

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

Marija JUDNIČ

**GOJITVENI VIDIKI UPORABE STROJNE SEČNJE
ZA REDČENJE SESTOJEV S PREVLAJUJOČIMI
LISTAVCI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Semič, 2006

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

Marija JUDNIČ

**GOJITVENI VIDIKI UPORABE STROJNE SEČNJE ZA REDČENJE
SESTOJEV S PREVLAJUJOČIMI LISTAVCI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**SILVICULTURAL VIEW OF MECHANIZED LOGGING IN STANDS
WITH PREVALENT DECIDUOUS TREES**

GRADUATION THESIS
University studies

Semič, 2006

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gojenje gozdov Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete v Ljubljani. Vse meritve so bile opravljene na GGO Novo mesto, na KE Črnomelj.

Komisija za študijska in študentska vprašanja na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja imenovala izr. prof. dr. Jurija Diacija in za recenzenta izr. prof. dr. Boštjana Koširja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Marija Judnič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 32+360:242:176.1(043.2)=863
KG	strojna sečnja/gojenje gozdov/redčenje/poškodovanost/sproščenost izbrancev/ meritve sevanja
AV	JUDNIČ, Marija
SA	DIACI, Jurij (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2006
IN	GOJITVENI VIDIKI UPORABE STROJNE SEČNJE ZA REDČENJE SESTOJEV S PREVLAJUJOČIMI LISTAVCI
TD	DIPLOMSKO DELO (univerzitetni študij)
OP	VII, 53 str., 17 pregl., 8 sl., 6 pril., 35 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Meritve za diplomsko nalogo so potekale na KE Črnomelj, v GGE Mirna gora, Oddelek 3. Namen naloge je bil primerjati gojitvene vidike strojne sečnje in spravila s klasično sečnjo in spravilom lesa v drogovnjakih do tanjših debeljkih s prevladujočimi listavci. Oddelek smo razdelili na pet stratumov: dva za strojno, dva za klasično sečnjo in spravilo ter en neredčeni. V stratumih smo pred ukrepom na vzorčnih ploskvah analizirali drevesa po drevesni vrsti, prsnem premeru ter socialnem položaju. Na novograjenih sekundarnih prometnicah smo analizirali označena drevesa glede na potencialno gojitveno vlogo. Po ukrepu smo na ploskvah analizirali poškodovanost vseh dreves, sproščenost izbrancev ter svetlobne razmere. Ugotovitve kažejo, da je poškodovanost večja pri strojni (31,6 %) kot pri klasični sečnji in spravilu lesa (18,9 %). Največ poškodb je novih in na deblu, še posebej pri strojni tehnologiji. Poškodovanost ob sečnih poteh znaša 8,3 % in ob vlakah 3,2 % glede na vsa drevesa v sestoku. Največ poškodb po velikosti je pri klasični od 51-100 cm ² , pri strojni tehnologiji pa v razredu od 31-50 cm ² . Negativnega vpliva sečnih poti na sproščenost izbrancev nismo potrdili.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ŠD	Dn
DK	FDC 32+360:242:176.1(043.2)=863
KG	mechanized cutting/silviculture/thinning/logging damage/release of crop trees/ radiation measurement
AV	JUDNIČ, Marija
SA	DIACI, Jurij (supervisor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
LI	2006
IN	SILVICULTURAL VIEW OF MECHANIZED LOGGING IN STANDS WITH PREVALRNT DECIDUOUS TREES
TD	Graduation Thesis (University studies)
OP	VII, 53 p., 17 tab., 8 fig., 5 ann., 35 ref.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	

The measurements conducted for the thesis were taken in the Local Unit of Slovenian Forest Service in Črnomelj, the Forest Management Unit Mirna gora, section no. 3. The purpose of the thesis was to compare the silvicultural aspects of the mechanised cutting and logging in late pole stands consistent of mainly deciduous trees. The section was divided into five strata, two for mechanised cutting, two for regular and one with no intervention as a reference for future. First a thorough analysis of tree species, their diameter and their silvicultural status (crop trees, competitors and indifferent trees) was made. Trees growing on new secondary traffic roads were analysed separately. After the thinning was completed an analysis of the damage on all trees was made and the release of the crop trees and the light conditions were assessed. The findings show that the damage on the trees was bigger when processed mechanically (31.6%) than classically (18.9%). The worst damage was made on the tree trunks, especially by the mechanised technology. The damage done to the trees along the cutting roads was 8.3% and along the skidding trails 3.2%, respectively. The most damage in size resulted from regular cutting (from 51 to 100 cm²), while with mechanised the number ranged from 31 to 50cm². We didn't find any negative influence of cutting trails on the release of crop trees.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 UVAJANJE NOVIH TEHNOLOGIJ V SLOVENIJI	2
2.2 POŠKODOVANOST SESTOJEV PRI SEČNJI IN SPRAVILU LESA	3
2.2.1 Poškodbe drevja pri klasični sečnji in pravilu lesa	4
2.2.2 Poškodbe drevja pri strojni sečnji in pravilu lesa	5
2.2.3 Poškodbe drevja pri pridobivanju lesa v tujini	6
2.3 OBLIKA KROŠNJE IN SPROŠČENOST DREVES V SESTOJU	7
2.4 SVETLOBNE RAZMERE V SESTOJIH	8
3 NAMEN NALOGE, CILJI IN HIPOTEZE	9
4 MATERIAL IN METODE	11
4.1 OBJEKT RAZISKAVE	11
4.1.1 Umestitev objekta	11
4.1.2 Preteklo gospodarjenje z gozdovi	12
4.1.2.1 Podoba sestojev v obdobju od 1958 do 1967	13
4.1.2.2 Podoba sestojev v obdobju od 1969 do 1978	13
4.1.2.3 Podoba sestojev v obdobju od 1979 do 1988	14
4.1.2.4 Podoba sestojev v obdobju od 1989 do 1998	14
4.1.2.5 Potek lesne zaloge v obdobju od 1958 do 1999	15
4.1.3 Današnja podoba sestojev	16
4.2 METODE DELA	16
4.2.1 Priprava dela	16
4.2.1.1 Gojitveni del priprave dela	17
4.2.1.2 Označevanje drevja za posek	18
4.2.1.3 Računanje volumnov in lesne zaloge	19
4.2.2 Opis tehnologij	19
4.2.3 Postavitev vzorčnih ploskev	20
4.2.4 Popis ploskev po sečnji in pravilu	21
4.2.4.1 Analiza poškodovanosti dreves	21
4.2.4.2 Analiza sproščenosti izbrancev	22
4.2.4.3 Snemanje svetlobnih razmer	23
4.2.5 Analiza podatkov	23
5 REZULTATI	24
5.1 STANJE PRED UKREPOM	24
5.1.1 Mešanost sestojev	24
5.1.2 Lesna zaloga	25
5.1.3 Odkazilo	25
5.1.4 Infrastruktura	26
5.1.4.1 Odkazilo za infrastrukturo	27
5.2 STANJE PO UKREPU	29

5.2.1	Vloga in položaj analiziranih dreves	29
5.2.2	Poškodovanost dreves	30
5.2.2.1	Mesto nastanka poškodb	31
5.2.2.2	Starost poškodb	33
5.2.2.3	Razmestitev poškodb	34
5.2.2.4	Velikost poškodb	34
5.2.2.5	Poškodovanost izbrancev	35
5.2.3	Sproščenost izbrancev	37
5.2.4	Svetlobne razmere v sestoju	38
6	RAZPRAVA IN SKLEPI	40
6.1	NAPOTKI ZA OPERATIVO	45
7	POVZETEK	47
8	LITERATURA	50
	ZAHVALA	
	PRILOGE:	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razvoj lesne zaloge v oddelku 3 po obdobjih, zajetih iz Gozdnogospodarskih načrtov	15
Preglednica 2: Tehnični podatki strojev	20
Preglednica 3: Mešanost drevesnih vrst na ploskvah pred ukrepom.....	24
Preglednica 4: Predstavitev lesne zaloge po stratumih oz. sečno spravilnih enotah	25
Preglednica 5: Porazdelitev odkazila po sečno spravilnih enotah iz terenskega zapisnika.	26
Preglednica 6: Razporeditev novo grajenih in obstoječih prometnic po sečno spravilnih enotah.	27
Preglednica 7: Število drevja na analiziranih ploskvah in njihova razvrstitev.....	30
Preglednica 8: Primerjava deležev poškodovanih dreves na ploskvah pri obema tehnologijama	31
Preglednica 9: Poškodovanost dreves glede na položaj dreves v sestoji in način sečnje ter spravila	32
Preglednica 10: Število in delež poškodovanih dreves po stratumih in starosti poškodb ...	33
Preglednica 11: Razmestitev poškodovanih dreves glede na mesto poškodbe in način sečnje ter spravila	34
Preglednica 12: Razmestitev poškodovanih dreves glede na velikostni razred poškodovanosti	35
Preglednica 13: U test poškodovanosti ploskev pri obema tehnologijama pri površini ploskve nad 50 cm ²	35
Preglednica 14: Število poškodovanih dreves glede na velikost, starost ter socialni položaj	36
Preglednica 15: U test primerjave poškodovanosti izbrancev na ploskvah pri obeh tehnologijah	36
Preglednica 16: Rezultati U testa za vse izbrance in samo za izbrance listavcev	38
Preglednica 17: Število meritev in mediana direktnega ter indirektnega sevanja po načinu ukrepanja	39

KAZALO SLIK

Slika 1: Sečna pot (Foto: Jurij Diaci)	28
Slika 2: Število in delež dreves glede na socialni položaj na vlakah	29
Slika 3: Število in delež dreves glede na socialni položaj na sečnih poteh	29
Slika 4: Število in delež poškodovanosti dreves po sečno spravilnih enotah.....	31
Slika 5: Položaj dreves v sestoku pri obema tehnologijama sečnje in spravila lesa	32
Slika 6: Število izbrancev glede na položaj v sestoku ter način sečnje ter spravila.....	37
Slika 7: Povprečne vrednosti minimalne ter maksimalne sproščenosti izbrancev glede na položaj v sestoku	38
Slika 8: Poškodbe na koreničniku (Foto: Jurij Diaci)	42

KAZALO PRILOG

- PRILOGA A: Sestojna karta oddelka 3 v merilu 1: 5000
- PRILOGA B: Karta oddelka 3 z vzorčnim ploskvami v merilu 1: 5000
- PRILOGA C: Karta prometnic v oddelku 3 v merilu 1: 5000
- PRILOGA D: Karta s točkami merjenja svetlobe v oddelku 3 v merilu 1: 5000
- PRILOGA E: Snemalni list za vzorčenje pred ukrepom
- PRILOGA F: Snemalni list za popis poškodb drevja v sestoji in sproščenosti izbrancev

1 UVOD

Strojna sečnja se je v svetu že dodobra uveljavila, predvsem v gozdarsko najbolj razvitih deželah. Zadnja leta postaja strojna sečnja stvarnost tudi v Sloveniji, čeprav so do nje rahlo odklonilni tako lastniki kot tudi stroka (Beguš, 2002; Čeč, 2006). Nove tehnologije so tu, z njimi se moramo soočiti in jih razumno ter okolju primerno uokviriti v slovenske razmere.

Prizadevanja za tehnološki napredek morajo tudi v gozdarstvu povezovati poleg ekonomskih, tehnoloških in ergonomskih vidikov tudi ekološke. Pridobivanje lesa se ne more razvijati ločeno od načel gojenja gozdov, saj se ti dve disciplini najbolj ukvarjata s podobo sestoja. Večina ukrepov v gozdu se izvaja ob upoštevanju gojitvenih kot tudi tehnoloških vidikov.

Lastnih in poglobljenih presoj uporabe strojne sečnje pravzaprav še nimamo. Vse so bolj ali manj posamični parcialni poskusi, ki pa vendar kažejo na dobre in slabe strani nove tehnologije v določenih razmerah uporabe le te.

Do sedaj smo pri nas strojno sečnjo izvajali v sestojih s pretežnim deležem iglavcev, kjer se dilema povečanja deleža napak pri vrstah z bolj plastično krošnjo (dvovrhatost, vejnatost, asimetričnost krošnje) ni pojavljala. Še vedno pa so ostala vprašanja kot so: intenzivnost redčenja, zmanjšanje stojnosti po ukrepu, reakcija polnilnega sloja, predčasno pomlajevanje sestoja, zmanjšanje asimilacijskega aparata ter zmanjšanje skupne proizvodnje. Na splošno je veljalo, da uporaba strojne sečnje ni primerna v sestojih z listavci.

Diplomsko delo obravnava gojitveno primerjavo med sečnjo z motorno žago in spravilom s prilagojenim kmetijskim traktorjem (klasična sečnja ter spravilo) ter sečnjo s strojem za sečnjo in spravilom z zgibnim polprikolničarjem (strojna sečnja in spravilo) v drogovnjakih do tanjših debeljakih s prevladujočimi listavci. Celotna raziskava je potekala od julija do oktobra 2005 v oddelku 3, v GGE Mirna gora, KE Črnomelj. Študija je bila narejena na pobudo Zavoda za gozdove Slovenije ob prirejanju delavnice »Strojna sečnja v sestojih listavcev«, ki se je izvajala na istem objektu 16. septembra 2005. Pripomogla naj bi k

uvajanju nove tehnologije v Sloveniji, tudi v sestojih listavcev, v katerih pri nas še ni bilo narejenih raziskav.

2 PREGLED OBJAV

2.1 UVAJANJE NOVIH TEHNOLOGIJ V SLOVENIJI

Pomen strojne izvedbe sečnje lesa v svetu narašča že vrsto let. Pionirji na tem področju so bili gozdarji skandinavskih dežel in Severne Amerike (Krč, 2002). V Sloveniji sta znanost in stroka še do pred nekaj leti predvidevali, da terenske in sestojne razmere niso primerne za uporabo tovrstne tehnologije. Pri nas so bili v ospredju predvsem okoljski dejavniki, sonaravno gojenje gozdov, večnamenska nega in malopovršinska tehnika gojenja gozdov, ki niso dopuščali neprilagojenih tehnologij. Vendar je tehnologija v tem času hitro napredovala in stroji se vedno bolj prilagajajo terenskim in sestojnim razmeram.

Dosedanje izkušnje kažejo, da je uporaba strojne sečnje smiselna predvsem v redčenjih in sanacijah požarišč ter v sestojih, prizadetih po naravnih ujmah. V mlajših razvojnih fazah, pomlajencih in prebiralnih gozdovih zaradi visoke poškodovanosti mladja ta tehnologija še ni primerna. Primernejši so sestoji s prevladujočimi iglavci, svetloljubne vrste z robustnejšo skorjo ter globljim koreninjenjem (bor, macesen, smreka). Optimalna uporaba te tehnologije je pri preglednih, enomernih, tankovejnatih sestojih brez polnilne plasti in pri uporabi klasičnega redčenja močne jakosti (Diaci in Magajna, 2002).

Odnos stroke do uvajanja strojne sečnje v Slovenijo je raziskal Beguš (Beguš, 2002) na delavnici v Nazarjah. Lastna ocena udeležencev je bila rahlo odklonilna do te tehnologije. Najbolj so jih skrbele škode na sestojih in gozdnih tleh ter odklon od doktrine sonaravnega gospodarjenja. Pomisleki so bili tudi o pomanjkanju ustreznega kadra, tako ustrezno šolanih strojnikov kot tudi gozdarjev na terenu. Prednosti pri strojni sečnji so videli v večji humanizaciji in varnosti dela, v večjih učinkih, tehnološkemu razvoju in strokovnemu delu na višjem nivoju.

Krč (2002) je z modelom na osnovi Popisa gozdov iz leta 2002 ugotovil, da je od vseh površin gozdov v Sloveniji primernih za strojno sečnjo in spravilo 8 %. Površine je izločil z naslednjimi vrednostmi vplivnih dejavnikov: največ 30 % naklon terena, najmanj 70 % delež iglavcev v lesni zalogi sestoja, največ 50 % skalovitost in izločitvijo vrtačastih terenov.

Raziskavo o možni uporabi strojne sečnje v Sloveniji sta nadaljevala Krč in Košir (2003). Preverjala sta različne možnosti spreminjanja pogojev za omejevanje te tehnologije. Rezultati so pokazali, da z razmeroma blagim spreminjanjem osnovnih kriterijev (naklon terena do 40 %, delež iglavcev najmanj 60 %) izbora površin, izbrane površine in z njimi ustrezne količine možnih sečenj skoraj podvojimo.

Strojno sečnjo bomo slej ko prej izvajali tudi v zasebnih gozdovih, zato je Čeč (2006) izvedel anketo med lastniki gozdne posesti, primerne za to tehnologijo. Na Postojnskem prevladuje delež najstarejših lastnikov, ki so najmanj naklonjeni novi tehnologiji. Veliko jih meni, da je nova tehnologija botrovala večjim poškodbam na drevju. Tisti, ki dovoljujejo to tehnologijo, na prvem mestu zahtevajo kvalitetno opravljeno delo, šele na drugem pričakujejo enake dohodke kot pri dosedanji tehnologiji.

2.2 POŠKODOVANOST SESTOJEV PRI SEČNJI IN SPRAVILU LESA

Poškodbe v sestojih pri sečnji in spravilu so neizogibna posledica človekove prisotnosti v gozdu in se jim ne moremo izogniti. Ob upoštevanju vzrokov nastanka, z ustrezno organizacijo dela in tehnološko opremljenostjo lahko obseg poškodb le zmanjšamo.

Odziva drevesa na poškodbe še ne poznamo dovolj. Manjše poškodbe praviloma ne ogrožajo preživetja drevesa, niti ne zmanjšajo njegovega prirastka, pač pa vselej prizadenejo kakovost lesa (Torelli, 2001). Vemo tudi, da drevo ne pozdravi rane, temveč jo bolj ali manj uspešno preraste in omeji, pri čemer začno vsa poškodovana tkiva, starejša od dneva poškodovanja, propadati. Zato so za kakovost lesa usodne zlasti poškodbe, nastale pri višji starosti.

