

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

Luka BIŠČAK

**TEHNOLOŠKE IN EKONOMSKE MOŽNOSTI
IZRABE SEČNIH OSTANKOV PO STROJNI SEČNJI
ZA ENERGETSKE POTREBE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008

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

Luka BIŠČAK

**TEHNOLOŠKE IN EKONOMSKE MOŽNOSTI IZRABE SEČNIH OSTANKOV
PO STROJNI SEČNJI ZA ENERGETSKE POTREBE**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**TECHNOLOGICAL AND ECONOMICAL POSSIBILITIES OF UTILIZATION
WOOD-CUTTING RESIDUES AFTER MECHANIZED HARVESTING FOR
ENERGETIC PURPOSES**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 19.9.2006 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala dr. Boštjana Koširja za recenzenta pa 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, identična tiskani verziji.

Luka Biščak

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 332.1:839.31(043.2)=163.6
KG	zgibni polprikoličar/stroj za sekanje/tehnologija dela/prostornina sečnih ostankov/energetska vrednost sekancev in sečnih ostankov
KK	
AV	BIŠČAK, Luka
SA	KOŠIR, Boštjan (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2008
IN	TEHNOLOŠKE IN EKONOMSKE MOŽNOSTI IZRABE SEČNIH OSTANKOV PO STROJNI SEČNJI ZA ENERGETSKE POTREBE
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	VIII, 67 str., 17 pregl., 19 sl., 2 pril., 19 vir.
IJ	sl
Jl	sl/en
AI	
Naloga proučuje tehnologijo izrabe sečnih ostankov za proizvodnjo sekancev. Izdelava sekancev iz sečnih ostankov je še precej neznana in neraziskana zadeva. Proučevanje je zajemalo spravilo sečnih ostankov z zgibnim polprikoličarjem Timberjack 1410D in sekanje sečnih ostankov z mobilnim sekalnikom Bruks 801 C na Ecolog 574 B. Za obe operaciji so bili izračunani normativi, ki zadevajo različne postopke pri opravljenem delu. Naloga izpostavlja tudi problem določitve prostorninske gostote oziroma določitev količine sečnih ostankov na prostorninsko enoto. Nenatančno izmerjena količina ostankov v prostorninski enoti lahko vodi v napačno predvidevanje o skupni količini iz njih proizvedenih sekancev. Tem je bila po drevesnih vrstah ugotovljena nasipna gostota pri določeni vsebnosti vode. Na podlagi teh podatkov smo določili energijsko vrednost sekancev in sečnim ostankom.	

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	FDC 332.1:839.31(043.2)=163.6
CX	forwarder/chipper/work technology/volume of wood residues/energy value of wood chips and wood residues
CC	
AU	BIŠČAK, Luka
AA	KOŠIR, Boštjan (supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources
PY	2008
TI	TECHNOLOGICAL AND ECONOMICAL POSSIBILITIES OF UTILIZATION WOOD-CUTTING RESIDUES AFTER MECHANIZED HARVESTING FOR ENERGETIC PURPOSES
DT	Dissertation thesis (University study)
NO	VIII, 67 p., 17 tab., 19 fig., 2 ann., 19 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	
This paper studies the technology of wood residue utilization. The making of wood chips from wood residues is a rather unknown and unresearched matter. The study includes the gathering of wood residues with the Timberjack 1410D forwarder and the cutting of wood residues with the Bruks 801 C mobile chipper to Ecolog 574 B. Rates relating to different procedures of the work done were calculated for both of these operations. The paper also deals with the problem of bulk density determination or determination of wood residue quantity per unit volume. Inaccurate measurement of residue quantity per unit volume can lead to an unexpected total quantity of wood chips produced from them. Their bulk density at the particular water content was determined according to the tree species. On the basis of this data, the energy value of wood chips and wood residues was determined.	

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	II
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	III
KAZALO VSEBINE.....	IV
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PRILOG.....	VIII
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 LESNA BIOMASA V SLOVENIJI	2
2.2 PRIPRAVA LESNE BIOMASE ZA OGREVANJE.....	3
2.2.1 Sekanci	3
3 NAMEN NALOGE	5
4 HIPOTEZE	7
5 METODE RAZISKAVE	8
5.1 SPLOŠEN OPIS CELOTNE TEHNOLOGIJE DELA.....	8
5.2 OPIS DELOVIŠČA	9
5.2.1 Opis snežniških gozdov	9
5.2.2 Opis GGE Mašun	10
5.2.3 Opis oddelka 16	11
5.2.3.1 Opis odseka 16a	12
5.2.3.2 Odkazilo po drevesnih vrstah.....	13
5.3 TEHNIČNI PODATKI O MEHANIZACIJI	14
5.3.1 Stroj za sečnjo	14
5.3.2 Zgibni polprikoličar	16
5.3.3 Stroj za sekanje	19
5.3.3.1 Uporabnost sekalnih strojev	20
5.4 PODROBNEJŠI OPIS TEHNOLOGIJE DELA.....	21
5.4.1 Pridobivanje sečnih ostankov po strojni sečnji	21

5.4.2	Sekanje sečnih ostankov v sekance	26
5.4.2.1	Zmogljivosti in manipulativne sposobnosti osrednjega skladišča Koreja	28
5.4.2.2	Odvoz sekancev	28
5.4.3	Uporaba sekancev iz sečnih ostankov	30
5.5	PROUČEVANJE TEHNOLOGIJE DELA	31
5.6	NAČIN MERJENJA PROSTORNINE SEČNIH OSTANKOV	32
5.6.1	Obrazložitev enot	33
6	REZULTATI	34
6.1	SPRAVILO SEČNIH OSTANKOV Z ZGIBNIM POLPRIKOLIČARJEM	34
6.1.1	Delovni postopki spravila sečnih ostankov	34
6.1.2	Izmerjene vrednosti postopkov spravila sečnih ostankov	34
6.1.2.1	Obrazložitev izmerjenih vrednosti	36
6.2	PROUČEVANJE SEKANJA SEČNIH OSTANKOV V SEKANCE	37
6.2.1	Merjenje postopkov sekanja sečnih ostankov	37
6.2.2	Izmerjene vrednosti postopkov sekanja sečnih ostankov	39
6.2.2.1	Obrazložitev izmerjenih vrednosti	39
6.3	MERJENJE PROSTORNINE SEČNIH OSTANKOV	41
6.3.1	Pretvorne vrednosti, določene po metodi merjenj, temelječe na številu voženj polno naloženega zgibnega polprikoličarja	41
6.3.2	Ugotavljanje prostornine sečnih ostankov po metodi merjenj prostornine kupov sečnih ostankov od posekanih povprečnih neto dreves	43
6.3.2.1	Pretvorne vrednosti	45
6.3.2.2	Faktorji prostornine zloženih sečnih ostankov	46
6.3.3	Obrazložitev odstopanj	47
6.3.4	Primerjalne vrednosti	49
6.4	NASIPNA GOSTOTA SEKANCEV	50
6.4.1	Vsebnost vode in vlažnost lesa	50
6.4.1.1	Določanje vsebnosti vode	52
6.4.2	Zrnatost predelanega goriva	53
7	LES KOT GORIVO	55
7.1	KURILNOST	55
7.1.1	Določitev vsebnosti energije na prostorninski nasuti meter	56

7.1.1.1	Določitev vsebnosti energije na prostorni meter sečnih ostankov.....	57
8	EKOLOŠKI VIDIKI.....	59
8.1	VPLIV IZNOSA SEČNIH OSTANKOV NA GOZDNI PROSTOR.....	60
8.1.1	Krogotok hranil.....	60
8.1.1.1	Delež iznešenih sečnih ostankov iz delovišča.....	63
8.1.2	Varstvo gozdov	64
9	ZAKLJUČEK.....	66
10	VIRI.....	68
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Gozdne združbe v snežniških gozdovih (stanje 2006) (Udovič, 2007)	9
Preglednica 2: Osnovne karakteristike stroja Timberjack 1410D (Žlogar, 2007)	16
Preglednica 3: Dimenzije zgibnega polprikoličarja Timberjack 1410D	18
Preglednica 4: Osnovne karakteristike tovarne površine zgibnega polprikoličarja Timberjack 1410D	18
Preglednica 5: Tehnični podatki o stroju za sekanje (Košir, 2008)	20
Preglednica 6: Čas trajanja in opravljene razdalje različnih postopkov pri spravilu sečnih ostankov	36
Preglednica 7: Čas trajanja in opravljene razdalje različnih postopkov pri sečnji sečnih ostankov	39
Preglednica 8: Nasipna gostota sekancev pri $W=30\%$ (Priročnik za načrtovanje, 2005)...	43
Preglednica 9: Izmerjene količine sečnih ostankov neto proučevanih dreves	43
Preglednica 10: Preračunane količine sečnih ostankov na povprečno neto izbrano drevo..	44
Preglednica 11: Pretvorni faktorji in količine, merjene po različnih metodah	49
Preglednica 12: Vlažnost lesa pri različni vsebnosti vode	51
Preglednica 13: Značilna vsebnost vode različnih vrst lesa.....	52
Preglednica 14: Kurilnost in vsebnost energije v odvisnosti od vsebnosti vode za različne vrste dreves in enotne mase (Priročnik za načrtovanje, 2005).....	56
Preglednica 15: Vsebnost energije lesa in sečnih ostankov pri različni vsebnosti vode (Priročnik za načrtovanje, 2005).....	56
Preglednica 16: Prostorninska gostota sečnih ostankov po različnih metodah merjenja.....	57
Preglednica 17: Vsebnost energije lesne biomase glede na kurilno olje (Kranjc in Kopše, 2005)	59

KAZALO SLIK

Slika 1: Lega oddelka 16 v GGE Mašun.....	11
Slika 2: Oddelek 16.....	13
Slika 3: Stroj za sečnjo Impex Konigstiger pri podiranju drevesa (foto: B. Košir).....	14
Slika 4: Zgibni polprikoličar Timberjack 1410D (foto: L. Biščak)	16
Slika 5: Prikaz dimenzij zgibnega polprikoličarja Timberjack 1410D (stranski pogled)....	17
Slika 6: Prikaz dimenzij zgibnega polprikoličarja Timberjack 1410D (frontalni pogled)...	17
Slika 7: Stroj za sekanje (foto: L. Biščak)	19
Slika 8: Nočno delo (foto: L. Biščak)	21
Slika 9: Nakladanje okroglega lesa na zgibni polprikoličar Timberjack 1410 (foto: B. Košir)	22
Slika 10: Nakladanje sečnih ostankov na zgibni polprikoličar (foto: B. Košir)	23
Slika 11: Zgibni polprikoličar natovorjen s sečnimi ostanki na poti k skladišču ob kamionski cesti (foto: B. Košir)	24
Slika 12: Prekladanje sečnih ostankov na traktorsko prikolico (foto: B. Košir).....	25
Slika 13: Razkladanje sečnih ostankov na skladišču Koreja (foto: B. Košir).....	25
Slika 14: Sekalnik Bruks 801 C na Ecolog 574 B pri sekanju sečnih ostankov (foto: L. Biščak)	26
Slika 15: Sekanje sečnih ostankov (foto: L. Biščak)	26
Slika 16: Sečni ostanki na skladišču Koreja (foto: L. Biščak).....	28
Slika 17: Sekalnik pri razkladanju sekancev v kontejner (foto: B. Košir).....	29
Slika 18: Nalaganje boksov s sekanci na kamion (foto: L. Biščak).....	30
Slika 19: Izgled sekancev iz sečnih ostankov (foto: B. Košir)	54

1 UVOD

Mnoge organske snovi ali organski ostanki, splošno poimenovani biomasa, so primerni za pridobivanje energije, tako toplotne kakor tudi električne. Med biomaso uvrščamo bioodpadke, kamor sodijo gozdni in kmetijski odpadki (trdni in tekoči), energetske rastline (oljna repica, sladkorni trs, trava-seno, drevje), pa tudi komunalne odpadke.

V kontekstu goriv se izraz biomasa uporablja za trdna goriva, biogorivo pa za tekoča in plinasta goriva, ki jih pridobimo iz biomase. Med tekočimi gorivi je najpomembnejši etanol, poleg njega pa v velikih količinah proizvajajo še metanol in biodiesel, gorivo iz rastlinskih olj. Najbolj poznana plinasta biogoriva pa sta bioplin in sintezni plin.

Med goriva na osnovi lesne biomase uvrščamo lesno biomaso, ki še ni bila kemično obdelana, regenerirane ostanke lesa po kemični obdelavi (ostanki proizvodnje tanina) ter reciklirane produkte, ki nastajajo iz lesne biomase.

K lesni biomasii uvrščamo gozdne ostanke, ostanke pri industrijski predelavi lesa in kemično neobdelan les. Med gozdne ostanke sodi vejevje, krošnje (vrhače), debela majhnih premerov ter manj kakovosten les, ki ni primeren za nadaljnjo industrijsko predelavo. Ostanke so posledica rednih sečenj, nege mladih gozdov ter posravnih in sanitarnih sečenj. Pri industrijski obdelavi lesa nastajajo ostanke primarne in sekundarne predelave (žaganje, krajniki, lubje, prah, itd.). Med preostali kemično neobdelan les uvrščamo produkte kmetijske dejavnosti v sadovnjakih in vinogradih ter že uporabljen les in njegove izdelke (gajbice, palete, itd.) (Butala in Turk, 1998).

2 PREGLED OBJAV

Pri redni sečnji nastane veliko sečnih ostankov, katere je možno uporabiti za energetske namene. V nalogi je opisana tehnologija spravila sečnih ostankov, ki so v glavnem nastali pri strojni sečnji ter tudi njihova predelava v sekance. Strojno sečnjo je v svoji diplomski nalogi podrobno opisal Ucin (2004), ki je proučeval sečnjo debelega drevja s strojem za sečnjo Königstiger. Podrobno je opisal primernost gozdov s svojimi terenskimi in sestojnimi razmerami za izvajanje strojne sečnje. Prišel je do spoznanja, da so za obratovanje stroja za sečnjo najbolj omejujoče terenske razmere (naklon, skalovitost, kamnitost, reliefne posebnosti, itd.). Proučeval je tudi organizacijske oblike izvedbe strojne sečnje zlasti glede na terenske razmere in debelino odkazanega drevja.

V veliko pomoč je bilo tudi diplomsko delo o primernosti traktorskih vlak za vožnjo z zgibnim polprikoličarjem (Žlogar, 2007). V našem primeru se je spravilo sečnih ostankov izvajalo z istim pravilnim sredstvom (Timberjack 1410D), kot je proučevano vozilo v tej diplomski nalogi.

Proučevanje obratovanja sekalnikov je podrobneje opisano v diplomski nalogi Primerjava dveh sekalnikov za izdelavo lesnih sekancev (Bezovnik, 2007). Obdelana je tehnologija sekanja, ki smo jo primerjalno analizirali za našo nalogo in tudi uporabili nekaj napotkov iz te naloge.

Omenjene naloge so služile kot osnova za proučevanje problematike pridobivanja sekancev iz sečnih ostankov, katera je obravnavana v tej nalogi.

2.1 LESNA BIOMASA V SLOVENIJI

Po poročilu ZGS znaša površina gozdov v Sloveniji v letu 2006 1.173.847 ha. Povprečna lesna zaloga na hektar gozdne površine znaša 262 m³ lesa, kar skupno znese 307.688.891 m³ lesa. Prirastek znaša 6,52 m³/ha. V zadnjih desetletjih se hektarska lesna zaloga in prirastek neprestano povečujeta. V zadnjih 50. letih sta se povečala za 108 oziroma 111 %.

Tako danes gozd pokriva 57,9 % ozemlja Slovenije (Zavod za gozdove, 2006). Lesna zaloga se v slovenskih gozdovih kopiči, vendar selektivno. Nerealiziran ostaja predvsem posek lesa slabše kvalitete. Tega pa se lahko porabi za energetske namene (Kranjc in Kopše, 2005). Na 1 hektar gozda pride 0,6 – 1,4 m³ nekakovostnega lesa in odpadkov, kar za celotno Slovenijo znaša 1.154.421 m³. Pri tem upoštevamo, da znaša povprečje 1 m³ nekakovostnega lesa na hektar gozda.

V Sloveniji je tudi prek 95.000 ha grmišč, kjer letno priraste 120.000 t lesne biomase. V Sloveniji so pogoji za izrabo nekakovostnega lesa za energetske namene več kot ugodni.

2.2 PRIPRAVA LESNE BIOMASE ZA OGREVANJE

Priprava lesa lahko poteka v gozdu ali v lesno predelovalnih obratih v naslednjih oblikah (Butala in Turk, 1998):

- sekanci;
- polena, 30 – 50 cm dolžine;
- polena in klaftre, 100 cm dolžine;
- žagovina;
- stiskanci iz žagovine in prahu (briketi in peleti).

Naloga proučuje proizvodnjo sekancev iz sečnih ostankov, zato le-te na kratko predstavljamo.

2.2.1 Sekanci

Sekanci so strojno drobljeni ali nasekani koščki lesa različnih dimenzij, ki se jih uporablja v lesno-predelovalni industriji in kot energent za proizvodnjo toplotne energije. Za izdelavo sekancev je primeren manjvreden les, npr. les pospravnih in sanitarnih sečenj, grmičevje, les sadnih dreves, itd. Veliki so do 10 cm, vendar se velikost sekancev prilagaja kurilni napravi.

Sekanci z vsebnostjo vode 20 % (zračno suhi) so trajno obstojni. Sekanci z vsebnostjo vode 30 % so delno obstojni, z vlažnostjo nad 30 % pa neobstojni (trohnenje, razvoj mikotoksinov) (Kranjc in Kopše, 2005).

