsko sušilnico, kjer so se sušili približno 48 ur pri temperaturi $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Po 48 urah smo odrezke vzeli iz peči in jih ponovno stehali. Iz dobljene razlike smo tako izračunali vlažnost lesa, katerega smo uporabili pri meritvah. Iz slike 10 in 11 je razvidno, da je z vsakim rezom vlažnost naraščala. Po tem lahko sklepamo, da je bil les na čelu bolj suh kot na sredini prizme. Takšen vzorec se ponavlja pri vseh prizmah, tako pri bukvi kot tudi pri jelki.



Slika 10: Vlažnost bukeve po prerezih za vseh pet prizem



Slika 11: Vlažnost jelke po prerezih za vseh pet prizem

Žagovino smo presejali na Gozdarskem inštitutu Slovenije v Ljubljani. Delo je potekalo s presejalnikom s siti različnih frakcij (slika 12). Izbrali smo naslednje frakcije: 3 mm, 2

mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm ter 0,063 mm. Frekvenca tresenja je bila 1 mm, čas tresenja pa 2 minuti. Pri vsakem tipu žagovine smo izvedli dve ponovitvi zaradi večje natančnosti poskusa. Posamezno frakcijo smo nato stehtali in izračunali njihove deleže. Žagovino smo na koncu tudi stehtali in posušili. Po sušenju smo žagovino ponovno stehtali in tako izračunali še vlažnost žagovine.



Slika 12: Presejalnik žagovine (Foto: M. Dužnik)

Frakcijam žagovine, katere so bile večje od 3 mm, smo še dodatno izmerili njihove parametre, in sicer dolžino, širino in obe diagonali. Od vsake žagovine šestintridesetih kombinacij verig in drevesnih vrst smo naključno izbrali 10 kosov in jih položili na milimetrski papir (slika 13). Ker je bila žagovina premajhna za neposredne meritve, smo delce poslikali s posebno lupo, na kateri je bil nameščen fotoaparater jih kasneje izmerili na računalniškem zaslonu. Poleg tega smo izmerili tudi debelino žagovine s posebno pripravo, ki omogoča, da pri meritvi žagovine ne stisnemo premočno (slika 14).



Slika 13: Lupa s fotoaparatom (Foto: M. Dužnik)

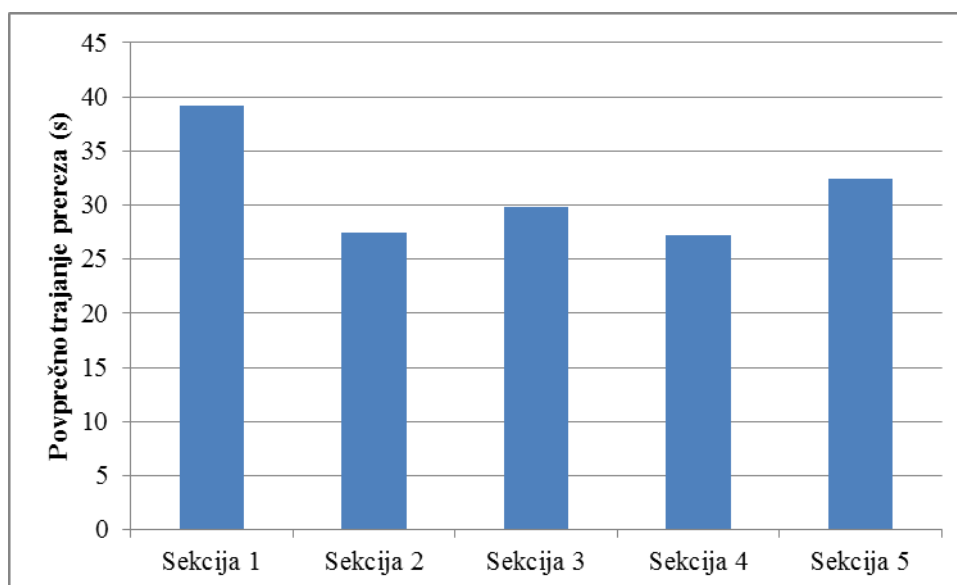


Slika 14: Priprava za merjenje debeline (Foto: M. Dužnik)

4.5 OBDELAVA PODATKOV

Pri obdelavi podatkov smo opazili, da prerezi glede na čas trajanja na prvi bukovi prizmi oz. sekciji zelo odstopajo od ostalih in v splošnem trajajo dlje kot pri ostalih sekcijah (slika 15). Statistična analiza podatkov je pokazala, da so povprečne vrednosti statistično značilno različne (Welch; $t(4; 42,257=4,336)$, $p=0,005$), zato smo sekcijo in z njo vse

vrednosti izločili iz obdelav. Po izločitvi povprečne vrednosti požaganja niso bile več značilno različne (Welch; $t(3; 35,517=0,889)$, $p=0,456$).



Slika 15: Povprečno trajanje požaganja po bukovih sekcijah

Od statističnih metod smo uporabili deskriptivno statistiko, predvsem za parametre, kot so število podatkov, aritmetična sredina in varianca. Za analizo razlik med dvema sredinama smo uporabili t' – test (dve skupini), ki predstavlja test razlik med sredinami pri nehomogenih variancah in Welch test, kjer smo primerjali več kot dve sredini.

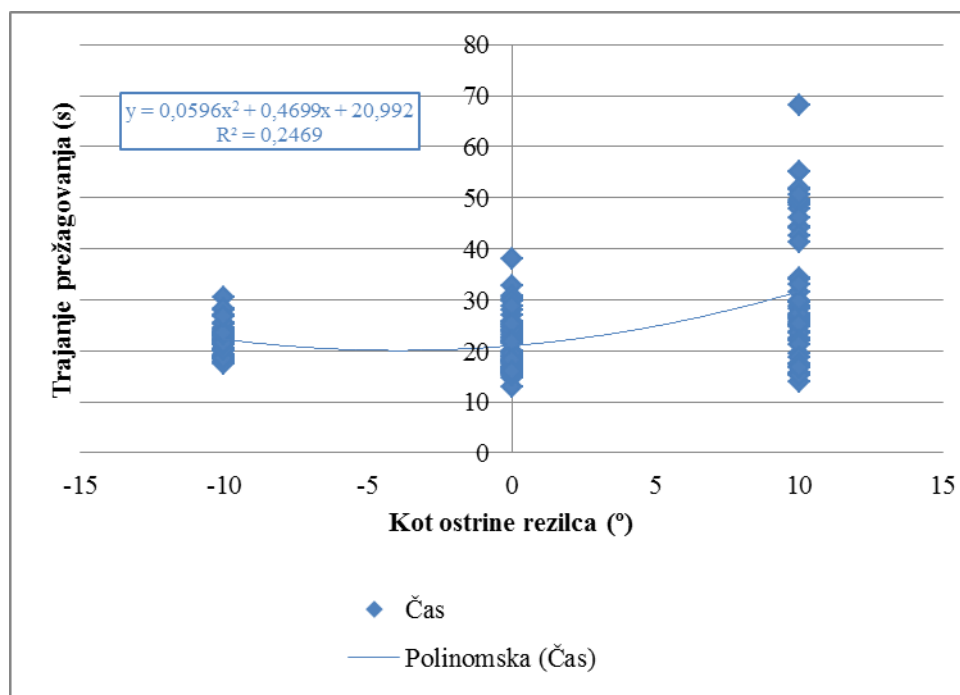
Za odpravo napake prve vrste oz. za zmanjšanje značilnega tveganja glede na število opravljenih primerjav smo uporabili Bonferronijevo korekcijo (primer: $p(0,05)/\text{št. primerjav}$).

5 REZULTATI

5.1 VPLIVI NA UČINKOVITOST PREŽAGOVANJA

Rezultate vpliva na učinkovitost prežagovanja smo razčlenili tako, da so učinki kota ostrine rezilca, višina globinskega zoba, tipa verige in drevesne vrste prikazani posamezno, vmes pa še v medsebojnih povezavah (ostrina-globina, ostrina-globina-tip verige in ostrina-globina-tip verige-drevesna vrsta).

5.1.1 Vpliv kota ostrine rezilca na učinkovitost prežagovanja



Slika 16: Trajanje prežagovanja glede na kot ostrine rezilca

Iz rezultatov je razvidno (slika 16), da so največji učinki prežagovanja pri kotu ostrine rezilca, katerega navaja proizvajalec (0°) oziroma pri kotu ostrine, katerega smo znižali za 10°. Čas prežagovanja pri kotu ostrine rezilca za 10° večjem od priporočenega je v povprečju za 10 sekund daljši kot pri ostalih dveh kotih ostrine (preglednica 2).