2.2.1 Poškodbe drevja pri klasični sečnji in spravilu lesa

Pri klasičnem pridobivanju lesa sta sečnja in spravilo navadno povsem ločena, zato nastanejo največje poškodbe predvsem zaradi nezadostnega upoštevanja pravilne smeri. V povprečju je na novo poškodovanega drevja po sečnji in spravilu 24 %, skupaj s starimi poškodbami pa kar 60 %, kar je primerljivo z rezultati v tujini (Košir, 2002).

Poškodovanost bukovih drogovnjakov enomerne zgradbe po sečnji in spravilu lesa s traktorjem IMT-558 je v diplomski nalogi raziskoval Južnič (1984). Delež poškodovanih dreves je pri debelni metodi veliko večji (18,7 %) kot pri sortimentni metodi (11,2 %). Več kot polovica od poškodovanih dreves so bili izbranci sestoja (55,8 %). Pri obeh metodah se ob vlakah nahaja četrтина poškodovanih dreves glede na vsa drevesa v sestoji. Glede mesta poškodb se 51,3 % poškodb nahaja na deblu, sledijo korenine in korenovec. Največ poškodb (79 %) je v velikostnem razredu do 100 cm² pri obeh metodah dela.

Papac (1992) je preizkusil novo metodo za evidentiranje nastalih poškodb pri sečnji z motorno žago in spravilu s traktorjem, ki omogoča preučevanje analize vzrokov nastanka poškodb in možnosti za zmanjšanje deleža poškodovanih dreves. Njena glavna elementa sta podrobna karta sestoja in dinamično spremljanje nastanka poškodb po vzrokih in posledicah.

Z enako metodo kot Papac je Šolar (1994) analiziral poškodovanost dreves po gradnji vlak (miniranju), sečnji in spravilu (traktorsko spravilo in konjski iznos prostorninskega lesa) v jelovo bukovem debeljaku na visokem krasu na območju GGE Mirna gora. Analiza je pokazala, da se je delež poškodovanih dreves iz 29 % povečal na 44 %. Največ poškodb je nastalo pri spravilu lesa s traktorjem (52 % od števila poškodb dreves), za tem pri sečnji 36 % poškodb dreves, pri miniranju 10,5 % in pri iznosu prostorninskega lesa s konji 1,5 %. Od vseh poškodovanih dreves je bilo kar 40 % izbrancev.

Raziskave v Sloveniji (Košir, 1998) so pokazale, da dosedanje tehnologije pridobivanja lesa niso dovolj prilagojene intenzivnemu gospodarjenju na načelih sonaravnosti, trajnosti

in večnamenske vloge gozda. Med razlogi za to je visok delež poškodovanih dreves pri vsakokratni sečnji (okoli 20 %).

2.2.2 Poškodbe drevja pri strojni sečnji in spravilu lesa

Košir (2000) je postavil model napovedovanja poškodb drevja v sestoji za določene vplivne dejavnike. Z dovolj zanesljivim modelom lahko primerjamo normalno (modelno) poškodovanost z dejansko poškodovanostjo na terenu. Terenske meritve so pokazale, da je največ poškodb pri majhni gostoti prometnic in veliki koncentraciji lesne mase ter pri majhni koncentraciji in zelo visoki odprtosti sestojev. Povprečna poškodovanost po sečnji in spravilu znaša po modelu 23 %, po terenskih meritvah pa 22 %.

V začetku leta 2000 je bila izvedena analiza poškodb drevja in tal pri redčenju sestojev s tehnologijo strojne sečnje na primeru delovišča Žekanec na Krasu (Košir in Robek, 2000). Šlo je za drugo redčenje nasada rdečega bora različnih razvojnih faz, od tanjšega drogovnjaka naprej. Uporabili so tehnologijo kratkega lesa ter sortimentno metodo. Ugotovili so, da je bila poškodovanost sestojev manjša (10 %) kot pri klasični tehnologiji sečnje in spravila lesa, a vendar večja kot pri enakih tehnologijah v skandinavskih deželah, predvsem zaradi drugačnih sestojnih razmer in prevelikega stroja. Večina ugotovljenih poškodb drevja se je nahajala v razredu najmanjših poškodb med 10 in 29 cm² ter do 49 cm². Večji delež poškodb je bil na deblu in vejah, manjši pa na krošnji in koreničniku.

Pri primerjavi strojne in klasične tehnologije sečnje in spravila lesa v sestojih iglavcev (Delavec, 2003) so prišli do zaključkov, da je poškodovanost pri strojni sečnji manjša (8,2 %) kot pri klasični sečnji (14,0 %). Največ poškodb pri strojni sečnji je v razredu 10-29 cm² in nad 200 cm², po številčnosti pa naraščajo od krošnje do korenin. Pri klasični sečnji je največ poškodb v razredu nad 200 cm², po pogostosti pa se nahajajo najprej na koreničniku, potem na deblu in koreninah.

2.2.3 Poškodbe drevja pri pridobivanju lesa v tujini

Že leta 1979 je Eriksson objavil rezultate študije ob uvajanju forvarderjev za izvoz lesa v švedskih gozdovih. Raziskoval je vpliv poti in nastale poškodbe pri redčenjih. Poškodovanost sestojev je bila v povprečju 3,1 %, predpisi pa so dovoljevali največ 5 % poškodovanost.

V osemdesetih letih prejšnjega stoletja so na Švedskem izvedli obširno raziskavo o poškodovanosti sestojev pri različnih tehnoloških sistemih in oblikah pridobivanja lesa (Fröding, 1988). 42 % redčenj je bilo opravljenih s harvesterjem, izvoz pa s forvarderjem (tehnološki sistem »Harv«), sledil je tako imenovan sistem »Moma«, pri katerem z motorno žago drevesa podrejo oklestijo in krojijo, s forvarderjem pa izvozijo (31,5 %), manj je bilo kombinacije motorne žage, procesorja in forvarderja (sistem »Proc«, 17,3 %), 6,3 % pa sečnje z motorno žago in kleščenja ter prevoza s forvarderjem (»Sect«). Povprečna poškodovanost sestojev po redčenju v celotnem obdobju raziskave je znašala 5,3 %. Najmanjša poškodovanost (3 %) je pri tehnologiji »Moma«, največja pa pri »Proc« (7,5 %). Ostali dve tehnologiji sta vmes (5,9 %).

Raziskave na Švedskem (Scand, 2000) so na primeru smreke (*Picea abies*) pri naravnem pomlajevanju pokazale, da je pri končnem poseku matičnega sestoja mladje poškodovano med 38 in 65 %. Od tega je 48 do 76 % drevesc resno poškodovanih. Poškodovanost narašča z večanjem lesne zaloge dreves matičnega sestoja. Trdijo celo, da ima lesna zaloga sestoja večji vpliv na poškodovanost mladja kot izbira tehnološkega sistema (Single - and Double - grip Harvester System).

Nadaljnje raziskave (Scand, 2002) o odzivu mladja na končni posek matičnega sestoja smreke so pokazale, da poškodbe niso vplivale na nadaljnjo višinsko rast dreves mladja. Na višinsko rast je odločilneje vplivala vitalnost dreves pred sečnjo. Preživetje in rast novega sestoja ne ovira matični sestoj z do 200 m³ lesne zaloge in mrežo izbrancev do 200 dreves na ha. Gostota mladja pa naj bi bila vsaj 6500 sadik na ha.

Na avstrijskem Štajerskem (Ofner, 2005) so razvili Bonus - Malus sistem, ki je sestavni del pogodbe o izvedbi del. V sestojih ob sečnih poteh ocenijo poškodovanost po strojni sečnji in spravilu lesa ter glede na rezultate izvajalcu zmanjšajo (za 1 %) ali povečajo (za 2 %) plačilo. Metoda je pripomogla k zmanjšanju deleža poškodb in povečala zaupanje lastnikov do te tehnologije.

2.3 OBLIKA KROŠNJE IN SPROŠČENOST DREVES V SESTOJU

Drevesna krošnja je pomembna komponenta drevesa in gozdnega sestoja. Od nje so odvisni številni procesi, ki so za drevo življenjskega pomena.

Obliko krošnje določa dolžina in razporeditev vej, pogojena pa je tako z dedno osnovo kot s vplivi okolja (Kotar, 2005). V sestoju razvijejo drevesa zelo različno, nepravilno in nesimetrično krošnjo, kar je predvsem posledica večje ali manjše konkurence. Kjer je stalno prisotna konkurenca, razvijejo drevesa krajše in ožje krošnje.

Utesnjenost krošenj vpliva na priraščanje dreves, saj debelinski prirastek pada s stopnjo utesnjenosti (Škulj, 2004). Dolžina krošnje pa je povezana tudi z osutostjo krošenj. Pri analiziranih smrekah z dolgo krošnjo je bila osutost manjša kot pri srednje dolgi in kratki krošnji.

Polenškova (2005) je pri izračunu osnovnih kazalcev drevesne krošnje ugotovila, da se po debelinskih razredih skoraj vsi spreminjajo. Širina krošnje se po debelinskih razredih povečuje in je največja pri bukvi, razen v prvem debelinskem razredu. Razmerje med širino krošnje in dolžino krošnje ter razmerje med širino krošnje in višino drevesa se pri bukvi po debelinskih razredih povečuje, pri smreki pa niha. Asimetrija krošnje je največja pri bukvah in se po debelinskih razredih zmanjšuje.

Globoke krošnje znižajo vrednost debel pri bukvi, vpliv velikosti krošnje na vrednost bukovine pa je majhen (Rebula in Kotar, 2005). Za desetino večji delež krošnje zniža vrednost debla na panju za okoli 1 %, vrednost bukovine na panju pa za 1,5 %. Ne smemo pa pozabiti, da je krošnja nosilec prirastka in da imajo drevesa z večjo krošnjo pri isti

starosti večji premer debel. Krošnja pospeševanih dreves pri bukvi naj sega v času sečne zrelosti do polovice debla, saj les v tretji četrtini debla predstavlja le majhen del v vrednosti debla.

2.4 SVETLOBNE RAZMERE V SESTOJIH

Na primeru Žekanec so meritve svetlobnih razmer (Diaci in Magajna, 2002) pokazale, da znaša srednja vrednost relativnega difuznega sevanja pri strojni sečnji 28 %, pri klasični pa 17 %. Indeks listne površine pa je manjši pri strojni sečnji in znaša v povprečju 1,59 v primerjavi s klasično sečnjo (2,23).

3 NAMEN NALOGE, CILJI IN HIPOTEZE

Strojna sečnja je nov tehnološki izziv, ki prihaja k nam, zato se ga moramo lotiti načrtno in kritično, vendarle ne v naprej niti navdušujoče niti odklanjajoče.

Pri uvajanju strojne sečnje v Slovenijo je potrebno poleg ekonomskih in tehničnih vidikov upoštevati tudi okoljske, saj je naš končni cilj vselej kakovosten in donosen gozd, ki bo ustrezal načelom trajnostnega in sonaravnega gospodarjenja ter večnamenske rabe gozda.

Dosedanje raziskave na področju uporabe strojne sečnje v Sloveniji so bolj ali manj posamični poskusi, ki pa vselej kažejo na dobre in slabe strani nove tehnologije v določenih razmerah uporabe le te. Tudi naša študija ne bo dala odgovorov na vsa vprašanja, ki se pojavijo ob misli na strojno sečnjo v sestojih listavcev. V njej so zajeti le gojitveni vidiki strojne sečnje in spravila. Bili pa sta na istem objektu v istem času narejeni še dve študiji, ki sta ta primer strojne sečnje v sestojih s prevladujočimi listavci zajeli z drugih vidikov. Mali (2006) je izvedel študijo poškodb tal po sečnji s strojem za sečnjo in spravilu lesa z zgibnim polprikoličarjem, v izdelavi pa je tudi diplomska naloga študenta Vranešiča z naslovom Časovne študije pri klasični in strojni sečnji ter kalkulacije.

S študijo gojitvenih vidikov uporabe strojne sečnje za redčenje sestojev s prevladujočimi listavci smo želeli primerjati novo tehnologijo z dosedanja tehnologijo sečnje in spravila lesa v enakih rastiščnih, sestojnih in terenskih razmerah. Namen naloge je bil pridobiti podatke o določenih gojitvenih posledicah uporabe obeh tehnologij. Predvsem smo želeli poiskati morebitne razlike v poškodovanosti sestoja in sproščenosti izbrancev. Zanimal nas je vpliv sekundarnih prometnic na mrežo in število izbrancev, na poškodbe dreves in na asimetrično sproščenost izbrancev, predvsem pri listavcih.

Glede na rezultate dosedanjih raziskav smo postavili naslednje hipoteze:

- 1) Število in velikost poškodb v sestoju je pri strojni sečnji in spravilu manjše.
- 2) Glede mesta, je pri strojni sečnji in spravilu lesa več poškodb na deblu in višje, pri klasični tehnologiji pa na deblu in nižje na drevesu.

- 3) Izbranci so pri strojni sečnji bolj asimetrično sproščeni v primerjavi s klasično sečnjo.
- 4) Vpliv sekundarnih prometnic na sproščenost izbrancev je večji pri strojni kot pri klasični sečnji, ker je skupna površina sečnih poti na ha večja kot površina vlak.
- 5) Jakost odkazila je zaradi večje gostote sekundarnih prometnic večja pri strojni sečnji.

4 MATERIAL IN METODE

4.1 OBJEKT RAZISKAVE

4.1.1 Umestitev objekta

Objekt sestavljajo sestoji v oddelku 3 v GGE Mirna gora. Gozdnogospodarska enota zavzema JV del roškega masiva, katerega z juga in jugovzhoda obdaja belokranjska nižina. Severni del enote je tipični visoki kras s številnimi neizrazitimi vrhovi, ki dosegajo višino med 900 in 1000 m n.v., izstopa le Mirna gora z nadmorsko višino 1055 m.

Prevladuje kontinentalni klimatski tip s povprečno letno količino padavin okrog 1400 mm z dvema maksimumoma; v juliju in oktobru.

V južnem delu enote na apnenčasti matični podlagi so se razvila rjava pokarbonatna tla, na severnem delu pa prevladujejo triadni in jurski dolomiti, na katerih so se razvila različna rendzinasta tla (Držaj, 2005).

Gozdnogospodarska enota obsega 3860 ha, ki so pretežno v državni lasti (90 %). V južnem delu enote prevladujejo predgorski bukovi gozdovi na rastišču združbe *Haquetio-Fagetum*, na severnem delu pa jelovo bukovi gozdovi na rastišču *Omphalodo-Fagetum*, ki pa so zaradi močnih sečenj pred in po drugi svetovni vojni ter zaradi velikopovršinskih obnov s sadnjo smreke močno spremenjeni.

Pretežni del oddelka 3 je rastišče *Omphalodo-Fagetum galietosum odorati* (90 %), preostali del pa *Omphalodo-Fagetum aceretosum*. To so najboljša rastišča v okviru dinarsko jelovo bukovih gozdov. Proizvodna sposobnost rastišča je 8,9 m³/ha in je 100 % izkoriščen (Gozdnogospodarski načrt ..., 1968).

Oddelek leži na pobočju z nadmorskimi višinami od 810 do 930 m. Relief je stopničast in vtračast, ekspozicija največkrat severovzhodna, naklon pa maksimalno 20 ° oz. 45 %. Skalovitosti praktično ni, ker gre za dolomitno podlago.

Prav zaradi planotastega značaja površja, plitvih vrtač in praktično brez površinske skalovitosti je obravnavani objekt primeren za študijo primerjave strojne tehnologije s klasično tehnologijo pridobivanja lesa v mešanih sestojih s prevladujočimi listavci.

4.1.2 Preteklo gospodarjenje z gozdovi

Da bi razumeli današnje razmere v teh gozdovih, je nujno poznati preteklo gospodarjenje v njih. Velik del gozdov (749,8 ha) je bili pred prvo svetovno vojno v lasti grofa Auersperga, med njimi tudi današnji oddelek 3. Po 1. sv. vojni je te gozdove Auersperg z agrarno reformo izgubil, vendar je v njih nadaljeval z gospodarjenjem na podlagi koncesijskega razmerja s takratno kraljevino SHS. Pričelo se je z obsežno eksploatacijo do tedaj skoraj nedotaknjenih gozdov. Les na panju je prodal družbi Jugoles iz Črnomlja, ki je zaradi lažjega izkoriščanja teh gozdov leta 1929 zgradila progo ozkotirne železnice od Črnomlja do Travnika v skupni dolžini 26 km. Železnica je delovala do leta 1936. V tem času naj bi po ocenah po progi prepeljali okrog 340 000 m³ lesa (Držaj, 2005).

Zaradi ekonomskih razlogov so posekali le debelejši in vrednejši les, drevje slabše kakovosti pa puščali v sestojih. Del golosečnih površin ob gozdni železnici so zasadili s smreko, ostalo pa prepustili naravnemu razvoju. Mestoma sta se dobro pomladila bukev in javor. Mladje so v nadaljnjem razvoju močno ovirali razraščeni srobot, težki južni sneg ter robidovje.

Sestoji niso bili negovani do leta 1953, ko je revir Planina prevzel logar Franc Janež. V obsežnih robidovjih so v letu 1955 pričeli s sadnjo smreke in macesna. Posajeni macesen je v nekaj letih uničila jelenjad, tako da ga je danes v sestojih malo. V naravno pomlajenih sestojih so z mladja najprej odstranjevali srobot, koncem petdesetih let pa posekali večino predrastkov in košev. Nepomlajene površine so spopolnili s smreko (Gozdnogospodarski načrt ..., 1958).

