

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

JANEZ ZBIČAJNIK

**ORGANIZACIJA PROCESA PROIZVODNJE LESNE
BIOMASE ZA OSKRBO POTREB DRUŽBE ENERGETIKA
D.O.O.**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2014

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

Janez ZBIČAJNIK

**ORGANIZACIJA PROCESA PROIZVODNJE LESNE BIOMASE ZA
OSKRBO POTREB DRUŽBE ENERGETIKA D.O.O.**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**ORGANIZATION OF WOOD BIOMASS PRODUCTION PROCESS FOR THE
SUPPLIER'S *ENERGETIKA LLC* DEMANDS**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2014

Diplomska naloga je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala izr. prof. dr. Janeza Krča, za recenzenta pa doc. dr. Jurija Marenčeta.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Janez Zbičajnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn

DK GDK 79:839(043.2)=163.6

KG lesna biomasa/organizacija proizvodnje/zasebna podjetja

KK

AV ZBIČAJNIK, Janez

SA KRČ, Janez (mentor)

KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83

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

LI 2014

IN ORGANIZACIJA PROCESA PROIZVODNJE LESNE BIOMASE ZA OSKRBO POTREB
DRUŽBE ENERGETIKA D.O.O.

TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)

OP VIII, 59 str., 20 pregl., 11 sl., 3 pril., 25 vir.

IJ sl

JI sl/en

AI

Diplomsko delo obravnava razpoložljive količine lesne biomase ter časovno in ekonomsko analizo po obstoječih in perspektivnih načinih pridobivanja lesne biomase, primerne za potrebe gospodarske družbe Energetika d.o.o. Analiza količin lesne biomase po sestojih, debelinskih razredih in razvojnih fazah je pokazala, da je lesne biomase dovolj, vendar je trenutno slabo izkoriščena. Odkazano drevje iz obdobja od 2007 do 2009 je bilo razdeljeno na dva dela, in sicer glede na vzrok odkazila na A in C odločbe. Analiza je pokazala, da je pridobivanje samo za lesno biomaso tako časovno kot tudi ekonomsko neučinkovito. Obstoječi način spravila in sečnje je bil primerjan tudi s strojno sečnjo, ki pa je skoraj za polovico cenejša kot obstoječa tehnologija.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
 DC FDC 79:839:(043.2)=163.6
 CX Wood biomass/production process /private company
 CC
 AU ZBIČAJNIK, Janez
 AA KRČ, Janez (mentor)
 PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
 PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources
 PY 2014
 TI ORGANIZATION OF WOOD BIOMASS PRODUCTION PROCESS FOR THE SUPPLIER'S *ENERGETIKA LLC* DEMANDS
 DT Graduation Thesis (University studies)
 NO VIII, 59 p., 20 tab., 11 fig., 3 ann., 25 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB

This diploma thesis is about available amounts of wood biomass and chronological as well as economic analysis of existent and prospective means of producing wood biomass suitable for the needs of the company Energetika LLC. The analysis of wood biomass based on stands, diameter class and development phases has shown that there is more than enough wood biomass; however it is currently insufficiently used. The marked trees from the period were divided into two parts, A and C, based on the cause of the mark. The analysis has also shown that the production of merely wood biomass is time consuming and economically inefficient. Furthermore, the existent motor manual wood cutting was compared to mechanized wood cutting. The latter is a lot cheaper than the former.

KAZALO VSEBINE

Ključna informacijska dokumentacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic.....	VI
Kazalo slik.....	VII
Kazalo prilog.....	VIII
 1 UVOD	 1
1.1 NAMEN NALOGE.....	2
1.2 DOSEDANJE RAZISKAVE	3
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	6
2 PREDSTAVITEV MOŽNIH TEHNOLOŠKIH REŠITEV IN POTENCIALOV LESNE BIOMASE.....	7
2.1 PRIDOBIVANJE LESA ZA ENERGETSKO RABO PRI REDČENJIH.....	10
2.2 PRIDOBIVANJE LESA ZA ENERGETSKO RABO PRI KONČNI SEČNJI.....	11
2.3 TRANSPORT.....	12
2.4 LESNA BIOMASA V SLOVENIJI.....	16
2.5 POTENCIALI LESNE BIOMASE UPORABNE V ENERGETSKE NAMENE.....	18
3 METODE DELA.....	21
4 REZULTATI.....	22
4.1 GOZDNI FONDI NA VPLIVNEM OBMOČJU ENERGETIKE d.o.o.	22
4.2 PRIMERJAVA NAČINA SPRAVILA.....	31
4.3 REZULTATI KALKULACIJ STROŠKOV GOZDARSKIH DEL	35
4.3.1 Rezultati spravila.....	37
4.3.2 Sečnja z motorno žago	41
4.3.3 Strojna sečnja	43
4.3.4 Prevoz oblega lesa in sekancev	45
4.3.5 Skupni stroški procesa proizvodnje lesne biomase	47
5 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	54
6 POVZETEK	58
7 LITERATURA IN VIRI	60
8 ZAHVALA.....	62
9 PRILOGE	63

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Površina gozdov po lastništvu (Zavod za gozdove, 2012)	22
Preglednica 2: Površina gozdov (ha) v GGE Slovenj Gradec, glede na razvojno fazo (Zavod za gozdove, 2012).....	22
Preglednica 3: Lesna zaloga in njena sestava po skupinah DV in debelinskih razredih	23
Preglednica 4: Letni prirastek gozdov in njegova sestava po debelinskih razredih	25
Preglednica 5: Dejanska količina odkazanega drevja v KE Mislinja v obdobju 2007 do 2011	26
Preglednica 6: Po vrstah sečenj (redne, slučajni, sanacije) in drevesnih vrstah v KE Mislinja.....	27
Preglednica 7: Količina lesne biomase pri C odločbah za obdobje 2007-2011.....	28
Preglednica 8: Količina lesne biomase pri A odločbah za obdobje 2007-2011	29
Preglednica 9: Število odsekov (primerjava med obstoječim in perspektivnim načinom spravila)	31
Preglednica 10: Spravilo lesa za 3, 4, 5 debelinsko stopnjo v KE Mislinja	37
Preglednica 11: Spravilo lesa v KE Mislinja	39
Preglednica 12: Strošek spravila z zgibnim polprikoličarjem Timberjack 1010.....	40
Preglednica 13: Strošek sečnje po A in C odločbi v KE Mislinja	41
Preglednica 14: Sečnja v KE Mislinja	42
Preglednica 15: Strojna sečnja v KE Mislinja v obdobju 2007 do 2009	43
Preglednica 16: Poraba časa (min/m^3) za različne tehnologije sečnje in spravila lesa.....	44
Preglednica 17: Razdalja odsekov do državne ceste Mislinja - Dravograd.....	45
Preglednica 18: Stroški posamezne delovne faze procesa proizvodnje lesne biomase za KE Mislinja	47
Preglednica 19: Kombinacije tehnoloških verig	49
Preglednica 20: Spravilne razmere v GGO Slovenj Gradec (Zavod za gozdove, 2012).....	55

KAZALO SLIK

Slika 1: Tehnološke verige proizvodnje lesne biomase (Krajnc in sod., 2003).....	8
Slika 2: Kombinirani stroj HSM 805F Kurzchassis v obliki sedlastega traktorja pri spravilu dolgega lesa	14
Slika 3: Kombinirani stroj HSM 805F Kurzchassis zbira in odvažja sortimente, do dolžine 7 metrov.....	15
Slika 4: Struktura rabe okroglega lesa (Krajnc, Piškur, 2006)	17
Slika 5: Primerjava obstoječega in perspektivnega načina spravila	32
Slika 6: Teren primeren za strojno sečnjo v KE Mislinja.....	33
Slika 7: Pridobljeni sortimenti iz redne sečnje v KE Mislinja.....	33
Slika 8: Sestoj debeljakov v KE Mislinja	34
Slika 9: Skupni stroški procesa proizvodnje lesne biomase	51
Slika 10: Najcenejša kombinacija procesa proizvodnje lesne biomase	52
Slika 11: Najdražja kombinacija procesa proizvodnje lesne biomase	53

KAZALO PRILOG

Priloga A: Obstoječi način spravila	63
Priloga B: Perspektivni način spravila	64
Priloga C: Izračuni kalkulacij posameznih gozdarskih strojev	65

1 UVOD

Gozd, kateri prekriva več kot 58,5 % Slovenije, ima številne vloge, od ekoloških, varovalnih in socialnih do proizvodne. Ustrezna struktura gozdov pomembno vpliva na naše okolje kot tudi na počutje. Les iz gozdov pa pomeni vir surovine lesni industriji, gradbeništvu in energetiki. Lesna biomasa poleg vode predstavlja najpomembnejši obnovljivi energetski vir v Sloveniji. Opazen je povečan obseg investicij v sodobne kotle za pridobivanje elektrike in toplote, predvsem zaradi višanja cen fosilnih goriv. Kot domač vir energije je pomemben predvsem za regionalni razvoj in daje možnost odpiranja novih delovnih mest, kot tudi dodaten zaslužek za lastnike gozdnih zemljišč. Vendar pa Slovenija, kot tretja najbolj gozdnata evropska država, zaostaja za skandinavskimi državami kot tudi za Avstrijo, na področju metod in priprave izkoriščanja lesne biomase za energetske namene.

Različne analize kažejo na to, da naj bi letno v Sloveniji v energetske namene porabili 1.400.000 m³, skupaj z iglavci pa naj bi bilo te lesne biomase primerne za proizvodnjo energije 2.150.000 m³ (Humar, 2008). Program izrabe lesne biomase predvideva, da bo raba lesne biomase z izvedbo programa narasla za dodatnih 500.000 m³ (Operativni program ..., 2007). Dejansko pa ne obstajajo natančne študije, kakšne bodo socialno-ekonomske posledice izvedbe programa in kako bo program vplival na trg lesa v Sloveniji.

Za gospodarski in družbeni razvoj je ključnega pomena dostopnost in način rabe različnih virov energije. Med proizvodnjo energije in trajnostnim razvojem je tesna povezava. Trajnostni razvoj v energetiki in zagotavljanju toplote tvori raba domačih – obnovljivih virov energije, njihovo trajnostno izkoriščanje ter razvoj sodobnih učinkovitih tehnologij.

Predvsem pa so potrebne spremembe v miselnosti, v načinu življenja, v zavedanju in ozaveščenosti. V prihodnosti bodo želje po ohranjanju okolja, ekonomskem razvoju ter enakosti (med različnimi deli sveta) pospešile rabo obnovljivih virov.

1.1 NAMEN NALOGE

Gozdnogospodarska družba Slovenj Gradec je ustanovila družbo za energetiko z željo oskrbovati sušilnico lesa s toploto in hkratnim oddajanjem električne energije v omrežje. V sklopu tega projekta je bilo potrebno preveriti, katera tehnologija pridobivanja lesne biomase bi bila ekonomsko in tehnično najboljša. Proizvodni sistem pridobivanja lesa so posodobili z nakupom zgibnega prikoličarja HSM 805F Kurzchassis.

Predpostavljamo, da je na območju delovanja GG Slovenj Gradec dovolj lesne biomase za izdelavo lesnih sekancev, katerih proizvodnjo pa je potrebno uskladiti tako, da bo učinek optimalen. Cilj naloge je ugotoviti razpoložljive količine lesne biomase, ki nastajajo pri pridobivanju gozdnih lesnih proizvodov ter časovno in stroškovno analizo procesov, ki so potrebni pri zagotavljanju surovine za proizvodnjo toplotne in električne energije v podjetju Energetika d.o.o. Namen naloge je tudi odkrivanje kritičnih točk v delovnih procesih in stroškovna primerjava priprave sekancev v gozdu po obstoječih in novih tehnologijah pridobivanja lesa. Evidentirati je potrebno tudi razpoložljivost količin lesne biomase po vrstah sečenj in sestojev.

1.2 DOSEDANJE RAZISKAVE

Intenzivno raziskovalno delo na področju rabe lesne biomase se je začelo v sedemdesetih letih, v času intenzivnih raziskav po svetu in v Evropi na področju ocenjevanja potencialov biomase tako iz gozdov kot tudi s kmetijskih površin. V osemdesetih letih je bil velik napredek narejen na področju tehnologij rabe lesne biomase. Posebno pozornost izkoriščanju lesa in lesnih ostankov iz gozda so namenile skandinavske države na čelu s Švedsko, vendar je bil v prvem obdobju predvsem poudarek na proizvodnji industrijske toplote, ki je pridobljena iz surovine, katera nastaja pri sečnji v gozdu.

V devetdesetih letih je raba biomase postala nekaj vsakdanjega. Delež lesne biomase v primarni energiji je naraščal tako v razvitih kot tudi v nerazvitih deželah (Trossero in sod., 1998).

Po podatkih International Energy Agency (v nadaljevanju IEA) je bilo leta 1992 iz biomase proizvedeno 610 Mtoe (1 toe-količina energije, ki se sprosti pri gorenju 1 tone surove nafte, 1 toe = 11,63 MWh) energije, v letu 1971 pa le 343 Mtoe, kar pomeni 3,7 % letno rast. Razlike med razvitim in nerazvitim svetom se pojavljajo v načinu proizvodnje in rabe lesne biomase, saj večino le-te v državah nerazvitega sveta porabijo v energetske namene. Največji delež svetovne proizvodnje lesne biomase so porabili v devetdesetih v Aziji (44 % svetovne proizvodnje), sledijo Afrika (21 %) ter Južna in Srednja Amerika (12 %) (Trossero in sod., 1998).

V zadnjem desetletju je bilo opravljenih veliko raziskav o potencialih biomase in možnosti njihove izrabe. V Evropi so se z raziskovanjem ukvarjali različni avtorji, med njimi pa so na primer Ericsson in Nilsson, Bentsen in Felber, Elbersen in Startisky ter sodelavci. Glavni namen raziskav je bil identificirati različne vire biomase ter predvideti vse dejavnike, ki vplivajo na njeno dostopnost ter nadaljnjo uporabo.

V Sloveniji se veliko raziskav o potencialu lesne biomase v gozdnem prostoru navezuje z raziskovalnim delom o strojni sečnji. Uvajanje tehnologij strojne sečnje in izkoriščanje sečnih ostankov (Košir, 2009) je eno izmed takšnih poročil. V tem poročilu so zasledovali

naslednje cilje: izdelati pregled in učinkovitost tehnologij okroglega lesa ter gozdnih lesnih sekancev, ugotoviti ekonomičnost tehnologij strojne sečnje in tehnologij izdelave gozdnih lesnih sekancev ter predstaviti pozitivne in negativne vidike povečane rabe biomase za energetske namene. V delu prihaja Košir do naslednjih zaključkov:

- razmere v slovenskih gozdovih so primerne za strojno sečnjo po sortimentni ali drevesni metodi,
- rešitev za optimalen izkoristek lesa iz gozda je v kombinaciji strojne sečnje in izkoriščanjem lesne biomase za energijo,
- v Sloveniji je lesne biomase za energijo dovolj, vendar je premalo izkoriščena, načini pridobivanja ter predelava pa premalo razviti,
- zaradi razpršenosti in majhne koncentracije lesne biomase (sečni ostanki predstavljajo okoli 10 % odkazanega drevja) predstavlja proizvodnja lesne biomase problem, tako tehnološki kot tudi ekonomski,
- strojna sečnja je smiselna le tam, kjer je visoka koncentracija poseka in posledično več lesne biomase,
- sestojni premer mora biti nad 20 cm, da je izkoriščanje za potrebe energije ekonomsko upravičeno. Pod tem pragom pa so stroški ne glede na drevesno vrsto preveliki.

J. Krč in B. Košir (2002) sta v raziskavi Sestojne in terenske možnosti strojne sečnje v Sloveniji ugotavljala potencialne površine gozdov, ki po terenskih in sestojnih značilnostih omogočajo izvedbo strojne sečnje v Sloveniji. S pomočjo podatkov gozdarskega informacijskega sistema in računalniškega programa, ki omogoča izbor poljubnih kombinacij vrednosti vplivnih dejavnikov ugotavljata in analizirata primerne površine za uporabo strojne sečnje. Pri tem sta v osnovni verziji upoštevala omejitvene vrednosti vplivnih dejavnikov (naklon terena $< 30\%$, mešanost sestojev $> 70\%$ iglavcev, skalovitost $< 50\%$ in relief, kjer sta izključila vrtačast svet), kateri ne smejo preseči določene vrednosti. Ugotovila sta, da je po osnovni verziji tako primernih površin v Sloveniji le 10% , kar znaša le 150000 m^3 . Poleg terenskih in sestojnih vplivnih dejavnikov sta vključila tudi potrebno izkoriščenost delovnega stroja na letni ravni, ki glede na predvidene učinke opravlja določen obseg dela. Glede na izbrane kriterije in sedanjo jakost možnega

poseka to dosega le GG Bled. V primeru bolj ohlapnih različic upoštevanja omejitev oz. kriterijev za izbiro primernih površin pa se GG Bledu pridružijo še površine na katerih gospodarijo GG Kočevje, GG Postojna in GG Maribor (Krč in Košir, 2002).

Številne, zlasti tuje izkušnje, kažejo, da je najbolj smotrna raba tehnologije strojne sečnje v iglastih gozdovih in na manjših naklonih terena (do 30 %), čeprav je poznano, da v Avstriji (Berger, 2003) postavljajo zgornji prag naklona terena še višje (do 60 %). To delovno območje omogoča predvsem s stroškovnega in tudi z ekološkega vidika optimalno izkoriščenost kapacitet strojne sečnje lesa. Za sečnjo potrebujemo »običajne« stroje za sečnjo brez goseničnih verig ali celo nog. Na takšnih terenih lahko poteka spravilo lesa praviloma z zgibnimi polprikoličarji (Krč in Košir, 2003).