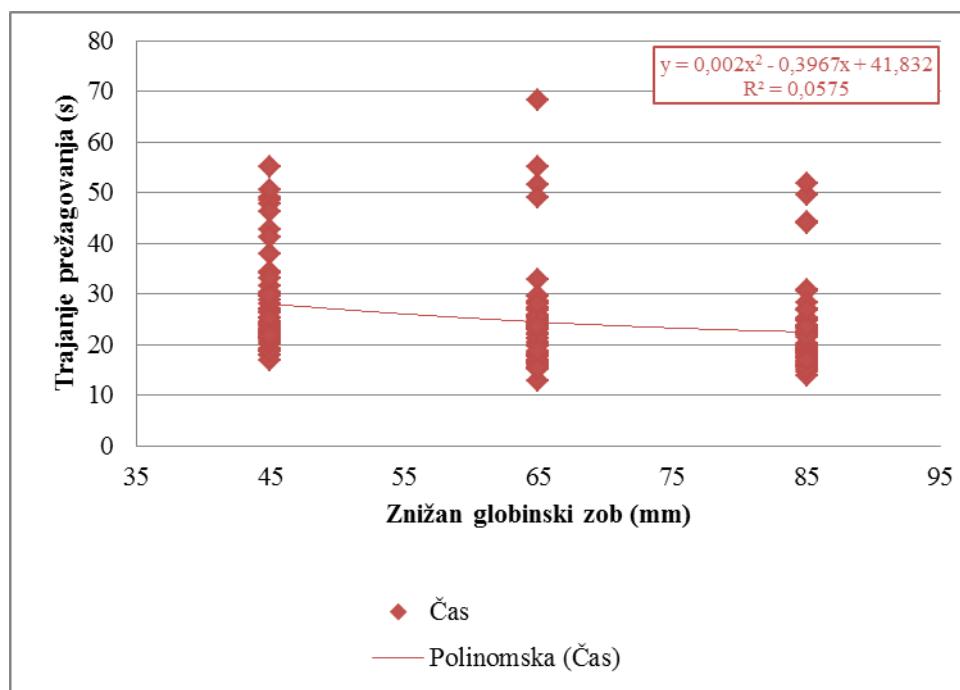
Preglednica 2: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja glede na kot ostrine rezilca

	N	A	VAR	-10°	0°	10°
-10°	54	22,25	8,30	$t = 1,664$ $p = 0,132$	$t = 1,667$ $p < 0,000$	$t = 1,667$ $p < 0,000$
0°	54	20,99	28,82			
10°	54	31,65	173,72	$t = 1,672$ $p < 0,000$	$t = 1,667$ $p < 0,000$	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Ugotovili smo, da je hitrost prežagovanja znatno večja pri kotu ostrine rezilca 0° in -10° kot pri kotu ostrine večjem od priporočenega (10°). Razlike so se izkazale za statistično značilne.

5.1.2 Vpliv višine globinskega zoba na učinkovitost prežagovanja



Slika 17: Trajanje prežagovanja glede na znižan globinski zob

Kot je razvidno iz slike 17, učinki z nižanjem globinskega zoba naraščajo. Rezultat je smiseln, saj s povečevanjem višinske razlike med rezilcem in globinskim zobom rezilci odrežejo več lesa, s tem pa je tudi učinek prežagovanja boljši.

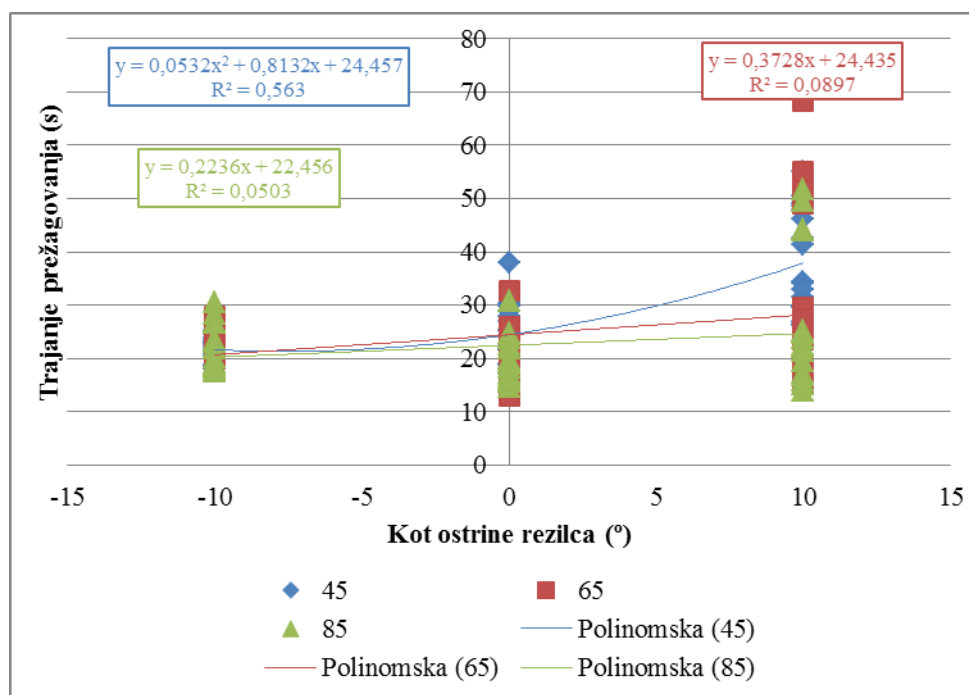
Preglednica 3: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja glede na znižan globinski zob

	N	A	VAR	0,45	0,65	0,85
0,45	54	28,00	91,15	t = 1,659 p = 0,064		
0,65	54	24,43	105,26			
0,85	54	22,46	67,43		t = 1,660 p = 0,271	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Statistična primerjava sredin je pokazala, da se značilno razlikujeta le dve skrajni vrednosti trajanja prežagovanja, medtem ko med ostalimi vrednostmi ni značilnih razlik. Tako je prežagovanje pri najnižjem globinskem zobu (0,85 mm) značilno hitrejše kot pri najvišjem zobu (0,45 mm).

V nadaljevanju smo želeli ugotoviti, ali se učinki prežagovanja z nižanjem globinskega zoba povečujejo pri vseh treh kotih ostrine rezilca.



Slika 18: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskimi zobi

Ugotovili smo (slika 18), da učinki prežagovanja v splošnem naraščajo pri vseh treh kotih ostrine, vendar pa je bilo najkrajše povprečno trajanje prežagovanja pri obeh najnižjih globinskih zobeh pri priporočenem kotu ostrine rezilca in ne najmanjšem kotu ostrine (preglednica 4, 5, 6). Z nižanjem globinskega zoba se razlike v učinkih med različnimi ostrinami zmanjšujejo. Tako so razlike v času prežagovanja med koti ostrine najmanjše pri najbolj znižanem globinskem zobu ter statistično neznačilne (preglednica 6). Pri priporočeni globini zoba so razlike v času prežagovanja značilno manjše za kot ostrine 0° (preglednica 5), pri najvišjem globinskem zobu pa pri obeh najmanjših kotih ostrine (preglednica 4). Glede na rezultate se zdi, da ima višina globinskega zoba prevladujoči vpliv na učinkovitost prežagovanja, saj pri najnižjem globinskem zobu ni kot ostrine več pomemben. Je pa kot ostrine rezilca zelo pomemben, ko so globinski zobi visoki oz. previsoki.

Preglednica 4: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,45 mm

	N	A	VAR	0,45/-10	0,45/0°	0,45/10°
0,45/-10°	18	21,64	3,97	t = 1,717 p = 0,045		
0,45/0°	18	24,46	27,56			
0,45/10°	18	37,91	92,63		t = 1,706 p < 0,000	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 5: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,65 mm

	N	A	VAR	0,65/-10	0,65/0°	0,65/10°
0,65/-10°	18	23,22	4,34	t = 1,714 p = 0,007		
0,65/0°	18	19,41	25,21			
0,65/10°	18	30,67	229,11		t = 1,721 p = 0,007	

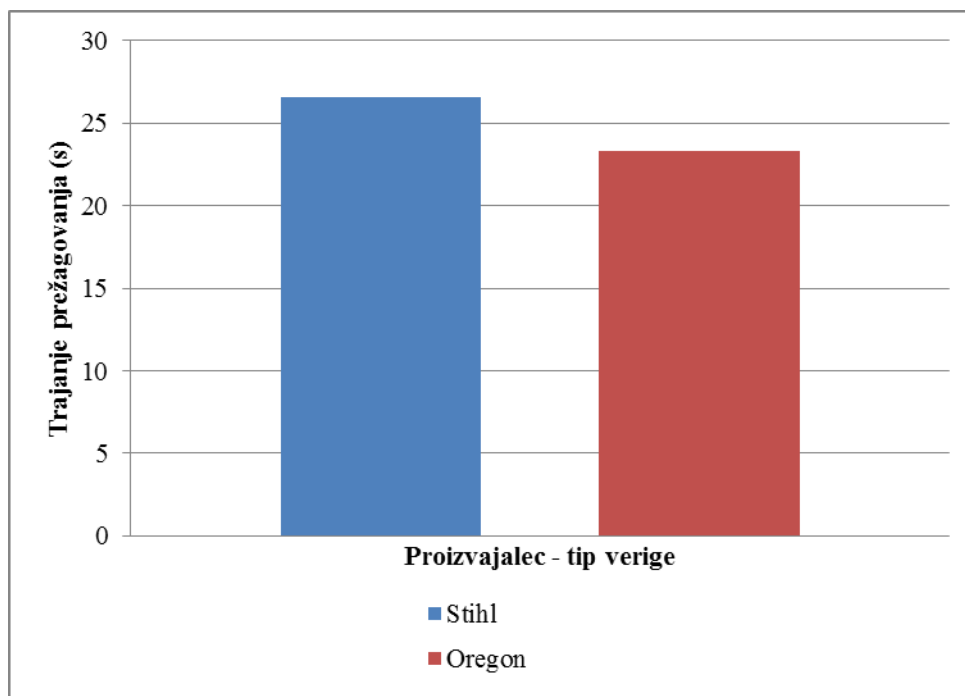
LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 6: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,85 mm

	N	A	VAR	0,85/-10	0,85/0°	0,85/10°
0,85/-10°	18	21,90	16,03	t = 1,691 p = 0,050		
0,85/0°	18	19,11	17,94			
0,85/10°	18	26,37	147,85		t = 1,721 p = 0,026	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