3 NAMEN NALOGE

Dandanes je povpraševanje po čistejši energiji v silnem razmahu, kateremu vzrok so v glavnem ekološki problemi. Med njimi so najbolj pereče podnebne spremembe. Vzrok temu je vsesplošen dvig življenjskega standarda in silovit gospodarski razvoj tretjega sveta, kar dodatno povečuje potrebe po energiji. Le-to v glavnem pridobijo iz nafte in ostalih fosilnih goriv, ki imajo za posledico velike količine emisij CO₂-ja. Učinek tople grede in globalno segrevanje, ki ga povzročajo prekomerne količine CO₂-ja v ozračju, so vsem dobro znane.

Povpraševanje po alternativnih virih energije povečuje tudi pomanjkanje obstoječih energentov. Pri iskanju ustreznih rešitev, se je izkazalo, da je les, kot prastar vir energije, nedvomno ustrezna surovina. Je obnovljiv vir energije, poleg tega je raba lesne biomase okolju prijazna. Zgorevanje lesne biomase je CO₂ nevtravno, kar pomeni, da pri njenem zgorevanju nastane enaka količina CO₂ kot pri razgradnji v naravi. Je lokalno oz. regionalno dosegljiva, transport je enostaven in ne ogroža okolja. (Kranjc in Kopše, 2005). Tudi ni odvisna od napetih političnih razmer, ki vladajo na območjih bogatih z nafto, saj je razmeroma enakomerno zastopana po vsem svetu.

Z razvojem novih tehničnih sredstev in posledično tudi novih tehnologij dela, se je učinkovitost pridobivanja lesnih sortimentov skokovito povečala. In ne samo to. Poleg večje učinkovitosti, se je pojavila tudi možnost izrabe sečnih ostankov, ki so vse do dandanes ostali v gozdu neizrabljeni. Te se v glavnem predela v sekance.

Komplementarno z razvojem gozdarske mehanizacije, se je razvila tudi tehnologija kurjenja lesne biomase. Poznamo kotle na sekance, pelete, brikete ter seveda klasične kotle na drva. Razvoj kotlov na biomaso, v različnih oblikah lesnega goriva – biomase, je tako napredoval, da se jih lahko uporablja tudi za ogrevanje stanovanjskih hiš, kakor tudi za sisteme daljinskega ogrevanja. Kontrolirano zgorevanje lesa v sodobnih kurilnih napravah se je po udobnosti močno približalo uporabi kurilnega olja ali zemeljskega plina in so zato primerna tudi za urbana okolja. Zato biomasa zagotovo predstavlja pomemben energent, ki

bo pripomogel k postopnem zmanjševanju kurjenja fosilnih goriv in prispevala svoj delež pri izrabljanju še drugih alternativnih virov energije.

Z možnostjo predelave sečnih ostankov v sekance z mobilnimi sekalniki, je gospodarjenje z gozdom poglobilo odnos z energetiko. Pred tem je bilo z energetiko povezano le preko drv, ki se jih pridobiva praktično na enak način kot ostale lesne sortimente. Z uporabo mobilnih sekalnikov, ki lahko samostojno vozijo po sestoju pa se je gozdarstvo pričelo ukvarjati s predelavo lesne surovine za energetske namene. To predstavlja tudi nov vidik gospodarjenja z gozdom.

Namen diplomske naloge je zato proučevanje tehnologije dela pridobivanja sečnih ostankov za proizvodnjo sekancev.

Diplomska naloga zajema naslednje točke:

1. Predstavitev tehnologije dela izrabe sečnih ostankov za sekance.
2. Ugotavljanje normativov vseh operacij, ki so povezane s pridobivanjem sekancev iz sečnih ostankov. Operacije se delijo na dva dela:
 - spravilo sečnih ostankov z zgibnim polprikoličarjem;
 - sekanje sečnih ostankov z mobilnim sekalnikom.
3. Predstavitev dveh različnih merjenj prostornine sečnih ostankov.
4. Ugotavljanje energetske vrednosti sekancev iz sečnih ostankov.
5. Ugotavljanje vpliva iznosa sečnih ostankov iz gozdnega prostora.

4 HIPOTEZE

Na podlagi izhodišč in dosedanjih raziskav smo postavili naslednje hipoteze:

- Količine sečnih ostankov pri redni sečnji so dovolj velike za izkoriščanje v energetske namene.
- Pridobivanje sekancev iz sečnih ostankov je zahtevnejše kot je pridobivanje sekancev iz okroglega lesa.
- Zgibni polprikoličar je le delno primerno prevozno sredstvo za spravilo sečnih ostankov.
- Izvoz sečnih ostankov ne vpliva bistveno na krogotok hranljivih snovi v gozdnem sestoju, služi lahko celo kot varstveni ukrep pri preprečevanju namnožitve podlubnikov.
- Kvaliteta sekancev iz sečnih ostankov je slabša, ampak ustrezna za kurjenje kotla za pridobivanje toplotne energije, katero uporabijo za sušenje čiste žagovine za proizvodnjo pelet.

5 METODE RAZISKAVE

GG Postojna je v letu 2006 izvajalo eksperimentalni primer pridobivanja sečnih ostankov za proizvodnjo sekancev. Te so uporabili za proizvodnjo toplotne energije, s katero so sušili žagovino za proizvodnjo pelet. Iz posušene žagovine so nato izdelovali pelete.

Celotna tehnologija dela, ki se je izvajala, je bila eksperimentalne narave. Veliko je bilo improviziranja, saj je bilo to delo novost v pridobivanju lesne biomase. Proučevana tehnologija dela zato ni zgleden primer pridobivanja sekancev iz sečnih ostankov. Bilo je precej nepotrebnih delovnih postopkov, nepotrebnih neproduktivnih časov in zaradi nenavajenosti delavcev na delo in novo mehanizacijo, nadpovprečno dolgih delovnih postopkov. Vendar pa je njeno proučevanje razjasnilo marsikatero zaplete, postopke in dileme, ki so bili pred pričetkom dela nejasni oz. nepričakovani.

5.1 SPLOŠEN OPIS CELOTNE TEHNOLOGIJE DELA

Pridobivanje sekancev iz sečnih ostankov je sestavljalo več delovnih postopkov:

- Zlaganje sečnih ostankov v kupe po kleščanju dreves pri strojni sečnji.
- Izvoz sečnih ostankov z zgibnim polprikoličarjem iz delovišča na gozdno cesto.
- Nalaganje sečnih ostankov iz zgibnega polprikoličarja na traktorsko prikolico.
- Traktorski odvoz sečnih ostankov na osrednje skladišče, imenovano Koreja.
- Sekanje sečnih ostankov na osrednjem skladišču.
- Odvoz sekancev s kontejnerskimi tovornjaki dobavitelju – Meles Pivka.

Jeseni 2006 je v GGE Mašun, v oddelku 16, potekala redna sečnja lesa. Pri vsaki sečnji nastane veliko sečnih ostankov, kateri praviloma ostanejo v gozdu neizrabljeni. GG Postojna se je odločilo za nakup mobilnega sekalnika ravno z namenom, da bi del teh ostankov izrabili za energetske potrebe in sicer v obliki sekancev. V ta namen je strojnik zgibnega polprikoličarja poleg svojega rednega dela – spravilo okroglega lesa, iz delovišča na gozdno cesto prevažal tudi sečne ostanke. Te je v gozdu stroj za sečnjo, s kleščami

dvigala sortiral v bolj ali manj večje kupe tako, da strojnik ni imel težav z nalaganjem ostankov na polprikolico. Na gozdni cesti je nato sečne ostanke preložil na prikolico, katero je traktor odpeljal na osrednje skladišče na Mašunu, imenovanem Koreja.

V času spravila sečnih ostankov, GG Postojna sekalnika namreč še ni nabavilo, zato jih je bilo nujno potrebno prepeljati na mesto, kjer proizvodnja lesa, zaradi velike količine ostankov, ne bi bila motena, ali bi celo zastala. To mesto je bilo osrednje skladišče, bivša bencinska črpalka, v neposredni bližini gostišča Mašun, od delovišča oddaljenega 6 km. Sekanje sečnih ostankov pa je potekalo dva meseca po transportu na omenjeno skladišče. Šele takrat je bil sekalnik na razpolago.

Najbolj bi bilo seveda smiselno, da bi sekanje potekalo, če že ne v samem delovišču, pa vsaj na skladišču lesa v neposredni bližini delovišča.

5.2 OPIS DELOVIŠČA

5.2.1 Opis snežniških gozdov

Celotno območje snežniških gozdov leži v območju Dinaridov, na karbonatni matični podlagi in sodi v območje visokega krasa. Kraški značaj tega območja se kaže v tem, da na celotni površini tega območja, razen nekaj manjših izvirov, ni tekoče vode.

Preglednica 1: Gozdne združbe v snežniških gozdovih (stanje 2006) (Udovič, 2007)

Skupine gozdnih združb	Površina (ha)	Delež (%)
Predgorski bukovi gozdovi (<i>H-S, S-F</i>)	276	1,7
Dinarski gozdovi jelke in bukve in drugi gorski gozdovi (<i>O-F, Or-F, U-A</i>)	9.313	57,7
Visokogorski in subalpski bukovi gozdovi (<i>R-F, Fsa.</i>)	5.800	35,8
Smrekovja v mraziščih (<i>Psd.</i>)	590	3,6
Ruševje (<i>Pmc</i>)	201	1,2
Skupaj	16.180	100

V snežniških gozdovih prevladujejo gorski, dinarski gozdovi jelke in bukve in visokogorski ter subalpski bukovi gozdovi, ki skupaj predstavljajo več kot 93 % vseh gozdov. Snežniške gozdove sestavljajo naslednje gozdnogospodarske enote: Leskova dolina, Jurjeva dolina, Mašun, Snežnik, Okroglina in Gomance.

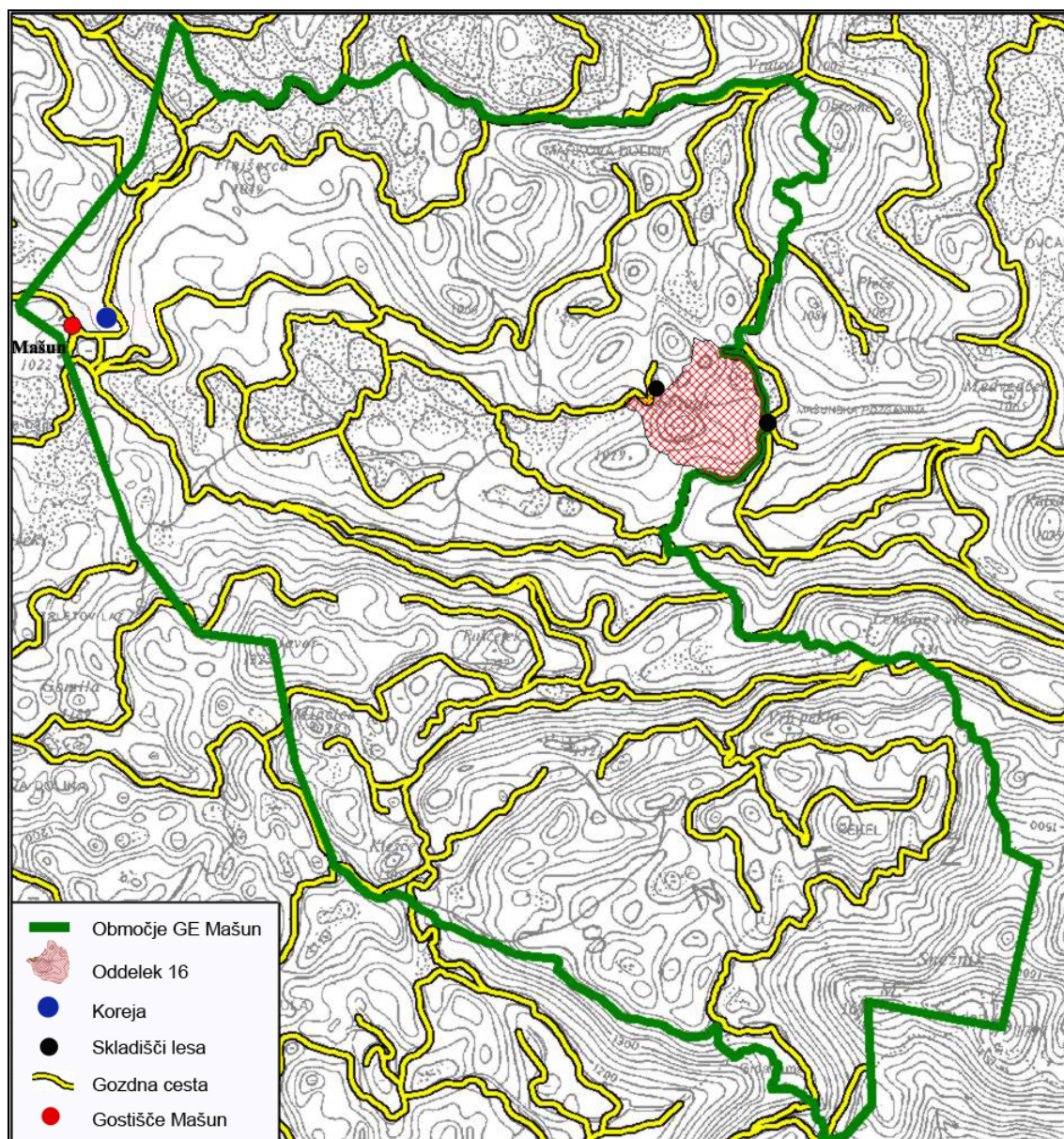
5.2.2 Opis GGE Mašun

Gozdnogospodarska enota Mašun, ki meri 2.728,78 ha, se nahaja v gozdnogospodarskem območju Postojna, v občini Ilirska Bistrica, oziroma v katastrski občini Snežnik. Od celotne površine, je 2.443,15 ha večnamenskih gozdov, 216,20 ha gozdov s posebnim namenom, v katerih gozdnogospodarski ukrepi niso dovoljeni in 30,37 ha gozdov s posebnim namenom, v katerih so gozdnogospodarski ukrepi dovoljeni.

Povprečna lesna zaloga znaša 353,0 m³/ha, od tega 205,6 m³/ha iglavcev in 147,4 m³/ha listavcev. Povprečni tekoči letni prirastek znaša 8,15 m³/ha, od tega 4,04 m³/ha iglavcev in 4,11 m³/ha listavcev.

V gozdnogospodarskem načrtu gozdnogospodarske enote Mašun (2004–2013) je ob upoštevanju usmeritev iz gozdnogospodarskega načrta Gozdnogospodarskega območja Postojna določeno, da so najbolj poudarjene funkcije gozdov, ki določajo način gospodarjenja z gozdom:

- proizvodne funkcije na površini 2.441,32 ha,
- ekološke funkcije na površini 600,43 ha ter
- socialne funkcije na površini 296,4 ha.



Slika 1: Lega oddelka 16 v GGE Mašun

5.2.3 Opis oddelka 16

Delo je potekalo v GGE Mašun, v oddelku 16. Oddelek se deli na dva odseka (*a* in *b*). Površina oddelka znaša 55,91 ha. Odsek *a* meri 36,72 ha, odsek *b* pa 19,19 ha. Krajevno ime delovišča je Veliko Kozarje, ime pa je dobilo po najvišjem okoliškem hribu. Nadmorska višina je med 919 in 1046 metri. Naklon terena znaša do 25 %, kamnitost je 60

%, relief je jarkast. Matična podlaga je dolomitiziran apnenec, tla so rjava pokarbonatna (Gozdnogospodarski načrt, 2004).

5.2.3.1 Opis odseka 16a

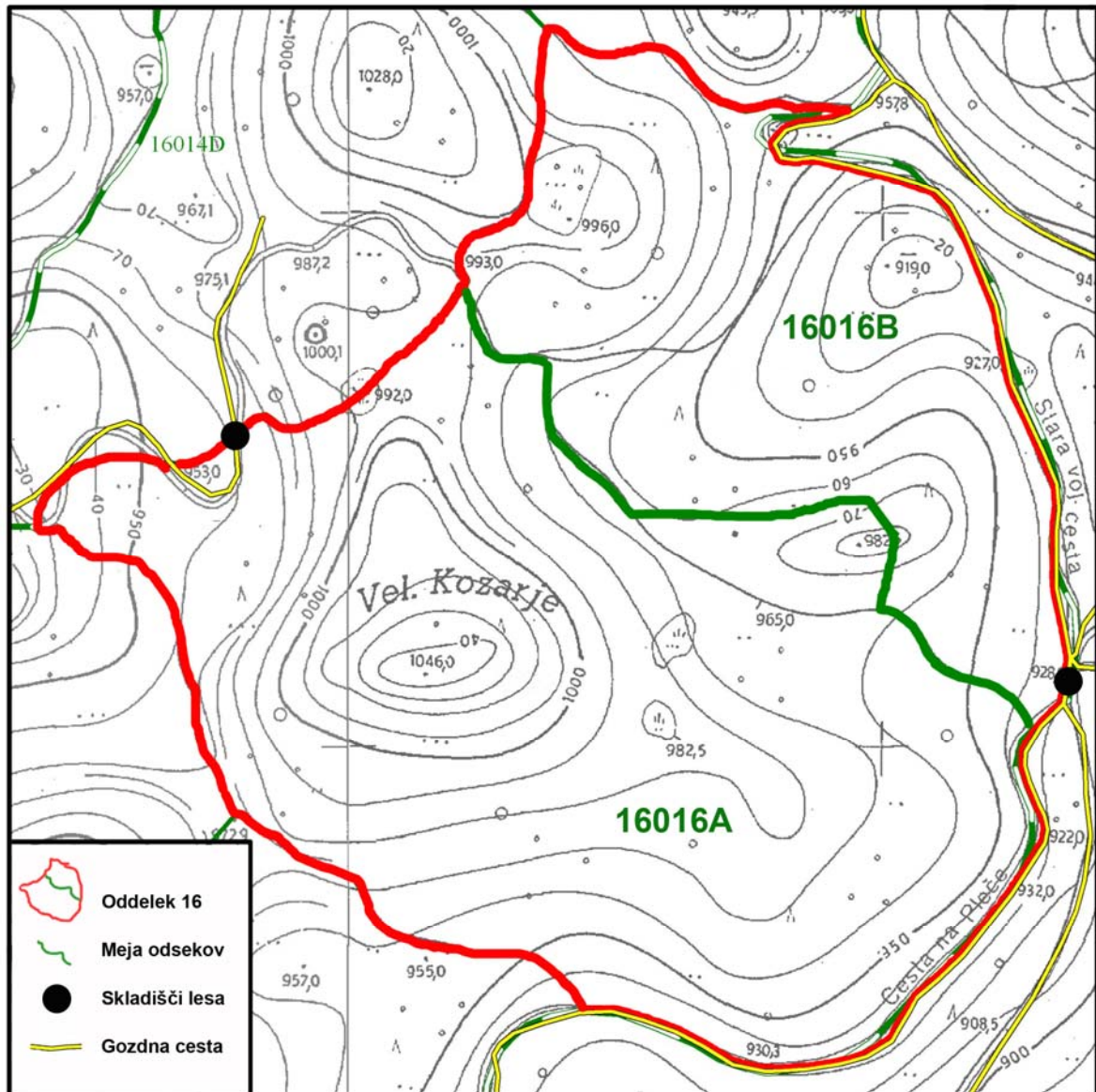
Spravilo sečnih ostankov za nadaljnjo predelavo v sekance je potekal samo v odseku 16a, površine 36,72 ha. Nadaljnji opis delovišča zato zajema samo ta odsek.

Prevladujejo dinarski gozdovi jelke in bukve. Z 92 % je prevladujoča gozdna združba *Omphalodo – Fagetum typicum*, prisotnost *Omphalodo – Fagetum homogynetosum* pa znaša 8 %.

Lesna zaloga znaša 412 m³/ha, od tega 393 m³/ha iglavcev in 19 m³/ha listavcev. Zastopanost drevesnih vrst: jelka 65 %, bukev 13 %, smreka 20 %, gorski javor 3 %. Prevladuje debeljad jelke in bukve s šopasto do posamično primesjo smreke in gorskega javorja ter raznomerni sestoji jelke, smreke in bukve s posamično primesjo gorskega javorja. Mladovje in podmladek zavzemata 7,51 ha. V podmladku jelke skoraj ni zastopane (Gozdnogospodarski načrt, 2004).

Zaradi konveksne oblike terena, je delovišče zajemalo vse lege, tako prisojne, kakor osojne. Temu primerno sta bili v neposredni bližini delovišča tudi dve gozdni skladišči lesa, eno na vzhodni, drugo pa na zahodni strani hriba. Sečnja je zajemala izbiralno redčenje in pomladitveno sečnjo v jedrih. Sekalo se je zato v glavnem samo jelove debeljake in tanjše bukove debeljake. Ostali drevesni vrsti sta namreč pripadali mlajšim razvojnim fazam. Odkazanih je bilo 82 % jelovega in 18 % bukovega lesa. Temu primerno so tudi sečni ostanki pripadali samo tema drevesnima vrstama.

Dolžina vlak v delovišču (odseku a) znaša 5800 m oz. 158 m/ha, dolžina cest pa 450 m oz. 12 m/ha. Kategorija vlačanja zajema drugo stopnjo (KV=2), kar pomeni da poteka po ravnem. To seveda ne drži, saj je relief zelo jarkast. Vlačenje je potekalo po zelo razgibanem terenu s številnimi vzponi in spusti. Temu primerno je določena kategorija vlačanja in sicer kot povprečje med številnimi vzponi in spusti (Gozdnogospodarski načrt, 2004).



Slika 2: Oddelek 16

5.2.3.2 Odkazilo po drevesnih vrstah

Neto odkazana lesna masa v oddelku je znašala 4401 m³ za iglavce, za listavce pa 984 m³. Skupaj je bilo tako odkazano 5385 m³. Povprečno neto izbrano drevo je za iglavce znašalo 2,07 m³, za listavce pa 0,40 m³. Sortimentni sestav za iglavce so sestavljali žagovci I., II. in III. kakovostnega razreda in sicer 3686 m³, kar znaša 84 % vseh odkazanih iglavcev in celulozni les, katerega količina je znašala 715 m³ oz. 16 % vseh odkazanih iglavcev. Sortimentni sestav za listavce pa so prav tako sestavljali žagovci vseh 3. kakovostnih

razredov, njihova količina pa je znašala 335 m³, kar znaša 34 % odkazanih listavcev ter drva, katerih količina je znašala 649 m³ oz. 66 % vseh odkazanih listavcev.

V času izvajanja meritev, je delo potekalo le v odseku *a*. Sortimentni sestav tega odseka pa je skoraj enak sortimentnemu sestavu celotnega oddelka. Delež žagovcev je za iglavce znašal nespremenjenih 84 %, za listavce pa 31 %. Sortimentni sestav iglavcev je sestavljala izključno jelka, ki pa v podmladku ni zastopana. Pomlajevala se je samo smreka. Vpliv divjadi je zelo močan. Sortimentni sestav pri listavcih pa je bil izključno bukov. Bukev se je tudi lepo pomlajevala (Sečnospravilni načrt, 2006).

5.3 TEHNIČNI PODATKI O MEHANIZACIJI

5.3.1 Stroj za sečnjo

Strojna sečnja je potekala s harvesterjem Impex Königstiger.



Slika 3: Stroj za sečnjo Impex Königstiger pri podiranju drevesa (foto: B. Košir)

Königstiger je precej drugačen od strojev za sečnjo, ki so na tržišču. Drugačnost mu dajejo gosenice namesto koles, dvigalo z dosegom 15 m, velika moč, velika teža, možnost dela v naklonih do 60 %.

Impex Königstiger je tako kot vsi stroji za sečnjo drugih proizvajalcev sestavljen iz (Ucin, 2004):

- osnovnega vozila, ki služi premikanju in premagovanju ovir;
- hidravlične roke, ki zmanjša razdaljo potovanja vozila in omogoča doseg dreves, ki se nahajajo nad ravnino osnovnega vozila ter v in pod njo;
- sečne glave, ki omogoča posek, kleščenje, razžagovanje dreves v sortimente, opravljanje gozdnega reda in odstranjevanje predmetov v gozdu.

Dimenzije stroja

- teža vozila: 28.500 kg;
- višina vozila: 3.360 mm;
- širina vozila: 3.000 mm;
- transportna dolžina: 10,2 m;
- klirens: 600 mm.

Motor

- tip : C 8,3 – C 205,
- delovna prostornina: 8.300 cm³;
- moč motorja: 153 kW (205 KM) pri 2.200 obratih/min.

Hitrost vozila

- prva prestava 4 km/h, druga prestava 6 km/h.

Dvigalo

- največji izteg dvigala: 15 m;
- dvizna moč na iztegu 15 m: 2.000 kg.

Sečna glava

- Lako 63.

5.3.2 Zgibni polprikoličar

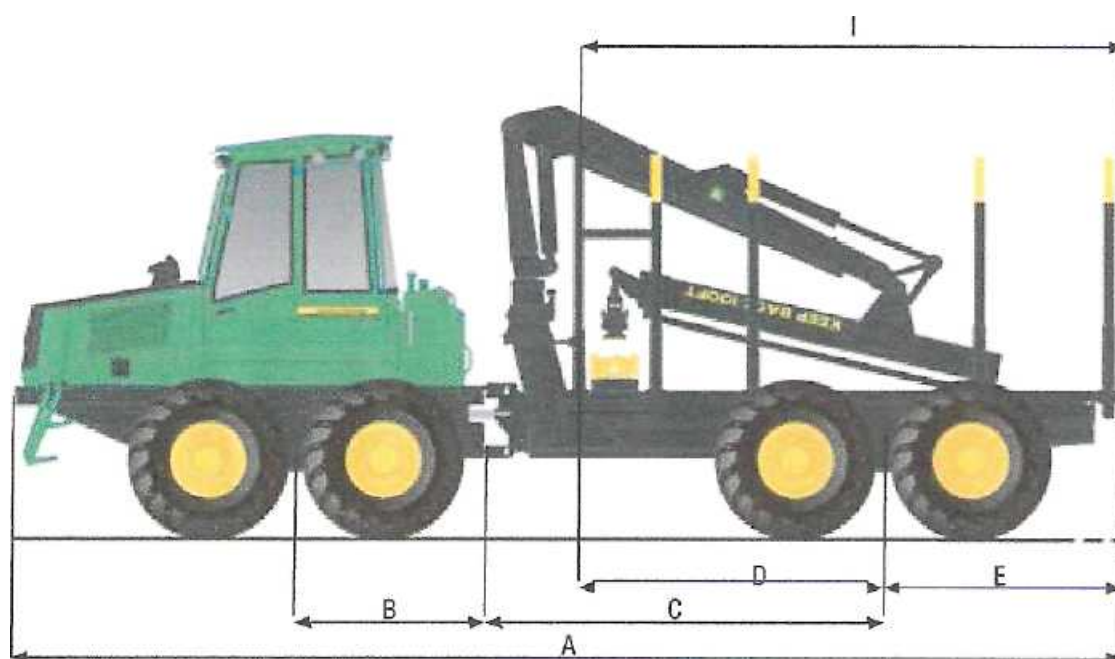
Spravilo je potekalo z zgibnim polprikoličarjem - Timberjack 1410D.



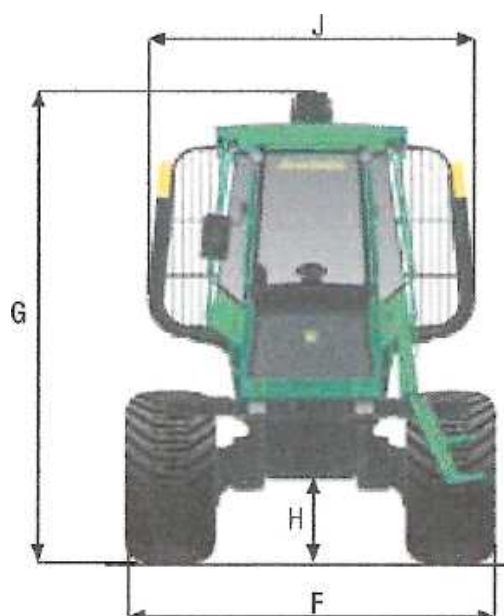
Slika 4: Zgibni polprikoličar Timberjack 1410D (foto: L. Biščak)

Preglednica 2: Osnovne karakteristike stroja Timberjack 1410D (Žlogar, 2007)

Dolžina	9.250 mm -10.495 mm
Širina	2.750 mm
Višina	3.800 mm
Teža	16.500 kg
Teža bremena	14.000 kg
Odmik od tal	605 mm
Medkolesje	5.850 mm
Širina koles	600 mm
Število koles	8



Slika 5: Prikaz dimenzij zgibnega polprikoličarja Timberjack 1410D (stranski pogled)



Slika 6: Prikaz dimenzij zgibnega polprikoličarja Timberjack 1410D (frontalni pogled)

Preglednica 3: Dimenzije zgibnega polprikoličarja Timberjack 1410D

A	9295 (10495) mm
B	1850 mm
C	3400 (4000) mm
D	2600 (3200) mm
E	1625 (2225) mm
F	2760 mm
G	3800 mm
H	605 mm
I	4225 (5425) mm
J	2750 mm

Preglednica 4: Osnovne karakteristike tovarne površine zgibnega polprikoličarja Timberjack 1410D

Dolžina tovarne površine	4.225 mm
Širina tovarne površine	2.760 mm
Tovorna površina	4,6 m ²
Nakladalna dolžina	7m

Na kolesa stroja je možno namestiti tudi pomožne gosenice, s tem se širina stroja nekoliko poveča (širina stroja z gosenicami znaša približno 3 m). V našem primeru je imel zgibni polprikoličar na obeh parih koles nameščene gosenične verige.

5.3.3 Stroj za sekanje



Slika 7: Stroj za sekanje (foto: L. Biščak)

Sekanje je potekalo s sekalnikom avstrijskega podjetja WFW (Waldburg Forstmachinen Wolfegg). Ta sekalnik je kombinacija različnih komponent, ki jih sestavljajo deli, narejeni v različnih podjetjih. Sekalnik prevaža zgibni traktor Caterpillar 574 B Eco Log, sam sekalnik je švedski Brucks Klockner, ki ima tudi svoj lasten motor, dvigalo pa je od znamke Loglift. Podjetje WFW je z elektroniko in usklajenim hidravličnim sistemom vse te komponente povežalo v zaključeno celoto tako, da vsi sklopi delujejo med seboj skladno. Upravljanje kompletnega stroja tako poteka iz strojnikove kabine zgibnega traktorja.

Preglednica 5: Tehnični podatki o stroju za sekanje (Košir, 2008)

Tip vozila	Ecolog 574 B
Moč motorja (kW)	129,5
Širina (mm)	2610
Višina (mm)	3860
Dolžina (mm)	9177
Teža (kg)	15180
Kolesa spredaj (2x)	710/50 x 26,5
Kolesa zadaj (2x)	710/50 x 26,5
Tip dvigala	Loglift F71
Doseg (m)	8,5
Moment (kNm)	125
Tip sekalnika	Bruks 805 CT
Moč motorja (kW)	331
Premier bobna (mm)	800
Dolžina sekancev (mm)	25 - 40
Maksimalni premer lesa: igl : lst (mm)	500 : 400
Število nožev	2

5.3.3.1 Uporabnost sekalnih strojev

Za proizvodnjo sekancev v gozdu se uporablja mobilne stroje s hitro delujočimi sekalnimi noži (bobnasti in kolutasti sekalni noži). Opremljeni so z noži, ki razrežejo les in zato proizvajajo enakomere sekance, ki dobro tečejo (dobre lastnosti sipanja). V lesno predelovalnih obratih se uporablja stacionarne sekalne stroje. V žagah so to večinoma hitro delujoči sekalni stroji. V ostalih obratih se uporablja počasi delujoče sekalne stroje z rezalnimi zobmi, kladivnimi drobilniki, polžasti sekalec, itd., ker so manj občutljivi za tujke. Drobilni zobje ali kladiva zmečkajo ali raztrgajo les. Sekanci imajo neenakomerne dimenzije in slabo tečejo (slabe lastnosti sipanja), zato se radi zatikajo.

Obravnavani sekalnik ima hitro delujoče bobnaste sekalne nože, ki proizvajajo sekance z višjim deležem finih delcev kot sekanci kolutastih sekalnih nožev.

Opremljen je s številnimi reflektorji, ki omogočajo, da opravlja delo tudi ponoči.



Slika 8: Nočno delo (foto: L. Biščak)

5.4 PODROBNEJŠI OPIS TEHNOLOGIJE DELA

5.4.1 Pridobivanje sečnih ostankov po strojni sečnji

Sečnja je bila ročno strojna in strojna, kar pomeni, da je stroj za sečnjo deloval skupaj z več sekači. Strojna sečnja se je odvijala na lažje dostopnih terenih, v večjih naklonih pa so delali sekači. Prav tako so se sekači ukvarjali z drevesi, ki so bila za strojno sečnjo predebela.

Spravilo lesa je potekalo z zgibnim polprikoličarjem in to skoraj izključno le na skladišče na vzhodni stran hriba. Tu je bil teren položnejši, pa tudi glavnina površine delovišča je bila na tej strani hriba. Tudi prostor za skladiščenje lesa je bil večji in je nudil dobre možnosti za manevriranje tovornjakov. Od tu je tudi potekal odvoz lesa.



Slika 9: Nakladanje okroglega lesa na zgibni polprikoličar Timberjack 1410 (foto: B. Košir)

Spravilo sečnih ostankov je prav tako potekalo na to skladišče. Kakor pri okroglem lesu, se je tudi pri sečnih ostankih, spravilo le-teh izvajalo z zgibnim polprikoličarjem. Zgibni polprikoličar, poln sečnih ostankov, je bil na pogled zelo zanimiv prizor. Veje so šrlele visoko nad ročicami, ki določajo višino polprikolice, prav tako pa je tudi širina tovora krepko presegala širino polprikolice. Zgibni polprikoličar je izgledal kot okrogla, premikajoča se skulptura. Ocenil sem, da je povprečni tovor, ki ga je nosil zgibni polprikoličar, za približno 10 % presegal kapaciteto polprikolice.



Slika 10: Nakladanje sečnih ostankov na zgibni polprikoličar (foto: B. Košir)

Zgibni polprikoličar je lahko nalagal le tiste sečne ostanke, ki so bili na kupu. Posameznih vej ni pobiral, saj bi ob tem zagrabil še del zemlje ali celo večje kamenje. Poleg tega bi bilo to še preveč zamudno.

Zato je strojnik v glavnem pobiral le tiste ostanke, ki so ostali po strojni sečnji. Upravljalec harvestereja je medtem, ko je oklestil določeno drevo oz. sortiment, zaradi tehnologije kleščenja s strojem, naredil več manjši kupov sečnih ostankov. Glava za sečnjo namreč potisne neokleščeno drevo (lahko tudi le del drevesa) skozi sekalno čeljust, ga oklesti vej, ki praviloma padejo na kup. Nastalo je več manjši kupov, katere je lahko zagrabil s kleščami. Tako je iz več manjših kupov nastal večji kup ostankov, po katere je nato prišel zgibni polprikoličar. Gozdnega reda se pri tem seveda ni upoštevalo, ker pač po njem ni bilo potrebe. V nasprotnem primeru bi bilo potrebno sečne ostanke razprostrti po vlakah, po katerih sta se vozila harvester in zgibni polprikoličar.

Sečne ostanke, nastale pri kleščanju z motornimi žagami se v glavnem ni pobiralo. Pri izvajanju gozdnega reda so sečne ostanke zlagali v več manjših kupov. Pobiranje teh kupov je podaljšalo čas spravila sečnih ostankov, saj se je nalaganje le-teh stalno prekinjalo z vožnjo do naslednjega kupa. Zato se je strojnik manjšim kupom izogibal.



Slika 11: Zgibni polprikoličar natovorjen s sečnimi ostanki na poti k skladišču ob kamionski cesti (foto: B. Košir)

Pobrane sečne ostanke je strojnik zgibnega polprikoličarja prepeljal do gozdne ceste, kjer je nanj čakal traktor s prikolico, na katero je te ostanke preložil.



Slika 12: Prekladanje sečnih ostankov na traktorsko prikolico (foto: B. Košir)

Nato je traktor sečne ostanke odpeljal na osrednje skladišče Koreja



Slika 13: Razkladanje sečnih ostankov na skladišču Koreja (foto: B. Košir)

5.4.2 Sekanje sečnih ostankov v sekance

Iz deponije sečnih ostankov je le-te strojnik sekalnika z žerjavom in grabilcem vstavljajal na transporter – podajno mizo, ki jih je potiskal v sekalnik.



Slika 14: Sekalnik Bruks 801 C na Ecolog 574 B pri sekanju sečnih ostankov (foto: L. Biščak)



Slika 15: Sekanje sečnih ostankov (foto: L. Biščak)

Zagotovo bi bilo najugodnejše, če bi stroj za sekanje sam šel v sestoj in sproti nalagal ter sekal sečne ostanke. Na gozdni cesti v bližini delovišča pa bi bili postavljeni kamionski boksi, kamor bi ta stroj lahko izpraznil svoj kontejner s pravkar nasekanimi sekanci. Tovornjaki bi nato te bokse sproti odvažali. To bi gotovo bilo ekonomsko najbolj upravičeno.

Vendar pa je ta sekalnik narejen za delo na lahko dostopnih terenih, kjer se po možnosti izvaja golosek. Tem pogojem seveda ni bilo ugodeno, saj se pri nas golosek ne izvaja, prav tako pa je tudi teren, kjer je ta eksperiment potekal, zelo razgiban in kot tak neprimeren za ta sekalnik. Sekalnik je namreč precej dolg in težak in zato preveč okoren za premikanje po ozkih in strmih gozdnih vlakah.

Tako je bil nujen odvoz sečnih ostankov iz delovišča na gozdno cesto (gozdno skladišče) z drugim delovnim sredstvom. V našem primeru je to potekalo z zgoraj opisanim zgibnim polprikoličarjem Timberjack 1410 D.

V kolikor bi sekalnik že bil na razpolago, bi ga pripeljali do teh sečnih ostankov ob delovišču na gozdni cesti, kjer bi jih takoj sekal v sekance in jih stresal direktno v kamionske kontejnerje. Dokler sekalnika še ni bilo, je bilo nujno, da se je sečne ostanke odpeljalo na glavno deponijo. Tako je bil hkrati tudi narejen prostor za spravilo lesa po sečnji.

5.4.2.1 Zmogljivosti in manipulativne sposobnosti osrednjega skladišča Koreja



Slika 16: Sečni ostanki na skladišču Koreja (foto: L. Biščak)

Po dobavi sekalnega stroja, ki je prišel na deponijo šele 2 meseca po odvozu sečnih ostankov, se je pričel postopek pridobivanja sekancev iz sečnih ostankov.

Skladišče je zelo veliko, njegova podlaga je betonirana. Površina betonskega platoja je približno 700 m². Nudilo je dovolj prostora velikim količinam sečnih ostankov ter prostor za manevriranje sekalnika, za nameščanje kamionskih kontejnerjev in prostor za tovarnjake, ki so te kontejnerje pripeljali prazne in napolnjene s sekanci odpeljali. Skladišče je tudi optimalen prostor za uvajanje strojnikov za upravljanje sekalnega stroja.

5.4.2.2 Odvoz sekancev

V omenjene kamionske kontejnerje s prostornino 40 m³ je strojnik sekalnega stroja stresel sesekane sekance iz lastnega kontejnerja.



Slika 17: Sekalnik pri razkladanju sekancev v kontejner (foto: B. Košir)

Po te je nato prišel kamion, jih pripel na vozilo in odpeljal na skladišče lesa v Pivki (Meles Pivka), kjer so izmerili vsebino in težo vsakega kontejnerja. Na ta način smo dobili izvirne podatke o teži in skupni prostornini sekancev. Prostornino nasutih metrov sekancev smo merili tudi neposredno med prelaganjem sekancev iz sekalnikovega kontejnerja v kamionske kontejnerje.

Prevozna razdalja do Pivke je 25 km, odpeljanih je bilo 16 kontejnerjev napolnjenih s sekanci. Vsebina sekancev v kontejnerjih je povprečno znašala 25 nm³. Prekomerno napolnjeni kontejnerji so povzročali precejšnje težave pri nalaganju le-teh na kamion, saj se je ob tem, zaradi prevelike obremenitve, sprednji dela kamiona visoko dvigal v zrak.

Poleg tega je imel transportni kamion priključek za prikolico, na katero je lahko naložil še en kontejner. Temu primerno je bilo opravljenih samo 8 polnih kamionskih voženj. Prekomerna napolnjenost boksov s sekanci je povzročala velike obremenitve na kamionsko vzmetenje. Tudi zavore so bile precej obremenjene, saj se pot od Mašuna do vasi Koritnica neprestano spušča. Spust znaša približno 10 km.



Slika 18: Nalaganje boksov s sekanci na kamion (foto: L. Biščak)

5.4.3 Uporaba sekancev iz sečnih ostankov

Sekance so prepeljali na mehanizirano skladišče lesa v Pivki. V sklopu velikega skladiščnega prostora v podjetju Meles Pivka so tudi tehnološka oprema in skladišča za proizvodnjo pelet. V sklopu tehnološke opreme je kotel na biomaso v izvedbi s pomičnimi rešetkami v kurišču in kompletnim avtomatskim upravljanjem. Kotel je moči 6 MW. V kotlu proizvedena toplotna energija – kot vroči dimni plini, se uporablja za sušenje vlažne žagovine v vrtečem bobnu iz katere pozneje nastanejo peleti. Za pridobivanje toplotne energije se uporabljajo sekanci nižje kvalitete, med katere spadajo tudi sekanci iz sečnih ostankov. Kurilna vrednost sečnih ostankov je spremenljiva in je odvisna od njihove vlažnosti. Vlažnost pa določa čas ležanja sekancev na deponiji. Transportiranje sekancev v peč je iz odprte deponije z nakladalnim strojem, ki jih stresa na podajno mizo. Od tu se sekanci avtomatsko prek hidravličnega sistema na podajni mizi potiskajo v kanalski verižni transporter. Ta jih potiska v kurišče kotla. Pri izgorevanju sekancev v kurišču je med dimnimi plini veliko prašnih delcev, ki se jih mora v skladu z veljavnimi predpisi o

emisijah dimnih plinov iz kurišč odstraniti tako, da je izpust prašnih delcev v ozračje manjši od dovoljenega. Da se to doseže, je za kotlom vgrajen ciklonski izločevalec prašnih delcev iz dimnih plinov. Nastali pepel v peči transportna naprava potisne v korito napolnjeno z vodo, ki zmes pepela iz peči in prašnih delcev iz ciklona omoči, ohladi in transportira do kamionskega kontejnerja, ki to snov odpelje na deponijo komunalnih odpadkov (Biščak, 2008).

Sekanci iz sečnih ostankov so bili v našem primeru uporabni kot energent za proizvodnjo toplotne energije, ki je izključno namenjena sušenju čiste žagovine, iz katere se v nadaljnjih postopkih izdelujejo peleti. Poleg pridobivanja energije so lahko uporabni tudi v lesnopredelovalni industriji za proizvodnjo plošč (iverke ali vlaknenke) in v celulozni industriji.

5.5 PROUČEVANJE TEHNOLOGIJE DELA

Proučevanje tehnologije dela je zajemalo terensko merjenje postopkov, ki sta jih izvajala zgibni polprikoličar in mobilni sekalnik. Namen merjenj je bilo ugotavljanje normativov vseh operacij, ki so povezane s pridobivanjem sekancev iz sečnih ostankov. Pri tem smo merili čas trajanja ter dolžino opravljene poti vsake operacije v primeru, da je operacija vsebovala tudi premike.

Traktorska prevoza sečnih ostankov do osrednjega skladišča v meritvah nismo upoštevali, saj se je v našem primeru odvijal zaradi specifičnih razlogov, ki so že navedeni v poglavju 5.1. Stroja za sekanje še ni bilo na razpolago. Ta delovni postopek je za racionalno pridobivanje sekancev iz sečnih ostankov nepomemben, zato v tej nalogi ni podrobno proučevan. Z uporabo mobilnega sekalnika odpade postopek prevažanja sečnih ostankov s traktorsko prikolico na zbirno mesto. Sekalnik je ob ugodnih terenskih razmerah tehnično sposoben celo opravljati svoje delo na samem mestu poseka.

Prav tako nismo merili podiranja in klešččenja dreves ter zlaganja sečnih ostankov v večje kupe pri strojni sečnji. Ti postopki strojne sečnje presegajo okvir obravnavane tematike

diplomske naloge. Med drugim so bili že obravnavani pri nalogah, ki obravnavajo strojno sečnjo (Ucin, 2004).

Trajanje delovnih postopkov, tako spravila kot sekanja sečnih ostankov, je potekalo po kronometrični metodi. To metodo sestavljata kontinuirana in ničelna oblika. Snemali smo samo po kontinuirani obliki.

Merjenje dolžine razdalj pri spravilu ni potekalo enako kot pri sekanju. Pri spravilu sečnih ostankov z zgibnim polprikoličarjem smo dolžine razdalj odčitavali iz njegovega računalnika in so zato zelo natančne. Celotno spravilo sečnih ostankov smo spremljali neposredno v kabini zgibnega polprikoličarja med delom. Zato smo tudi imeli vpogled v strojnikovo delo. Edino, kar je lahko pripomoglo k napakam pri merjenju razdalj med različnimi operacijami je zdrs koles (sprednja in zadnja para koles so bila povezana z gosenicami za boljši oprijem). Računalnik je namreč meril samo število vrtljajev koles. Zdrsov oz. praznih vrtljajev pa je bilo kar nekaj, saj je bil teren precej strm in tudi dokaj razmočen. Manjkale niso niti skale, ki so nudile zgibnemu polprikoličarju slabši oprijem. Zato so ocenjene razdalje malo daljše, kot so dejanske. Poleg tega je v teh razdaljah upoštevano tudi vsakršno manevriranje, če se je moral izogniti kakšni oviri in vsak, še tako majhen premik.

Dolžine razdalj pri postopkih sekanja sečnih ostankov pa nismo odčitavali iz sekalnikovega računalnika, kakor smo to delali pri zgibnemu polprikoličarju, ampak smo jih ocenjevali na podlagi prej izmerjenih določenih razdalj. Premiki, ki jih je sekalnik opravljal so bili razmeroma kratki. Teren po katerem se je gibal sekalni stroj je bil zelo ugoden – ravna betonska podlaga.

5.6 NAČIN MERJENJA PROSTORNINE SEČNIH OSTANKOV

Zaradi boljše ocene prostornine iznešenih sečnih ostankov iz delovišča, smo količino letih merili na dva načina:

1. Prvi način je potekal na podlagi povprečne ocene napolnjenosti zgibne polprikolice s sečnimi ostanki in številom polnih voženj. Po tem načinu merjenja ocenjujemo, da je bilo iznešenih 1130 prm vej.
2. Drugi način pa je potekal neodvisno od načina tehnologije spravila sečnih ostankov za nadaljnjo predelavo v sekance, ki se je izvajala. Izmerjena je bila prostornina kupov s sečnimi ostanki večih dreves in sicer za vsako drevo posebej. Meritve so potekale na deloviščih v bližini Postojne.

5.6.1 Obrazložitev enot

Kubični meter (m^3) je prostornina lesa brez vmesnih praznih prostorov (prostornina lesne kocke s stranicami 1m). Uporablja se kot mera za okrogli les.

Nasuti kubični meter (nm^3) je nasutje manjših kosov lesa (drva, sekanci, žagovina, itd.) v zaboju s prostornino $1m^3$.

Prostorni meter sečnih ostankov (prm) je prostornina $1 m^3$ zapolnjena s sečnimi ostanki.

6 REZULTATI

6.1 SPRAVILO SEČNIH OSTANKOV Z ZGIBNIM POLPRIKOLIČARJEM

6.1.1 Delovni postopki spravila sečnih ostankov

Spravilo sečnih ostankov je trajalo 7 dni. Dnevno je strojnik zgibnega polprikoličarja osemkrat pripeljal polno polprikolico iz delovišča. Dvakrat pa je naredil le 7 voženj. Skupno je bilo iz delovišča na gozdno cesto pripeljanih 54 polnih polprikolic sečnih ostankov.

Pri tem smo merili dolžino trajanja in eventuelno prevoženo razdaljo vsakega postopka.

Vsak cikel je vseboval naslednje postopke:

- Prazna vožnja po gozdni cesti do vlake (razdalja in čas).
- Prazna vožnja po sestoji – po vlaki in brezpotju do sečnih ostankov (razdalja in čas).
- Nakladanje sečnih ostankov, ki so ležali v kupih (čas).
- Premikanje po vlaki – od enega do drugega kupa sečnih ostankov (razdalja in čas).
- Polna vožnja po sestoji do gozdne ceste (razdalja in čas).
- Polno vožnjo po cesti do traktorske prikolice (razdalja in čas).
- Razkladanje sečnih ostankov z dvigalom iz zgibnega polprikoličarja na traktorsko prikolico (čas).
- Same premike med razkladanjem (razdalja in čas).

6.1.2 Izmerjene vrednosti postopkov spravila sečnih ostankov

Izmerili smo čase in razdalje vseh omenjenih postopkov za 54 ciklov. Iz teh podatkov smo za vsak postopek izračunali povprečje in dobili povprečne vrednosti za vsak postopek na danem delovišču. Skupni časi in dolžine ter povprečne vrednosti so predstavljeni v naslednji preglednici:

Preglednica 6: Čas trajanja in opravljene razdalje različnih postopkov pri spravilu sečnih ostankov

Postopek	Dan 1	Dan 2	Dan 3	Dan 4	Dan 5	Dan 6	Dan 7	Število meritev	Skupen čas	Povprečje/cikel
Prazna vožnja po cesti (čas-min)	3,48	3,02	0,47	/	/	/	/	17	6,7	0,41
Razdalja (m)	255	225	70	/	/	/	/	18	550	31
Prazna vožnja po sestoju (čas-min)	34,12	33,75	42,83	42,85	43,83	49,25	47,42	51	294,05	5,76
Razdalja (m)	2130	2955	4074	2897	2925	2769	2953	52	2070	398
Nakladanje vej (čas-min)	62,75	87,65	58,63	72,95	79,33	81,28	84,42	52	527,02	10,13
Premiki po vlaki – premiki med kupi z ostanki (čas-min)	18,77	21,23	21,90	24,97	15,68	17,88	15,42	52	136,85	2,61
Razdalja (m)	445	670	1206	1014	615	662	505	54	5117	95
Polna vožnja po sestoju (čas-min)	33,37	45,22	34,53	39,47	39,53	38,77	47,48	52	278,37	5,35
Razdalja (m)	1722	2865	2996	2101	2335	2057	2472	53	1657	313
Polna vožnja po cesti (čas-min)	5,13	11,87	2,52	/	/	/	/	18	19,52	1,08
Razdalja (m)	305	600	123	/	/	/	/	18	1028	57
Razkladanje vej na traktorsko prikolico (čas-min)	44,03	50,17	58,98	67,42	77,35	75,38	87,75	54	461,08	8,54
Premiki med razkladanjem (čas-min)	1,90	6,57	1,08	3,02	4,20	3,17	2,72	53	22,65	0,43
Razdalja (m)	37	55	18	82	83	73	59	53	407	8
Neproduktivni čas zaradi stroja (min)	0,17	0	11,60	11,60	0	0	5,22	54	28,58	0,53
Neproduktivni čas zaradi organizacije (min)	20,93	20,90	20,55	65,58	62,15	96,70	47,68	54	334,50	6,19
Neproduktivni čas zaradi delavca	13,55	11,83	2,83	0	0,22	0,43	0,50	54	29,37	0,54

Rezultati:

- povprečno trajanje cikla (skupaj z vožnjo po cesti in neproduktivnim časom) je znašalo **41,57 min**;
- Povprečno trajanje cikla (skupaj z vožnjo po cesti in brez neproduktivnega časa) je znašalo **34,31 min**;
- Povprečno trajanje cikla (brez vožnje po cesti in z neproduktivnim časom) je znašalo **40,08 min**;
- Povprečno trajanje cikla (brez vožnje po cesti in brez neproduktivnega časa) je znašalo **32,82 min**.