4.1.2.1 Podoba sestojev v obdobju od 1958 do 1967

Iz prvega Gozdnogospodarskega načrta za GGE Sredgora - Bukova gora (1958 - 1967) je razvidno, da je bilo leta 1958 na spodnji polovici oddelka 3 dokaj gosto 5 do 6 m visoko mladovje staro okoli 20 let.

Drugi del oddelka 3 je bil posekan leta 1950 in pogozen s smreko, a preredko. Bukovo mladje je bilo takrat visoko od pol do 2 m, slabega izgleda, vejnato in v veliki meri iz panja. Jelovo mladje je močno uničevala divjad.

Ob meji z oddelkom 17 se je na površini slabega hektarja nahajal 100 let star bukov debeljak, katerega so v naslednjih letih posekali in zasadili s smreko ter jelko.

Pomemben podatek je tudi ta, da je že pred letom 1958 mimo oddelka 3 potekala gozdna cesta, primerna za kamionski prevoz, saj je bilo takrat skupno na celotnem območju GGE Sredgora - Bukova gora le 16 km gozdnih cest. Velik del te ceste poteka po nekdanji trasi gozdne železnice, ta pa je tudi vodila mimo oddelka 3.

4.1.2.2 Podoba sestojev v obdobju od 1969 do 1978

Na cca 3 ha ob meji z oddelkom 2 se je razprostiral nasad smreke, star 10 let. Vmes so bila gnezda starejših smrek in bukove gošče. Površina je bila precej travnata.

Na ostalem delu (30 ha) oddelka 3 se je nahajal letvenjak dobre kvalitete, v katerem so bile zastopane vrste kot je bukev, macesen, smreka, jelka in javor. Iglavci so se pojavljali posamič in v skupinah. Umetno vneseni macesen je bil takrat star 15 let. Javor se je prav tako pojavljal v gnezdih in posamič in je bil zelo vitalen. V gnezdih in posamič so se nahajali tudi starejši osebki iglavcev in listavcev.

V tem obdobju so bila izvedena čiščenja mladja, odstranjevanja slabih predrastkov in redčenja starejših skupin bukve ter smreke. V bukovem letvenjaku so izvedli prvo šibko redčenje, pri čemer so dajali poudarek iglavcem.

4.1.2.3 Podoba sestojev v obdobju od 1979 do 1988

Pretežni del oddelka je bil mešan sestoj bukve in smreke z različno stopnjo mešanosti, vmes pa so se posamič in šopasto pojavljali macesen, jelka, javor ter ostali listavci. Sestoj je bil takrat v razvojni stopnji mlajšega drogovnjaka.

V skrajnem SZ delu oddelka 3 je močno prevladovala smreka z 90 % zastopanostjo, slabe do dobre kvalitete. Prav tako je ob gozdni cesti v bolj vrtačastem delu prevladovala smreka, vendar z manjšim deležem (80 %). Nasad smreke ob odd. 2, star do 20 let, je bil še vedno precej zatravljen.

V srednjem delu oddelka je prevladovala bukev z 80 do 95 %, srednje kakovosti. Smreka se je tu pojavljala posamič in v šopih. Za doseganje boljše sestojne negovanosti je bilo potrebno povečati obseg in kakovost negovalnih del.

4.1.2.4 Podoba sestojev v obdobju od 1989 do 1998

Pri opisu sestojev leta 1988 je bilo 90 % površine oddeleka 3 v razvojni fazi mlajšega drogovnjaka (10-20 cm), ostalo pa že v fazi starejšega drogovnjaka (20-30 cm). Sestoji so bili dobro negovani. Sestojne zasnove so bile že močno izboljšane, še posebej pri bukvi.

Med leti 1985 in 1997 so bila v sestojih vsakih pet do šest let izvajana šibka druga redčenja. Spravilo lesa do kamionske ceste je potekalo izključno s konji po ozkih in strmih pobočnih konjskih vlakih.

4.1.2.5 Potek lesne zaloge v obdobju od 1958 do 1999

Ob osnovni ureditvi leta 1958 je bila celotna GGE Sredgora - Bukova gora premerjena s polno premerbo. Evidentirana so bila vsa drevesa od 15 cm prsnega premera navzgor. Na osnovi izmerjenih višin so bile določene lokalne deblovnice za smreko, jelko in bukev. Vsa enota je bila uvrščena v drugi in tretji bonitetni razred. Oddelek 3 je bil uvrščen v drugi bonitetni razred. Tako so bile določene ustrezne deblovnice, po katerih so obračunavali lesne zaloge, ločeno po drevesnih vrstah in debelinskih stopnjah.

Ker je bila polna premerba draga, so pri naslednjem popisu (l. 1969) polno premerbo izvedli le v oddelkih, kjer je bila povprečna lesna zaloga iz prejšnjega načrta nad 200 m³/ha. V oddelkih kakršen je bil odd. 3 pa so izvedli le vzorčne meritve in po kontrolni metodi ugotovili prirastke sestojev. Bonitetne razrede so zamenjali s tarifnimi razredi na osnovi višin izmerjenih pri prvem popisu. Tudi v nadaljnjih popisih je bil oddelek 3 zajet z vzorčnimi ploskvami.

Preglednica 1: Razvoj lesne zaloge v oddelku 3 po obdobjih, zajetih iz Gozdnogospodarskih načrtov

Lesna zaloga	1958		1969		1979		1989		1999	
	(m ³ /ha)	(%)	(m ³ /ha)	(%)	(m ³ /ha)	(%)	(m ³ /ha)	(%)	(m ³ /ha)	(%)
Iglavci	6	23,08	6	18,75	24	36,36	109	52,15	107	31,20
Listavci	20	76,92	26	81,25	42	63,64	100	47,85	236	68,80
Skupaj	26	100,00	32	100,00	66	100,00	209	100,00	343	100,00

Lesna zaloga celotnega oddelka 3 je skozi leta naraščala (preglednica 1), sprva počasneje, potem pa hitreje. Razlog za nekoliko manjše povečanje lesne zaloge v letih od 1958 do 1969 je v poseku bukovega debeljaka v obsegu 1 ha in v spremembi metode preverjanja lesne zaloge. Delež iglavcev v lesni zalogi je po obdobjih nihal in v zadnjem načrtu (l. 1999) znašal 31 %.

Od iglavcev je po podatkih iz zadnjega načrta (l. 1999) na prvem mestu smreka s 30 %, jelka in macesen pa skupaj doprineseta 1 % lesne zaloge. Med listavci vodi bukev z 51 %

lesne zaloge, sledi ji gorski javor s 16 %, brest z 1 %, macesen, jesen, lipa in češnja pa skupaj 1 %.

4.1.3 Današnja podoba sestojev

Danes najdemo v oddelku 3 predvsem mlajše debeljake bukve (13,86 ha) s smreko in gorskim javorjem. V vrtačah najdemo skorajda čiste debeljake smreke s primesjo podstojne bukve in gorskega javorja (2,8 ha). Manjši del površin (4,6 ha) zavzemajo drogovnjaki smreke s primesjo bukve in gorskega javorja ter drogovnjaki bukve s primesjo gorskega javorja (0,7 ha). 7,10 ha površin je mlajših debeljakov z mešanostjo drevesnih vrst: smreka 60 %, bukev 30 %, gorski javor 9 % in veliki jesen 1 %. Prav tako bogate zasnove imajo sestoji z približno enako mešanostjo smreke in bukve (40 % vsaka), katerim se pridruži gorski javor z 18 % in veliki jesen z 2 % (3,5 ha). V drevesni sestavi najdemo posamič še gorski brest, ki je večinoma močno poškodovan zaradi lupljenja jelenjadi, ter redkeje češnja in celo lipo. Prehodi med opisanimi razvojnimi fazami niso izraziti in se med seboj precej prepletajo (glej sestojno karto v prilogi A).

Sestojne zasnove so dobre, čeprav je v njih veliko razsohlega drevja. Negovanost sestojev je sorazmerno dobra. Zaradi strahu pred škodami zaradi morebitnih snego- in žledolomov je v sestojih ostalo precej debelejšega, nekakovostnega, dvovrhatega in močno vejnatga drevja, ki je služilo kot opora labilnim in utesnjenim sestojem.

4.2 METODE DELA

4.2.1 Priprava dela

V študijo primerjave klasičnega in strojnega načina sečnje in spravila lesa smo zajeli celotni oddelek 3, ki skupaj meri 32,56 ha. Da bi bila študija čimbolj objektivna, smo oddelek razdelili na štiri tako imenovane stratume, ki so hkrati predstavljali tudi štiri sečno pravilne enote. Stratume smo razmejili z ravno linijo tako, da so bili po površini sorazmerno enaki in da so enakomerno zajeli različne tipe sestojev. Dva stratuma sta bila

namenjena za klasično sečnjo z motorno žago in spravilo s traktorjem, druga dva pa za strojno sečnjo s strojem za sečnjo in spravilo z zgibnim polprikoličarjem. Kateri stratum pripada kateri tehnologiji, smo določili z metom kovanca. Tako je kovanec določil, da bo v prvem in tretjem stratumu potekala strojna sečnja in spravilo, v drugem in četrtem pa klasična sečnja in spravilo.

Za analizo gojitvenih učinkov smo oblikovali še peti stratum v velikosti 1,53 ha, v katerem nismo izvajali nege. Ta objekt bo služil kot kontrolna površina in bo prišel bolj do izraza v naslednjih desetletjih, ko bo moč primerjati na istem objektu redčene sestoje z neredčenimi.

4.2.1.1 Gojitveni del priprave dela

Ko smo oddelek razdelili in določili tehnologije po stratumih oz. sečno spravljenih enotah, smo pričeli z označevanjem infrastrukture. Zanimalo nas je, koliko dreves, ki bi bila drugače izbranci, je bilo potrebno posekati zaradi infrastrukture. Zato smo pri odkazilu dreves za vlake in sečne poti sproti uvrstili vsako drevo glede na potencialni socialni položaj v sestoji (izbranec, konkurent, indiferentno drevo), ki bi ga drevo imelo, če ne bi bilo na sekundarni prometnici. Širina trase za vlako kot tudi za sečno pot je bila 3 m.

Odkazilo smo opravili po označevanju infrastrukture. Držali smo se klasičnega izbiralnega redčenja po Schädelinu in Leibundgut, ki temelji na pozitivni izbiri. Pri izbiri izbrancev smo upoštevali kriterije kot so kakovost debla, kakovost krošnje, oddaljenost od sosednjega izbranca, ustreznost dimenzijskega razmerja in ustreznost drevesne vrste.

Izbira dreves za posek v drogovnjakih in tanjših debeljakih je bila usmerjena v rahljanje tesnega sklepa v strehi sestoja (po Kraftu). Pri tem smo za posek označili tudi večino nekdanjih silakov oz. »stabilizatorjev« sestoja, ker so bila bližnja drevesa boljnih zasnov večinoma že mehansko stabilna. Pri izbiri drevja v mešanih sestojih smreke, bukve z javorjem smo pospeševali kakovostne osebk listavcev na račun smreke.

Poleg pozitivne izbire smo v posameznih delih sestojev, kjer je bil polnilni sloj zelo gost, le tega preredčili z namenom povečanja dotoka svetlobe osebkom, ki to funkcijo že oz. jo bodo najboljše opravljali.

V debeljakih smreke s polnilnim slojem listavcev je bila jakost izbire drevja za posek manjša. Ponekod smo označili le nekakovostno in poškodovano drevje, drugje smo poskušali pomagati posameznim listavcem z odličnimi zasnovami. Mestoma smo se odločili za akumulacijo lesne zaloge in prirastkov na že izoblikovanih končnih izbrancih.

4.2.1.2 Označevanje drevja za posek

V sečno spravilnih enotah za klasični sečnjo je potekalo odkazilo po ustaljenih pravilih. Drevesu za posek smo izmerili premer v prsni višini (dbh), ga na nasprotnih straneh debla v prsni višini označili z rdečo piko ter z odkazilnim kladivom označili na koreničniku.

Odkazilo za strojno sečnjo se je od klasičnega razlikovalo v oznakah dreves za posek. Namesto pike smo uporabljali poševno črto z obeh strani debla z namenom, da bi strojnik lažje videl označeno drevo. Na sečnih poteh smo drevesa označili z znakom X v smeri premika vozila, na nasprotni strani pa s piko zaradi lažjega označevanja poti. Sečne poti so bile razporejene tako, da je bila razdalja med njimi največ 25 m, saj je doseg roke stroja za sečnjo, ki je delo opravljal, do 11,8 m. Strojniku je bilo naročeno, da sme dodatno zaradi gibanja stroja posekati še kakšno neoznačeno drevo, če ne bi dosegel katerega izmed označenih dreves. Predvsem v vrtačah smo mu pustili nekoliko svobode, tako da si je lahko sečno pot podaljšal v smeri, da je lahko posekal označena drevesa. Vhod v vrtačo je bil vedno v najnižji točki roba vrtače.

Vsa označena drevesa smo evidentirali v terenskem zapisniku. Odkazilo je v večini izvedel tamkajšnji vodja revirja Planina, pomagali pa so mu tudi ostali revirni gozdarji KE Črnomelj ter vodja KE Črnomelj. Za pripravo dela smo imeli na voljo le dva meseca, saj je bila 16. septembra 2005 že delavnica na temo strojna sečnja v sestojih listavcev. V tem času smo morali popisati tudi večino ploskev, saj se je sečnja začela že konec avgusta.

Poudariti moramo tudi, da je bilo v tem času in kasneje v času sečnje in spravila (september in oktober) nenavadno veliko dni z dežjem, kar nam je še bolj oteževalo delo, strojniku pa celo onemogočilo posekati določene predele, kar bomo natančneje predstavili v rezultatih.

4.2.1.3 Računanje volumnov in lesne zaloge

Volumen dreves smo izračunali iz tablic za volumne po Alganu in Čoklu (Kotar, 2003). Tarifni razredi so bili določeni pri izdelavi drugega gozdnogospodarskega načrta za enoto Mirna gora (l. 1968) na osnovi višin, izmerjenih pri polni premerbi leta 1958. Za jelko so bile izračunane tablice za prebiralne gozdove po Alganu ter tarifni razred 7 (oznaka P7). Vsem ostalim drevesnim vrstam pa smo volumen izračunali s pomočjo formule (2) za vmesne tablice (po Čoklu) in prav tako tarifni razred 7 (oznaka V7). Tarifne razrede smo preverili pri bukvi, smreki in javorju na vzorcu 15 dreves za vsako analizirano drevesno vrsto ter prišli do enakih tarifnih razredov kot l. 1968.

Za izračun volumna dreves jelke se formula glasi:

$$v_d = \frac{V_{45}}{1400} (d-5) \cdot (d-10) \quad \dots(1)$$

Za vse ostale drevesne vrste se v tem primeru formula glasi:

$$v_d = \frac{V_{45}}{1600} (d-2,5) \cdot (d-7,5) \quad \dots(2)$$

d = prsni premer

v_{45} = volumen dreves s prsnim premerom 45 cm

$$v_{45} = 2,188$$

4.2.2 Opis tehnologij

Kot je bilo navedeno, je bila polovica oddelka 3 (stratum 2 in 4) načrtovana za sečnjo na klasičen način z motornimi žagami ter spravilo lesa s prilagojenim kmetijskim traktorjem John Deere tipa 4045TL272. Izvajalec je bilo Gozdno gospodarstvo Novo mesto d.d.

V ostalih dveh stratumih (1 in 3) je bil izvajalec Gozdno gospodarstvo Bled d.d. Sečnjo so opravili s strojem za sečnjo Timberjack 1270D in spravilo lesa z zgibnim polprikoličarjem Timberjack 1010D.

Preglednica 2: Tehnični podatki strojev

Dimenzija	Traktor	Stroj za sečnjo	Zgibni polprikoličar
Dolžina	5150 mm	7400 mm	9050 mm
Širina	2150 mm	2740 mm	2700 mm
Višina	2700 mm	3700 mm	3700 mm
Doseg roke		10-11,8 m	10 m
Masa	5880 kg	17500 kg	12700-13700 kg
Klirens	350 mm	625 mm	605 mm
Premjer objema		400 mm	
Največji premer		560 mm	

4.2.3 Postavitev vzorčnih ploskev

Odločili smo se za vzorčenje po metodi odmerjenih koncentričnih krogov s površino 4 a na vzorčni mreži 50 x 100 m. Razdalja med transekti je znašala 100 m, znotraj njih pa 50 m. Smer transektov je bila sever - jug. Glede na naklon terena je polmer ploskve znašal 11,28 m ali več.

Središče ploskve smo označili z železno palico, ki smo jo potisnili v tla tako, da je ven gledal približno centimeter palice. Nanjo smo navezali rumen trak, kasneje pa tudi z alkoholnim flomastrom napisali zaporedno številko ploskve. Na popisni list smo zapisali zaporedno številko analizirane ploskve, stratum, v katerem se je nahajala ploskev, polmer ploskve, povprečni naklon terena v stopinjah, ekspozicijo, razdaljo do predhodne ploskve ter azimut iz predhodne ploskve na sledečo ploskev. Na popisni list smo pripisali tudi posebnosti, opazke ter skico, če je bila ploskev ob prometnici, meji stratum ali oddelčni meji.

Na posamezni ploskvi smo vsem drevesom nad merskim pragom ($\text{dbh} \geq 10 \text{ cm}$) izmerili premer, določili drevesno vrsto ter ga uvrstili v socialni položaj. Konkurenti so bili že

določeni pri odkazilu, tako da nosilce oz. izbrance ni bilo težko prepoznati, ostala drevesa pa smo uvrstili med indiferentna drevesa. Izbrance smo na koreničniku označili z zeleno piko, da bi jih po poseku lažje našli.