Janez Polanc v svojem magistrskem delu Lesni in gozdni ostanki kot gorivo iz pridobljenih rezultatov ugotavlja, da je pridobivanje gozdnih sečnih ostankov, če gledamo samo z ekonomskega vidika, smiselno. V izogib konfliktom mnenj gozdarskih strokovnjakov o omejitvah izrabe gozdnih sečnih ostankov, so se v nalogi odločili za združitev nemškega modela izračuna stroškov za posamično sečišče ter švedski model izračuna količine pepela iz sečnih ostankov.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

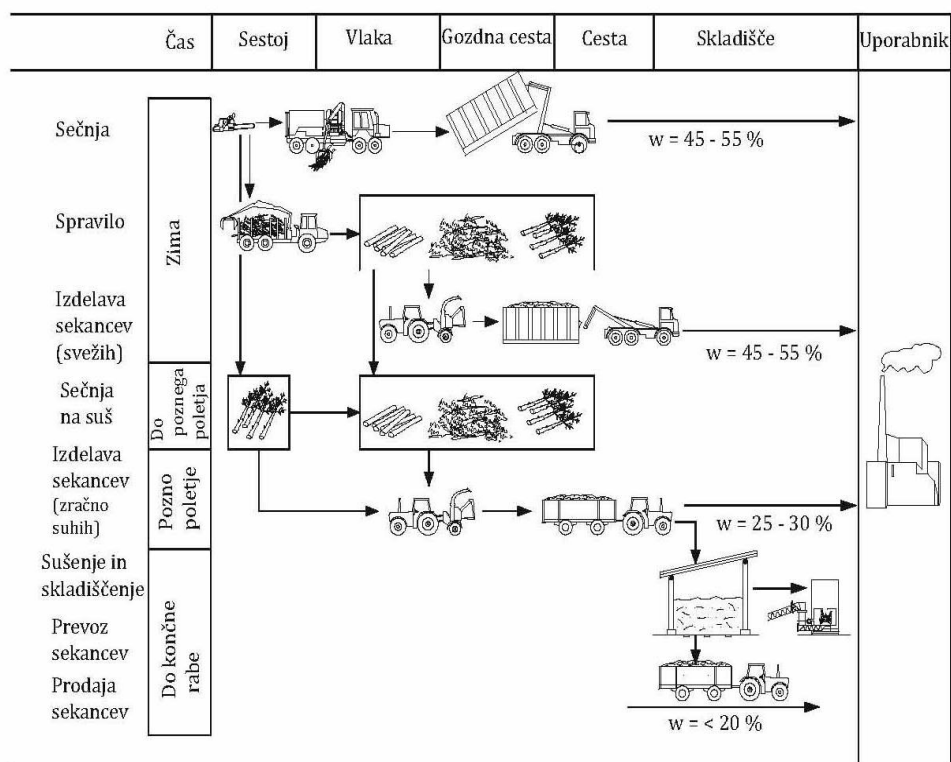
- ❖ V državnih gozdovih na območju delovanja gozdnogospodarske družbe je količinsko dovolj lesne biomase za proizvodnjo načrtovanih količin električne in toplotne energije.
- ❖ Možne sečnje listavcev so na območju z vidika zagotavljanja potreb po električni in toplotni energiji zanemarljive.
- ❖ Omrežje vlak in gozdnih cest na območju ni primerno za sodobno mehanizacijo.
- ❖ V odsekih, kjer je potrebno ročno predspravilo, je strošek dela višji od vrednosti lesa za energetska rabo.
- ❖ Sodobne tehnologije sečnje in spravila so stroškovno in časovno ugodnejše od klasičnih tehnologij.

2 PREDSTAVITEV MOŽNIH TEHNOLOŠKIH REŠITEV IN POTENCIALOV LESNE BIOMASE

Lesno gorivo lahko pridobimo iz sečnih ostankov (veje in vrhači), celih dreves iz redčenj ali pa iz krčitev za infrastrukturo (Richardson in sod., 2002).

Pri pridobivanju lesnih goriv neposredno iz gozdov lahko razlikujemo med naslednjimi delovnimi fazami (Krajnc, 2009):

- ❖ podiranje dreves,
- ❖ izdelava gozdnih sortimentov: kleščanje vej in vrha ter krojenje gozdnih lesnih sortimentov (žaganje debla na določene dolžine glede na zahteve trga ob upoštevanju kakovosti),
- ❖ vožnja ali zbiranje lesa do pravih poti,
- ❖ vožnja ali vlačenje lesa po gozdnih vlakih in cestah do vmesnega skladišča,
- ❖ prevoz lesa po gozdnih in javnih cestah,
- ❖ izdelava lesnih goriv (žaganje, cepljenje, sekanje, mletje).



Slika 1: Tehnološke verige proizvodnje lesne biomase (Krajnc in sod., 2003)

Strojna sečnja ima kar nekaj omejitev, ki jih je potrebno upoštevati, preden načrtujemo posek. Potrebno je upoštevati velikost stroja glede na sestoj, možne poškodbe tal in sestoja, drevesno debelino ter prevoznost sečišča.

Prednost strojne sečnje je predvsem v hitrejši izvedbi del, nižjih stroških in večjih učinkih na časovno enoto ter izdelanih sortimentih, ki so čistejši in bolj skoncentrirani po sečišču za nadaljnjo obdelavo. Predvsem pa je tehnologija strojne sečnje do gozdnih delavcev bolj varna in prijazna (ergonomsko) sprejemljivejša. Pravilna uporaba strojne sečnje po sedanjih izkušnjah povzroči manj poškodb na sestojih kot klasične tehnologije sečnje in spravila.

Mesto kleščenja vej bistveno vpliva na kasnejšo uporabnost oziroma ekonomičnost izkoriščanja sečnih ostankov (vejevja in vrhačev). Pri postopkih pridobivanja gozdnih proizvodov prepoznavamo dve glavni skupini delovnih sistemov:

- ❖ sistem kratkega lesa (ang. *SWS–Short Wood System*) oziroma sortimentna metoda sečnje: izdelava gozdnih sortimentov je opravljena na kraju sečnje, čemur sledi spravilo sortimentov do skladišča na gozdni cesti;
- ❖ sistem dolgega lesa, kjer ločimo debelno, poldebelno in drevesno metodo sečnje. Z vidika racionalnega pridobivanja in uporabe sečnih ostankov je pomembna drevesna metoda sečnje. Pri drevesni metodi sečnje (ang. *FTS–Full Tree System*) se po poseku drevo spravi do gozdne ceste ali vmesnega skladišča, kjer se opravi dodelava, kleščenje vej in eventualno krojenje. Zlasti z uvajanjem sodobnih strojev za sečnjo in spravilo se delež tega sistema v Evropi povečuje. V povezavi z uporabo sodobnih gozdnih žičnic s procesorji za izdelavo sortimentov je vedno pogostejša tudi uporaba drevesne metode, predvsem v alpskih območjih, kjer poteka žičniško spravilo lesa. Pri tej metodi se sečni ostanki (veje in vrhovi) zbirajo ob gozdni cesti ali na začasnem skladišču. Ker so zbrani na enem mestu, je izkoriščanje sečnih ostankov praviloma bolj ekonomično.

Od ustrezne izbire tehnologije pridobivanja lesnega kuriva je odvisna:

- ❖ kakovost kuriva,
- ❖ ekonomičnost pridobivanja.

Izbrana tehnologija je učinkovita le, če omogoča maksimalen izkoristek v lesu uskladiščene energije ob minimalnih stroških priprave po enoti proizvoda (Krajnc in Krajnc, 2003).

Ločimo lesno biomaso pridobljeno pri končnem poseku in biomaso pridobljeno pri redčenjih.

2.1 PRIDOBIVANJE LESA ZA ENERGETSKO RABO PRI REDČENJIH

Sečnja in spravilo v sestojih mlajših drogovnjakov predstavljata velik strošek v celotnem sistemu pridobivanja lesa za energetska rabo. Rešitev je racionalizacija rabe več različnih metod, s katerimi lahko zmanjšamo stroške sečnje. Ker vrhovi in veje vsebujejo visok delež biomase, sečnja majhnih celih dreves ni le stroškovno učinkovita, ampak je lahko tudi energetska vrednost večja. Ta prednost lahko razloži zgodnji razvoj visoko integriranega sistema za sečnjo v mladih sestojih. V skandinavskih državah so razvili različne tehnološke verige, katere je možno kombinirati med seboj, odvisno od tega kakšen končni proizvod je možno pridobiti iz redčenja. Tako se lahko loči tehnični les in les za biomaso na sečišču, na kamionski cesti ali pa pomožnem skladišču. Sečnja lesa za lesno biomaso po drevesni metodi je namenjena za redčenja v mlajših drogovnjakih in komercialna redčenja. Nižji logistični stroški in stroški celotnega procesa nastajajo, če sečnja koncentrira biomaso samo za en produkt, v tem primeru za pridobivanje energije (Richardson in sod., 2002).

Sečnja dreves pri prvem in drugem redčenju poteka strojno ali pa z motorno žago, les pa je namenjen le za proizvodnjo sekancev kar omogoča učinkovitejše logistične procese in s tem cenejši transport. Takšen izbor tehnologije pa po drugi strani draži skladiščenje lesa. Sistemi za pridobivanje lesne biomase se razlikujejo, veliko število variant pa nakazuje, da se sistem pridobivanja lesa za energetska rabo iz redčenj še vedno intenzivno razvija.

2.2 PRIDOBIVANJE LESA ZA ENERGETSKO RABO PRI KONČNI SEČNJI

Poleg lubja in lesnih ostankov, kateri nastanejo pri lesni industriji, so sečni ostanki, ki nastanejo pri sečnji, najbolj pomemben vir lesa za energetske rabo. Sečni ostanki, ki nastanejo pri končnem poseku, se z zgibnim polprikoličarjem zlagajo na kup pred, vzporedno ali za deblovino in jih v tuji literaturi imenujejo »brezplačni« ostanki na vlaki oziroma gozdni cesti (ang. *Residues free of charge on the roadsites*). Takšen način zlaganja sečnih ostankov omogoča pretok zraka in sušenje lesa ter omogoča, da listje oziroma iglice odpadejo in se s tem zmanjša količina pepela ter poveča kalorična vrednost. Priporočljivo je, da se sečne ostanke pusti sušiti na sečišču, saj tako večina hranil ostane na sečišču. Velikost kupov sečnih ostankov je odvisna od načina spravila ter sistema nakladanja. Iz izkušenj skandinavskih držav so kupi visoki približno dva metra ter tri metre široki pri vlažnosti 50-55 %, kasneje pa se pri vlažnosti 30 – 40 % skrčijo na 1,5 metra višine. Prav tako izkušnje iz skandinavskih držav kažejo, da se kupi sečnih ostankov ne smejo pustiti na sečišču po zgodnji jeseni, saj se bo vlažnost zopet povečala. Obstaja pa tudi možnost, da z zgibnim polprikoličarjem prepeljemo sečne ostanke zraven ali v bližino gozdne, kamionske ceste, kjer jih naložimo v kupe. Takšno začasno skladišče mora biti na odprtem, da lahko veter in sonce pomagata sušiti material. Kupi morajo biti obrnjeni proti predvidenim vetrovom, prav tako pa pokriti ter zavarovani pred dežjem in soncem. V skandinavskih državah so uvedli v proces pridobivanja nov postopek s cilindričnimi balami (ang. *composite residue logs- CRLs*). Bale imajo premer med 0,6 – 0,75 metra, dolžine 3 metre, tehtajo 400 – 600 kilogramov sveže snovi ter vsebujejo 1 MWh energije. Ta način oblikovanja biomase je zanimiv zaradi načina transporta in obdelave, ki je podobna kot pri okroglem lesu. Največja prednost takšnega načina je zmanjšanje prevoznih stroškov, slabost pa zmanjšanja kalorične vrednosti zaradi večjega deleža pepela, saj so v bali stisnjene tudi iglice ali listje ter drobne vejice. Pri nas tega principa pridobivanja lesne biomase še ni (Richardson in sod., 2002).

2.3 TRANSPORT

Pri izboru tehnologije je pomembno vprašanje transporta posamezne oblike lesa. Stroški prevoza naraščajo s prevozno razdaljo (Krajnc in Krajnc, 2003).

Prevoz sekancev se lahko začne že na sečišču, če se sekanci izdelujejo s strojem za sečnjo in sekalnikom ali z zgibnim polprikoličarjem, na katerem je nameščen sekalnik. V teh primerih se sekanci iz delovišča do gozdne ceste prevažajo v zabojnikih omenjenih strojev ali pa jih odvažajo z gibernimi polprikoličarji z nameščenim posebnim zabojnikom. Vsi ti stroji imajo možnost presipati vsebino zabojnika na tovorno vozilo ali njegovo (pol)prikolico, ki čaka ob gozdni cesti. Odvoz sekancev z delovišča se lahko opravi tudi s kmetijskimi traktorji in prikolicami, vendar se ta možnost v praksi največkrat pojavlja skupaj z manjšimi ali srednje velikimi sekalniki. Les, ki je bil predhodno zbran ob vlaki, se ročno ali z dvigalom dovaja v sekalnik, ta pa sekance vpihuje neposredno na prikolico. Opozoriti je potrebno, da je takšna organizacija zaradi omejenega prostora v gozdu (na vlaki) težko izvedljiva, je pa lahko gospodarna, če je transportna razdalja do skladišča sekancev pri porabniku manjša od 10 km. V obeh primerih na učinkovitost dela in s tem na stroške izdelave močno vpliva pravilna organizacija dela. Vsako čakanje enega stroja na drugega poveča stroške. Če je bil les spravljen do gozdne ceste z drevesno metodo, potem se lahko sekanci z različnimi sekalniki izdelajo na skladišču ob gozdni cesti, transport do skladišč ali uporabnikov pa se lahko opravi:

- s traktorji in kmetijskimi prikolicami (približno 10 nm^3 , s povišanimi stranicami približno 13 nm^3 , če sta pripeti dve prikolici, pa 20 oziroma 26 nm^3),
- s traktorji in posebnimi prikolicami za razsute tovore (do 50 nm^3),
- s kamioni prekucniki ali kamioni s prekucnimi prikolicami (do 80 nm^3),
- s kamioni vlačilci (do 90 nm^3).

Izbira transportnega sredstva mora biti prilagojena tudi dimenzijam in kapaciteti skladišča za nadaljnjo obdelavo ali skladiščenje sekancev. Zato je dimenzioniranje dovolj velikih

zalogovnikov za sekance že pred samo gradnjo kotlovnice na lesno biomaso zelo pomembno (Kovač, 2006).

Tuje izkušnje kažejo, da transport sekancev z manjšimi vozili do 20 km in s tovornjaki do 40 km bistveno ne vpliva na ceno sekancev, kar pomeni da je material cenovno dostopen iz lokalne samooskrbe. Transport surove ali predelane lesne biomase na večje razdalje običajno opravljamo po železnici (Butala in Turk, 1998).

Zaporedje delovnih procesov določajo tehnološka opremljenost, omejitve pri uporabi delovnih sredstev, teren, vremenski pogoji, obstoječa infrastruktura, drevesna ali sortimentna metoda pridobivanja gozdnih proizvodov, količina in vrsta lesne biomase (sečni ostanki, goli, drobni sortimenti iz gojitvenih del) ter količina in zelena končna oblika lesnega kuriva ter integracija vseh naštetih dejavnikov. Vse to pa vpliva tudi na skupne stroške priprave lesnega kuriva (Krajnc in Krajnc, 2003).

Izbira najbolj konkurenčne tehnologije za sečnjo potrebuje informacije o operativnem okolju in predvsem o dostopnosti biomase. Če je gostota materiala relativno nizka, so sistemi z visokim tovrnim volumnom primernejši od sistema z nizkim (npr. sekalnik z malim volumnom). Iz gojitvene perspektive sečnja za lesno gorivo vpliva na čas in potrebe po določenih negovalnih delih in tudi na prihodnji razvoj sestoja.

Z vidika stroškov zbiranja in nadaljnjega transporta so manj primerni ostanki gozdne proizvodnje (sečni ostanki) ali zelo droben les iz gojitvenih del. Koncentracija lesnih ostankov predelave lesa pa je odvisna od velikosti lesnopredelovalnih obratov in tehnologije predelave v posameznem obratu.

Odločili smo se, da primerjamo naslednje tehnološke verige pridobivanja lesne biomase ter strošek le teh:

- ❖ sečnja: motorna žaga, strojna sečnja,
- ❖ spravilo: prilagojeni kmetijski traktor, veliki gozdarski zgibnik, zgibni polprikoličar, žični žerjav,
- ❖ prevoz: gozdarski kamion, kamion prekucnik,
- ❖ izdelava sekancev: sekalnik z nakladalno napravo na traktorju, sekalnik na kamionu.



Slika 2: Kombinirani stroj HSM 805F v obliki sedlastega traktorja pri spravilu dolgega lesa



Slika 3: Kombinirani stroj HSM 805F Kurzchassis zbira in odvažata sortimente, do dolžine 7 metrov

V gozdarskem delu podjetja Gozdnega gospodarstva Slovenj Gradec so se odločili za posodobitev voznega parka za potrebe sečnje in spravila. V ta namen so kupili kombinirani stroj HSM 805F Kurzchassis, ki se lahko odvisno od namena uporabe in tehnologije uporablja v treh različicah: kot stroj za sečnjo, zgibni polprikolničar ali kot sedlasti traktor. Motor kombiniranega stroja HSM 805F Kurzchassis je znamke Mercedes Benz, OM 904 LA, štiri celinderski, turbo dizel, z močjo 129 KW. Masa samega stroja je 13,7 tone in je razporejena 60 % spredaj ter 40 % zadaj. Različica košare je kratka z višino 2,65 m, dolžino 3,25 m ter višino 1,85 m. Doseg dvigala je 8 metrov in lahko pri tej dolžini dvigne breme z maso 2,6 tone (HSM hohlenloher katalog, 2012).