6.1.2.1 Obrazložitev izmerjenih vrednosti

Pri tem je potrebno povedati, da so rezultati, prikazani v stolpcih za posamezen dan kumulativa vseh delnih časov določenih postopkov. Skupaj je strojnik opravil 54 ciklov in sicer je pet dni opravljal po 8 ciklov dnevno in 7 ciklov dnevno v dveh dneh. Prazna vožnja po cesti in sestoji, sta bili velikokrat prekinjeni zaradi neproduktivnega časa stroja, delavca, še posebej pa organizacije. Prav tako sta bili zaradi istih vzrokov prekinjeni polna vožnja po sestoji in cesti. Nakladanje vej se je v glavnem prekinjalo zaradi premika od enega kupa vej do drugega in to v odvisnosti od tega, kako veliki so bili ti kupi. Pri večjih kupih je bilo manj premikov. S tem je bil celoten cikel krajši. Razkladanje vej pa je bilo v glavnem prekinjeno zaradi premikov med razkladanjem na traktorsko prikolico. Določen del traktorske prikolice se je zapolnil z vejami in zato je strojnik moral narediti krajši premik, da je lahko razkladal na še nezaseden del prikolice. Poleg tega se je razkladanje vej prekinjalo tudi z vsemi v preglednici navedenimi neproduktivnimi dogodki.

Tudi števila merjenj določenih postopkov so različna. Pri prazni in polni vožnji po cesti so meritve v celoti potekale samo prva dva dni, deloma pa tudi v tretjem dnevu. V preostalih dnevih je namreč razkladal veje na traktorsko prikolico z mesta, kjer se stikata vlaka in gozdna cesta, tako da vožnje po cesti ni bilo več. Pri preostalih postopkih, razen pri merjenju neproduktivnega časa ter razdalj premikov po vlaki in premikov med razkladanjem, pa je opaziti odstopanje od logičnega števila merjenj vsakega postopka – to

je 54 merjenj, kolikor je tudi znašalo število ciklov, ki jih je opravil strojnik. Do teh odstopanj je prišlo, ker predvsem v prvih dneh merjenja izvoza sečnih ostankov iz delovišča, še nismo bili vešči pravilnega merjenja in smo zato določen postopek cikla slabo oz. nenatančno izmerili. Te slabo izmerjene postopke smo seveda izključili iz izračuna povprečnih vrednosti. Kljub temu menimo, da to ne vpliva bistveno na končne izračune, saj je bilo opravljenih veliko število merjenj. To pa ne velja za prazno in polno vožnjo po cesti, saj je bilo za ta postopka opravljenih bistveno manj meritev.

Iz gozda je bilo prepeljanih 54 zgibnih polprikolic sečnih ostankov.

Ocenjujemo, da je bil naložen tovor sečnih ostankov, ki ga je tovoril zgibni polprikoličar, do 10% večji od tovarne prostornine polprikolice. Prostornina polprikolice znaša 19 m³. Polno naložen zgibni polprikoličar je tako tovoril 20,9 prn sečnih ostankov. V začetku dela strojnik vej sicer ni tlačil, pa tudi manj je bil naložen, saj se je šele privajal na delo.

Skupno je bilo iz delovišča, na podlagi omenjene napolnjenosti zgibne polprikolice in skupnega števila polnih voženj, pripeljanih do 1130 prn sečnih ostankov. Na hektar gozda je bilo tako iznešenih 30,8 prn ostankov. Spravilo je potekalo v odseku 16a, velikosti 36,72 ha.

Vendar pa pri tem niso bili pobrani vsi ostanki. Spravilo sečnih ostankov se je zaključilo precej pred koncem sečnje, pa tudi posameznih manjših kupov strojnik ni pobral. V glavnem ni pobiral manjših kupov s sečnimi ostanki, saj bi pobiranje le-teh bilo zelo zamudno. Zato je v gozdu ostalo precej neizrabljenih ostankov.

6.2 PROUČEVANJE SEKANJA SEČNIH OSTANKOV V SEKANCE

6.2.1 Merjenje postopkov sekanja sečnih ostankov

Prav tako, kakor pri izvozu sečnih ostankov iz delovišča na gozdno cesto, smo tudi tu merili prevoženo razdaljo in dolžino trajanja vsake operacije posebej.

Vsak cikel je vseboval naslednje operacije:

- Prazno vožnjo od kontejnerja (tu je odložil sekance) do sečnih ostankov (čas in razdalja).
- Sekanje sečnih ostankov (čas in razdalja).
- Premike po skladišču (od enega do drugega kupca ostankov) (čas in razdalja).
- Polno vožnjo od kupcev z ostanki do kontejnerja (čas in razdalja).
- Nalaganje sekancev v kontejner z manjšimi premiki (čas).
- Ravnanje sekancev v kontejnerju z dvigalom z manjšimi premiki (čas).

Prvi dan sta strojnika, ki sta se izmenjevala pri delu opravila 5, drugi dan 4, tretji 8, četrti dan pa celo 11 ciklov. Zadnji dan sta strojnika delala dobrih 12 ur. Ta dan jima je, zaradi pridobljene prakse, delo tudi najbolj šlo od rok. Skupno je bilo opravljenih 28 ciklov.

Na tem mestu so bili sečni ostanki zelo skoncentrirani, tako da so bile okoliščine za sekanje le-teh zelo ugodne.

Tudi pri tem postopku smo čase meril s štoparico po kronometrični metodi. Dolžine razdalj smo ocenjevali na podlagi prej izmerjenih določenih razdalj. Teren po katerem se je gibal sekalnik je bil zelo ugoden – ravna betonska podlaga. Poleg tega so bili sečni ostanki na skladišču zelo skoncentrirani. Pogoji za uvajanje strojnika na nov stroj so bili idealni.

6.2.2 Izmerjene vrednosti postopkov sekanja sečnih ostankov

Preglednica 7: Čas trajanja in opravljene razdalje različnih postopkov pri sečnji sečnih ostankov

Postopki	Dan 1	Dan 2	Dan 3	Dan 4	Število meritev	Skupen čas	Povp./cikel
Polna vožnja od kontejnerja do kupov vej (čas-min)	2,85	1,60	7,13	9,88	19	21,47	1,13
Razdalja (m)	125	52 m	160m	462	18	799	44
Sekanje (čas-min)	150,28	111,17	173,62	411,58	24	846,65	35,28
Premiki po skladišču (čas-min)	2,75	2,03	3,05	12	24	19,83	0,83
Razdalja (m)	42	27	49	198	24	316	13
Polna vožnja od kupov vej do kontejnerja (čas-min)	8,43	6,98	5,20	20,92	23	41,53	1,81
Razdalja (m)	196	145	145	513	23	999	43
Nalaganje sekancev v kontejner (čas-min)	8,57	7,35	9,43	25,05	23	50,4	2,19
Neproduktivni čas zaradi stroja (min)	2,92	7,63	12,82	75,10	23	98,47	4,28
Neproduktivni čas zaradi organizacije (min)	11,43	103,20	0	0	23	114,63	4,98
Neproduktivni čas zaradi delavca (min)	13,80	7,15	29,25	11,15	24	61,35	2,56

Povprečen čas trajanja cikla je 53,02 min.

6.2.2.1 Obrazložitev izmerjenih vrednosti

Kakor pri spravilu sečnih ostankov, so tudi tukaj rezultati prikazani v stolpcih za posamezen dan kumulativa vseh delnih časov določenega postopka. Tudi tu so bile postopki velikokrat prekinjeni zaradi opravljanja drugega postopka. Tako je bilo sekanje velikokrat prekinjeno s številnimi premiki med samim sekanjem. Nalaganje sekancev v kamionske kontejnerje je bilo dostikrat prekinjeno z ravnanjem le-teh in to takrat, ko je bil kontejner že precej poln. Vsi postopki pa so bili neprestanoma prekinjeni zaradi vseh neproduktivnih opravil (zatikanje vej, počene hidravlične cevi, zamašitev izmetalne šobe,

menjava sekalnih nožev, neizkušenost strojnikov, itd.). Tudi števila merjenj določenih postopkov so različna. Vzroki pa so isti, kot pri zgoraj opisanem postopku.

Dobljeni časi, zlasti tisti v prvih dneh dela, niso najbolj merodajni, saj sta se strojnika, ki sta delala na stroju šele uvajala v delo. Poleg tega sta se izmenjevala pri upravljanju stroja. Vsak je izmenično opravil en cikel. Teh je bilo 28. Delo je trajalo 4 dni. Dnevno je bilo povprečno opravljenih 7 ciklov. Prostornina sekalnikovega kontejnerja, v katerega je izmetaval sekance, je znašala 20 m³. Seveda kontejner v nobenem primeru ni bil prav do vrha poln. Sekance je nato stresel v že pripravljene kamionske bokse, prostornine 40 m³, katere je nato prirejen tovornjak odpeljal iz skladišča dobavitelju (Meles Pivka).

Za sekanje je bilo na skladišču pripravljenih 1080 prn sečnih ostankov. 30-50 prn se jih je že pred tem izgubilo med prelaganjem iz zgibne polprikolice na traktorsko prikolico. Med prelaganjem so padli na tla, nakar so jih samo odrinili na stran. Prav tako se je del ostankov (okrog 10 prn) izgubil med vožnjo po gozdni cesti s traktorsko polprikolico, saj je bila prikolica vedno polno naložena.

Tudi skladišče na koncu sekanja ni bilo popolnoma očiščeno sečnih ostankov. Pobran ni bil tisti sloj ostankov, ki je bil v stiku s talno podlago. S kleščami dvigala jih namreč ni mogel zagrabititi. Poleg tega je bil ta sloj zelo pomešan z zemljo, vmes pa so bile tudi številne skale. Sekanje le-teh bi predstavljal preveliko tveganje za ostrino nožev sekalnika in nasploh nevarnost za nemoteno obratovanje stroja. Računamo, da je bilo na skladišču nesesekanih do 40 m³ sečnih ostankov. Sesekanih je bilo približno 1040 prn sečnih ostankov.

Prostornino sekancev se je dvakrat merilo. Najprej pri nakladanju sekancev v kamionske bokse s prostornino 40 m³, prav tako pa so jo izmerili tudi pri dobavitelju (Meles Pivka). Rezultati obeh meritev pa niso identični. Rezultati pri nakladanju sekancev v kamionski kontejner znašajo 420 m³, pri dobavitelju pa 380 m³. Razlika je posledica zgostitve sekancev in s tem zmanjšanja nasipne gostote, tekom prevoza do dobavitelja. Kot merodajnejšo izmero smo vzeli količino, izmerjeno neposredno ob nakladanju sekancev v kamionske kontejnerje. V Pivki so vsak kamionski kontejner s sekanci tudi stehtali.

6.3 MERJENJE PROSTORNINE SEČNIH OSTANKOV

Pretvorne vrednosti:

- 1 bruto/neto m³ okroglega lesa ustreza 2,63 bruto/neto nm³ sekancev (ta pretvornik uporablja GG Postojna);
- pretvornik iz bruto v neto lesno maso znaša 0,877;
- pretvornik iz neto v bruto lesno maso je 1,14;
- 1 bruto m³ okroglega lesa ustreza 2,32 neto nm³ sekancev;
- 1 neto m³ (1,14 m³ bruto) okroglega lesa ustreza 3,00 bruto nm³ sekancev.

6.3.1 Pretvorne vrednosti, določene po metodi merjenj, temelječe na številu voženj polno naloženega zgibnega polprikoličarja

Po tej meritvi je bilo iznešenih 1130 prm sečnih ostankov. Od tega se jih je sesekalo 1040 prm, 853 prm jelovih (82 %) in 187 (18 %) prm bukovih.

- Skupna (bruto) proizvedena količina sekancev je znašala 420 nm³, od tega je bilo 344 nm³ jelovih in 76 nm³ bukovih. Teža sekancev je bila 152 ton. Neto proizvedena količina sekancev je znašala 368 nm³. Teža neto sekancev je bila 133 ton.
- Skupna neto prostornina okroglega lesa je znašala 140 m³. Od tega je bilo 114,8 m³ okroglega lesa jelke in 25,2 m³ okroglega lesa bukve. Bruto prostornina okroglega lesa je znašala 159,6 m³ oz. 130,9 m³ jelke in 28,7 m³ bukve.
- Glede na zgoraj navedene podatke, znaša 1 neto m³ okroglega lesa 7,43 prm sečnih ostankov oziroma 0,135 neto m³ okroglega lesa ob 1 prm sečnih ostankov. 1 bruto m³ okroglega lesa znaša 6,52 prm sečnih ostankov, 1 prm sečnih ostankov pa 0,153 bruto m³ okroglega lesa.
- 1 neto nm³ sekancev znaša 2,83 prm sečnih ostankov, oziroma 0,35 neto nm³ sekancev ob 1 prm sečnih ostankov. 1 bruto nm³ sekancev znaša 2,48 prm sečnih ostankov, 1 prm sečnih ostankov pa 0,40 bruto nm³ sekancev.

Nesesečanih (izgubljenih tekom različnih operacij manipuliranja z njimi) je bilo 90 prm sečnih ostankov, kar znaša 36,3 bruto nm^3 sekancev oz. 13,8 bruto m^3 okroglega lesa. Skupna količina iznešenih sečnih ostankov je znašala 1130 prm. V kolikor se del ostankov ne bi izgubil, bi skupaj imeli 456,3 bruto nm^3 sekancev oz. 173,4 bruto m^3 okroglega lesa.

Pri izračunavanju pretvornih faktorjev smo predpostavili, da sta prostornina sekancev in prostornina sečnih ostankov tako za jelko kakor tudi za bukev enaki. Zlasti to velja za prostornino sekancev.

Vendar pa to za maso in kurilno vrednost le-teh ne velja. Zato smo v nalogi upoštevali tudi posebnosti, ki izhajajo iz prisotnosti različnih drevesnih vrst. To sta v našem primeru samo jelka in bukev.

- Masa jelovih sečnih ostankov je znašala 121,1 ton, upoštevajoč predpostavko, da je vsebnost vode znašala 60 % oz. 1057 kg/m^3 (masa absolutno suhega lesa jelke znaša 370 kg/m^3). Masa bukovih sečnih ostankov pa je znašala 32,1 ton. Pri tem smo upoštevali, da je vsebnost vode bila 50 %, kar znaša 1120 kg/m^3 (masa absolutno suhega lesa bukve je 560 kg/m^3) (Gorišek, 1994). Skupna masa jelke in bukve tako znaša 153,2 ton. Odstopanje od izmerjene teže znaša 1 tono, kar lahko zanemarimo.
- Teža enega nm^3 sekancev jelke znaša 352 kg/nm^3 , teža bukovih sekancev pa 425 kg/nm^3 . Pri tem smo predpostavili, da je nasipna gostota neto sekancev enaka nasipni gostoti bruto sekancev. Teža 1 nm^3 jelovih sekancev pri vsebnosti vode 60 % znaša med 280 in 400 kg, teža 1 nm^3 bukovih sekancev pri vsebnosti vode 50 % pa je med 350 in 460 kg. Interval vrednosti nasipne gostote sekancev smo izpeljali iz vrednosti nasipne gostote pri vsebnosti vode 30 %, ki so podani v spodnji tabeli. Pri tem smo za jelove sekance upoštevali interval sekancev za mehak les, interval sekancev za trd les pa za bukove sekance.

Preglednica 8: Nasipna gostota sekancev pri W=30 % (Priročnik za načrtovanje, 2005)

Vir energije	Vsebnost vode W (%)	Nasipna gostota (kg/nm ³)
Sekanci TL	30	250 – 330
Sekanci ML	30	160 – 230

TL – trd les

ML – mehak les

Teža naših sekancev je torej znotraj normalnih vrednosti pri omenjeni vsebnosti vode.

- Teža enega prostornega metra sečnih ostankov jelke znaša 142 kg/prm, teža enega prostornega metra sečnih ostankov bukve pa 171,5 kg/prm.

6.3.2 Ugotavljanje prostornine sečnih ostankov po metodi merjenj prostornine kupov sečnih ostankov od posekanih povprečnih neto dreves

Maja 2008 smo na področju Golobičevca in Pivke jame pri Postojni izmerili količino sečnih ostankov, nastalih pri podiranju dreves z motorno žago.

Podatki o izmerjenih drevesih so podani v naslednji preglednici:

Preglednica 9: Izmerjene količine sečnih ostankov neto proučevanih dreves

Drevesna vrsta	Neto m ³ lesa	Prm sečnih ostankov/ drevo	Prm sečnih ostankov/ m ³ lesa
Jelka1	1,84 m ³	7,45 prm	4,05 prm/m ³
Jelka2	2,14 m ³	6,75 prm	3,15 prm/m ³
Jelka3	3,67 m ³	20,80 prm	5,67 prm/m ³
Vsota	7,65 m³	35,00 prm	12,87 prm/m³
Bukev	0,76 m ³	3,47 prm	4,55prm/m ³

Po sečnji omenjenih dreves smo opravili spravilo sečnih ostankov v kupe. Gozdni red veleva zlaganje vej tako, da so debelejšje veje na dnu kupa, tanjše pa na vrhu. To zmanjšuje prostorninsko gostoto sečnih ostankov. V našem primeru gozdnega reda nismo v polnosti upoštevali, saj so v marsikateremu kupu bili debelejši deli sečnih ostankov na vrhu kupa. Pri jelki št. 2 smo vse ostanke zložili v en kup in mu izmerili prostornino. Pri ostalih dveh jelkah pa so bili sečni ostanki zloženi v več manjših kupov. Pri tem nastopi tudi problem velikosti kupa. Večji kot je, večja je gostota sečnih ostankov in s tem je seveda tudi prostornina kupa manjša. Prav tako pa se v primeru, da so sečni ostanki enega drevesa zloženi v več kupov, poveča možnost napak določitve njihove skupne prostornine, ki izvira iz merjenj večjega števila kupov. Opravili smo točne izmere kupa in izračunali njegovo prostornino. Kupi so bili zloženi v obliki kvadra, za njegovo višino pa smo določili povprečno vrednost iz več izmerjenih višinskih točk.

Sečnih ostankov za bukev pa ni bilo na razpolago, saj tako v Pivki jami, kakor tudi na Golobičevcu ni bilo odkazano nobeno bukovo drevo. Zato smo ocenili prostornino sečnih ostankov izbranega stoječega drevesa, katerega bruto lesna masa znaša $0,86 \text{ m}^3$, v primeru, da bi omenjeno drevo podrli in ostanke zložili na kup. Bruto masa drevesa je v zgornji tabeli pretvorjena v neto maso (pretvornik je 0,88).

Povprečno neto izbrano drevo na delovišču na Mašunu je za jelko znašalo $2,07 \text{ m}^3$ in $0,4 \text{ m}^3$ za bukev. Zato smo omenjene vrednosti posameznih dreves v zgornji preglednici proporcionalno preračunali na povprečno izbrano neto izbrano drevo in dobili naslednje vrednosti:

Preglednica 10: Preračunane količine sečnih ostankov na povprečno neto izbrano drevo

Drevesna vrsta	Neto m^3 lesa	Prm sečnih ostankov/ neto drevo	Prm sečnih ostankov/ m^3 lesa
Jelka1	$2,07 \text{ m}^3$	8,38 prm	$4,05 \text{ prm/m}^3$
Jelka2	$2,07 \text{ m}^3$	6,53 prm	$3,15 \text{ prm/m}^3$
Jelka3	$2,07 \text{ m}^3$	11,73 prm	$5,67 \text{ prm/m}^3$
Vsota	$6,21 \text{ m}^3$	26,64 prm	$12,87 \text{ prm/m}^3$
Bukev	$0,40 \text{ m}^3$	1,84 prm	$4,55 \text{ prm/m}^3$

Količina sečnih ostankov je zelo različna od drevesa do drevesa. Odvisna je predvsem od lokacije drevesa. Drevesa na prostem ali na gozdnem robu imajo neprimerno več vej, od dreves, ki rastejo znotraj sestoja. Odvisno je seveda tudi od rastišča, socialnega statusa, vitalnosti dreves, napada podlubnikov, bolezni, itd. Prav tako se količina ostankov razlikuje glede na drevesno vrsto.

Povprečna preračunana vrednost sečnih ostankov jelke z neto maso $2,07 \text{ m}^3$ iz vzorca treh dreves znaša $8,88 \text{ prm/neto drevo}$ in $4,29 \text{ prm/neto m}^3$. Vzorec seveda ni reprezentativen, saj je povprečje izračunano samo iz treh dreves. Za bukev pa kakršnokoli povprečje ne moremo izračunati, saj je v vzorcu samo eno drevo, pa še to se ni podrlo. Vendar smo v izračunih upoštevali, da je prostornina sečnih ostankov bukve enaka prostornini sečnih ostankov jelke na kubični meter okroglega lesa. Zato smo izračunali skupno povprečje prostornih metrov sečnih ostankov na neto kubični meter lesa (vzorec štirih dreves, treh jelk in ene bukve) in znaša $4,35 \text{ prm/neto m}^3$. To znaša $3,82 \text{ prm/bruto m}^3$ (pretvornik je $0,877$).

Omenjeno bruto povprečje smo pomnožili s skupno bruto kubaturo okroglega lesa, ki znaša $173,4 \text{ m}^3$. Z omenjenim produktom smo dobili skupno količino iznešenih sečnih ostankov. Ta znaša 662 prm sečnih ostankov.

Ugotavljanje prostornine sečnih ostankov po metodi merjenj kupov s sečnimi ostanki večjega števila povprečnih neto dreves precej odstopa od prostornine, ki smo jo dobili na podlagi napolnjenosti zgibne polprikolice in številom polnih voženj. Po tej metodi je skupna količina iznešenih ostankov znašala 1130 prm . Razlika znaša celih 468 prm sečnih ostankov. V odstotkih je to $41,4 \%$.

6.3.2.1 Pretvorne vrednosti

Po meritvah prek zgibnega polprikoličarja, je bilo prepeljanih 1130 prm sečnih ostankov, od tega se jih je ssekalo 1040 prm . Po meritvah opravljenih prek merjenja prostornine kupov sečnih ostankov večjega števila povprečno neto izbranega drevesa, pa bi bilo

iznešenih 662 prm sečnih ostankov. Proporcionalno z zgoraj omenjeno meritvijo, bi bilo od tega sesekanih 609 prm sečnih ostankov. 53 prm ostankov pa naj bi se predvidoma izgubilo med različnimi operacijami manipuliranja z njimi. Od tega bi bilo 499 prm jelovih in 110 prm bukovih sečnih ostankov.

Skupna količina proizvedenih sekancev je znašala enakih 420 bruto nm^3 , od tega 344 nm^3 jelovih in 76 nm^3 bukovih. Skupna kubatura okroglega lesa je prav tako znašala nespremenjenih 159,6 bruto m^3 , kar znaša 130,9 bruto m^3 okroglega lesa jelke in 28,7 bruto m^3 okroglega lesa bukve.

- 1 neto m^3 okroglega lesa znaša 4,35 prm sečnih ostankov. Ta vrednost je bila tudi izmerjena na terenu. 1 prm sečnih ostankov tako znaša 0,23 neto m^3 okroglega lesa. 1 bruto m^3 okroglega lesa znaša 3,82 prm sečnih ostankov, 1 prm sečnih ostankov pa 0,26 bruto m^3 okroglega lesa.
- 1 bruto nm^3 sekancev znaša 1,45 prm sečnih ostankov, 1 prm sečnih ostankov znaša 0,69 bruto nm^3 sekancev. 1 neto nm^3 sekancev znaša 1,65 prm sečnih ostankov, 1 prm sečnih ostankov pa 0,60 neto nm^3 sekancev.
- Glede na vsebnost vode, ki je znašala v lesu jelke 60 % in 50 % v lesu bukve, smo izračunali, da je teža enega prostornega metra sečnih ostankov jelke po teh meritvah 243 kg/prm, teža enega prostornega metra sečnih ostankov bukve pa 292 kg/prm.

6.3.2.2 Faktorji prostornine zloženih sečnih ostankov

Določanje prostornine sečnih ostankov je težko, saj nanjo vplivajo številni dejavniki. Bistvo problema je določitev količine in s tem v zvezi tudi prostorninske gostote sečnih ostankov na prostorninsko enoto. Prostorninska gostota je zato lahko zelo različna. Kup s sečnimi ostanki je lahko zelo kompakten ali tudi zelo rahel. Na gostoto in posledično tudi prostornino sečnih ostankov vplivajo:

- **sečni ostanki različnih drevesnih vrst** s svojimi specifičnimi težami in specifičnimi lastnostmi sečnih ostankov,

- **potlačenost kupa sečnih ostankov** (poleg tega na potlačenost vpliva tudi velikost kupa – večji kot je, bolj so ostanki potlačeni) ,
- **razmeščenost vrste-tipa sečnih ostankov v kupu** (na večjo gostoto kupa sečnih ostankov vpliva tudi delež težjih ostankov, zlasti če se nahajajo v vrhnjem delu kupa),
- **zloženosti sečnih ostankov v kupe** (v kolikor so sečni ostanki zloženi prečno drug na drugega, to precej zmanjšuje njihovo gostoto),
- **vrsta (struktura) sečnih ostankov** (vejevje zelo večja prostornina kupa in seveda manjša prostorninsko gostoto, prav tako številne rogovile in neokleščene vrhače, medtem ko masivnejši lesni deli sečnih ostankov manjšajo prostornino in večajo gostoto kupa),
- **vsebnost vode v sečnih ostankih** (na to najbolj vpliva čas ležanja ostankov v gozdu. S časom listje in iglice odpadejo, prav tako se sušijo tudi lesni deli. To sicer povzroči manjše posedanje kupa, vendar se prostorninska gostota z izgubo vode neprimerno bolj zmanjša kakor prostornina kupa).

Prostornina sečnih ostankov je zato zelo variabilna spremenljivka. O kakršnikoli točnosti določanja le-te ne moremo govoriti. Lahko pa postavimo interval vrednosti, znotraj katerega se bo prostornina sečnih ostankov nahajala. Količina ostankov je glede na enoto prostornine lahko zelo različna, kar pomeni, da je gostota ostankov zelo različna. Temu primerno sta variabilna tudi prostorninska pretvorna faktorja iz prostornih metrov sečnih ostankov v nasute metre sekancev in v kubične metre okroglega lesa..

6.3.3 Obrazložitev odstopanj

Odstopanje prostornine iznešenih sečnih ostankov pri obeh merjenjih znaša 41,4 %. Vzroki nastale razlike bi lahko bile posledice napak pri merjenjih. Zlasti bi bilo problematično, če se ne bi vodilo natančno evidenco polnih voženj zgibnega polprikoličarja in če bi bila prostornina zgibne polprikolice napačno izmerjena. Vendar se

je evidenca natančno vodila, prav tako je bila tudi prostornina polprikolice večkrat izmerjena.

Prišli smo do zaključka, da je posledica odstopanj sprememba prostorninske gostote sečnih ostankov, ki nastopi pri nalaganju kupov na zgibno polprikolico. Zgibni polprikoličar je prvenstveno namenjen spravi okroglega lesa. Temu primerno dno polprikolice ni ravno. Po celotni dolžini na sredini dna polprikolice poteka korito, trapezne oblike, s prostornino 1,22 m³. Ta nudi prostor za en večji hlod. Korito je namensko oblikovano zato, da nudi nižje težišče polno naloženemu zgibnemu polprikoličarju med vožnjo po razgibanem terenu. S tem je prevrtni moment manjši. Vendar pa je omenjeno korito pri spravi sečnih ostankov bolj v napoto kot v korist. V to korito so se pri spravi sečnih ostankov marsikateri ostanki, zlasti vrhače in razvejane veje, zatikali in tako preprečevali ostalim ostankom, da bi bolje izkoristili prostornino korita.

Prav tako se je prostornina sečnih ostankov, ki so ležali na kupih v sestoji ob prenašanju s kleščami dvigala povečala, saj so bili pred tem ostanki, ki so ležali v večjih kupih bolj stisnjeni. Sečne ostanke je nato prenesel v polprikolico in jih, kolikor se je dalo tudi potlačil. Ostanki v polprikolici so bili tudi bolj prečno naloženi drug na drugega kot na kupih v sestoji. Problemi z zatikanjem in posledičnem manjšanju prostorninske gostote so bili zato stalen spremljevalec nalaganja.

Prostornina iznešenih sečnih ostankov, določena prek polnih voženj zgibnega polprikoličarja je zato kar za 41,4 % večja kot znaša prostornina iste količine sečnih ostankov, ki so bili zloženi v kupe v sestoji. Temu primerna je tudi širina intervala, znotraj katerega se giblje prostornina iznešenih sečnih ostankov.

6.3.4 Primerjalne vrednosti

Preglednica 11: Pretvorni faktorji in količine, merjene po različnih metodah

	Meritev, temelječa na številu voženj polno naloženega zgibnega polprikoličarja		Meritev, temelječa na izmeri kupov sečnih ostankov večjega števila povprečno neto izbranega drevesa	
Iznešeni sečni ostanki (jelovi in bukovi)	1130 prn		662 prn	
Sesekani sečni ostanki (jelovi in bukovi)	1040 prn	jelka-853 prn	609 prn	jelka-499 prn
		bukev-187 prn		bukev-110 prn
Proizvedeni bruto (neto) sekanci	420 (368) nm³			
Izračunana bruto (neto) kubatura okroglega lesa glede na proizvedene sekance	159,6 (140) m³			
Povprečno neto (bruto) drevo (pretvornik iz neto v bruto je enak tako za jelko kot za bukev in znaša 1,14)	jelka – 2,07 (2,36) m³ bukev – 0,40 (0,456) m³			
Prm sečnih ostankov/neto (bruto) nm³ sekancev	2,83 (2,48) prn/nm³		1,65 (1,45) prn/nm³	
Neto (bruto) nm³ sekancev/prm sečnih ostankov	0,35 (0,40) nm³/prm		0,60 (0,69) nm³/prm	
Prm sečnih ostankov/neto (bruto) m³ okroglega lesa	7,43 (6,52) prn/m³		4,35 (3,82) prn/m³	
Neto (bruto) m³ okroglega lesa/prm sečnih ostankov	0,135 (0,153) m³/prm		0,23 (0,26) m³/prm	
Prm sečnih ostankov/povprečno bruto/neto drevo	jelka – 15,38 prn/drevo		jelka – 9,0 prn/drevo	
	bukev – 2,97 prn/drevo		bukev – 1,74 prn/drevo	
Število povprečno izbranih dreves, katerim so bili sesekani sečni ostanki	jelka – 55 dreves bukev – 63 dreves			
Število povprečno izbranih dreves, katerim so bili iznešeni sečni ostanki	jelka – 60 dreves bukev – 68 dreves			
Masa absolutno suhega lesa	jelka – 370 kg/m³ bukev – 560 kg/m³			
Vsebnost vode (W)	jelka – 60 % bukev – 50 %			
Masa svežega lesa	jelka – 925 kg bukev –1120 kg			
Skupna masa sesekanih sečnih ostankov	jelka – 121,1 ton bukev – 32,1 ton			
	skupaj – 153,0 ton			
Masa svežih proizvedenih sekancev/nasuti meter	jelka – 352 kg/nm³ bukev – 425 kg/nm³			
Masa sečnih ostankov/prostorni meter	jelka – 142 kg/prm		jelka – 243 kg/prm	
	bukev – 171,5 kg/prm		bukev – 292 kg/prm	

6.4 NASIPNA GOSTOTA SEKANCEV

Dejavniki, ki vplivajo na nasipno gostoto:

- fizikalna gostota vrste lesa,
- vsebnost vode,
- zrnatost sekancev.

Poleg tega je treba upoštevati, da je nasipna gostota odvisna od dejavnikov kot so tresljaji, izpostavljenost udarcem, tlak, biološka razgradnja in vsebnost vode. Zato se lahko spremeni s transportom, skladiščenjem ali prekladanjem. Tako se na primer nasipna gostota prosto nasutih sekancev poveča v odvisnosti od naraščanja višine nasipanja v transportnem zabojniku. Nasipna gostota se poveča tudi, če se sekance vpiha in ne nasipa. Kot posledica zgoščevanja zaradi tresenja med transportom se lahko nasipna gostota poveča za dodatnih 10 %, kar se je v našem primeru lepo pokazalo, saj je nasipna gostota sekancev pred transportom znašala 420 nm³, po transportu (pri dobavitelju) pa 380 nm³.

6.4.1 Vsebnost vode in vlažnost lesa

Les vedno vsebuje določen delež vode, ki je odvisen od vrste lesa, časa sečnje v gozdu, kraju in trajanju skladiščenja. Delež vode je lahko zelo različen. Poleg tega lahko nadaljnja zunanja voda (padavine, kondenzat, itd.) poveča delež vode v lesu.

$$\text{Vsebnost vode: } u = \frac{\text{Teža vode (kg)}}{\text{Teža vlažnega lesa (kg)}} = \frac{m_w}{m_B}$$

$$\text{Vlažnost lesa : } u = \frac{\text{Teža vode (kg)}}{\text{Teža suhega lesa (kg)}} = \frac{m_w}{m_B - m_w}$$

Preglednica 6: Vlažnost lesa pri različni vsebnosti vode

Vsebnost vode W (%)	Vlažnost lesa u (% atro)
0	0
20	25
25	33
40	67
50	100
60	150

Sečni ostanki so bili pobrani in prepeljani na skladišče takoj po sečnji, v mesecu septembru. Tu so nedotaknjeni ležali dobra dva meseca. V tem času so se sušili, vendar pa sušenje še zdaleč ni bilo optimalno, saj so ležali na prostem, kjer so bili izpostavljeni meteorni vodi. Poleg tega je betonska podlaga skladišča preprečevala odtekanje vode, kar je še dodatno upočasnjevalo sušenje. Padavine pa so bile v tistem času (oktober, november) precej obilne.

Skupna vsebnost vode v lesu (v jedru in beljavi) pri sveže posekanem lesu iz gozda je približno: pri mehkem lesu (smreka, jelka, bor, duglazija) 45-55 %, pri trdem lesu (bukev, hrast) 40-45 %. Predhodno sušenje na manj kot 50 % vode se lahko doseže, če posekana in olistana drevesa pred predelavo nekaj tednov ali mesecev ležijo v gozdu (Priročnik za načrtovanje, 2005).

Vendar pa so naš obravnavani material sečni ostanki in ne okrogel les. Računamo, da je vsebnost vode sekancev iz sečnih ostankov višja kot pri običajnem, sveže posekanem lesu. Sečni ostanki imajo veliko listov oziroma iglic, ki vsebujejo veliko vode. Tem sekancem so bili v veliki meri primešani deli listov in iglic, ki so prav tako šli skozi nože sekalnika. Ti deli so dodatno upočasnjevali sušenje sekancev.