V ekipi sva bila vedno dva popisovalca. Eden je stal v središču ploskve držal merilni trak, zapisoval podatke ter preverjal, da ne bi izpuščala dreves, drugi pa je v določenem polmeru ploskve drevesom izmeril premer, določil vrsto ter socialni položaj.

Tudi pri merjenju razdalj med ploskvami in postavljanju središča ploskev sva se s pomočnikom vedno preverjala, tako da sva navzkrižno merila azimut. Večkrat sva preverila, kolikšna je najina natančnost, da ne bi prihajalo do sistematičnih napak.

4.2.4 Popis ploskev po sečnji in spraviu

Po sečnji in spraviu smo na istih ploskvah kot pred sečnjo opravili snemanje poškodovanosti preostalih dreves v sestoji, ocenili sproščenost izbrancev ter na nekaj mestih posneli svetlobo na središču ploskve.

4.2.4.1 Analiza poškodovanosti dreves

Metoda merjenja poškodovanosti sestoja izhaja iz Švedske. Njen utemeljitelj je Fröding (Fröding, 1988), za naše razmere pa jo je prilagodil prof. Košir. Zajeli smo vsa stoječa drevesa na ploskvi nad merskim pragom, jim določili še enkrat drevesno vrsto, socialni položaj, položaj glede na to ali so ob prometnici (vlaki ali sečni poti) ali v sestoji, velikost poškodbe, starost ter mesto poškodbe.

Pri ocenjevanju velikosti poškodbe smo analizirana drevesa uvrstili v enega izmed šestih razredov:

- 1 - nepoškodovano drevo
- 2 - 10 do 30cm²
- 3 - 31 do 50 cm²

4 - 51 do 100 cm²

5 - 101 do 200 cm²

6 - nad 200 cm²

Po času nastanka poškodb smo analizirana drevesa razvrstili v štiri razrede poškodb: ni poškodbe, nova poškodba, stara poškodba ali hkrati stara in nova poškodba.

Glede na mesto poškodbe smo imeli naslednje sekcije: krošnja, veje na deblu, deblo, korenčnik in korenine. Če je bilo drevo poškodovano na več mestih, smo površine poškodb sešteli in uvrstili na tisto mesto, kjer je bila poškodba največja.

4.2.4.2 Analiza sproščenosti izbrancev

Za sproščenost izbrancev smo na samem kraju določili metodo ocenjevanja sproščenosti dreves, ki je bila v tistem trenutku dovolj hitra in enostavna, a je vendar ocenjevala lastnost, ki smo jo želeli ocenjevati.

Sproščenost izbrancev smo vedno ocenjevali v višini sestojne višine. Gledali smo obod krošnje in ocenili delež oboda, kjer je bilo drevo maksimalno sproščeno in delež oboda z minimalno sproščenostjo. Ostali delež oboda do 100 % pa je bil optimalno sproščen.

Pri listavcih je veljalo za maksimalno sproščenost, če je bila razdalja med robom krošnje ocenjevanega drevesa in roba krošnje najbližjega sosednjega drevesa 1,5 m ali več. Optimalna sproščenost je bila pri razdalji 0 m (krošnji se stikata) do 1,5 m. Minimalna sproščenost pa je pomenila, da sta se krošnji medsebojno vrivali.

Iglavci potrebujejo manj prostora v širino krošnje, zato smo za njih določili manjšo razdaljo za optimalno sproščenost, od 0 do 0,5 m, maksimalno sproščenost nad 0,5 m in minimalno sproščenost, če sta se krošnji vrivali.

4.2.4.3 Snemanje svetlobnih razmer

Na izbranih mestih smo v tretmaju klasične sečnje in spravila (5 mest), strojne sečnje (16 mest) ter neredčenem delu (5 mest) posneli fotografije v sredini ploskve na višini 130 cm od tal z digitalnim fotoaparatom Nikon Coolpix 995 s kalibriranim objektivom ribje oko FC-E8 0.21x (zorni kot 183 °) in s pomočjo samodejnega nivelirja ter elektronskega detektorja (LED) severa. Snemali smo ob jasnem vremenu pred sončnim vzhodom ali zahodom, kar nam je povzročalo precejšnje težave, ker je bilo optimalnih razmer za slikanje malo.

4.2.5 Analiza podatkov

Podatke z vzorčnih ploskev smo obdelali s pomočjo vrtilnih tabel v programu Microsoft Office Excel 2003. V tem programu smo izdelali tudi vse preglednice in grafe. Statistično analizo smo izvedli v programu Statistica 6.

Z Mann - Whitneyevim U testom smo iskali značilne razlike v poškodovanosti dreves in poškodovanosti izbrancev med obema tehnologijama. Pri sproščenosti izbrancev smo primerjali maksimalno ter minimalno sproščenost pri obeh tehnologijah.

Dobljene fotografije svetlobe v sestoji smo obdelali s programskim orodjem WinSCANOPY 2004a pro ter dobili vrednosti (%) relativnega indirektnega (FDIF) in direktnega (FDIR) sončnega sevanja pod zastorom.

5 REZULTATI

5.1 STANJE PRED UKREPOM

Z vzorčno mrežo smo na površini 32,56 ha posneli skupaj 63 ploskev z 2559 drevesi. Od teh smo postavili 28 ploskev (skupaj 1230 dreves) na površini za strojno sečnjo ter spravilo lesa in 32 ploskev (1185 dreves) na površini za klasično sečnjo ter spravilo lesa. Tri ploskve so padle v stratum 5 (144 dreves), ki smo ga izločili iz ukrepanja in meri 1,53 ha.

Sicer smo predvideli več vzorčnih ploskev, vendar smo med snemanjem le teh ugotovili, da je oddelek precej manjši kot je kazal gozdnogospodarski načrt enote iz l. 1999 (36,11 ha), zato smo še enkrat preverili mejo oddelka in na novo digitalizirali sestojno karto. Ker smo oddelek na karti zmanjšali, je bila prva sečno pravilna enota manjša od ostalih in posledično tudi skupna površina namenjena za strojno sečnjo ter spravilo za približno 2 ha manjša (14,57 ha) kot za klasično tehnologijo pridobivanja lesa (16,46 ha).

5.1.1 Mešanost sestojev

Preglednica 3: Mešanost drevesnih vrst na ploskvah pred ukrepom

Drevesna vrsta	Število dreves	Delež števila dreves (%)	Lesna zaloga (m ³)	Delež lesne zaloge (%)
Bukev	1441	56,31	341,93	34,01
Gorski brest	5	0,20	3,45	0,34
Gorski javor	359	14,03	101,48	10,09
Jelka	41	1,60	19,75	1,96
Lipa	1	0,04	0,16	0,02
Veliki jesen	5	0,20	3,28	0,33
Macesen	6	0,23	2,78	0,28
Smreka	701	27,39	532,68	52,98
Skupaj	2559	100,00	1005,51	100,00

Od 2559 dreves je bilo največ bukeve (56,31 %), sledila je smreka z 27,39 % in gorski javor z 14,03 % (preglednica 3). Jelka je bila zastopana z 1,60 %, gorski brest, veliki jesen, macesen in lipa pa skupaj niso dosegli 1 % dreves. Po deležu lesne zaloge pa je prevladovala smreka z 52,98 %, sledila ji je bukev z 34,01 % ter gorski javor z 10,09 %.

Slaba 2 % v lesni zalogi je bilo jelke, gorski brest, veliki jesen, lipa ter macesen pa so zopet skupaj dosegali komaj 1 %.

5.1.2 Lesna zaloga

Povprečna lesna zaloga (preglednica 4), izračunana z vseh 63 ploskev v oddelku 3, je pred ukrepom znašala 399,62 m³. Po sečno spravilnih enotah je povprečna lesna zaloga znašala od najmanj 381,31 m³ v stratumu 4 do največ 409,62 m³ v stratumu 2. Največja povprečna lesna zaloga (416,38 m³) je bila izračunana s treh ploskev na površini, izločeni od ukrepanja (stratum 5).

Preglednica 4: Predstavitev lesne zaloge po stratumih oz. sečno spravilnih enotah

Stratum	Površina (ha)	Število ploskev	Povprečna lesna zaloga (m ³ /ha)	Delež iglavcev v lesni zalogi (%)	Delež listavcev v lesni zalogi (%)
1	6,38	14	398,88	36,63	63,37
2	8,19	15	409,62	49,63	50,37
3	8,19	14	405,55	52,54	47,46
4	8,27	17	381,31	78,02	21,95
5	1,53	3	416,38	59,97	40,03
Skupaj	32,56	63	399,62	55,22	44,78

Zmes listavcev in iglavcev se je spreminjala po stratumih (preglednica 4). Delež iglavcev v lesni zalogi je znašal od najmanj 21,95 % (stratum 4) do največ 63,37 % (stratum 1). Prav tako je bil delež iglavcev različen po stratumih, od najmanj 36,63 % do največ 78,02 %. Rezultati kažejo na to, da je stratum 4 po drevesni sestavi precej drugačen od ostalih stratumov.

5.1.3 Odkazilo

Skupno smo na celotni površini skupaj z odkazilom za prometnice označili za posek 3005 m³ lesa, kar znaša 24,3 % celotne lesne zaloge sestojev. Od celotnega odkazila je bilo 1486 m³ iglavcev in 1519 m³ listavcev. V prvih treh sečno spravilnih enotah oz. stratumih je bilo v odkazilnem zapisniku po zalogi več listavcev, v stratumu 4 pa je bilo od odkazila kar

66,8 % iglavcev (preglednica 5), kar spet kaže na to, da ta stratum po deležih drevesnih vrst v lesni zalogi odstopa od ostalih.

Povprečni volumen drevesa iglavcev iz vseh enot je znašal 0,70 m³ in je bil precej večji od povprečnega drevesa listavcev, ki je znašal 0,20 m³.

Če upoštevamo odkazilo za prometnice in odkazilo za samo redčenje, znaša intenzivnost redčenj pri strojni 25,3 %, pri klasični sečnji pa 23,3 %.

Preglednica 5: Porazdelitev odkazila po sečno pravilnih enotah iz terenskega zapisnika

Sečno spravilna enota	Odkazilo iglavcev (m ³)	Odkazilo listavcev (m ³)	Skupno odkazilo (m ³)	Povp. drevo iglavcev (m ³)	Povp. drevo listavcev (m ³)	Skupno odkazilo (m ³ /ha)	Delež od lesne zaloge (%)
1	229	399	628	0,60	0,20	98	24,7
2	362	427	789	0,80	0,20	96	23,5
3	408	451	860	0,70	0,20	105	25,8
4	487	242	729	0,60	0,20	88	23,1
Skupaj	1486	1519	3005	0,70	0,20	97	24,3
Klasična sečnja	849	669	1518	0,70	0,20	92	23,3
Strojna sečnja	637	850	1487	0,70	0,20	102	25,3

5.1.4 Infrastruktura

Dosedanje pravilne razmere so bile zelo slabe. Zaradi neuporabnih padničnih konjskih vlak je bilo potrebno v vseh sečno pravilnih enotah na novo označiti sekundarne prometnice (vlake in sečne poti).

V sečno pravilnih enotah 2 in 4 smo skupaj na novo označili 2265 m traktorskih vlak. Skupaj z že obstoječo infrastrukturo je bila končna odprtost sestojev za klasično sečnjo in spravilo v povprečju 209 m/ha (preglednica 6).

Preglednica 6: Razporeditev novih in obstoječih prometnic po sečno spravilnih enotah.

Sečno spravilna enota	Površina (ha)	Nove prom. (m)	Vse prom. (m)	Vse prom. (m/ha)	Nove prom. (m ²)	Vse prom. (m ²)	Delež vseh prom. od površine
1	6,38	3011	3062	480	9033	9186	14,40
2	8,19	1170	1564	191	3510	4692	5,73
3	8,19	2958	3488	426	8874	10464	12,78
4	8,27	1095	1869	226	3285	5607	6,78
Klasična sečnja	16,46	2265	3433	209	6795	10299	6,26
Strojna sečnja	14,57	5969	6550	450	17907	19650	13,49
Skupaj	31,03	8234	9983	322	24702	29949	9,65

V namene strojne sečnje smo označili 5969 m sečnih poti, kar znaša 3704 m več sekundarnih prometnic kot pri klasični sečnji in spravilu. Z obstoječo infrastrukturo je bila odprtost sestojev za novo tehnologijo v povprečju 450 m/ha.

Razlike so se pokazale tudi v deležu površin sekundarnih prometnic. Vlake zavzemajo 4,13 % (oz. 6,26 % z že obstoječo infrastrukturo) površine za klasično sečnjo in spravilo, sečne poti pa 12,29 % (z obstoječo infrastrukturo 13,49 %) površine, namenjene strojni sečnji in spravilu.

5.1.4.1 Odkazilo za infrastrukturo

Analiza označenih dreves na vlakah ter sečnih poteh je pokazala, da je bilo potrebno posekati tako za klasično kot za strojno sečnjo ter spravilo približno enako zalogo lesa. Za vlake smo označili 324 m³ lesa, kar znaša 21,34 % odkazila za strojno sečnjo, za sečne poti pa 330 m³ lesa oz. 22,19 % odkazila. Pri tem je merila površina sečnih poti 17907 m² in površina vlak 6795 m², kar je v razmerju 2,6:1 (preglednica 6).

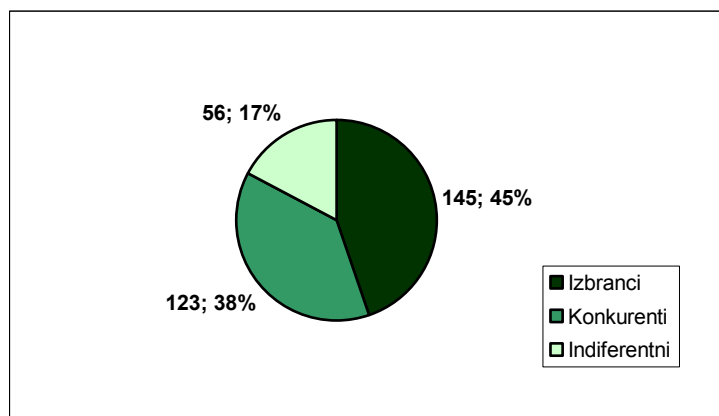
Razlog za tak rezultat je v tem, da je v četrti sečno spravilni enoti (klasična sečnja in spravilo) več iglavcev, ki imajo praviloma večji volumen, zato je bila na vlakah posekana večja zaloga lesa. Drugi razlog je, da traktorske vlake niso enake sečnim potem. Vlake so grajene z bagrom in imajo poleg vozišča (3 m) še odkopno in nasipno brežino, ki celotno

telo vlake precej povečajo. Pri označevanju drevja za infrastrukturo smo to upoštevali, zato smo za vlake označili širši pas dreves kot za sečne poti. Sečne poti niso grajene. Široke so toliko, da lahko strojnika na stroju za sečnjo in zgibnem polprikoličarju delata (slika 1).

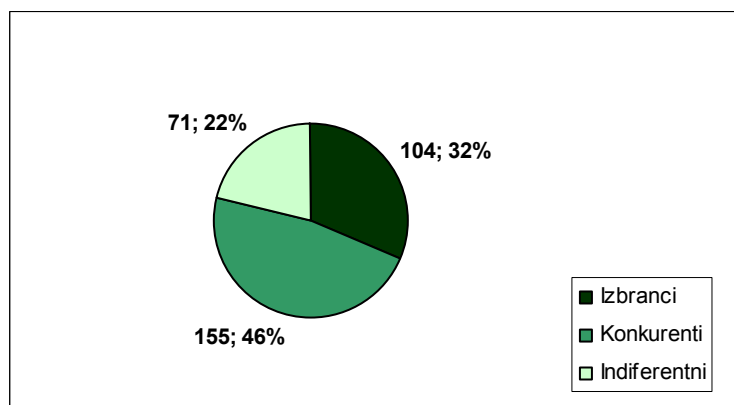


Slika 1: Sečna pot (Foto: Jurij Diaci)

Od dreves na analizirani površini vlak je bilo 45 % potencialnih izbrancev (slika 2), medtem ko je bilo na sečnih poteh 32 % potencialnih izbrancev (slika 3). Potencialnih konkurentov je bilo zato na vlakah manj (38 %) kot na sečnih poteh (47 %), indiferentna drevesa pa so zavzela delež okoli 20 % (17 oz. 22 %).



Slika 2: Število in delež dreves glede na socialni položaj na vlakah



Slika 3: Število in delež dreves glede na socialni položaj na sečnih poteh

5.2 STANJE PO UKREPU

5.2.1 Vloga in položaj analiziranih dreves

Po ukrepu smo na celotni površini na 56 ploskvah analizirali 1655 dreves. Na 25 ploskvah za strojno sečnjo (stratum 1 in 3) in spravilo (preglednica 7) je bilo analiziranih 751 dreves, na 31 ploskvah za klasično sečnjo in spravilo pa 904 drevesa.

V povprečju znaša število dreves na ploskev 30. Ker imajo vse ploskve površino 4 a, znaša povprečno število dreves na ha 739. Delež izbrancev znaša 43,20 %, ostalo pa so indiferentna drevesa. Po položaju dreves v sestoji se nahaja v povprečju 14,02 % dreves ob prometnicah in 85,98 % v sestoji.

Preglednica 7: Število drevja na analiziranih ploskvah in njihova razvrstitev

Analizirani stratumi	1	2	3	4	Skupaj
Število ploskev po ukrepu	13	15	12	16	56
Število dreves na ploskvah	389	434	362	470	1655
Povp. št. dreves na ploskvi	30	29	30	29	30
Št. dreves ob prometnici	85	33	88	26	232
Št. dreves v sestoju	304	401	274	444	1423
Št. izbrancev	177	179	167	192	715
Št. izbrancev na ha	340	298	348	300	319
Št. dreves na ha	748	723	754	734	739
Št. poškod. dreves	131	88	106	83	408
Povp. št. poškod. dreves na ha	252	147	221	130	182

Stratum 1 in 3- strojna sečnja in spravilo

Stratum 2 in 4- klasična sečnja in spravilo

Poleg analiziranih dreves je bilo 85 dreves, ki po sečnji in spravilu naj ne bi bila v sestoju ali so bila dodatno posekana. Skupaj na 25 ploskvah je strojnik izpustil 46 konkurentov, posekal pa 32 neoznačenih dreves. Pri klasični tehnologiji sečnje je bilo na 31 ploskvah eno označeno drevo neposekano, 6 pa jih je bilo posekanih, a neoznačenih.

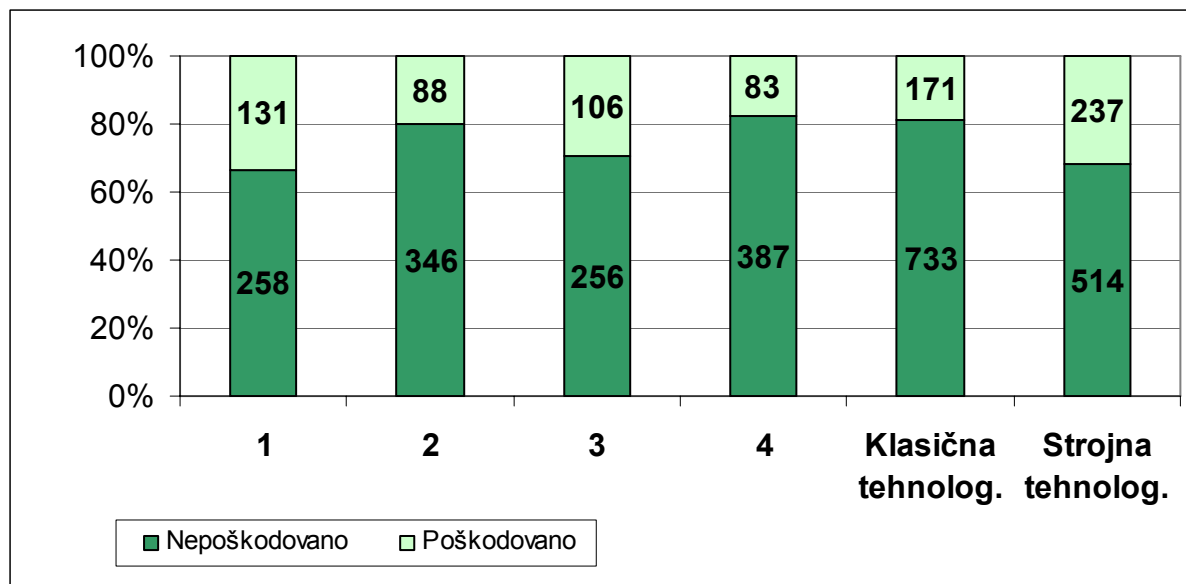
Število analiziranih ploskev se ne ujema s št. postavljenih ploskev. Ploskev v stratumu 5 (št. 6, 11, 12) nismo več analizirali, ker v njih nismo načrtovali redčenja. Tri ploskve (št. 28, 29 in 40) so se nahajale na mestih, kamor strojnik s strojem za sečnjo ni prišel, ploskev št. 24 (klasična sečnja in spravilo) pa se nam je zdela ob ponovnem popisu preveč drugačna od ostalih ploskev, tako da smo jo izpustili (glej prilogo B).

5.2.2 Poškodovanost dreves

Delež poškodovanih dreves se v literaturi najpogosteje pojavlja kot kazalec obsega poškodb (Košir, 2001). Upoštevane so vse vidne poškodbe s površino nad 10 cm² na drevesu.

Od vseh dreves na vseh analiziranih ploskvah (1655 dreves na 56 ploskvah) je bilo 408 dreves poškodovanih, kar skupaj pomeni 24,65 % poškodovanost sestojev. Poškodovanost

pri klasični tehnologiji sečnje in spravila je znašala 18,92 %, pri strojni sečnji in spravilu pa 31,56 % (slika 4).



Slika 4: Število in delež poškodovanosti dreves po sečno spravilnih enotah

41,91 % poškodovanih dreves (171 od 408) se nahaja na površini za klasično sečnjo in spravilo, 58,08 % dreves (237) pa na površini za strojno sečnjo in spravilo.

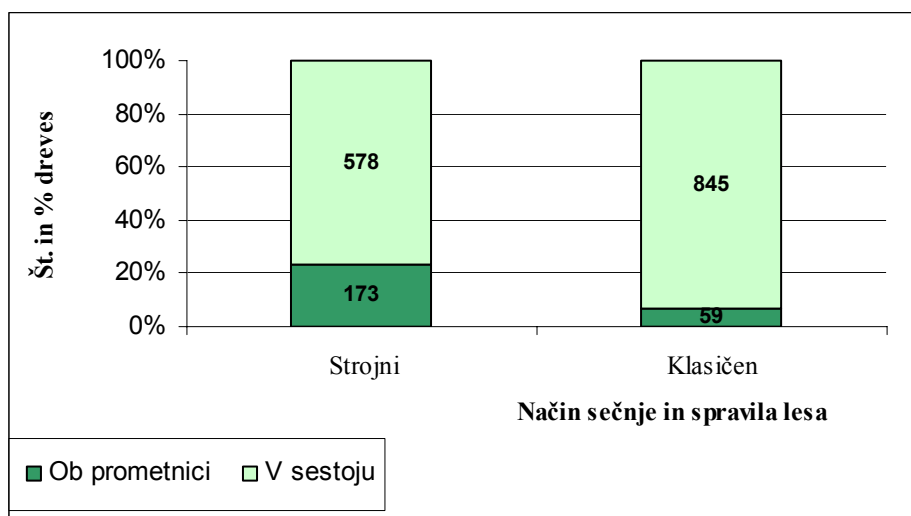
Preglednica 8: Primerjava deležev poškodovanih dreves na ploskvah pri obema tehnologijama

Način	N (št. ploskev)	Povprečje	U	p
Klasičen	31	19,23	184,0	0,0008
Strojni	25	31,43		

Z U testom smo pokazali, da obstajajo značilne razlike v poškodovanosti ploskev pri uporabi obeh tehnologij z vrednostjo $p = 0,0008$.

5.2.2.1 Mesto nastanka poškodb

Vsa analizirana drevesa na ploskvah smo razvrstili po položaju tako, da smo ločili tista ob prometnici in tista v sestoju. Na ploskvah po strojni sečnji in spravilu smo določili položaj ob sečnih poteh 23 % (173 dreves), položaj v sestoju pa 77 % (578) analiziranih dreves. Na ploskvah po klasični sečnji in spravilu je bilo ob vlakih analiziranih v povprečju 7 % (59) dreves in v sestoju 93 % (718) dreves (slika 5).



Slika 5: Položaj dreves v sestoju pri obema tehnologijama sečnje in spravila lesa

Od 171 poškodovanih dreves pri klasični tehnologiji sečnje in spravila se nahaja 14,04 % dreves ob vlakah in 85,96 % v sestoju (preglednica 9). Delež poškodovanih dreves od vseh dreves v sestoju pa znaša ob vlakah 3,19 %, v sestoju pa 19,57 %.

Pri strojni tehnologiji sečnje in spravila je bilo skupaj poškodovanih 237 dreves. Od tega smo analizirali 31,65 % poškodovanih dreves ob sečnih poteh in 68,35 % dreves v sestoju. Poškodovanost ob sečnih poteh glede na vsa drevesa v sestoju pri strojni sečnji in spravilu znaša 8,30 %, v sestoju pa 17,92 %.

Preglednica 9: Poškodovanost dreves glede na položaj dreves v sestoju in način sečnje ter spravila

Položaj drevesa v sestoju	Klasičen način		Strojni način		Skupaj
	Št. poškod. dreves	Delež (%)	Št. poškod. dreves	Delež (%)	
Ob prometnici	24	14,04	75	31,65	99
V sestoju	147	85,96	162	68,35	309
Skupaj	171	100,00	237	100,00	408

5.2.2.2 Starost poškodb

Po času nastanka poškodb smo analizirana drevesa razvrstili v štiri starostne razrede poškodb:

- nove poškodbe,
- stare poškodbe,
- nove in stare poškodbe,
- nepoškodovana drevesa.

Pri analizi starosti poškodb nas zanimajo le poškodovana drevesa (skupaj 408), zato bomo nepoškodovana drevesa pri prikazovanju poškodovanosti izpuščali.

Preglednica 10: Število in delež poškodovanih dreves po stratumih in starosti poškodb

Tehnologija sečnje in spravila lesa	Stratum	Nove poškodbe		Stare poškodbe		Nove + Stare poškodbe		Skupaj
		Št.	Delež (%)	Št.	Delež (%)	Št.	Delež (%)	
Klasična	2	67	76,14	19	21,59	2	2,27	88
	4	63	75,90	17	20,48	3	3,61	83
Vsota klasične teh.		130	76,02	36	21,05	5	2,92	171
Strojna	1	106	80,92	24	18,32	1	0,76	131
	3	95	89,62	10	9,43	1	0,94	106
Vsota strojne teh.		201	84,81	34	14,35	2	0,84	237

Na vseh analiziranih ploskvah je delež poškodovanih dreves z novimi poškodbami najvišji in znaša pri klasični tehnologiji 76,02 %, pri strojni tehnologiji pa kar 84,81 % (preglednica 10). Sledijo stare poškodbe, pri klasični 21,05 % in pri strojni tehnologiji 14,35 %. Dreves z novimi in starimi poškodbami je malo, pri klasični tehnologiji smo analizirali 5, pri strojni pa 2 drevesa.

Če v preglednici 10 seštejemo delež dreves od poškodovanih dreves z novimi in starimi poškodbami in delež dreves z novimi poškodbami, dobimo delež poškodovanih dreves pri zadnjem posegu. Ta znaša v naši raziskavi pri klasični 78,94 % (od poškodovanih dreves), pri strojni tehnologiji pa 85,65 %.

5.2.2.3 Razmestitev poškodb

Poškodbe dreves smo locirali na koreninah, koreničniku, deblu, vejah na deblu in krošnji. Največ poškodb pri obeh tehnologijah je nastalo na deblu, in sicer pri klasični 59,65 % in strojni tehnologiji 82,28 % poškodovanih dreves, skupaj v povprečju 72,79 %. Po poškodovanosti je sledil koreničnik z 33,92 % oz. 13,08 % (preglednica 11), korenine s 5,26 % oz. 2,53 % (strojna tehnologija), veje na deblu in krošnja pa so bile najmanj poškodovane.

Preglednica 11: Razmestitev poškodovanih dreves glede na mesto poškodbe in način sečnje ter spravila

Mesto poškodbe	Klasičen način sečnje in spravila				Strojni način sečnje in spravila				Skupaj
	2	4	Skupaj	Delež (%)	1	3	Skupaj	Delež (%)	
Krošnja	2	0	2	1,17	1	2	3	1,27	5
Veje na deblu	0	0	0	0,00	2	0	2	0,84	2
Deblo	52	50	102	59,65	107	88	195	82,28	297
Koreničnik	31	27	58	33,92	19	12	31	13,08	89
Korenine	3	6	9	5,26	2	4	6	2,53	15
Skupaj	88	83	171	100	131	106	237	100	408

Če bi rangirali mesto poškodovanosti dreves, bi bili rangi pri obeh tehnologijah enaki: deblo 1, koreničnik 2, korenine 3, krošnja 4, veje na deblu 5.

5.2.2.4 Velikost poškodb

Poškodbe dreves smo razdelili v šest velikostnih razredov po površini poškodb. V prvem velikostnem razredu (do 10 cm²) se zopet nahajajo nepoškodovana oz. rahlo poškodovana drevesa, ki smo jih v preglednicah izpustili, njihovo število pa najdemo na sliki 4.

Pri velikosti poškodb dreves se klasična precej razlikuje od strojne tehnologije sečnje in spravila lesa. Pri klasični tehnologiji je največ (26,32 %) poškodb v velikostnem razredu 50-100 cm², sledi velikostni razred s površino poškodovanosti 31-50 cm² (22,81 %),

najvišja razreda sta zastopana z 19,30 %, najmanj analiziranih poškodovanih dreves (12,28 %) pa pripada razredu od 10-30 cm² (preglednica 11).

Pri strojni tehnologiji sečnje ter spravila je največ poškodb (28,27 %) velikosti 31-50 cm², sledita razreda 10-30 cm² (25,32 %) in 51-100 cm² (24,05 %), najmanj pa je poškodb v razredu 101-200 cm² (9,70 %).

Preglednica 12: Razmestitev poškodovanih dreves glede na velikostni razred poškodovanosti

Velikost poškodbe	Klasičen način sečnje in spravila				Strojni način sečnje in spravila				Skupaj
	2	4	Skupaj	Delež (%)	1	3	Skupaj	Delež (%)	
10-30 cm ²	5	16	21	12,28	23	37	60	25,32	81
31-50 cm ²	23	16	39	22,81	38	29	67	28,27	106
51-100 cm ²	28	17	45	26,32	38	19	57	24,05	102
101-200 cm ²	16	17	33	19,30	18	5	23	9,70	56
>200 cm ²	16	17	33	19,30	14	16	30	12,66	63
Skupaj	88	83	171	100	131	106	237	100	408

Če združimo zadnje tri razrede velikosti poškodb, znaša delež pri klasični 64,92 % in pri strojni tehnologiji 46,41 %.

Preglednica 13: U test poškodovanosti ploskev pri obema tehnologijama pri površini ploskve nad 50 cm²

Način	N (št. ploskev)	Mediana (nad 50 cm ²)	U	p
Klasičen	31	11,54	352,0	0,5585
Strojni	25	11,43		

Pri primerjavi poškodovanosti na ploskvah po površini poškodb nad 50 cm² U test ni pokazal značilnih razlik (p = 0,5585).

5.2.2.5 Poškodovanost izbrancev

Od 408 poškodovanih dreves je 155 izbrancev oz. 37,99 %, od teh pa je 87,10 % na novo poškodovanih. Pri starih poškodbah prevladujejo poškodbe v velikostnem razredu 51-100 cm² in 101-200 cm² (skupaj 80 %). Izbrancev, ki bi imeli tako staro kot novo poškodbo, pa nismo zaznali.

Glede na velikostni razred poškodb je največ izbrancev v drugem razredu (27,74 %), sledi tretji (23,87 %) in nato prvi razred z 19,35 % dreves (preglednica 14). Struktura deležev poškodovanih izbrancev glede na velikostni razred poškodb je primerljiva s strukturo poškodovanosti vseh dreves, saj je po velikostnih razredih tako pri izbrancih (70,96 %) kot pri vseh drevesih (70,83 %) največ poškodb v prvih treh velikostnih razredih.

Preglednica 14: Število poškodovanih dreves glede na velikost, starost ter socialni položaj

Velikost poškodb	Nove poškodbe		Stare poškod.		Nove + Stare p.	Skupaj	Delež (%)
	Izbranci	Delež (%)	Izbranci	Delež (%)	Izbranci		
10-30 cm2	29	21,48	1	5	0	30	19,35
31-50 cm2	42	31,11	1	5	0	43	27,74
51-100 cm2	29	21,48	8	40	0	37	23,87
101-200 cm2	12	8,89	8	40	0	20	12,90
> 200 cm2	23	17,04	2	10	0	25	16,13
Skupaj	135	100	20	100	0	155	100

Od 155 poškodovanih izbrancev, se jih 62 nahaja na ploskvah, kjer se je izvajala klasična sečnja in spravilo lesa, 93 pa na ploskvah za strojno sečnjo in spravilo lesa. Tako je od števila izbrancev 16,71 % poškodovanih po klasični in 27,03 % po strojni sečnji in spravilu.

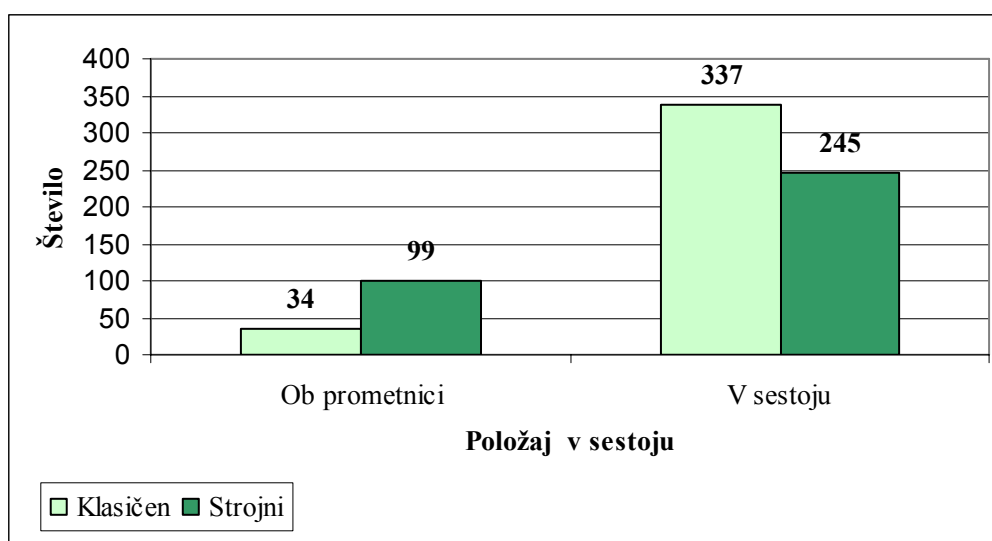
Z U testom smo testirali, ali obstajajo značilne razlike med obema tehnologijama v poškodovanosti izbrancev. V analizo smo zajeli delež poškodovanih izbrancev od vseh izbrancev na posamezni ploskvi. Test je pokazal, da obstajajo značilne razlike v poškodovanosti izbrancev pri obeh tehnologijah z vrednostjo $p = 0,0120$.

Preglednica 15: U test primerjave poškodovanosti izbrancev na ploskvah pri obeh tehnologijah

Način	N (št. ploskev)	Mediana	U	p
Klasičen	31	16,67	235,0	0,0120
Strojni	25	27,27		

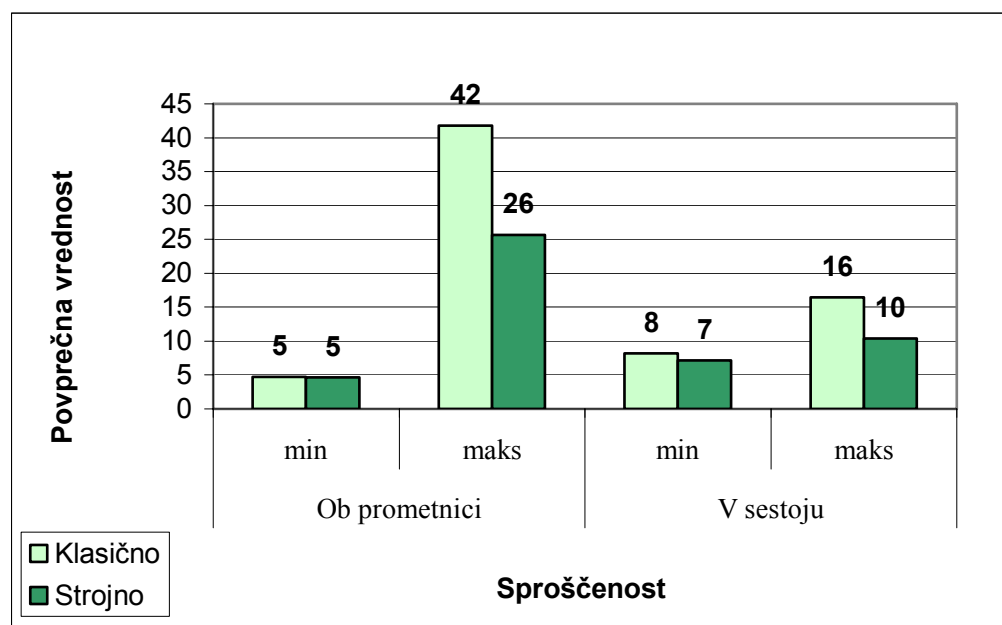
5.2.3 Sproščenost izbrancev

Od 715 izbrancev na 56 ploskvah smo jih 371 analizirali po klasični in 344 po strojni sečnji in spravilu. Glede na položaj dreves v sestoji smo ob prometnicah analizirali 34 pri klasični in 99 dreves pri strojni tehnologiji sečnje in spravila (slika 6). Če se izbranci nahajajo enakomerno po celotni površini, lahko sklepamo, da se nahaja približno 29 % izbrancev ob sečnih poteh in 9 % izbrancev ob vlakah.



Slika 6: Število izbrancev glede na položaj v sestoji ter način sečnje ter spravila

Razlike pri sproščenosti izbrancev so, predvsem ob prometnicah (slika 7). Povprečna maksimalna sproščenost izbrancev znaša ob vlakah 42 % in ob sečnih poteh 26 % oboda krošnje drevesa. Povprečna maksimalna sproščenost izbrancev v sestoji znaša pri klasičnem 16 % ter pri strojnem načinu sečnje in spravila 10 %. Pri minimalni sproščenosti skorajda ni razlik med načinoma sečnje in spravila kot tudi ne glede na položaj izbrancev v sestoji. Povprečna minimalna sproščenost s giblje od 5 % ob prometnicah do 8 % v sestoji.



Slika 7: Povprečne vrednosti minimalne ter maksimalne sproščenosti izbrancev glede na položaj v sestoju

Z Mann - Whitneyevim U testom smo pokazali, da obstajajo značilne razlike v maksimalni ($p = 0,0058$) in minimalni ($p = 0,0190$) sproščenosti izbrancev pri obeh tehnologijah. Razlik pa nismo dokazali med izbranci listavcev; niti v minimalni ($p = 0,0595$) niti v maksimalni ($p = 0,2078$) sproščenosti.

Preglednica 16: Rezultati U testa za vse izbrance in samo za izbrance listavcev

Sproščenost	Način	N (vsi)	Povp.	U	p	N (list.)	Povp.	U	p
Minimalna	Klasičen	371	7,87	57337,5	0,0190	186	6,9	19433,5	0,0595
	Strojni	344	6,45			234	6,2		
Maksimalna	Klasičen	371	18,76	56195,5	0,0058	186	16,07	20205,5	0,2078
	Strojni	344	14,77			234	12,95		

5.2.4 Svetlobne razmere v sestoju

Meritve so pokazale, da je vrednost mediane relativnega direktnega sevanja (FDIR) v sestojih pri strojni 10,13 % ter pri klasični sečnji 9,30 %. Mediana vrednosti indirektnega sevanja (FDIF) pa znaša pri strojni 12,93 % in pri klasični sečnji 11,70 % (preglednica 17). V neredčenih sestojih sta obe vrednosti nižji, in sicer vrednost mediane FDIR 5,71 % in vrednost mediane FDIF 9,21 %.

Preglednica 17: Število meritev in mediana direktnega ter indirektnega sevanja po načinu ukrepanja

Način ukrepa	Št. meritev	Mediana FDIR (%)	Mediana FDIF (%)
Brez ukrepa	5	5,71	9,21
Klasičen način	5	9,30	11,70
Strojni način	16	10,13	12,93
Skupaj	26	9,41	10,84

Meritve svetlobe kažejo na večjo sproščenost v sestojih, v katerih se je izvajala strojna sečnja in spravilo, kar smo pričakovali, ker je bila jakost odkazila pri strojni sečnji in spravilu za 2 % večja. Prav tako smo pričakovali, da bo povprečna vrednost direktne in difuzne svetlobe v neredčenih sestojih precej manjša kot v redčenih sestojih, kar smo z meritvami tudi potrdili.

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

S študijo gojitvenih vidikov uporabe strojne in klasične tehnologije za sečnjo ter spravilo lesa smo dobili odgovore na določena vprašanja, ki se pojavljajo ob uvajanju te nove tehnologije v slovenskih gozdovih.

Da bi se problema lotili čimbolj objektivno, smo objekt raziskave razdelili na štiri sorazmerno enake dele oz. stratum in manjši peti stratum, v katerem nismo izvedli redčenja. Ta neredčeni del bo služil morebitnim nadaljnim raziskavam kot objekt primerjave. V dveh stratumih (1 in 3) smo izvedli sečnjo s strojem za sečnjo Timberjack 1270D in spravilo lesa z zgibnim polprikoličarjem Timberjack 1010D. V stratumih 2 in 4 so posek izvedli sekači, spravilo pa traktorist s traktorjem John Deere tipa 4045TL272.

Metoda ocenjevanja poškodb, ki smo jo uporabili, je za raziskovalne namene dovolj obsežna in natančna, za operativno rabo pa neprimerna, ker zahteva preveč dela in čas dveh popisovalcev. Razvoj metode en mož - en dan bi bil torej smiseln in upravičen. Tako poenostavljena praktična metoda mora zadostiti potrebi po objektivni in hitri oceni negativnih vplivov izvedene sečnje in spravila. Zanimivo metodo za ocenjevanje poškodb po strojni sečnji in spravilu izvajajo na avstrijskem Štajerskem (Ofner, 2005). Bonus - Malus sistem je del pogodbe o izvedbi del, na podlagi katerega izvajalca del nagradijo oz. kaznujejo pri preveliki poškodovanosti sestojev po sečnji in spravilu. Po izvedbi del se ob sečnih poteh na obeh straneh v pasu 2 m popiše poškodovanost dreves. Poškodovanim drevesom se glede na drevesno vrsto in velikost poškodbe pripiše ponder. Seštevek ponderjev mora znašati pod 10, da izvajalec del dobi nagrado v višini 2 % dogovorjenega plačila. V nasprotnem primeru mu odvzamejo 1 % dogovorjenega plačila. Od kar uporabljajo to metodo, se je delež poškodb zmanjšal, zaupanje lastnikov v to tehnologijo pa je naraslo.

Metoda za ocenjevanje sproščenosti je nova. Dorekli smo jo na objektu samem, zato njene izsledke ne moremo primerjati z drugimi. Metoda je dovolj hitra in objektivna, saj meri

opazovano lastnost. Sama metoda ne zahteva dveh popisovalcev, ker pa smo jo izvajali skupaj z metodo ocenjevanja poškodb, smo povprečno na ploskev porabili 40 min.

Čeprav znaša po površini delež sečnih poti 12,29 %, delež traktorskih vlak pa samo 4,13 %, je bila tako za sečne poti kot za vlake posekana približno enaka zaloga lesa (324 oz. 330 m³), česar nismo pričakovali. Od posamezne zaloge na sekundarnih prometnicah smo na sečnih poteh analizirali 32 %, na vlakah pa 45 % izbrancev. Temeljni razlog za takšno razliko je, da traktorska vlaka ni enaka sečni poti. Ker so bile vlake največkrat speljane po plastnicah in grajene z bagrom, so imele poleg 3 m širokega vozišča še odkopno in nasipno brežino, tako da je celotno telo vlake v širino merilo več kot 3 m. Sečne poti v večini primerov niso bile grajene, zato so bile široke toliko kot sta potrebovala stroj za sečnjo in zgibni polprikoličar (3 m). Ker smo ta dejstva upoštevali pri označevanju drevja na sekundarnih prometnicah, smo za vlake označili toliko več dreves kot za sečne poti. Da smo na sečnih poteh označili manjši delež potencialnih izbrancev kot na vlakah, lahko utemeljimo s tem, da so sečne poti fleksibilnejše od vlak. Pri načrtovanju sečnih poti se lahko izognemo določenim potencialnim izbrancem, medtem ko vlaka ne more nenehno spreminjati smeri, da se po njej lahko brez večjih posledic na sestoji vlači les, ki je praviloma daljši od 4 m.

Jakost redčenja pri strojni sečnji in spravilu ni bila veliko večja (25,3 %) od jakosti pri klasični sečnji in spravilu (23,3 %). V razvojni stopnji drogovnjaka in tanjšega debeljaka je 25 % jakost primerna, za potrebe strojne tehnologije pa večja intenziteta ni potrebna. Domnevamo, da je delež pri strojni tehnologiji za 2 % večji zato, ker smo v teh sestojih označili več polnilnega sloja, da bi strojnik lahko posekal konkurente.

S poškodbami dreves pri sečnji in spravilu so se do sedaj ukvarjali že mnogi raziskovalci. Način odkrivanja poškodb se je v tem času spreminjal, vsem raziskavam pa so skupni nekateri kazalci poškodb dreves kot so poškodovanost dreves, poškodovanost izbrancev, velikost ter razmestitev poškodb.

V našem primeru je bila poškodovanost po sečnji in spravilu na klasičen 18,92 %, na strojni način pa kar 31,56 %. Značilne razlike v poškodovanosti smo pokazali tudi z U

testom ($p = 0,0008$). Pri dosedanjih tehnologijah v Sloveniji znaša neposredno po sečnji in spravilu v najširšem povprečju 24 % na novo poškodovanega drevja, vključno s starimi poškodbami pa 60 % (Košir, 2002). Po strojni sečnji in spravilu (Košir in Robek, 2000) pa znaša poškodovanost sestojev 10 %, kar je še vedno več kot v tujini, kjer znaša poškodovanost okoli 6 % (Fröding, 1988).

Glede velikosti poškodb tudi nismo potrdili postavljene hipoteze. Predvidevali smo, da bo velikost poškodb pri strojni sečnji in spravilu manjša kot pri klasični tehnologiji. Ker so večje poškodbe bolj nevarne za drevo (Torelli, 2001), smo v U test zajeli deleže poškodovanosti ploskev, v katerih so upoštevana drevesa s poškodovanostjo nad 50 cm². U test je pokazal, da značilnih razlik v poškodovanosti med obema tehnologijama ni, če upoštevamo poškodbe nad 50 cm². Ker nismo pokazali značilnih razlik v poškodovanosti nad 50 cm², sklepamo, da tudi značilnih razlik v poškodovanosti do 50 cm² ni.



Slika 8: Poškodbe na koreničniku (Foto: Jurij Diaci)

Tudi druge hipoteze nismo v celoti potrdili. Res je pri strojni sečnji največ poškodb na deblu (82,28 %), vendar pa je še vedno veliko poškodb na koreničniku in koreninah (skupaj 15,61 %). Na sliki 8 lahko vidimo enega izmed vzrokov za poškodovanosti na

koreničniku. Poleg zarez v koreničniku smo opazali še poškodbe na koreninah, povzročene z gosenicami, in odrgnine, ki so nastale pri krojenju in zlaganju sortimentov.

Pri klasični sečnji in spravilu je delež poškodb na deblu pričakovan (skoraj 60 %). Pri dosedanjih raziskavah (Južnič, 1984; Kljun in Poje, 2001), je bilo na deblu več kot polovica vseh poškodb (51 % oz. 61 %), sledile so poškodbe koreničnika (okoli 20 %) in korenin (do 10 %). Naše meritve po klasični sečnji in spravilu so pokazale podobno sliko, saj je bila ugotovljena poškodovanost koreničnika skoraj 34 %, korenin pa dobrih 5 %.

Če predpostavimo, da je mreža izbrancev enakomerno razporejena po sestoji, lahko trdimo, da je 16,71 % izbrancev poškodovanih po klasični in 27,03 % po strojni sečnji in spravilu. Število izbrancev na ha znaša v povprečju 319. Če je ciljno število izbrancev 200 na ha, bomo lahko ta poškodovana drevesa posekali v naslednjih redčenjih ob predpostavki, da v prihodnje pri sečnji in spravilu ne bo prihajalo do večje poškodovanosti.

Vzrokov za tako veliko poškodovanost pri strojni tehnologiji sečnje in spravila lesa je lahko več:

- izurjenost strojnikov za stroj za sečnjo in zgibni polprikoličar,
- organizacija dela,
- terenske, sestojne in vremenske razmere,
- uporaba neprimerne stroja.

Dejstvo je, da strojniki Gozdnega gospodarstva Bled d.d. niso še dovolj izurjeni v svojem delu, še posebej ne v listavcih, saj je bil to tudi za njih prvi objekt z listavci. Strojniki imajo le nekajdnevni tečaj na simulatorju in od takrat delajo na stroju.

Tudi organizacija dela ni bila v skladu z ergonomskimi priporočili. Strojnika sta se menjavala na tri dni, v teh treh dneh pa je posamezni strojnik na stroju delal od 6 h zjutraj do 22 h zvečer, v celotnem dnevu pa je imel le uro časa za kosilo. Menimo, da takega urnika ne bi zmoglo večina delavcev v večini poklicev, kajti to delo je psihomotorično, senzorično in kognitivno zelo zahtevno (Malovrh, 2004).

Terenske razmere so bile normalne, saj nakloni pobočij niso presegali 20° , sečne poti pa so bile speljane tako, da ni bilo bočnih naklonov. S tega vidika bi stroj moral priti v vse dele načrtovanega poseka. Z vzorčnimi ploskvami smo zajeli tri ploskve, v katere stroj ni šel, po opazanjih pa je bilo teh površin več, saj so po končani sečnji za strojem sekači posekali še 150 m^3 lesa (10 % odkazila za strojno sečnjo), katerega je traktorist spravili do kamionske ceste. Res je bilo označenih kar nekaj dreves, za katere smo vedeli, da jih stroj ne bo posekal, ker so imela premer nad 40 cm, vendar smo med spremljanjem strojnika opazili, da ne spušča samo teh dreves. Za strojem so ostajala označena drevesa, ki so bila na doseg roke, medtem ko je po nepotrebnem sekal tudi izbrance. Večkrat je strojnik spustil tanjša drevesa polnilnega sloja, pa tudi konkurente, ki so resno utesnjevali izbrance. Res da so sestojne razmere v listavcih manj ugodne za strojno sečnjo kot v iglavcih, ker je več polnilnega sloja, vendar to ni izgovor za to, da označena drevesa niso bila posekana.

Žal nam tudi vreme ni bilo naklonjeno, saj je bilo v času sečnje in spravila nenavadno veliko deževnih dni, tako da se je posek in spravilo izvajalo še v novembru. Tla so bila razmočena in ko je imel strojnik prvič težave priti iz vrtače ven, se je v nadaljnjem le teh izogibal.

Ni pomembno le poznati vzroke za nastale poškodbe, temveč predvsem obseg poškodb v sestojih, ki pa je odvisen od številnih dejavnikov (Košir, 2000). Dejstvo je, da je poškodovanost sestojev po sečnji in spravilu lesa prevelika tudi v najboljših primerih. Prav bi bilo, da bi tudi za oceno poškodb prilagodili metodo opazovanja tako, da bi bilo mogoče z vzorci ocenjevati poškodovanost sestojev in ugotavljati poškodovanost v časovnih intervalih ter preverjati, kakšne sadove rodijo naši ukrepi.

Statistična analiza je pokazala, da obstajajo značilne razlike v sproščenosti izbrancev med obema tehnologijama, če zajamemo vse izbrance na ploskvah. Če vzamemo v analizo samo listavce, pa značilnih razlik ni. Ker je asimetrična sproščenost večji problem pri listavcih, lahko trdimo, da strojna tehnologija ne vpliva na povečano asimetrično sproščenost izbrancev. Metoda ocenjevanja sproščenosti izbrancev je celo pokazala, da znaša povprečje maksimalne sproščenosti ob sečnih poteh 26 % oboda krošnje, ob vlakah pa kar 42 %. Čeprav se ob sečnih poteh nahaja tri krat več (29 %) izbrancev kot ob vlakah

(9 %), pa so ti v povprečju maksimalno sproščeni z 26 % oboda krošnje, kar ne predstavlja težav pri asimetrični sproščenosti. Torej smo ovrgli hipotezo, da je asimetrična sproščenost izbrancev večja ob sečnih poteh kot ob vlakah.

Čeprav je večji delež sečnih poti in tudi večja povprečna vrednost direktne svetlobe (FDIR = 10,13 %) v sestojih po strojni sečnji in spravilu, pa statistična analiza ni pokazala značilnih razlik v sproščenosti izbrancev listavcev. Razlog je v pripravi dela. Najprej smo označili sekundarne prometnice (tako vlake kot sečne poti), na njih pa navezali mrežo izbrancev. Če bi najprej izvedli odkazilo in nato označili drevje na sekundarnih prometnicah, bi se dogajalo, da bi bilo ob sečnih poteh po nepotrebnem označenih veliko konkurentov. Tako pa smo primerna drevesa ob sečnih poteh izbrali za izbrance ter jim na nasprotni strani krošnje označili konkurenta, če je bilo potrebno, saj so imela krošnje na sečno pot tako že sproščene.

6.1 NAPOTKI ZA OPERATIVO

Preden se odločimo za uporabo strojne sečnje in spravila, moramo temeljito razmisliti o terenskih in sestojnih razmerah, ki vladajo na objektu, v katerem nameravamo redčiti. Tem razmeram pa moramo najti najprimernejšo tehnologijo in metodo dela.

Prva in zelo pomembna faza je priprava dela. Izdelati je potrebno temeljiti gozdnogojitveni in sečno pravilni načrt. Objekt oz. oddelek ali odsek razdelimo na primerno velike sečno pravilne enote, v katerih položimo mrežo sečnih poti. V primeru strojne sečnje v listavcih je potrebno sečne poti posebej označiti, saj bi v nasprotnem primeru lahko prihajalo do prevelikih vrzel. Strojnik iz kabine ne more dovolj dobro oceniti, katero drevo je konkurent in katero izbranec, še posebej če je temu delu priučen in nima gozdarske izobrazbe.

Z odkazilom oz. označevanjem dreves za posek pričnemo po tem, ko smo označili sečne poti, da ne prihaja do nepotrebnega preodkazila in s tem izgube časa ter materiala (barva). Pri odkazilu pazimo na to, da ob sečnih poteh ne označujemo konkurentov, da dodatno ne izgublamo prostora, saj imajo izbrana drevesa na sečno pot že dovolj sproščene krošnje.

Mrežo izbrancev torej čimbolj prilagodimo z mrežo sečnih poti, tako da optimalno izkoristimo prostor in potencialne izbrance. Pri določanju izbrancev pa moramo vselej upoštevati kakovost debla in krošnje, dimenzijsko razmerje, oddaljenost od sosednjega izbranca in ustreznost drevesne vrste.

Za uspešno izvajanje strojne sečnje in spravila je potrebno strojnikom na stroju za sečnjo in zgibnem polprikoličarju izročiti načrt oddelka z vrisanimi prometnicami in pomožnimi skladišči ter z njim prehoditi oddelek, da dobijo boljšo prostorsko predstavo o objektu. Tako se tudi izognemo izgovorom kot so: nisem vedel, nisem videl, bom jutri, ...

Ves čas poteka sečnje in spravila je potreben nadzor s strani delodajalca kot tudi s strani javne gozdarske službe. Sodelovanje med izvajalcem in ZGS mora biti na višjem nivoju. Strojnika je potrebno opozoriti na morebitne spremembe, mu pokazati napake in povedati naše pripombe. Preverjati bi bilo potrebno pravilnost izvedbe; ali je strojnik posekal vse konkurente in da ni dodatno sekal tudi izbrance. Spremljati bi bilo potrebno poškodovanost dreves, lahko naključno na izbranih mestih ali ob sečnih poteh kot je v navadi v Avstriji (Ofner, 2005).

Le s temeljito pripravo dela in nadzorom dela je moč preprečiti negativne posledice, ki lahko nastanejo na tleh, sestoju in nenazadnje na ljudeh, ki to delo opravljajo in na tistih, ki delo pripravljajo.

7 POVZETEK

S približevanjem Slovenije razvitemu svetu postaja tudi v slovenskih gozdovih strojna sečnja realnost. Vzeti jo moramo kot dejstvo, ji postaviti okvirje in uporabiti v korist lastnikom, delavcem kot tudi gozdu.

Prizadevanja za tehnološki napredek morajo tudi v gozdarstvu povezovati tako ekonomske, ergonomске, tehnološke kot tudi okoljske vidike. Vsak od teh vidikov je pomemben, idealno pa je, če jih lahko povežemo in zagotovimo, da učinkujejo sinergijsko.

Od julija do oktobra 2005 smo na raziskovalnem objektu v GGE Mirna gora načrtovali in izvedli prvi poskus strojne sečnje ter spravila v sestojih s prevladujočimi listavci v Sloveniji. Študija je bila narejena na pobudo ZGS ob prirejanju delavnice »Strojna sečnja v sestojih listavcev«, ki se je izvajala na istem objektu 16. sept. 2005. Za namene raziskave smo objekt razdelili na pet stratumov. V petem stratumu nismo ukrepali, dva stratuma (1 in 3) sta bila namenjena strojni in dva (2 in 4) klasični tehnologiji sečnje in spravila lesa.

V enakih rastiščnih, sestojni in terenskih razmerah smo želeli primerjati novo tehnologijo (sečnja s strojem za sečnjo in spravilo z zgibnim polprikoličarjem) z dosedanja tehnologijo (sečnja z motorno žago in spravilo s prilagojenim kmetijskim traktorjem) pridobivanja lesa. Namen študije gojitvenih vidikov uporabe strojne sečnje za redčenje sestojev s prevladujočimi listavci je bil pridobiti podatke o določenih gojitvenih posledicah uporabe obeh tehnologij. Predvsem smo želeli poiskati morebitne razlike v poškodovanosti sestojev in sproščenosti izbrancev. Zanimal nas je vpliv sekundarnih prometnic na mrežo in število izbrancev ter na asimetrično sproščenost izbrancev, predvsem pri listavcih.

Skupaj smo pred ukrepom na celotni površini oddelka postavili 63 ploskev, na katerih smo analizirali drevesa glede na drevesno vrsto, socialni položaj in prsni premer. Po ukrepu smo ponovno analizirali ploskve, tokrat glede poškodovanosti vseh dreves po Koširjevi metodi in sproščenosti izbrancev. Na nekaj mestih smo posneli tudi svetlobne razmere v sestoju.

Intenzivnost redčenj je znašala pri strojni 25,3 % in pri klasični sečnji 23,3 %. Za potrebe vlak smo označili 324 m³ oz. 21,34 % odkazila, na sečnih poteh pa 330 m³ ali 22,19 % odkazila.

Z analiz dreves na vzorčnih ploskvah smo izračunali 18,92 % poškodovanost po klasični in 31,56 % po strojni sečnji in spravilu. Od 408 poškodovanih dreves je 37,99 % izbrancev, od teh pa je 87,10 % na novo poškodovanih. Delež na novo poškodovanih dreves znaša pri klasični 78,94 % in strojni sečnji in spravilu 85,65 %.

Glede na položaj dreves v sestoji je bilo 24 % dreves analiziranih ob sečnih poteh in 7 % ob vlakah. Poškodovanost ob sečnih poteh je znašala 31,65 % glede na poškodovana drevesa in 8,30 % glede na vsa drevesa v sestoji. Poškodovanost ob vlakah je znašala 7 % oz. 3,19 %, če upoštevamo vsa drevesa v sestoji.

Po mestu poškodb prevladuje deblo, pri klasični 59,65 % in strojni sečnji in spravilu 82,28 %. Po rangi sledi koreničnik, korenine, krošnja in nazadnje veje na deblu.

Delež poškodovanih dreves po velikostnih razredih se spreminja, njihov rang pa ni enak pri obema tehnologijama. Pri klasični je največ poškodb v razredu 51-100 cm², pri strojni sečnji in spravilu pa v razredu 31-50 cm². Z U testom smo pokazali, da ni značilnih razlik ($p = 0,5585$) v površini poškodovanosti med tehnologijama, če vzamemo poškodovanost dreves nad 50 cm².

Hipoteza, da so izbranci po strojni sečnji bolj asimetrično sproščeni kot po klasični sečnji, delno drži, če zajamemo vse izbrance. Če primerjamo samo izbrance listavcev, pa razlik ni. Povprečna maksimalna sproščenost izbrancev znaša ob sečnih poteh 26 % oboda krošnje, ob vlakah pa kar 42 %.

Vrednost direktne svetlobe v sestoji pri klasični tehnologiji znaša 9,30 %, pri strojni tehnologiji pa 10,13 %. Vrednost difuzne svetlobe je pri klasični 11,7 % in pri strojni tehnologiji 12,93 %. V neredčenih sestojih znaša vrednost direktne svetlobe 5,71 % in indirektna 9,21 %.

Strojna sečnja in spravilo sta se do sedaj na nekaj primerih v Sloveniji (Košir in Robek, 2000; Delavec, 2003) izkazala za primerno tehnologijo. Tudi v našem primeru smo prišli do ugodnih rezultatov v primeru vpliva sečnih poti na izbrance, sproščenosti izbrancev ter svetlobnih razmer. Poškodovanost sestojev po novi tehnologiji pa naj nam bo v opomin, da moramo v bodoče pri izvajanju sečnje in spravila zahtevati izurjenost strojnikov, natančnost izvajanja, primerno organizacijo dela in večji nadzor dela.

Slovenski način gospodarjenja je med naprednejšimi, zato ni razloga, da bi premišljevali o spremembi naše doktrine gospodarjenja z gozdovi, temveč o spremembi prakse njenega izvajanja.

8 LITERATURA

Beguš J. 2002. Analiza pogledov stroke do uvajanja strojne sečnje v Sloveniji. V: Strojna sečnja v Sloveniji- zbornik ob posvetovanju. Ljubljana, GZS, Združenje za gozdarstvo: 83-97.

Delavec J. 2003. Primerjava strojne in klasične tehnologije sečnje in spravila lesa: dipl. delo, visok. str. št. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 67 str.

Diaci J., Magajna B. 2002. Nekatere predhodne gozdnogojitvene usmeritve pri uvajanju strojne sečnje v Sloveniji. V: Strojna sečnja v Sloveniji- zbornik ob posvetovanju, Ljubljana, GZS, Združenje za gozdarstvo: 33-47.

Držaj A., Šolar S. 2005. Strojna sečnja v sestojih listavcev: delavnica o strojni sečnji, Oddelek 3, Gozdnogospodarska enota Mirna gora, Krajevna enota Črnomelj, Območna enota Novo mesto, 16.9.2005. Novo mesto, Zavod za gozdove Slovenije: 13 str.

Gozdnogojitveni in sečnospravični načrt za oddelek 3. Gozdnogospodarska enota Mirna gora, Krajevna enota Črnomelj. 2005. Novo mesto, Zavod za gozdove Slovenije, KE Črnomelj. September.

Gozdnogospodarski načrt za gospodarsko enoto Sredgora-Bukova gora za leto 1958-1967. 1958. Novo mesto, Gozdno gospodarstvo Novo mesto, Gozdni obrat Črnomelj.

Gozdnogospodarski načrt za gospodarsko enoto Mirna gora za leto 1968-1967. 1968. Novo mesto, Gozdno gospodarstvo Novo mesto, Gozdni obrat Črnomelj.

Gozdnogospodarski načrt za gospodarsko enoto Mirna gora za leto 1979-1988. 1979. Novo mesto, Gozdno gospodarstvo Novo mesto, Gozdni obrat Črnomelj.

Gozdnogospodarski načrt za gospodarsko enoto Mirna gora za leto 1989-1998. 1989. Novo mesto, Gozdno gospodarstvo Novo mesto, Gozdni obrat Črnomelj.

Gozdnogospodarski načrt za gospodarsko enoto Mirna gora za leto 1999-2008. 1999. Novo mesto, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Novo mesto, Krajevna enota Črnomelj.

Eriksson L. 1979. Strip roads and damages caused by machines when thinning stands- Results from the Swedish National Forest Survey for 1978 and 1979. Rapport (Sveriges Landbruks-universitet, Institut for skogsteknik, Garpenberg), 137: 44 str.

Fröding A. 1988. Thinning damage- a study of 403 stands in Sweden in 1988. V: Rapport (Sveriges Landbruks-universitet, Institut for skogsteknik, Garpenberg), 193: 45 str.

Južnič B. 1984. Poškodbe pri sečnji in spravilu lesa v bukovih drogovnjakih: dipl. delo .(Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 75 str.

Kljun J., Poje A. 2001. Mehanske poškodbe sestoja in gozdnih prometnic na visokem krasu pri sečnji in spravilu lesa s traktorjem IWAFUJI T-41. Gozdarski vestnik 59, 3: 66-82.

Košir B. 1998. Presoja koncepta zgodnjih redčenj z vidika porabe energije in poškodb sestojev. V: Zbornik gozdarstva in lesarstva, 56: 55-71.

Košir B. 2000. Primerjava rezultatov modela poškodb drevja v sestoju zaradi pridobivanja lesa in rezultatov terenskih opazovanj. V: Zbornik gozdarstva in lesarstva, 62: 53-86.

Košir B., Robek R. 2000. Značilnosti poškodb drevja in tal pri redčenju sestojev s tehnologijo strojne sečnje na primeru delovišča Žekanec. V: Zbornik gozdarstva in lesarstva, 62: 87-115.

- Košir B. 2002. Vpliv strojne sečnje na sestoj in gozdna tla. V: Strojna sečnja v Sloveniji-zbornik ob posvetovanju. Ljubljana, GZS, Združenje za gozdarstvo: 66-82.
- Košir B. 2004a. Dejavniki razvoja tehnoloških sprememb. V: Gozdarski vestnik, 62, 1: 3-11.
- Košir B. 2004b. Priprava dela za strojno sečnjo. V: Gozdarski vestnik, 62, 1: 25-31
- Kotar M. 2003. Gozdarski priročnik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 413 str.
- Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije in zavod za gozdove Slovenije: 500 str.
- Krč J., Diaci J. 2001. Ocenjevanje nujnosti negovalnih del v mlajših razvojnih fazah gozda z metodo večkratnega vrednotenja. V: Zbornik gozdarstva in lesarstva, 65: 59-81.
- Krč J. 2002. Sestojne in terenske možnosti za strojno sečnjo v Sloveniji. V: Strojna sečnja v Sloveniji – zbornik ob posvetovanju. Ljubljana, GZS, Združenje za gozdarstvo: 21-32.
- Krč J., Košir B. 2003. Presoja različic omejitev rabe strojne sečnje lesa z vidika terenskih in sestojnih razmer v Sloveniji. V: Zbornik gozdarstva in lesarstva, 71: 5-18.
- Malovrh Š. 2004. Analiza učinkovitosti učenja strojnika na stroju za sečnjo: dipl. delo..(Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 48 str.
- Ofner H. 2005. Bonus-/Malus-System für Harvestereinsätze. BFW- Praxixinformation, 7: 13-14.

- Papac B. 1992. Prostorska in časovna predstavitev nastanka poškodb pri sečnji in spravilu lesa s traktorjem: dipl. delo. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 79 str.
- Polenšek M. 2005. Velikost in oblika krošnje pri bukvi (*Fagus sylvatica*) in smreki (*Picea abies*): dipl. Delo. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 62 str.
- Rebula E. 2003. Strojna sečnja v Sloveniji, Razmišljanja ob posvetovanju. V: Gozdarski vestnik, 61, 2: 51-52.
- Rebula, E., Kotar, M. 2005. Dejavniki, ki vplivajo na vrednost bukovine. V: Gozdarski vestnik, 63, 2: 99-108.
- Scand J. 2000. Damage to picea abies regeneration after final cutting of shelterwood with single- and duble- grip harvester systems. Scandinavian Journal of Forest Research, 15: 274-283.
- Scand J. 2002. Survival and growth of picea abies regeneration after shalterwood removal with single- and duble- grip harvester systems. Scandinavian Journal of Forest Research, 17: 417-426.
- Škulj J. 2004. Poškodovanost smreke in razvoj gozdnega sestoja na raziskovalni ploskvi na Mašunu: dipl. Delo. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 38 str.
- Šolar S. 1994. Nastanek poškodb v sestoju po miniranju ter sečnji in spravilu lesa. Dipl. delo. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 75 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojemu mentorju prof. dr. Juriju Diaciju za strokovno vodstvo pri izdelavi diplomske naloge. Iskrena hvala recenzentu prof. dr. Boštjanu Koširju za koristne nasvete pri obdelavi podatkov in za strokovne popravke pri sami diplomski nalogi. Hvala tudi Dušanu Rožengergarju in Mitji Ferlanu za pomoč pri terenskemu snemanju in obdelavi podatkov.

Posebej se zahvaljujem ekipi Krajevne enote Črnomelj; za vso dodatno delo, ki so ga imeli zaradi izdelave diplomske naloge. Še posebej hvala Sandiju Šolarju za nasvete in strokovno vodenje terenskega dela poteka študije in Janiju Štručlju za izdelavo kart. Hvala, ker ste mi omogočili, da sem lahko svoje znanje med študijskimi počitnicami izpopolnjevala z vami.