2.4 LESNA BIOMASA V SLOVENIJI

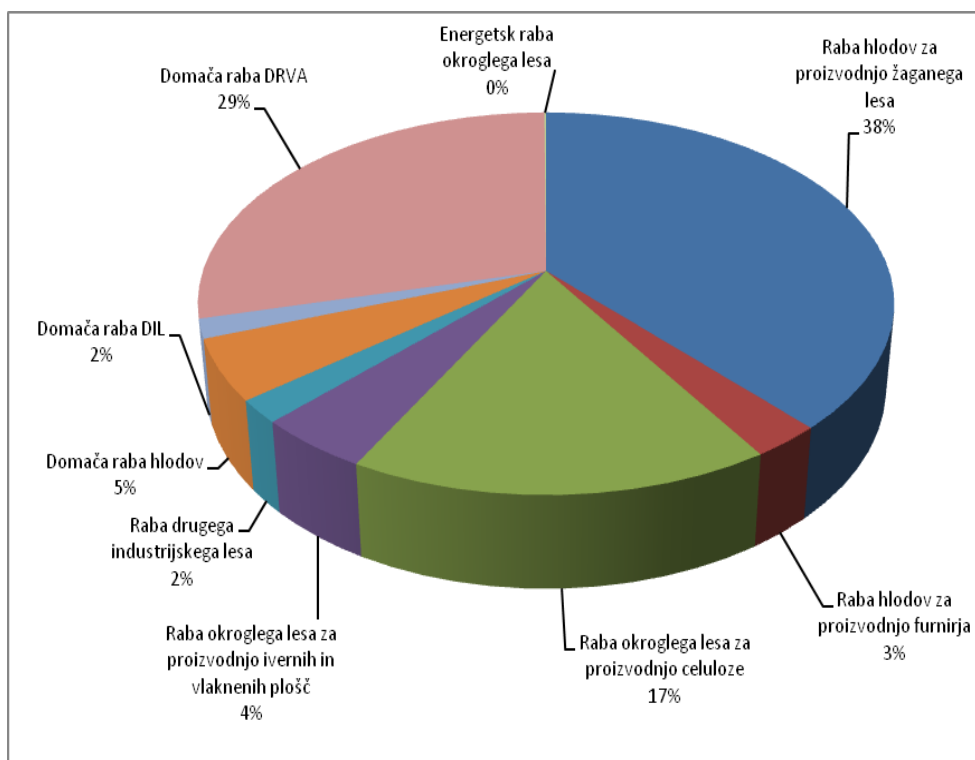
Od leta 1875, ko je gozd poraščal 36,4 % Slovenije, se je delež do današnjega leta povečal na 58,5 % ozemlja. Takšno povečanje pripisujemo opustitvi kmetijstva in zaraščanju kmetijskih površin. Na podlagi novih gozdnogospodarskih načrtov pa se je površina gozdov v zadnjih desetih letih zmanjšala za 800 ha in znaša 1,184,369 ha. Zmanjšanje gozdov, v katerih ima prednostno funkcijo lesno predelovalni vidik gre tudi na račun nove opredelitve gozdov po njihovem namenu. Tako znaša trenutna površina gospodarskih gozdov 1,075,521 ha, gozdnih rezervatov 9,600 ha in varovalnih gozdov 99,248 ha (Poročilo Zavoda ..., 2011).

Z upoštevanjem podatkov gozdnogospodarskih načrtov GGE, izdelanih v letu 2011, se je lesna zaloga slovenskih gozdov v absolutnem povečala za nekaj več kot 1 % in je ob koncu leta 2011 znašala 334.104.893 m³, povprečna lesna zaloga na hektar (upoštevajoč na novo zarasle površine) se je prav tako povečala za nekaj več kot 1 % in je ob koncu leta 2011 znašala 282,10 m³/ha (v letu 2010: 279,27 m³/ha, v letu 2009: 276,08 m³/ha). V t.i. gospodarskih gozdovih (večnamenski gozdovi in gozdovi s posebnim namenom, v katerih so gozdnogospodarski ukrepi dovoljeni), je povprečna lesna zaloga 291,06 m³/ha.

V Sloveniji se lesna zaloga povečuje, vendar je to povečanje selektivno, saj je nerealiziran predvsem posek lesa slabše kakovosti, ki pa je primeren za energetske namene (Krajnc in Kopše, 2005).

Slika 4 prikazuje strukturo rabe okroglega lesa v Sloveniji leta 2006. Opazimo lahko, da je poraba okroglega lesa za energetske namene nična, saj za isto lesno maso konkurirata tako industrija ivernih plošč, kot tudi papirna industrija. Velik delež rabe okroglega lesa pa predstavlja raba drv, kar nakazuje na tradicionalno obliko priprave lesa za ogrevanje.

Evidentirana poraba lesnih odpadkov v letu 2006 pa kaže na to, da se večina lesnih odpadkov porabi za proizvodnjo toplote v industriji, le devet odstotkov pa za proizvodnjo elektrike ter toplote.



Slika 4: Struktura rabe okroglega lesa (Krajnc in Piškur, 2006)

2.5 POTENCIALI LESNE BIOMASE UPORABNE V ENERGETSKE NAMENE

Letna nihanja poseka so delno tudi posledica obsega sanitarnih sečenj. Vzroki za sanitarni posek so napad insektov, poškodovanost sestojev zaradi vremenskih ujm (sneg, veter, žled), požari in bolezni. Sanitarni posek je del skupnega poseka drevja, le-ta ne sme preseči v gozdnogospodarskih načrtih določenega najvišjega možnega poseka (Operativni program ..., 2004).

Osnova za oceno potencialov lesne biomase iz gozdov so podatki o površini gozdov, lesnih zalogah, letnem prirastku, najvišjem možnem poseku ter predvideni sestavi sortimentov in lastniški strukturi gozdov. Potenciale lesne biomase ocenjujemo lahko v državi, po občinah, lokalnih skupnostih ali za posamezne objekte. Za potrebe načrtovanja posameznih biomasnih sistemov je nujna ločena ocena virov v neposredni okolici, ki so v resnici na voljo, pa tudi analiza lokalnega trga in posebna analiza cen (Operativni program ..., 2004).

Viri lesne biomase iz gozda, uporabni v energetske namene so (Krajnc in Kovač, 2003):

- ❖ redni posek (sortimenti slabše kakovosti),
- ❖ sečni ostanki (vejevina in vrhači nad 5 cm premera),
- ❖ redčenja (drobni sortimenti),
- ❖ premene,
- ❖ sanitarne sečnje.

Druga kategorija virov lesne biomase je zunaj gozdna lesna biomasa. Sem spada biomasa iz urbanih in kmetijskih površin, lesni ostanki primarne in sekundarne predelave ter odpaden oziroma odslužen les.

Dejanski razpoložljivi potencial pa je manjši od teoretičnega zaradi naslednjih dejavnikov (Krajnc in Pogačnik, 2000):

1. načel gospodarjenja z gozdovi - upoštevamo smernice, cilje in ukrepe predvidene v gozdnogospodarskih načrtih,

2. tehnologij pridobivanja in rabe lesne biomase - opremljenost in usposobljenost lastnikov gozdov in gozdarskih podjetji za pridobivanje lesne biomase,
3. trga gozdnih lesnih proizvodov - razmerje med stroški pridobivanja in ceno lesne biomase oz. posameznih gozdnih lesnih sortimentov na trgu,
4. socio-ekonomskih razmer lastnikov gozdov - značilnosti posameznih socioekonomskih kategorij lastnikov gozdov in iz tega izhajajoč odnos do gozda.

Za potrebe po energiji bi lahko ob trenutnem stanju v slovenskih gozdovih pridobili še okoli 1 milijon m³ lesa. Projekcije razvoja slovenskih gozdov kažejo na akumuliranje prirastka do leta 2020, kar pomeni, da bi lahko pridobili še več lesa primerne za energetske namene, ne da bi pri tem zmanjšali količine lesa namenjenega za papirno industrijo in industrijo ivernih plošč. Potencial lesa iz gozdov, ki bi ga bilo mogoče izkoristiti za energetske namene, je odvisen tudi od razvoja tehnologij za pridobivanje gozdnih lesnih sortimentov ter uspešnosti uvajanja sodobnih tehnologij (Operativni program ..., 2004).

Po analizi Zavoda za gozdove Slovenije naj bi bil skupni potencial gozdov:

- ❖ 840.000 m³/leto oz. 7,4 PJ/leto, če kot potencial upoštevamo le povprečje realiziranega poseka listavcev slabše kakovosti (le tiste listavce, ki se najpogosteje uporabljajo za kurjavo: bukev, robinija, hrast, idr.),
- ❖ 1.300.000 m³/leto oz. 11,4 PJ/leto, če kot potencial upoštevamo realiziran posek sortimentov slabše kakovosti in drobni les vseh drevesnih vrst (vključno z iglavci),
- ❖ 1.400.000 m³/leto oz. 12,3 PJ/leto, če kot potencial upoštevamo dopustni posek listavcev slabše kakovosti (le tiste listavce, ki jih najpogosteje uporabljajo za kurjavo: bukev, robinija, hrast, idr.),
- ❖ 2.150.000 m³/leto oz. 18,9 PJ/leto, če kot potencial upoštevamo dopustni posek sortimentov slabše kakovosti in droben les vseh drevesnih vrst (vključno z iglavci) (Operativni program ..., 2004).

Analize kažejo, da je na hektar gozda 0,6 do 1,4 m³ na leto nekakovostnega lesa in ostankov. V povprečju lahko upoštevamo 1 m³ skupaj na hektar gozdne površine, ki je lahko namenjena za energetske namene (Butala in Turk, 1998).

3 METODE DELA

Naloga bazira na podlagi zbranih podatkov s strani Zavoda za gozdove in je narejena za Krajevno enoto Mislinja v območni enoti Slovenj Gradec. To enoto smo izbrali zaradi največjega deleža državnih gozdov in relativne bližine do toplotne postaje.

Podatke za nalogo smo pridobili iz računalniške aplikacije Timber, ki jo uporablja gozdarski informacijski sistem Zavoda za gozdove Slovenije. Na osnovi izdanih odločb smo pridobili podatke o vrsti sečenj, količini odkazanega drevja ter debelinski strukturi za obdobje od 2007 do 2011. Osredotočili smo se na prve tri debelinske razrede, v katerih pričakujemo največ lesne biomase, ne glede na vrsto izdane odločbe (A ali C). Opravili smo primerjavo različnih tehnologij pridobivanja lesne biomase in sicer tako, da smo menjavali stroje in načine tehnologije z namenom, da bi odkrili, katera je ekonomsko in časovno najučinkovitejša. Pri strojni sečnji pa smo upoštevali priporočeno koncentracijo odkazanega drevja na enoto površine in izločili določene odseke, ki so za strojno sečnjo primerni ter naredili primerjavo z obstoječo tehnologijo pridobivanja lesne biomase.

4 REZULTATI

4.1 GOZDNI FONDI NA VPLIVNEM OBMOČJU ENERGETIKE D.O.O.

Gozdno gospodarsko območje Slovenj Gradec je razdeljeno na šest krajevnih enot. Območje je veliko 88894 ha, od tega je gozda 59979 ha, kar pomeni, da je gozdnatost 67 %. Možen posek pa znaša 274000 m³ na leto. Velik delež gozdnih površin predstavljajo zasebni gozdovi.

Preglednica 1: Površina gozdov po lastništvu (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012)

	Zasebni gozd	Državni gozd	Skupaj
Površina (ha)	43703	15873	59577
Delež %	73,36	26,64	100,0

Glede razvojni faz gozda je največji delež sestojev debeljakov povprečnega premera nad 30 cm. Površine gozdnih sestojev, ki so jih na Zavodu za gozdove izločili kot Drogovnjak 1 in Drogovnjak 2, to so sestoji med 10 in 30 cm povprečnega premera, so relativno majhne.

Preglednica 2: Površina gozdov (ha) v GGE Slovenj Gradec, glede na razvojno fazo (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012)

Drogovnjak 1	Drogovnjak 2	Debeljak	Vse razvojne faze gozda	
10 do 20 cm	20 do 30 cm	Nad 30 cm	Skupaj	Državni gozd
88	846	4072	5944	1406

Skupna lesna zaloga v območju znaša 20.795.520 m³, kar pomeni v lesni zalogi 349,1 m³/ha. Iglavcev je 84,13 % in listavcev 15,87 %. Lesna zaloga se je v preteklem ureditvenem obdobju povečala za 45,9 m³/ha, kar znaša za celo območje za 2.734.591 m³. Lesna zaloga, preračunana iz GGN GGE izdelanih za obdobje 2000-2009 na stanje 31.12.2010, je znašala 374 m³/ha (iglavci 313 m³/ha, listavci 61 m³/ha) (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012).

Drevesna sestava na območju je zelo spremenjena. Velik delež predstavljajo iglavci, med njimi je najmočnejše zastopana smreka. V preglednici 3 so predstavljene najpogostejše drevesne vrste, njihova lesna zaloga pa je podana v razširjenih debelinskih razredih. Pri čemer prvi debelinski razred R1 predstavlja drevje debeline med 10 in 20 cm prsnega premera, R2 med 20 in 30 cm, R3 med 30 in 40 cm, R4 med 40 in 50 cm ter R5 nad 50 cm prsnega premera.

Preglednica 3: Lesna zaloga in njena sestava po skupinah DV in debelinskih razredih

Drevesna vrsta	R1(v %)	R2(v %)	R3(v %)	R4(v %)	R5(v %)	LZ(m ³ /ha)	LZ(v %)
Smreka	7,9	18,8	24,7	25,9	22,7	242,2	69,41
Jelka	7,0	14,7	21,7	26,4	30,2	13,0	3,72
Bori	11,3	24,5	28,3	21,8	14,1	24,9	7,13
Macesen	10,1	21,5	24,5	24,1	19,8	13,3	3,81
Ostali iglavci	10,7	24,0	18,7	21,2	25,4	0,3	0,09
Bukev	14,8	27,9	24,5	18,1	14,7	38,8	11,11
Hrast	19,1	31,0	24,9	15,3	9,7	1,4	0,40
Plemeniti listavci	20,5	31,5	22,3	15,1	10,6	13,0	3,72
Drugi trdi listavci	23,9	34,3	21,9	12,1	7,8	1,1	0,32
Mehki listavci	33,2	33,4	17,9	8,5	7,0	1,0	0,29
Iglavci povprečno	8,2	19,2	24,8	25,6	22,2	293,7	84,13
Listavci povprečno	16,8	29,0	23,8	17,1	13,3	55,4	15,87
Skupaj	9,6	20,8	24,6	24,2	20,8	349,1	100,00

Iz preglednice je razviden delež lesne zaloge na hektar po razširjenih debelinskih razredih. Z vidika lesa za energetske namene sta najbolj pomembna prva dva razreda, v katerih pa je relativno malo lesne zaloge iglavcev, od 7 % do 11 % v prvem razredu in od 14 % do 24 % v drugem razredu. V teh debelinskih razredih ne moremo absolutno računati samo na

lesno biomaso primerno za kurjenje, ampak je tu že velika količina sortimentov boljše kakovosti. Obratno razmerje pa je pri listavcih, kjer prevladuje večji del lesne zaloge v prvih dveh razširjenih razredih. V prvem od 14 % do 33 %, v drugem pa od 27 % do 34 % celotne lesne zaloge. Lesna zaloga v prvih dveh razširjenih debelinskih razredih je mala, vendar nakazuje na to, da bomo v prihodnje računali na večjo količino lesne biomase listavcev.

Možnost izračuna potencialne količine lesne biomase sta podala Turk in Butala (Turk in Butala, 1998), ki predvidevata, da je v slovenskih gozdovih od 0,6 do 1,4 m³ na hektar/leto nekakovostnega lesa in ostankov.

Enostaven izračun nam pokaže okvirne količine:

- Državni gozd: $15873,14 \text{ ha} * 0,6 \text{ m}^3/\text{ha} = 9523 \text{ m}^3$
 $15873,14 \text{ ha} * 1,4 \text{ m}^3/\text{ha} = 22222 \text{ m}^3$
- Zasebni gozd: $43703,0 \text{ ha} * 0,6 \text{ m}^3/\text{ha} = 26221 \text{ m}^3$
 $43703,0 \text{ ha} * 1,4 \text{ m}^3/\text{ha} = 61184 \text{ m}^3$

Okvirno bi lahko računali na lesno maso med 9500 in 22200 m³ lesa slabe kakovosti in ostankov pri sečnji v državnih gozdovih ter v zasebnih letno od 26000 pa do 61000 m³ na celotnem področju delovanja GG Slovenj Gradec.

Preglednica 4 prikazuje prirastek po posameznih razširjenih debelinskih razredih ter skupen prirastek iglavcev in listavcev v območni enoti Slovenj Gradec.

Preglednica 4: Letni prirastek gozdov in njegova sestava po debelinskih razredih

Debelinski razredi						Skupaj	
	10-19 cm [m ³ /ha]	20-29 cm [m ³ /ha]	30-39 cm [m ³ /ha]	40-49cm [m ³ /ha]	50 in več cm [m ³ /ha]	m ³ /ha	%
Iglavci	0,65	1,39	1,61	1,5	1,00	6,15	80,39
Listavci	0,33	0,5	0,35	0,21	0,11	1,50	19,61
Skupaj	0,98	1,89	1,96	1,71	1,11	7,65	100

Za izračun količin potencialne lesne biomase smo povezali podatke o površinah po debelinskih razredih iz preglednice 2 in prirastek po debelinskih razredih iz preglednice 4. Izbrali smo površine, ki so jih izločili na Zavodu za gozdove za debelinski razred od 10 do 19 cm, ker v tem razredu pričakujemo največji delež lesa uporabnega za lesno biomaso. Od celotnega prirastka smo vzeli 60 %, kolikor naj bi znašale možne sečnje (Gozdnogospodarski načrt ..., 2011).

Izračun potencialne lesne biomase za debelinski razred od 10 do 19 cm:

Iglavci: $88 \text{ ha} * 0,65 \text{ m}^3/\text{ha} * 0,6 = 34 \text{ m}^3$

Listavci: $88 \text{ ha} * 0,33 \text{ m}^3/\text{ha} * 0,6 = 17 \text{ m}^3$

Iz enega m³ okroglega lesa pridobimo 2,5 nm³ drobnih (G 30) sekancev ali 3 nm³ srednjih (G 50) sekancev.

Drobni sekanci (G 30): $51,7 \text{ m}^3 * 2,5 = 129,3 \text{ nm}^3$

Srednji sekanci (G 50): $51,7 \text{ m}^3 * 3,0 = 155,2 \text{ nm}^3$

Na takšen način lahko računamo na 51,7 m³ lesne biomase oziroma 155,2 nm³ srednjih lesnih sekancev (G 50) ali 129,3 nm³ drobnih lesnih sekancev (G 30) v debelinskem razredu, ki ga predstavljajo drogovnjaki 1 na leto. Na izbranih površinah v celotnem območju je lesne mase premalo.

Zaradi obsega podatkov smo se odločili da se osredotočimo le na eno krajevno enoto v območju delovanja GG Slovenj Gradec. Izbrali smo KE Mislinja. Vsi podatki od tu naprej so zbrani in preračunani samo za KE Mislinja.

V preglednici 5 so zbrani dejanski podatki o količini odkazanega drevja v KE Mislinja od 2007 do 2011.

Preglednica 5: Dejanska količina odkazanega drevja v KE Mislinja v obdobju 2007 do 2011

LETO	Št. odločb v posameznem obdobju	Bruto iglavci m ³	Bruto listavci m ³	Skupaj m ³	Povprečno odkazanih m ³ na odločbo
2007	58	13160	366	13527	233
2008	64	16119	556	16675	261
2009	53	16670	294	16964	320
2010	78	15868	346	16215	208
2011	52	13489	1168	14657	282

Če teoretično izhajamo iz predpostavke, da je razlika med bruto in neto odkazano količino primerna za lesno biomaso za ogrevanje in proizvodnjo elektrike, kar bi pri iglavcih pomenilo 15 %, pri listavcih pa 12 %, bi pridobili v obdobju 2007 do 2011 naslednje količine:

- v letu 2007 bi bilo 1974,11 m³ iglavcev in 44,02 m³ listavcev,
- v letu 2008 bi bilo 2417,87 m³ iglavcev in 66,79 m³ listavcev,
- v letu 2009 bi bilo 2500,58 m³ iglavcev in 35,29 m³ listavcev,
- v letu 2010 bi bilo 2380,31 m³ iglavcev in 41,63 m³ listavcev,
- v letu 2011 bi bilo 2023,41 m³ iglavcev in 140,21 m³ listavcev.

Rezultati kažejo na to, da lahko računamo predvsem na les iglavcev, medtem ko so količine listavcev zanemarljive. Povprečno smo v tem obdobju pridobili 2259,28 m³ lesne biomase iglavcev (veje, vrhači), kar bi pomenilo 5648,20 nm³ drobnih lesnih sekance (G 30) oziroma 6777,84 nm³ srednjih lesnih sekancev (G 50).

V preglednici 6 so podatki odkazanih količin po vrstah sečenj (varstveno sanacijske sečnje in posek oslabelega drevja, posek oslabelega drevja- šifra 9.90 in 9.10 ter sečnje za gozdno infrastrukturo, redčenja in pomladitvena sečnja) ter drevesni vrsti ter posamičnem letu.

Preglednica 6: Po vrstah sečenj (redne, slučajni, sanacije) in drevesnih vrstah v KE Mislinja

Drevesna vrsta	Leto	Vrsta sečnje		
		Varstveno sanacijske in posek oslabelega drevja v m ³	Posek oslabelega drevja – šifra 9.90 in 9.10 v m ³	Za gozdno infrastrukturo, redčenja in pomladitvena sečnja v m ³
Iglavci	2007	4865,99	1220,16	8294,77
Listavci	2007	37,15	0	329,63
Iglavci	2008	11997,36	1506,36	4121,8
Listavci	2008	135,56	94,68	421,05
Iglavci	2009	13423,39	4229,38	3247,19
Listavci	2009	95,66	57,14	197,64
Iglavci	2010	8063,23	2702,47	7805,5
Listavci	2010	107,02	37,14	230,36
Iglavci	2011	6887,61	3673,12	6601,79
Listavci	2011	224,82	134,55	943,62

V naslednjih preglednicah prikazujemo potencialne količine lesne biomase v KE Mislinja, primerne za izdelavo lesnega kuriva (iz odločb A in C). V ta namen smo se pri C odločbah

osredotočili na tretjo, četrto in peto debelinsko stopnjo ter sešteli potencialne količine iz vseh izdanih odločb v določenem letu. Pri A odločbah pa smo se osredotočili le na tretjo in četrto debelinsko stopnjo.

Potencialne razpoložljive količine lesa v obdobju od leta 2007 do 2011 so naslednje:

Preglednica 7: Količina lesne biomase pri C odločbah za obdobje 2007-2011

Leto	Drevesna vrsta	Deb. stopnja 3 (m ³)	Deb. stopnja 4 (m ³)	Deb. stopnja 5 (m ³)
2007	Iglavci	36	116	205
2007	Listavci	0	0	0
2007	Skupaj	36	116	205
2008	Iglavci	87	413	1158
2008	Listavci	0	0	2
2008	Skupaj	88	414	1160
2009	Iglavci	136	508	705
2009	Listavci	0	1	2
2009	Skupaj	136	510	707
2010	Iglavci	103	270	450
2010	Listavci	0	1	3
2010	Skupaj	103	271	453
2011	Iglavci	28	157	460
2011	Listavci	0	0	1
2011	Skupaj	28	157	461

Preglednica 8 prikazuje količine potencialne lesne mase primerne za proizvodnjo toplote.

Preglednica 8: Količina lesne biomase pri A odločbah za obdobje 2007-2011

Leto	Drevesna vrsta	Deb. stopnja 3 (m ³)	Deb. stopnja 4 (m ³)
2007	Iglavci	236	850
2007	Listavci	6	26
2007	Skupaj	243	877
2008	Iglavci	38	111
2008	Listavci	1	25
2008	Skupaj	39	37
2009	Iglavci	87	335
2009	Listavci	6	12
2009	Skupaj	93	347
2010	Iglavci	133	495
2010	Listavci	2	14
2010	Skupaj	135	509
2011	Iglavci	295	686
2011	Listavci	25	74
2011	Skupaj	320	761

Iz prikazanih podatkov je razvidno, da bi v obdobju od 2007 do 2011 lahko računali na naslednje povprečne količine lesne biomase po debelinskih razredih (neto količine) na leto:

Odločba o izvedbi sanitarne sečnje in preventivnih varstvenih delih v gozdovih (C – odločba):

- debelinska stopnja 3: 392 m³ iglavcev v petih letih oziroma 78 m³ iglavcev povprečno na leto,
- debelinska stopnja 4: 1469 m³ iglavcev v petih letih oziroma 294 m³ iglavcev povprečno na leto,
- debelinska stopnja 5: 2987 m³ iglavcev v petih letih oziroma 597 m³ iglavcev povprečno na leto.

Odločba o odobritvi poseka izbranih dreves (A – odločba):

- debelinska stopnja 3: 832 m³ iglavcev v petih letih oziroma 166 m³ iglavcev povprečno na leto,
- debelinska stopnja 4: 2531 m³ iglavcev v petih letih oziroma 506 m³ iglavcev povprečno na leto.

Skupna količina listavcev v obdobju od 2007 do 2011 po vseh debelinskih stopnjah, ne glede na vrsto odločbe je majhna in znaša 201 m³ oziroma 40 m³ povprečno na leto.

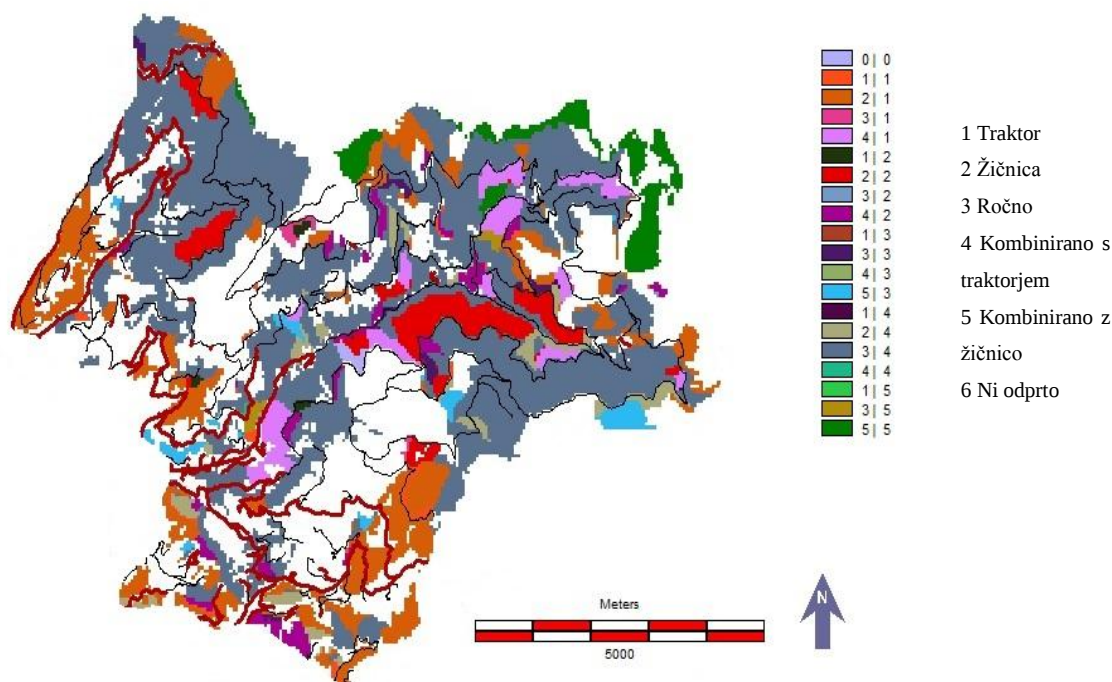
Povprečne količine pa smo dobili tako, da smo sešteli količine po posameznih debelinskih stopnjah ter jih delili s petimi leti, kolikor je trajalo obdobje pridobljenih podatkov.

4.2 PRIMERJAVA NAČINA SPRAVILA

Primerjali smo načine spravila po obstoječih in perspektivnih načinih spravila. Sliki obstoječega in perspektivnega načina sta dodani v prilogi A in B.

Preglednica 9: Število odsekov (primerjava med obstoječim in perspektivnim načinom spravila)

	Obstoječi						
Perspektivni	Traktor	Žičnica	Ročno	Kombinirano s traktorjem	Kombinirano z žičnico	Ni odprto	Skupaj
Traktor	98		1	30			129
Žičnica		18		3			21
Ročno			62	2			64
Kombinirano s traktorjem	2		2	165			169
Kombinirano z žičnico					2		2
Ni odprto						12	12
Skupaj	100	18	65	200	2	12	397



Slika 5: Primerjava obstoječega in perspektivnega načina spravila

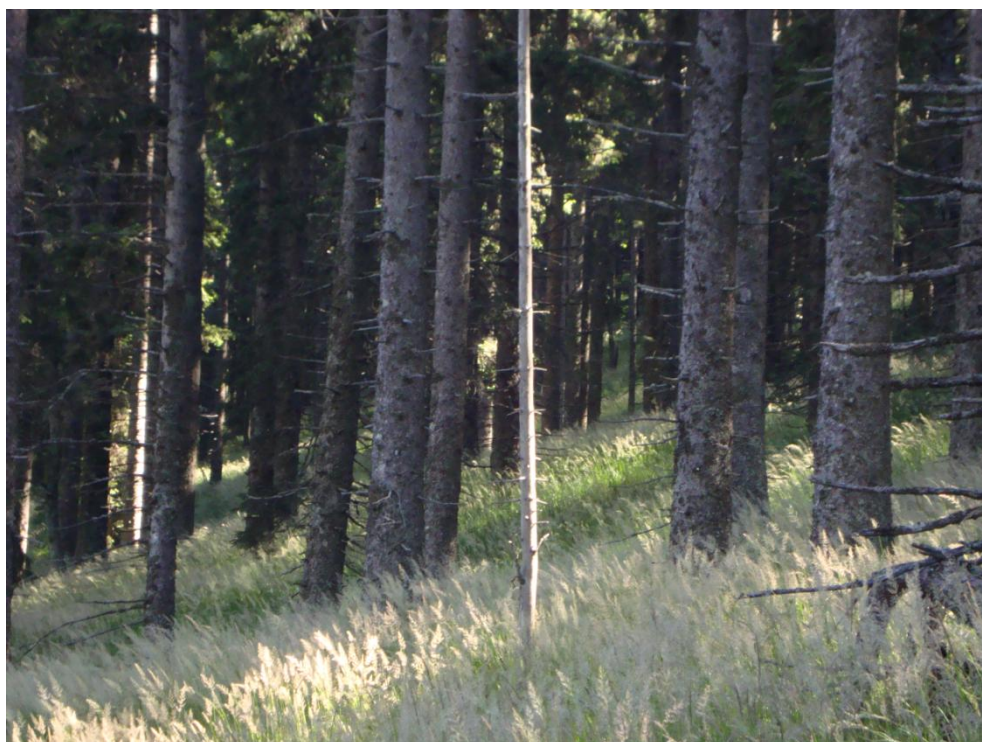
Primerjali smo tehnološke karte, ki so jih izdelali na Zavodu za Gozdove Slovenije, med obstoječim in perspektivnim načinom spravila. Primerjava je pokazala, da je odsekov v katerih se spremeni način spravila malo. Odsekov, v katerih se način spravila spremeni je 40 in le eden od teh je v državnih gozdovih. Na podlagi tega lahko sklepamo, da se tehnologija sečnje in spravila ne bo veliko spremenila. Tako, da tudi v prihodnje lahko računamo na okvirne stroške sečnje in spravila, kot so podani v poglavju 6.3 Rezultati kalkulacij stroškov gozdnih del. S pomočjo aplikacije Timber, ki jo uporablja gozdarski informacijski sistem Zavoda za gozdove Slovenije, smo pridobili količine lesne biomase. V teh štiridesetih odsekih je etat nizek in znaša povprečno za iglavce $83,49 \text{ m}^3$ bruto, za listavce pa $9,35 \text{ m}^3$ bruto na odsek.



Slika 6: Teren primeren za strojno sečnjo v KE Mislinja



Slika 7: Pridobljeni sortimenti iz redne sečnje v KE Mislinja



Slika 8: Sestoj debeljakov v KE Mislinja

4.3 REZULTATI KALKULACIJ STROŠKOV GOZDARSKIH DEL

Na podlagi izdanih letnih odločb, smo pridobili podatke o predvidenih količinah lesne biomase po posameznih debelinskih stopnjah. Na podlagi teh količin smo izračunali normative, čas potreben za izdelavo sortimenta na m^3 ter strošek izvedenih del po m^3 . Podatke smo pridobili za obdobje 2007 – 2009, po tem letu pa podatkov za sečnjo in spravilo v državnih gozdovih, katerih lastnik je Sklad kmetijskih zemljišč Slovenije, nismo imeli na razpolago. Izračunani rezultati so bili pridobljeni po veljavnih vseh v normativne za obstoječe tehnološke verige.

Naslednji odstavek je citiran iz Odredbe o določitvi normativov za delo v gozdovih (Odredba ..., 1999):

»Normativi za sečnjo in izdelavo gozdnih lesnih sortimentov veljajo za običajno organizacijo tega dela v Sloveniji, za povprečne delovne razmere in za standardno opremo sekača. Upoštewane so najvišje predpisane obremenitve sekačev z negativnimi vplivi dela z motorno žago. Časovni normativi za sečnjo in izdelavo sortimentov veljajo za iglavce (smreko, jelko, macesen, bor in duglazijo) in listavce (bukev, javor, brest, hrast in kostanj) v razmerjih kot je drevje izbrano za posek na posameznih delovnih poljih – deloviščih. Normativi za iglavce veljajo za sečnjo in izdelavo brez lupljenja, za metodo mnogokratnikov (dolžine 8 – 12 m), pri listavcih veljajo normativi za sečnjo in izdelavo oblega lesa. Normativ pri listavcih vsebuje čas za obžagovanje in obdelavo hlodov oziroma drugih tehničnih (oblih) sortimentov in izdelavo dolgega industrijskega lesa oziroma lesa za kurjavo v obli (dolgi) obliki (goli). Kalkulacije za posamezno spravilno sredstvo smo dobili s pomočjo programa KALKW_98 (Winkler in sod., 1994), vhodne podatke pa smo pridobili iz odkazilnih manualov, za obdobje 2007 - 2009.«

Lastna cena za posamezni stroj pa znaša:

- ❖ veliki gozdarski zgibnik Woody (1+0) = 64,82 €/h,
- ❖ prilagojeni kmetijski traktor Zetor (1+0) = 47,51 €/h,
- ❖ žični žerjav (1+2) = 82,32 €/h,
- ❖ zgibni polprikoličar timberjack 1010 = 61,20 €/h,
- ❖ ročno spravilo = 17,20 €/h,
- ❖ strojna sečnja Timberjack 1070 = 90,23 €/h,
- ❖ sečnja z motorno žago = 13,65 €/h.

4.3.1 Rezultati spravila

V preglednici 10 in 11 so podani povprečni kazalci spravila lesa za 3, 4, in 5 debelinsko stopnjo ter rezultati za ves les odkazan v letu 2007 do 2009 v KE Mislinja.

Preglednica 10: Spravilo lesa za 3, 4, 5 debelinsko stopnjo v KE Mislinja

Leto	Spravilno sredstvo	Norma igl ($\text{m}^3/8\text{h}$)	Norma list ($\text{m}^3/8\text{h}$)	Poraba časa igl (h/m^3)	Poraba časa list (h/m^3)	Strošek spravila igl ($\text{€}/\text{m}^3$)	Strošek spravila list ($\text{€}/\text{m}^3$)
2007	Gozd. zgibnik	29,10	28,97	0,21	0,24	14,01	15,70
	Žž	20,22	19,80	0,40	0,40	32,65	33,33
	Ročno	9,69	9,69	0,96	0,96	16,46	16,46
	Traktor	35,18	32,83	0,25	0,26	11,67	12,37
2008	Gozd. zgibnik	30,26		0,18		11,92	
	Žž	17,16	17,72	0,50	0,55	41,55	45,28
	Ročno	9,44	9,44	0,88	0,88	15,17	15,17
	Traktor	41,45	31,05	0,21	0,29	10,06	13,62
2009	Gozd. zgibnik	33,60		0,20		11,72	
	Žž	22,00		0,36		30,00	
	Ročno	15,92		0,78		13,43	
	Traktor	36,98		0,23		10,98	

Izkazalo se je, da je žičniško spravilo na danih terenih predrago, če bi opravljali spravilo samo z namenom pridobivanja lesne biomase slabše kakovosti, ki bi bila namenjena za pridobivanje toplotne energije, saj stroški spravila variirajo med 32 in 45 € na m^3 .

Prav tako se spravilo za pridobivanje lesne biomase ne izplača v odsekih, kjer je prisotno ročno pedspravilo, saj stroški le tega znašajo med 13 in 16 € na m^3 , pri čemer pa moramo

temu načinu spravila še prišteti stroške spravila s kmetijskim traktorjem ali velikim gozdarskim zgibnikom.

Edina sprejemljiva načina spravila po obstoječih tehnoloških verigah bi bilo spravilo z velikim gozdarskim zgibnikom in prilagojenim kmetijskim traktorjem, vendar le v odsekih, kjer ni ročnega predspravila. Stroški spravila s prilagojenim kmetijskim traktorjem znaša med 10 in 15 € na m³. Stroški spravila z velikim gozdarskim zgibnikom pa znašajo med 11 in 15 € na m³.

Odkupna cena za celulozni les na območju delovanja GG Slovenj Gradec znaša fco. kamionska cesta med 25 in 35 € na m³.

Izračunali smo stroške spravila za ves les, ki je bil odkazan v obdobju od 2007 do 2009. Predvidevali smo, da bodo stroški nižji, kot pri spravilu lesa, ki je uporaben samo za lesno biomaso.

Preglednica 11: Spravilo lesa v KE Mislinja

Leto	Spravilno sredstvo	Norma iglavci (m ³ /8h)	Norma listavci (m ³ /8h)	Poraba časa iglavci (h/m ³)	Poraba časa listavci (h/m ³)	Strošek spravila iglavci (€/m ³)	Strošek spravila listavci (€/m ³)
2007	Gozd. zgibnik	51,36	48,94	0,17	0,17	10,71	10,87
	Žž	31,19	29,59	0,26	0,27	21,24	22,34
	Ročno	8,45	8,45	0,99	0,99	17,28	17,28
	Traktor	45,25	42,59	0,19	0,19	9,23	9,20
2008	Gozd. zgibnik	58,87	53,32	0,14	0,16	9,18	10,43
	Žž	34,23	33,14	0,25	0,26	21,31	21,31
	Ročno	9,44	9,44	0,88	0,88	15,43	15,43
	Traktor	51,65	48,77	0,16	0,18	7,72	8,46
2009	Gozd. zgibnik	54,23	59,84	0,15	0,14	10,03	9,07
	Žž	29,90	0,00	0,27	0,00	22,08	0,00
	Ročno	10,13	10,13	0,71	0,71	12,37	12,37
	Traktor	45,78	47,61	0,19	0,18	8,80	8,51

Izračuni kažejo, da so stroški pri vseh načinih spravila nižji, kot pri spravilu lesa do pete debelinske stopnje. Strošek spravila z žičnim žerjavom znaša med 21 in 22 € na m³, ročno predspravilo pa med 12 in 17 € na m³. Glede na stroške sta sprejemljiva načina spravila na območju KE Mislinja spravilo s prilagojenim kmetijskim traktorjem in velikim gozdarskim zgibnikom. Strošek spravila s prilagojenim kmetijskim traktorjem znaša med 7 in 9 € na m³. Strošek spravila z velikim gozdarskim zgibnikom pa med 9 in 11 € na m³.

Za spravilo po strojni sečnji smo izbrali zgibni polprikoličar Timberjack 1010 in na osnovi kalkulacij ter razpoložljivih količin lesa pridobljenih iz odkazilnih manualov izračunali stroške spravila. Učinek stroja Timberjack 1010 smo povzeli iz študije Spravilo lesa po strojni sečnji (Krč in Košir, 2004). Izbrali smo le odseke, ki so bili primerni tudi za strojno sečnjo.

Preglednica 12: Strošek spravila z zgibnim polprikoličarjem Timberjack 1010

Odsek	Koncentracija lesa (m ³ /100m)	Razdalja spravila(v m)	Učinek stroja (m ³ /h)	Strošek spravila (€/m ³)
01086A	25,29	250,00	11,91	5,05
01086A	42,87	350,00	12,18	4,94
01091A	25,59	750,00	7,54	7,98
01141B	48,20	300,00	12,18	4,94
01125	62,47	200,00	13,83	4,35
01098A	41,76	250,00	11,22	5,37
01111A	29,90	500,00	9,48	6,35

Povprečna poraba časa za spravilo z zgibnim polprikoličarjem Timberjack 1010 znaša 0,19 h/m³ oziroma 5,36 min/m³. Povprečen strošek spravila z zgibnim polprikoličarjem pa znaša 5,57 € na m³.

4.3.2 Sečnja z motorno žago

Sečnjo smo razdelili na dva dela in sicer na sečnjo, ki je bila odobrena z A- odločbo (odločba o odobritvi poseka izbranih dreves) ter sečnja s C – odločbo (odločba o izvedbi sanitarne sečnje in preventivnih varstvenih delih v gozdovih). Pri A – odločbi smo največ lesa za biomaso pričakovali pri tretji in četrti debelinski stopnji, pri C odločbi pa v tretji, četrti in peti debelinski stopnji.

Preglednica 13: Strošek sečnje po A in C odločbi v KE Mislinja

Leto	Norma iglavci (m ³ /8h)	Norma listavci (m ³ /8h)	Poraba časa iglavci (h/m ³)	Poraba časa listavci (h/m ³)	Strošek sečnje iglavci (€/m ³)	Strošek sečnje listavci (€/m ³)
2007	6,16	7,04	1,34	1,23	18,27	16,78
2008	6,67	6,53	1,24	1,36	16,87	18,58
2009	6,93		1,21		16,46	

Zaradi pogojev dela poraba časa za sečnjo na kubični meter zelo variira. Tako je v letu 2007 poraba časa med 0,60 in 1,39 ure na m³ za listavce po C odločbi, med tem ko je pri A odločbi poraba časa za izdelani kubični meter med 0,88 in 1,76 za iglavce in med 0,63 in 2,25 za listavce. Skupni povprečni čas za posekani kubični meter znaša v letu 2007 1,34 ure za iglavce in 1,23 ure za listavce.

V letu 2008 po C odločbi za iglavce med 0,94 in 1,41 ter za listavce med 0,81 in 1,74. Po A odločbi v tem letu je poraba časa variirala med 1,17 in 1,86 za iglavce ter za listavce med 1,03 in 2,24 ure. Skupni povprečni čas za posekani kubični meter znaša v letu 2008 1,24 ure za iglavce in 1,36 ure za listavce.

V letu 2009 pa je bila poraba časa po C odločbi za iglavce med 0,57 in 1,50. Po A odločbi pa je bila poraba časa za izdelani sortiment pri iglavcih med 0,92 in 1,60 ure. Skupni povprečni čas za posekani kubični meter znaša v letu 2009 1,21 ure za iglavce.

Povprečni stroški sečnje z motorno žago znašajo v obdobju od 2007 do 2009 17,20 € na m³ za iglavce in 17,70 € na m³ za listavce. Sečnja, da bi pridobili sortimente izključno za lesno biomaso, je neracionalna in neekonomična. Za zmanjšanje stroškov sečnje bi bilo potrebno premisliti, kateri odseki so primerni za postopno uveljavljanje strojne sečnje.

Naredili smo izračune za sečnjo vsega odkazanega lesa, rezultati pa so naslednji:

Preglednica 14: Sečnja v KE Mislinja

Leto	Norma iglavci (m ³ /8h)	Norma listavci (m ³ /8h)	Poraba časa iglavci (h/m ³)	Poraba časa listavci (h/m ³)	Strošek sečnje iglavci (€/m ³)	Strošek sečnje listavci (€/m ³)
2007	9,18	10,33	0,94	0,80	12,79	10,98
2008	10,22	10,91	0,82	0,79	11,23	10,84
2009	10,54	11,55	0,82	0,71	11,19	9,65

Poraba časa za izdelan kubični meter je še vedno visoka, razlog za to pa so terenski pogoji ter debelinska sestava sestojev. Povprečna poraba časa za izdelani kubični meter znaša 0,86 ure za iglavce in 0,76 ure za listavce.

V tem primeru pa so stroški sečnje z motorno žago nižji in znašajo povprečno v obdobju od 2007 do 2009 11,73 € na m³ za iglavce in 10,49 € na m³ za listavce.

4.3.3 Strojna sečnja

Podatke (količine in drevesno vrsto) smo pridobili iz odkazilnih manualov za obdobje od 2007 do 2009. Za odseke, v katerih je predvideno ročno predspravilo smo predpostavili, da so neprimerni za strojno sečnjo, zato smo jih izločili.

Ker so bili odkazilni manuali v tem obdobju narejeni le za obstoječe tehnologije sečnje in spravila, smo dodatno izločili še odseke, ki ne izpolnjujejo pogoja o gostoti odkazanih dreves - ta, znaša med 50 in 150 m³/ha. Pod takšnimi pogoji je bila strojna sečnja primerna le v sedmih odsekih.

Pri popravkih osnovnega normativa za strojno sečnjo smo uporabili faktor neproduktivnega delovnega časa, ki znaša 1,39 (Normativi gozdnih del, 1999).

Preglednica 15: Strojna sečnja v KE Mislinja v obdobju 2007 do 2009

Leto	Norma iglavci (m ³ /8h)	Norma listavci (m ³ /8h)	Poraba časa iglavci (h/m ³)	Poraba časa listavci (h/m ³)	Strošek sečnje iglavci (€/m ³)	Strošek sečnje listavci (€/m ³)
01086A	68,04	78,92	0,12	0,10	10,61	9,15
01086A	99,50	68,97	0,08	0,12	7,25	10,47
01091A	187,24	111,19	0,04	0,07	3,86	6,49
01141B	129,45	79,44	0,06	0,10	5,58	9,09
01125	227,46	156,67	0,04	0,05	3,17	4,61
01098A	200,21	108,08	0,04	0,07	3,61	6,68
01111A	106,98	0,00	0,07	0,00	6,75	0,00

Tudi pri strojni sečnji poraba časa za izdelani sortiment zelo variira. Izračunali smo, da je poraba časa pri iglavcih med 0,035 in 0,118 ure, oziroma povprečno 0,068 ure. Pri listavcih pa je med 0,051 ure in 0,116 ure oziroma povprečno 0,086 ure. Povprečni stroški v tem obdobju znašajo 5,83 € na kubični meter za listavce in 6,64 € na kubični meter za listavce.

Primerjali smo kombinacije tehnologij sečnje in spravila z namenom, da bi poiskali časovno najbolj primerno tehnološko verigo proizvodnje lesne biomase primerne za ogrevanje in proizvodnjo elektrike.

Preglednica 16: Poraba časa (min/m^3) za različne tehnologije sečnje in spravila lesa

Spravilno sredstvo	Gozd. zgibnik	Žični žerjav	Ročno predspravilo	Prilagojen kmet. traktor	Zgibni polrikoličar Timberjack 1010
Poraba časa igl/list (min/m^3)	9,23/9,37	15,47/15,87	51,53/53,50	10,87/11,05	5,36/5,36
Sečnja	Motorna žaga	Motorna žaga	Motorna žaga	Motorna žaga	Strojna sečnja
Poraba časa igl/list (min/m^3)	51,6/45,6	51,6/45,6	51,6/45,6	51,6/45,6	3,88/5,15
Skupaj	60,83/54,9	67,07/61,47	103,3/99,1	62,47/56,65	9,24/10,51

Primerjava je pokazala da so kombinacije sečnje z motorno žago in spravilnimi sredstvi (pril. kmet. traktor, veliki gozdarski zgibnik in žični žerjav) po času približno enake. Poraba časa pri vseh je okoli ene ure. Izstopata pa kombinacija sečnje z motorno žago ter ročnega predspravila, kjer je čas potreben za izdelani kubični meter okoli 1,5 ure. Majhna poraba pa je pričakovano pri kombinaciji strojne sečnje in spravila z zgibnim polprikoličarjem, le ta znaša dobrih 10 minut za kubik lesa.

4.3.4 Prevoz oblega lesa in sekancev

Prevozne razdalje posameznih odsekov v KE Mislinja smo dobili s pomočjo računalniškega programa MAPINFO. Razdalje smo merili od pomožnega skladišča oziroma od stičišča kamionske ceste in vlake, ki gravitira na gozdno cesto, do državne ceste v mestu Mislinja, relacija Velenje – Slovenj Gradec. Razdalja na relaciji Mislinja-Vuhred pa znaša 41 kilometrov in smo jo prišteli k razdalji odsekov. Razdalje so podane v kilometrih.

Preglednica 17: Razdalja odsekov do državne ceste Mislinja - Dravograd

Odseki	Razdalja	Odseki	Razdalja
44A	52,468	109A	55,418
47A	52,689	111A	51,744
47B	52,449	116	50,14
1052	53,841	117A	51,23
1053	53,241	121	47,8
82B	43,157	125	43,356
86A	46,933	141A	43,25
89A	45,956	141B	43,95
90	47,016	143	41,98
91A	46,786	46B	52,196
92	52,002	47C	52,029
93B	51,032	54A	49,303
95B	50,099	54B	49,873
97B	49,263	94A	47,416
97C	49,379	94B	48,323
98B	49,993	98A	49,573
99A	53,993	100A	51,193
100B	51,173	102C	56,998
101A	52,013	110A	50,903
101C	58,748	110C	52,63
102A	50,533	110D	52,63
102B	51,703	114A	51,92
103A	55,778	120A	49,11
103C	56,418	120B	50,22
104A	64,428		

Najkrajša razdalja znaša 41,98 kilometra, najdaljša pa 64,43 kilometra. Povprečna razdalja med odseki v KE Mislinja tako znaša 50,70 kilometra.

S pomočjo programa KALKW_98 (Winkler in sod., 1994) smo izračunali kalkulacije s proceduro pod imenom Kalkulacije za kamionski prevoz lesa. V program smo vstavili podatke za kompozicijo in dobili izračun stroškov v €/tkm. Prevozni stroški variirajo med 0.30 €/tkm in 0.34 €/tkm, oziroma povprečno 0.32 €/tkm ali 7,05 €/m³ na kilometer, pri povprečni, ne glede na letni čas, gostoti iglavcev 0,65 t/m³.

4.3.5 Skupni stroški procesa proizvodnje lesne biomase

Poizkusili smo poiskati najbolj optimalno in ekonomično verigo dobave lesne biomase za območje KE Mislinje v državnih gozdovih. Kombinirali smo različne stroje za posek, spravilo in prevoz. Strošek izdelave sekancev za kamion in traktor smo povzeli iz Računala stroškov sečnje, spravila in sekanci, ki so ga pripravili na Gozdarskem inštitutu Slovenije. V naslednji preglednici so prikazane povprečni stroški posameznih strojev.

Preglednica 18: Stroški posamezne delovne faze procesa proizvodnje lesne biomase za KE Mislinja

Sečnja	Strošek sečnje igl/list (€/m ³)	Spravilo	Strošek spravila igl/list (€/m ³)	Izdelava sekancev	Strošek izdelave sekancev igl/list (€/m ³)	Prevoz	Strošek prevoza igl/list (€/m ³)
Mot. žaga	11,7/ 10,4	Pril. kmet. traktor Zetor (1+0)	8,5/ 8,7	Sekalnik na traktorju	4,2/ 4,2	Kamion prekucnik brez prikolic	4,0
Harvester Timberjack 1070	5,8/ 6,6	Woody (1+0)	9,9/ 10,1	Sekalnik na kamionu	4,3/ 4,2	Kamion vlačilec (do 90 nstm)	3,2
		Zgibni polprik. 1010	5,5/ 5,5			Gozdar. kamion	7,0
		Ročno	15,0/ 15,0				
		Žični žerjav	21,5/ 22,0				

Stroški sečnje in spravila se razlikujejo in sicer glede na to, kateri stroj smo uporabili. Kombinirali smo sečnjo z motorno žago ter strojno sečnjo, za spravilo pa smo uporabili

prilagojeni kmetijski traktor Zetor, veliki gozdarski zgibnik Woody, klasični žični žerjav in zgibni polprikoličar, pri nekaterih odsekih pa je bilo potrebno tudi ročno predspravilo.

Iz zgornje preglednice je razvidno, da stroški sečnje in spravila za iglavce znašajo:

- motorna žaga + prilag. kmet. traktor Zetor = $19,21 \text{ €/m}^3$,
- motorna žaga + veliki gozd. zgibnik Woody = $20,61 \text{ €/m}^3$,
- motorna žaga + žični žerjav = $33,54 \text{ €/m}^3$,
- motorna žaga + ročno predspravilo + prilag. kmet. traktor Zetor = $34,24 \text{ €/m}^3$,
- motorna žaga + ročno predspravilo + veliki gozd. zgibnik Woody = $35,64 \text{ €/m}^3$,
- strojna sečnja + zgibi polprikoličar = $11,4 \text{ €/m}^3$.

Iz zgornje preglednice je razvidno, da stroški sečnje in spravila za listavce znašajo:

- motorna žaga + prilag. kmet. traktor Zetor = $20,32 \text{ €/m}^3$,
- motorna žaga + veliki gozd. zgibnik Woody = $21,71 \text{ €/m}^3$,
- motorna žaga + žični žerjav = $32,32 \text{ €/m}^3$,
- motorna žaga + ročno predspravilo + prilag. kmet. traktor Zetor = $35,35 \text{ €/m}^3$,
- motorna žaga + ročno predspravilo + veliki gozd. zgibnik Woody = $36,74 \text{ €/m}^3$,
- strojna sečnja + zgibi polprikoličar = $12,21 \text{ €/m}^3$.

Najnižji stroški sečnje in spravila so bili v odsekih, kjer lahko poteka strojna sečnja in spravilo ter odsekih, v katerih lahko uporabimo gozdarski zgibnik ali pa prilagojeni kmetijski traktor.

Primerjali smo petintrideset različnih tehnoloških verig, z namenom da bi ugotovili katera izmed njih je najboljša. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 19.

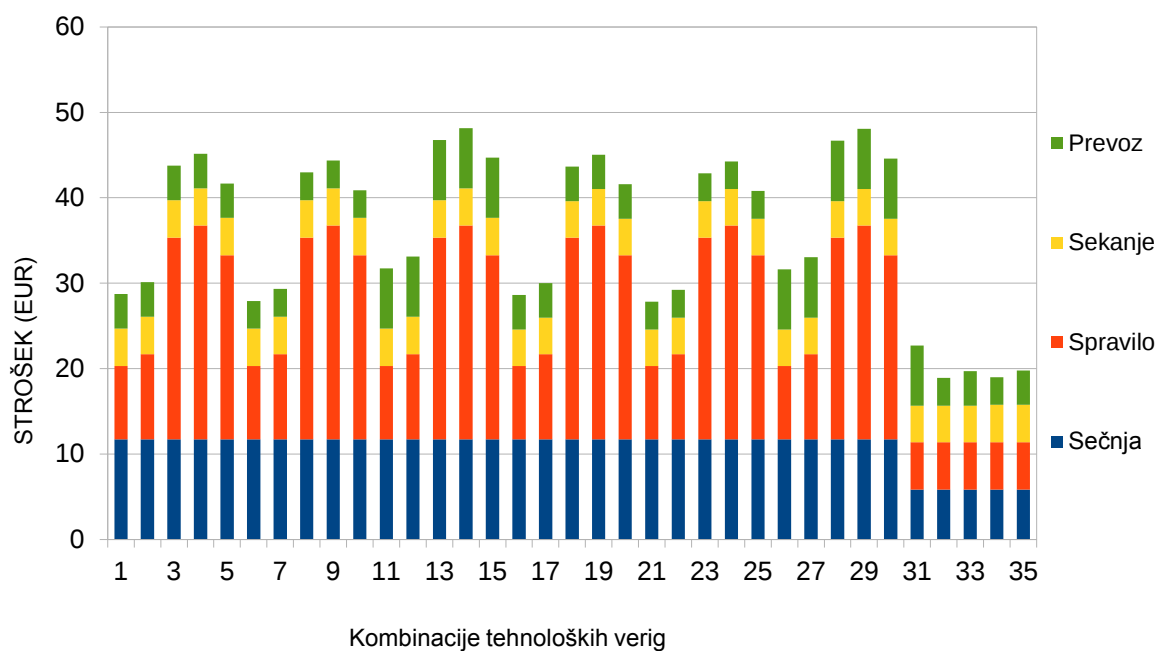
Preglednica 19: Kombinacije tehnoloških verig

Komb.	Sečnja (€/m ³)		Spravilno sredstvo (€/m ³)		Izdelava sekancev (€/m ³)		Prevoz (€/m ³)		Skupni stroški (€/m ³)
1	Motorna žaga	11,7	Zetor	8,58	Traktor	4,3	Kiper brez prikolice	4,0	28,72
2	Motorna žaga	11,7	Woody	9,97	Traktor	4,3	Kiper brez prikolice	4,0	30,11
3	Motorna žaga	11,7	Ročno in Zetor	23,6	Traktor	4,3	Kiper brez prikolice	4,0	43,75
4	Motorna žaga	11,7	Ročno in Woody	25	Traktor	4,3	Kiper brez prikolice	4,0	45,14
5	Motorna žaga	11,7	Žični žerjav	21,5	Traktor	4,3	Kiper brez prikolice	4,0	41,68
6	Motorna žaga	11,7	Zetor	8,58	Traktor	4,3	Vlačilec	3,2	27,93
7	Motorna žaga	11,7	Woody	9,97	Traktor	4,3	Vlačilec	3,2	29,32
8	Motorna žaga	11,7	Ročno in Zetor	23,6	Traktor	4,3	Vlačilec	3,2	42,96
9	Motorna žaga	11,7	Ročno in Woody	25	Traktor	4,3	Vlačilec	3,2	44,35
10	Motorna žaga	11,7	Žični žerjav	21,5	Traktor	4,3	Vlačilec	3,2	40,89
11	Motorna žaga	11,7	Zetor	8,58	Traktor	4,3	Gozdarski kamion	7,0	31,74
12	Motorna žaga	11,7	Woody	9,97	Traktor	4,3	Gozdarski kamion	7,0	33,13
13	Motorna žaga	11,7	Ročno in Zetor	23,6	Traktor	4,3	Gozdarski kamion	7,0	46,77
14	Motorna žaga	11,7	Ročno in Woody	25	Traktor	4,3	Gozdarski kamion	7,0	48,16
15	Motorna žaga	11,7	Žični žerjav	21,5	Traktor	4,3	Gozdarski kamion	7,0	44,7
16	Motorna žaga	11,7	Zetor	8,58	Kamion	4,2	Kiper brez prikolice	4,0	28,62
17	Motorna žaga	11,7	Woody	9,97	Kamion	4,2	Kiper brez prikolice	4,0	30,01

se nadaljuje

nadaljevanje preglednice 19

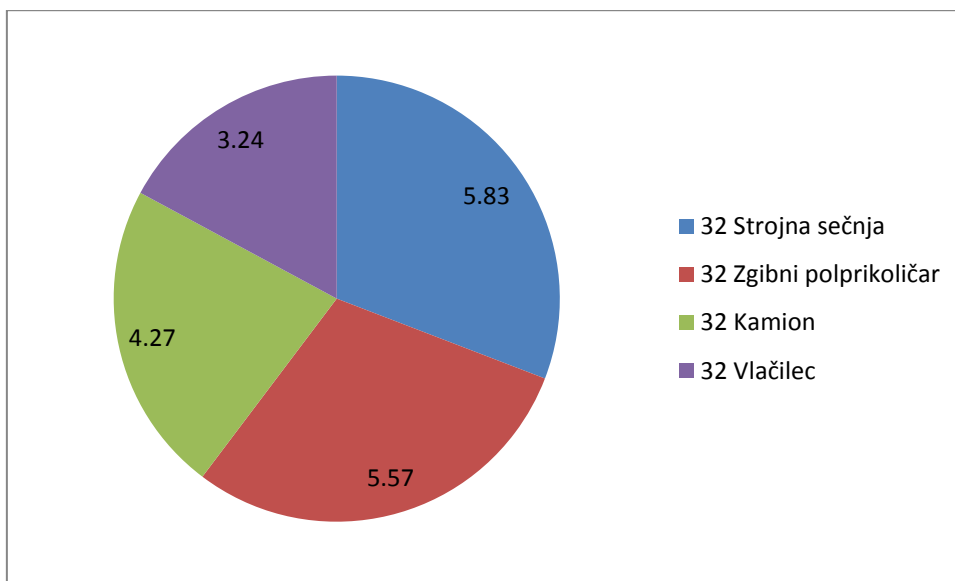
Komb.	Sečnja (€/m ³)		Spravilno sredstvo (€/m ³)		Izdelava sekancev (€/m ³)		Prevoz (€/m ³)		Skupni stroški (€/m ³)
18	Motorna žaga	11,7	Ročno in Zetor	23,6	Kamion	4,2	Kiper brez prikolice	4,0	43,65
19	Motorna žaga	11,7	Ročno in Woody	25	Kamion	4,2	Kiper brez prikolice	4,0	45,04
20	Motorna žaga	11,7	Žični žerjav	21,5	Kamion	4,2	Kiper brez prikolice	4,0	41,58
21	Motorna žaga	11,7	Zetor	8,58	Kamion	4,2	Vlačilec	3,2	27,83
22	Motorna žaga	11,7	Woody	9,97	Kamion	4,2	Vlačilec	3,2	29,22
23	Motorna žaga	11,7	Ročno in Zetor	23,6	Kamion	4,2	Vlačilec	3,2	42,86
24	Motorna žaga	11,7	Ročno in Woody	25	Kamion	4,2	Vlačilec	3,2	44,25
25	Motorna žaga	11,7	Žični žerjav	21,5	Kamion	4,2	Vlačilec	3,2	40,79
26	Motorna žaga	11,7	Zetor	8,58	Kamion	4,2	Gozdarski kamion	7,0	31,64
27	Motorna žaga	11,7	Woody	9,97	Kamion	4,2	Gozdarski kamion	7,0	33,03
28	Motorna žaga	11,7	Ročno in Zetor	23,6	Kamion	4,2	Gozdarski kamion	7,0	46,67
29	Motorna žaga	11,7	Ročno in Woody	25	Kamion	4,2	Gozdarski kamion	7,0	48,06
30	Motorna žaga	11,7	Žični žerjav	21,5	Kamion	4,2	Gozdarski kamion	7,0	44,6
31	Strojna sečnja	5,83	Zgibni polprikoli čar	5,57	Kamion	4,2	Gozdarski kamion	7,0	22,72
32	Strojna sečnja	5,83	Zgibni polprikoli čar	5,57	Kamion	4,2	Vlačilec	3,2	18,91
33	Strojna sečnja	5,83	Zgibni polprikoli čar	5,57	Kamion	4,2	Kiper brez prikolice	4,0	19,7
34	Strojna sečnja	5,83	Zgibni polprikoli čar	5,57	Traktor	4,3	Vlačilec	3,2	19,01
35	Strojna sečnja	5,83	Zgibni polprikoli čar	5,57	Traktor	4,3	Kiper brez prikolice	4,0	19,8



Slika 9: Skupni stroški procesa proizvodnje lesne biomase

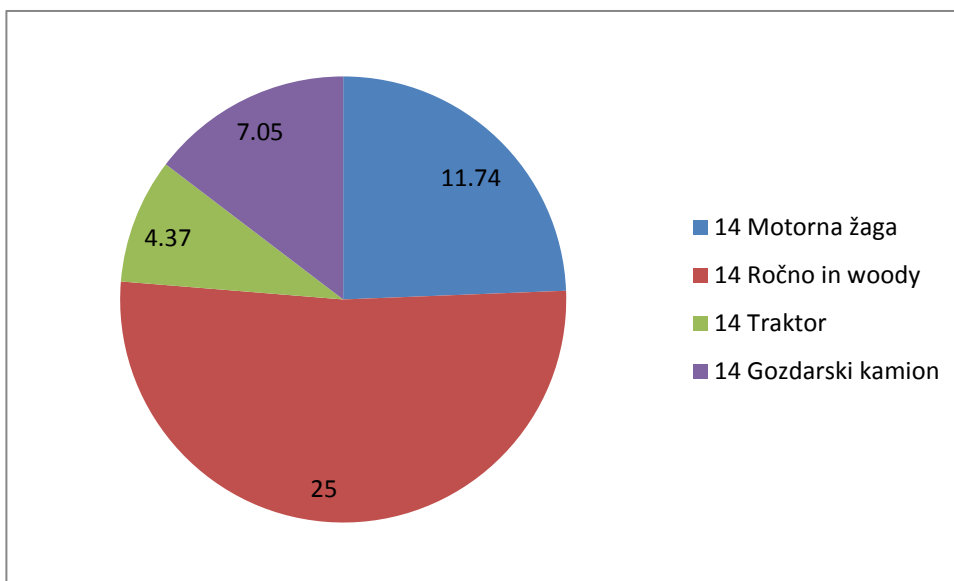
Pri vseh kombinacijah obstoječe tehnologije pridobivanja lesa je razvidno, da večino stroškov procesa proizvodnje lesne biomase predstavljata sečnja in spravilo.

Med vsemi kombinacijami tehnoloških verig smo poiskali najcenejšo in najdražjo.



Slika 10: Najcenejša kombinacija procesa proizvodnje lesne biomase

Najcenejša kombinacija je dvaintrideseta v preglednici, ki je kombinacija strojne sečnje, spravila z zgibnim polprikoličarjem, proizvodnje sekancev s sekalnikom na kamionu in prevozom z vlačilcem. Skupen strošek proizvodnje lesne biomase znaša 18,91 €/m³. Strošek posameznih faz dela je dokaj enakomerno porazdeljen, tako da predstavlja sečnja 31 %, spravilo 29 %, sekanje 23 % in prevoz s kamionom vlačilcem 17 % celotnega stroška procesa proizvodnje lesne biomase.



Slika 11: Najdražja kombinacija procesa proizvodnje lesne biomase

Najdražja kombinacija je kombinacija sečnje z motorno žago, ročnega spravila in spravila z gozdarskim zgibnikom, proizvodnje sekancev s sekalnikom na traktorju in prevozom z gozdarskim kamionom. Pri tej kombinaciji pa največji delež stroška predstavlja spravilo in sicer, ročno predspravilo v kombinaciji z velikim gozdarskim zgibnikom 52 %, potem sečnja 24 % ter prevoz z gozdarskim kamionom 15 % in sekanje 9 %. Kot lahko vidimo iz zgornjih dveh slik je razlika med obstoječo tehnologijo pridobivanja lesa in strojno sečnjo velika. Glavni razlog je v tem, da sečnja in spravilo po obstoječih tehnologijah pridobivanja lesne biomase predstavlja večino stroškov v proizvodnji. Dokazali smo, da se dajo stroški znižati, če vključimo strojno sečnjo. Sistemi pridobivanja niso dodelani. Potrebna bi bila natančna analiza v katerih odsekih je možno uporabiti strojno sečnjo. Z uvajanjem strojne sečnje nebi samo znižali stroškov proizvodnje, ampak bi bilo delo tudi ergonomsko sprejemljivejše in časovno krajše.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Na tem mestu želimo opozoriti na nekaj bistvenih problemov in dejstev, ki vplivajo na pridobivanje lesa za energijo. Potrebe po ogrevanju in samozadostnosti ter električni energiji iz leta v leto rastejo, zato je potreben tehten razmislek glede tega kje, kdaj in na kakšen način lahko lesno biomaso izkoristimo s čim nižjimi vloženimi sredstvi in na okolju prijazen način. Kot smo že v prejšnjih poglavjih ugotovili, je v območju GGO Slovenj Gradec lesne biomase dovolj, vendar je le ta za enkrat slabo izkoriščena. Razloga za slabo izkoriščenost sta predvsem tehnologija sečnje in spravila ter tradicionalna miselnost pridobivanja drv. Stanje izkoriščanja lesne biomase se v zadnjem času izboljšuje, vendar je še vedno premalo zanimanja in investicij v proizvodnjo lesnih ostankov, ki bi lahko pomenili dodaten vir zaslužka, tako zasebnim lastnikom, kot tudi koncesionarjem, ki gospodarijo z državnimi gozdovi.

Pri izkoriščanju lesne biomase za proizvodnjo toplote in električne energije se pojavljajo tako pozitivne kot negativne posledice (Košir, 1995). Prednost izkoriščanja lesne biomase je predvsem v tem, da je lesna biomasa obnovljiv ter domač vir, ki ga pridobimo pri končni sečnji, redčenju ali sečnji zaraščajočih kmetijskih zemljiščih. Z izrabo lesne biomase bi se povečala tudi vlaganja v gozdno infrastrukturo, s tem pa bi se zmanjšal obseg dela po klasičnih tehnologijah sečnje in spravila. Predvsem pa bi izkoriščanje lesne biomase omogočalo dodaten vir zaslužka ter nova delovna mesta. Slabosti izkoriščanja lesne biomase pa so povezane z razdrobljeno gozdno posestjo (povprečno 6,56 ha) in velikim številom lastnikov ter še večjim številom solastnikov, neurejenim trgom z lesno biomaso ter pomanjkanjem informacij o vrsti in lokaciji ter količini.

Drevesna sestava gozda je zaradi pospeševanja iglavcev v KE Mislinja zelo spremenjena, povečana je ogroženost gozdov zaradi ujm, v zadnjem obdobju pa se v večjem obsegu pojavljajo škodljivi organizmi. V preteklosti je bilo manj intenzivnih sečenj, posledice neustrezne strukture poseka pa se tudi kažejo v zmanjšani kakovosti sortimentov, pridobljenih iz teh sestojev.

Odprtost z gozdnimi prometnicami ni optimalna. Razlogi so v strmih terenih, razgibanem reliefu, razpršenosti kmetijskih površin ter cestah, ki potekajo po dolinah, kjer vodotoki omejujejo spravilo z ene strani. Velik del cestnega omrežja, pomembnega za gozdno proizvodnjo, je bilo zgrajeno kot gozdne ceste, ki pa so bile prekategoriizirane v javne. Skupaj s prekategoriizacijo in posodabljanjem vozišč ter posebnimi režimi prometa (omejevanje osnih pritiskov) v spomladanskem času, je produktivnost teh cest vedno bolj omejena. Razmere za pridobivanje lesa so sorazmerno zahtevne. Spravilo je oteženo zaradi strmega in razgibanega terena, velike vodnatosti. Prav tako pa pridobivanje omejujejo naravovarstvene zahteve, kakor tudi omrežje javnih cest v gozdnem prostoru. Z vlaganjem v gozdne vlake se je spremenil delež pravilnih sredstev. Tako se je delež traktorskega spravila povečal za 15 %, delež spravila z žičnico se je zmanjšal za 1,5 %, delež ročnega spravila pa se je zmanjšal za 13 % (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012).

Preglednica 20: Pravilne razmere v GGO Slovenj Gradec (Gozdnogospodarski načrt ..., 2012)

Način spravila	ha	%	Do 200 m	200-400 m	400 - 600 m	600-800 m	800-1200 m	Nad 1200 m
Traktor	32237,6	57,3	13,0	55,6	25,1	5,3	0,9	0,1
Žičnica	5276,7	9,4	36,8	62,1	1,1	0	0	0
Ročno	2221,5	3,9	72,7	23,6	1,8	1,8	0,6	0
Kombinirano 1	15803,4	28,0	5,7	37,7	37,5	37,5	4,9	0,4
Kombinirano 2	186,0	0,3	6,7	57,3	27,6	27,6	0	0
Zaprto	642,6	1,1						
Skupaj	56367,8	100	17,2	49,8	23,7	6,8	1,8	0,2

Iz preglednice 20 je razviden delež posameznega načina spravila lesa. Največji delež predstavlja spravilo s traktorjem in kombinirano spravilo 1, ki je kombinacija ročnega in traktorskega spravila. Prav ta način pa se je v nalogi izkazal za enega izmed dražjih. Stroške sečnje in spravila bi lahko znižali z večjim vlaganjem v gozdno infrastrukturo, s

čimer bi lahko pospešeno uvajali sodobne stroje za sečnjo in spravilo. Prav tako bi lahko na terenih, kjer je predvideno žično spravilo uvajali drevesno metodo pridobivanja lesa in na tak način racionalizirali stroške gozdne proizvodnje.

V diplomski nalogi smo poizkusili odgovoriti na delovne hipoteze, ki smo jih postavili v začetku naloge.

V državnih gozdovih na območju delovanja GG Slovenj Gradec je dovolj lesne mase. Izračunali smo, da bi lahko v državnih gozdovih vsako leto računali povprečno na 15850 m³ lesa slabše kakovosti in sečnih ostankov. V zasebnih gozdovih je lesa najslabše kakovosti in sečnih ostankov (veje in vrhači) še več. Vsako leto bi lahko povprečno pridobili okoli 43500 m³. Za potrebe družbe Energetika d.o.o. je lesne biomase več kot dovolj. V KE Mislinja bi v obdobju 2007 – 2011 v povprečju pridobili 2260 m³ oziroma 5600 nm³ (G 30) ali 6700 nm³ (G 50) lesnih sekancev. Količina listavcev je zanemarljiva in znaša 60 m³.

Po pregledu površin gozdov glede na razvojne faze smo ugotovili, da je mlajših sestojev, v katerih bi lahko pridobili lesno biomaso z redčenjem, premalo, le 88 ha v celotnem območju. Letno bi lahko pridobili le med 130 do 150 nm³ lesnih sekancev. V tej razvojni fazi je razvidna sprememba v lesni zalogi, saj prevladujejo listavci, na katere bi v prihodnosti lahko računali.

Potrdili smo domnevo, da odseki, v katerih je potrebno ročno predspravilo, niso primerni za pridobivanje lesne biomase, ker so stroški pridobivanja lesa preveliki. Najprej smo opravili analizo stroškov spravila lesne mase za 3, 4 in 5 debelinsko stopnjo, katere so primerne za lesno biomaso. Strošek ročnega spravila je znašal med 13 in 16 €/m³. K temu strošku smo morali prišteti še stroške pravičnega stroja (kmet. traktor, gozdarski zgibnik ali žični žerjav). Skupen strošek spravila je bil previsok in presega trenutno odkupno ceno celuloznega lesa. Izračunali smo stroške spravila za ves les, ki je bil odkazan v obdobju 2007 – 2009. Stroški so se nekoliko znižali, ampak so še vedno previsoki, da bi lahko pridobivali lesno biomaso.

Naredili smo še časovno in stroškovno primerjavo med klasično tehnologijo pridobivanja lesa in strojno sečnjo. Z motorno žago potrebujemo povprečno 0,8 ure za m^3 , pri strojni sečnji pa 0,07 ure za m^3 . Poraba časa pri spravilu s kmetijskim traktorjem ali gozdarskim zgibnikom je primerljiva s časom, ki ga potrebujemo za spravilo z zgibnim polprikoličarjem. Povprečni strošek sečnje z motorno žago je znašal 11 €/m³, medtem ko je znašal povprečni strošek strojne sečnje 6 €/m³. Skupni stroški sečnje in spravila s klasično tehnologijo variirajo med 19 in 21 €/m³. Skupen strošek strojne sečnje in spravila z zgibnim polprikoličarjem pa znaša 11,5 €/m³. Ugotovili smo, da je strojna sečnja ugodnejša od klasičnih tehnologij. Med vsemi kombinacijami procesa proizvodnje lesne biomase se je pokazala za najugodnejšo kombinacija strojne sečnje, zgibnega polprikoličarja, sekalnika na kamionu in prevoza z vlačilcem. Pri kombinacijah proizvodnje lesne biomase s klasično tehnologijo, sta sečnja in spravilo predstavljala večinski strošek celotnega procesa.

6 POVZETEK

V diplomski nalogi smo preverjali potencialne količine biomase, ki jo je možno pridobiti iz državnih gozdov z obstoječo tehnologijo dela ter s strojno sečnjo. Zaradi velikega obsega podatkov smo se omejili le na državne gozdove v Krajevni enoti Mislinja. Uporabili smo podatke, ki so na voljo na Zavodu za gozdove, torej podatke zbrane iz analize gozdov in podatke iz odkazilnih manualov za obdobje 2007 – 2009.

S pomočjo podatkov o razvojnih fazah, lesni zalogi in njeni sestavi ter letnega prirastka po debelinski razredih, smo izračunali potenciale lesne biomase za celotno območje delovanja Gozdnega gospodarstva Slovenj Gradec in ugotovili, da je te dovolj. Delež celuloznega lesa so bo v prihodnje še povečeval. Na celotnem območju je v državnih gozdovih okoli 15.000 m³ lesa slabe kakovosti in sečnih ostankov.

Na podlagi izdanih odločb (A in C) v KE Mislinja za obdobje 2007 – 2009 smo izračunali, da bi vsako leto povprečno pridobili 2200 m³ lesa iglavcev slabše kakovosti in nekaj lesa listavcev, okoli 65 m³, ki pa je v primerjavi z iglavci zanemarljiva.

Izračunali smo stroške sečnje in spravila za prvotno razdelitev po A in C odločbah ter stroške sečnje in spravila za celoten odkazan les v obdobju 2007 – 2009. Izračuni so pokazali, da je strošek sečnje in spravila, izključno za pridobivanje lesne biomase, previsok. Strošek poseka in spravila do kamionske ceste znaša od 28 €/m³ do 58 €/m³, odvisno katere stroje smo pri tem uporabili. Dokazali smo tudi, da odseki, v katerih je potrebno ročno predspravilo, niso primerni za pridobivanje lesne biomase, saj se strošek spravila poveča za 13 do 16 € na m³. Pri izračunih za celoten les so poraba časa za izdelan kubični meter, strošek sečnje in spravila še vedno visoki, kar pa lahko pripišemo težavnim terenskim razmeram in debelinski sestavi sestojev.

Zanimal nas je tudi strošek strojne sečnje in spravila. Izločili smo odseke, ki so primerni za takšno tehnologijo. Izločitveni dejavniki so bili: naklon terena, gostota odkazila in vlak, ter velikost odkazanega sestoja. Izračuni so pokazali, da je strošek sečnje in spravila tudi do polovice manjši kot pri obstoječi tehnologiji.

Poleg stroška posamezne tehnologije sečnje in spravila smo opravili tudi časovno analizo. Največ časa za izdelan kubični meter porabimo pri kombinaciji ročnega spravila in sečnje z motorno žago, in sicer znaša povprečno 1,68 ure za iglavce in listavce. Poraba časa je pri velikem gozdarskem zgibniku primerljiva s prilagojenim kmetijskim traktorjem. Časovno najbolj ugodna kombinacija je kombinacija strojne sečnje in spravila z zgibnim polprikoličarjem.

S pomočjo računalniškega programa MAPINFO smo izmerili prevozne razdalje od posameznih odsekov pa do državne ceste Velenje – Slovenj Gradec. Izračunali smo, da povprečna prevozna razdalja iz državnih gozdov KE Mislinja do Vuhreda znaša 50 km. Za potrebe prevoza oblega lesa in lesnih sekancev smo na tej razdalji izračunali ceno prevoza za tri različne kompozicije. Strošek prevoza z gozdarskim kamionom znaša 7,05 €/m³, kamiona vlačilca 3,24 €/m³ in kiper kamiona brez prikolice 4,03 €/m³.

S kombiniranjem strojev in načinov sečnje, spravila, mletja sekancev ter prevoza, smo preverjali katera izmed kombinacij teh strojev je ekonomsko najbolj ugodna. Izkazalo se je, da je prevoz že izdelanih sekancev cenejši kot prevoz oblega lesa. Prav tako pa je kombinacija strojne sečnje in spravila neprimerno ugodnejša kot obstoječa tehnologija. Strošek celotne dobavne verige iz KE Mislinja znaša od 18,91 €/m³ pa do 48,16 €/m³.

Potencial državnih gozdov v KE Mislinja je možno še bolj izkoristi. Potrebna bi bila čim večja usmeritev v strojno sečnjo in spravilo, saj večina sečnih ostankov pri zdajšnjem načinu dela ostane v gozdu in se ga ne izkoristi. Vendar pa je potrebno novo tehnologijo uvajati postopno in s premislekom, kje in kdaj jo lahko uporabimo, da nebi škodovali gozdnemu sistemu.

7 LITERATURA IN VIRI

Butala V., Turk J. 1998. Lesna biomasa – neizkoriščen domači vir energije. Ljubljana, Femopet Slovenija.

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/V5-biomasa.pdf>

(12. 5. 2011)

Gozdno gospodarski načrt gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec 2011-2020

http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/GGO/Slovenj_Gradec/11_SLOVENJ_GRADEC_2011-2020.pdf (7. 1. 2013)

Humar M. 2008. Potencial lesne biomase za energijske namene v Sloveniji: diplomsko delo (Univerza v Ljubljani, Oddelek za lesarstvo) Ljubljana, samozal.: 70 str.

HSM Hohenloher Spezial-Maschinenebau Gmbh & Co.KG

<http://www.hsm-forest.net/hsm-805f-kurzchassis-kurz.html> (18. 10. 2012)

Košir B. 2009: Uvajanje tehnologij strojne sečnje in izkoriščanje sečnih ostankov: - končno poročilo projekta. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 177 str.

Košir B., Krajnc R. 1995. Organizacija gozdarskih del. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo BF: 179 str.

Kovač Š. 2006. Les od gozda do peči: priročnik. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 43 str.

Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2010. 2011. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije

http://www.zgs.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/Porgozd10_Solc1.pdf (16. 5. 2011)

Krajnc N., Kopše I. 2005. Les-domač, obnovljiv in okolju prijazen vir energije. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije: Agencija za učinkovito rabo in obnovljive vire energije, Gozdarski inštitut Slovenije: 10 str.

Krajnc N. 2009. Lesna goriva. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 81 str.

Krajnc R., Pogačnik N. 2000. Potenciali lesne biomase iz gozdov uporabne v energetske namene. Gozdarski vestnik, 58, 7-8: 330-332

Krajnc N., Krajnc R. 2003. Tehnologije pridobivanja lesnega kuriva. Gozd in obnovljivi viri: 9-11.

- Krajnc N., Kovač Š. 2003. Lesna biomasa okolju prijazen obnovljiv vir energije. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS, Občina Slovenska Bistrica: 23 str.
- Krč J. 2002. Sestojne in terenske možnosti za strojno sečnjo v Sloveniji. V: strojna sečnja v Sloveniji. Ljubljana, Gospodarska zbornica Slovenije, Združenje za gozdarstvo: 21-32.
- Krč J., Košir B. 2002. Sestojne in terenske možnosti strojne sečnje v Sloveniji: elaborat. Ljubljana, Gospodarska zbornica Slovenije, Združenje za gozdarstvo: 71 str.
- Krč J., Košir B. 2003. Presoja različic omejitev rabe strojna sečnje z vidika terenskih in sestojnih razmer v Sloveniji. Zbornik Gozdarstva in lesarstva 71: 5-18.
- Operativni program rabe lesne biomase kot vira energije (OP ENLES 2007 – 2013) na podlagi Resolucije o nacionalnem energetskega programu ReNEP, Ur. l. RS št. 57/04. 2007. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.
- http://tia.urs.si/viri/OP_enles_koncno.doc (16. 5. 2011)
- Odredba o določitvi normativov za delo v gozdovih. Ur. l. RS 11/1999
- https://www.uradni-list.si/files/RS_-2010-098-05089-OB~P002-0000.PDF (16. 10. 2012)
- Polanc J. 2011. Lesni in gozdni ostanki kot gorivo: magistrsko delo (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo). Maribor, samozal.: 110str.
- Richardson J., Bjorheden R., Hakkila P., Lowe A. T., Smith C. T. 2002. Bioenergy from Sustainable Forestry. Dordrecht, WEC: 337 str.
- Socialno – ekonomske in druge omejitve pri rabi lesne biomase
- http://www.mko.gov.si/si/delovna_podrocja/gozdarstvo/navodila_za_pravilno_kurjenje/naveti_za_pripravo_drv/socialno_ekonomske_in_druge_omejitve_pri_rabi_lesne_biomase/ (7. 1. 2013)
- Trossero A.M., Nogueira L.A.H., Etherington T.J. 1998. Wood energy situation and trends. Rome, WEC: 31 str.
- Winkler I., Košir B., Krč J., Medved M. 1994. Kalkulacije stroškov gozdarskih del. (Strokovna in znanstvena dela, 113). Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF: 69 str.

8 ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Janezu Krču za strokovno pomoč, nasvete in vzpodbudo pri izdelavi diplomske naloge.

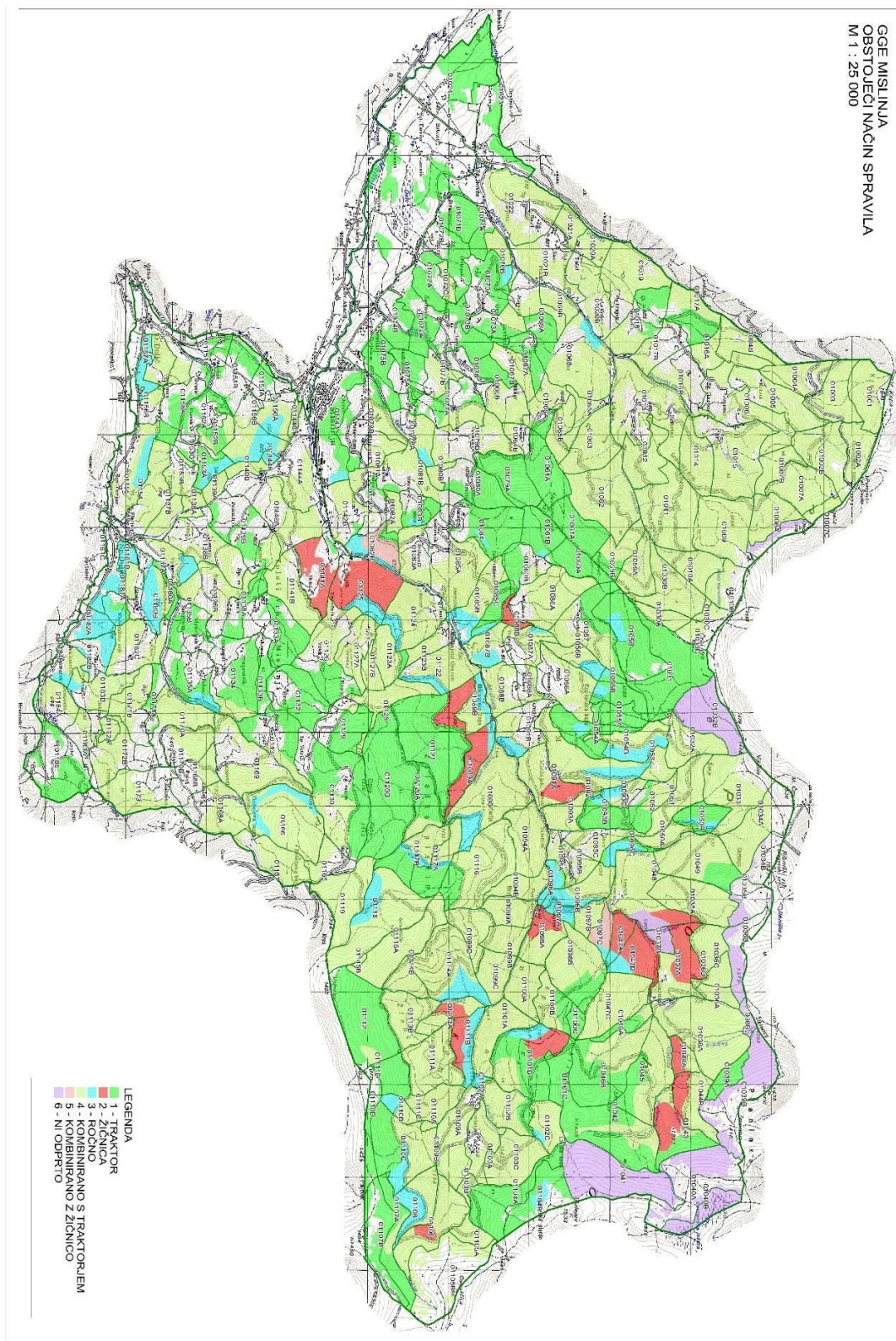
Zahvaljujem se tudi doc. dr. Juriju Marenčetu za korektno opravljeno delo recenzije diplomskega dela.

Za vse potrebne podatke in pomoč se zahvaljujem zaposlenim na Zavodu za gozdove Slovenije, območna enota Slovenj Gradec in krajevna enota Mislinja.

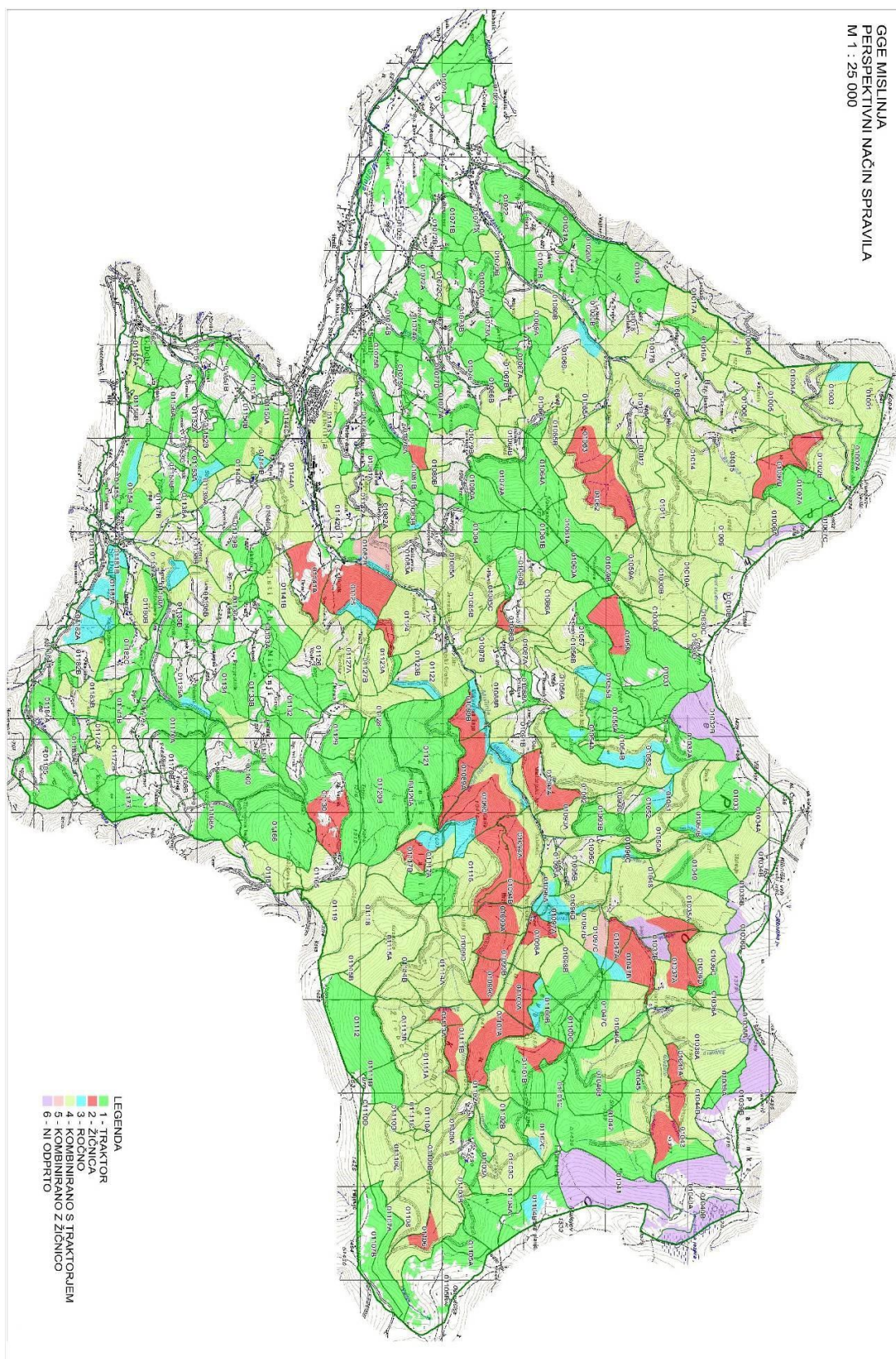
Zahvaljujem se tudi družini in prijateljem, ki so mi pomagali in stali ob strani.

9 PRILOGE

Priloga A: Obstoječi način spravila



Priloga B: Perspektivni način spravila



Priloga C: Izračuni kalkulacij posameznih gozdarskih strojev

Husqvarna - 364 XP				
			€/ou	%LC
<u>1. GORIVO IN MAZIVO</u>				
Gorivo	1,49 €/l	1,3 l / ou	1,94	11,41
Mazivo	4,12 €/l	0,72 l / ou	3,02	56,70
<u>2. NADOMESTNI DELI</u>				
Veriga	20 €	150 ou	0,13	0,79
Meč	34,51 €	500 ou	0,07	0,41
Gonilno kolo	13,08 €	500 ou	0,03	0,15
<u>3. AMORTIZACIJA</u>				
Nabavna vrednost:	800 €	trajanje 1500 [ou]	0,53	3,14
<u>4. POPRAVILA IN VZDRŽEVANJE</u>				
	100 [%]*A		0,53	3,14
<u>5. OBRESTI</u>				
	5 [%]	trajanje 3 [let]	0,05	0,32
<u>6. ZAVAROVANJE</u>				
	10 * A * t		0,16	0,94
<u>1-6 NEPOSREDNI MATERIALNI STROŠKI / OBR. URO</u>				
			13,07	77,01
<u>NEPOSREDNI MATERIALNI STROŠKI / DEL. URO</u>				
		4 ou / dan	6,54	38,50
<u>7. STROŠKI DELAVCA</u>				
BPL delavec	5,22 €	K1 = 2	10,44	61,50
<u>1-7 PRIMERJALNA CENA</u>				
			16,98	100,00
<u>8. SPLOŠNI STROŠKI</u>				
BPL *K2		K2 = 0	0,00	0,00
<u>1-8 LASTNA CENA</u>				
			13,65	100,00

TIMBERJACK 1010 D				
			€/ou	%LC
<u>1. GORIVO IN MAZIVO</u>				
Gorivo	1,4 €/l	10 l / ou	14	22,73
Mazivo	4 €/l	1 l / ou	4	6,49
<u>2. NADOMESTNI DELI</u>				
Gume	12982 €	2400 ou	4,11	6,67
<u>3. AMORTIZACIJA</u>				
Max. trajanje	9 LET			
Nabavna vrednost:	195800 €	10000 trajanje [ou]	19,58	31,79
<u>4. POPRAVILA IN VZDRŽEVANJE</u>				
2000 Letno obratovalnih ur			19,22	31,21
<u>5. OBRESTI</u>				
4,5 [%]		5 trajanje [let]	2,72	4,42
<u>6. ZAVAROVANJE</u>				
3 * A * t			2,94	4,77
<u>1-6 NEPOSREDNI MATERIALNI STROŠKI / OBR. URO</u>				
		1	66,57	108,07
Na delovno uro				
<u>NEPOSREDNI MATERIALNI STROŠKI / DEL. URO</u>				
70 [%] Tehnične izkoriščenosti			46,6	75,65
<u>7. STROŠKI DELAVCA</u>				
BPL delavec	5 €	K1 = 2	10	16,23
<u>1-7 PRIMERJALNA CENA</u>				
			56,6	91,88
<u>8. SPLOŠNI STROŠKI</u>				
BPL *K2		K2 = 1,32	5	8,12
<u>1-8 LASTNA CENA</u>				
			61,6	100

PRLAGOJENI KMETIJSKI TRAKTOR					€/du	%LC
<u>1. GORIVO IN MAZIVO</u>						
Gorivo	1,4 €/l	6 l/du			8,4	18%
Mazivo	3,5 €/l	1,5 l/du			5,25	11%
<u>2. NADOMESTNI DELI</u>						
Gume/podv.	800 €/grt	1300 du			0,54	1%
Verige	3000 €/grt	1000 du			2,7	6%
Vrvi	1,5 €/m	80 m	400 du		0,29	1%
Zanke	9 €/kos	10 kos	500 du		0,17	0%
Drsniki	5 €/kos	20 kos	400 du		0,24	1%
<u>3. AMORTIZACIJA</u>						
Nabavna vrednost:	55000 €	7 let	180 dni/leto		5,46	11%
Likvidacijska vrednost:	15 %				-0,82	-2%
<u>4. POPRAVILA IN VZDRŽEVANJE</u>						
	80 [%]*A				4,37	9%
<u>5. OBRESTI</u>						
	5 [%]				1,14	2%
<u>6. ZAVAROVANJE</u>						
	3 * A * t				1,15	2%
<u>1-6 NEPOSREDNI MATERIALNI STROŠKI</u>					28,88	61%
<u>7. STROŠKI DELAVCEV</u>						
BPL traktorist	4,5 €					
BPL pomočnik	0 €	K1 = 2,43			10,94	23%
<u>1-7 PRIMERJALNA CENA</u>					39,82	84%
<u>8. SPLOŠNI STROŠKI</u>						
BPL *K2		K2 = 1,71			7,7	16%
<u>1-8 LASTNA CENA</u>					47,51	100%

GOZDARSKI TRAKTOR WOODY							€/du	%LC	
1. GORIVO IN MAZIVO									
Gorivo	1,4	€/l	6	l/du			8,4	13%	
Mazivo	3,5	€/l	1,5	l/du			5,25	8%	
2. NADOMESTNI DELI									
Gume/podv.	850	€/grt	1300	du			0,57	1%	
Verige	3000	€/grt	1000	du			2,7	4%	
Vrvi	1,5	€/m	80	m	400	du	0,29	0%	
Zanke	9	€/kos	10	kos	500	du	0,17	0%	
Drsniki	5	€/kos	20	kos	400	du	0,24	0%	
3. AMORTIZACIJA									
Nabavna vrednost:	150000	€	7	let	180	dni/leto	14,88	23%	
Likvidacijska vrednost:	10	%					-1,49	-2%	
4. POPRAVILA IN VZDRŽEVANJE							60 [%]*A	8,93	14%
5. OBRESTI							5 [%]	3,12	5%
6. ZAVAROVANJE							3 * A * t	3,13	5%
1-6 NEPOSREDNI MATERIALNI STROŠKI							46,19	71%	
7. STROŠKI DELAVCEV									
BPL traktorist	4,5	€							
BPL pomočnik	0	€	K1 =	2,4			10,94	17%	
1-7 PRIMERJALNA CENA							57,12	88%	
8. SPLOŠNI STROŠKI									
BPL *K2			K2 =	1,7			7,7	12%	
1-8 LASTNA CENA							64,82	100%	

TIMBERJACK				
1070				
			€/ou	%LC
<u>1. GORIVO IN MAZIVO</u>				
Gorivo	1,4 €/l	10 l / ou	14	15,52
Mazivo	2 €/l	1 l / ou	2	2,22
<u>2. NADOMESTNI DELI</u>				
Gume	11124 €	2400 ou	3,4	3,77
<u>3. AMORTIZACIJA</u>				
Max. trajanje:	9 LET			
Nabavna vrednost:	276157 €	10000 trajanje [ou]	30,68	34,01
<u>4. POPRAVILA IN VZDRŽEVANJE</u>				
	1000 Letno obratovalnih ur		18,65	20,67
<u>5. OBRESTI</u>				
	4,5 [%]	9 trajanje [let]	6,58	7,29
<u>6. ZAVAROVANJE</u>				
	3 * A * t		8,28	9,18
<u>1-6 NEPOSREDNI MATERIALNI STROŠKI / OBR. URO</u>				
	1		83,59	92,64
Na delovno uro				
<u>NEPOSREDNI MATERIALNI STROŠKI / DEL. URO</u>				
	90 [%] Tehnične izkoriščenosti		75,23	83,38
<u>7. STROŠKI DELAVCA</u>				
BPL delavec	5 €	K1 = 2	10	11,08
<u>1-7 PRIMERJALNA CENA</u>				
			85,23	94,46
<u>8. SPLOŠNI STROŠKI</u>				
BPL *K2		K2 = 1,32	5	5,54
<u>1-8 LASTNA CENA</u>				
			90,23	100

ŽIČNICA					€/du	%LC
<u>1. GORIVO IN MAZIVO</u>						
Gorivo	1,4 €/l	5 l/du			7	8,50%
Mazivo	3,5 €/l	2 l/du			7	8,50%
<u>2. NADOMESTNI DELI</u>						
Gume/podv.	417,2 €		1500 du		0,24	0,30%
Nosilka	2,9 €/m	1000 m	1500 du		1,65	2,00%
Vlačilka	1,58 €/m	100 m	400 du		0,38	0,50%
Pomožna	2,08 €/m	30 m	55 du		1,13	1,40%
Montažna	0,41 €/m	100 m	400 du		0,1	0,10%
Sidra / podpore	1,56 €/m	80 m	400 du		0,3	0,40%
Zanke	2,08 €/kos	30 kos	55 du		1,13	1,40%
Drsniki	2,08 €/kos	60 kos	400 du		0,3	0,40%
<u>3. AMORTIZACIJA</u>						
Nabavna vrednost:	62593 €	8 let	160 dni/leto		488,2 8	593,10 %
Likvidacijska vrednost:	15 %				-0,92	-1,10%
<u>4. POPRAVILA IN VZDRŽEVANJE</u>						
	70 [%]*A				4,28	5,20%
<u>5. OBRESTI</u>						
	5 [%]				1,45	1,80%
<u>6. ZAVAROVANJE</u>						
	15*A*t				7,34	8,90%
<u>1-6 NEPOSREDNI MATERIALNI STROŠKI</u>					37,49	45,50%
<u>7. STROŠKI DELAVCEV</u>						
BPL žičničar	3,75 €	število 1				
BPL pomočnik	3,54 €	število 2	K1 = 2,43		26,32	32,00%
<u>1-7 PRIMERJALNA CENA</u>					63,8	77,50%
<u>8. SPLOŠNI STROŠKI</u>						
BPL *K2			K2 = 1,71		18,52	22,50%
<u>1-8 LASTNA CENA</u>					82,32	100,00

KAMION					
PREVOZNA RAZDALJA:	50	[km]			
NOSILNOST:	25	[t]			
POVPREČNA HITROST VOŽNJE:	30	[km/uro]			
ČAS PREKLADANJA [min/t]:	2	[min/t]			
LETNO DELOVNIH DNI:	182				
TRAJANJE KAMIONA:	7 LET	250000	[km]		
TRAJANJE NAKLADALNE NAPRAVE:	7 LET	7000	[del. ur]		
Čas prekladanja:	50	[min/ciklus]			
Čas vožnje:	200	[min/ciklus]			
Št. ciklusov dnevno:	1,9				
Št. ciklusov letno:	349				
Dnevno prevoženo:	192	[km]			
Letno prevoženo:	34944	[km]			
Letno prevoženo lesa:	8736	[t]			
Letno polna vožnja:	436800	[tkm]			
Dejansko trajanje kamiona:	7,15	[let]			
Dejansko trajanje nakladalne naprave:	24,04	[let]			
			EUR/leto	%LC	
<u>1. GORIVO IN MAZIVO</u>					
Gorivo, kamion	1,4 €/l	50 l / 100 km	24461	18,10%	
Gorivo, nakladalna n.		0,22 l / t	2691	2,00%	
Mazivo, kamion		20 % cene goriva	4892	3,60%	
Mazivo, nakladalna n.		20 % cene goriva	538	0,40%	
<u>2. NADOMESTNI DELI</u>					
Gume, cena	125,19 €	32250 km	7 število	824	0,60%
<u>3. AMORTIZACIJA</u>					
Nabavna vrednost KAMION:	208646 €		29807	22,00%	
Nabavna vrednost NAKL. N.:	41729 €		5961	4,40%	
Likvidacijska vrednost:	20 % kamion	40 % nakl. n.	-8346	-6,20%	
<u>4. POPRAVILA IN VZDRŽEVANJE</u>					
Kamion		80 [%]*A	23845	17,60%	
Nakl. n.		80 [%]*A	4769	3,50%	
<u>5. OBRESTI NA KAPITAL</u>					
Obrestna mera	5 [%]	Kamion	6252	4,60%	
		Nakl. n.	1250	0,90%	
<u>6. ZAVAROVANJE, TAKSE</u>					
Kamion		7 [%]*A*t	14605	10,80%	
Nakl. n.		7 [%]*A*t	2921	2,20%	
<u>7. STROŠKI DELAVCA</u>					
BPL delavec	3,9643 €	K1 = 2,22	12814	9,50%	
<u>8. SPLOŠNI STROŠKI</u>					
BPL *K2		K2 = 1,37	7908	5,80%	
1-8 LASTNA CENA	0,31	€/tkm	135192	100,0%	