5.1.3 Vpliv tipa verige na učinkovitost prežagovanja



Slika 19: Trajanje prežagovanja glede na tip verige

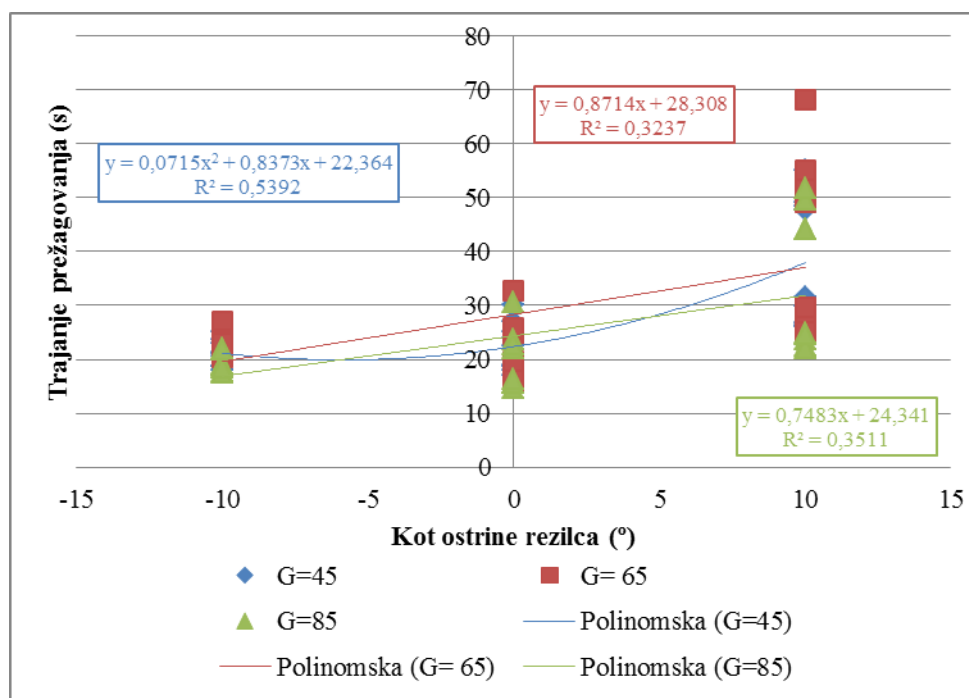
Iz rezultatov (slika 19, preglednica 7) je razvidno, da je bilo trajanje prežagovanja z verigo Oregon v povprečju za 3,25 sekunde oz. 12 % hitrejšje kot z verigo Stihl, razlike pa so tudi statistično značilne (preglednica 7).

Preglednica 7: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja glede na tip verige

	N	A	VAR	Stihl	Oregon
Stihl	81	26,59	127,84	t = 1,656 p = 0,031	
Oregon	81	23,34	52,25		

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Enako kot v predhodnem poglavju smo v nadaljevanju želeli ugotoviti, ali vsa dosedanja spoznanja veljajo tudi z upoštevanjem vpliva tipa verig na učinek prežagovanja.



Slika 20: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskimi zobi ter verigami Stihl

Kar najprej opazimo na sliki 20, je, da je precej podobna sliki 18. Učinki prežagovanja z verigo Stihl naraščajo z nižanjem globinskega zoba kakor tudi z zmanjševanjem kota ostrine rezilca. V nasprotju z ugotovitvijo na podlagi slike 18 so najnižja povprečna trajanja prežagovanja pri najnižjem globinskem zobu in najmanjšem kotu ostrine (preglednica 10). Razlike med najmanjšima kotoma ostrine in najvišjim kotom so značilne pri vseh treh višinah globinskih zob (preglednica 8, 9, 10). Zdi se torej, da je pri verigi Stihl pomembnost kota ostrine in višine globinskega zoba podobna.

Preglednica 8: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,45 mm ter verigami Stihl

	N	A	VAR	0,45/-10°	0,45/0°	0,45/10°
0,45/-10°	9	21,14	6,16	t = 1,782 p = 0,491		
0,45/0°	9	22,36	20,71			
0,45/10°	9	37,88	140,68		t = 1,812 p = 0,004	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 9: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,65 mm ter verigami Stihl

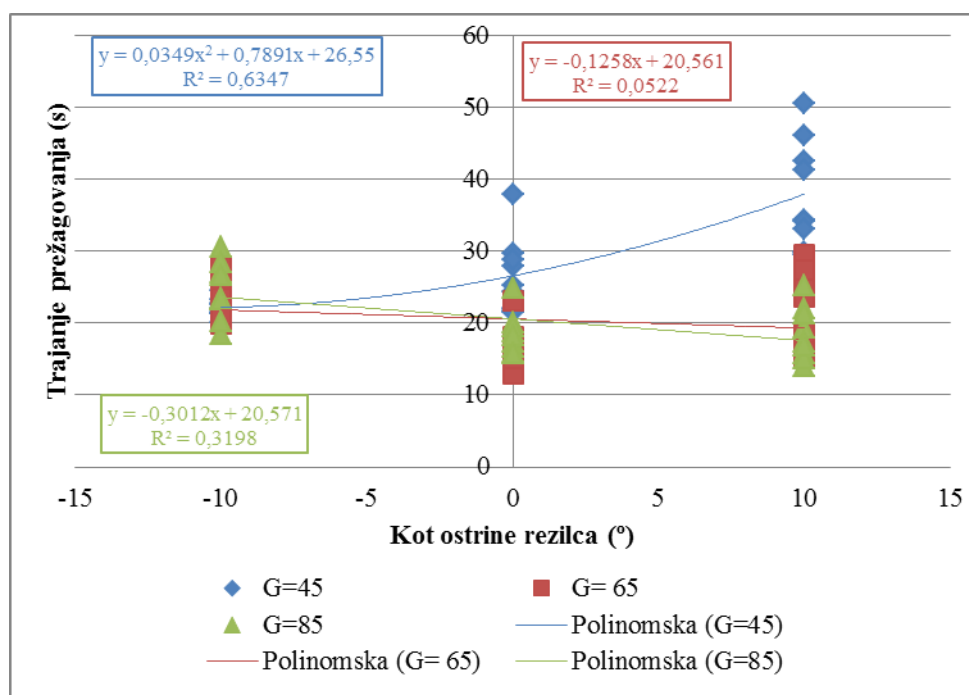
	N	A	VAR	0,65/-10°	0,65/0°	0,65/10°
0,65/-10°	9	22,82	3,59	t = 1,812 p = 0,637		
0,65/0°	9	21,85	32,38			
0,65/10°	9	40,25	250,64		t = 1,812 p = 0,008	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 10: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,85 mm ter verigami Stihl

	N	A	VAR	0,85/-10	0,85/0°	0,85/10°
0,85/-10°	9	19,21	2,7427	t = 1,833 p = 0,828		
0,85/0°	9	19,64	29,8054			
0,85/10°	9	34,17	163,0091		t = 1,796 p = 0,009	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).



Slika 21: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskimi zobi ter verigami Oregon

Rezultati trajanja prežagovanja pri verigah Oregon nam kažejo na drugačne rezultate od predhodnih. Čeprav učinkovitost prežagovanja pri najvišjem globinskem zobu narašča z nižjim kotom ostrine, pa je povsem drugače pri nižjih globinskih zobeh (slika 21). Pri nižjih globinskih zobeh je namreč učinkovitost prežagovanja največja pri najmanjšem kotu ostrine rezilca. Zgornje ugotovitve potrjujejo statistične analize, kjer so razlike v trajanju prežagovanja pri najvišjem globinskem zobu značilne pri primerjavi med največjim in manjšima dvema kotoma ostrine (preglednica 11). Pri priporočenem globinskem zobu je učinkovitost prežagovanja značilno večja pri priporočenem kot pri najmanjšem kotu ostrine (preglednica 12), pri najnižjem globinskem zobu pa pri obeh višjih kotih ostrine (preglednica 13).

Preglednica 11: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,45 mm ter verigami Oregon

	N	A	VAR	0,45/-10°	0,45/0°	0,45/10°
0,45/-10°	9	22,15	1,71	t = 1,833 p = 0,038		
0,45/0°	9	26,55	28,00			
0,45/10°	9	37,93	56,16		t = 1,761 p = 0,002	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 12: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,65 mm ter verigami Oregon

	N	A	VAR	0,65/-10°	0,65/0°	0,65/10°
0,65/-10°	9	23,61	5,29	t = 1,753 p < 0,000		
0,65/0°	9	16,97	7,81			
0,65/10°	9	21,10	29,87		t = 1,782 p = 0,067	

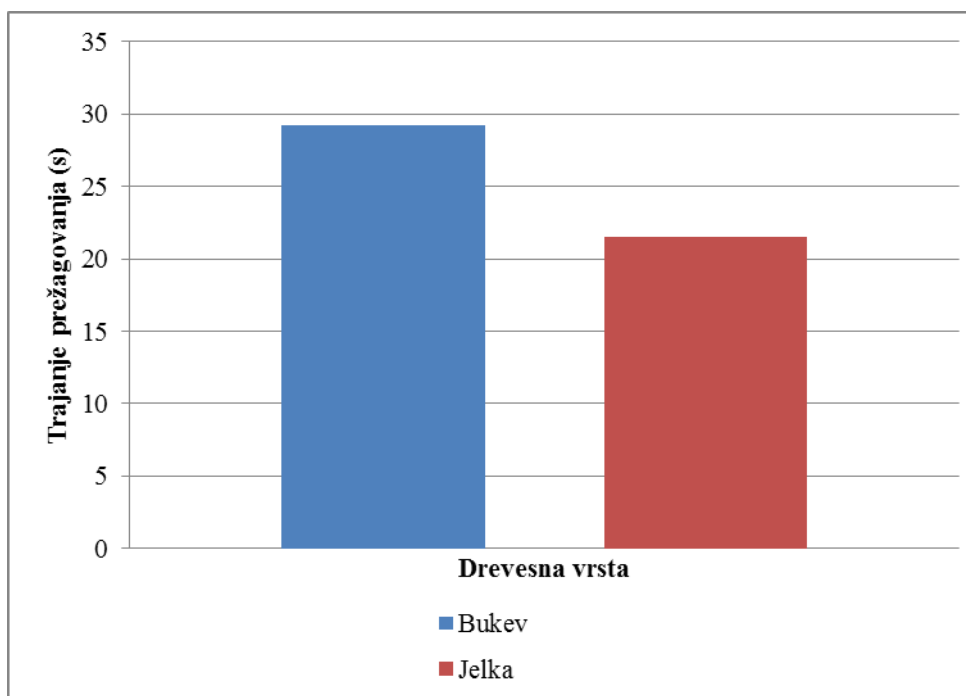
LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 13: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine in globinskim zobom 0,85 mm ter verigami Oregon

	N	A	VAR	0,85/-10	0,85/0°	0,85/10°
0,85/-10°	9	24,58	15,11	t = 1,761 p = 0,002		
0,85/0°	9	18,58	7,69			
0,85/10°	9	18,56	13,91		t = 1,753 p = 0,989	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

5.1.4 Vpliv drevesne vrste na učinkovitost prežagovanja



Slika 22: Trajanje prežagovanja glede na drevesno vrsto

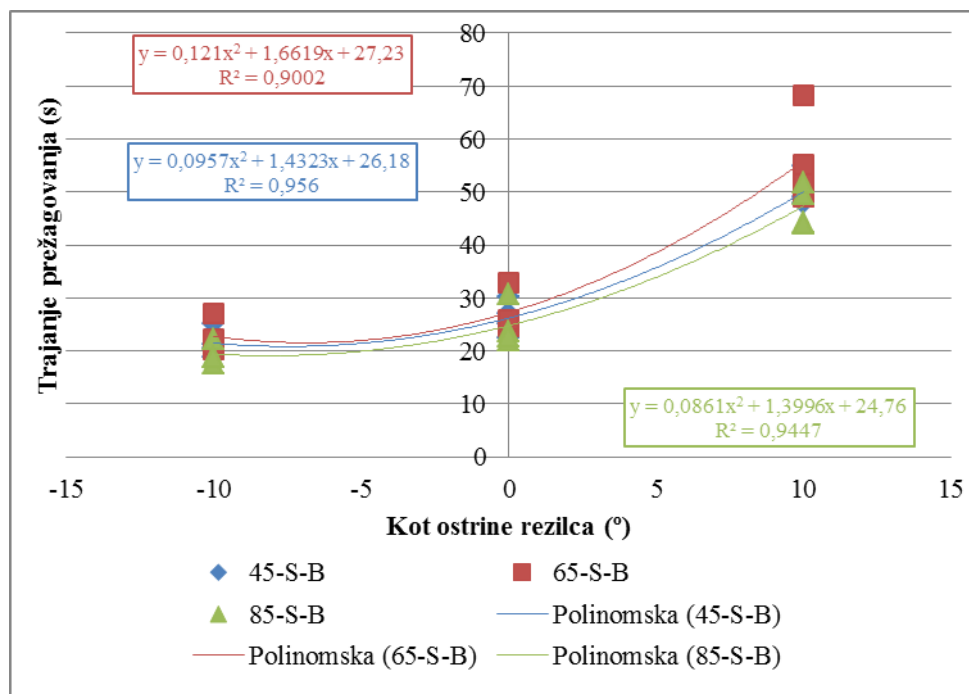
Rezultati primerjave trajanja prežagovanja bukovega lesa in lesa jelke so pokazali, da je prežagovanje jelke za 7,66 sekunde oz. 26 % hitrejšo kot pri bukvi, kar je posledica različne trdote lesa (slika 22). Razlike v trajanju prežagovanja so visoko statistično značilne (preglednica 14).

Preglednica 14: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja glede na drevesno vrsto

	N	A	VAR	Bukev	Jelka
Bukev	72	29,22	143,13	t = 1,662 p < 0,000	
Jelka	90	21,56	26,14		

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

V nadaljevanju smo želeli ugotoviti, ali dosedanja spoznanja veljajo tudi z upoštevanjem drevesne vrste.



Slika 23: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskimi zobi, verigami Stihl in bukvi

Iz slike 23 je razvidno, da je učinek prežagovanja z verigami Stihl pri bukvi večji pri manjših kotih ostrine. Razlike med učinki prežagovanja so pri vseh višinah globinskih zobov značilne med največjim kotom ostrine ter obema manjšima kotoma (preglednica 15, 16, 17). Glede na to, da so regresijske črte ves čas blizu skupaj, lahko sklepamo, da se nam z nižanjem globinskega zoba le malo spreminjajo učinki pri prežagovanju, tako da je pri prežagovanju bukovega lesa z verigami Stihl bolj pomemben kot ostrine rezilca kot pa višina globinskega zoba.

Preglednica 15: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,45 mm, verigami Stihl in bukvijo

	N	A	VAR	0,45/-10°	0,45/0°	0,45/10°
0,45/-10°	4	21,43	7,23	t = 1,943 p = 0,065		
0,45/0°	4	26,18	10,56			
0,45/10°	4	50,07	11,14		t = 1,943 p < 0,000	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 16: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,65 mm, verigami Stihl in bukvijo

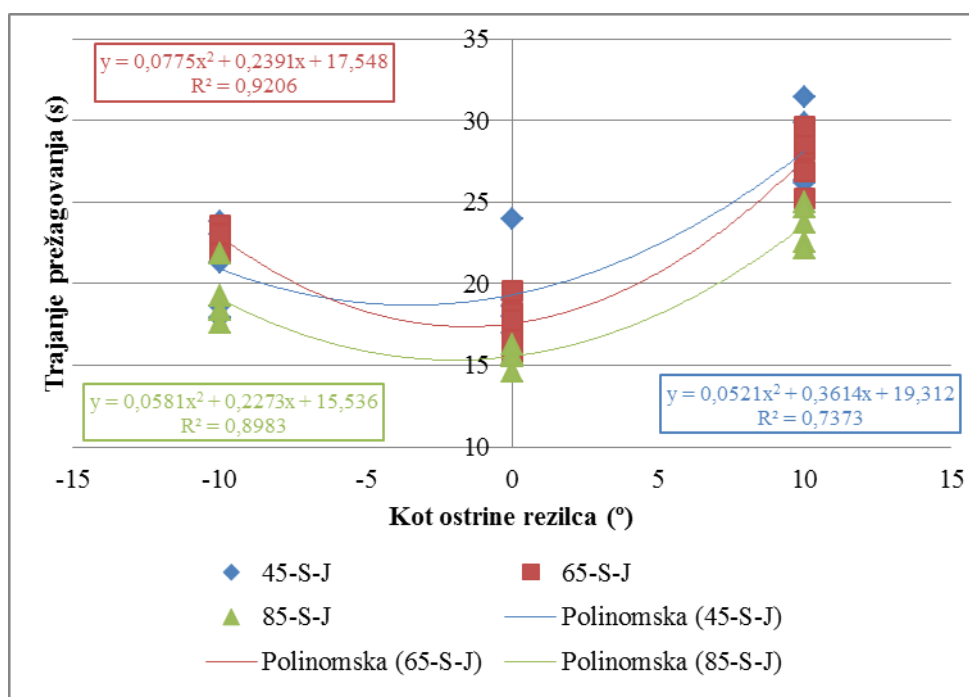
	N	A	VAR	0,65/-10°	0,65/0°	0,65/10°
0,65/-10°	4	22,71	9,07	t = 1,943 p = 0,108		
0,65/0°	4	27,23	13,89			
0,65/10°	4	55,94	73,14		t = 2,132 p = 0,002	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 17: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,85 mm, verigami Stihl in bukvijo

	N	A	VAR	0,85/-10	0,85/0°	0,85/10°
0,85/-10°	4	19,38	3,64	t = 2,132 p = 0,072		
0,85/0°	4	24,76	16,00			
0,85/10°	4	47,37	14,79		t = 1,943 p = 0,0002	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).



Slika 24: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskimi zobi, verigami Stihl in jelko

Pri jelki (slika 24) pa je slika nekoliko drugačna kot pri bukvi (slika 23). Kot vidimo, so učinki ne glede na višino globinskega zoba največji pri priporočenem kotu ostrine, manjši pri najmanjšem kotu ter najmanjši pri največjem kotu ostrine rezilca. Razlike med učinki so razen pri najnižjem globinskem zobu značilne pri vseh treh kotih ostrine rezilcev (preglednica 18, 19, 20). Poleg naštetega so učinki vedno največji pri najnižjem globinskem zobu. Enako kot pri bukvi so tudi v tem primeru regresijske črte učinkovitosti po posameznih višinah globinski zob zelo skupaj, kar kaže na to, da na učinek prežagovanja bolj vpliva kot ostrine rezilca kot višina globinskega zoba. Če namreč popolnoma zgrešimo višino globinskega zoba, je razlika med maksimalno in minimalno vrednostjo največ 4,5 sekunde, pri napačnem kotu ostrine pa je ta razlika lahko tudi 10,1 sekunde.