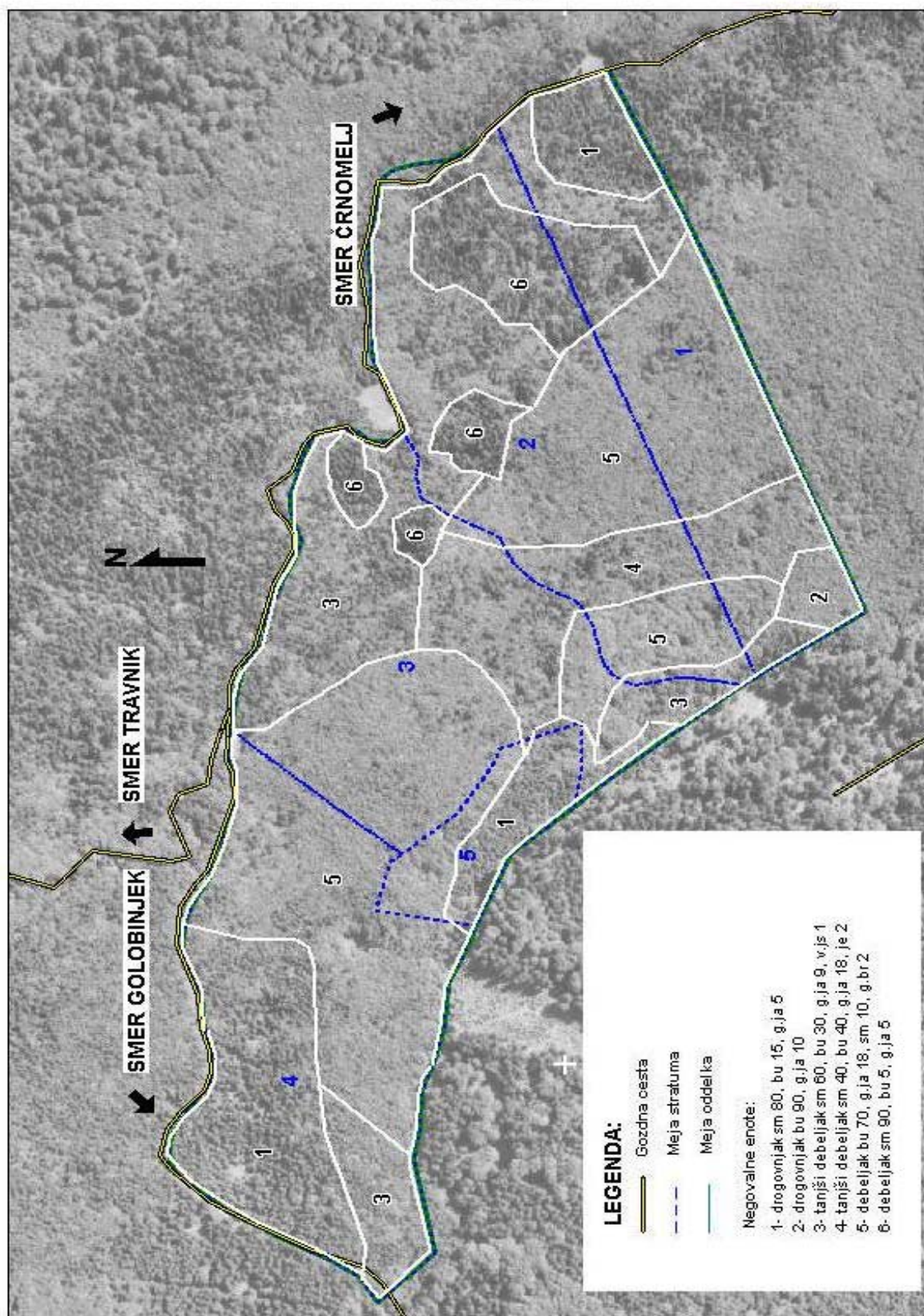
Zahvala gre tudi vsem ostalim, ki so mi kakorkoli pomagali pri nastajanju diplomskega dela.

Posebej hvala mojim staršem za vso podporo pri študiju.

PRILOGE:

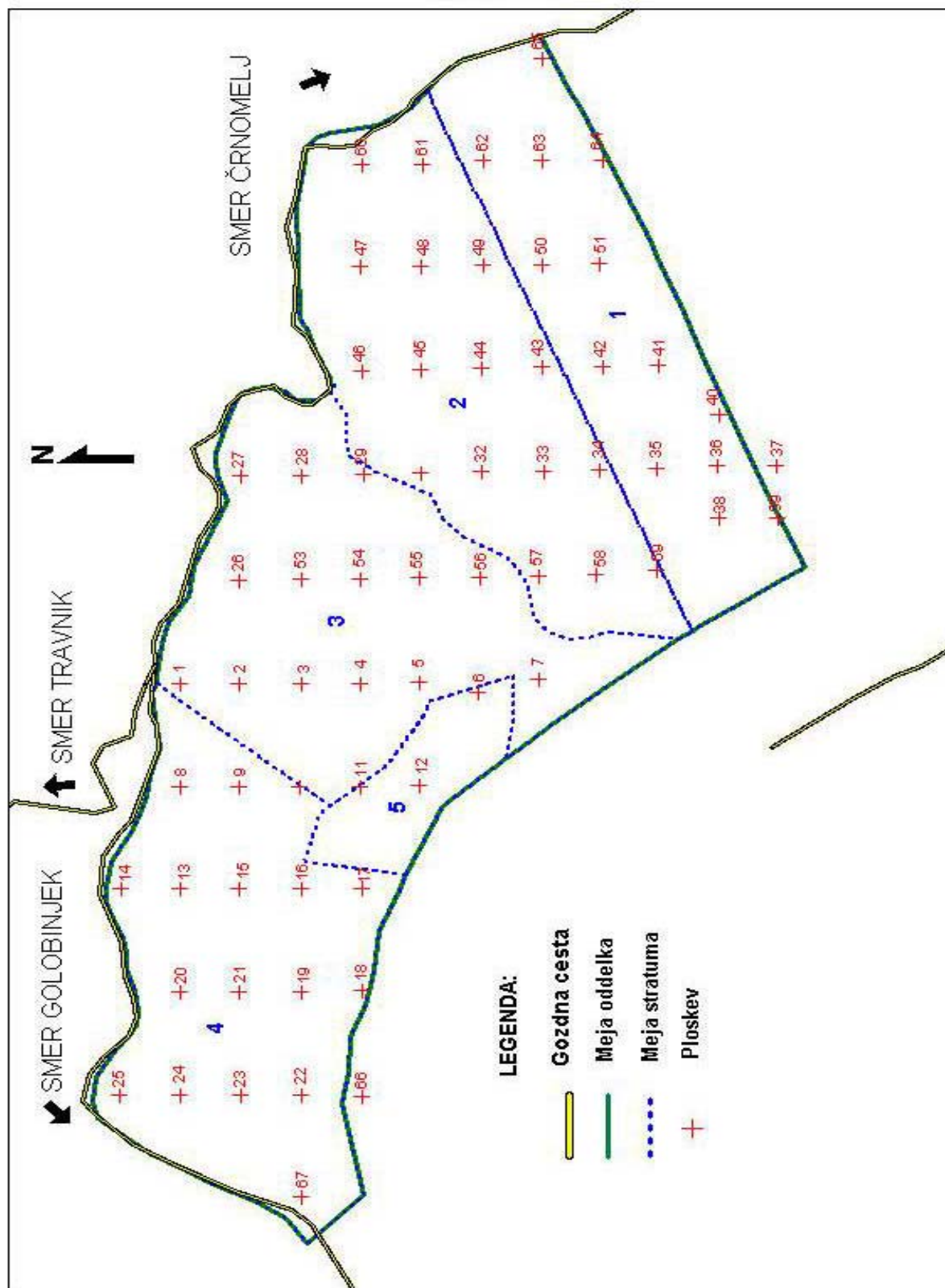
PRILOGA A: Sestojna karta oddelka 3 v merilu 1 : 5000

SESTOJNA KARTA M 1 : 5000



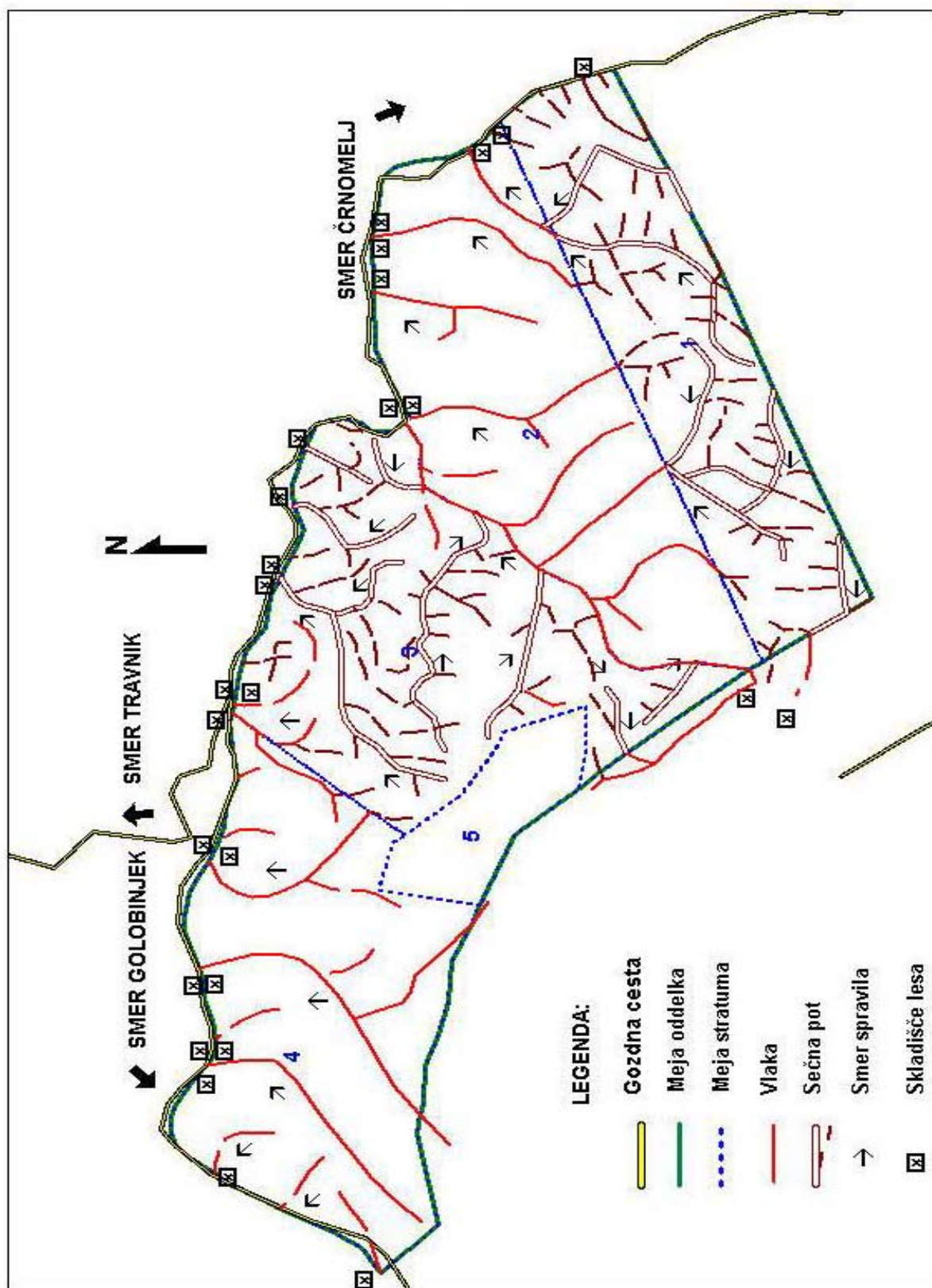
PRILOGA B: Karta oddelka 3 z vzorčnim ploskvami v merilu 1: 5000

PLOSKVE V ODD 3
M 1 : 5000

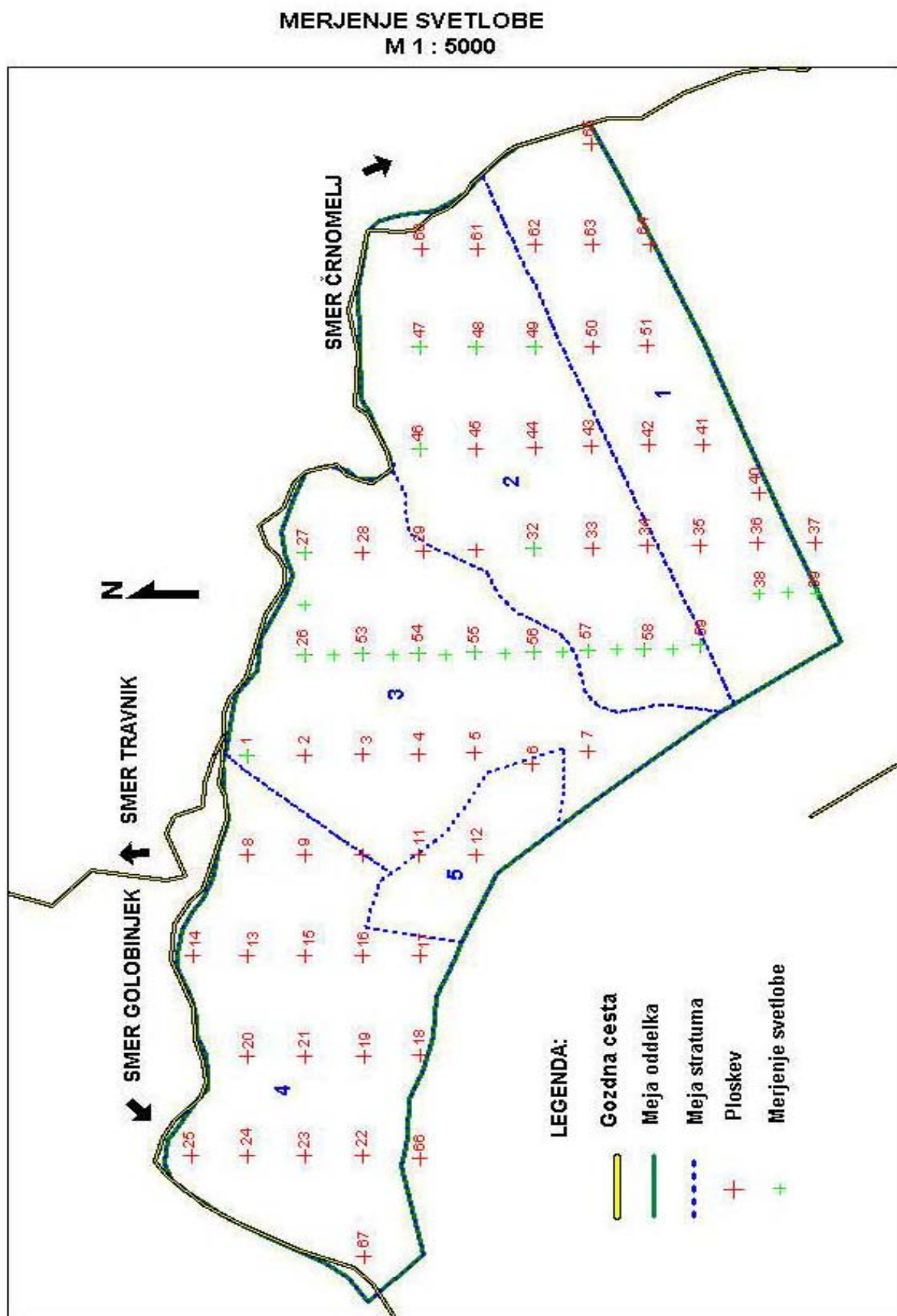


PRILOGA C: Karta prometnic v oddelku 3 v merilu 1: 5000

PROMETNICE
 M 1 : 5000



PRILOGA D: Karta s točkami merjenja svetlobe v oddelku 3 v merilu 1: 5000



PRILOGA E: Snemalni list za vzorčenje pred ukrepom

Št. ploskve _____ Odd: 3 _____ Stratum: (1, 2, 3, 4, 5)

R = _____ m Nagib: _____ ° Ekspozicija:

Azimet: _____ Razdalja: _____ m Razvojna faza:

Zap. št.	Drev. vrsta	Nosilec	Konk.	Indif.	Zap. št	Drev. vrsta	Nosilec	Konk.	Indif.
1					30				
2					31				
3					32				
4					33				
5					34				
6					35				
7					36				
8					37				
9					38				
10					39				
11					40				
12					41				
13					42				
14					43				
15					44				
16					45				
17					46				
18					47				
19					48				
20					49				
21					50				
22					51				
23					52				
24					53				
25					54				
26					55				
27					56				
28					57				
29					58				

Datum :

Snemalec:

PRILOGA F: Snemalni list za popis poškodb drevja v sestoji in sproščenosti izbrancev

Datum snemanja: **Odd:** **Št. ploskve:** **R=**

Snemalca:

Drev. vrsta	Socialni položaj	Položaj v sestoji	Velikost poškod.	Starost poškod.	Mesto poškod.	Min	Maks	Šifrant
								Velikost poškodbe:
								1 - Nepoškodovano
								2 - 10 - 30 cm ²
								3 - 31 - 50cm ²
								4 - 51 - 100 cm ²
								5 - 101 - 200 cm ²
								6 - nad 200 cm ²
								Starost poškodbe:
								0 - Ni poškodbe
								1 - Nova poškodba
								2 - Stara poškodba
								3 - Nova + Stara poškod.
								Mesto poškodbe:
								1 - Krošnja
								2 - Veje na deblu
								3 - Deblo
								4 - Koreničnik
								5 - Korenine
								Položaj v sestoji:
								1 - Ob prometnici
								2 - V sestoji
								Socialni položaj:
								95 - Izbranec
								97 - Indiferenten
								98 - Neposekan konkurent pri strojni sečnji
								99 - Dodatno posekano drevo
								100 - Neposekan konkurent pri klasični sečnji
								Opombe:

