

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

Luka VRABIČ

**NORMIRANJE GOZDNIH DEL PRI IZVEDBI DRUGEGA
REDČENJA V SPREMENJENIH GORSKIH GOZDOVIH NA
POHORJU**

Diplomsko delo
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**NORMALISATION OF FORESTRY OPERATIONS BASED ON THE
PERFORMANCE OF SECOND THINNING IN SECONDARY
FORESTS IN POHORJE**

B. Sc. Thesis
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek študija prve stopnje visokošolskega strokovnega študija gozdarstva na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 16. 6. 2016 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Janeza Krča, za somentorja prof. dr. Jurija Diacija in za recenzenta doc. dr. Jurija Marenčeta.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Luka Vrabič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dv1

DK GDK305:242(497.4Pohorje)(043.2)=163.6

KG sistem normiranja/kazalec porabe časa/enota mere

AV VRABIČ, Luka

SA KRČ Janez/DIACI Jurij

KZ SI 1000 Ljubljana, Večna pot 83

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

LI 2016

IN NORMIRANJE GOZDNIH DEL PRI IZVEDBI DRUGEGA REDČENJA V
SPREMENJENIH GOZDOVIH NA POHORJU

TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja)

OP VII, 62 str., 27 pregl., 24 sl., 28 vir.

IJ sl

II sl/en

Pri izračunavanju stroškov gojitvenih del v mladem gozdu pogosto ne razpolagamo s podatki, ki so zbrani v postopku odkazila. V tem primeru je smiselna uporaba sistema normiranja, kjer namesto drevesa kot enote mere za ugotavljanje učinkov nastopa površina. Raziskava obravnava primernost gostote izbrancev in gostote konkurentov kot kazalcev potrebne količine dela v primerjavi s prsnim premerom, kot uveljavljenim kazalcem pri enoti mere drevo. Za ta namen je bila opravljena časovna študija izvedbe redčenja v smrekovem drogovnjaku s primesjo jelke in bukve, kjer je bilo skupno posnetih 72 popolnih ciklusov sečnje in izdelave, od tega 57 na iglavcih in 15 na listavcih. Zastavljeni sistemi normiranja temeljijo na modelu funkcijske odvisnosti, kjer poznavanje neodvisne spremenljivke omogoča bolj ali manj zanesljivo napovedovanje odvisne spremenljivke. Uporaba linearne aproksimacije se je izkazala kot ustrezna metoda za napovedovanje predvidene porabe časa. Prsni premer se je izkazal kot najnatančnejši kazalec, medtem ko sta bila kazalca gostota izbrancev in gostota konkurentov po natančnosti enakovredna. Ugotovljena je struktura delovnega časa in težavnost dela po operacijah v produktivnem času. Na podlagi ugotovljenih učinkov je v povezavi z načinom nege opravljena kalkulacija stroškov ukrepa. Podana je ocena potencialnih izboljšav sistema normiranja, ki je ključnega pomena za racionalizacijo nege.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ŠD Dv1

DK GDK305:242(497.4Pohorje)(043.2)=163.6

KG system for standard time determination/time consumption indicator/unit of measure

AV VRABIČ, Luka

SA KRČ Janez/DIACI Jurij

KZ SI 1000 Ljubljana, Večna pot 83

ZA University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources

LI 2016

IN NORMALISATION OF FORESTRY OPERATIONS BASED ON THE
PERFORMANCE OF SECOND THINNING IN SECONDARY FORESTS IN POHORJE
TD B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)

OP VII, 62 p., 27 tab., 24 fig., 28 ref.

IJ sl

JI sl/en

Within the process of calculating the costs of silvicultural measures in new growth forests, we frequently find ourselves deprived of data collected in the process of marking. System for standard time determination, which includes surface as a unit of productivity measurement instead of tree, is accordingly reasonable. This research is aiming to investigate adequacy of selected tree density and competitor tree density, as an indicator of time consumption in comparison to breast height diameter, as commonly used indicator in relevance to tree, as a unit of measure. Time study of thinning process in spruce pole stand with mixture of fir and beech has been conducted, where in total 72 completed felling and processing cycles has been recorded, out of which 57 were coniferous and 15 deciduous trees. Presented time standardisation systems are established on the basis of regression models, where known independent variable enables to predict more or less accurate estimates of dependent variable. Utilization of linear approximation has been recognized as adequate method in purpose of predicting time consumption. Breast height diameter has been ratified as most accurate indicator, whereas indicators selected tree density and competitor tree density are equivalent in terms of accuracy. Working time structure and work difficulty within productive time operations have been established. Cost analysis has been conducted on the basis of observed productivity in terms of particular tending concept. This research allowed us to evaluate potential improvements within time standardisation system, which is perceived to be crucial in the context of forest tending rationalization.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
1 UVOD.....	1
2 PREGLED LITERATURE.....	2
3 OPREDELITEV NAMENA RAZISKAVE.....	6
4 METODE RAZISKAVE.....	7
4.1 RAZISKOVALNI OBJEKT.....	7
4.2 OPREDELITEV DELOVNEGA PROCESA IN DELOVNIH POGOJEV.....	8
4.3 MERITVE IN OBDELAVA PODATKOV.....	9
4.4 ČLENITEV DELOVNEGA PROCESA IN OPREDELITEV OPERACIJ.....	10
4.5 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV.....	11
5 REZULTATI.....	12
5.1 ANALIZA SESTOJA NA RAZISKOVALNIH PLOSKVAH.....	12
5.1.1 Debelinska zgradba.....	12
5.1.2 Socialna zgradba.....	13
5.2 ANALIZA IZBRANCEV.....	14
5.2.1 Socialna struktura izbrancev.....	14
5.2.2 Debelinska struktura izbrancev.....	15
5.2.3 Kakovostna struktura izbrancev.....	16
5.3 ANALIZA KONKURETNOV.....	17
5.3.1 Socialna struktura konkurentov.....	17
5.4 ANALIZA POSNETIH ČASOV.....	19
5.5 ANALIZA DELOVNEGA ČASA.....	21
5.6 PRIMERJALNA ANALIZA STRUKTURE PRODUKTIVNEGA ČASA.....	23
5.7 PRIMERJALNA ANALIZA PORABE PRODUKTIVNEGA ČASA NA KONKURENTA.....	27

5.8	PRIMERJALNA ANALIZA PORABE PRODUKTIVNEGA ČASA NA IZBRANCA.....	28
5.9	KALKULACIJA STROŠKOV.....	29
5.10	PRSNI PREMER KOT KAZALEC PORABE ČASA.....	32
5.10.1	Zveza med prsnim premerom in trajanjem operacij.....	32
5.10.2	Izračun predvidenih časov.....	34
5.10.3	Primerjava predvidenih časov z državnim normativom.....	39
5.11	GOSTOTA IZBRANCEV KOT KAZALEC PORABE ČASA.....	41
5.12	GOSTOTA KONKURENTOV KOT KAZALEC PORABE ČASA.....	42
5.13	PRIMERJAVA NATANČNOSTI KAZALCEV PORABE ČASA.....	43
5.14	TEŽAVNOST DELA.....	45
5.14.1	Težavnost dela po operacijah v delovnem času.....	45
5.14.2	Skupna težavnost dela v delavniku.....	46
5.14.3	Vrednotenje težavnosti dela.....	47
5.14.4	Težavnost dela tekom delavnika.....	48
5.14.5	Odvisnost težavnosti dela od prsnega premera.....	50
5.14.6	Težavnost dela po načinih dela.....	50
6	RAZPRAVA.....	54
7	ZAKLJUČKI.....	59
8	VIRI.....	61

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Parametri po raziskovalnih ploskvah.....	8
Preglednica 2: Deleži izbrancev glede na gostote dreves po socialnih plasteh - ločeno po načinu dela.....	15
Preglednica 3: Deleži konkurentov glede na gostote dreves po socialnih plasteh - ločeno po načinu dela.....	18
Preglednica 4: Struktura posnetih časov.....	20
Preglednica 5: Prečiščena struktura delavnika.....	22
Preglednica 6: Statistična analiza prsnih premerov odkazanih dreves.....	23
Preglednica 7: Statistična analiza prsnih premerov odkazanih dreves za pare ploskev.....	24
Preglednica 8: Trajanje produktivnega časa po načinu dela, dnevih in operacijah.....	24
Preglednica 9: Struktura produktivnega časa po raziskovalnih ploskvah.....	25
Preglednica 10: Statistična analiza strukture produktivnega časa.....	25
Preglednica 11: Variabilnost operacij glede na absolutno trajanje - ločeno po načinu dela.....	26
Preglednica 12: Statistična analiza porabe produktivnega časa na konkurenta.....	27
Preglednica 13: Statistična analiza porabe produktivnega časa na izbranca.....	28
Preglednica 14: Poraba goriva in maziva ter delež obratovalnega časa motorne žage v odnosu do produktivnega časa.....	29
Preglednica 15: Kalkulacija stroškov dela in materiala.....	30
Preglednica 16: Primerjava učinkov in stroškov po načinih dela.....	31
Preglednica 17: Regresijski in korelacijski koeficienti – iglavci.....	33
Preglednica 18: Regresijski in korelacijski koeficienti - listavci.....	34
Preglednica 19: Deleži fiksnih in odvisnih časov glede na prsni premer iglavcev.....	36
Preglednica 20: Deleži fiksnih in odvisnih časov glede na prsni premer listavcev.....	37
Preglednica 21: Primerjava predvidenih časov po normativu študije z državnim normativom.....	39
Preglednica 22: Regresijski in korelacijski koeficienti (gostota izbrancev).....	41
Preglednica 23: Regresijski in korelacijski koeficienti (gostota konkurentov).....	42
Preglednica 24: Predvideni časi po normativih v primerjavi z posnetimi časi.....	44
Preglednica 25: Težavnost dela po operacijah s strukturo in absolutnim trajanjem operacij.....	46
Preglednica 26: Struktura produktivnega časa in število ponovitev operacij s povprečnim trajanjem po načinih dela.....	51
Preglednica 27: Statistična analiza težavnosti dela po operacijah in načinih dela.....	53
Preglednica 28: Primerjava rezultatov porabe produktivnega časa.....	57

KAZALO SLIK

Slika 1: Frekvenčna porazdelitev prsnih premerov dreves na raziskovalnih ploskvah - ločeno po načinu dela.....	12
Slika 2: Socialna struktura sestoja na raziskovalnih ploskvah z drevesno sestavo - ločeno po načinu dela (min – minimalna metoda, klas – klasična metoda).....	13
Slika 3: Socialna struktura izbrancev z drevesno sestavo - ločeno po načinu dela (min - minimalna metoda, klas - klasična metoda).....	14
Slika 4: Relativna frekvenčna porazdelitev prsnih premerov izbrancev - ločeno po načinu dela.....	16
Slika 5: Deleži izbrancev po kakovostnih rangih - ločeno po načinu dela.....	16
Slika 6: Socialna struktura konkurentov - ločeno po načinu dela (min - minimalna metoda, klas - klasična metoda).....	17
Slika 7: Relativna frekvenčna porazdelitev prsnih premerov odkazanih dreves - ločeno po načinu dela.....	24
Slika 8: Trajanje operacij v odvisnosti od prsnega premera – iglavci.....	33
Slika 9: Trajanje operacij v odvisnosti od prsnega premera – listavci.....	34
Slika 10: Regresijski model za napovedovanje produktivnih časov sečnje in izdelave iglavcev.....	36
Slika 11: Regresijski model za napovedovanje produktivnih časov sečnje in izdelave listavcev.....	38
Slika 12: Primerjava med linearnim in nelinearnim regresijskim modelom.....	40
Slika 13: Regresijski model za napovedovanje produktivnih časov sečnje in izdelave s kazalcem gostota izbrancev.....	41
Slika 14: Regresijski model za napovedovanje produktivnih časov sečnje in izdelave s kazalcem gostota konkurentov.....	42
Slika 15: Relativna frekvenčna porazdelitev posnetih pulzov med delom.....	45
Slika 16: Doprinos operacij k skupni težavnosti dela.....	47
Slika 17: Težavnost dela po operacijah z dopustnimi mejami.....	47
Slika 18: Pulz med delom in potek po načinih dela (1. snemalni dan).....	48
Slika 19: Pulz med delom in potek po načinih dela (2. snemalni dan).....	48
Slika 20: Pulz med delom in potek po načinih dela (3. snemalni dan).....	48
Slika 21: Upadanje težavnosti dela tekom delavnika po dnevih.....	49
Slika 22: Odvisnost težavnosti dela od prsnega premera drevesa.....	50
Slika 23: Relativna frekvenčna porazdelitev pulzov med delom v produktivnem času - ločeno po načinu dela.....	52
Slika 24: Težavnost dela po operacijah in načinu dela.....	52

1 UVOD

Drevje, ki napade pri redčenjih v letvenjaki in drogovnjaki pogosto ne dosega dimenzij, ki omogočajo uporabo državnega normativa za sečnjo in izdelavo. V uporabi so izkustveno določeni normativi za nego, ki po kriterijih objektivnosti in natančnosti ne dosegajo enakih kakovostnih standardov. Obstoječi normativi ne upoštevajo pestrosti dejavnikov, ki vplivajo na količino dela, niti ne razlikujejo med gojitvenima modeloma klasične in minimalne nege, ki se po obsegu del razlikujeta že v definiciji. Poleg tega se v praksi pogosto dogaja, da se prvo redčenje izvede brez predhodnega odkazila (Krajčič in Kolar, 2000), kar dodatno povečuje negotovost v procesu določanja potrebne količine dela.

Sistem normiranja mora biti prilagodljiv vsaj v tolikšni meri, da upošteva način dela v skladu z negovalnim modelom. Obseg del je v okviru negovalnega modela določen z gostoto izbrancev. Ravno gostota izbrancev je tista, ki v grobem razlikuje proces izvedbe del pri minimalnem in klasičnem modelu nege ter po mnenju gozdarskih strokovnjakov obljublja prihranke pri redčenjih.

Enota za katero ugotavljamo normativ, tj. enota za ugotavljanje porabe časa, mora ustrezati kazalcu porabe časa. Z namenom izboljšanja obstoječih normativov smo raziskali primernost površine v primerjavi z drevesom, kot enote za ugotavljanje porabe časa. Kot kazalca porabe časa smo preizkusili gostoto izbrancev (število izbrancev/hektar) in gostoto konkurentov (število konkurentov/hektar).

Izhajali smo iz stališča, da sta navedena kazalca primerna podatka za vhod v normativ predvsem zaradi dostopnosti in enostavnosti določitve, saj v primerjavi z drevesom kot enoto mere v referenčnem normativu ni potrebno poznavanje podatka o prsni premeri odkazanega drevja. Doprinos alternativnih sistemov normiranja gre iskati v priročnosti, saj je ravno podatek o gostoti izbrancev tisti s katerim razpolagamo, če pri načrtovanju ukrepa izhajamo iz priporočil gozdarske stroke. V primeru, da redčenje ne temelji na pozitivni izbiri, je ustrežnejši kazalec gostota konkurentov.

2 PREGLED LITERATURE

Problemатiko normiranja gozdnih del je v Sloveniji obširno preučeval Rebula (1974, 1975, 1977). Njegov prispevek k preučevanju delovnega procesa sečnje in izdelave daje izhodišča za metodološki pristop, ki smo ga uporabili v sklopu izdelave normativa, kjer kot kazalec predvidene porabe časa nastopa prsni premer. V tedanji Jugoslaviji je bil prav on tisti, ki je utemeljil uporabo drevesa kot enote mere za ugotavljanje učinkov namesto do tedaj uveljavljene deblovine, ki je imela kot enota mere to slabost, da je nujno vključevala izmero izdelanih sortimentov. Po tedanjih izračunih je izmera sortimentov predstavljala približno 13 odstotkov stroškov sečnje in izdelave (Rebula, 1974). Rebula je med drugim raziskal možnost zamenjave podatkov o odkazilu s podatki o sestoji. V sklopu te raziskave so bili preučeni vplivi značilnosti sestoja (lesna zaloga in njena sestava, povprečno sestojno kubno drevo, povprečno odkazano drevo, drevesna vrsta, zasnova sestoja, jakost odkazila, značilnosti rastišča – rastlinska združba, nadmorska višina, površje in naklon terena) na potrebno količino dela. Kot uporabni kazalci izdelovalnih časov so bili opredeljeni povprečno kubno drevo, sestava lesne zaloge po razširjenih debelinskih razredih in lesna zaloga v razširjenih debelinskih razredih. Ti kazalci so manj zanesljivi kot kazalci, ki izhajajo iz podatkov o odkazilu, so pa po mnenju avtorja uporabni pri vrednotenjih količine dela na večjih površinah, kadar podatki o odkazilu niso na razpolago, zahteve glede točnosti in zanesljivosti pa niso omejujoče (Rebula, 1983).

Pogorelčnik (1984) je na podlagi preučevanj procesa izvedbe redčenja v letvenjaku in drogovnjaku izdelal normativ, ki velja tudi za drevesa izpod meritvenega praga. Kot kazalca porabe časa je uporabil deblovino in prsni premer ter ob njuni primerjavi ugotovil, da daje deblovina nekoliko zanesljivejše napovedi predvidene porabe časa.

Zveze s porabo časa so v preučenihi sistemih normiranja podane na drevo kot enoto mere. Pri dimenzioniranju obsega gojitvenih del v mladem gozdu pogosto ne razpolagamo s podatki, ki so zbrani v postopku odkazila. Sistem normiranja, kjer namesto drevesa kot enote mere nastopa površina, mora temeljiti na drugačnih zakonitostih. Predpostavljamo, da je obseg del na določeni površini pogojen z negovalnim modelom, ki je kot vplivni dejavnik neposredni objekt preučevanj pričujoče raziskave. Pregled literature daje vpogled v razloge za opustitev tradicionalnega koncepta nege in napotke za gozdnogojitveno ukrepanje po načelih klasične in t.i. minimalne nege.

Z izrazom »klasična nega« označujemo uveljavljen koncept nege, ki sta ga utemeljila Schädelin in Leibundgut (Leibundgut, 1993). Njun koncept smo povzeli v Sloveniji, kjer pestrost rastiščnih razmer narekuje zelo diferencirano ukrepanje, zato je posploševanje v nadaljevanju razumeti zgolj kot izhodišče za gojitveno obravnavo v praksi. Na dobrih rastiščih se redčenja pričnejo pri višini sestoja 4-5 metrov oziroma 3-4 leta po izvedbi nege gošče, na slabših pa po 5-7 letih (Leibundgut, 1966 cit. po Kotar, 1997). Ponovitve redčenj

so na vsake 4 metre višinske rasti, kar glede na dendrokronološke analize bukovih sestojev sintaksona *Querco-Fagetum*, ki so bili negovani na klasičen način, pomeni časovni interval 11-14 let (Kotar, 1997). Za našo raziskavo je zlasti pomemben podatek o gostotah izbrancev, ki v tanjšem drogovnjaku s povprečnim prsnim premerom okoli 10 centimetrov znašajo med 325 in 636. Podatek o gostoti je povzet iz raziskave o vplivu nege na donos gozda (Kotar 1997), pri čemer se podatki iz raziskovalnih ploskev nanašajo na način nege, kot so ga utemeljili Schädelin, Leibundgut in Mlinšek. Navedene gostote pomenijo, da so izbranci v medsebojnih razdaljah 4-6 metrov, kar je približno pol manj kot pri minimalni negi navaja Amman (2013). Gostote izbrancev z razvojem sestoja upadajo, zato upada tudi jakost redčenj v kolikor jo izražamo v deležu od lesne zaloge (Kotar, 1997).

Glede na dejstvo, da je predhodna gojitvena obravnava sestoja na raziskovalnih ploskvah slonela na uveljavljenem konceptu klasične nege z ukrepanjem po celotni površini, je smiselno, da idejo minimalne nege strnemo na izhodišča, ki veljajo pri redčenju kot aktualnem načinu ukrepanja v razvojni starosti obravnavanega sestoja. V okviru redčenj lahko idejo minimalne nege uresničujemo pri določitvi gostote izbrancev in intenzivnosti redčenja, ki je definirano z začetkom, pogostostjo in jakostjo ukrepa. Pri intenzivnosti je manevrski prostor omejen s konkurenčno sposobnostjo drevesnih vrst, ki jih želimo pospeševati.

V Švici je koncept minimalne nege utemeljil Amman (2013), katerega napotke v zvezi z redčenji povzemamo v nadaljevanju. Načeloma bi naj pri smreki in jelki ukrepali šele pri starosti 20-30 let, pri bukvi pa še nekoliko pozneje. Namerno opuščanje nege je utemeljeno s procesi naravne samodiferenciacije, ki kot osrednje vodilo nege mladega gozda dosega svoj namen v izkazovanju rastnih potencialov posameznih osebkov. Zgodnejše ukrepanje je smiselno le v primeru pospeševanja svetloljubnih vrst. Obdobju samodiferenciacije sledijo redčenja, ki imajo pri smreki in jelki 5-10, pri bukvi pa 10-20 letni interval ponovitev. Ukrepanje je usmerjeno na manjše število kakovostnih in prostorsko čim bolj razporejenih dreves. Ukrepanje po vsej površini ni primerno, ker zavira procese samodiferenciacije in pospešuje razvoj indeferentnih dreves. Izbranci smreke in jelke naj bodo v okvirnih razdaljah 8-ih metrov, izbranci bukve pa 10-ih metrov. Premajhne razdalje vodijo v zapoznel razvoj krošnje in slabše priraščanje, kar je razumeti kot očitek gostotam izbrancev pri klasični negi, kjer se izbranci medsebojno utesnjujejo še preden se vložek nege povrne. Osrednjo vlogo pri izbiri ima vitalnost, šele nato kakovost. Presojamo potencialno kakovost, tj. kakovost sečno zrelega drevesa. Avtor opozarja, da se z ukrepi nege v gošči in letvenjaku pogosto odstrani zelo vitalna drevesa z odličnim ravnim potencialom prav zaradi prestrogega ocenjevanja kakovosti debla. Izbira tanjših in manj vitalnih dreves je zlasti nedopustna pri iglavcih. Jakost ukrepanja pri smreki in jelki naj bo zmerna, pri bukvi pa šibka.

Razumevanje koncepta minimalne nege je za namen študije pomembno v procesu določitve intenzivnosti gojitvenega ukrepanja, ki mora biti finančno sprejemljivo in obenem učinkovito. Finančno sprejemljivost je potrebno razumeti v okviru gozdarske politike v Sloveniji, ki načelo večnamenskega gospodarjenja z gozdom uresničuje s sistemom sofinanciranja gojitvenih del v obliki subvencij. V Sloveniji se že več kot dve desetletji soočamo z nizko realizacijo gojitvenih del (Diaci, 2004), kar poznavalci iz stroke pripisujejo neusklajenosti višine subvencij iz državnega proračuna z načrtovanim obsegom del (Krajčič in Kolar, 2000). V tem pogledu je koncept minimalne nege obetaven instrument za zagotavljanje ekosistemskih storitev, kjer je poudarek na skrbi za stabilnost in raznolikost sestojev. Kot primer naj omenimo kanton Argau v Švici, kjer so leta 2008 uvedli sistem subvencij, ki temelji na minimalni negi (Amman, 2013).

Zahtevo po učinkovitosti lahko razumemo kot obrestovanje stroškov nege, ki se odraža na doseganju gozdnogojitvenih ciljev. Klasična nega bi naj bila neučinkovita z vidika debelinskega priraščanja izbrancev – domnevno zaradi prezgodnjega ukrepanja, ki predstavlja motnjo v procesu samodiferenciacije, in sistematičnih napak pri izbiri kot posledica napačnih ocen vitalnosti. Analize licitacij lesnih sortimentov v Švici nakazujejo, da večina sortimentov kljub desetletjem vložene nege ne dosega ciljnih dimenzij v predvidenem času (Amman, 2013).

Tudi vpliv nege mladega gozda na zmes je precenjen. V kantonu Argau v Švici so na odprtih površinah nastalih v ujmah zabeležili dobro mešanost sestojev, ki so bili prepuščeni naravnemu razvoju, kar nakazuje, da je zmes pogojena predvsem z načinom obnove, rastiščem in z vplivom divjadi, medtem ko je vpliv neposredne nege precej omejen (Amman, 2013).

Čeprav nekateri gozdarski strokovnjaki minimalno nego povezujejo z racionalizacijo, se nobena raziskava ne loteva celovitega vrednotenja donosov iz gozda, ki je kontinuirano negovan po načelih minimalne nege. Izsledki raziskav so zaenkrat omejeni na posamične poizkuse, ki so bili med drugim izvedeni tudi v Sloveniji. Idejo minimalne nege so leta 1999 preizkusili pri redčenju bukovega letvenjaka v Lučki Beli, kjer v primerjavi s klasičnim tretmajem prihrankov pri izvedbi nege niso potrdili. Avtorja sta poizkus zaključila z mnenjem, da minimalna nega ni ustrezen odgovor na problem realizacije načrtovanega obsega gojitvenih del (Krajčič in Kolar, 2000). Poizkus so po preteku desetletja ponovili, vendar rezultati časovnih snemanj izvedbe del tudi tokrat niso izpolnili pričakovanj glede prihrankov (Orešnik, 2009). V pojasnilo se avtor sklicuje na pestrost sestojnih razmer na raziskovalnih ploskvah, ki domnevno vpliva na porabo časa v večji meri kot sam gojitveni tretma. Pri poizkusu v bukovem letvenjaku na Menini so zabeležili kar štirikrat manjšo porabo časa pri izvedbi redčenja po principu minimalne nege v primerjavi z klasično nego. Ugotovili so, da med porabo časa in gostoto izbrancev obstaja premo sorazmeren odnos (Arnič, 2016). Pričakovanja glede prihrankov obljublajo tudi

poizkusi v švicarskem sredogorju, kjer so postavke v zvezi s ponovitvami in jakostjo ukrepa podaljšali na 20-letno obdobje, kolikor bi naj trajala faza mladovja. Stroški minimalne nege bi naj pri svetloljubnih vrstah znašali med 2000 in 3000 CHF na hektar, pri jelki in smreki med 500 in 1000 CHF na hektar, medtem ko pri ukrepanju na celotni površini po principu klasične nege ti znašajo okoli 11800 CHF na hektar (Amman, 2013).

3 OPREDELITEV NAMENA RAZISKAVE

Raba normativov pri odmeri sredstev za sofinanciranje ukrepov nege daje sistemu normiranja poseben pomen v prizadevanjih za preudarno in ekonomsko pretehtano porabo sredstev iz državnega proračuna. Raziskava obravnava možnosti uporabe raznovrstnih sistemov normiranja, ki se razlikujejo po kazalcih kot vhodnih podatkih normativa, in enote za ugotavljanja učinka. Namen je presoja zastavljenih sistemov normiranja na osnovi natančnosti in enostavnosti uporabe.

Zastavili smo naslednje hipoteze:

- Prsni premer je natančnejši kazalec porabe časa v primerjavi s kazalcema gostota izbrancev in gostota konkurentov.
- Struktura produktivnega časa se med načinoma dela v skladu z negovalnim modelom razlikuje.
- Težavnost dela po operacijah v produktivnem času se med načinoma dela v skladu z negovalnim modelom razlikuje.

4 METODE RAZISKAVE

4.1 RAZISKOVALNI OBJEKT

Raziskava je potekala na gozdnogospodarskem območju Slovenj Gradec, v gozdnogospodarski enoti Radlje desni breg, in sicer na dveh dislociranih objektih, ki jih v nadaljevanju označujemo s številko. Objekt 1 leži v oddelku 98, na 1120 metrov nadmorske višine, ekspozicija je severna do severo-vzhodna, relief umirjen, teren je gladek in lahko prehoden. Objekt 2 leži v oddelku 95 na 1140 metrov nadmorske višine, ekspozicija je severna, relief umirjen, teren je gladek in lahko prehoden. Pri izbiri objektov smo v največji meri zasledovali primerljivost sestojnih in terenskih razmer, ki je glede na namen raziskave ključnega pomena za izpeljavo zastavljenih ciljev. Sestoja v okviru izbranih objektov sta v razvojni fazi tanjšega drogovnjaka, po fitocenološki pripadnosti se uvrščata v združbo *Luzulo-Fagetum*. Na vsakem objektu smo zakoličili 4 raziskovalne ploskve, ki jih v nadaljnjem tekstu označujejo črke. Ploskve so kvadratne oblike, velikosti 20 x 20 metrov.

Drevesom na ploskvi, katerih prsni premer je enak ali večji od 5 cm, smo izmerili prsni premer, določili drevesno vrsto in socialni položaj po Kraftovi 5-stopenjski lestvici. Model nege na posameznih ploskvah smo določili slučajnostno, in sicer z žrebom v parih, tako da sta na vsakem objektu dve ploskvi z enotnim načinom dela. Izbrance smo trajno označili in oštevilčili ter jim popisali znake: drevesna vrsta, socialni položaj (po Kraftu), prsni premer, vitalnost (IUFRO klasifikacija), globina krošnje (okularna ocena deleža krošnje), kakovost (okularna ocena), poškodovanost (vrsta poškodbe in jakost). Na enak način smo drevesno vrsto, prsni premer in socialni položaj določili še konkurentom.

V skladu z namenom raziskave prikazujemo parametre na posameznih ploskvah ločeno po načinu dela v skladu z negovalnim modelom (preglednica 1), ki je bil zaradi zagotavljanja objektivnosti dodeljen z žrebom, in sicer tako, da sta na vsakem objektu dve ploskvi z enotnim načinom dela. Podatek o gostoti dreves (število/hektar) velja za drevje s prsnim premerom 5 ali več centimetrov, kar vpliva na skromne deleže izbrancev in konkurentov. Razlike v negovalnih modelih se odražajo na gostotah izbrancev in konkurentov. Glede na zastavljene cilje je pomembno, da so sestojne in terenske razmere na raziskovalnih ploskvah z enim in drugim načinom čim bolj podobne.

Preglednica 1: Parametri po raziskovalnih ploskvah

	Minimalna metoda					Klasična metoda				
	A2	D2	A1	C1	M	B2	C2	B1	D1	M
Naklon (°)	20	22	23	23	22	21	21	22	22	22
N/ha	3850	2375	3905	4475	3663	3650	3300	3900	4300	3788
d _{1,3} (cm)	9,7	9,1	9	9,6	9,4	8,9	9,9	10,3	8,3	9,4
N _i /ha	175	125	150	125	144	475	425	375	400	419
N _k /ha	100	75	200	150	131	500	425	300	300	381
N _i /N (%)	4,5	5,3	3,8	2,8	4,1	13	12,9	9,6	9,3	11,2
N _k /N (%)	2,6	3,2	1,9	3,4	2,8	13,7	12,9	7,7	7,0	10,3
N _k /N _i	0,6	0,6	1,3	1,2	0,9	1,1	1,0	0,8	0,8	0,9

N - število dreves, N_i - število izbrancev, N_k - število konkurentov, M - povprečje

4.2 OPREDELITEV DELOVNEGA PROCESA IN DELOVNIH POGOJEV

Jeseni 2015 smo v Pahernikovih gozdovih na Pohorju preučevali izvedbo gozdnih del pri redčenju v smrekovem drogovnjaku s primesjo jelke in bukve. Raziskava obravnava proces izvedbe sečnje, ne vključuje pa faze spravila. Na izbranih objektih smo posneli skupno 72 popolnih ciklusov sečnje in izdelave, od tega 57 na iglavcih in 15 na listavcih. Dela so zaradi usklajevanja sodelujočih potekala v daljših časovnih presledkih, in sicer 1. oktobra ter 11. in 16. novembra. Delo je v celoti potekalo v suhem vremenu in v kopnih razmerah. Zaradi velikih gostot, ki so glede na razvojno starost običajne, je bila otežena prehodnost in povečan obseg pripravljanih del zlasti na račun čiščenja neposredne okolice drevesa pred podiranjem. Sečne ostanke je delavec dosledno zlagal na manjše kupe predvsem z namenom vzdrževanja prehodnosti. Pri podiranju je bil neugoden gost sklep krošenj, v katerega se je ujelo prenekatero drevo. Iglavci so bili zelo vejnati, praviloma so (suhe) veje segale vse do tal. Velik del sečnje je zajemal podmerska drevesa, ki ne dajejo sortimentov. Zaradi manjših dimenzij drevja v proces izdelave niso zajete operacije krojenja in prežagovanja. Prežagovanje je bilo v sklopu izdelave dreves omejeno na odžaganje vrhačev.

Delavec je bil opremljen z obvezno osebno varovalno opremo, ki je predpisana za delo z motorno žago. Uporabljal je lahko motorno žago znamke Husqvarna, model 353e (masa brez rezalne garniture=5,0 kg). Vsa opravila je opravljal sam, pri sproščanju obviselih dreves si je pomagal s klinom in sekiro, drugega orodja ni uporabljal.

4.3 MERITVE IN OBDELAVA PODATKOV

Izvedbo del smo posneli s časovno študijo, ki je temeljna osnova raziskovalnih sklopov v zvezi z ugotavljanjem težavnosti dela, izdelavo normativov in kalkulacijo stroškov. Delo sta snemala 2 snemalca, prvi je s štoparico meril čase in jih vpisoval v snemalni list, drugi je upravljal s kamero – celoten potek meritev in izvedbe del smo namreč posneli na digitalno kamero. Čase smo merili po kontinuirani metodi, tako da smo v snemalni list beležili časovne meje med operacijami.

Časovno študijo smo pričenjali hkrati z meritvami pulza. Meritve pulza smo opravili z pulzmetrom v obliki oddajnega pasu, proizvajalca Suunto, model Memory Belt. Pas je imel delavec nameščen okrog prsnega koša v višini srca. Pas je narejen iz elastičnega materiala in je po velikosti prilagodljiv, menimo da delavca ni dodatno obremenjeval ali kakorkoli oviral pri delu. Po končanem delu smo podatke iz shranjevalne enote v pasu prenesli na osebni računalnik s programskim orodjem SuuntoTraining Manager. Izvirne podatke o pulzu smo s programom Excel (Microsoft Office) uskladili s časovno študijo, tako da smo vrednosti pulza na 2-sekundnem intervalu – kolikor je znašala frekvenca shranjevanja, pripisali na sekundni interval.

Osnovna baza podatkov za izdelavo normativov so časi operacij na ravni posameznega drevesa. Odkazano drevje je bilo predhodno premerjeno, tako da delavca med delom nismo motili z meritvami. Delavec je sam določal vrstni red obdelave odkazanih dreves, prav tako je sam določal vrstni red operacij.

V skladu z namenom študije smo vse meritve opravili na istem delavcu, ki je v sklopu ugotavljanja težavnosti dela neposredni objekt raziskave. Merjenec (starost=65 let; telesna višina=172 cm; telesna masa=82 kg; indeks telesne mase=28,7) je upokojen revirni gozdar, kadilec, o morebitnih zdravstvenih težavah ne poroča. V Pahernikovih gozdovih redno opravlja gojitvena dela.

V kalkulacijah stroškov smo postavke o porabi časa ter porabi goriva in maziva pridobili iz opravljenih meritev. Porabo goriva in maziva smo merili na ravni posamezne ploskve. Pri tem smo uporabljali menzurni valj z 10 ml natančnostjo merilne skale. Pred pričetkom del na ploskvi smo rezervoarja za gorivo in mazivo napolnili do maksimalnega nivoja, tako da smo porabo po končanem delu beležili kot razliko do polnega nivoja. Žaga je bila opremljena z rezalno garnituro, ki je odobrena s strani proizvajalca (dolžina meča=35 cm; korak verige=0,325"; št. gonilnih členov=56). Vijak za nastavitev pretoka olja skozi črpalko je bil nastavljen na 75-odstotno jakost pretoka.

4.4 ČLENITEV DELOVNEGA PROCESA IN OPREDELITEV OPERACIJ

Členitev delovnega procesa sta narekovala način izvedbe časovne študije in namen raziskave. Zaradi ročnega vnašanja podatkov v snemalne liste smo težili k poenostavljeni členitvi, obenem pa sta ergonomska vsebina raziskave in ugotavljanje obratovalnega časa motorne žage terjali dodatno členitev operacij. Kot kompromis nasprotujočih si zahtev smo uporabili naslednjo členitev produktivnih časov:

Pripravljalna dela

Sem smo šteli čas, ki ga je delavec porabil za določitev smeri podiranja, določitev smeri umika in čiščenje okolice drevesa vključno s kleščanjem vej do višine ramen. Po načelu namena operacije, smo sem prištevali vse operacije poseka in izdelave dreves, ki so ovirala varno podiranje.

Podiranje

Sem smo šteli čas, ki ga je delavec porabil za obdelavo korenovca, izdelavo zaseka, kontrolo smeri podiranja, podžagovanje, klinjenje in naganjanje.

Sproščanje obvislega drevesa

Sem smo šteli čas od trenutka, ko je delavec prišel bodisi s sproščanjem drevesa ali pa s pripravljanjem orodja za sproščanje, pa vse do trenutka, ko je drevo padlo na tla. Zaradi ugotavljanja obratovalnega časa motorne žage in ugotavljanja težavnosti operacij smo operacijo razmejili na čas, ko delavec uporablja motorno žago in čas, ko žage ne uporablja.

Kleščanje in gozdni red

Sem smo šteli čas, ki ga je delavec porabil za kleščanje vej, prežagovanje, odmetavanje in zlaganje suhih in podmerskih dreves ter sečnih ostankov. Velja omeniti, da je delavec veje zlagal na manjše kupe kar med kleščanjem, ob tem je večje veje prežagoval na manjše kose. Takšen način dela ob upoštevanju načina meritev, kjer snemalec ročno vnaša podatke v snemalni list, je narekoval potrebo po združitvi kleščanja in gozdnega reda v eno operacijo, čeprav je jasno, da se namen teh operacij razlikuje. Združitev je omogočila enotnost kriterija za razmejevanje operacij pri obdelavi tistih dreves, ki so izdelana v sortimente, in tistih, ki niso. Proces obdelave se je razlikoval v tem, da je slednja delavec med kleščanjem prežagoval na manjše kose, medtem ko je pri prvih odrezal le vrh. Zaradi ugotavljanja obratovalnega časa motorne žage in ugotavljanja težavnosti operacij smo operacijo razmejili na čas, ko delavec uporablja motorno žago in čas, ko žage ne uporablja.

Prehod

Sem smo šteli čas, ki ga je delavec porabil za iskanje odkazanega drevja in za prehod od izdelanega drevesa do naslednjega drevesa. Čase prehodov med dvema operacijama smo po načelu namena prišteli k naslednji operaciji.

Neproductivne čase smo razmejili na:

Pripravljalno-zaključni čas

Sem smo šteli čas, ki ga je delavec porabil za prihod na delovišče, pripravo motorne žage in orodja pred pričetkom dela ter čas za pospravljanje in prenos orodja do avtomobila.

Dodatni čas zaradi delavca

Sem smo šteli čas, ki ga je delavec porabil za oddihe, popraviljanje osebne varovalne opreme in fiziološke potrebe.

Dodatni čas zaradi delovnih sredstev

Sem smo šteli čas, ki ga je delavec porabil za popravila in vzdrževanje motorne žage ter dolivanje goriva in maziva.

Glavni odmor

Sem smo šteli čas za malico.

Dodatni čas zaradi meritev

Sem smo šteli vse zastoje, ki so nastali zaradi meritev v zvezi z študijo (meritve porabe goriva in maziva, nameščanje pulzmetra, tehnične težave z merilnimi instrumenti ipd.), vključno s premiki med raziskovalnimi objekti.

4.5 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

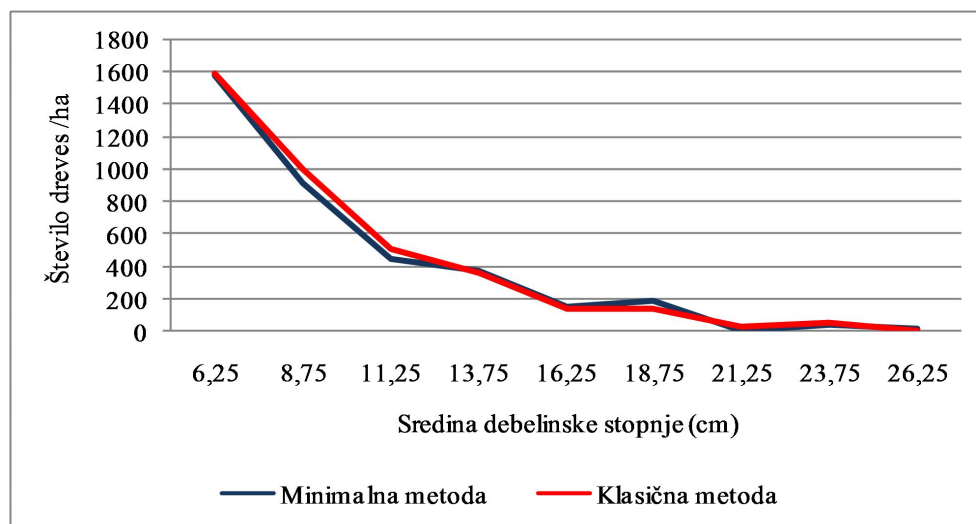
Statistično obdelavo podatkov smo opravili s programom SPSS Statistics 20.0 (IBM). Zajema korelacijske in regresijske analize, kjer kot neodvisne spremenljivke nastopajo vhodni podatki normativov, kot odvisne pa posneti časi. Pred izbiro statistične metode za preizkušanje sredin smo preverili izpolnjevanje predpostavk o normalnosti porazdelitve in homogenosti varianc. Normalnost porazdelitve smo preverili z Shapiro-Wilk testom. Test preizkuša ničelno hipotezo, ki predpostavlja, da porazdelitev ni normalna (H_0 sprejmemo pri $p < 0,05$). Domnevo o homogenosti varianc smo preizkusili z Levene's testom. Test preizkuša ničelno hipotezo, ki predpostavlja homogenost varianc (H_0 sprejmemo pri $p > 0,05$). Izmed neparametričnih testov sredin smo uporabili Welchov t -test, Brown-Forsythejev t -test in Mann-Whitneyev U test. Izmed parametričnih testov sredin smo uporabili t -test in analizo variance (ANOVA). V primeru značilnih razlik smo sredine testirali še v parih z uporabo Games-Howellovega testa. Vse analize so izvedene za neodvisne vzorce. Kritično območje oziroma mejno stopnjo značilnosti, ki loči sprejetje ničelne hipoteze od zavrnitve, smo določili pri $\alpha = 0,05$. Od opisne statistike smo glede na značaj spremenljivk in namen uporabe izračunavali aritmetično sredino oziroma povprečje (M), standardni odklon (σ), koeficient variacije (KV), faktor inflacije variance (VIF) in 95-odstotni interval zaupanja.

5 REZULTATI

5.1 ANALIZA SESTOJA NA RAZISKOVALNIH PLOSKVAH

5.1.1 Debelinska zgradba

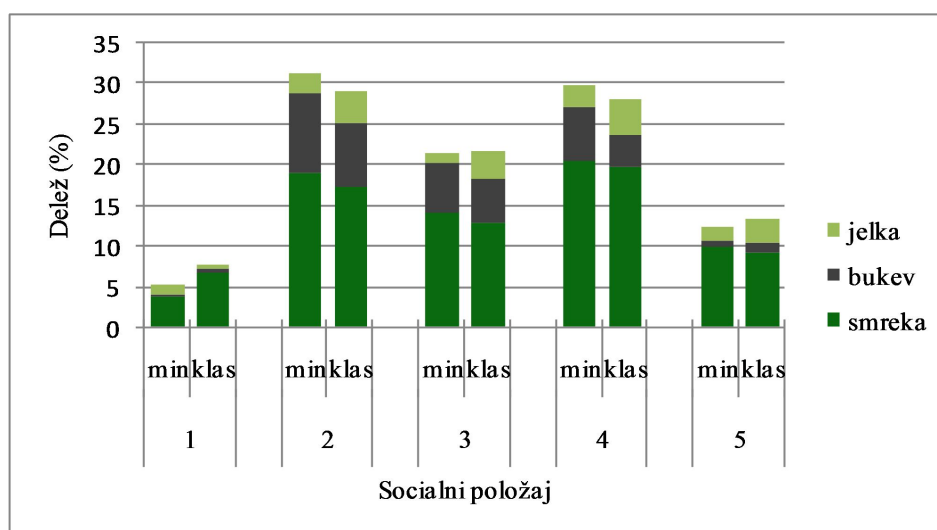
Debelinsko zgradbo prikazujemo s frekvenčno porazdelitvijo prsnih premerov. Podatke o prsnih premerih smo pridobili s polno premerbo dreves na raziskovalnih ploskvah. Merski prag smo določili pri 5 cm. V gozdarstvu so v uporabi debelinske stopnje s 5 cm širino razredov. Debelinski razpon dreves na raziskovalnih ploskvah je razmeroma majhen, zato smo vrednosti premerov razvrstili po debelinskih stopnjah z 2,5 cm širino razreda, ki v takšnem razponu omogoča nazoren prikaz debelinske zgradbe. Glede na podobnost krivulj (slika 1), ki prikazujeta porazdelitvi prsnih premerov dreves na ploskvah z enim in drugim načinom dela lahko sklepamo, da so razmere na izbranih objektih primerljive in kot takšne ugodne za izvedbo zastavljenih ciljev raziskave.



Slika 1: Frekvenčna porazdelitev prsnih premerov dreves na raziskovalnih ploskvah - ločeno po načinu dela

5.1.2 Socialna zgradba

Socialno strukturo prikazujemo po Kraftovi klasifikaciji (Assman, 1961 cit. po Kotar, 2005), ki opredeljuje socialni status dreves glede na njihovo relativno višino v odnosu do sosednjih dreves. Drevesa smo razvrstili v 5-stopenjsko lestvico, kjer razred 1 združuje kolektiv nadvladujočih, razred 2 kolektiv vladajočih, razred 3 kolektiv sovladajočih, razred 4 kolektiv obvladanih in razred 5 kolektiv podstojnih dreves. Deleže dreves prikazujemo po socialnih položajih skupaj z drevesno sestavo ločeno po gojitveni obravnavi (slika 2). Ob primerjavi ugotovimo, da se socialni strukturi in drevesni sestavi po socialnih razredih bistveno ne razlikujeta, zato predpostavljamo, da so procesi razslojevanja potekali pod enakimi pogoji. Streho sestojja tvorijo drevesa v razredih 1, 2 in 3. Ugotovimo, da se v streho sestojja (drevesa v razredih 1, 2 in 3) vključuje dobra polovica premerjenih dreves. V strehi sestojja je najbolj zastopan kolektiv vladajočih dreves, medtem ko so drevesa z nadvladajočim položaj redka. Drevesna sestava po socialnih položajih je uravnotežena, povsod prevladuje smreka, njen dominanten položaj je še posebej izrazit v kolektivu nadvladajočih. Zaradi svetloljubnega značaja smreke na tem rastišču (1130 metrov nadmorske višine) je pomembno, da si zгодaj izbori prostor v strehi sestojja.

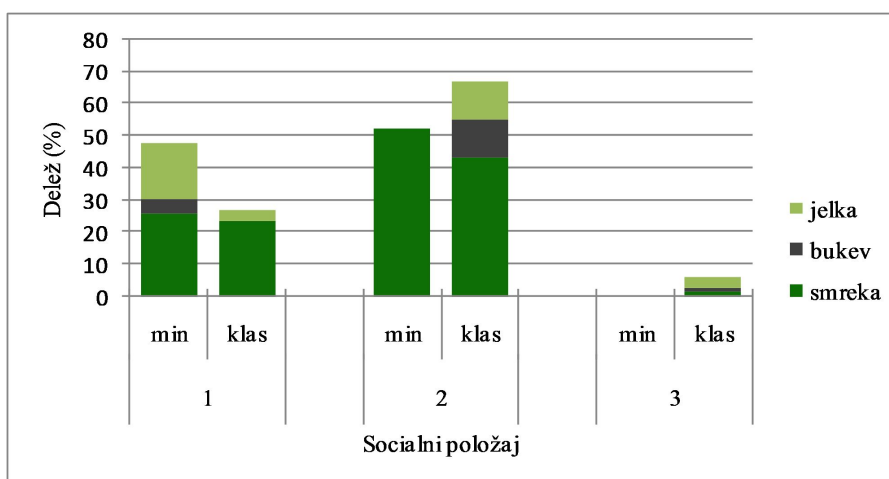


Slika 2: Socialna struktura sestojja na raziskovalnih ploskvah z drevesno sestavo - ločeno po načinu dela (min – minimalna metoda, klas – klasična metoda)

5.2 ANALIZA IZBRANCEV

5.2.1 Socialna struktura izbrancev

Razvrstitev izbrancev po socialnih plasteh daje grobo informacijo o obrestovanju vložkov nege. V drogovnjaku se število dreves še vedno naglo zmanjšuje (Kotar, 2005: str. 255), zato je pomembno ukrepe usmeriti na kolektiv dreves, ki so si v procesih razslojevanja izborila dominanten položaj v strehi sestoja. Gostote dreves, ki na raziskovalnih ploskvah tvorijo streho sestoja (razred 1, 2 in 3) znašajo okoli 2000 dreves/ha (preglednica 2). Ob predpostavki, da verjetnost ohranitve položaja drevesa v strehi sestoja upada z dominantnostjo socialnega statusa, tendenco sestopa pripisujemo kolektivu sovladajočih. Socialno strukturo izbrancev prikazujemo na sliki 3, kjer vidimo, da pri obeh načinih dela največ izbrancev zaseda vladajoč položaj, vendar pa je delež nadvladajočih pri minimalnem modelu skoraj 2-krat večji kot pri klasičnem. Poleg tega smo pri klasičnem modelu med izbrance uvrstili tudi nekaj dreves iz kolektiva sovladajočih, vendar lahko izbor utemeljimo z vrstno sestavo izbrancev v tem kolektivu, ki sestoji iz pretežnega deleža jelke.



Slika 3: Socialna struktura izbrancev z drevesno sestavo - ločeno po načinu dela (min - minimalna metoda, klas - klasična metoda)

V preglednici 2 prikazujemo gostote dreves po socialnih položajih, ki tvorijo streho sestoja. Razred 1, kot kolektiv potencialno najobetavnejših v smislu rastnosti, se na posameznih ploskvah pojavlja v spremenljivih gostotah, kar je deloma posledica velikosti ploskev. Tako smo na površini z minimalno obravnavo s preračunavanjem na hektar zabeležili 188 nadvladajočih dreves, na površini s klasično obravnavo pa 288. Ob predpostavki, da vsa drevesa v tem kolektivu izpolnjujejo merila za uvrstitev med izbrance ugotavljamo, da gostota izbrancev pri minimalni metodi v grobem sovпада z gostoto nadvladajočih, zato bi bilo zlasti z vidika jakosti ukrepanja idealno, da med izbrance uvrstimo čim večji delež iz kolektiva nadvladajočih. Na drugi strani pa gostota izbrancev pri klasični obravnavi presega gostoto nadvladajočih, zato je uvrstitev osebkov iz nižjih socialnih plasti

neizogibna tudi ob navedeni predpostavki. Dejansko smo pri minimalni metodi iz kolektiva nadvladajočih uvrstili med izbrance samo 37 % nadvladajočih, ki zajemajo v skupni populaciji izbrancev 48-odstotni delež, medtem ko smo pri klasični metodi med izbrance uvrstili 39 % nadvladajočih, ki v skupni populaciji izbrancev predstavljajo 27-odstotni delež.

Preglednica 2: Deleži izbrancev glede na gostote dreves po socialnih plasteh - ločeno po načinu dela

	N_1/ha	N_{i1}/ha	N_{i1}/N_1 (%)	N_2/ha	N_{i2}/ha	N_{i2}/N_2 (%)	N_3/ha	N_{i3}/ha	N_{i3}/N_3 (%)
Minimalna metoda	188	69	36,57	1100	75	6,82	825	0	0
Klasična metoda	288	113	39,06	1144	281	24,58	788	25	3,17

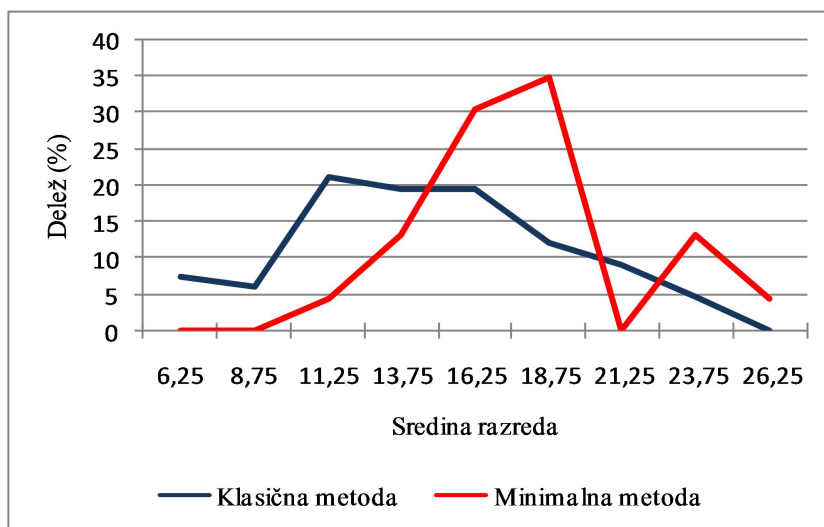
N_1 - število nadvladajočih, N_2 - število vladajočih, N_3 - število sovladajočih, N_{i1} - število nadvladajočih izbrancev, N_{i2} - število vladajočih izbrancev, N_{i3} - število sovladajočih izbrancev

Pri izboru dreves smo zasledovali načelo vitalnosti in stojnosti pred kakovostjo. Vitalnost dreves v strehi sestoja je bila v splošnem zelo dobra. Na posameznih, sicer razvojno bolj ali manj zaostalih osebkih jelke, smo zasledili znake napadenosti – domnevno s strani jelove uši (*Dreyfusia nordmanniana*, Eckstein). Dimenzijskega razmerja kot kazalca stojnosti nismo ugotavljali, vendar sklepamo, da je socialni status v tesni zvezi s stojnostjo, pri čemer imamo v mislih odpornost na mehanske obremenitve, ki so v obliki snegolomov stalen spremljevalec v razvoju gorskih gozdov na Pohorju (Gozdnogospodarski načrt ..., 2011). Omejitve pri uvrstitvi večjega deleža nadvladujočih dreves med izbrance so v prvi vrsti izhajale iz poškodb v obliki odlomov vrhov, ki so bili dokaj pogosti pri smreki kot najbolj zastopani vrsti v kolektivu nadvladajočih dreves. Razmestitev izbrancev v smislu oddaljenosti od najbližjega izbranca je bil naslednji v vrsti omejujočih dejavnikov. Verjetnost, da si sosednja izbranca pri naslednjem redčenju neposredno konkurirata je zaradi gostejše mreže izbrancev večje pri klasični metodi. Pri minimalni metodi smo načelo sistematične razmestitve izbrancev v končnih razdaljah upoštevali bolj ekstenzivno, smo pa na ta račun v večji meri upoštevali ostala merila, zlasti socialni položaj kandidatov. Nenazadnje pa smo bili primorani v izbor vključiti drevesa nižjih socialnih položajev že zaradi vse prej kot pestre vrste sestave v kolektivu nadvladajočih, kjer izrazito prevladuje smreka.

5.2.2 Debelinska struktura izbrancev

Da so merila za uvrstitev kandidatov med izbrance pri minimalni metodi bolj zaostrena, se odraža tudi na debelinski strukturi izbrancev (slika 4). Povprečen prsni premer izbranca je pri minimalnem modelu 17,7 cm, pri klasičnem pa 14,7 cm. Dimenzija drevesa sama po sebi ne igra pomembne vloge, jo pa v določeni meri povezujemo s stojnostjo podobno kot socialni položaj. Verjamemo, da v drogovnjaku mehanska stabilnost še vedno temelji predvsem na neprekinjenosti sklepa krošenj, vendar v splošnem drevesom večjih dimenzij pripisujemo manjšo dovzetnost za mehanske poškodbe zaradi obremenitev. S sproščanjem neposredno povečujemo rastni prostor izbranca, s tem pa ga v določeni meri prikrajšamo

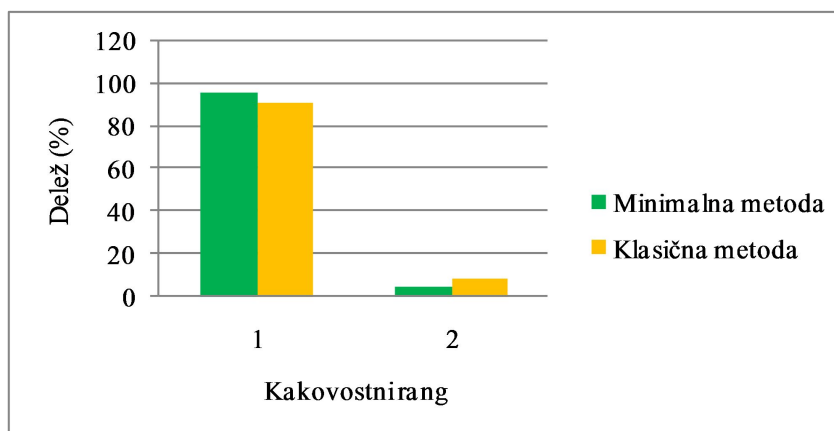
za stabilnost, ki sloni na kolektivu sosednjih dreves, zato je toliko pomembneje da med izbrance uvrstimo drevesa dobre stojnosti.



Slika 4: Relativna frekvenčna porazdelitev prsnih premerov izbrancev - ločeno po načinu dela

5.2.3 Kakovostna struktura izbrancev

Kakovost izbrancev smo ocenjevali okularno. Pri iglavcih smo ocenjevali razmak med venci in debelino vej, pri listavcih pa krivost in vejnatost v spodnji polovici debla. Metoda rangiranja ima to slabost, da uvrstitev drevesa v določen kakovostni rang sama po sebi ne daje informacije o dejanski kakovosti. Znakov nismo merili z merilnimi instrumenti, tako da so rangi dodeljeni glede na razpon kakovostnih znakov v sestoji na raziskovalnih ploskvah. Kakovostno stopnjevanje po ranžirni lestvici ima svoj namen izključno v ugotavljanju razlik v kakovosti med izbranci pri minimalnem modelu in izbranci pri klasičnem modelu. Kakovostna struktura (slika 5) izbrancev se po modelih nege praktično ne razlikuje, kar niti ni tako presenetljivo, če upoštevamo, da smo pri izboru prednostno upoštevali stojnost in vitalnost, šele za tem pa kakovost.

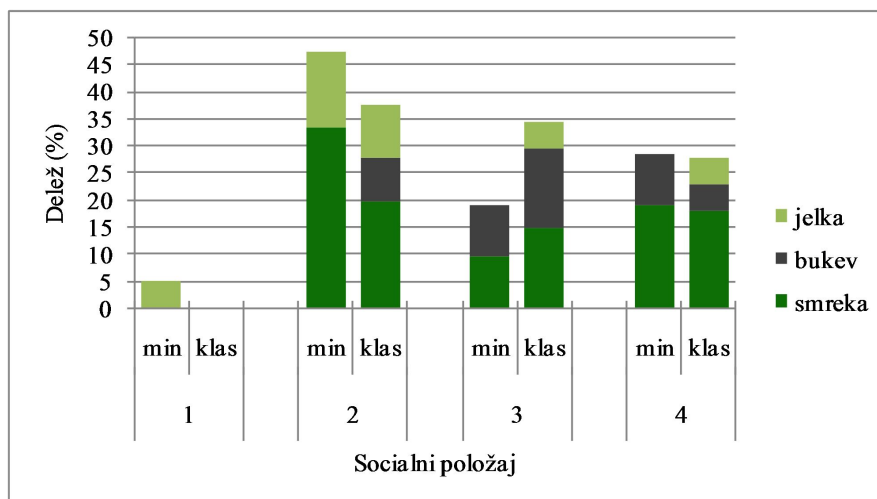


Slika 5: Deleži izbrancev po kakovostnih rangih (1 – dobra kakovost, 2 – srednja kakovost) - ločeno po načinu dela

5.3 ANALIZA KONKURETNOV

5.3.1 Socialna struktura konkurentov

Socialni položaj konkurentov smo ocenjevali v odnosu do izbranca. Pri obeh modelih se največ konkurentov nahaja v kolektivu vladajočih (slika 6). Pri klasičnem modelu v kolektiv nadvladajočih nismo posegali, medtem ko je pri minimalni metodi delež konkurentov v tem kolektivu 5-odstoten. Delež konkurentov, ki se ne vključuje v streho sestoja je pri obeh modelih relativno nizek. Pri redčenju, ki temelji na pozitivni izbiri lahko pričakujemo, da socialna struktura in drevesna sestava konkurentov v okviru naključnosti sovпада s socialno in drevesno strukturo sestoja, zato razlikam na ravni modelov ne gre pripisovati posebnega pomena.



Slika 6: Socialna struktura konkurentov - ločeno po načinu dela (min - minimalna metoda, klas - klasična metoda)

Socialna struktura konkurentov daje informacijo o intenzivnosti ukrepa, pri čemer intenzivnost razumemo kot zmanjšanje števila dreves po socialnih položajih. Znano je, da so sestoji še nekaj let po redčenju slabo odporni na vetrolom, snegolom in žledolom zaradi vrzelastih in rahlih sklepov krošenj (Marinšek in sod., 2015). Velikost v redčenjih nastalih vrzeli je v veliki meri odvisna od socialnega položaja konkurenta. V preglednici prikazujemo deleže konkurentov glede na gostote dreves po socialnih položajih, ki tvorijo streho sestoja. Pri klasični metodi smo z redčenjem odvzeli približno 3-krat večji delež dreves iz strehe sestoja. V skladu s tem presojamo, da je mehanska stabilnost vsaj na kratek rok manj ogrožena v sestoji, ki je redčen po načelih minimalne nege.

Preglednica 3: Deleži konkurentov glede na gostote dreves po socialnih plasteh - ločeno po načinu dela

	N_1/ha	N_{k1}/ha	N_{k1}/N_1 (%)	N_2/ha	N_{k2}/ha	N_{k2}/N_2 (%)	N_3/ha	N_{k3}/ha	N_{k3}/N_3 (%)	$\sum N_k / \sum N$ (%)
Minimalna metoda	188	6	3,32	1100	63	5,68	825	25	3,03	4,44
Klasična metoda	288	0	0,00	1144	144	12,57	788	131	16,66	12,39

N_1 - število nadvladajočih, N_2 - število vladajočih, N_3 - število sovladajočih, N_{k1} - število nadvladajočih konkurentov, N_{k2} - število vladajočih konkurentov, N_{k3} - število sovladajočih konkurentov

5.4 ANALIZA POSNETIH ČASOV

Analizo posnetih časov smo izdelali na podlagi časovne študije, ki je v treh snemalnih dneh trajala 716,07 minut. Povprečno trajanje delavnika je znašalo 239 minut, kar je bistveno manj od predpisanih 480 minut. Poudarjamo, da optimiranje delovnega procesa na način razporejanja delovnih operacij ni namen študije, za ta namen je obseg meritev občutno premajhen. Poznavanje sestave delavnika in časovnih razmerij med operacijami daje soliden vpogled v delovni proces. Struktura posnetih produktivnih in neproduktivnih časov je prikazana v preglednici 4. Neproduktivne čase smo ločili po vzroku nastanka na:

- dodatni čas zaradi meritev,
- dodatni čas zaradi delavca,
- dodatni čas zaradi delovnega sredstva,
- glavni odmor,
- pripravljhalno-zaključni čas.

Razmerje med produktivnim in neproduktivnim časom prikazujemo s koeficientom neproduktivnega časa, ki vsebuje neproduktivne čase, ki nastanejo zaradi dela (dodatni čas) in neproduktivne čase, ki delavcu pripadajo v sklopu delavnika (glavni odmor in pripravljhalno-zaključni čas). Zastoji zaradi meritev niso sestavni del regularnega delavnika, zato jih pri izračunu koeficienta nismo upoštevali. Pri izračunu koeficienta moramo biti previdni, saj velja pravilo, ki določa da je za določitev ustreznega koeficienta potrebno posneti vsaj 5 delavnikov, pri čemer morajo biti izpolnjeni pogoji glede enakih delovnih razmer ter tehnologije in organizacije dela (Novak, 2008). Ob upoštevanju tega pravila navajamo koeficient ob preglednici 4 zgolj informativno.

Preglednica 4: Struktura posnetih časov

Operacija	Snemalni čas (min)	Delavnik (480 min)	Delež (%)
Kleščenje in gozdni red	233,57	156,54	32,61
Podiranje	27,02	18,11	3,77
Prehod	47,85	32,07	6,68
Pripravljalna dela	57,42	38,48	8,02
Sproščanje obvis. drevesa	62,13	41,64	8,68
Produktivni čas	427,99	286,84	59,67
Dodatni čas zaradi meritev	102,53	68,72	14,32
Dodatni čas zaradi delov. sredstva	14,02	9,39	1,96
Dodatni čas zaradi delavca	44,20	29,62	6,17
Pripravljalno-zaključni čas	80,77	54,13	11,28
Glavni odmor	46,67	31,28	6,52
Neproduktivni čas	288,19	193,15	40,24

Koeficient neproduktivnega časa:

$$F_n = 1 + (T_n/T_p) = 1,67$$

5.5 ANALIZA DELOVNEGA ČASA

V prečiščeni strukturi delovnega časa (preglednica 5) smo uporabili koeficient neproduktivnega časa iz normativa (Normativ ..., 2012), kjer ta znaša 1,58. Koeficient je izračunan ob postavki 30-minutnega glavnega odmora za malico in 20-minutnem trajanju pripravljalno-zaključnih del v 480-minutnem delavniku. S koeficientom smo posnete produktivne čase pretvorili v delovni čas, pri čemer smo upoštevali 480-minutni delavnik.

V strukturi delovnega časa prevladuje operacija kleščenje in gozdni red, ki predstavlja več kot polovico produktivnih časov. Praviloma obseg del pri izvajanju gozdnega reda narekuje stopnja tveganja za razvoj škodljivih organizmov. V mladem gozdu je povečan obseg del pri tej operaciji potreben zaradi zagotavljanja prehodnosti. Gozdni red je bil ves čas vzorno vzdrževan tako pri iglavcih, kot tudi pri listavcih. Delavec je veje zlagal na manjše kupe kar med kleščenjem, ob tem je večje veje prežagoval na manjše kose.

Druga najobsežnejša produktivna operacija je sproščanje obvislega drevesa. Če upoštevamo, da operacija ni nastopila samo pri vsakem 9. posekanem drevesu, njen 9-odstotni delež v strukturi delovnega časa ni pretirano velik. Operacija je iz vidika izvedbe zelo heterogena in zajema prehode do mesta odlaganja sekire, prežagovanje ščetine, izdelavo vzvoda za spodnašanje drevesa, izdelavo dodatnega klina za naganjanje, prežagovanje debla po sekcijah, ročno spodnašanje drevesa in podobno. Menimo, da je imel delavec v danih okoliščinah zelo omejen vpliv na pogostost operacije, med tem ko glede trajanja operacije dopuščamo možnost, da bi to lahko bilo manj obsežno, če bi pri sproščanju uporabljal naganjalni vzvod z obračalnim kavljem.

Pripravljalna dela so tretja najobsežnejša produktivna operacija. Vzrok za tolikšen delež deloma pripisujemo velikim gostotam, deloma pa izredni vejnatiosti pri iglavcih. Suhe veje so praviloma segale povsem do tal, zato je delavec pred podiranjem stoječa drevesa z motorno žago oklestil do višine ramen. Priprava prostora je ponekod terjala posek suhih dreves v neposredni okolici, posledično je doprinos te operacije v strukturi delovnega časa toliko večji.

Delež prehoda je v strukturi delovnega časa 7-odstoten. Velja omeniti, da so bili izbranci označeni z belimi in modrimi trakovi v prsni višini, kar je nekoliko olajšalo iskanje odkazanih dreves. Ta so bila označena enako kot pri običajnem odkazilu – z rdečo piko na korenovcu in v prsni višini. Delavec si pred pričetkom del delovišča ni ogledal, pa tudi obhoda po končanem delu ni opravil.

Podiranje je s 4-odstotnem deležem v strukturi delovnega časa najmanj obsežna produktivna operacija. Pri tanjšem drevju delavec ni izdeloval zaseka, ampak je drevje podiral bodisi z vzporednim ali pa s stopničastim rezom. Klin je uporabljal le poredko in še to pretežno pri reševanju obvislega drevesa v fazi prežagovanja ščetine, kar smo že prištevali k operaciji sproščanja obvislega drevesa.

Preglednica 5: Prečiščena struktura delavnika

Operacija	Delavnik (480 min)	Delež (%)
Kleščenje in gozdni red	165,79	34,54
Podiranje	19,18	4
Prehod	33,96	7,08
Pripravljalna dela	40,76	8,49
Sproščanje obvis. drevesa	44,1	9,19
Produktivni čas	303,8	63,29
Ne produktivni čas	176,2	36,71

5.6 PRIMERJALNA ANALIZA STRUKTURE PRODUKTIVNEGA ČASA

S primerjalno analizo strukture produktivnega časa smo ugotavljali razlike, ki so posledica različnih načinov dela. Ob tem smo upoštevali, da na strukturo časa v prvi vrsti vpliva dimenzija drevja. Zaradi poenostavljenosti členitve produktivnega časa smo opustili običajno delitev na glavni in pomožni čas, ter se pri analizi strukture osredotočili na operacije, ki so pod vplivom razlik v načinih dela. Če izhajamo iz predpostavke, da so pogoji dela na raziskovalnih objektih enaki, so razlike v strukturi časa po definiciji negovalnih konceptov lahko samo posledica različnih gostot izbrancev. V skladu s tem smo pričakovali, da bodo kot rezultat razlik v razdaljah med odkazanimi drevesi razlike v strukturi izhajale iz operacije prehod.

Vpliv različnih dimenzij drevja na pojavljanje razlik v strukturi časa smo omejili tako, da smo pred izračunom strukture produktivnega časa preizkusili značilnost razlik v prsnih premerih odkazanega drevja na raziskovalnih ploskvah (preglednica 6). Podatki niso zadostili pogojem uporabe parametričnih testov, zato smo razlike ugotavljali z Welchvim testom, ki je značilnost razlik potrdil (Welch's, $p=0,001$). Značilnost razlik smo nato preizkušali še v parih z uporabo Games-Howellovega testa (preglednica 7) in ugotovili, da se prsni premeri na ploskvi B2 (klasična metoda) značilno razlikujejo od prsnih premerov na ploskvah D2 (minimalna metoda; G-H, $p=0,003$) in B1 (klasična metoda; G-H, $p=0,042$). Zavrloj korektnosti primerjave meritev na ploskvi B2 v izračunu strukture produktivnega časa nismo upoštevali. Iz slike 7 je razvidno, da so razlike v dimenzijah odkazanega drevja med modeloma še vedno prisotne, vendar lahko glede na rezultate testov trdimo, da niso statistično značilne.

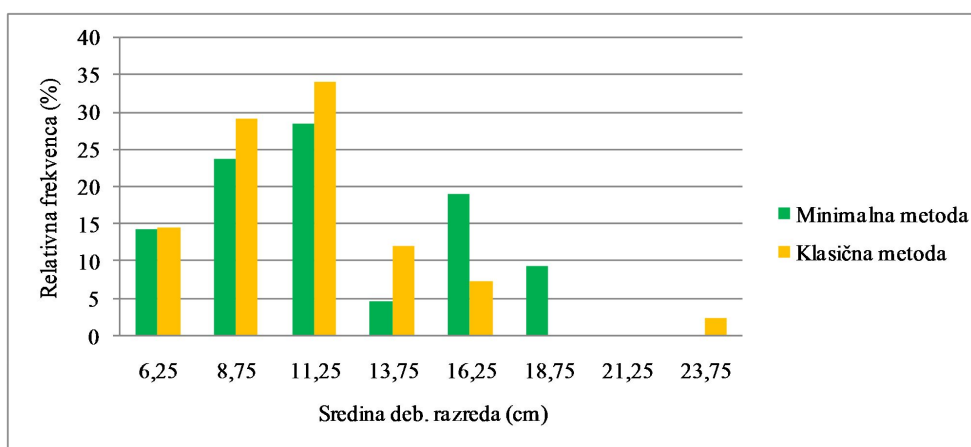
Preglednica 6: Statistična analiza prsnih premerov odkazanih dreves

Ploskev	Metoda	Št. dreves	$M d_{1,3}$ (cm)	σ	Shapiro-Wilk test normalnosti	Leavene's test homogenosti	Test sredin		
					Značilnost	Značilnost	df1	df2	Značilnost
A2	M	4	14,75	3,95	0,139	0,223	7,00	20,44	0,001
D2	M	3	11,67	0,58	0,000				
A1	M	8	12,00	3,96	0,145				
C1	M	6	9,17	4,22	0,185				
B2	K	20	8,25	2,59	0,055				
C2	K	17	9,88	2,34	0,051				
B1	K	12	13,50	4,32	0,407				
D1	K	12	9,08	2,43	0,275				

M – minimalna metoda, K – klasična metoda

Preglednica 7: Statistična analiza prsnih premerov odkazanih dreves za pare ploskev

Ploskev	Post hoc Games-Howell test (značilnost)							
	A2	D2	A1	C1	B2	C2	B1	D1
A2		0,765	0,926	0,475	0,686	0,919	1,000	0,807
D2	0,765		1,000	0,818	0,003	0,194	0,832	0,076
A1	0,926	1,000		0,889	0,308	0,838	0,991	0,599
C1	0,475	0,818	0,889		0,999	1,000	0,502	1,000
B2	0,686	0,003	0,308	0,999		0,777	0,042	1,000
C2	0,919	0,194	0,838	1,000	0,777		0,400	1,000
B1	1,000	0,832	0,991	0,502	0,042	0,400		0,168
D1	0,807	0,076	0,599	1,000	1,000	1,000	0,168	



Slika 7: Relativna frekvenčna porazdelitev prsnih premerov odkazanih dreves - ločeno po načinu dela

Obseg meritev, ki smo jih uporabili v primerjalni analizi strukture produktivnih časov, prikazujemo ločeno po načinu dela in operacijah v produktivnem času (preglednica 8). Čeprav smo pri klasičnem modelu izločili ploskev B2, je obseg meritev v primerjavi z minimalno metodo še vedno bistveno večji. Manjši obseg meritev pri minimalni metodi je odraz koncepta nege, ki že po definiciji temelji na zmanjšani količini dela.

Preglednica 8: Trajanje produktivnega časa po načinu dela, dnevih in operacijah

Operacija	Klasična metoda (min)				Minimalna metoda			
	1. dan	2. dan	3. dan	Skupaj	1. dan	2. dan	3. dan	Skupaj
Kleščanje in gozdni red	44,70	87,55	26,67	158,92	37,07	25,85	11,73	74,65
Podiranje	4,42	12,43	1,08	17,93	3,47	4,82	0,80	9,09
Sproščanje obvis. drevesa	4,83	29,57	5,88	40,28	7,77	11,63	2,45	21,85
Prehod	7,53	15,43	7,65	30,61	7,77	6,55	2,92	17,24
Pripravljalna dela	13,53	20,75	6,17	40,45	8,58	6,15	2,23	16,96

Če primerjamo relativne deleže operacij v produktivnem času (preglednica 9) ugotovimo, da so odstopanja med ploskvami z enakim načinom dela precejšnja, kar daje slutiti, da vzroka za razlike v strukturi časa ne moremo pripisati zgolj modelu nege. Upoštevati moramo, da so deleži operacij na posamezni ploskvi v medsebojni interakciji, kar pomeni da vrednost posameznega deleža izraža zgolj razmerje do ostalih.

Preglednica 9: Struktura produktivnega časa po raziskovalnih ploskavah

Operacija	Minimalna metoda (%)				Klasična metoda (%)		
	A2	D2	A1	B1	D1	C2	B1
Kleščanje in g. red	54,16	62,49	46,72	58,28	56,20	61,54	48,53
Podiranje	6,24	3,93	8,70	3,97	2,28	6,15	8,32
Sproščanje	18,53	1,42	21,02	12,17	12,40	6,60	24,62
Prehod	7,20	19,84	11,84	14,49	16,12	11,44	7,06
Pripravljalna dela	13,86	12,32	11,72	11,09	13,00	14,27	11,46

Povprečni deleži operacij v produktivnem času so na ravni negovalnih modelov zbrani v preglednici 10. Ob primerjavi ugotovimo, da sta strukturi zelo podobni, kar je razumljivo če upoštevamo, da so dela potekala v primerljivih pogojih. V skladu s pričakovanji je največje odstopanje pri operaciji prehod, katerega delež je pri minimalni metodi za 1,8 % večji kot pri klasični metodi. Značilnost razlik v strukturi produktivnega časa smo preverili z uporabo statističnih metod. Vzorce smo oblikovali po načinu dela, kot osnovne enote pa smo uporabili strukturne deleže operacij na posamezni ploskvi. Pri operacijah, katerih podatki ne izpolnjujejo pogojev uporabe parametričnih testov, smo uporabili Brown-Forsythe test, pri tistih, ki te pogoje izpolnjujejo pa *t*-test. Pričakovali smo, da bomo razlike v deležih potrdili vsaj pri operaciji prehod, vendar se je izkazalo, da razlike niso značilne pri nobeni operaciji. Glede na rezultat lahko sklenemo, da je vpliv modela nege na strukturo produktivnega časa manjši od pričakovanega.

Preglednica 10: Statistična analiza strukture produktivnega časa

Operacija	Sredine in odkloni				Leavene's test homogenosti	Shapiro -Wilk test normalnosti		Test razlik med sredinami			
	M		K			Značilnost					
	M (%)	σ	M (%)	σ		Značilnost	M	K	Test	df1	df2
Kleščenje in g. red	55,41	6,72	55,43	6,54	0,021	0,904	0,084	B-F	1	4,529	0,998
Podiranje	5,71	2,27	5,58	3,06	0,228	0,289	0,185	ANOVA	1		0,951
Sproščanje	13,29	8,74	14,54	9,20	0,005	0,540	0,129	ANOVA	1		0,861
Prehod	13,34	5,27	11,54	4,53	0,132	0,992	0,606	ANOVA	1		0,657
Pripravljalna dela	12,25	1,19	12,91	1,41	0,049	0,715	0,839	B-F	1,000	3,960	0,547

B-F – Brown-Forsythe test, M – minimalna metoda, K – klasična metoda

Ob upoštevanju variiranja deležev operacij na ploskvah z enotnim načinom dela je jasno, da smo vpliv razlik v razdaljah med odkazanimi drevesi precenili. Poudarjamo, da razdalj nismo merili, se pa te razlikujejo že po definiciji načina dela (gostote izbrancev), kar potrjujejo razlike med povprečnim trajanjem operacije prehod, ki znaša pri minimalni metodi 0,75 min, pri klasični pa 0,55 min (preglednica 24). Pri iskanju razlogov za tolikšno variiranje smo predpostavljali, da variiranje deležev povzroča operacija z najvišjo stopnjo

variabilnosti. Pri vrednotenju variabilnosti smo izhajali iz absolutnega trajanja operacij, saj uporaba relativnih deležev zaradi medsebojne odvisnosti v tem primeru ni ustrezna. Zaradi različnega obsega del pri eni in drugi metodi, smo kazalce variacije računali na ravni negovalnega modela. Kot mero variacije smo uporabili standardni odklon in koeficient variacije, ki je za potrebe primerjave ustrežnejši zaradi neodvisnosti od velikosti povprečnih vrednosti. Ob njegovi uporabi lahko med seboj primerjamo dolgotrajne in kratkotrajne operacije. Če primerjamo koeficiente variacije (preglednica 11) lahko opazimo, da pri obeh modelih izstopata operaciji sproščanje obvislega drevesa in podiranje. Delež podiranja je v strukturi produktivnega časa tako majhen, da njegovo variiranje le malo vpliva na ostale deleže. Visok koeficient variacije lahko pojasnimo s kratkotrajnostjo operacije, zaradi česar ima že najmanjši odklon velik relativen vpliv. Na drugi strani pa operacija sproščanje obvislega drevesa s 13,29-odstotnim deležem pri minimalnem ter 14,54-odstotnim deležem pri klasičnem modelu, pomembno prispeva k variiranju deležev ostalih operacij. Ob upoštevanju vzajemnega značaja strukturnih deležev, kjer sprememba enega neobhodno vodi v spremembo ostalih, je jasno da vpliv modela nege na strukturo produktivnega časa težko presojamo. Z gotovostjo lahko trdimo samo to, da je absolutno trajanje operacije prehod pri minimalni negi daljše kot pri klasični.

Preglednica 11: Variabilnost operacij glede na absolutno trajanje - ločeno po načinu dela

Operacija	Minimalna metoda			Klasična metoda		
	<i>M</i> (min/pl.)	σ	KV (%)	<i>M</i> (min/pl.)	σ	KV (%)
Kleščanje in g. red	18,66	6,31	33,84	38,41	11,75	30,59
Podiranje	2,27	1,86	82,15	4,50	3,80	84,49
Sproščanje	5,46	5,07	92,80	11,82	11,84	100,19
Prehod	4,31	1,76	40,92	7,36	0,27	3,60
Pripravljalna dela	4,32	2,02	46,67	8,97	2,84	31,66

5.7 PRIMERJALNA ANALIZA PORABE PRODUKTIVNEGA ČASA NA KONKURENTA

Ugotavljali smo porabo produktivnega časa na konkurenta. Porabo časa smo računali kot aritmetično sredino oziroma povprečje na ravni posamezne ploskve, tako da smo tvorili kvocient med celotnim produktivnim časom na določeni ploskvi in številom konkurentov na tej ploskvi. Na podlagi teh časov smo na enak način izračunali še porabo časa na ravni negovalnega modela. Pri tem smo upoštevali samo meritve na tistih ploskvah, pri katerih razlike v prsnih premerih konkurentov niso statistično značilne.

Ob primerjavi časov (preglednica 12) ugotovimo, da je delavec na ploskvah z minimalno nego v povprečju porabil 1,7 min več produktivnega časa na konkurenta kot na ploskvah s klasično nego. V primeru da porabo pri klasičnem modelu obravnavamo kot osnovo (100 %), lahko razliko izrazimo relativno – potemtakem ta znaša 32 %. V preglednici so zbrani tudi koeficienti variacije, ki kažejo natančnost ocene podane z aritmetično sredino. Velikost napake je pogojena z razponom prsnih premerov v okviru posameznega načina dela. V splošnem namreč velja, da produktivni čas narašča skupaj s prsnim premerom. Zakonitost prepoznamo, če primerjamo čase s povprečnimi prsnimi premeri konkurentov na posameznih ploskvah. Podobnost koeficientov variacije si lahko razlagamo v povezavi s prsnimi premeri v smislu, da je razpon prsnih premerov med ploskvami z enim in drugim načinom nege podoben.

Značilnost razlik med sredinami smo preverili z uporabo *t*-testa. Vzorce smo oblikovali po načinu dela, kot osnovno enoto pa smo uporabili povprečno porabo produktivnega časa na konkurenta na posamezni ploskvi. Rezultati testa niso potrdili značilnosti razlik v porabi časa.

Preglednica 12: Statistična analiza porabe produktivnega časa na konkurenta

Preglednica 12: Statistična analiza porabe produktivnega časa na konkurenta										
Ploskev	Metoda	Št. konk.	d _{1,3} konk.	Produktivni čas (min/konk.)	Povprečen produktivni čas (min/konk.)	σ	KV (%)	Shapiro-Wil test normalnosti	Leavene's test homogenosti	Test sredin
								Značilnost	Značilnost	t-test
A2	M	4	14,75	10,01	7,12	2,81	39,47	0,812	0,894	0,460
D2	M	3	11,67	8,21						
A1	M	8	12	6,92						
C1	M	6	9,17	3,36						
D1	K	12	9,08	3,95	5,41	2,78	51,39	0,098		
C2	K	17	9,88	3,67						
B1	K	12	13,50	8,61						

M – minimalna metoda, K – klasična metoda

5.8 PRIMERJALNA ANALIZA PORABE PRODUKTIVNEGA ČASA NA IZBRANCA

Ugotavljali smo količino produktivnega časa, ki bremeni izbranca pri eni in drugi metodi. Porabo časa na izbranca smo računali kot aritmetično sredino oziroma povprečje na ravni posamezne ploskve, tako da smo tvorili kvocient med celotnim produktivnim časom na določeni ploskvi in številom izbrancev na tej ploskvi. Z uporabo teh časov smo na enak način izračunali še povprečen čas na izbranca na ravni negovalnega modela. Pri tem smo upoštevali samo meritve na tistih ploskvah, pri katerih razlike v prsnih premerih konkurentov niso statistično značilne.

Ob primerjavi časov (preglednica 13) ugotovimo, da je delavec na ploskvah z minimalno nego v povprečju porabil 1,5 min več produktivnega časa na izbranca kot na ploskvah s klasično nego, kar ob upoštevanju porabe pri klasični negi kot osnove (100 %) pomeni relativno razliko v vrednosti 32 %. Relativna razlika je povsem enaka kot pri porabi časa na konkurenta, absolutno trajanje pa je nekoliko manjše, kar je razumljivo če upoštevamo, da je bila jakost odkazila (jakost odkazila=št. konkurentov/št. izbrancev) manjša od 1. Iz vidika korektnosti primerjave je zelo ugodno naključje, da je jakost odkazila povsem enaka pri enem in drugem načinu nege. Natančnost podajanja ocene porabe časa z aritmetično sredino je na ravni negovalnih modelov zelo podobna tisti, ki smo jo izračunali pri porabi časa na konkurenta.

Značilnost razlik med sredinami smo preverili z uporabo *t*-testa. Vzorce smo oblikovali po načinu dela, kot osnovno enoto pa smo uporabili porabo produktivnega časa na izbranca na posamezni ploskvi. Rezultati testa niso potrdili značilnosti razlik v porabi časa na izbranca.

Preglednica 13: Statistična analiza porabe produktivnega časa na izbranca

Preglednica 15: Statistična analiza porabe produktivnega časa na izbranca										
Ploskev	Metoda	Št. izbr.	Jakost odkazila	Produktivni čas (min/izbr.)	Povprečen produktivni čas (min/izbr.)	σ	KV (%)	Shapiro-Wil test normalnosti	Leavene's test homogenosti	Test sredin t -test
								Značilnost	Značilnost	Značilnost
A2	M	7	0,9	5,72	5,97	2,27	38,02	0,356	0,968	0,424
D2	M	5		4,92						
A1	M	6		9,22						
C1	M	5		4,03						
D1	K	16	0,9	2,97	4,51	2,09	46,34	0,322		
C2	K	17		3,67						
B1	K	15		6,89						

M – minimalna metoda, K – klasična metoda

5.9 KALKULACIJA STROŠKOV

Ugotavljanje postavk, ki nastopajo v kalkulaciji stroškov, je bil eden izmed pomembnejših ciljev raziskave. Postavke o porabi časa ter porabi goriva in maziva smo pridobili iz opravljenih meritev. Obratovalni čas motorne žage smo enačili s skupnim trajanjem operacij podiranje, kleščenje in gozdni red z motorno žago, pripravljala dela ter sproščanje obvislega drevesa z motorno žago. V preglednici 14 prikazujemo delež obratovalnega časa v razmerju do produktivnega časa. Ta delež smo za potrebe kalkulacije stroškov z uporabo po normativu (Normativ ..., 2012) privzetega koeficienta neproduktivnega časa ($f_{NČ}=1,58$) preračunali v delovni čas. Ob upoštevanju postavke iz normativa znaša trajanje obratovalnega časa motorne žage 41 % delovnega časa, kar v 480-minutnem delavniku nanese 198 minut.

Preglednica 14: Poraba goriva in maziva ter delež obratovalnega časa motorne žage v odnosu do produktivnega časa

Meritve / Ploskev	A2	D2	A1	C1	B2	C2	B1	D1	<i>M</i>
Delež obrat. časa v produk. času (%)	70,40	50,28	69,31	64,58	77,31	65,86	65,44	59,37	65,32
Poraba goriva / obratovalno uro (ml)	638,75	969,31	610,17	784,62	693,10	701,07	567,63	702,88	708,44
Poraba maziva / obratovalno uro (ml)	383,25	436,19	312,91	415,38	258,62	379,75	257,21	383,39	353,34
Razmerje porabe (gorivo : mazivo)	1:0,6	1:0,5	1:0,5	1:0,5	1:0,4	1:0,5	1:0,5	1:0,5	1:0,5

Pri izračunu stroškov dela smo izhajali iz osnovne bruto urne postavke delavca v neposredni proizvodnji, ki je določena v Tarifni prilogi h kolektivni pogodbi za gozdarstvo Slovenije (Aneks h kolektivni ..., 2015). Strošek dela prikazujemo za poklicnega delavca in lastnika gozda, kateremu smo priznali bruto urno postavko poklicnega delavca. V skladu z ustaljeno metodologijo izračuna stroška dela v gozdarstvu (Winkler in Pezdevšek, 2006), smo bruto urno postavko povečali za vzporedne stroške dela in splošne stroške podjetja oziroma lastnika gozda.

Metodo kalkulacije materialnih stroškov smo povzeli po priročniku Kalkulacije stroškov gozdarskih del (Winkler in drugi, 1994). V kalkulaciji stroškov goriva smo uporabili maloprodajno ceno 95-oktanskega neosvinčenega goriva po ceniku naftnih derivatov v Sloveniji (Cene naftnih derivatov, 2016), ki je veljal v obdobju od 2.8. do 13.8. 2016. Cene maziva in nadomestnih delov smo privzeli iz maloprodajnega kataloga (Prodajni cenik za leto 2014).

Preglednica 15: Kalkulacija stroškov dela in materiala

	Stroškovna postavka	Potrošek	Cena	Strošek	Delež v skupnih stroških (%)
1. Gorivo in mazivo	Gorivo (2 % primes olja)	0,71 l/ou	gorivo: 1,174 €/l olje: 13,50 €/l	1,01 €/ou	
	Mazivo	0,35 l/ou	4,51 €/l	1,58 €/ou	
2. Nadomestni deli	Veriga	200 ou	12,88 €/kos	0,06 €/ou	
	Meč	600 ou	28,00 €/kos	0,05 €/ou	
	Pogonski zobnik	600 ou	14,50 €/kos	0,02 €/ou	
3. Amortizacija	Nabavna vrednost	1800 ou	599,00 €/kos	0,33 €/ou	
4. Popravila in vzdrževanje	100 % * A			0,33 €/ou	
5. Obresti	3 % (t = 2 leti)			0,02 €/ou	
6. Zavarovanje	15 % * A * t			0,10 €/ou	
1-6 Neposr. mater. stroški / ou	$\sum (1-5)$			3,50 €/ou	
1-6 Neposr. mater. stroški / du	du : ou = 1 : 0,41			1,44 €/du	6,22 (delavec v podjetju) 12,29 (lastnik gozda)
Stroški delavca	Delavec v podjetju €/h (bruto) = 5,22	Vzporedni stroški dela	K = 2,43	12,68 €/du	55,20
		Splošni stroški podjetja	K = 1,71	8,92 €/du	38,83
	Lastnik gozda €/h (bruto) = 5,22	Vzporedni stroški dela	K = 1,82	9,50 €/du	82,32
		Splošni stroški lastnika gozda	K = 0,13	0,68 €/du	5,89
Skupaj stroški	Delavec v podjetju (K = 4,14)			23,15 €/du	100,00
	Lastnik gozda (K = 1,95)			11,72 €/du	100,00

Čas, ki ga delavec porabi za izvedbo ukrepa, smo ugotavljali na ravni negovalnega modela tako, da smo produktivne čase, ki smo jih izmerili na površini raziskovalnih ploskev z enotnim načinom dela, preračunali na hektar in povečali za faktor neproduktivnega časa ($f_{NČ}=1,58$). Zaradi značilnih razlik v prsnih premerih (katerih vpliv na porabo časa smo potrdili v poglavju 5.10) meritev na ploskvi B2 (klasična metoda) nismo upoštevali. Kot enoto za ugotavljanje učinkov smo uporabili površino, tako da razlike v porabi časa v največji meri odražajo način dela, ki je v skladu z negovalnim modelom. Glede na dejstvo, da je bil ukrep v tehničnem in organizacijskem smislu izveden na enak način ter da je bila jakost odkazila na ploskvah z enim in drugim načinom nege praktično enaka, lahko trdimo da so razlike posledica različnih gostot izbrancev. Poleg časovnega normativa smo izračunali še normo, ki prikazuje povprečne učinke delavca v 480-minutnem delavniku za primerjalni enoti število konkurentov in število izbrancev. Pri vrednotenju stroškov smo izhajali iz postavk, ki so rezultat kalkulacij stroškov dela in materiala (preglednica 15). Razmerja primerjalnih količin v preglednici 16 so približek velikostnih odnosov med načinoma dela. Verjamemo, da je za potrebe objektivne ekonomske presoje načinov redčenja uporaba razmerij primernejša, saj so absolutne količine rezultat specifičnih razmer na raziskovalnih ploskvah, sposobnosti in prizadevnosti delavca ter postavk v kalkulaciji stroškov. Rezultati primerjave dopuščajo sklepanje, da je redčenje po principu klasične nege dvakrat dražje od redčenja po načelih minimalne nege.

Preglednica 16: Primerjava učinkov in stroškov po načinih dela

	Minimalna metoda	Klasična metoda	Razmerje
Število izbrancev / ha	144	400	1:3
Število konkurentov / ha	131	342	1:3
Jakost odkazila	0,9	0,9	1:1
Normativ (h/ha)	23,06	46,78	1:2
Učinek: št. izbrancev / delavnik (480 min)	50	68	3:4
Učinek: št. konkurentov / delavnik (480 min)	45	58	3:4
Strošek ukrepa / ha (strošek dela in neposr. materialni stroški)	533,84 €	1082,96 €	1:2
	(delavec v podjetju)	(delavec v podjetju)	
	270,26 €	548,26 €	
	(lastnik gozda)	(lastnik gozda)	

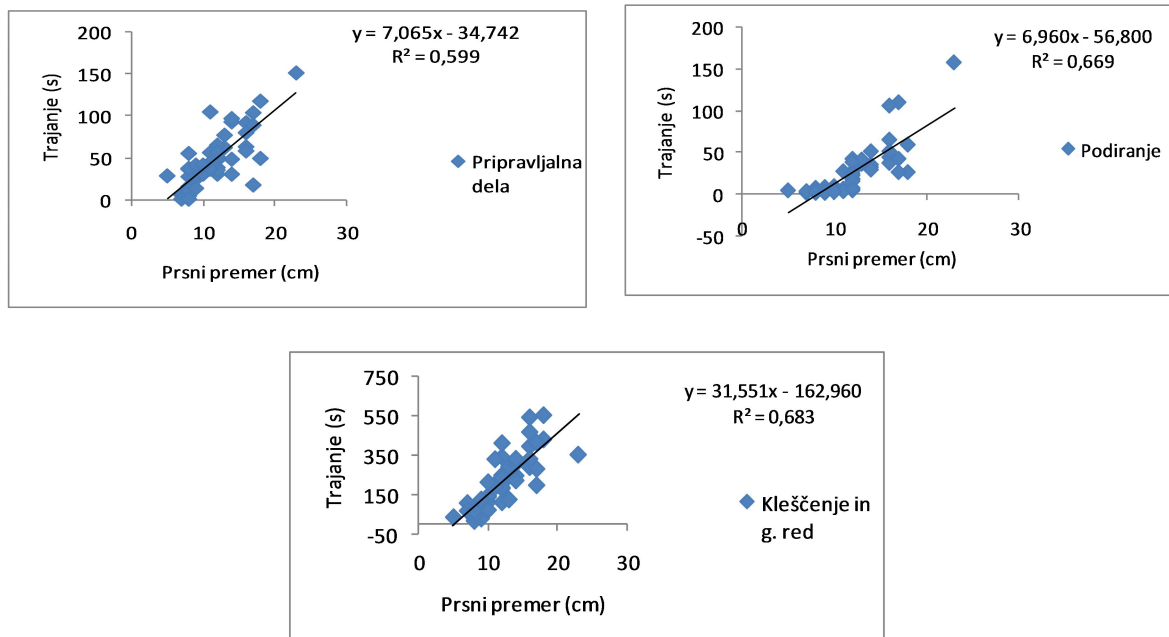
5.10 PRSNI PREMER KOT KAZALEC PORABE ČASA

5.10.1 Zveza med prsnim premerom in trajanjem operacij

Odnos med prsnim premerom in trajanjem posameznih operacij smo ugotavljali s korelacijsko in regresijsko analizo. Kot merilo korelacije smo uporabili Pearsonov korelacijski koeficient, ki podaja stopnjo medsebojne povezanosti dveh spremenljivk z vrednostjo na intervalu od -1 do 1, pri čemer pomeni -1 popolno negativno povezanost, 1 popolno pozitivno povezanost, vrednost okoli 0 pa pomeni, da povezave ni. Statistično značilnost koeficienta korelacije smo preverjali na osnovi t-statistike. Odvisnost trajanja posameznih operacij od prsnega premera smo raziskali z modelom linearne regresije. Posnetim časom smo po metodi najmanjših kvadratov določili regresijsko premico, ki je definirana z regresijskimi koeficienti b_0 in b_1 . Značilnost regresijskih koeficientov smo preverili z F -testom. Test preizkuša ničelno hipotezo, ki se glasi da y variira neodvisno od x . Rezultati so podani ločeno za listavce in iglavce.

Iglavci

Pri iglavcih smo korelacijo in regresijo ugotavljali na vzorcu 57 od skupno 61 posekanih dreves. Izločili smo drevesa pri katerih zaradi prekrivanja operacij med drevesi nismo uspeli razmejiti časov. Prsni premer dreves je v razponu od 5 do 23 cm. Ugotovili smo tesno zvezo med prsnim premerom in trajanjem operacij kleščenje in gozdni red, podiranje ter pripravljalna dela. Pri posameznih operacijah lahko s prsnim premerom pojasnimo med 60 in 68 % variance. Stopnja povezanosti in odvisnosti je najvišja pri operaciji kleščenje in gozdni red, ki je po trajanju najdaljša operacija. Preseneča močan vpliv premera na trajanje pripravljalnih del, saj menimo da vplivni dejavniki pri tej operaciji izhajajo predvsem iz neposredne okolice drevesa. Regresijski in korelacijski koeficienti so zbrani v preglednici 17. Vsi koeficienti veljajo na 0,1-odstotni stopnji tveganja. Regresijske premice so prikazane na sliki 8.



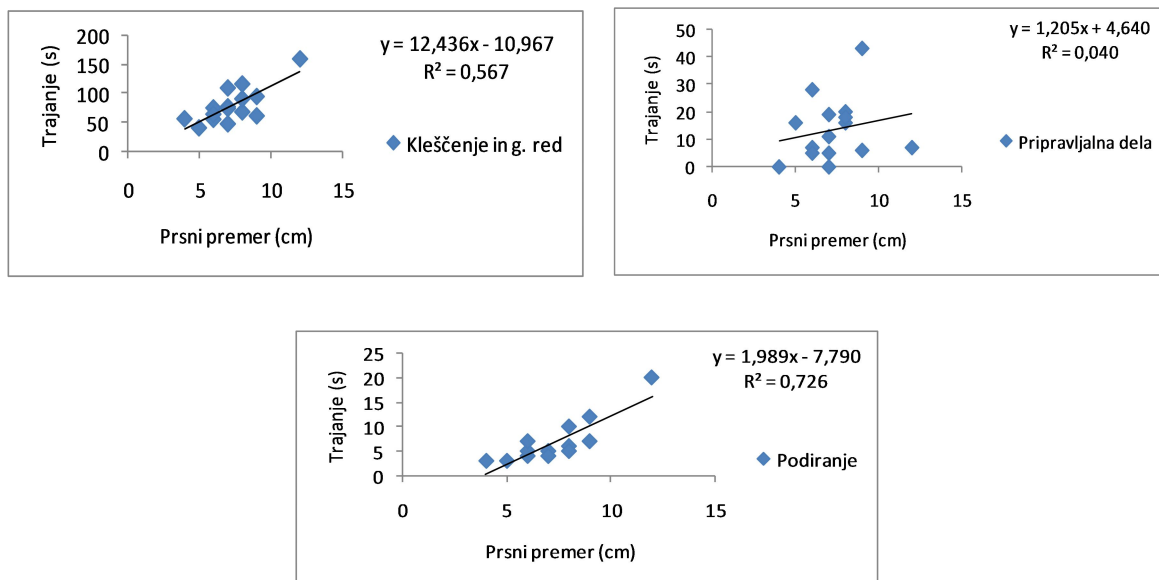
Slika 8: Trajanje operacij v odvisnosti od prsnega premera – iglavci

Preglednica 17: Regresijski in korelacijski koeficienti – iglavci

Operacija	Korelacijski koeficient	Značilnost	Regresijski koeficient		Značilnost
			b_1	b_0	
Pripravljalna dela	0,774	0,000	7,065	-34,742	0,001
Podiranje	0,818	0,000	6,960	-56,800	0,000
Kleščanje in gozdni red	0,827	0,000	31,551	-162,960	0,000

Listavci

V analizo smo zajeli 15 od skupno 21 posekanih dreves listavcev. Izločili smo drevesa, kjer zaradi prekrivanja operacij med drevesi nismo uspeli posneti popolnega ciklusa za posamezno drevo. Prsni premer zajetih dreves je od 4 do 12 cm. Ugotovili smo, da premer značilno vpliva na trajanje operacij podiranje ter kleščanje in gozdni red. Stopnja povezanosti je najvišja pri podiranju, kar je zaradi kratkotrajnosti operacije nekoliko nenavadno, saj najmanjša sprememba pri operaciji pomeni relativno velik odklon. Večji vpliv smo pričakovali pri operaciji kleščanje in gozdni red, kjer je delež nepojasnjene variance kar 43-odstoten. Regresijski in korelacijski koeficienti so zbrani v preglednici 18. Pri operaciji pripravljala dela so koeficienti krepko pod pragom mejne značilnosti, zato zakonitosti ne moremo potrditi. Glede na raztros točk okoli regresijske črte (slika 9) lahko zgolj ugibamo, da je morebitna povezanost precej ohlapna. Koeficienti pri ostalih operacijah so značilni vsaj na 1-odstotni stopnji tveganja.



Slika 9: Trajanje operacij v odvisnosti od prsnega premera – listavci

Preglednica 18: Regresijski in korelacijski koeficienti - listavci

Operacija	Korelacijski koeficient	Značilnost	Regresijski koeficient		Značilnost
			b ₁	b ₀	
Pripravljalna dela	0,200	0,474	1,205	4,640	0,601
Podiranje	0,853	0,000	1,989	-7,790	0,009
Kleščenje in gozdni red	0,753	0,001	12,436	-10,967	0,001

5.10.2 Izračun predvidenih časov

S korelacijsko in regresijsko analizo smo potrdili primernost prsnega premera kot kazalca porabe časa za operacije kleščenje in gozdni red, podiranje ter pripravljalna dela pri iglavcih ter za operacije podiranje ter kleščenje in gozdni red pri listavcih. Funkcijski odnos pa ni primeren za napovedovanje potrebnega časa operacij prehod in sproščanje obvislega drevesa. Sproščanje obvislega drevesa je zaradi velikih gostot v drogovnjaku, pogosta operacija. Pri iglavcih je obviselo 82 % posekanih dreves, pri listavcih pa 88 %. Če nekoliko poenostavimo to pomeni, da sproščanje ni bilo potrebno samo pri vsakem 9. drevesu. Glavni vplivni dejavniki pri tej operaciji izhajajo večji del iz okolja (gostota, vejnatost) in delavca (spretnost, fizična moč), kot samega drevesa. Trajanje prehoda je odvisno od razdalje med drevesi, prehodnosti terena in opreme, ki jo delavec prenaša. Dejavnikov, ki vplivajo na trajanje prehoda in sproščanje obvislega drevesa nismo raziskali, zato smo pri izdelavi normativa čase teh operacij upoštevali kot povprečja za posamezno drevo. Kljub dejstvu, da smo pri iglavcih ugotovili tesno povezanost med

trajanjem pripravljalnih del in prsnim premerom, smo deloma z namenom poenotenja metode izdelave normativov za listavce in iglavce, predvsem pa zaradi mnenja, da pretežni del vplivov izhaja iz neposredne okolice drevesa, upoštevali čas te operacije kot povprečje za posamezno drevo. Regresijske koeficiente in povprečne čase sproščanja obvislega drevesa in pripravljalnih del smo računali ločeno za iglavce in listavce. Za napovedovanje časov smo uporabili model linearne regresije, ki je podan z enačbo:

$$y = b_0 + b_1x$$

y = produktivni čas (min/drevo)

x = prsni premer drevesa (cm)

b_0 in b_1 = regresijska koeficienta

Posnetim skupnim časom operacij kleščenje in gozdni red ter podiranje, smo prišteli povprečne čase operacij prehod, pripravljalna dela in sproščanje obvislega drevesa. Tako smo dobili podatke za izračun enačbe, ki podaja predvideno porabo produktivnega časa za posamezno drevo v odvisnosti od njegovega prsnega premera. Ko ta čas pomnožimo s koeficientom neproduktivnega časa, dobimo delovni čas za posamezno drevo.

Navajamo še enačbo, ki podaja samo predvideno porabo glavnega produktivnega časa oziroma časa odvisnih operacij, tj. operacij v funkcijskem odnosu. Enačba se od zgornje razlikuje v vrednosti regresijske konstante b_0 , ki je zmanjšana za skupno vsoto povprečnih časov (min/drevo) operacij pripravljalna dela, prehod in sproščanje obvislega drevesa. Ti se lahko po potrebi dodajo naknadno.

Iglavci

Tako kot pri regresijski in korelacijski analizi smo tudi pri izdelavi normativa izhajali iz časov operacij, ki smo jih posneli pri 57-ih drevesih iglavcev z razponom prsnega premera od 5 do 23 cm. Normativ je sestavljen iz fiksno določenih časov in odvisnih časov. Odvisne čase predstavljajo združeni časi operacij kleščenje in gozdni red ter podiranje. S prsnim premerom smo pojasnili 79 % variance odvisnih časov ($R^2=0,791$; $p=0,000$), kar je približno 12 % več kot pri ločeni obravnavi podiranja ($R^2=0,669$; $p=0,000$) ter kleščenja in gozdnega reda ($R^2=0,683$; $p=0,000$). Razmerje odvisnih in fiksnih časov se spreminja sorazmerno z dimenzijo drevesa. Tako znaša pri drevesu s prsnim premerom 8 cm 1:1,7 v korist fiksnih časov, pri drevesu s prsnim premerom 16 cm pa 1:2,7 v korist odvisnih časov. Natančni deleži fiksnih in odvisnih časov pri posameznih prsnih premerih so podani v preglednici 19.

Enačba za izračun produktivnega časa (min/drevo):

$$y = 0,642x - 1,203$$

Enačba za izračun glavnega produktivnega časa oziroma časa odvisnih operacij (min/drevo):

$$y = 0,642x - 3,663$$

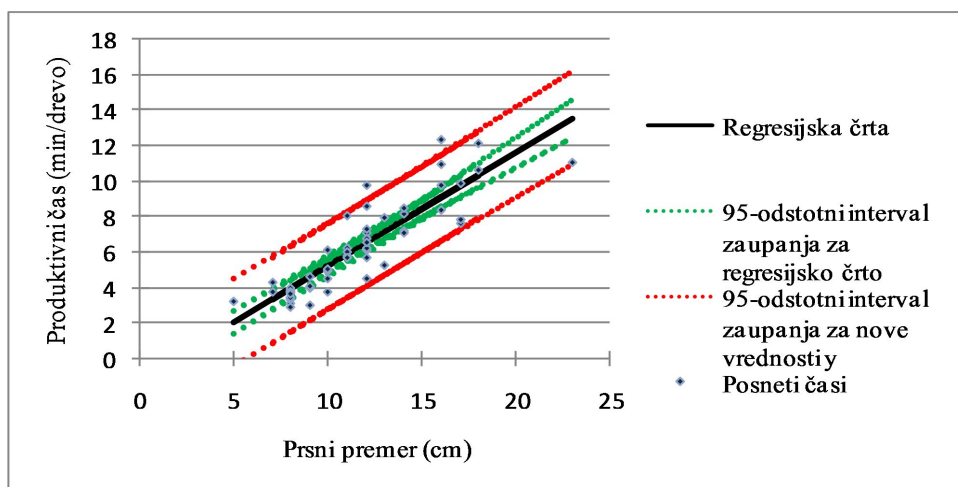
Povprečni časi pomožnih produktivnih operacij (čas neodvisnih operacij):

- prehod	0,61 min/drevo
- pripravljalna dela	0,78 min/drevo
- sproščanje obvislega drevesa	1,07 min/drevo
- skupaj	2,46 min/drevo

Preglednica 19: Deleži fiksnih in odvisnih časov glede na prsni premer iglavcev

	Prsni premer (cm)			
	5	10	15	20
Delež fiksnih časov (%)	77,12	47,16	29,19	21,13
Delež odvisnih časov (%)	22,88	52,84	70,81	78,87

Regresijski model za napovedovanje časov (slika 10) je obremenjen z napako, ki je osnova za izračun intervala zaupanja za napovedane vrednosti. Zgornja in spodnja meja intervala določata območje v katerem leži regresijska črta pri 95-odstotni stopnji zaupanja. Interval narašča z odstopanjem prsnega premera od aritmetične sredine, ki se nahaja pri $d_{1,3} = 11,57$ cm. Model je najbolj zanesljiv pri napovedovanju predvidene porabe časa pri drevju s prsnim premerom okrog 12 cm. Izračunali smo še 95-odstotni interval zaupanja za nove vrednosti y . Interval določa območje, kjer pri dani vrednosti neodvisne spremenljivke x (prsni premer) leži 95 odstotkov vrednosti odvisne spremenljivke y (poraba časa).



Slika 10: Regresijski model za napovedovanje produktivnih časov sečnje in izdelave iglavcev

Listavci

Osnova za izračun normativa so časi operacij, ki smo jih posneli pri 15-ih drevesih bukve s prsnimi premeri od 4 do 12 cm. Koeficient determinacije je pri listavcih nekoliko nižji kot pri iglavcih. Iz funkcijskega odnosa med prsnim premerom in skupnim trajanjem operacij kleščanje in gozdni red ter podiranje izhaja 63 % variance ($R^2=0,626$; $p=0,001$). Razmerje med fiksnim in odvisnim časom variira v manjši meri kot pri iglavcih. Pri drevesu s prsnim premerom 6 cm je razmerje odvisnega časa napram fiksnemu 1:1,2, pri prsnem premeru 12 cm pa 1,9:1. Zagotovo je manjši razpon v količinskem razmerju vsaj deloma posledica manjšega razpona prsnih premerov v primerjavi z iglavci, zato primerjava z njimi ni najbolj korektna. Analogno razlago lahko uporabimo v zvezi z počasnejšim naraščanjem odvisnih časov, kjer moramo upoštevati, da gre pri večjih premerih za ekstrapolacijo na osnovi empiričnih podatkov. Manjši koeficient regresijske funkcije b_1 zato še ne pomeni, da naraščanje premera pri listavcih dejansko povzroča manjšo spremembo porabe časa kot pri iglavcih.

Enačba za izračun produktivnega časa (min/drevo):

$$y = 0,240x + 1,067$$

Enačba za izračun glavnega produktivnega časa oziroma časa odvisnih operacij (min/drevo):

$$y = 0,240x - 0,313$$

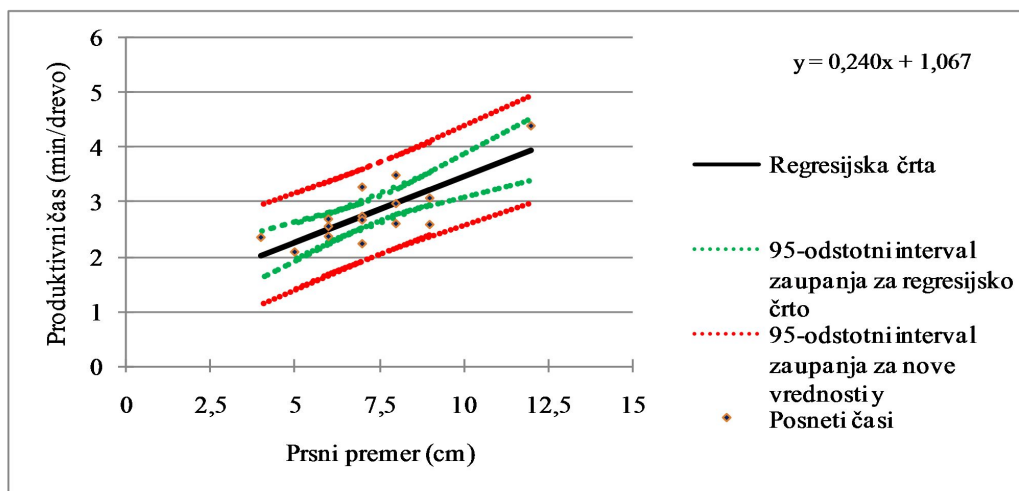
Povprečni časi pomožnih produktivnih operacij (čas neodvisnih operacij):

- prehod	0,61 min/drevo
- pripravljalna dela	0,22 min/drevo
- sproščanje obvislega drevesa	0,55 min/drevo
- skupaj	1,38 min/drevo

Preglednica 20: Deleži fiksnih in odvisnih časov glede na prsni premer listavcev

	Prsni premer (cm)			
	5	10	15	20
Delež fiksnih časov (%)	60,87	39,80	29,57	23,52
Delež odvisnih časov (%)	39,13	60,20	70,43	76,48

Na sliki 11 je prikazan 95-odstotni interval zaupanja za napovedane vrednosti y , ki ležijo na regresijski premici. Območje, ki je definirano s spodnjo in zgornjo mejo intervala je pogojeno z odkloni empiričnih podatkov od premice. Ti odkloni so večji kot pri iglavcih, zato je tudi interval širši. Razlika je še bolj opazna pri 95-odstotnem intervalu zaupanja za nove vrednosti y . Model je precej nezanesljiv, kar glede na velikost vzorca ni ravno presenetljivo.



Slika 11: Regresijski model za napovedovanje produktivnih časov sečnje in izdelave listavcev

5.10.3 Primerjava predvidenih časov z državnim normativom

S primerjavo smo želeli ugotoviti v kolikšni meri napovedani časi odstopajo od časov, ki so predvideni z državnim normativom. Primerjava je umestna, ker sta oba normativa določena z enačbo, ki porabo časa sečnje in izdelave določa v odvisnosti od prsnega premera drevesa. Državni normativ velja za posamezne drevesne vrste oziroma skupine drevesnih vrst s prsnim premerom od 10 do 90 cm. Potreben čas smo računali po normativu delovnega polja, ki velja za ugodne delovna razmere (naklon do 30 %, temperatura 5-20 °C) in ne vsebuje popravkov zaradi delovnih razmer ter popravkov zaradi dodatnih del. Osnovnemu normativu smo dodali popravek zaradi dodatnih del pri prvem redčenju v drogovnjaku. Ta popravek pomeni 10-odstotno povečanje osnovnega normativa. V primerjavo nismo vključili listavcev. Posneli smo namreč le eno drevo s prsnim premerom nad 10 cm. Pri iglavcih smo v primerjavo vključili 38 dreves s prsnim premerom od 10 do 23 cm. Normativ smo računali po enačbi za iglavce, ki velja za smreko, jelko in macesen:

$$NT = 5,198 + 0,076 \times D + 0,016 \times D^2$$

NT = osnovni normativ

D = prsni premer v cm

V državni normativ je zajet s faktorjem določen neproduktivni čas, ki znaša 1,58. Z istim faktorjem smo množili produktivne čase, ki so določeni z enačbo normativa študije:

$$y = (0,642x - 1,203) \times 1,58$$

Tako smo za primerjavo uporabili delovni čas v minutah na drevo. Izračunali smo čase za prsni premer v razponu od 10 do 23 cm. Rezultati so zbrani v preglednici 21.

Preglednica 21: Primerjava predvidenih časov po normativu študije z državnim normativom

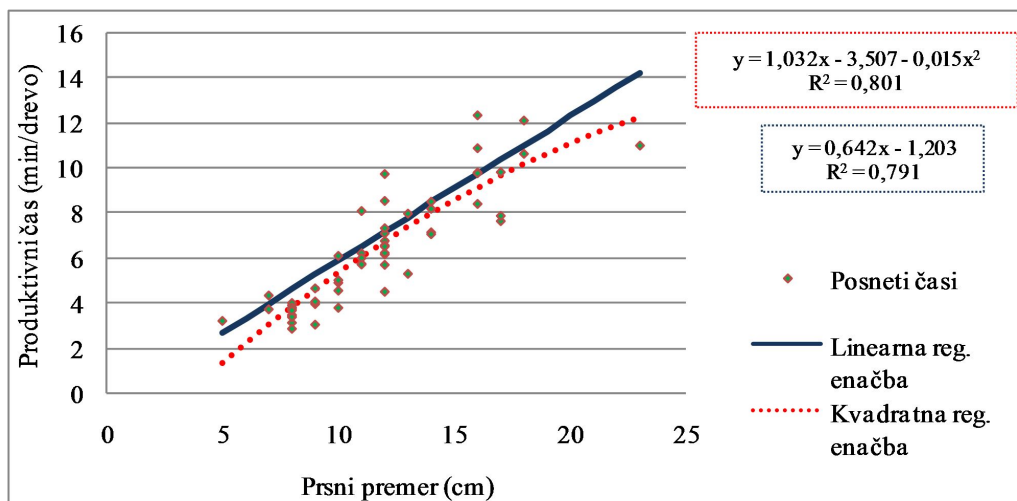
d _{1,3} (cm)	y ₁ (min/drevo)	y ₀ (min/drevo)	y ₁ - y ₀	y ₁ /y ₀ (%)
10	8,24	8,31	-0,07	99,15
11	9,26	8,77	0,49	105,59
12	10,27	9,26	1,02	110,98
13	11,29	9,78	1,51	115,41
14	12,30	10,34	1,96	118,98
15	13,31	10,93	2,38	121,80
16	14,33	11,56	2,77	123,94
17	15,34	12,23	3,12	125,50
18	16,36	12,93	3,43	126,56
19	17,37	13,66	3,71	127,18
20	18,39	14,43	3,96	127,42
21	19,40	15,24	4,17	127,34
22	20,42	16,08	4,34	127,00
23	21,43	16,95	4,48	126,42

y₁ - normativ študije, y₀ - državni normativ

Normativ študije in državni normativ podajata pri drevju s prsnim premerom 10 cm praktično enake napovedi predvidene porabe časa. Pri večjih premerih normativ študije presega državnega. Maksimum preseganja je pri premeru 20 cm, kjer je le to 27,42-odstotno, nato se prične trend upadanja. Velja poudariti, da smo pri izdelavi normativa izmed vseh vplivnih dejavnikov – ki izvirajo iz delavca, orodja, drevesa in okolja, v študiji upoštevali samo prsni premer drevesa, zato so razlike razumljive. Nekonsistentnost naraščanja oziroma upadanja razlik je posledica različnih tipov funkcije. Državni normativ je določen z nelinearno regresijsko enačbo, ki je podana s parabolo druge stopnje. Pri tej funkciji potreben čas narašča progresivno. Predpostavljamo, da zaradi majhnega dimenzijskega razpona dreves v drogovnjaku progresivna rast ni tako izrazita. Zakonitost smo preizkusili tako, da smo enačbo normativa za iglavce pretvorili v polinom druge stopnje. V tem primeru je regresijska krivulja podana z naslednjo enačbo:

$$y = 1,032x - 3,507 - 0,015x^2$$

Z uvedbo kvadratnega člena smo delež pojasnjene variance povečali iz 79 % na 80 %. Glede na skromen 1-odstoten doprinos kvadratnega člena, ocenjujemo uporabo linearne aproksimacije v normativu študije kot ustrezno metodo za napovedovanje predvidene porabe časa. Ob predpostavki progresivne rasti smo zgolj za primerjavo izračunali potrebne čase še po transformirani enačbi. Na sliki 12 je razvidno, da so odstopanja vrednosti y na krivulji od vrednosti y na premici za pretežni del x -ov komaj zaznavna ter da progresivna rast ni značilna.



Slika 12: Primerjava med linearnim in nelinearnim regresijskim modelom

5.11 GOSTOTA IZBRANCEV KOT KAZALEC PORABE ČASA

Uporabnost podatka o gostoti izbrancev za napovedovanje predvidene porabe časa smo ugotavljali na podlagi funkcijskega odnosa, pri čemer smo porabo časa obravnavali kot odvisno spremenljivko, gostoto izbrancev (število/hektar) pa kot neodvisno. Značilnost funkcijskega odnosa med spremenljivkama smo potrdili z F -testom ($p=0,049$). Osnovni podatki za izračun regresijskega modela so posneti celotni produktivni časi, ki so skupaj s številom izbrancev na posamezni ploskvi preračunani na hektar. V analizo smo zajeli vseh 8 ploskev ($N=8$). Najmanjša gostota izbrancev je 125, največja pa 475. Regresijski in korelacijski koeficienti so zbrani v preglednici 22. Normativ je določen z enačbo:

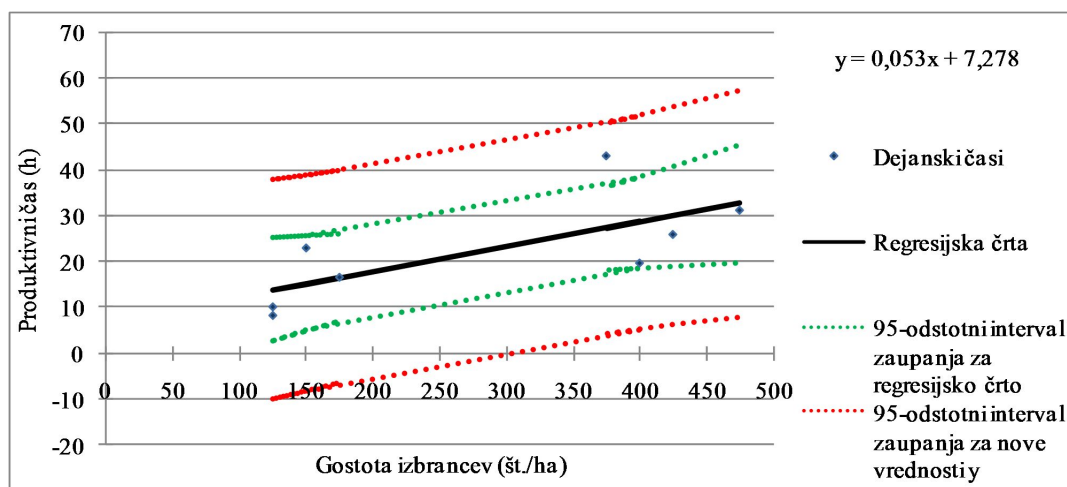
$$y = 0,053x + 7,278$$

$$\begin{aligned} y &= \text{produktivni čas (h/ha)} \\ x &= \text{gostota izbrancev (št./ha)} \end{aligned}$$

Preglednica 22: Regresijski in korelacijski koeficienti (gostota izbrancev)

Korelacijski koeficient	Značilnost	Determinacijski koeficient	Reg. koeficient		Značilnost
			b_1	b_0	
0,708	0,025	0,501	0,053	7,278	0,049

Gostota izbrancev pojasni 50 % variance produktivnih časov, ob upoštevanju korekcije za velikost vzorca pa 42 % (zaradi majhnega vzorca navajamo prilagojen koeficient determinacije, ki delež pojasnjene variance prilagodi velikosti vzorca). Regresijska premica je prikazana na sliki 13 skupaj s 95-odstotnim intervalom zaupanja za napovedane vrednosti y in 95-odstotnim intervalom zaupanja za nove vrednosti y . Širina intervalov nakazuje, da model ni najbolj zanesljiv.



Slika 13: Regresijski model za napovedovanje produktivnih časov sečnje in izdelave s kazalcem gostota izbrancev

5.12 GOSTOTA KONKURENTOV KOT KAZALEC PORABE ČASA

Predpostavljali smo, da med gostoto konkurentov in porabo časa obstaja funkcijski odnos, pri čemer število konkurentov nastopa kot neodvisna spremenljivka, poraba produktivnega časa pa kot odvisna. Preizkus z F -testom je pokazal, da regresijska koeficienta nista statistično značilna ($p=0,071$). V analizo smo zajeli vseh 8 ploskev ($N=8$). Število konkurentov na posamezni ploskvi smo skupaj s posnetim celotnim produktivnim časom preračunali na hektar. Ti podatki so bili osnova za izračun korelacijskih in regresijskih koeficientov, ki so zbrani v preglednici 23. Statistično značilna sta samo koeficient korelacije oziroma iz njega izpeljan koeficient determinacije, medtem ko sta regresijska koeficienta pod pragom mejne značilnosti. Najmanjše število konkurentov v modelu je 75, največje pa 500. Normativ je določen z enačbo:

$$y = 0,050x + 9,606$$

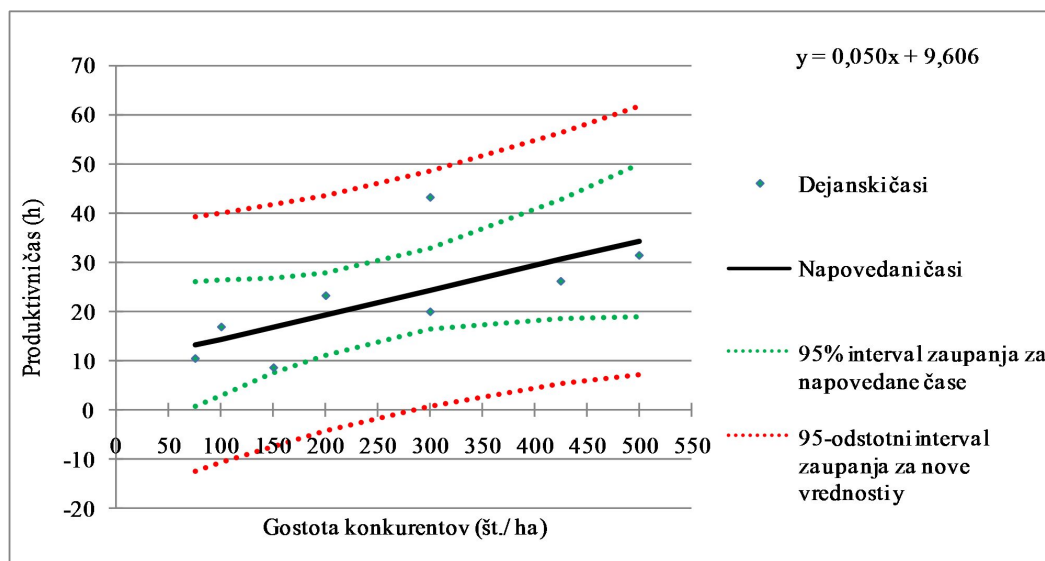
$$y = \text{produktivni čas (h/ha)}$$

$$x = \text{gostota konkurentov (št./ha)}$$

Preglednica 23: Regresijski in korelacijski koeficienti (gostota konkurentov)

Korelacijski koeficient	Značilnost	Determinacijski koeficient	Reg. koeficient		Značilnost
			b_1	b_0	
0,667	0,035	0,445	0,050	9,606	0,071

Število konkurentov pojasni 45 % variance porabe časa, v primeru da uporabimo prilagojen koeficient determinacije, kjer je ocena korigirana z velikostjo vzorca, pa samo 35 %. Regresijska premica je prikazana na sliki 14. Širina intervalov zaupanja je odraz natančnosti modela pri napovedovanju predvidene porabe časa.



Slika 14: Regresijski model za napovedovanje produktivnih časov sečnje in izdelave s kazalcem gostota konkurentov

5.13 PRIMERJAVA NATANČNOSTI KAZALCEV PORABE ČASA

Natančnost normativov smo preverjali z izračunavanjem predvidene porabe časa za vsako ploskev posebej, tako da smo posamezno ploskev obravnavali kot eno delovno polje. Z razlikami do posnetih časov smo izračunali relativno napako in nato še povprečno relativno napako za posamezen normativ. Normative smo poimenovali po kazalcu porabe časa, tj. neodvisni spremenljivki v regresijski enačbi. Pri prsnem premeru smo normativ delovnega polja izračunali s seštevanjem časov posameznih dreves na objektu. Pri normativu gostota izbrancev in pri normativu gostota konkurentov je rezultat enačbe podan v urah na hektar. Zavoljo primerljivosti rezultatov smo jih pretvorili v minute na ploskev. Rezultati so zbrani v preglednici 24. Če primerjamo rezultate, ugotovimo da daje prsni premer še najbolj točne napovedi potrebnega časa. Normativ gostota konkurentov podaja zelo netočne čase, tako npr. na ploskvi C2 presega dejansko porabo časa za več kot 100 %. Le za odtenek bolj natančen je normativ gostota izbrancev, pri katerem je povprečna relativna napaka predvidene porabe časov 30-odstotna, kar je samo 2 % manj kot pri gostoti konkurentov. Zavedamo se, da je presoja natančnosti na način primerjave posnetih časov z modelnimi, ki že v osnovi izhajajo iz posnetih pristranska, zaradi česar sklepamo, da so ugotovljena odstopanja preveč optimistična. Slednje še zlasti velja za normativa gostota izbrancev in gostota konkurentov, kjer je velikost vzorca ($N=8$) neprimerljivo manjša od vzorca pri normativu prsni premer (igl.: $N=57$; lst.: $N=15$).

Z uporabo testa multikolinearnosti smo ugotovili, da sta spremenljivki gostota izbrancev in gostota konkurentov medsebojno povezani v tolikšni meri, da ju kot neodvisni spremenljivki ne moremo uporabiti v istem modelu po vzoru multiple linearne regresije. Povezanost ni presenetljiva, če upoštevamo da je pri izbiralnem redčenju število konkurentov na določeni površini v veliki meri odvisno od števila izbrancev na tej površini. Kot kazalca multikolinearnosti smo uporabili faktor inflacije variance (Multicollinearity test, $VIF = 7,423$), ki presega mejno vrednost pri $VIF=1$ (Field, 2009).

Natančnost normativov se ujema s pojasnjevalno močjo neodvisne spremenljivke v modelu v smislu, da koeficient determinacije napreduje v enakem zaporedju kot natančnost normativov: gostota konkurentov ($R^2=0,445$) < gostota izbrancev ($R^2=0,501$) < prsni premer ($R^2=0,791$ pri iglavcih; $R^2=0,626$ pri listavcih). Pri vrednotenju natančnosti na podlagi determinacijskih koeficientov moramo pri normativu prsni premer upoštevati, da smo operacije prehod, pripravljalna dela in sproščanje obvislega drevesa upoštevali kot fiksno določene čase, ki so izračunani kot povprečja. Odstopanja od posnetih časov tako niso samo posledica napak regresije temveč tudi odklonov od aritmetične sredine, katere vpliv upada z naraščanjem prsnih premerov. Fiksno določeni časi oziroma časi neodvisnih operacij zavzemajo pri tankem drevju pretežni delež produktivnega časa, medtem ko pri debelejšem drevju velja obratno, torej da odvisni časi zavzemajo pretežni delež produktivnega časa.

Preglednica 24: Predvideni časi po normativih v primerjavi z posnetimi časi

Ploskev	Prsni premer		Gostota izbrancev		Gostota konkurentov	
	y ₁ /y ₀ (%)	Napaka (%)	y ₁ /y ₀ (%)	Napaka (%)	y ₁ /y ₀ (%)	Napaka (%)
A1	92,29	7,71	66,33	33,66	84,67	15,33
B1	86,65	13,35	63,42	36,58	56,83	43,17
C1	102,26	2,26	166,40	66,40	203,17	103,17
D1	108,78	8,78	144,92	44,92	123,80	23,80
A2	79,25	20,75	99,70	0,30	87,31	12,69
B2	100,98	0,98	104,48	4,48	110,02	10,02
C2	140,10	40,10	115,39	15,39	118,02	18,02
D2	76,64	23,36	136,11	36,11	129,93	29,93
M napaka (%)	14,66		29,73		32,02	

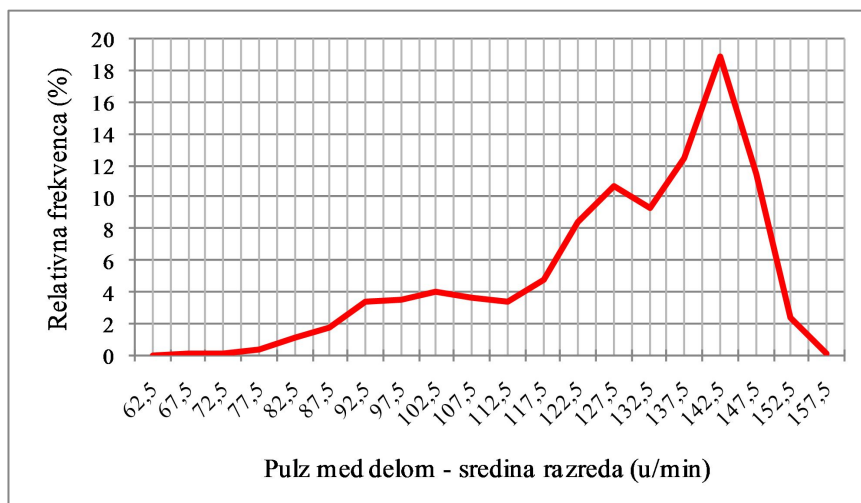
y₁ – po normativu predvidena poraba časa, y₀ – izmerjena poraba časa

5.14 TEŽAVNOST DELA

5.14.1 Težavnost dela po operacijah v delovnem času

V sklopu raziskave smo z namenom ugotavljanja težavnosti dela med enim in drugim načinom dela na delavcu opravljali meritve srčnega utripa. Frekvenca srčnega utripa oziroma pulza (u/min) odraža jakost fizične obremenitve. Odnos je posebej izrazit pri dinamičnem delu, zato je srčni utrip primeren kazalec težavnosti gozdnih del (Potočnik, 2009). Težavnost dela je rezultat produkta težavnosti določene operacije in trajanja te operacije, zaradi česar je časovna študija osnova za ugotavljanje težavnosti dela.

Težavnost dela lahko ponazorimo s frekvenčno porazdelitvijo posnetih pulzov (slika 15), ki odraža variiranje težavnosti dela v delovnem času. Porazdelitev je izrazito negativno asimetrična in tri-vrhata, kar daje slutiti, da lahko operacije v grobem razvrstimo po težavnostnih stopnjah v skladu z lokalnimi modusi. Razpršenost pulzov okoli mest zgostitve je največja pri najnižji težavnostni stopnji, kjer je krivulja blago zaobljena. Če relativno frekvenčno porazdelitev primerjamo s podatki o težavnosti dela po operacijah (preglednica 25) ugotovimo, da prva težavnostna stopnja z vidika variabilnosti in strukture približno sovпада z neproduktivnimi časi. V strukturi posnetih časov zajemajo neproduktivni časi 40,2-odstotni delež, povprečen pulz pa je v neproduktivnem času 113,9 u/min. Operacije v produktivnem času imajo povprečno težavnost dela med 132 in 140 u/min, kar jih glede na mesta zgostitve posnetih pulzov uvršča med drugo in tretjo težavnostno stopnjo. Standardni odklon produktivnih časov je približno pol manjši kot pri neproduktivnih časih, zato sklepamo, da je konična oblika krivulje na mestih zgostitve pri drugi in tretji težavnostni stopnji povezana s porazdelitvijo pulzov v produktivnem času.



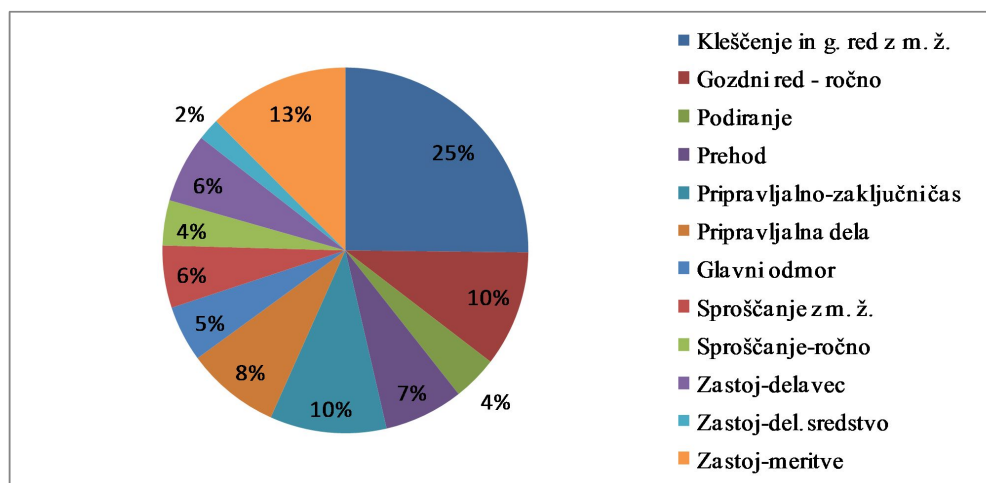
Slika 15: Relativna frekvenčna porazdelitev posnetih pulzov med delom

Preglednica 25: Težavnost dela po operacijah s strukturo in absolutnim trajanjem operacij

Operacija	Trajanje (s)	Delež (%)	<i>M</i> (u/min)	σ
Kleščanje in gozdni red z motorno žago	9979	23,22	138,28	8,69
Gozdni red - ročno	4035	9,39	139,08	8,88
Podiranje	1621	3,77	134,07	8,44
Prehod	2871	6,68	133,63	11,29
Pripravljalna dela	3445	8,02	131,83	10,88
Sproščanje obvislega drevesa z motorno žago	2164	5,04	139,49	7,04
Sproščanje obvislega drevesa - ročno	1564	3,64	140,00	7,24
Skupaj produktivni čas	25697	59,80	136,96	9,57
Pripravljalno-zaključna dela	4846	11,28	116,56	16,86
Glavni odmor	2800	6,52	96,95	13,33
Zastoj zaradi delavca	2652	6,17	126,62	14,89
Zastoj zaradi delovnega sredstva	841	1,96	127,35	9,31
Zastoj zaradi meritev	6152	14,32	111,31	14,97
Skupaj neproduktivni čas	17291	40,24	113,58	17,63

5.14.2 Skupna težavnost dela v delavniku

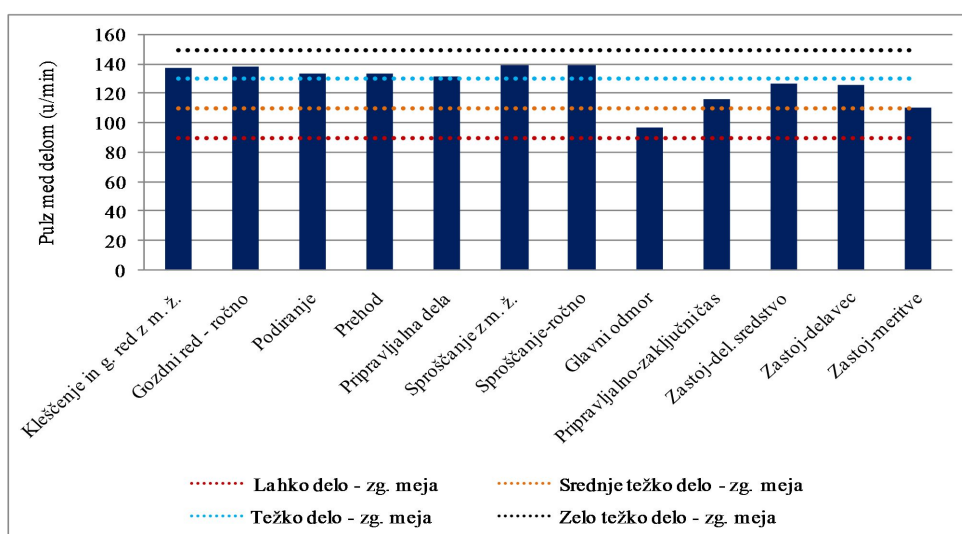
Prvi vrednotenju skupne težavnosti dela moramo poleg težavnosti posamezne operacije upoštevati še trajanje operacije. Skupni učinek trajanja in težavnosti operacije odraža prispevek posamezne operacije k skupnim obremenitvam v delavniku. Najtežavnejša operacija je sproščanje obvislega drevesa – ročno, povprečni pulz je pri tej operaciji znašal 140,0 u/min. Operacija pripravljala dela je s 131,8 u/min najlažja operacija v produktivnem času. Na sliki 16 je razvidno, da k skupni težavnosti največ prispeva operacija kleščanje in gozdni red z motorno žago (25 %), medtem ko sproščanje obvislega drevesa – ročno, kot najtežavnejša operacija prispeva samo 4 %. Na drugi strani pa pripravljala dela, kot najlažja operacija v produktivnem času prispeva 2-krat večji delež (8 %). Vpliv trajanja na skupno težavnost najbolj odraža dodatni čas zaradi meritev, ki k skupnim obremenitvam prispeva kar 13 %, čeprav je po težavnosti takoj za glavnim odmorom kot najlažjo operacijo.



Slika 16: Prispevek operacij k skupni težavnosti dela

5.14.3 Vrednotenje težavnosti dela

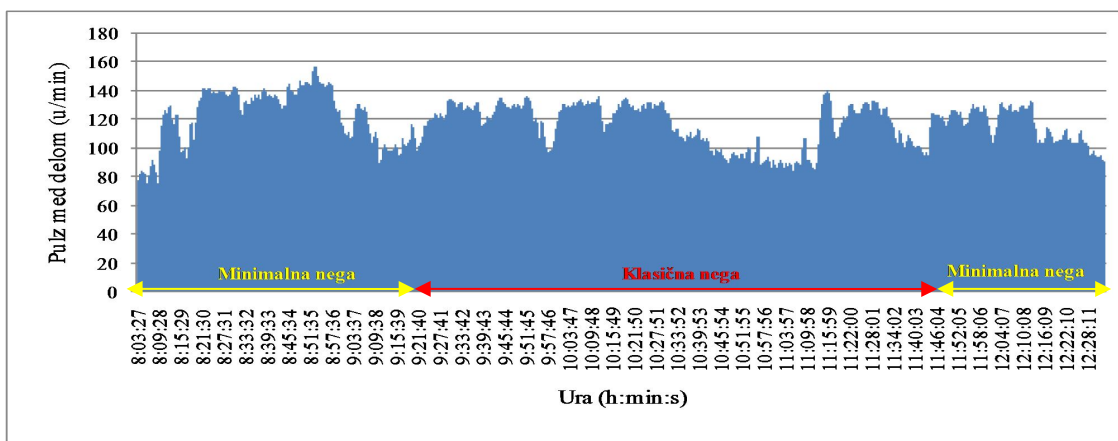
Za vrednotenje težavnosti operacij smo uporabili klasifikacijo, ki jo v svoji raziskavi uporablja Poje (Becker in sod., 2007 cit. po Poje, 2011). V skladu s klasifikacijo lahko delo ovrednotimo po težavnostnih stopnjah glede na povprečni pulz med delom. Meje med težavnostnimi stopnjami so porazdeljene v razmaku 20 u/min. Če trajanje meritev enačimo z delavnikom, ugotovimo da v sklopu študije nismo posneli 8-urnega delavnika, kar je razlog, da težavnost prikazujemo po operacijah v delavniku (slika 17). Po klasifikaciji se vse operacije v produktivnem času uvrščajo med zelo težka dela. Operacije v neproduktivnem času se uvrščajo eno težavnostno stopnjo nižje, tj. med težka dela, z izjemo glavnega odmora, ki se uvršča še eno stopnjo nižje, tj. med srednje težka dela. Rezultati napeljujejo na sklep, da je izvedba redčenja v dogovnjaku težavno delo.



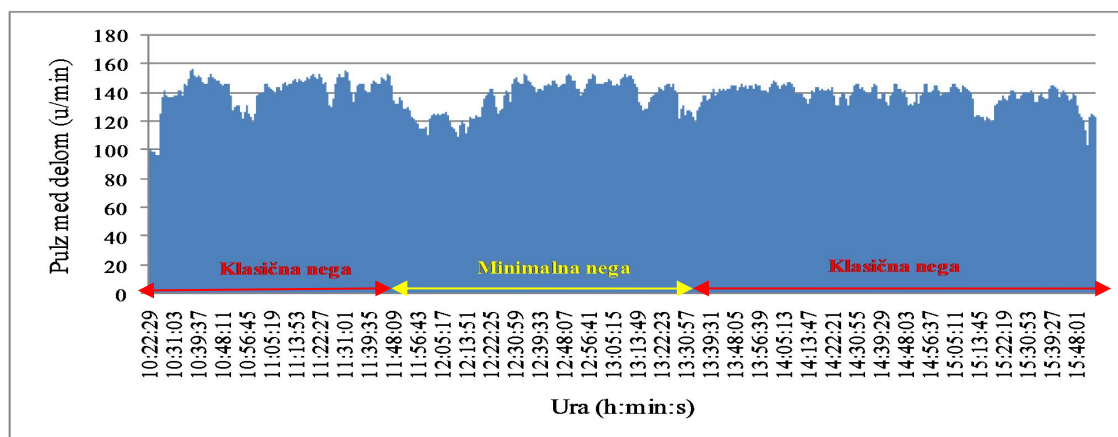
Slika 17: Težavnost dela po operacijah z dopustnimi mejami

5.14.4 Težavnost dela tekom delavnika

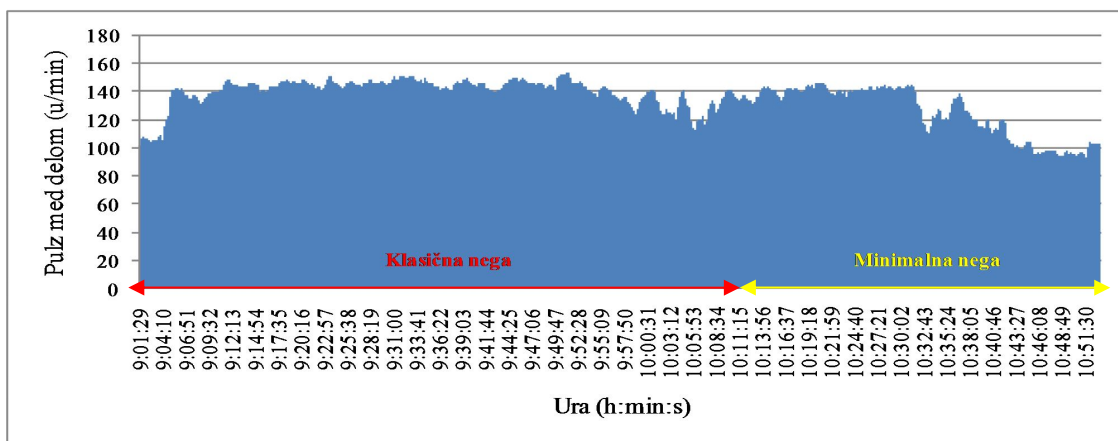
Trajanje delavnika smo enačili s trajanjem meritev oziroma trajanjem časovne študije v okviru snemalnega dne. Vrednosti pulza, ki smo jih posneli v sklopu študije so smiselno porazdeljene v zaporedje sekvenc po delavnikih (slika 18, 19, 20), zato sklepamo da so opravljene meritve točne.



Slika 18: Pulz med delom in potek po načinih dela (1. snemalni dan)



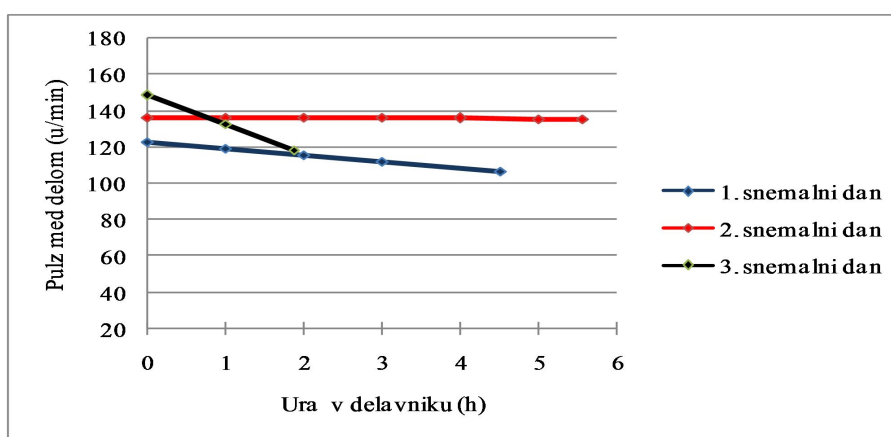
Slika 19: Pulz med delom in potek po načinih dela (2. snemalni dan)



Slika 20: Pulz med delom in potek po načinih dela (3. snemalni dan)

Mnogi raziskovalci so v sklopu raziskav o težavnosti gozdnega dela (Poje, 2011, Lipoglavšek, 1992, Odar, 2011) zasledili trend naraščanja težavnosti dela tekom delavnika. Pojav razlagajo kot posledico utrujanja delavca. Prav nasprotno pa smo zaznali v sklopu naše raziskave, kjer je trend upadanja težavnosti dela značilen pri vseh treh snemalnih dnevih. Trend je najmanj zaznaven ($R^2=0,001$; $p=0,000$) drugi snemalni dan, ki je po trajanju še najbližje regularnemu 8-urnem delavniku, prvi ($R^2=0,069$; $p=0,000$) in tretji ($R^2=0,286$; $p=0,000$) snemalni dan pa je precej izrazit.

Vpliv trajanja delavnika na vrednost pulza med delom smo ugotavljali z linearno aproksimacijo, pri čemer nas je zanimala vrednost razlik v okviru delavnika. Razlike smo računali na podlagi povprečnih pulzov v prvi in zadnji uri v delavniku. Prvi snemalni dan je razlika znašala 12,2 u/min, drugi snemalni dan 0,8 u/min in tretji snemalni dan 13,9 u/min. Razlika med prvo in zadnjo delavno uro drugega snemalnega dne je tako majhna, da jo lahko zanemarimo in trdimo da je pulz tekom delavnika stabilen.



Slika 21: Upadanje težavnosti dela tekom delavnika po dnevih

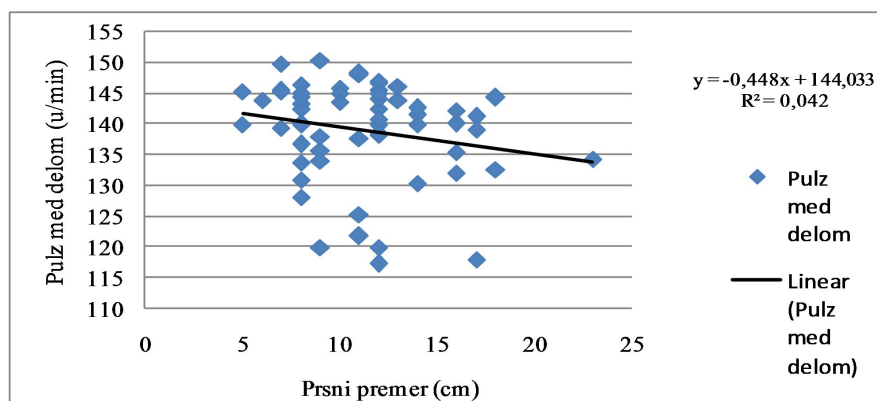
Predpostavljamo, da je izrazito negativen trend v tretjem snemalnem dnevu v veliki meri rezultat kombinacije kratkega delavnika in neenakomerne razporeditve neproduktivnega časa. Ta dan smo z meritvami pričeli šele ob prihodu na ploskev, zato smo v sklop delavnika zajeli samo tisti del pripravljajno-zaključnih del, ki nastopi ob koncu delavnika. Iz slike 17 je razvidno, da je težavnost operacij, ki sestavljajo neproduktivni čas manjša od operacij v produktivnem času. Domnevamo, da smo na vrednosti pulza vplivali s samo izvedbo študije, ki je v določeni meri narekovala razporeditev neproduktivnega časa. Vpliv izhaja iz neproduktivnih časov, ki so posledica meritev, te pa so zaradi spremljanja porabe goriva in maziva razporejene v dokaj enakomernih časovnih presledkih. Tudi v primeru, da rezervoar za gorivo ni bil izprazen tekom del na posamezni ploskvi, je zastoj nastopil ob koncu del na tej ploskvi. Po končanem delu smo namreč izmerili količino preostalega goriva in maziva ter nato pred premikom na naslednjo ploskev rezervoarja napolnili. Delavca pri teh meritvah nismo obremenjevali, zato imajo ti zastoji z vidika delavca vlogo odmorov za regeneracijo. Po težavnosti je zastoj zaradi meritev takoj za glavnim odmorom,

kot najlažjo operacijo v delovnem času, kar je razumljivo če upoštevamo, da je zastoj v povprečju trajal kar 9,32 min.

5.14.5 Odvisnost težavnosti dela od prsnega premera

V sklopu raziskovanja prsnega premera kot kazalca smo ugotovili, da ta značilno vpliva na porabo časa. Predvidevali smo, da daljša izpostavljenosti delavca obremenitvam rezultira v večji težavnosti dela. S tem namenom smo opravili analizo odvisnosti težavnosti dela od prsnega premera. V kolikor bi se odnos izkazal za značilnega v smislu, da težavnost dela narašča skupaj s prsnim premerom, bi lahko z njim pojasnili neskladje z ugotovitvami nekaterih raziskovalcev (Poje, 2011, Lipoglavšek, 1992, Odar, 2011) v zvezi z naraščanjem težavnosti dela tekom delavnika. V splošnem so bile dimenzije posekanih dreves v omenjenih raziskavah večje, kar bi utegnil biti razlog za večjo intenzivnost dela in posledično utrujanje delavca tekom delavnika.

Pri izvedbi analize smo uporabili isto bazo podatkov kot pri ugotavljanju odvisnosti porabe časa od prsnega premera s to razliko, da tokrat vzorca nismo členili po skupinah drevesnih vrst (lst/igl) ter da nismo izločili vseh neproduktivnih časov, ampak samo pripravljajno-zaključni čas, glavni odmor in zastoj zaradi meritev. Rezultati analize kažejo, da težavnost dela neznačilno upada z naraščanjem prsnega premera ($R^2=0,042$; $p=0,116$), zato domneve ne moremo potrditi.



Slika 22: Odvisnost težavnosti dela od prsnega premera drevesa

5.14.6 Težavnost dela po načinih dela

Potek del v smislu menjavanja načinov dela tekom delavnika je zelo neugoden z vidika vrednotenja težavnosti posameznega načina dela. Potek del je prikazan na slikah 18-20 kjer vidimo, da vsi delavniki vključujejo oba načina, zato moramo biti pri sklepanju v zvezi z morebitnimi razlikami v težavnosti dela zelo previdni. Pulza kot kazalca težavnosti posameznega načina dela namreč ne moremo presojati neodvisno od predhodnega načina dela. Odnos je na ravni operacije raziskal Poje in ugotovil, da težavnost predhodne operacije značilno vpliva na težavnost operacije, pri čemer težavnost operacije narašča s težavnostjo predhodne operacije (Poje, 2011: str. 108).

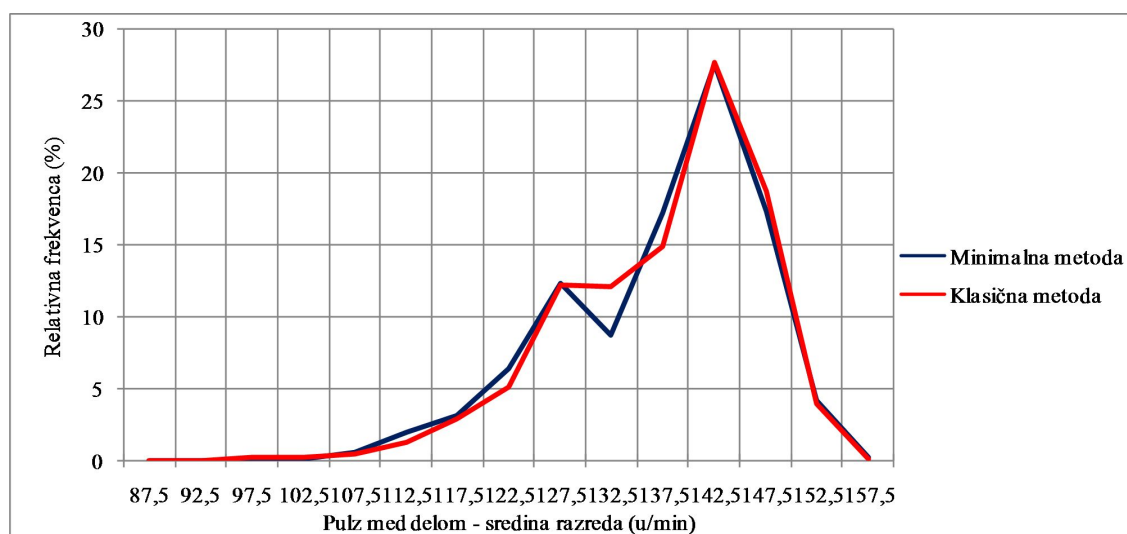
Potek del z menjavanjem je toliko bolj neugoden zaradi trenda upadanja težavnosti dela tekom delavnika. Vpliv trenda na izid primerjave nekoliko ublaži dejstvo, da je bil vrstni red načinov dela po delavnikih heterogen. Tako je prvi snemalni dan delo potekalo v sosledju: minimalna metoda, klasična metoda, minimalna metoda; drugi dan: klasična metoda, minimalna metoda, klasična metoda; in tretji dan: klasična metoda, minimalna metoda. Dodatno težavo v zvezi s potekom del predstavljajo operacije v neproduktivnem času, ki jih ne moremo enoznačno pripisati posameznemu načinu dela. To velja za operacije glavni odmor, pripravljala-zaključna dela in dodatni čas zaradi meritev, ki po vsebini resda ne sodi v regularni delavnik, vendar prav tako vpliva na težavnost dela. Operacij v neproduktivnem času potemtakem nismo vključili v analizo. V primerjavo smo vključili tudi meritve na ploskvi B2 (klasična metoda), saj ob upoštevanju ugotovitve v zvezi z neznačilnim vplivom prsnega premera na težavnost dela sklepamo, da razlike v prsnih premerih niso relevantne. Podatki o trajanju meritev, strukturi produktivnega časa in povprečnem trajanju operacij so zbrani v preglednici 26.

Preglednica 26: Struktura produktivnega časa in število ponovitev operacij s povprečnim trajanjem po načinih dela

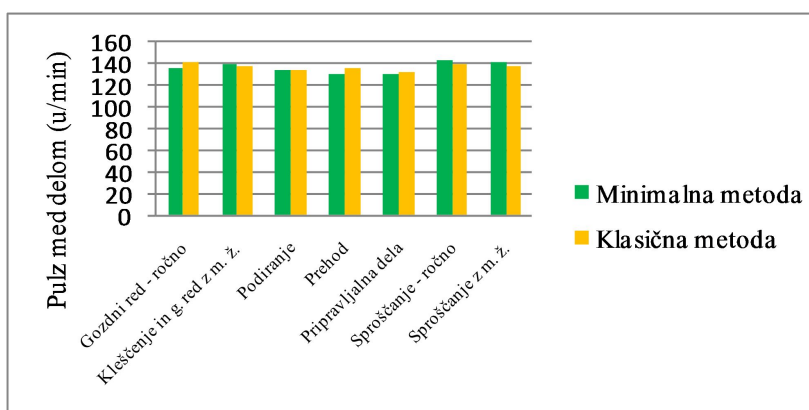
Opravilo	Trajanje (s)		Delež (%)		Št. ponovitev		Sredine in odkloni			
							M		K	
	M	K	M	K	M	K	M (s)	σ (s)	M (s)	σ (s)
Kleščanje in gozdni red z motorno žago	2998	6981	35,75	40,37	94	191	31,89	34,22	36,55	56,04
Gozdni red - ročno	1481	2554	17,66	14,77	83	160	17,84	17,69	15,96	16,83
Podiranje	545	1076	6,50	6,22	21	50	25,95	25,55	21,52	28,35
Prehod	1034	1837	12,33	10,62	23	56	44,96	27,98	32,80	22,53
Pripravljala dela	1018	2427	12,14	14,04	20	52	50,90	34,55	46,67	35,44
Sproščanje obvislega drevesa z motorno žago	954	1210	11,37	7,00	21	23	45,43	41,84	52,61	76,90
Sproščanje obvislega drevesa - ročno	357	1207	4,26	6,98	18	51	19,83	19,90	23,67	34,10

M – minimalna metoda, K – klasična metoda

Na sliki 23 prikazujemo relativno frekvenčno porazdelitev pulzov v produktivnem času za posamezen način dela. Porazdelitvi približno sovpadata s to razliko, da je lokalni modus bolj izrazit pri minimalni metodi. Če vrednosti pulza primerjamo na ravni operacij (slika 24) ugotovimo, da so razlike med načini dela komaj zaznavne – še največje so pri operaciji prehod, poleg tega pa se operacije niti med seboj bistveno ne razlikujejo po težavnosti, kar je nekoliko nenavadno glede na vsebinsko pestrost operacij, ki so po intenzivnosti dela precej različne.



Slika 23: Relativna frekvenčna porazdelitev pulzov med delom v produktivnem času - ločeno po načinu dela



Slika 24: Težavnost dela po operacijah in načinu dela

Značilnost razlik smo preizkušali z uporabo statističnih metod. Metode smo izbirali v skladu z izpolnjevanjem predpostavk o normalnosti porazdelitve in homogenosti varianc. Vzorce smo oblikovali po načinih dela, in sicer za vsako operacijo posebej, tako da je statistično iz vrednotenje omejeno na posamezne operacije v produktivnem času. Osnovna enota v vzorcu je povprečna vrednost pulza med delom v sosledju operacij. Pri izboru neparametričnih testov smo upoštevali priporočila glede velikosti primerjalnih vzorcev – pri podobno velikih vzorcih smo uporabili Mann-Whitney U test, pri vzorcih, ki se po velikosti bistveno razlikujejo pa Brown-Forsythe test. Ugotovili smo, da razlike po načinih dela niso statistično značilne pri nobeni operaciji. Rezultati testov so zbrani v preglednici 27.

Preglednica 27: Statistična analiza težavnosti dela po operacijah in načinih dela

Operacija	M (u/min)		Absolutna razlika	Leavene's test homogenosti	Shapiro -Wilk test normalnosti		Test razlik med sredinami			
	M	K			Značilnost		Test	df1	df2	Značilnost
Gozdni red m. ž.	139,07	137,94	1,13	0,219	0,000	0,000	B-F	1	187,98	0,273
Gozdni red r.	136,09	140,81	4,72	0,004	0,000	0,000	M-W			0,063
Podiranje	134,84	133,67	1,17	0,116	0,040	0,714	B-F	1	50,61	0,224
Prehod	130,30	135,51	5,21	0,422	0,038	0,105	B-F	1	39,19	0,686
Pripravljalna dela	131,02	132,17	1,15	0,816	0,056	0,293	T-test	1		0,469
Sproščanje m. ž.	142,09	137,44	4,66	0,050	0,148	0,027	M-W			0,073
Sproščanje r.	143,33	139,02	4,31	0,064	0,050	0,061	T-test	1		0,146

M – minimalna metoda, K – klasična metoda, B-F – Brown-Forsythe test, M-W – Mann-Whitney U test

Ob upoštevanju ugotovitve Pojeta, da s trajanjem operacije vpliv predhodne operacije upada (Poje, 2011: str. 108) se moramo zavedati, da so morebitne razlike zaradi kratkotrajnosti operacij manj zaznavne. Razlike v težavnosti po načinih dela moramo presoati skupaj s povprečnim trajanjem operacij. Podatki o povprečnem trajanju operacij (preglednica 26) so izračunani na podlagi sosledja operacij, tako da predstavljajo povprečno trajanje intervala operacije, kateremu sledi interval naslednje operacije. Večjo težavnost prehoda pri klasični negi lahko zaradi krajšega trajanja v primerjavi z minimalno nego pripišemo večjemu vplivu predhodne operacije, saj se dejanska težavnost operacije ob predpostavki, da delo poteka v enakih pogojih ne bi smela razlikovati. Predpostavljamo, da je podobnost v težavnosti del med operacijami v veliki meri rezultat kratkotrajnosti operacij oziroma, da so dejanske razlike med operacijami večje ter da razlike v težavnosti po načinih dela izhajajo iz razlik v trajanju operacij. Te so po definiciji načinov dela – v smislu gostot izbrancev, ki določajo razdalje med odkazanimi drevesi ter s tem vplivajo na trajanje prehoda, omejene na operacijo prehod.

6 RAZPRAVA

Obstoječi normativi za negovalna dela v mladem gozdu so izkustveno določeni in kot takšni ne dajejo vpogleda v dognanja, ki bi izkazovala določeno mero verodostojnosti, zato slehernega uporabnika povsem upravičeno navdajajo z dvomom o smiselnosti njihove uporabe. Kljub temu so ti normativi osnova za izračun priznanih stroškov, ki jih država v obliki subvencij delno povrne lastniku gozda. Če želimo, da bo nega mladega gozda racionalna, moramo vpeljati sistem normiranja, ki je inherentno povezan z negovalnim konceptom. Koncept minimalne nege obljublja prihranke predvsem na račun nižjih gostot izbrancev, zato je smiselno, da alternativni sistem normiranja količino potrebnega dela kvantificira na osnovi gostot izbrancev, ki v vlogi kazalca potrebne količine dela zagotavlja določeno stopnjo kontrole nad vložki nege. Uporaba kazalca, ki je merljiv, omogoča matematično obdelavo podatkov po vzoru standardnih postopkov izdelave normativov ter s tem odpravlja pomanjkljivosti raznih cenitev. Te pod vplivom subjektivnosti samo še povečujejo negotovost, ki je v procesu dimenzioniranja obsega del že tako stalnica zaradi pestrosti dejavnikov, ki povzročajo odstopanja med načrtovanim in dejanskim obsegom del.

Vsi sistemi normiranja, ki smo jih zastavili v študiji temeljijo na modelu funkcijske odvisnosti, kjer poznavanje neodvisne spremenljivke omogoča bolj ali manj zanesljivo napovedovanje odvisne spremenljivke – v primeru raziskave je to produktivni čas. Sistemi se razlikujejo glede kazalca, ki je vhod v normativ, glede enote za ugotavljanje porabe časa in glede zanesljivosti napovedanih časov. Raznolikost sistemov lahko s pridom uporabimo v povezavi z zahtevami in možnostmi v dani situaciji. Kot v svojih delih ugotavlja Rebula, je izdelava sistema normiranja, ki bi v celoti zadostil prav vsem zahtevam, nemogoča. Tako npr. zahtevi po točnosti nasprotuje zahteva po enostavnosti uporabe (Rebula, 1975).

Uporaba linearne aproksimacije se je izkazala kot ustrezna metoda za napovedovanje predvidene porabe časa. Pri sorodnih raziskavah smo zasledili, da avtorji za ta namen uporabljajo polinom druge stopnje, ki izkazuje progresivno rast. Njihova preučevanja so precej bolj zajetna tako po obsegu meritev, kot tudi po dimenzijskem razponu drevja, kar utegne biti razlog, da zakonitosti progresivne rasti na podlagi meritev v okviru naše raziskave nismo zaznali.

Prsni premer se je izkazal kot najzanesljivejši kazalec porabe časa in je zato smiselno, da ga uporabljamo vedno in povsod, če le razpolagamo s podatkom o prsnih premerih odkazanega drevja. Zgovoren podatek o natančnosti kazalca je koeficient determinacije, ki predstavlja s prsnim premerom pojasnjen delež variance posnetih časov. Funkcijska odvisnost je najbolj izrazita pri operacijah kleščenje in gozdni red (igl.: $R^2=0,683$; lst.: $R^2=0,567$) ter pri podiranju (igl.: $R^2=0,669$; lst.: $R^2=0,726$). Izsledke lahko primerjamo z raziskavo Pogorelčnika (1984), ki je proces sečnje prav tako preučeval v mladem gozdu,

kjer so se iglavci uvrščali pretežno v drugo, listavci pa v tretjo debelinsko stopnjo. Najmočnejšo odvisnost je ugotovil pri kleščenju (igl.: $R^2=0,808$; lst.: $R^2=0,696$) in nekoliko nižjo pri podiranju (igl.: $R^2=0,440$; lst.: $R^2=0,551$), vendar postopkov pomožnih operacij kot so čiščenje okolice drevesa ipd. ni obravnaval ločeno od podiranja.

Normativ, kjer v vlogi kazalca nastopa prsni premer, omogoča zaradi drevesa kot enote mere precejšnjo mero prilagodljivosti. Diferencirana obravnava operacij dopušča možnost, da čase operacij, ki bodisi niso v tesni povezanosti s prsnim premerom ali pa nastopajo samo pri nekaterih drevesih oziroma skupinah drevesnih vrst, dodajamo v povprečnem obsegu. Natančnost podajanja predvidene porabe časa je v tem primeru pogojena z vzajemnim delovanjem napak regresije in odkloni od aritmetične sredine. Časi operacij, ki so v funkcijskem odnosu s prsnim premerom zavzemajo različne deleže v razmerju do fiksno določenih časov operacij, pri katerih funkcijska odvisnost ni značilna. Pri tanjšem drevju imajo večjo težo fiksno določeni časi, z naraščanjem prsnega premera pa se njihov delež zmanjšuje na račun deleža operacij v funkcijskem odnosu.

Primerjava z državnim normativom, za katerega lahko trdimo, da glede na obseg meritev in pestrost zajetih vplivnih dejavnikov dobro odraža stanje sredine, je pokazala, da so izračuni predvidene porabe časa pri drevju s prsnim premerom 10 cm praktično enaki, pri večjih premerih pa normativ študije presega državnega z maksimumom pri premeru 20 cm, kjer je preseganje 27-odstotno. Če upoštevamo, da je zastavljen model najbolj zanesljiv pri povprečnem premeru, ki znaša 11,57 cm, lahko sklepamo, da se kombinacija sestojnih in terenskih razmer ter sposobnosti in prizadevnosti delavca v sklopu naše raziskave zelo približa pogojem, pri katerih je reprezentativen državni normativ.

Pri uporabi površine kot enote mere ne moremo ugotavljati zvez med porabo časa in lastnostmi drevesa kot predmeta dela. Poraba časa je v tem primeru konstanta, iz katere lahko izpeljemo povprečno porabo časa na izbranca oziroma konkurenta. Primernost površine kot enote mere pripisujemo njeni vsestranski uporabi v gozdarstvu, kjer podatke o površini zbiramo za razne namene. V povezavi z razvojnimi fazami so med drugim dostopni tudi v gozdarskem informacijskem sistemu (Pregledovalnik..., 2016), zato jih lahko ob uporabi ustreznih kazalcev s pridom uporabimo še za namene vrednotenja potrebne količine dela bodisi kot postavke v kalkulacijah stroškov ali kako drugače.

Podatka o gostoti izbrancev in gostoti konkurentov sta ob uporabi površine kot enote za ugotavljanje učinkov, primerna in po zanesljivosti primerljiva kazalca porabe časa. Njuno primernost presojamo na podlagi dostopnosti in enostavnosti določitve, saj je ravno podatek o gostoti izbrancev tisti s katerim običajno razpolagamo pred samo izvedbo del. V primeru, da redčenje ne temelji na pozitivni izbiri, je kot alternativa ustrežnejši kazalec gostota konkurentov. Podatek o gostoti konkurentov lahko izpeljemo iz podatka o jakosti redčenja v kolikor je ta podan z deležem posekanih dreves v odnosu do skupnega števila

dreves. V enomernih smrekovih letvenjakih in drogovnjakih z majhnim kakovostnim razponom drevja je princip nizkega redčenja, ki temelji na negativni izbiri utemeljen. V primeru, da napadla drevesa ne dajejo sortimentov, je postopek odkazila v takšnih sestojih smiselno poenostaviti na ugotavljanje gostot po smislu predlaganega sistema normiranja.

Z uporabo testa multikolinearnosti smo ugotovili, da sta spremenljivki gostota izbrancev in gostota konkurentov medsebojno povezani v tolikšni meri, da ju kot neodvisni spremenljivki ne moremo uporabiti v istem modelu po vzoru multiple linearne regresije, saj faktor inflacije variance (Multicollinearity test, $VIF = 7,423$) presega mejno vrednost pri $VIF=1$ (Field, 2009). Povezanost ni presenetljiva, če upoštevamo, da je pri izbiralnem redčenju število konkurentov na določeni površini v veliki meri odvisno od števila izbrancev na tej površini.

Regresijska modela za napovedovanje predvidene porabe časa, kjer v vlogi kazalcev nastopata gostota izbrancev in gostota konkurentov, imata zelo podobne regresijske koeficiente, kar je posledica skoraj povsem izenačenega razmerja med številom izbrancev in številom konkurentov na raziskovalnih ploskvah. Povprečna jakost odkazila (št. konkurentov/št. izbrancev) je namreč znašala 0,93 ($N=8$; $\sigma=0,27$). Koeficient determinacije je pri obeh modelih razmeroma nizek, kar pomeni, da znaten delež porabljenega časa variira neodvisno od števila izbrancev oziroma konkurentov.

Po natančnosti napovedanih časov sta kazalca gostota izbrancev in gostota konkurentov enakovredna. Če kot pokazatelja natančnosti uporabimo koeficient determinacije, je smiselno upoštevati velikost vzorca, ki je z osmimi enotami neprimerljivo manjši od vzorca pri kazalcu prsni premer (igl.; $N=57$; lst.: $N=15$), zato je prav da za ta namen uporabimo prilagojen koeficient determinacije, ki je korigiran za velikost vzorca. Menimo, da vrednost prilagojenih determinacijskih koeficientov (gostota izbrancev: $r^2=0,418$; gostota konkurentov: $r^2=0,352$) dopušča uporabo kazalcev za potrebe dimenzioniranja potrebne količine dela, kadar iz takšnih ali drugačnih razlogov ne razpolagamo s podatki o odkazilu. Zahtevo po natančnosti normativa je potrebno presoati v skladu z namenom njegove uporabe. Pri planiranju učinkov negovalnih del so kriteriji ohlapnejši že zaradi tega, ker so možnosti kontrole učinkov zelo omejene v kolikor posekana drevesa niso izdelana v lesne sortimente. Slednje praviloma velja za lesno maso, ki napade pri redčenjih v letvenjaku, deloma še tudi v drogovnjaku.

Nadaljne raziskave je smiselno usmeriti na preučevanje zvez med porabo časa v okviru posameznih razvojnih faz, kar bi utegnilo izboljšati natančnost normativov, kjer kot enoto mere uporabimo površino. Menimo, da je razmeroma širok razpon prsni premerov (4-23 cm) v vzorcu za izračun regresijskih modelov, pomembno vplival na delež nepojasnjene variance. Predpostavljamo, da natančnost sistemov normiranja, ki dimenzij drevja ne

upoštevajo kot vplivnega dejavnika, upada z naraščanjem variacijskega razmika prsnih premerov.

Redčenje je delovno intenziven postopek, kjer je strošek dela poglavitna postavka v kalkulaciji stroškov ukrepa. V sklopu primerjalne analize stroškov smo ugotovili, da je redčenje po principu klasične nege dvakrat dražje od redčenja po načelih minimalne nege. Rezultati kalkulacije so zgovoren podatek o smiselnosti uporabe normativa, ki temelji na univerzalnosti obsega del. Aktualno razmerje med ceno dela in ceno lesnih sortimentov narekuje potrebo po racionalizaciji gospodarjenja z gozdom, pri čemer področje gojenja gozdov, kot pomembno stroškovno mesto ni nobena izjema. Stvarnost postavk v kalkulacijah stroškov, ki so temeljna osnova v procesu presoje uspešnosti gospodarjenja, je predpogoj za uspešno racionalizacijo gozdarstva.

Redčenje je kot negovalni ukrep v okviru lesnoproizvodne funkcije namenjeno maksimiranju vrednostnih donosov, zato lahko pomeni pocenitev ukrepa na račun manjših gostot izbrancev na dolgi rok tudi izgubo. Pri redčenju po načelih minimalne metode, smo strošek ukrepa resda prepolovili, vendar smo ob tem sprostili trikrat manj izbrancev. Tako ugotavljamo, da je strošek ki bremeni posameznega izbranca večji pri manjšem številu izbrancev oziroma, da strošek ukrepa ne upada sorazmerno s številom izbrancev. Obratno sorazmeren odnos med porabo časa na izbranca in gostotami izbrancev je značilen tudi pri sorodnih raziskavah (preglednica 28), kjer pa moramo biti pri sklepanju o morebitni zakonitosti previdni zaradi razlik v jakosti odkazila. Odnos med porabo časa na konkurenta in gostoto konkurentov je zato ustreznejši pokazatelj značilnosti, vendar rezultati opravljenih raziskav niso enoznačni. Negovalni model zagotovo pomembno vpliva na porabo časa, vendar imamo pri delu v gozdu opravka še z vrsto dejavnikov, ki so bodisi težko merljivi (npr. prizadevnost in sposobnost delavca) ali pa njihov vpliv ne moremo zanesljivo presojati (npr. naklon in prehodnost terena). Ob neupoštevanju ostalih vplivnih dejavnikov je informativna vrednost primerjalnih količin v preglednici 28 dokaj omejena.

Preglednica 28: Primerjava rezultatov porabe produktivnega časa

Raziskava	Gostota izbrancev (število/ha)	Gostota konkurentov (število/ha)	Jakost odkazila (št. konkur. / izbr.)	Poraba PČ (h/ha)	Poraba PČ (min/konkurent)	Poraba PČ (min/izbranec)
Vrabič, 2016	400	342	0,9	46,78	5,41	4,51
	144	131	0,9	23,06	7,12	5,97
Amič, 2016	1840	3460	1,9	31,87	0,55	1,04
	1150	2050	1,8	21,75	0,64	1,13
	390	890	2,3	7,47	0,50	1,15
	275	450	1,6	9,89	1,32	2,16
Orešnik, 2009	583	575	1,0	10,25	1,07	1,06
	483	593	1,2	11,29	1,14	1,40
	393	550	1,4	11,04	1,20	1,69
Diaci in drugi, 2006	581	911	1,6	21,78	1,43	2,25
	331	567	1,7	16,44	1,74	2,98
	170	533	3,1	13,13	1,48	4,63
Krajčič in Kolar, 2000	725	1008	1,4	13,13	0,78	1,09
	433	1318	3,1	16,04	0,73	2,23
	425	933	2,2	13,88	0,89	1,96

PČ – produktivni čas

Tudi pri sklepanju o težavnosti dela v povezavi z negovalnim modelom moramo biti zelo previdni. Potek del na način menjavanja načinov dela tekom delavnika je iz vidika vrednotenja težavnosti posameznega načina zelo neugoden. Metodološko povsem korektno ugotavljanje težavnosti bi moralo v skladu z dognanjem, da pulza kot kazalca težavnosti posameznega načina dela ne moremo presojati neodvisno od predhodnega načina dela, temeljiti na obravnavi delavnika kot primerjalne enote z enotnim načinom dela. Dejansko smo za potrebe primerjalne analize vzorčili le frakcije delavnika, kjer sekvence pulzov pripadajo produktivnim operacijam v sklopu posameznega načina dela, pri čemer vpliva predhodnega načina nismo upoštevali. Negativni učinek poteka del je na veljavnost rezultatov toliko večji, ker smo tekom delavnika zasledili značilno upadanje težavnosti dela. Pojav je domnevno posledica razporeditve zastojev zaradi meritev porabe goriva in maziva, ki bi lahko bili po trajanju nekoliko manj obsežni, če bi porabo maziva ugotavljali posredno s preračunavanjem na osnovi razmerja v odnosu do porabe goriva. Heterogen način izvedbe del v okviru delavnika je tudi razlog, da smo obseg primerjalne analize težavnosti dela in primerjalne analize strukture časa omejili na operacije v produktivnem času, saj pretežni del operacij v neproduktivnem času ne moremo enoznačno pripisati posameznemu načinu dela. Ob upoštevanju navedenega velja razumeti rezultate statistične analize težavnosti dela, ki razlik v težavnosti dela ne potrjujejo, kot metodološko oporečne. Sicer pa so bile razlike med operacijami tudi v okviru posameznega načina dela presenetljivo majhne. Predpostavljamo, da je podobnost v težavnosti med operacijami posledica kratkotrajnosti operacij, ki pogojuje jakost vpliva predhodne operacije.

Rezultati statistične analize strukture produktivnega časa niso potrdili razlik med načini dela v skladu z negovalnim modelom. Strukturni deleži operacij so na ravni raziskovalnih ploskev z enotnim načinom dela precej variabilni, domnevno zaradi operacije sproščanje obvislega drevesa, ki se sicer redno pojavlja, vendar v zelo spremenljivem obsegu. Ob upoštevanju vzajemnega značaja strukturnih deležev, kjer sprememba enega neogibno vodi v spremembo ostalih deležev, je jasno da vpliv načina nege na strukturo časa težko presojamo. Z gotovostjo lahko trdimo samo to, da je absolutno trajanje operacije prehod pri minimalni metodi daljše kot pri klasični.

7 ZAKLJUČKI

Na podlagi rezultatov, lahko ugotovitve v povezavi z raziskovalnimi hipotezami strnemo v sledečem.

- Prsni premer je natančnejši kazalec porabe časa v primerjavi s kazalcema gostota izbrancev in gostota konkurentov.

Če natančnost kazalcev presojaмо na podlagi koeficienta determinacije, kateri meri delež variance, ki izhaja iz neodvisne spremenljivke v vlogi kazalca, moramo pri prsnem premeru upoštevati, da smo operacije prehod, pripravljalna dela in sproščanje obvislega drevesa ugotavljali kot povprečja. Uporaba drevesa kot enote mere omogoča diferencirano obravnavo operacij, ki bodisi niso v povezavi s kazalcem ali pa nastopajo samo pri nekaterih drevesih. Koeficient determinacije je v tem primeru pod vplivom aritmetične sredine, ki z odkloni od sredine prav tako vpliva na delež pojasnjene variance. Vrednost koeficienta je pogojena tudi z velikostjo vzorca, ki je pri kazalcu prsni premer veliko večji od kazalcev gostota izbrancev in gostota konkurentov. Ob upoštevanju navedenega, smo s prsnim premerom pri iglavcih pojasnili 79 % variance in 63 % pri listavcih, medtem ko smo z gostoto izbrancev pojasnili 50 %, z gostoto konkurentov pa 45 % variance. Primerjava posnetih časov z izračunanimi se ujema z vrednostjo koeficientov v smislu, da je relativna napaka najmanjša pri kazalcu prsni premer, kjer ta znaša 15 %, medtem ko je pri kazalcih gostota izbrancev in gostota konkurentov približno enaka, in sicer pri prvem znaša 30 %, pri drugem pa 32 %. Domneva je potrjena.

- Struktura produktivnega časa se med načinoma dela v skladu z negovalnim modelom razlikuje.

Pri modelu minimalne nege smo zaradi manjših gostot izbrancev pričakovali, da bo delež operacije prehod večji kot pri klasičnem modelu. Delež prehoda je v strukturi produktivnega časa pri minimalni negi zavzel 13,34-odstotni delež, pri klasični pa 11,54-odstotni delež. Statistična analiza ni potrdila razlik v strukturnih deležih produktivnih operacij. Domneva ni potrjena.

- Težavnost dela po operacijah v produktivnem času se med načinoma dela v skladu z negovalnim modelom razlikuje

Pri modelu minimalne nege, smo zaradi manjših gostot izbrancev pričakovali manjšo težavnost dela. Izkazalo se je, da je pri operaciji prehod pulz med delom res nekoliko nižji, kar povezujemo s trajanjem operacije, ki je pri minimalni metodi v povprečju znašalo 0,75 min, pri klasični pa 0,55 min. Rezultati statistične analize niso potrdili razlik med načinoma dela pri nobeni operaciji. V okviru posameznega načina smo zabeležili

presenetljivo majhne razlike v težavnosti med operacijami. Predpostavljamo, da je podobnost v težavnosti posledica kratkotrajnosti operacij, ki pogojuje jakost vpliva predhodne operacije. Domneva ni potrjena.

8 VIRI

- Ammann P. 2013. Erfolg der Jungwald pflege im Schweizer Mittelland? Analyse und Folgerungen (Essay). Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 164: 262-270
- Aneks h Kolektivni pogodbi za gozdarstvo Slovenije in Tarifna priloga h Kolektivni pogodbi za gozdarstvo Slovenije. 2015. Ur. l. RS, št. 44/15
- Arnič D. 2016. Racionalizacija prvega redčenja v gorskih bukovih gozdovih na Menini: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 56 str.
- Cene naftnih derivatov. 2016. Ljubljana, Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo. http://www.mgrt.gov.si/si/delovna_podrocja/notranji_trg/nadzor_cen_naftnih_derivatov/cene_naftnih_derivatov/ (13. avg. 2016)
- Diaci J. 2004. Nazadovanje nege gozdov v Sloveniji: vzroki, posledice, protiukrepi. Gozdarski vestnik, 62: 76-84
- Diaci J., Roženberger D., Ficko A., Poje A., Poljanec A. 2006. Razvoj in preverjanje alternativnih modelov nege gozdov ob upoštevanju sodobnih tehnologij pridobivanja lesa: zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu v okviru ciljnega raziskovalnega programa »Konkurenčnost Slovenije 2001-2006«. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 37 str.
- Field A. 2009. Discovering statistic susing SPSS (and sex, drugs and rock'n'roll). London, New Delhi, Thousand Oaks: 779 str.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec za leto 2011-220. 2011. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije, OE Slovenj Gradec
- Kotar M. 1997. Donos gozda v povezavi z nego gozda: Ali moramo načela nege gozda spremeniti? Gozdarski vestnik, 55: 130-163
- Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 500 str.
- Kotar M. 2011. Raziskovalne metode v upravljanju z gozdnimi ekosistemi. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Gozdarska založba: 510 str.
- Krajčič D., Kolar I. 2000. Vpliv spremenjenega načina nege letvenjaka na zmanjševanje stroškov. Gozdarski vestnik, 58: 75-84
- Leibundgut H. 1993. Nega gozda. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo Biotehniške fakultete: 191 str.
- Lipoglavšek M. 1992. Težavnost dela sekačev. Strokovna in znanstvena dela, Aleksander G. (ur.). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo: 124 str.
- Marinšek A., Celarc B., Grah A., Kokalj Ž., Nagel T. A., Ogris N., Oštir K., Planinšek Š., Roženberger D., Veljanovski T., Vochl S., Železnik P., Kobler A. 2015. Žledolom in njegove posledice na razvoj gozdov – pregled dosedanjih znanj. Gozdarski vestnik, 73: 392-405

- Normativ sečnje z motorno žago. 2012. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 20 str.
- Novak M. 2008. Analiza časov pri sečnji in izdelavi na primeru končne sečnje iglavcev v GGE Pokljuka: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 71 str.
- Odar L. 2011. Težavnost dela pri sečnji in spravilu lesa: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozden vire). Ljubljana, samozal.: 36 str.
- Orešnik J. 2009. Primerjava različnih načinov rdečenj na raziskovalnih ploskvah v Lučki Beli: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 49 str.
- Pogorelčnik M. 1984. Sečnja in priprava za spravilo v mladem gozdu: diplomsko delo. (Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo). Titovo Velenje, samozal.: 73 str.
- Poje A. 2011. Vplivi delovnega okolja na obremenitev in težavnost dela sekača pri različnih organizacijskih oblikah dela: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 242 str.
- Potočnik I. 2009. Ergonomija: študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 176 str.
- Pregledovalnik podatkov o gozdovih, 2016.
<http://prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik/> (16. sept. 2016)
- Prodajni cenik za leto 2014. Husqvarna Austria. Husqvarna 2014. Katalog št. 115 48 53-84
- Rebula E. 1974. Uporabnost različnih nakazovalcev pri določanju normativov sečnje listavcev: magistrsko delo (Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo). Postojna, samozal.: 95 str.
- Rebula E. 1975. Raziskovanje odvisnosti sečnje in izdelave iglavcev od prsnega premera iglavcev. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani: 35 str.
- Rebula E. 1977. Ugotavljanje osnov potrebnega časa za sečnjo in izdelavo jelovine in smrekovine v Postojnskem gozdnogospodarskem območju. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani: 46 str
- Rebula E. 1983. Uporabnost značilnosti sestoja in rastišča za napovedovanje izdelovalnih časov sečnje in spravila. Ljubljana, VTOZD za gozdarstvo: 183 str.
- Winkler I., Košir B., Krč J., Medved M. 1994. Kalkulacije stroškov gozdarskih del. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo Biotehniške fakultete: 69 str.
- Winkler I., Pezdevšek Malovrh Š. 2006. Stroški gozdnega dela. Gozdarski vestnik, 64: 105–114

ZAHVALA

Za izvedbo del na raziskovalnih objektih se zahvaljujem sodelavcema Pahernikove ustanove, Janezu Skerlovniku in Mihi Kristanu.

Za pomoč pri izvedbi meritev se zahvaljujem Juretu Pokornu in dr. Galu Fideju.

Za strokovno pomoč in vodenje se zahvaljujem mentorju dr. Janezu Krču in somentorju dr. Juriju Diaciju.