Preglednica 18: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,45 mm, verigami Stihl in jelko

	N	A	VAR	0,45/-10°	0,45/0°	0,45/10°
0,45/-10°	5	20,91	6,75	t = 1,860 p = 0,370	t = 1,860 p = 0,0006	
0,45/0°	5	19,31	7,31			
0,45/10°	5	28,13	5,63			

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 19: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,65 mm, verigami Stihl in jelko

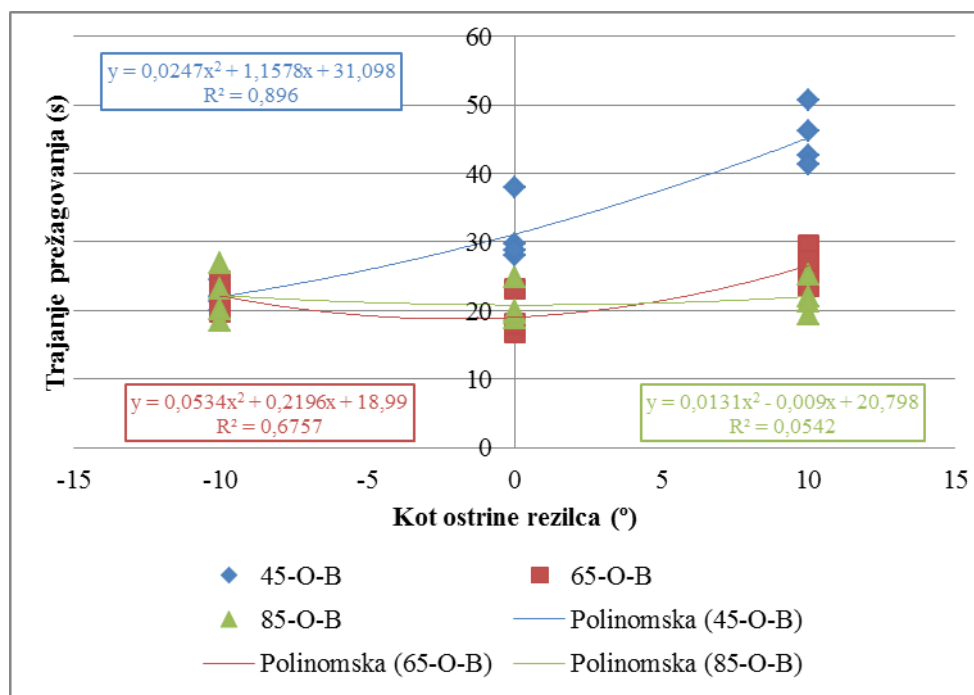
	N	A	VAR	0,65/-10°	0,65/0°	0,65/10°
0,65/-10°	5	22,91	0,35	t = 2,015 p = 0,0006	t = 1,860 p < 0,000	
0,65/0°	5	17,55	2,25			
0,65/10°	5	27,69	2,96			

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 20: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,85 mm, verigami Stihl in jelko

	N	A	VAR	0,85/-10	0,85/0°	0,85/10°
0,85/-10°	5	19,08	2,70	t = 2,015 p = 0,006	t = 1,943 p < 0,000	
0,85/0°	5	15,54	0,34			
0,85/10°	5	23,62	1,61			

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).



Slika 25: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskimi zobi, verigami Oregon in bukvijo

Pri prežagovanju bukovega lesa z verigami Oregon učinki pri najvišjem globinskem zobu naraščajo z nižjim kotom ostrine, medtem ko so učinki pri ostalih dveh globinskih zobeh najvišji pri priporočenem kotu ostrine (slika 25). Ker so razlike v učinkovitosti pri najvišjem globinskem zobu značilne med največjim in obema manjšima kotoma ostrine, lahko zaključimo, da ima pri najvišjem globinskem zobu na učinkovitost prežagovanja velik vpliv kot ostrine rezilca (preglednica 21). Pri najnižjem globinskem zobu pa so razlike v učinkovitosti prežagovanja med različnimi koti ostrine neznailne, kar pomeni, da na učinkovitost vpliva le višina globinskega zoba (preglednica 23).

Preglednica 21: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,45 mm, verigami Oregon in bukvijo

	N	A	VAR	0,45/-10°	0,45/0°	0,45/10°
0,45/-10°	4	21,99	3,53	$t = 2,132$ $p = 0,022$		
0,45/0°	4	31,10	21,17			
0,45/10°	4	45,15	17,40		$t = 1,943$ $p = 0,004$	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 22: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,65 mm, verigami Oregon in bukvijo

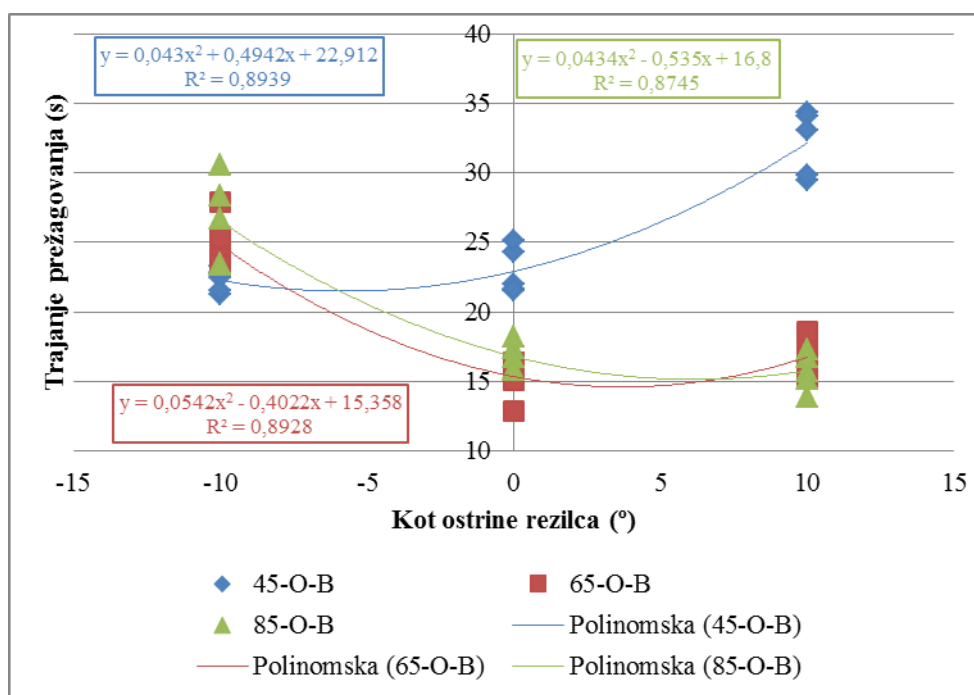
	N	A	VAR	0,65/-10°	0,65/0°	0,65/10°
0,65/-10°	4	22,14	3,99	$t = 2,015$ $p = 0,130$		
0,65/0°	4	18,99	8,13			
0,65/10°	4	26,53	6,24		$t = 1,943$ $p = 0,007$	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 23: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,85 mm, verigami Oregon in bukvijo

	N	A	VAR	0,85/-10	0,85/0°	0,85/10°
0,85/-10°	4	22,20	13,78	$t = 2,015$ $p = 0,568$		
0,85/0°	4	20,80	7,29			
0,85/10°	4	22,02	5,90		$t = 1,943$ $p = 0,527$	

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).



Slika 26: Trajanje prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskimi zobi, verigami Oregon in jelko

Rezultati pri prežagovanju lesa jelke z verigami Oregon (slika 26) so podobni kot pri prežagovanju bukve (slika 25) s to razliko, da pri obeh najmanjših globinskih zobeh učinki značilno naraščajo s povečevanjem kota ostrine rezilca (preglednica 25, 26). Pri vseh treh višinah globinskega zoba ima kot ostrine rezilca velik vpliv na učinkovitost prežagovanja, vendar pri najvišjem zobu povsem nasproten kot pri nižjih dveh zobeh.

Preglednica 24: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,45 mm, verigami Oregon in jelko

	N	A	VAR	0,45/-10°	0,45/0°	0,45/10°
0,45/-10°	5	22,27	0,73	t = 1,943 p = 0,478	t = 1,895 p = 0,0002	
0,45/0°	5	22,91	2,90			
0,45/10°	5	32,15	5,45			

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Preglednica 25: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,65 mm, verigami Oregon in jelko

	N	A	VAR	0,65/-10°	0,65/0°	0,65/10°
0,65/-10°	5	24,80	3,66	t = 1,860 p < 0,000	t = 1,860 p = 0,164	
0,65/0°	5	15,36	2,19			
0,65/10°	5	16,75	1,94			