6.4.1.1 Določanje vsebnosti vode

Na skladišču lesa v Pivki merjenje vsebnosti vode sekancev poteka z napravo Sartorius MA 150. Proizvajalec je podjetje Alba. Ta naprava omogoča razmeroma hiter postopek določanja vsebnosti vode v lesu. Temelji na postopku sušenja z infrardečimi žarki. Vsebnost vode se določi na podlagi razlike med maso mokrega vzorca in maso suhega vzorca, katerega je z žarki predhodno osušila. Maksimalna dovoljena teža vzorca je 150 g. Natančnost merjenja teže pa je 1 mg. Vzorec (sekanec) se predhodno razreže na majhne koščke in izmed teh se jih nekaj izbere za določitev vlage. V primeru, da bi merili vsebnost vode celotnega sekanca, bi sušenje trajalo preveč časa, celo več ur. Tako pa posamična meritev traja le približno 15 minut.

Merjenje vlažnosti sekancev pridobljenih iz sečnih ostankov na Mašunu, pa žal nismo izvedli. Takrat te naprave namreč še niso imeli. Vendar pa smo na podlagi povprečnih ocen vsebnosti vode v sekancih, ki jih ima GG Postojna izmerjena za posamezna gozdna področja ter na podlagi posvetovanj z delavci, ki so v Pivki takrat delali s temi sekanci, prišli do ugotovitve, da je vsebnost vode v njih znašala 60 % za jelove in 50 % za bukove sekance. Seveda je delež vode od vzorca do vzorca zelo različen. Odstopanja so praviloma zelo velika ne glede na to, da so vzorci iz istega delovišča.

Preglednica 13: Značilna vsebnost vode različnih vrst lesa

	W(%)	u (% atro)
Sveži sekanci iz gozda	40 – 50	67 – 122
Sekanci skladiščeni pod streho	20 – 30	25 – 43
Zračno suhi sekanci	15 – 20	18 – 25
V gozdu sušena hlodovina	30 – 40	43 – 67

Vsebnost vode praktično ne vpliva na prostornino lesa, bistveno pa se spremeni masa.

6.4.2 Zrnatost predelanega goriva

Na zrnatost predelanega goriva vplivajo naslednji dejavniki (Priročnik za načrtovanje, 2005):

- **Postopek predelave goriva:** Drobljeno gorivo in gorivo počasi delujočih sekalcev ima podolgovate, nehomogene dimenzije goriva, z veliko iveri in raztrganimi mesti preloma. V nasprotju s hitro delujočimi sekalnimi noži ima drobljeno gorivo in gorivo počasi delujočih sekalnih nožev zatorej nižjo nasipno gostoto. Sekanci hitro delujočih bobnastih sekalnih nožev imajo tendenčno višji delež finih delcev kot sekanci kolutastih sekalnih nožev. Posledica večjega deleža finih delcev je manjše zmanjšanje nasipne gostote.
- **Porazdelitev po velikosti:** sekanci z gladkimi mesti prereza in dolžino robov od 20 - 30 mm pri glavnini (najmanj 80 %) imajo največjo možno nasipno gostoto. Če se povprečno dolžino robov v višini 20 - 30 mm pri glavnini sekancev zmanjša ali poveča, se nasipna gostota zmanjša.
- **Homogenost dimenzij goriva:** Sekanci zdrave hlodovine imajo enakomerne dimenzije. Sekanci ostankov lesa od redčenja gozdov ali lesa iz nege pokrajine imajo zelo različne dimenzije zaradi sekanja drobnih in grobih vej. Neenotne dimenzije kosov goriva zmanjšajo nasipno gostoto. Predvsem pri sekancih, ki se jih predeluje sveže po sečnji, se lahko nasipna gostota dodatno zmanjša zaradi elastičnosti drobnih vej.



Slika 19: Izgled sekancev iz sečnih ostankov (foto: B. Košir)

7 LES KOT GORIVO

7.1 KURILNOST

Najpomembnejša lastnost lesa, ki je pomembna pri uporabi sekancev v energetske namene je kurilna vrednost. Nanjo najmočneje vpliva vlažnost lesa. Z naraščanjem vsebnosti vode se vsebnost energije v prostorninskem nasutem metru rahlo zmanjšuje, saj mora voda, ki se nahaja v lesu, pri zgorevanju izpareti. Trd les listavcev ima zaradi visoke gostote višjo vsebnost energije na prostornino od iglavcev. Vendar so razlike med iglavci in listavci, navezane na suho maso, majhne.

Čeprav se kurilnost na enoto mase pri različnih biogenih gorivih spreminja le malenkostno, so zaradi velikih razlik glede fizikalne in nasipne gostote možne zelo velike razlike gostote energije na prostornino. Iz tega razloga imajo trdi listavci višjo gostoto energije kot iglavci. Tehnično uporabna so goriva s kurilnostjo od okoli 5 MJ/kg (okoli 1,38 kWh/kg) naprej, kar ustreza vsebnosti vode okoli 64 %. Pri vsebnosti vode okoli 88 % postane kurilnost enaka nič. Pri tej vsebnosti vode, je vlažnost lesa 733,3 %. To je nerealno, saj teža vode v lesu ne more biti kar 7,3-krat večja od teže suhega lesa.

Kurilnost atro absolutno suhega lesa je povprečno 18,1 MJ/kg (5,0 kWh/kg) za listavce in 19,0 MJ/kg (5,3 kWh/kg) za iglavce. Za izračun z značilnim lesom ($\text{CH}_{1,44}\text{O}_{0,66}$) je kurilnost 18.3 MJ/kg (5.1 kWh/kg) (Priročnik za načrtovanje, 2005).

Preglednica 14: Kurilnost in vsebnost energije v odvisnosti od vsebnosti vode za različne vrste dreves in enotne mase (Priročnik za načrtovanje, 2005)

Vsebnost vode v %		0	30	35	40	45	50	55	60
Vrsta drevesa/gostota	Merska enota								
Smreka 379 kg _{suhi} /m ³	kWh/kg	5,20	3,44	3,14	2,85	2,55	2,26	1,97	1,67
	kWh/m ³	1971	1860	1832	1799	1760	1713	1656	1584
	kW h/prm	1380	1302	1282	1259	1232	1199	1159	1109
	kW h/nm ³	788	744	733	720	704	605	662	634
Bor 431 kg _{suhi} /m ³	kW h/kg	5,20	3,44	3,14	2,85	2,55	2,26	1,97	1,67
	kWh/m ³	2241	2116	2083	2046	2001	1948	1883	1802
	kW h/prm	1569	1481	1458	1432	1401	1364	1318	1261
	kW h/nm ³	896	846	833	813	801	779	753	721
Bukev 558 kg _{suhi} /m ³	kWh/kg	5,00	3,30	3,01	2,73	2,44	2,16	1,88	1,59
	kWh/m ³	2790	2627	2586	2537	2480	2411	2326	2211
	kW h/prm	1953	1839	1810	1776	1736	1687	1628	1555
	kW h/nm ³	1116	1051	1034	1015	992	964	930	888
Hrast 571 kg _{suhi} /m ³	kVWh/kg	5,00	3,30	3,01	2,73	2,44	2,16	1,88	1,59
	kWh/m ³	2855	2589	2646	2596	2537	2467	2380	2273
	kWh/prm	1999	1882	1852	1817	1776	1727	1666	1591
	kW h/nm ³	1142	1075	1058	1038	1015	987	952	909
Topol 353 kg _{suhi} /m ³	kW h/kg	5,00	3,30	3,01	2,73	2,44	2,16	1,88	1,59
	kWh/m ^a	1765	1662	1636	1605	1569	1525	1472	1405
	kW h/prm	1236	1163	1145	1123	1098	1067	1030	983
	kW h/nm ³	706	665	654	642	627	610	589	562

7.1.1 Določitev vsebnosti energije na prostorninski nasuti meter**Preglednica 15: Vsebnost energije lesa in sečnih ostankov pri različni vsebnosti vode (Priročnik za načrtovanje, 2005)**

Vsebnost vode (W)	Vlažnost lesa (u)	Vsebnost energije			
		Mehak les ML	Trd les TL	Ostanki redčenja iglastih gozdov	Ostanki redčenja listnatih gozdov
%	% atro	kWh/nm ³	kWh/nm ³	kWh/nm ³	kWh/nm ³
60	150	450 - 650	700-900	350-600	600-850
50	100	500-700	800-1.000	400-650	700-950
43	75	550-750	850-1.050	450-700	750-1.000
33	50	600-800	900-1.100	500-750	800-1.050
20	25	650-850	950-1.050	550-800	850-1.100

Da bi lahko določili vsebnost energije na prostorninski nasuti meter, so potrebni naslednji izhodiščni podatki predpisanega goriva:

- povprečna vsebnost vode,
- nasipna gostota na prostorninski nasuti meter.

Vsebnost energije na nasuti meter se izračuna takole:

Vsebnost energije (kWh/nm³) = nasipna gostota (kg/nm³) * kurilna vrednost (kWh/kg)

Iglavci (jelka): – njihov delež znaša 82 %

$$\text{Vsebnost energije} = 352[\text{kg/nm}^3] \times 1,67[\text{kWh/kg}] = 587,84[\text{kWh/nm}^3]$$

Listavci (bukev): – njihov delež znaša 18 %

$$\text{Vsebnost energije} = 425[\text{kg/nm}^3] \times 2,16[\text{kWh/kg}] = 918,00[\text{kWh/nm}^3]$$

Vsebnost energije bukovih ter jelovih sekancev, katerim kurilno vrednost sem vzel isto kot za smreko, je znotraj intervala vrednosti, ki opredeljuje vsebnost energije pri določeni vlažnosti in drevesni vrsti (listavci – iglavci). Glej preglednico 14.

7.1.1.1 Določitev vsebnosti energije na prostorni meter sečnih ostankov

Preglednica 16: Prostorninska gostota sečnih ostankov po različnih metodah merjenja

	Meritev, temelječa na številu voženj polno naloženega zgibnega polprikoličarja	Meritev, temelječa na izmeri kupov sečnih ostankov večjega števila povprečno neto izbranega drevesa
Masa sečnih ostankov/prostorni meter	jelka – 142 kg/prm	jelka – 243 kg/prm
	bukev – 171,5 kg/prm	bukev – 292 kg/prm

Vsebnost energije (kWh/nm³) = prostorninska gostota (kg/nm³) * kurilna vrednost (kWh/kg)

1. Meritev, temelječa na številu voženj polno naloženega zgibnega polprikoličarja

Iglavci (jelka): – njihov delež znaša 82 %

$$\text{Vsebnost energije} = 142[\text{kg/prm}] \times 1,67[\text{kW h/kg}] = 237,14[\text{kWh/prm}]$$

Listavci (bukev): – njihov delež znaša 18 %

$$\text{Vsebnost energije} = 171,5[\text{kg/prm}] \times 2,16[\text{kW h/kg}] = 370,44[\text{kWh/prm}]$$

2. Meritev, temelječa na izmeri kupov sečnih ostankov večjega števila povprečno neto izbranega drevesa

Iglavci (jelka): – njihov delež znaša 82 %

$$\text{Vsebnost energije} = 243[\text{kg/prm}] \times 1,67[\text{kW h/kg}] = 405,81[\text{kWh/prm}]$$

Listavci (bukev): – njihov delež znaša 18 %

$$\text{Vsebnost energije} = 292[\text{kg/prm}] \times 2,16[\text{kW h/kg}] = 630,72[\text{kWh/prm}]$$

Razpon energijske vrednosti sečnih ostankov glede na opravljene meritve in vsebnosti vode znaša za jelko od 237 do 406 kWh/prm, za bukev pa od 370 do 631 kWh/prm.

8 EKOLOŠKI VIDIKI

Raba lesne biomase je okolju prijazna. Z zgorevanjem 1 litra kurilnega olja se sprosti v ozračje 2,9 kg CO₂, z izgorevanjem 1 m³ zemeljskega plina 1,9 kg CO₂, zgorevanje lesne biomase pa je CO₂ nevtralno. To pomeni, da pri njenem zgorevanju nastane enaka količina CO₂ kot pri razgradnji v naravi. Oddajanje CO₂ pri zgorevanju je enako akumulirani količini CO₂-ja v rastni dobi.

Poleg tega je lesna biomasa domač vir energije, saj kar 57,9 % površine Slovenije prekrivajo gozdovi. Je stalno na razpolago, njena uporaba pa izboljšuje vzdrževanje gozdov. Sedanja energetska odvisnost Slovenije temelji večinoma na uvozu fosilnih goriv. Sodobna raba lesne biomase je udobna in primerna tudi za urbana okolja, saj sodobni kotli na lesno biomaso omogočajo isto udobje ogrevanja, kot ga nudijo kotli na kurilno olje ali plin.

Ob prehodu iz kurilnega olja na les lahko upoštevamo, da bomo za vsakih 1000 l kurilnega olja porabili 4-5 m³ bukovega lesa oz. 6-7 m³ smreko-jelovega zračno suhega lesa (do 20 % vsebnosti vode).

Preglednica 17: Vsebnost energije lesne biomase glede na kurilno olje (Kranjc in Kopše, 2005)

Prostornina goriva	Energija	Kurilno olje
1 prostorninski meter (prm) bukovih polen	2.000 kWh	200 l
1 nasuti meter (nm ³) sekancev (do 20 % vlage)	800 kWh	80 l
1 nasuti meter (nm ³) peletov	3.200 kWh	320 l

Energijska vrednost enega litra kurilnega olja pa znaša 10 kWh.

8.1 VPLIV IZNOSA SEČNIH OSTANKOV NA GOZDNI PROSTOR

8.1.1 Krogotok hranil

Gozd je živ organizem, zato moramo spoznati in proučiti posledice odnašanja te vrste biomase iz gozda. Po eni strani s kurjenjem sekancev manj onesnažujemo okolje, po drugi strani pa ne vemo kaj ta biomasa, ki se jo predela za sekance, pomeni v življenju gozda.

Kroženje hranil običajno povezujemo s tlemi, ker rastline sprejmejo hranila z neposredno absorpcijo iz talne raztopine ali tudi iz talnih mineralov, ki so neposredno v stiku s koreninami. Hranila pa lahko pridejo v talno raztopino tudi iz atmosfere, ali pa jih rastline sprejmejo neposredno prek listov. Ogljik sprejemajo rastline skoraj v celoti prek listov, prav tako v plinasti obliki sprejemajo tudi žveplo in dušik. Atmosferski CO₂, SO₂ in NH₃ so raztopljeni v vlažnem filmu, ki obdaja celice mezofila znotraj lista in od tu penetrirajo v celično raztopino.

Več kot 50 % hranil, ki jih prejmejo drevesa in gozdno rastje v gozdu, izvira iz razkroja detriusa. Detrius je organska snov, ki ni vsebovana v živih organizmih in celicah in ni vgrajena v humusni ali organomineralni kompleks. Detrius sestavljata dve obliki in sicer (Kotar, 2005):

- opad:
največ detriusa izhaja iz rastlinskega opada (listi, veje, korenine, mikorizne hife). Med opad pa uvrščamo tudi konsumente, ki se hranijo z mrtvo rastlinsko maso (mikrobi, protozoe, vretenčarji in nevretenčarji) ter njihove iztrebke;
- izločki (eksudati):
to so organske snovi, ki jih izločajo v tla korenine, mikorizne hife in mikrobi.

Opad je zelo pomemben kot dobavitelj v prehranski verigi: rastline – opad – razkrojevalci. Preko razkrojevalcev se hranila v opadu integrirajo v humusni ali organomineralni

kompleks talne površine, iz katerega lahko rastline dobivajo mineralne in ostale organske hranljive snovi.

Opad je sestavljen od 80 pa do več kot 90 % iz mrtvega listja, vej, korenin, hif in mikoriznih gliv ter mikroopada, ki ga predstavljajo pelod, iztrebki insektov, mrtvi insekti, perje ptic, mrtve celice, ki se v teku rasti korenin luščijo, itd. Seveda je listje največja komponenta opada v gozdu.

V krogotoku hranil v gozdnem ekosistemu ima detrius in njegova mineralizacija nadvse pomembno vlogo. Pomen detriusa v gozdu je v Sloveniji dobro poznan. Nekdanje steljarjenje je pripeljalo do devastacije sestojev ter degradacije rastišč.

Delež listov v površinskem opadu (ločimo tudi podpovršinski opad, ki ga sestavljajo odmrle korenine in mikorizne hife) znaša 60-65 % in je približno enak tako v listnatih kakor iglastih gozdovih, medtem ko je delež vejic in majhnih vej v drobnem opadu precej večji v gozdovih iglavcev.

Pomemben del opada v gozdu tvorijo tudi mrtva debla, velike veje in velike korenine (mrtva biomasa), ki jih označujemo z izrazom veliki lesni ostanki. Tvorijo 25 % in več od skupne mase nadzemnih komponent detriusa (v gozdovih iglavcev še več), vendar pa je njihov prispevek h koncentraciji hranil izredno majhen. V gozdu imajo predvsem vlogo vodnega rezervoarja, vlogo pri preprečevanju erozije in vlogo habitata za različne organizme.

Ravno iz razloga, ker veliki lesni ostanki v krogotoku le malo prispevajo h koncentraciji hranil, je sečnja in izvoz lesnih sortimentov iz gozdnega prostora, ne da bi ob tem prišlo do devastacije rastišč, možna. Lesne sortimente smo glede vsebnosti hranil enačili z velikimi lesnimi ostanki.

Seveda pa izvoz lesnih sortimentov ne smemo enačiti z izvozom sečnih ostankov, med katere sodijo vrhače, vejevina, razni odrezki deformiranih in odmrlih ter poškodovanih

delov debla, poškodovano drobnejše drevje, itd. Teh ostankov se listje, predvsem pa iglice še vedno drži, zlasti če sečnja ni potekala izven vegetacijske dobe.

Zato bi lahko iznos sečnih ostankov imel posledice, ki spominjajo na steljarjenje. Vendar pa se iznos sečnih ostankov od steljarjenja razlikuje v tem, da je steljarjenje v gozdovih listavcev potekalo kontinuirano vsako leto, medtem ko naj bi iznos sečnih ostankov potekal le v času redne sečnje in še to le v primeru, če jih imamo namen izrabiti. Obhodna doba praviloma znaša 10 let. V vmesnem obdobju bi se gozd lahko normalno regeneriral.

Zagotovo je vpliv iznosa sečnih ostankov na krogotok hranil večji v iglastih kakor v listnatih sestojih, ob upoštevanju dejstva, da sečnja poteka izven vegetacijske dobe, saj iglavci ne odvržejo iglic. Iglice ostanejo na vejah več let, poleg tega pa odpadajo kontinuirano, t.j. neodvisno od letnega časa.

Vendar pa sečnja zaradi številnih organizacijskih težav velikokrat ne poteka izven vegetacijske dobe. V našem primeru je sečnja sicer potekala avgusta in septembra, vendar pa se je listje vej še zelo dobro držalo. Zato je bilo odpeljanega precej listja in iglic, ki vsebujejo večino hranilnih snovi v površinskem opadu. Vseeno pa so posledice iznosa sečnih ostankov bistveno manjše, kakor so posledice steljarjenja v listnatih gozdovih. V gozdovih kjer se je steljarilo, so praktično pobrali celotno odpadlo listje. Gozd zato ni dobil hranil, da bi se naravno regeneriral. Večletno steljarjenje je zato vodilo v devastacijo sestojev.

Pri spravilu sečnih ostankov iz gozda je odpeljan samo del in ne celotna količina z minerali bogatih listov in iglic. Samo vejevje brez listov in iglic, pa vsebuje zanemarljivo količino hranil. Vse je torej odvisno od časa sečnje, tipa gozdov (listnati, iglasti, mešani gozdovi), realiziranega etata in količine iznešenih sečnih ostankov. Vse sečne ostanke pa je skoraj nemogoče iznesti iz gozda, saj jih del vedno ostane v gozdu in sicer zaradi težavne tehnologije spravila sečnih ostankov.

Prav tako se pri nas z gozdom gospodari sonaravno, kar pomeni, da so golosečnje in ostali pretirani posegi v gozdni prostor prepovedani. Zato menim, da z izvozom sečnih ostankov

po redni sečnji, zagotovo ne bo prišlo do devastacije sestojev, saj je količina iznešenega listja oz. iglic v najslabšem primeru enaka opadu, ki bi ga odvrгла vsa odkazana drevesa in to le v času obhodnje.

8.1.1.1 Delež iznešenih sečnih ostankov iz delovišča

V našem primeru je skupna količina sesekanih sečnih ostankov znašala 152 ton, kar je ustrezalo 609 – 1040 prostornim metrom sečnih ostankov. Vendar pa je bilo iz gozda odpeljanih 662 – 1130 nm³ ostankov. 18 % je bilo bukovih, 82 % pa jelovih. 53 – 90 nm³ se je izgubilo pri različnih operacijah manipuliranja s sečnimi ostanki.

Površina odseka 16a, v katerem je potekal iznos sečnih ostankov je znašala 36,72 ha. Na hektar gozdne površine je bilo odpeljanih 18,03 – 30,77 prm sečnih ostankov. Vendar pa nikakor niso bili pobrani vsi sečni ostanki. Spravilo ostankov se je zaključilo pred koncem redne sečnje, prav tako pa precej ostankov, navkljub opravljeni sečnji, ni bilo iznešenih iz delovišča.

Neto odkazana lesna masa v celotnem oddelku je znašala 4401 m³ za iglavce, za listavce pa 984 m³. Skupaj je bilo neto odkazanega 5.385 m³ lesa. Povprečno neto izbrano drevo je za iglavce (jelko) znašalo 2,07 m³ in 0,40 m³ za listavce (bukev). Neto odkazana lesna masa odseka je znašala 3537 m³, od tega 2900 m³ iglavcev in 637 m³ listavcev (Sečnospravljeni načrt, 2006). Glede na povprečno neto izbrano drevo, je bilo posekanih 1401 jelovih in 1591 bukovih dreves. Na 1 neto m³ okroglega lesa pride 4,35 – 7,43 prm sečnih ostankov, tako jelovih, kakor bukovih.

Celotna količina sečnih ostankov v odseku znaša 12.615 – 21.547 prm iglavcev (jelka) in 2.771 – 4.733 prm listavcev (bukev). Skupaj je to 15.386 – 26.280 prm ostankov. Iz delovišča pa je bilo odpeljanih samo 662 – 1.130 nm³ ostankov, kar znaša le 4,3 % sečnih ostankov od vseh ostankov pri omenjenem odkazilu. Delež hranljivih in mineralnih snovi, ki bi jih iznešeni sečni ostanki prispevali v krogotoku hranil, je zanemarljivo majhen.

8.1.2 Varstvo gozdov

Vpliv iznosa sečnih ostankov ima na varstvo, predvsem iglastih gozdov pozitivne posledice. Z njihovim iznosom so iz gozda odstranjena potencialna gojišča podlubnikov, ki se radi namnožijo v sečnih ostankih. Posebno ugodno je, če se iz gozda odpelje vrhače in debelejše kose poškodovanih delov debla, saj te lubadar najraje napade. Tanjše vejevje predstavlja manjšo nevarnost namnožitve lubadarja.

Poleg tega so dela gozdnega reda pri strojni sečnji zmanjšana. Vej namreč ni potrebno razprostirati po vlakah, po katerih se ta stroj vozi in jih posledično tlači. Vendar pa mora sečne ostanke sortirati v kupe. Večji kot ti so, bolje je.

Pri sečnji z motorno žago, pa gozdni red že zajema sortiranje okleščenih vej v kupe in sicer tako, da so debelejše spodaj, tanjše zgoraj. V primeru, da hkrati s sečnjo poteka tudi iznos sečnih ostankov, vej ni potrebno pravilno sortirati, saj bodo vse iznešene iz delovišča. Edini problem pri sečnji z motorno žago je v tem, da nastane več manjših kupov s sečnimi ostanki. To precej podaljša trajanje iznosa teh ostankov, saj se nalaganje na polprikolico zgibnika neprenehoma prekinja z vožnjo do naslednjega kupa.

Zaradi tega dejstva, je spravilo sečnih ostankov primernejše tam, kjer poteka strojna sečnja, saj so kupi s sečnimi ostanki pri strojni sečnji neprimerno večji kakor pri sečnji z motornimi žagami.

V našem primeru je spravilo sečnih ostankov potekalo na naravnih jelovo-bukovih rastiščih, na nadmorski višini 1000 m. Nevarnost, da pride do gradacije podlubnikov je precej majhna.

V kolikor je namen spravila sečnih ostankov v veliki meri povezan z nevarnostjo gradacije podlubnikov, je smiselnost izvoza sečnih ostankov povezan s sestoji, kjer je nevarnost namnožitve podlubnikov velika. To so v glavnem smrekovi sestoji, ki rastejo v nižjih, toplejših legah. Drevesa so bila na ta rastišča vnesena umetno, z željo po čim večjem in hitrem donosu. Seveda sestoji uspevajo na drevesni vrsti neprimernem rastišču, kar se kaže

v številnih boleznih, ki te sestoje napadajo. Posledica številnih bolezni je manjša odpornost dreves na napade podlubnikov, kar lahko vodi v uničenje sestoja. Izvoz sečnih ostankov bi v teh sestojih pomenil pomemben varstveni ukrep.

Prav tako je izvoz sečnih ostankov za namene sekancev primeren na devastiranih področjih, kjer je npr. prišlo do kalamitete podlubnikov in devastacije sestojev ali v primeru vremenskih ujm (snegolom, žled, vetrolom, ...), požarov, itd. Vrednostni donos v teh sestojih se izredno zmanjša, saj je večina lesa primerna le za drva ali za predelavo v sekance. Kot primer vzemimo velik požar na Krasu iz leta 2007. Na omenjenem požarišču sekalnik danes še vedno opravlja svoje delo. Povedati je sicer potrebno, da je bila kvaliteta dreves, ki so skoraj izključno borova, še pred požarom izredno nizka. Borovci so bili samo vmesna sukcesijska faza, pri prehodu v končni sukcesijski stadij. Skoraj vsa drevesa so bila primerna le za sekance.

9 ZAKLJUČEK

Proučevana tehnologija iznosa sečnih ostankov za nadaljnjo predelavo v sekance je bila eksperimentalne narave. Namen proučevanja je bilo seznanjanje s problematiko vseh tehnoloških postopkov.

Omenjena tehnologija dela gotovo ni bila ekonomsko upravičena, saj je bilo preveč vmesnih postopkov, ki so proizvodnjo po nepotrebnem dražili in daljšali proizvodni čas. Zlasti se pojavlja vprašanje izrabe sekalnika. Je sicer mobilni, vendar ga pri manevriranju zelo ovirajo njegove dimenzije in teža. Primeren je za lahko dostopne terene, kjer se po možnosti izvaja tudi golosek.

Najugodnejše bi bilo, če bi sekalnik v gozdnem sestoju opravil celotno delo: sekanje sečnih ostankov, odlaganje teh v lasten tovorni prostor in odvoz do kamionskih kontejnerjev. Za tak postopek mora ustrezati teren.

Ustrezno je tudi, če bi sekalnik sam šel v sestoj in sekal že zložene ostanke, ter sekance pretovarjal v odvozno sredstvo kot je zgibni polprikoličar z zaprto polprikolico. Ta jih dostavi v kamionske bokse ob gozdni cesti.

V kolikor mu terenske in sestojne razmere to ne bi dopuščale, pa bi moral biti izvoz sečnih ostankov iz delovišča izveden z drugim pravilnim sredstvom, kot se je to izvajalo v našem primeru. To sicer vključuje dodaten postopek v pridobivanju sekancev iz sečnih ostankov, vendar pa sečne ostanke zagotovo ni primerno tovoriti iz gozdne ceste na večje in bolj oddaljeno skladišče. Sekalnik bi moral v tem primeru na gozdni cesti/skladišču, v neposredni bližini delovišča opravljati svoje delo.

Prišli smo tudi do spoznanja, da je prostorninska gostota ostankov zelo variabilna. Posledično s tem je tudi količina sečnih ostankov v prostorninski enoti različna. Določanje prostornine je zato precej problematično, kar se je očitno pokazalo pri obeh navedenih postopkih merjenja. Temu primerno smo naredili interval vrednosti iznešenih ostankov in

različnih pretvornih faktorjev. Pretirano ocenjena prostornina bi imela za posledico nižjo količino sekancev od pričakovane, kar bi pomenilo slab donos, ki bi bil lahko celo manjši od stroškov proizvodnje.

Proučevana tehnologija izrabe sečnih ostankov za energetske namene osvetljuje problematiko omenjene tehnologije dela. Do sedaj namreč nismo zasledili podobnega dela, ki bi obravnaval to tematiko. Tekom proučevanja se je zato razjasnila marsikakšna dilema. Prav tako so se pojavili številni problemi, katerih pred pričetkom dela nismo predvideli. To velja predvsem za odstopanje pri določanju prostornine sečnih ostankov. Odstopanje pri obeh merjenjih prostornine sečnih ostankov je znašalo celih 41,4%.

Zaradi globalnega segrevanja ozračja, ki je posledica vse večje porabe okolju škodljivih fosilnih goriv, se vse bolj obračamo k alternativnim virom energije. Mednje sodi tudi lesna biomasa. Je okolju prijazen energent, saj so količine CO₂-ja, ki se sproščajo ob kurjenju lesne biomase bistveno manjše, kot pri kurjenju fosilnih goriv.

Zaradi naprednejših tehnoloških sredstev, ki so na razpolago, je sedaj možna tudi izraba sečnih ostankov za energetske namene. Ti do sedaj niso bili izrabljeni. Glede na to, da njihov iznos iz gozdnega sestoja, ob sonaravnem gospodarjenju, ne vpliva bistveno na normalen krogotok hranil, predstavljajo ostanki še neizrabljeni vir okolju prijazne energije. Le-to je seveda smiselno izrabiti. Zato upamo, da diplomsko delo osvetljuje problematiko povezano s pridobivanjem energije (sekancev) iz sečnih ostankov in pušča odprto pot za nadaljnje, podrobnejše proučevanje omenjene problematike. Prav tako upamo, da diplomsko delo pristavlja svoj kamenček v mozaiku proučevanja izrabljanja alternativnih virov energije in seveda k čistejšemu okolju.

10 VIRI

Bezovnik Š. 2007. Primerjava dveh sekalnikov za izdelavo lesnih sekancev: diplomsko delo (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 57 str.

Biščak, B. tehnologija sušenja žagovine za proizvodnjo pelet. Postojna, Energetika BB (osebni vir, maj 2008)

Butala V., Turk J. 1998. Lesna biomasa – neizkoriščen domači vir energije. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo, Center za energetske in ekološke tehnologije, Femopet Slovenija: 20.str.

Delovna skupnost QM-Kotlarne na les. 2005. Lesno gorivo V: Priročnik za načrtovanje, Zvezek 4. Ministrstvo za okolje in prostor, GEF, UNDP: 116-137

Gorišek Ž. 1994. Voda v lesu V: Sušenje lesa. Ljubljana, Lesarska založba: 45-48

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Mašun za leto 2004–2013. Postojna, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Postojna, krajevna enota Knežak

Grom T. 2006. Možnost daljinskega ogrevanja na lesno biomaso v občini Logatec: diplomsko delo (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 72 str.

Kopše I., Kranjc N. 2005. Ogrevanje z lesom. Ljubljana, Zavod za gozdove, Agencija za učinkovito rabo in obnovljive vire energije, Gozdarski inštitut Slovenije: 38 str.

Košir B. 2008. »tehnični podatki o stroju za sečnjo«. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo (osebni vir, maj 2008)

Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije: 500 str.

Kranjc N., Kopše I. 2005. Ogrevanje z lesom. Ljubljana, Zavod za gozdove, Agencija za učinkovito rabo in obnovljive vire energije, Gozdarski inštitut Slovenije: 36 str.

Požar E. 1989. Učinki sekanja in uporaba bukovih gozdnih sekancev glede na debelinsko strukturo: diplomsko delo (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 55 str.

Sečnospravljeni načrt oddelka 16 gozdnogospodarske enote Mašun. 2006. Postojna, Gozdno gospodarstvo Postojna, Gozdni obrat Knežak, 9. str.

Ucin Z. 2004. Sečnja debelega drevja s strojem za sečnjo Konigstiger: diplomsko delo (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 130 str.

Žlogar J. 2007. Primernost traktorskih vlak za vožnjo z zgibnim polprikoličarjem: diplomsko delo (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 57 str.

Kazalci okolja v Sloveniji. (2007)

http://kazalci.arso.gov.si/kazalci/index_html?Kaz_id=150&Kaz_naziv=Povr%C5%A1ina%20gozda%20&Sku_id=1&Sku_naziv=NARAVA%20IN%20POVR%C5%A0JE&tip_kaz=1 (3.5.2008)

Nuhn : spletna stran podjetja.

<http://www.nuhn.de>. (4.5.2008)

Pravilnik o gozdnogospodarskem načrtu gozdnogospodarske enote Mašun. Ur. l. RS 96/2007.

<http://209.85.135.104/search?q=cache:0nBiJnSBYo4J:www.uradni-list.si/1/content%3Fid3D82779+lesna+zaloga+v+gozdnogospodarski+enoti+Ma%C5%A1un&hl=sl&gl=si&strip=1> /. (4.5. 2008)

Razvoj snežniških gozdov v zadnjih 100 letih skozi prizmo kontrolne metode. (2007)

http://www.zgs.gov.si/fileadmin/zgs/main/img/NOVICE_2007/PO_kontr_metoda/UDOVIC_100_letnica_KM.doc /. (4.5.2008)

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Boštjanu Koširju za usmerjanje pri nastajanju tega diplomskega dela.

Dr. Juriju Marenčetu se zahvaljujem za recenzijo.

Zahvaljujem se sekaču Goranu Turku za podiranje odbranih dreves, katerim smo lahko izmerili sečne ostanke. Prav tako se zahvaljujem osebju GG Postojna, ki so mi pomagali s posredovanjem tehničnih podatkov in za potrpežljivost pri terenskih merjenjih, Danimirju Žuniću iz Zavoda za gozdove Slovenije OE Postojna ter vsem, ki so kakor koli posredovali koristne informacije.

Zahvaljujem se staršema, ki sta mi izkazovala vso podporo tekom študija. Posebno očetu, ki je posredoval koristne informacije s področja energetike ter bratu Tomažu, ki mi je pomagal pri finalizaciji naloge.

PRILOGE

Priloga A: Snemalni list postopkov spravila sečnih ostankov

Spravilo sečnih ostankov po sečnji

[illegible]

Priloga B: Snemalni list postopkov sekanja sečnih ostankov

Sekanje gozdnih lesnih sekancev

[illegible]