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

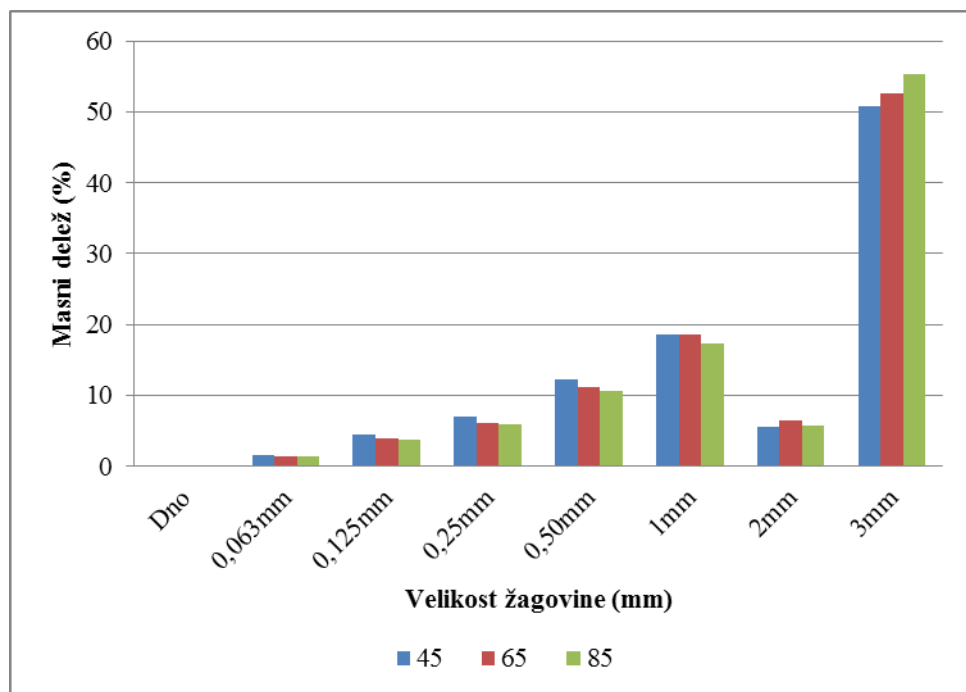
Preglednica 26: Test značilnosti razlik v učinkovitosti prežagovanja, razmerje med koti ostrine, globinskim zobom 0,85 mm, verigami Oregon in jelko

	N	A	VAR	0,85/-10	0,85/0°	0,85/10°
0,85/-10°	5	26,49	9,66	t = 2,015 p = 0,001	t = 1,895 p = 0,222	
0,85/0°	5	16,8	1,04			
0,85/10°	5	15,79	1,82			

LEGENDA: N – število meritev, A – povprečen čas prežagovanja v sekundah, VAR – varianca v sekundah, t – vrednost znaka t, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

5.2 STRUKTURA ŽAGOVINE

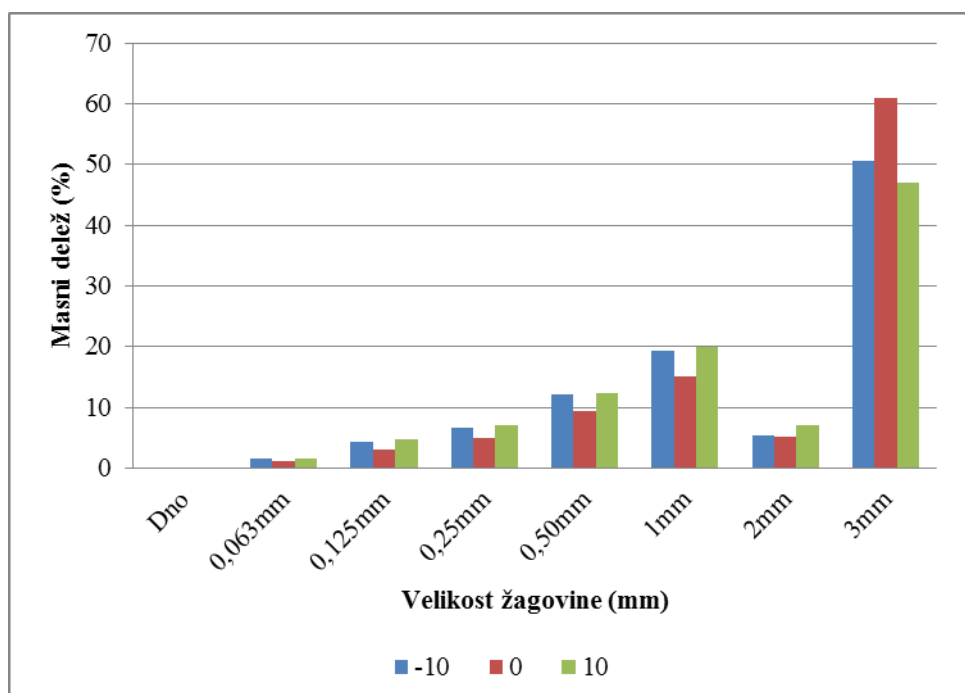
5.2.1 Struktura žagovine glede na znižan globinski zob



Slika 27: Struktura žagovine glede na znižan globinski zob

Iz slike 27 lahko razberemo, kakšna je struktura žagovine po velikosti delcev glede na višino globinskega zoba. Ne glede na višino globinskega zoba nam največ žagovine ostane v situ 3 mm, nato količina pada do sita 2 mm, pri situ 1 mm se ta vrednost nekoliko poveča, nato pa pada do najmanjših sit (0,063 mm in kar pade na dno). Pri prežagovanju lesa z nizkimi globinskimi zobi je v primerjavi z ostalima dvema višjima zoboma več največjih delcev ter manj delcev manjših od 2 mm. Delež delcev, ki so manjši od 0,125 mm in so potencialno nevarni zdravju delavca, je najmanjši pri najmanjšem globinskem zobu (1,39 %), višji pri višjem zobu (1,48 %) in najvišji pri najvišjem globinskem zobu (1,60 %).

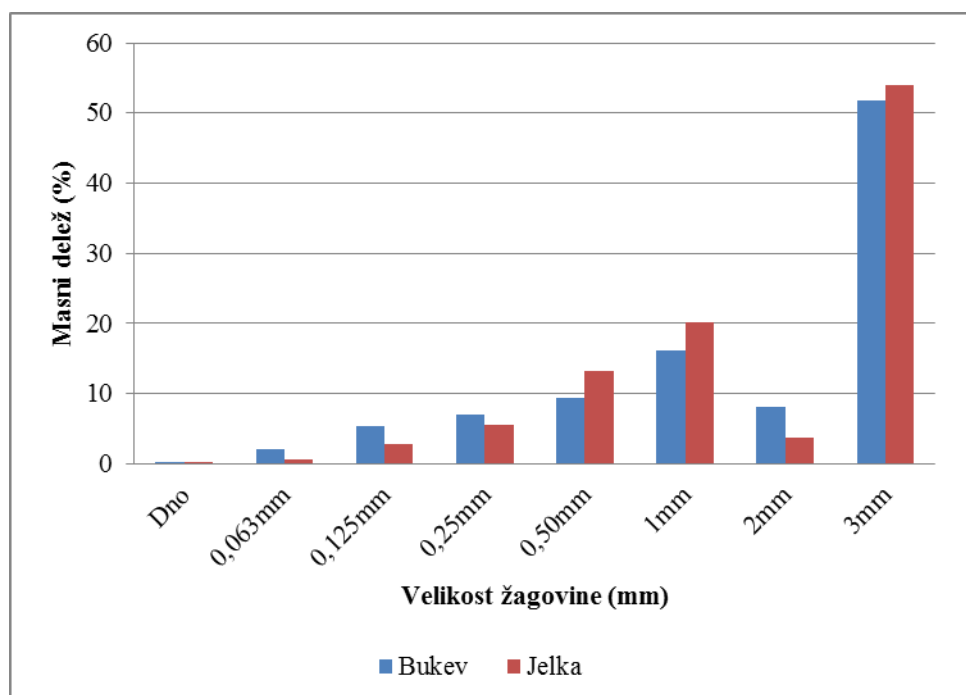
5.1.2 Struktura žagovine glede na kot ostrine rezilca



Slika 28: Struktura žagovine glede na kot ostrine rezilca

Kot lahko vidimo, imata sliki 27 in 28 podoben potek krivulj, nasprotno od vpliva višine globinskega zoba na strukturo žagovine po velikosti delcev. Tu je največji delež žagovine večje od 3 mm pri osnovnem kotu ostrine rezilca ter manjši pri ostalih dveh ostrinah. Najmanjši delež delcev pod 0,125 mm je pri priporočenem kotu (1,2 %), več pri največjem (1,6 %) in največ pri najmanjšem kotu ostrine rezilca (1,7 %).

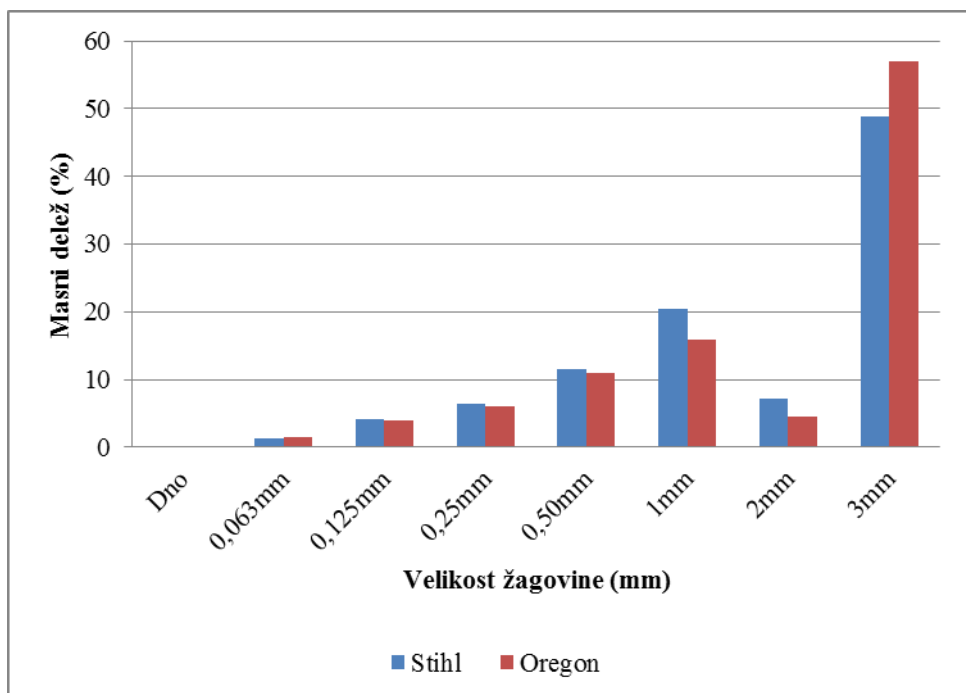
5.1.3 Struktura žagovine glede na drevesno vrsto



Slika 29: Struktura žagovine glede na drevesno vrsto

V nasprotju s predhodnimi rezultati (slika 27, 28) se masni deleži po velikosti žagovine med obravnavanimi drevesnima vrstama zelo spreminjajo. Tako je pri jelki večji delež žagovine večje od 3 mm, 1 mm in 0,5 mm, pri bukvi pa pri 2 mm, 0,125 mm in 0,063 mm. Delež delcev manjših od 0,125 mm je zaradi mehkejšega lesa pri jelki manjši (0,71 %) kot pri bukvi (2,27 %).

5.1.4 Struktura žagovine glede na tip verige



Slika 30: Struktura žagovine glede na tip verige

Splošen potek masnih deležev žagovine po velikosti žagovine je glede na tip verige podoben kot na predhodnih slikah (27, 28, 29). To pomeni, da je največ žagovine v 3 mm, manj v 2 mm, nato zopet nekoliko več v 1 mm situ, nato pa vedno manj do najmanjših delcev. V splošnem je pri verigah Oregon več delcev nad 3 mm ter manj manjših delcev. Vendar pa to ne velja tudi za najmanjše delce, kjer je ta delež večji (1,6 %) kot pri verigah Stihl (1,4 %).

5.3 OBLIKA ŽAGOVINE

Preglednica 27: Dolžina, širina, absolutna razlika v dolžini diagonal, in debelina delcev žagovine po obravnavanih faktorjih

		N	D	VAR	p	Š	VAR	p	DIA	N	VAR	p	DEB	N	VAR	p
Kot ostrine rezilca	-10	120	8,65	9,53	0,001	4,73	0,46	0,128	0,64	120	0,35	0,602				
	0	120	10,22	12,10		4,78	0,34		1,36	120	81,48		0,24	120	0,0045	
	10	120	9,21	18,91		4,89	0,37		0,68	120	0,351					
Višina globinskega zoba	45	120	9,02	13,47	0,436	4,79	0,34	0,688	1,44	120	81,51	0,407	0,21	40	0,0020	<0,000
	65	120	9,42	12,98		4,84	0,39		0,65	120	0,256		0,23	40	0,0033	
	85	120	9,64	15,18		4,78	0,45		0,59	120	0,286		0,28	40	0,0061	
Drevesna vrsta	Bukev	180	10,01	13,41	0,001	4,45	0,22	<0,000	1,15	180	54,46	0,352	0,22	60	0,0026	0,006
	Jelka	180	8,71	13,55		5,16	0,31		0,64	180	0,26		0,26	60	0,0059	
Tip	Stihl	180	9,51	14,36	0,445	4,93	0,39	<0,000	1,14	180	54,41	0,365	0,26	60	0,006	0,007
	Oregon	180	9,21	13,41		4,67	0,36		0,64	180	0,313		0,22	60	0,0030	

LEGENDA: N – število meritev, D – dolžina ostružkov v mm, Š – širina ostružkov v mm, DIA – absolutna vrednost diagonal v mm, DEB – debelina ostružkov v mm, VAR – varianca v mm, p – statistično tveganje. Bonferroni korekcija ($p(0,05)=0,017$).

Rezultati primerjave največjih delcev žagovine glede na obravnavane faktorje (preglednica 27) so pokazali, da kot ostrine rezilca statistično vpliva samo na dolžino delcev, ki so največji pri priporočenem kotu. Višina globinskega zoba smiselno statistično značilno vpliva samo na debelino žagovine, ki je debelejša pri najnižjem in tanjša pri najvišjem globinskem zobu. Žagovina je pri bukvi značilno daljša, ožja in tanjša kot pri jelki. Pri uporabi verig Oregon je žagovina značilno ožja in debelejša kot pri uporabi verig Stihl. Neznačilne razlike v absolutnih dolžinah diagonal pri vseh obravnavanih faktorjih kažejo, da so delci žagovine v splošnem kvadratne oblike.

6 RAZPRAVA

Pri pripravi motorne žage in verige se moramo zaradi varnosti pri delu držati navodil, ki jih za delo priporoča proizvajalec. Tako proizvajalec verige med drugim priporoča tudi primeren kot ostrine in višino globinskega zoba. Dejstvo je, da so priporočeni koti in višine globinskih zob samo na novi verigi. Kasneje, z uporabo verige in večinoma ročnim brušenjem, so vse dimenzije zob večinoma samo še približki priporočenih vrednosti.

Kljub priporočenim dimenzijam in oblikam zob pa profesionalni gozdni delavci pri svojem delu uporabljajo drugačne kote ostrine rezilcev kot tudi različne višine globinskih zob. Tako za mehkejši les globinske zobe znižajo za 0,85 mm, za trši les pa 0,65 mm (s pomočjo šablon). Tudi v našem primeru smo ugotovili, da smo najboljše učinke prežagovanja dosegali pri globinskem zobu 0,85 mm, saj so bili učinki 8 % boljši kot pri globinskem zobu 0,65 mm. Pri nepoklicnem delu pa so odstopanja od priporočenih vrednosti predvsem posledica neznanja.

Za učinkovito poklicno, predvsem pa nepoklicno delo v gozdu lahko na podlagi izmerjenih podatkov in rezultatov predlagamo, da rezilce glede na tip verige brusimo med kotoma 20° in 35°, saj bomo s tem še dosegali dobre učinke pri delu z motorno žago. Če pri brušenju uporabimo prevelik kot, se nam učinki poslabšajo za kar 50 %, če pa je ta kot manjši od osnovnega, se nam učinki poslabšajo za 6 %, kar je še vedno dober rezultat. Torej je v praksi bolje, da izberemo manjši kot brušenja kot pa v nasprotnem primeru večji.

Ugotovili smo, da je potrebno za res dobre rezultate pri delu z motorno žago rezilce nabrusiti pod osnovnim kotom (Stihl 30°, Oregon 25°), globinske zobe pa znižati za 0,85 mm. Pri prevelikem kotu ostrine in premalo znižanem globinskem zobu pa se nam rezultati poslabšajo za skoraj dvakrat.

Že res, da velja prepričanje, da je dražje tudi boljše, ampak v našem primeru ni bilo tako, saj smo z verigami Oregon, ki so cenejše, dosegali za 16 % boljše učinke v primerjavi z verigami Stihl.

Če poleg kota ostrine rezilca in globinskega zoba dodamo še tip verige, vidimo, da je najboljša izbira veriga Oregon, saj smo pri njej dosegali najboljše rezultate pri priporočenih vrednostih proizvajalca (25°, 0,65 mm). Glede na verigo Oregon smo tako v povprečju z verigo Stihl dosegali za 12 % slabše učinke.

Kot vemo, se mehkejši les lažje prežaguje kot trši. V naši raziskavi smo ugotovili, da smo pri jelki dosegali za 26 % boljše učinke kot pri bukvi.

Pri delu v iglavcih je v primeru uporabe verig Stihl najboljše, da rezilce nabrusimo pod osnovnim kotom ostrine (30°), globinske zobe pa znižamo za 0,85 mm, saj je les mehkejši in bo tako delo hitrejše. Če pa delo opravljamo v listavcih, je najboljše, da verige Stihl nabrusimo pod 20° kotom, globinske zobe pa znižamo ravno tako za 0,85 mm oziroma malenkost manj, saj je les trši.

Pri verigi Oregon je za delo v iglavcih najboljše, da verigo nabrusimo pod osnovnim kotom ostrine (25°), globinske zobe pa znižamo za 0,65 mm oz. malo več, saj je les mehak in lahko rezilci odžagujejo več lesa. Pri listavcih smo z verigo Oregon dosegali za 35 % slabše rezultate od iglavcev, kar je veliko bolje kot z verigo Stihl, kjer so bili rezultati pri listavcih za 72 % slabši kot pri iglavcih. Ravno tako bomo najboljše učinke dosegali, če bomo rezilce nabrusili pod osnovnim kotom ostrine (25°) in globinske zobe znižali za 0,65 mm (kar je tudi priporočeno za listavce).

V knjižici Varno delo pri sečnji (Medved in Košir, (2002) avtorja navajata optimalni kot ostrine rezilca med 30° in 35°. V naši raziskavi smo ugotovili, da lahko za doseganje dobrih rezultatov pri delu z motorno žago rezilce brusimo med 20° in 35°. Koti ostrine rezilcev, 15° in 40° so bili očitno premajhni oz. preveliki, saj smo z njimi dosegali izredno slabe učinke pri prežagovanju. Pri globinskih zobeh lahko rečemo, da bo najboljše, da jih znižamo pri listavcih za 0,65 mm, pri iglavcih, kjer je les mehkejši, pa za 0,85 mm.

S presejalnim testom smo ugotovili, da imamo največ delcev pri situ velikosti 3 mm, nato je količina padala do 2 mm, pri 1 mm se je spet nekoliko dvignila, nato pa padala do najmanjših frakcij. Splošna struktura zelo malo niha glede na preučevane dejavnike, prav tako zelo malo niha delež najmanjših delcev, ki bi potencialno škodovali zdravju.

Od teh dosežemo največji deleži pri globinskem zobu 0,45 mm (1,6 %), najmanjši pa pri 0,85 mm (1,39 %). To je predvsem posledica višinske razlike med rezilcem in globinskim zobom, saj pri bolj znižanem globinskem zobu rezilci pobirajo več lesa.

Glede na kot ostrine rezilca je bilo največ drobnih delcev pri kotu 10° manjšem od osnovnega (1,68 %), najmanj drobnih delcev pa pri osnovnem kotu ostrine (1,2 %).

Mehkejši les se lažje prežaguje kot trši, posledično je bilo tudi v naši raziskavi ugotovljeno, da smo imeli pri jelki bistveno manj drobnih delcev (0,71 %) kot pri bukvi (2,27 %). Iz tega bi lahko sklepali, da je za naše zdravje torej bolje, da delamo v iglavcih kot pa v listavcih.

Če smo z verigami Oregon dosegali najboljše učinke pri prežagovanju, je bilo pri strukturi žagovine drugače – pri verigah Oregon smo imeli največ drobnih delcev v žagovini (1,58 %), kar je več kot pri verigah Stihl (1,4 %).

Dimenzije žagovine kot posledica različnega brušenja verige, tipa verige in drevesne vrste so se pokazale kot statistično pomembne, nekatere so pričakovane, npr. širina ostružkov se s spremembo parametrov le malo spreminja, nekatere pa prinašajo nova znanja. Kot ostrine tako vpliva samo na dolžino delcev, ki so največji pri priporočenem kotu. Višina globinskega zoba vpliva samo na debelino žagovine, ki je debelejša pri najnižjem in tanjša pri najvišjem globinskem zobu. Pri bukvi je žagovina daljša, ožja in tanjša kot pri jelki. Pri verigah Stihl pa je žagovina širša in tanjša kot pri uporabi verig Oregon.

7 SKLEPI

V začetku diplomskega dela smo postavili dve hipotezi:

- v prvi smo trdili, da so največji učinki prežagovanja pri tehničnih parametrih verige, kot jih predpisuje proizvajalec. To hipotezo lahko delno potrdimo. Najboljše rezultate smo dosegali pri osnovnem kotu ostrine, torej pri tistem, ki ga priporoča proizvajalec verige. Pri globinskem zobu pa smo ugotovili, da ni tako – najboljše učinke smo namreč dosegali pri globinskem zobu 0,85 mm in ne pri priporočenem (0,65 mm),
- v drugi hipotezi smo trdili, da se delež manjših frakcij žagovine povečuje z odstopanji kota rezilca od predpisanih vrednosti proizvajalca ter z zmanjševanjem razlike med višino rezilca in globinskim zobom. Tudi ta trditev le delno drži. Glede na kot ostrine smo imeli najmanjši delež manjših frakcij žagovine pri osnovnem, torej predpisanem kotu. Glede na višino globinskega zoba pa najmanj drobnih delcev nastane pri globinskem zobu 0,85 mm.

8 POVZETEK

S to diplomsko nalogo smo želeli raziskati način najbolj ugodnega brušenja verige motorne žage – s tem lahko dosegamo najboljše učinke, hkrati pa želimo imeti v žagovini čim manj zdravju škodljivih drobnih delcev.

Praktični del diplomske naloge smo izvajali v Begunjah pri Cerknici na sedežu podjetja LOMAR Lesna obrt S.P. Za delo smo uporabili les jelke in bukve, katerega smo predhodno prizmirali z vertikalno krožno žago na dimenzijo 32 cm x 32 cm. Na dan poskusa smo prizme vpeli na podstavke s pomočjo zategovalnih trakov, s tem smo preprečili njihovo premikanje.

Za poskus smo izbrali dva tipa verig, in sicer Oregon 75 LPX in Stihl 36 RSC. Verige smo zbrusili tako, da smo od osnovnega kota ostrine rezilca, ki je bil pri verigah Oregon 25°, pri verigah Stihl pa 30°, zbrusili rezilce še 10° več oz. 10° manj. Poleg tega smo znižali tudi globinske zobe za 0,45 mm, 0,65 mm in 0,85 mm. Na koncu smo vsega skupaj dobili 36 kombinacij.

Uporabili smo meč proizvajalca Stihl dolg 45 cm z utorom 1,6 mm, ki je bil nameščen na profesionalno motorno žago Husqvarna 372 XP.

Delo je potekalo tako, da smo en rez opravili na jelki in en rez na bukvi. Po petih rezih smo preverili napetost verige s posebno šablono, jo po potrebi napeli in dolili gorivo in mazivo - tako so bili pogoji dela ves čas približno enaki. Motorna žaga je rezala pod lastno težo (držanje samo za vodilni ročaj). Poskus smo snemali s kamero, kasneje pa smo na podlagi posnetkov naredili časovno študijo.

Odrezke smo sušili in jim merili vlažnost. Poleg tega smo naredili tudi zajem žagovine, ki smo jo na Gozdarskem inštitutu Slovenije presejali – s tem smo dobili različne frakcije (3, 2, 1, 0,5, 0,250, 0,125, 0,063 mm). Najdebelejšo žagovino smo nato tudi izmerili (njeno dolžino, širino, diagonale in debelino).

Pri analizi podatkov smo ugotovili, da smo najboljše učinke pri prežagovanju dosegali pri osnovnem kotu ostrine rezilca (0°) ter globinskem zobu 0,85 mm. Glede na to, da ima jelka

mehkejši les, smo tu dosegali veliko boljše učinke kot pri bukvi. Glede na tip verige smo ugotovili, da smo boljše učinke dosegali z verigami Oregon.

Pri analizi žagovine glede velikosti delcev smo prišli do ugotovitve, da imamo najmanj manjših delcev ($<0,125$ mm) pri osnovnem kotu ostrine rezilca in globinskem zobu 0,85 mm (rezilci odžagujejo več lesa, posledično je ta debelejši). Z verigami Oregon smo dosegali boljše učinke pri prežagovanju, hkrati pa smo imeli tudi več drobne žagovine. Zanimiv je bil tudi podatek, da smo imeli pri bukvi žagovini veliko več drobnih delcev žagovine kot pri jelki, saj je les trši in ga rezilci težje režejo. Zaradi tega je bilo pri jelki drobnih delcev manj, saj je les mehkejši in ga rezilci lažje režejo.

Pri veliki žagovini (ostružki nad 3 mm) smo ugotovili, da se dolžine ostružkov in absolutne vrednosti diagonal s spreminjanjem kota ostrine rezilca, višine globinskega zoba, tipa verige in drevesne vrste spreminjajo. Širine ostružkov so pri bukvi in verigah Oregon značilno ožje kot pri jelki in verigah Stihl. Tudi pri debelini je bil pričakovan podatek, da se z nižanjem globinskega zoba povečujejo debeline ostružkov. Prav tako so bili tudi pri jelki ti ostružki nekoliko debelejši kot pri bukvi.

9 VIRI

Bajc S. 2005. Ročno orodje in vzdrževanje motorne žage: (Učbenik za pouk pridobivanja gozdnih proizvodov za program gozdarski tehnik v 1. letniku nižjega in srednjega poklicnega in strokovnega izobraževanja). Ljubljana, Državna založba Slovenije: 48 str.

Bizjak P. 2007. Razvoj motornih verižnih žag in njihove tehnične izboljšave: diplomsko delo, visokošolski strokovni študij. Spodnja Idrija: 106 str.

Katalog proizvodov OREGON, 2012: 233 str

Katalog proizvodov Stihl 2011: 235 str

Košir B. 1997. Pridobivanje lesa: študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 330 str.

Medved M., Košir B. 2002. Varno delo pri sečnji. (Zbirka gozdarski nasveti, št. 5). Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Gozdarska založba, Zavod za gozdove Slovenije: 92 str.

Remic C., 1967. Motorna verižna žaga. Ljubljana, Poslovno združenje gozdno gospodarskih organizacij: 172 str.

Totum trgovina in storitve d.o.o. *372XP Husqvarna*. 2013.

-<http://www.totum.si/372xp-husqvarna> (06. 03. 2013)

Turk Z., Ude J. 1967. Raziskovanje ekonomskih elementov dela z motorkami (rezultati). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije: 64 str.

Ude J. 1988. Podiranje in obdelava dreves. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 218 str.

ZAHVALA

Iskrena zahvala mentorju doc. dr. Juriju Marenčetu, somentorju dr. Antonu Pojetu za vso pomoč, podporo in strokovne nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se Iztoku Sinjurju z Gozdarskega inštituta Slovenije za pomoč pri presajanju žagovine in merjenju vlažnosti le-te.

Zahvaljujem se tudi doc. dr. Alešu Stražetu z Oddelka za lesarstvo, katedra za tehnologijo lesa, za pomoč pri sušenju odrezkov.

Zahvala tudi Matjažu Čopu za pomoč pri slikanju in merjenju ostružkov.

Zahvala tudi Žigi Šviglju za pomoč pri zasnovi in izvedbi praktičnega dela diplomskega dela.

Za pomoč pri brušenju verig in podpori se zahvaljujem tudi kolektivu trgovine Česnik d.o.o. iz Postojne.

Zahvala tudi staršem, ki so mi omogočili študij na Biotehniški fakulteti.

Ne nazadnje bi se rad iskreno zahvalil tudi dekletu Maši Mele za vso izkazano podporo, pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge.