



**HAKKUUTOIMINNAN
KEHITTÄMISMAHDOLLISUUDET
ERI-ikäISRAKENTEISEN METSÄN
HARVENNUKSESSA**

Antti Kauppila

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015
Metsätalouden
koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutusohjelma

KAUPPILA, ANTTI:

Hakkuutoiminnan kehittämismahdollisuudet eri-ikäisrakenteisen metsän harvennuksessa

Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2015

Työn tarkoituksena oli selvittää hakkuutoiminnan kehittämismahdollisuuksia ja kustannusrakenteita eri-ikäisrakenteisen metsän harvennushakkuutyömailla. Työn suunnittelu aloitettiin syksyllä 2014, ja varsinainen hakkuu suoritettiin kokorunkomenetelmällä Hattulassa maaliskuussa 2015. Hakkuukoneessa käytettiin yhdistelmäkouraa. Koeala oli nuorta kasvatusmetsää, pinta-alaltaan 2,73 ha, ja se oli jaettu kahteen lohkoon (A & B), joista B-lohko oli näkemäraivattu, ja A-lohko oli käsittelemätön. Tutkimuksessa tarkasteltiin mm. ennakkoraivuun merkitystä harvennushakkuun suorittamiseen, ja verrattiin sen korjuukustannuksia käsittelemättömän metsän harvennuksen kustannuksiin, ja arvioitiin yhdistelmäkouran sopivuutta kyseiselle hakkuutavalle.

Tutkimuksessa selvisi että ennakkoraivuu oli tehty väärin, ja sen vuoksi raivatun B-lohkon korjuukustannukset kasvoivat suuremmiksi kuin käsittelemättömän A-lohkon korjuukustannukset. Väärin suoritettu ennakkoraivuu myös aiheutti enemmän korjuuvaurioita jäävään puustoon koealalla. Hakkuu itsessään onnistui tavoitteiden mukaisesti. Pystyyn jäävän puuston tiheys oli riittävä, ja alikasvosta säästyä kiitettävästi. Metsikön eri-ikäisrakenne säilytettiin koko koealalla, ja puuta korjattiin yhteensä 154 m³. Tärkeä huomio oli ajourien leveyden merkitys puustovaurioiden syntymiseen. Suositusten mukainen 4,5 m ajouran leveys on jatkuvan kasvatuksen korjuutyömailla liian kapea, kuormatraktorin taakan peräylityksen vuoksi. Tällä työmaalla ajourien leveyden keskiarvoksi mitattiin 5,11 m. Mikäli ajourien leveyden suhteen ei voida joustaa, on hakkuukoneen kuljettajaa ohjeistettava tekemään lyhyempää katkontaa, jottei kuormatraktorin taakasta tule liian pitkä. Varastopaikan ahtaus oli yllätys, sillä etukäteen tarkastellessa alue vaikutti riittävän suurelta. Puiden pinoamisvaiheessa todettiin varastopaikan olevan kuitenkin ahdas.

Tulevaisuudessa jatkuvaan kasvatukseen tähtäävillä hakkuutyömailla tulee huomioida erityisesti ennakkoraivuun laatu ja ajankohta. Parhaassa tapauksessa se nopeuttaa ja helpottaa puunkorjuuta, sekä alentaa korjuukustannuksia. Kommunikointi toimivien tahojen välillä on oltava parempaa, sekä raivuu jäljen tarkastus ennen hakkuun aloittamista on tärkeää. Ennakkoraivuun aikainen ajoitus antaa pelivaraa, sekä mahdollistaa tarvittavat muutostyöt ennen hakkuun aloittamista. Etukäteissuunnittelussa varastopaikan laajennusmahdollisuus on varmistettava maanomistajalta, jotta varastoinnin aiheuttamat puustovauriot saadaan minimoitua. Myös ajouran leveyden kasvattaminen olisi suotavaa lähikuljetuksesta aiheutuvien puustovaurioiden minimoimiseksi.

Asiasanat: yhdistelmäkoura, eri-ikäisrakenne, harvennushakkuu, ennakkoraivaus, kehittämismahdollisuus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme of forestry

KAUPPILA, ANTTI:

The possibilities of developing felling in continuous cover thinning

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 5 pages
May 2015

The purpose of this bachelor's thesis was clarify the possibility of development in continuous cover forestry thinning site, especially the effect of pre-clearance into the working hours and costs of harvester versus an intact area. The planning of the research started in autumn 2014, and the logging itself was performed in Hattula in southern Finland, in March 2015. The trees were logged as a whole using a combination harvester head. The test area consisted of 20-40-year old mixed forest. The area was 2.73 ha, split into two sections, A and B. Section A was intact, and section B was pre-cleared by a logger. The regeneration method was continuous cover forestry, which basically means avoiding the clear cut method.

The intended comparison became less clear as it emerged that the clearing of the regeneration site were done incorrectly, which caused unexpected difficulties and results of the research. Anyway, all the results gave important information, how to develop this kind of cutting method and how to improve research in the future. The results shown are a combination of the measured data and interview answers of the drivers of the harvester and forest tractor. The sections were also photographed before and after the thinning, which gives a good visual view and understanding of the success of the thinning.

Despite all the difficulties during the process, the result of the thinning from the point of view of forestry was a success, thanks to the proficient drivers. This research can be repeated afterwards, by using the same research methods and instructions, and avoiding the mistakes found during the research.

Key words: continuous cover forestry, thinning, regeneration, pre-clearance

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TUTKIMUKSEN ENNAKKOVALMISTELUT	9
	2.1 Tutkimuksen lähtökohdat	9
	2.2 Suunnittelu	9
	2.3 Toimijat	10
	2.4 Tutkimuskohde	10
	2.5 Hakkuun suorittava yritys.....	11
3	ERI-IKÄISRAKENTEISEN METSÄN HOITOMENETELMÄT	12
	3.1 Lähtökohdat	12
	3.2 Poimintahakkuu	13
	3.3 Pienaukkohakkuu	13
4	KOEJÄRJESTELYT	14
	4.1 Koeala.....	14
	4.2 Ennakkoraivaus.....	16
	4.3 Hakkuun suunnittelu ja ohjeistus	16
	4.4 Hakkuun toteutus	17
	4.5 Hakkuussa käytetty kalusto	17
	4.5.1 Hakkuukone EcoLog 560C	17
	4.5.2 Hakkuupää Moipu 500 proto 2.....	19
	4.5.3 Kuormatraktori John Deere 1510E.....	20
5	TUTKIMUSMENETELMÄT	22
	5.1 Ajankäytön vertailu	22
	5.2 Korjuukustannukset.....	22
	5.3 Puustotietojen mittaus	22
	5.4 Korjuuvauriot.....	22
	5.5 Ajouran leveyden mittaus.....	23
	5.6 Haastattelut	23
6	TUTKIMUSTULOKSET	24
	6.1 Ajankäytöt, hakkuukertymät ja katkaisutavat.....	24
	6.2 Seisokit	25
	6.3 Pystyyn jäänyt puusto.....	25
	6.4 Visuaaliset tulokset	28
	6.5 Korjuukustannukset.....	30
	6.6 Ajourat.....	30
	6.7 Korjuuvauriot.....	30
	6.8 Kuljettajien haastatteluista saadut vastaukset	31

7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	33
7.1	Ennakkoraivuun merkitys.....	33
7.2	Ennakkoraivuun ajoitus	34
7.3	Ajourat.....	35
7.4	Leimikon maastomerkinnät	36
7.5	Varastopaikka	36
7.6	Puiden varastointi.....	37
7.7	Lupa-asiat ja sopimukset	38
	LÄHTEET	39
	LIITTEET.....	40
	Liite 1. Haastattelukysymykset kuljettajille.....	40
	Liite 2. Kuormatraktorin tuotantoraportti	41
	Liite 3. Hakkuukoneen tuotantoraportti.....	42

ERITYISSANASTO

Ajoura	Hakkuukoneen ja metsätraktorin ajoreitti metsässä
Ennakkoraivaus	Hakkuuta haittaavan pienpuuston poistaminen
Eri-ikäisrakenne	Metsikkö, jossa eri kokoisia ja -ikäisiä puuta sekaisin
Giljotiiniterä	Yhdistelmäkouran giljotiinimainen katkaisuterä
Hakkuupää	Hakkuukoneen puunkäsittelykoura, puhekielessä: koura
Jatkuva kasvatus	Eri-ikäisrakenteisen metsän hoitomenetelmä
Kokorunkomenetelmä	Korjuutapa, jossa puuta ei karsita
Korjuuvaurio	Puunkorjuussa säästettäviin puihin aiheutuneet vauriot
Kuormainvaakatoni	Metsätraktorin mittayksikkö kuljetettavalle puumäärälle
Lähikuljetus	Kaadettujen puiden kuljetus varastopaikalle
Näkemäraivaus	Ennakkoraivuumenetelmä joka parantaa näkyvyyttä alueella
Peräylitys	Kuormatraktorin takalaidan ylittävä osuus kuormasta
Poimintahakkuu	Jatkuvan kasvatuksen hakkuutapa
Tasarakenteinen	Metsikkö, jonka puuston keskipituus ei vaihtele
Yhdistelmäkoura	Hakkuupää, jossa tavallisen sahan lisäksi giljotiiniterät

1 JOHDANTO

Metsänhoitoa, joka tähtää metsän eri-ikäisrakenteisuuteen, kutsutaan jatkuvan kasvatuksen periaatteeksi. Jatkuvalla kasvatuksella tarkoitetaan sellaista metsänhoitoa, jossa vältetään metsän avohakkaamista, sekä maan pintakerroksen muokkaamista. Menetelmällä pyritään säilyttämään metsän kerroksellisuus ja peitteisyys sekä vaihtoehtoisilla hakkuutavoilla, että luonnonmukaisilla uudistamistavoilla. Yksinkertaisesti tämä tarkoittaa sitä, että metsää uudistettaessa sieltä poistetaan poimintahakkuin suurimpia yksilöitä, sekä sairaat ja huonokuntoiset pienemmät puut. Luontaista alikasvosta pyritään hakkuussa säästämään, jolloin jäljelle jäävä puusto on eri ikäistä ja kokoista, ja metsän uudistumiseen tarvittavat puuntaimet ovat jo olemassa. (Pukkala, Lähde & Laiho 2011.)

Jatkuvan kasvatuksen periaate on ollut kautta aikojen kiistelty aihe; sen puolustajat korostavat pääosin metsien biodiversiteetin, eli monimuotoisuuden säilyttämistä, luonto-, maisema-, ja virkistysarvojen vaalimista, ja sen vastustajat usein tarkastelevat asiaa lähinnä taloudelliselta ja puuntuotukselliselta näkökulmalta. Tutkimuksissa on todettu, että eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatusta on hyvä vaihtoehto yleisesti käytössä olevalle alaharvennus-päättehakkuu-istutus-metodille. On tärkeää muistaa, että metsävarojemme hyödyntämisen tarkastelu pelkästään taloudellisesta näkökulmasta ei ole nykyaikaista. Kokonaistavoitteena ei ole pelkästään metsiemme puuntuotannon maksimointi, vaan myös niiden muut aineelliset ja aineettomat hyödykkeet on huomioitava, sillä ne ovat arvokasta pääomaa, ja joiden huoltamisen ja hyödyntämisen tarkastelu laajemmassa mittakaavassa on tarpeellista. (Pukkala, Lähde & Laiho 2011.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia yhdistelmäkouran käytön soveltuvuutta eri-ikäisrakenteisen metsän harvennuksessa, sekä selvittää eri-ikäisrakenteisen nuoren metsän (kehitysluokka 02) kunnostushakkuuseen sisältyvää vertailua ennakkoraivatun ja –raivaamattoman koealan välillä. Lisäksi tutkimuksessa on tarkoitus selvittää kyseisen hakkuutavan kehittämismahdollisuuksia, kun hakkuu suoritetaan yhdistelmäkouraa käyttäen. Vertailukohteina toimivat ennakkoraivattu koeala, ja käsittelemätön koeala samasta metsiköstä. Hakkuu suoritetaan kokorunkomenetelmällä yhdistelmäkouraa käyttäen, ja tutkimuksen tuloksia tarkastellaan hakkuukertymän,

ajankäytön, manuaalisten mittaustulosten sekä visuaalisten ja haastattelupohjaisten havaintojen perusteella.

2 TUTKIMUKSEN ENNAKKOVALMISTELUT

2.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Sain opinnäytetyöni aiheen Innofor Oy:n toimitusjohtaja Erno Lehdolta, työskennellessäni harjoittelijana Innofor Oy:ssä Kangasalla. Innofor Oy:n suosittama metsänhoitotapa painottaa metsänomistajalle sahapuun laadun ja määrän maksimointia, sekä luontaisen uudistamisen käyttöä lain ja metsän olosuhteiden sallimissa puitteissa (Innofor Oy 2015).

Tarve selvittää yhdistelmäkouran käytön soveltuvuutta, ja harvennushakkuun kehittämismahdollisuuksia eri-ikäisrakenteisen metsänhoidon näkökulmasta syntyi syyskuussa 2014.

2.2 Suunnittelu

Opinnäytetyöni suunnittelu aloitettiin palaverilla esimieheni kanssa syyskuussa 2014. Tutkimuksen tarpeet ja pääpiirteet suunniteltiin teoriatasolla, ja todettiin, että tutkittavia asioita ilmenee varmasti lisää hankkeen edetessä. Aloituspalaverissa päätettiin mitä tutkittaisiin, millä tavoin tutkimus suoritetaan, mitä eri asioita tutkimuksessa tulee ottaa huomioon ennen hakkuuta, hakkuun aikana, sekä sen jälkeen, miten tutkimustuloksista saadaan mahdollisimman luotettavat, ketä tutkimus palvelee ja kuinka tutkimustuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa eri-ikäisrakenteisten metsien harvennustyömailla, ja näiden kehittämisessä.

Tutkimuksen suunnitteluun apua antoi myös Metsäteho Oy:n asiantuntija Asko Poikela, jonka tapasin Metsäteho Oy:n toimistolla Tikkurilassa 9.10.2014. Tapaamisessa esiteltiin alustavat tutkimusjärjestelyt, ja pohdittiin aikaisempien tutkimustulosten mahdollista hyödyntämistä vertailukohtana tähän tutkimukseen. Poikelan näkemysten perusteella saatiin hyviä tutkimusteknisiä vinkkejä vertailukelpoisen datan hankintaan, mm. ennakkoraivauksen merkitys hakkuuajan pituuteen.

2.3 Toimijat

Suunnitteluvaiheessa pohdittiin mahdolliset tutkimukseen mukaan otettavat toimijat. Selvittelyiden jälkeen tutkimuksen toimijoiksi valittiin seuraavat henkilöt ja tahot:

- **Antti Kauppila**, tutkimuksen suunnittelijana, sekä opinnäytetyön tekijänä
- **Innofor Oy**, työn tilaajana
- **Metsäteho Oy / Asko Poikela**, suunnitteluapu/konsultointi
- **PJV-Urakointi Oy**, puunkorjuun ja lähikuljetuksen suorittaja
- **Moisio Forest Oy/ Petrus Moisio**, hakkuupäävalmistajan edustaja
- **Metsuri**, ennakkoraivauksen suorittaja
- **TAMK / Manne Viljamaa**, opinnäytetyön ohjaaja

2.4 Tutkimuskohde

Kun tutkimuksen toimijat olivat selvillä, valittiin tutkimukseen sopiva kohde. Tavoitteena oli löytää Tampereen läheisyydestä hoitamaton nuori kasvatusmetsikkö jossa olisi mahdollisuus suorittaa hakkuu jatkuvan kasvatuksen periaatteella. Sopiva hakkuukohde löytyi Hattulasta, Ilamon kylästä. Leimikossa oli puustollisesti sopivat lähtöasetelmat jatkuvan kasvatuksen metsänhoitotöihin ja koeala oli riittävän suuri. Lisäksi metsänomistaja antoi suostumuksensa kyseisen tutkimuksen suorittamiseen omistamillaan mailla.

Hakkuun etukäteissuunnittelussa on tärkeää tutkia alueen kartat sekä ilmakuvat, sillä niistä havaittavat tiedot helpottavat huomattavasti maastossa toimimista (esimerkiksi leimikoiden kartalle piirtämistä, erityisten luontokohteiden huomioimista, ja leimikon rajojen maastoon merkitsemistä). Tapio ForestKit –metsäsuunnitteluohjelmistosta löydettiin alueen kartat ja ilmakuvat, joiden avulla leimikon suunnittelu voitiin aloittaa. Alueelta oli myös olemassa Innofor Oy:n tekemä vanha metsäsuunnitelma, jota tarkastelemalla ja päivittämällä saatiin hyvä käsitys käsittelyyn otettavasta koealasta.

2.5 Hakkuun suorittava yritys

Hakkuun suorittavaksi urakoitsijaksi valittiin PJV-Urakointi Oy, sillä esimieheni tiesi entuudestaan, että kyseinen yritys on suorittanut aikaisemminkin eri-ikäisrakenteisen metsän hakkuuta. PJV-Urakointi Oy:llä oli käytössään hakkuuseen sopiva kalusto, ja riittävä kokemus hakkuutyön suorittamiseen. Katsottiin myös eduksi, että yrittäjä on paikallinen toimija, joten hakkuun suorittaminen helpottuisi kaikilta osin. Hakkuukoneyrittäjä Jari Venäläinen PJV-Urakointi Oy:stä oli kiinnostunut kyseisestä tutkimuksesta, ja halusi lähteä tutkimukseen mukaan hakkuun suorittavana osapuolena. Yrittäjää kiinnosti erityisesti tutkimuksen lopputulosten analysoinnissa ennakkoraivauksen vaikutukset hakkuussa kuluvaan aikaan, ja mahdollisuudet hakkuutavan kehittämiseen. Hakkuukoneen kuljettajana toimi Harri Laaksonen, ja kuormatraktorin kuljettajana Sakari Lehtinen. Jari Venäläinen toimi vuorollaan molempien koneiden kuljettajana.

3 ERI-ikäISRAKENTEISEN METSÄN HOITOMENETELMÄT

3.1 Lähtökohdat

Vuoden 2014 alussa voimaan astunut metsälakimuutos mahdollistaa metsien vaihtoehtoiset hoitomenetelmät. Metsälain uudistamisen myötä mm. metsänomistajien valinnanvapaus oman metsäomaisuutensa hoidossa kasvaa. Esimerkiksi metsänomistaja voi itse päättää, minkä ikäisenä metsikkökuvio on tarpeeksi vanha uudistettavaksi, sekä millä uudistusmenetelmällä metsät hoidetaan; käsitelläänkö metsät perinteisillä harvennus- ja uudistushakkuilla, vai käytetäänkö kohteella eri-ikäisrakenteista metsänkasvatusta. (Maa- ja Metsätalousministeriö 2015.)

Eri-ikäisrakenteisuuden tähtävällä alueella on hyvä olla metsikkö, jossa jatkuvan kasvatuksen menetelmästä on eniten hyötyä, ja onnistumisen edellytykset ovat lähtökohdiltaan hyvät. Tällaisia ominaisuuksia ovat mm. metsän monikerroksellisuus, ja riittävä alikasvoksen määrä. Alikasvoksen ja luonnollisen taimiaineksen runsaus kertoo alueen hyvistä uudistumisolosuhteista, ja täten mahdollistaa eri-ikäisrakenteisen metsänhoidon hyödyntämisen. (Pukkala, Lähde & Laiho 2011.)

Eri-ikäisrakenteisen metsän uudistaminen perustuu siis useimmiten luontaisesti syntyneeseen alikasvokseen. Tämä johtaa siihen, että metsän uudistuskustannukset pienenevät, sillä uudistumisen tapahtuessa luontaisesti, kustannuksia ei synny esimerkiksi maanmuokkauksesta, taimista, eikä kylvö- tai istutustyöstä. Puustoa harvennettaessa alikasvokselle ja pystyyn jääneelle puustolle vapautuu enemmän valoa sekä ravinteita, jolloin puuston kasvukehitys paranee.

Yleisimmät eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatukseen soveltuvat hakkuutavat ovat poiminta- ja pienaukkohakkuu. Poiminta- ja pienaukkohakkuilla metsä saadaan pidettyä peitteisenä, eikä suuria yksittäisiä uudistusaloja tule. Jatkuvan kasvatuksen menetelmillä metsässä saadaan säilytettyä, tai lisättyä myös pienipiirteisten elinympäristöjen vaihtelua ja määrää, mikä luo uusia elinympäristöjä erilaisille eliölajistoille kuin tasarakenteisessa metsässä. Menetelmät eivät kuitenkaan tuota lahoppua, ellei sitä metsään tarkoituksellisesti jätetä säästöpuiden ja kaadettujen runkojen myötä. (Metsäkeskus 2015.)

3.2 Poimintahakkuu

Poimintahakkuu on yleensä suhteellisen pienipiirteinen hakkuutapa, jossa poistetaan pääasiassa metsikön suurimpia puita. Myös pienempiä puita poistetaan, mikäli ne ovat sairaita tai viallisia, tai ne kasvavat paikoittain ylitiheästi. Poimintahakkuussa ei yleensä poisteta kuitupuukokoisia yksilöitä muualta kuin hakkuukoneen ajouralta, ellei puuston tilajärjestys sitä vaadi. Poimintahakkuut pyritään suorittamaan yleensä kevättalvella suojasään aikaan, sillä silloin taimivaurioita tapahtuu vähemmän kuin kovalla pakkasella, jolloin jäätyneet taimet ovat herkempiä vaurioille. (Tapio 2013, 79.)

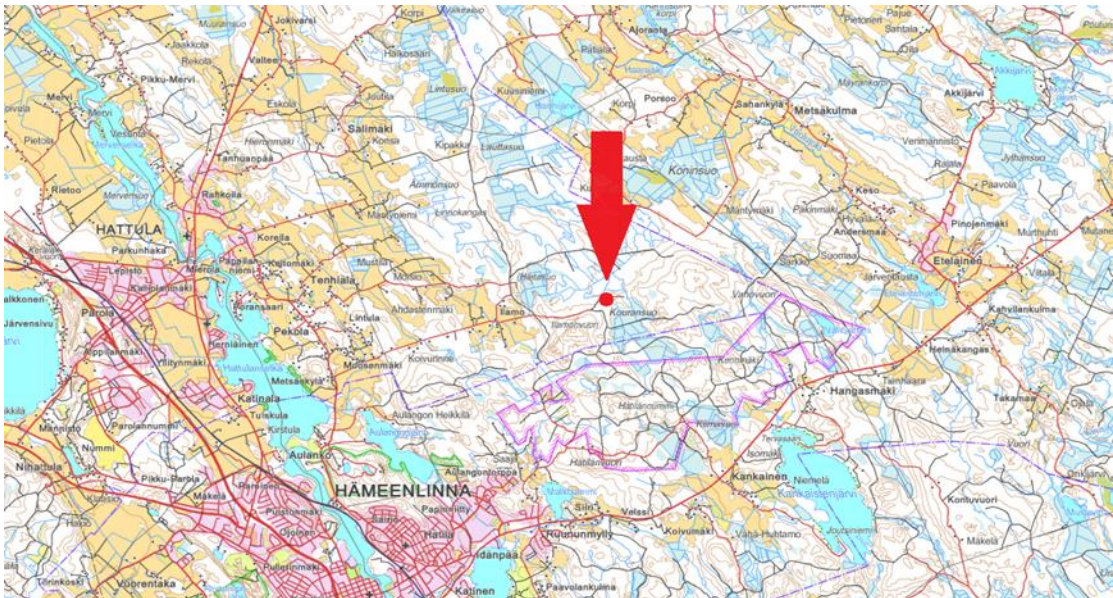
3.3 Pienaukkohakkuu

Pienaukkohakkuussa käsittelyalueelle tehdään tasaisesti pieniä avohakkuulaikkuja puuryhmiä poistamalla (pienaukon pinta-ala $< 0,3$ ha). Puuryhmiä poistaessa pienaukolle vapautuu valoa ja kasvutilaa uusille taimille, jotka syntyvät luontaisesti ympäröivien puiden siemenistä. Myös pienaukon koko vaikuttaa sen uudistumisherkkyteen. Jos aukon koko on halkasijaltaan < 20 m, voi taimettuminen olla heikkoa reunametsien kilpailun johdosta. Pienaukot taimettuvat yleensä turvemaidella hyvin, mutta sen edellytyksenä on että aukon reunat ”pehmennetään”. Tämä tarkoittaa suurempien yksilöiden poimintahakkuuta hakkuuaukon reunoilta. (Tapio 2013, 79.)

4 KOEJÄRJESTELYT

4.1 Koeala

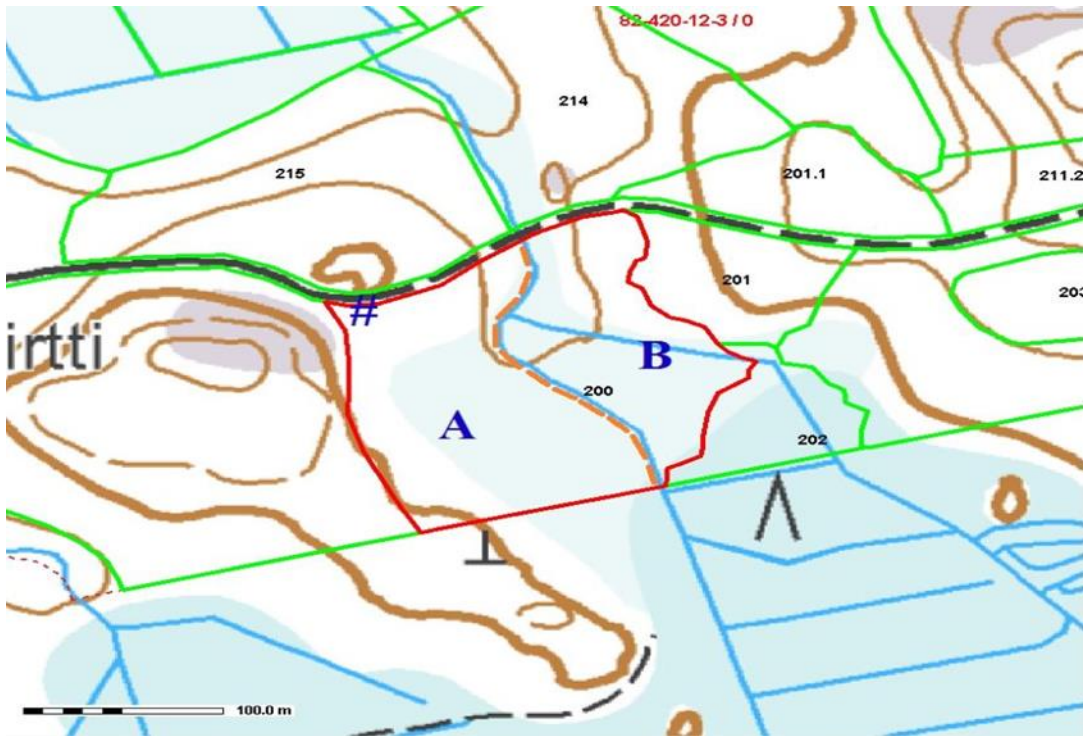
Koeala sijaitsee Etelä-Suomessa, Hattulassa, Ilamon kylässä (KUVA 1). GPS-koordinaatit koealan keskipisteeseen ovat: N6771790,1995, E368500,549 (ETRS-TM35FIN -tasokoordinaatit). Koeala on rajattu karttaan punaisella, sen kokonaispinta-ala on 2,73 ha, ja se on jaettu oranssilla kahteen lohkokoon: A ja B. Lohkojen pinta-alat ovat: A: 1,67 ha, B: 1,06 ha.



KUVA 1. Kartta 1 (Pohjautuu Maanmittauslaitoksen aineistoon, muokattu)
©Maanmittauslaitos, lupa nro 051/MML/2015

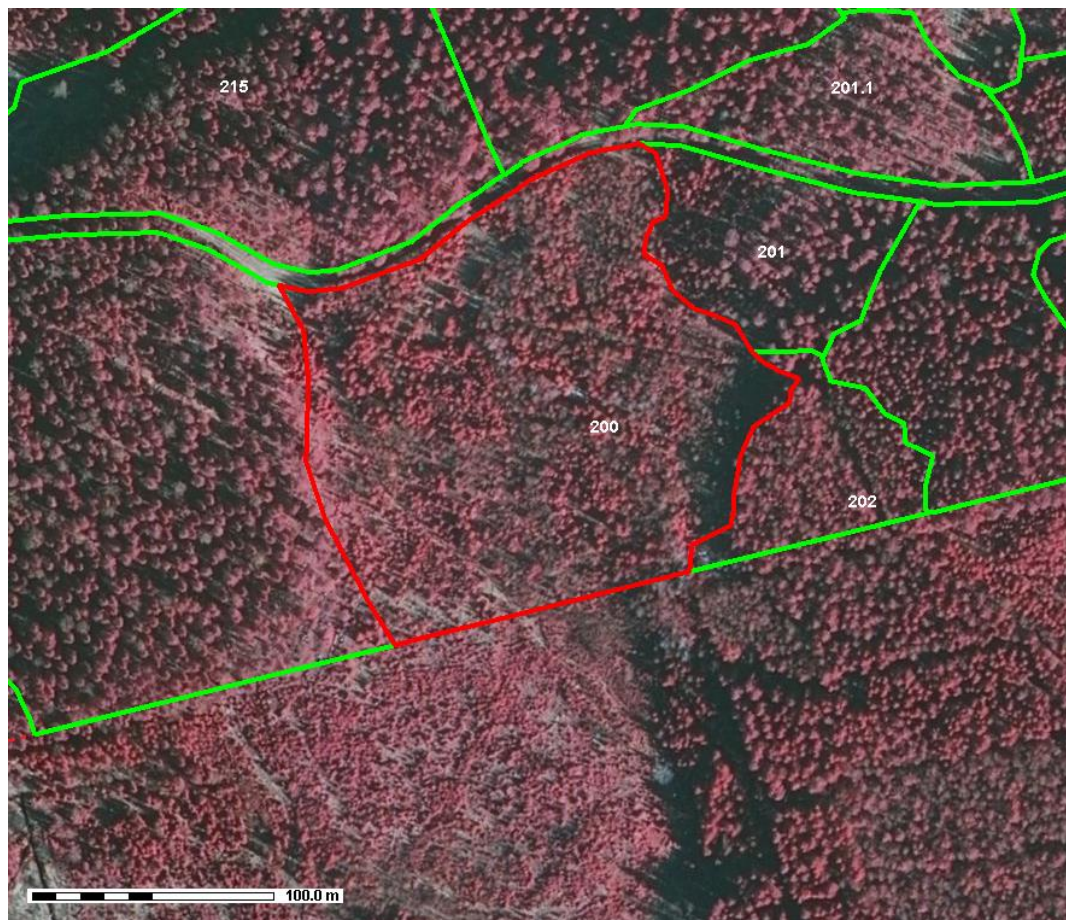
Lohkojako tehtiin etukäteisuunnittelussa tarkastelemalla karttoja (KUVA 2) ja ilmakuvia (KUVA 3), sekä maastonmuotoja hyödyntäen, sillä alueen läpi kulkeva oja rajaa alueen selkeästi kahteen lohkokoon, itä – länsi –suunnassa. Ensimmäisellä vierailulla koealueella kyseinen lohkojako todettiin sopivaksi myös puuston puolesta.

Koeala oli puustoltaan nuorta kasvatusmetsää (kehitysluokka 02), valtaosin sekametsää ja pääpuulajeiltaan kuusta ja koivua. Runkoluku oli noin 3700 runkoa/ha. Erityisiä luontokohteita tai metsälakikohteita ei löytynyt. Varastopaikaksi katsottiin käänköpaikka tien varressa, A-lohkon luoteiskulmassa. Varastopaikka on kartassa merkittynä # :lla (KUVA 2).



KUVA 2. Kartta 2 (Pohjautuu Maanmittauslaitoksen aineistoon, muokattu)

©Maanmittauslaitos, lupa nro 051/MML/2015



KUVA 3. Ilmakuva (Maanmittauslaitos 2015, muokattu)

©Maanmittauslaitos, lupa nro 051/MML/2015

4.2 Ennakkoraivaus

Ennen varsinaista hakkuuta koealan A-lohko oli käsittelemätön, ja koealan B-lohko ennakkoraivattu metsurityönä (näkemäraivaus). Ennakkoraivaus tapahtui noin viikkoa ennen varsinaisen hakkuun aloitusta. Metsuri oli ohjeistettu tekemään koealan B-lohkolle näkemäraivaus, joka on energiapuuharvennusten ennakkoraivausmenetelmä. Näkemäraivauksessa poistetaan korjuuta haittaava alikasvos poistettavien puiden läheisyydestä, sekä muualtakin silloin kun se haittaa näkyvyyttä. Käytännössä se tarkoittaa aivan pienimpien puiden (läpimitaltaan < 5 cm) poistamista suurempien puiden läheisyydestä, ja sillä pyritään nopeuttamaan ja helpottamaan hakkuukoneen työskentelyä varsinaisessa harvennushakkuussa. (Kinnunen 2011, 6.)

Ennakkoraivaustutkimuksissa (Metsäteho 2005) on todettu ennakkoraivauksen taloudelliset merkitykset tasaikäisrakenteisissa metsissä. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kuitenkin vain sen vaikutusta hakkuukoneen käytettävyyteen ja ajankäyttöön, sillä kysessä ei ole tasaikäisrakenteiseen metsään pyrkivä toimenpide. Tutkimustulokset saatiin hakkuukoneen ajankäyttövertailusta käsitellyn ja käsittelemättömän koealan välillä, korjuuvaurioiden visuaalisella tarkastelulla sekä kuljettajien haastatteluissa antamina vastauksina.

4.3 Hakkuun suunnittelu ja ohjeistus

Hakkuu suunniteltiin alkavaksi talvella 2015. Tarkkaa päivämäärää ei voitu ennalta sopia, sillä korjuuyrittäjän aikataulut olivat hyvin tiukat, ja kiireellisempiä työmaita oli paljon. Koealan korjuukelpoisuus vaati hakkuun suorittamisen talvella, mikä on luontevaa jatkuvan kasvatuksen työmaalle.

Hakkuukoneenkuljettajille ja metsurille hakkuun ohjeistukset annettiin etukäteen puhelimitse, ja hakkuun alkamispäivänä ohjeet käytiin vielä tarkentamassa hakkuutyömaalla. Metsuri ohjeistettiin tekemään alueelle näkemäraivaus, ja hakkuukoneen kuljettajat ohjeistettiin tekemään eri-ikäisrakenteisen metsän harvennussiten, että koealan A-lohkokolla pyritään säästämään mahdollisimman paljon alikasvosta ja B-lohkokolla harvennus tehdään ennakkoraivauksesta johtuen voimakkaammin. Koko koealan alueelle ohjeistettiin pystyyn jätettäväksi koivua 700-800 runkoa/ha, ja kuusta

1000 runkoa/ha, pyrkimyksenä kokonaisrunkolukuun 1700-1800 runkoa/ha. Etukäteen sovittiin, että molemmat hakkuukoneenkuljettajat hakkaavat molemmat lohkot puoliksi, jolloin kuljettajasta riippuvat muuttujat ovat samat kummallakin loholla. Hakkuukoneen kuljettajia oli kaksi, jotka toimivat kahdessa vuorossa. Kuljettajia varattiin kaksi, jotta kuljettajan ajotyylisiä riippuvat muuttujat saataisiin minimoitua ja tutkimustulokset olisivat luotettavampia.

4.4 Hakkuun toteutus

Hakkuu suoritettiin aikavälillä 5.3.2015 – 11.3.2015. Tehtävänä oli eri-ikäisrakenteisen metsän harvennushakkuu kokorunkomenetelmällä, sekä koivun kuitupuukorjuuna. Korjuuajankohta oli sopiva, eikä hakkuualueella ollut tuolloin merkittävästi pehmeitä paikkoja, joten koneiden oli suhteellisen helppo siellä liikkua. Korjuuolosuhteet olivat mainiot, suojalunta oli metsässä vielä kohtalaisesti (n. 20 cm), ja päivisin sää oli aurinkoinen ja ilman lämpötila oli noin + 5 °C.

4.5 Hakkuussa käytetty kalusto

PJV-Urakointi Oy käytti puunkorjuussa omaa kalustoaan, joka oli etukäteen katsottu sopivaksi kyseiselle työmaalle. Korjuukalustona oli hakkuukone EcoLog 560C, varustettuna Moipu 500 proto 2 yhdistelmäkouralla, ja kuormatraktori John Deere 1510E. Hakkuu suoritettiin osana energiapuuraaka-aineen toimitusta L&T Biowatti Oy:lle, joka myöhemmin hakettaa koealalta varastopaikalle toimitetun puuston.

4.5.1 Hakkuukone EcoLog 560C

Puunkorjuussa käytettiin EcoLog 560C –hakkuukonetta vm. 2008 (KUVA 4). Se kuuluu kokoluokaltaan keskiraskaisiin hakkuukoneisiin. Kyseinen kone on molempien tutkimukseen osallistuneiden kuljettajien mielestä käytettävyydeltään ja muilta ominaisuuksiltaan erinomainen hakkuukone energiapuunkorjuutyömaille. Eco Log 560C on erittäin kuljettajaystävällinen, ja sen suhteellisen kevyt rakenne tekee siitä kevyen ajettavan. Kone on vakaa ja ketterä, ja kuljettajalla on hyvä näkyvyys koneen

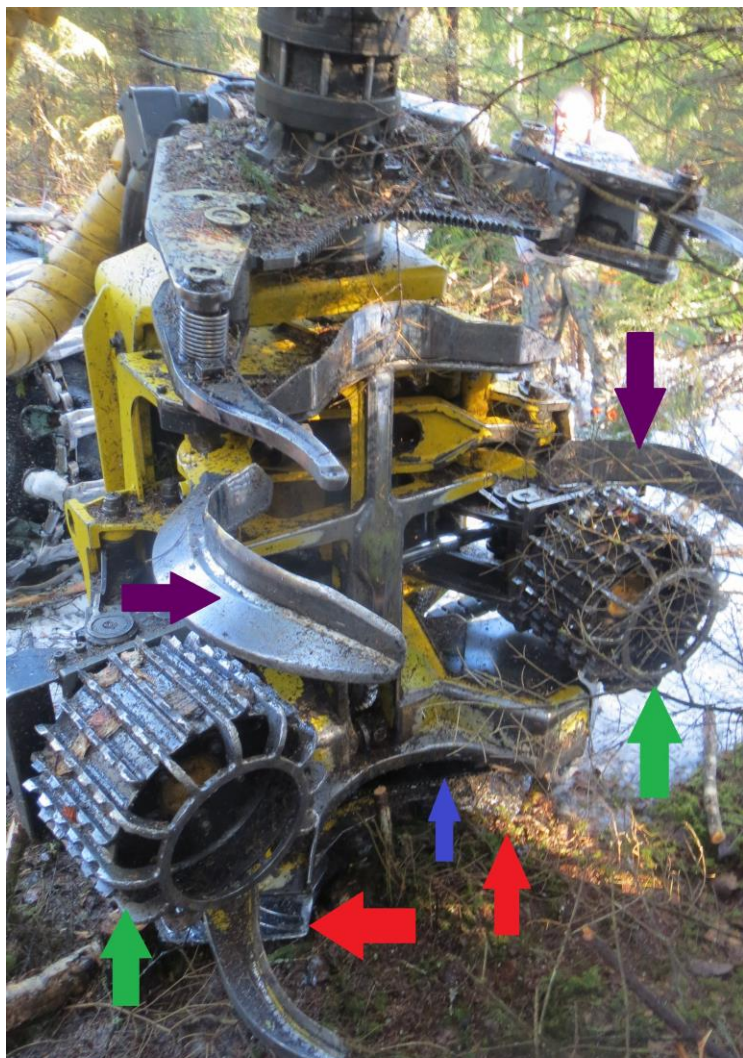
ympäristöön pyörivän ohjaamon ansiosta. Puomissa on hyvä yläulottuvuus, joka mahdollistaa puun katkaisun lähempää latvaa. Tällä tavoin korjuuvauriot vähenee ja korjuujälki paranee. Myös pimeällä työskentely on mahdollista hyvien työskentelyvalojen ansiosta. (Laaksonen 2015; Venäläinen 2015.)



KUVA 4. Hakkuukone Eco Log 560 C (Kuva: Antti Kauppila 2015)

4.5.2 Hakkuupää Moipu 500 proto 2

Hakkuukone oli varustettu Moisio Forest Oy:n valmistamalla Moipu 500 proto 2 -hakkuupäällä (KUVA 5). Hakkuupäätä käytetään puhekielessä nimitystä koura, viitaten sen kouramaiseen toimintatapaan. Moipu 500 proto 2 on nk. yhdistelmäkoura. Koura poikkeaa perinteisen hakkuukoneen kourasta siten, että kyseisessä mallissa on sahan lisäksi giljotiiniterä. Kouran mallimerkintä ”proto 2” viittaa Moipu 500 -sarjan prototyypimalliin, joka ei sellaisenaan ole tuotannossa. Prototyypimallin merkittävimmät poikkeamat sarjatuotannossa olevaan Moipu 500F -hakkuupäähän, ovat prototyypimallin LogMax 5000 -joukkokäsittelypihdit. Nämä muutokset on tehty, jotta kouran mittalaitteisto on saatu toimimaan prototyypiversiossa oikein.



KUVA 5. Moipu 500 proto 2 -hakkuupää

Kyseessä on siis yhdistelmäkoura, jonka käyttö perustuu puiden katkaisemiseen joko sahalla tai giljotiiniterällä. Yhdistelmäkoura mahdollistaa näin pienempien puiden

tehokkaan joukkokäsittelyn. Kouralla on mahdollista tarttua useaan lähekkäin kasvavaan puuhun kerralla. Giljotiiniterällä pystyy kouran puristuessa kiinni, katkaisemaan kaikki kourassa olevat puut parhaimmillaan yhdellä katkaisukerralla. (Laaksonen 2015; Venäläinen 2015.)

Giljotiiniterän käyttö nopeuttaa korjuun suorittamista, sillä se vähentää puomin liikuttelua, koneen seisokkeja ja huoltokatkoksia huomattavasti, kun ketjunlähtöjä ja katkeamisia tapahtuu vähemmän. Energiapuun korjuun tapahtuessa yhdistelmäkouralla, kouran sahaa ei käytetä niin usein kuin esimerkiksi tasaikäisrakenteisen metsän ensiharvennuksessa. Tästä syystä puunkorjuu on sujuvampaa, kustannustehokkaampaa ja nopeampaa. (Laaksonen 2015; Venäläinen 2015.)

4.5.3 Kuormatraktori John Deere 1510E

Työmaalla käytetty kuormatraktori oli vm. 2012 John Deere 1510E (KUVA 6), joka toimii hyvin energiapuunkorjuutyömailla. Keskeltä nivelletty kuormatraktori on maasto-ominaisuuksiltaan ketterä, ja sen kuormatilan pohjapinta-ala on 5,3m². 1510E IT4 –mallissa on kestävät, tasapainotetut akselistot, vahva runko, sekä luja keskinivel, jotka ovat merkittäviä ominaisuuksia kuormatraktorin toimintaa tarkastellessa. (John Deere Oy 2015.)

Suuren tehon ja vetovoiman ansiosta 1510E IT4-kuormatraktorin tuottavuus on hyvä. Kuormatraktori on varustettu 6-sylinterisellä, 6,8 -litraisella, turboahdetulla John Deere 6068 PowerTech Plus -moottorilla, jossa on ahtoilman välijäähdytin. Lisäksi suuri vetovoima, hyvä puominhallinta ja uudistettu käyttöjärjestelmä tekevät työskentelystä kuljettajalle miellyttävää. (John Deere Oy 2015.)



KUVA 6. Kuormatraktori John Deere 1510E (Kuva: Antti Kauppila 2015)

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

5.1 Ajankäytön vertailu

Tutkimuksessa vertailtiin hakkuukoneen työskentelyn tehokasta ajankäyttöä ennakkoraivatulla ja raivaamattomalla koealalla. Hakkuukoneen tehokasta ajankäyttöä mitattiin hakkuukoneen ajanottovälineistöllä. Pienin aikayksikkö oli 1 minuutti, ja huoltoseisokit eivät kuuluneet mitattuun aikaan. Hakkuussa käytetty aika jaettiin käsitellyllä pinta-alalla, jolloin saatiin ajankäytön keskiarvo min/ha.

5.2 Korjuukustannukset

Raivaamattomalla A-lohkolla korjuukustannukset muodostuivat hakkuukoneen ja kuormatraktorin tuotosperusteisista (m³) kustannuksista. Ennakkoraivatulla B-lohkolla korjuukustannuksiin lisätään metsurin hehtaarikohtainen kustannus (€/ha).

5.3 Puustotietojen mittaus

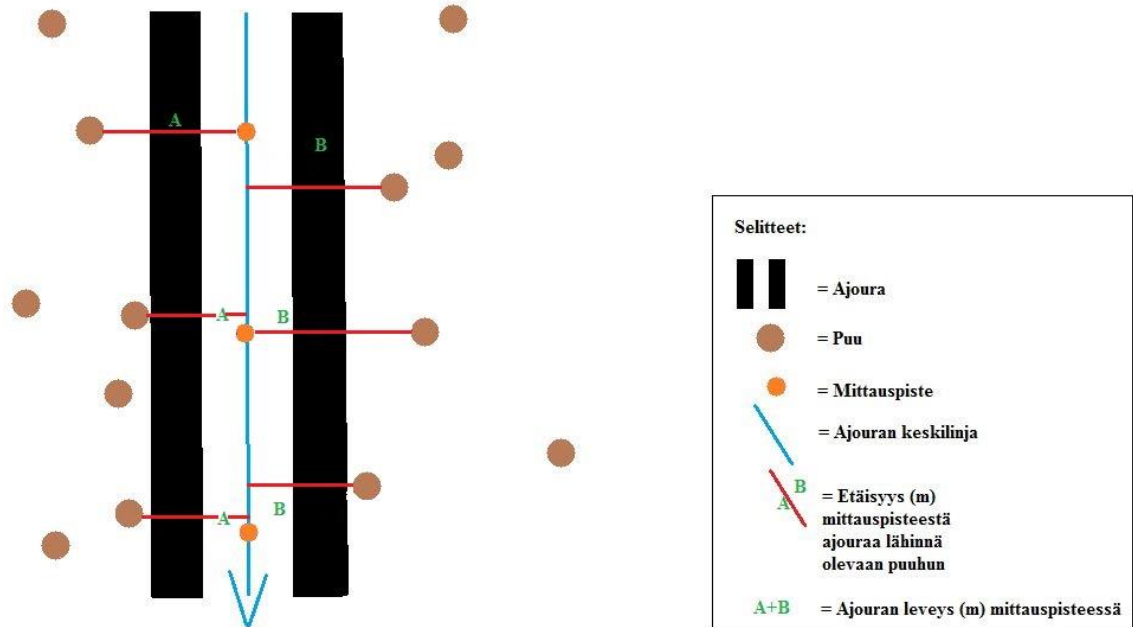
Puustotietojen mittaus perustui etukäteen tehtyyn, metsäsuunnitelmaan perustuvaan puustoinventaariin, sekä hakkuukertymän vertailuun. Hakkuukertymät saatiin hakkuukoneen sekä kuormatraktorin tuotantoraporteista. Jäljelle jäänyt puusto mitattiin 3,99 m ympyräkoeloilla, raportoinnissa puusto on jaettuna puulajeittain 5 cm läpimittaluokissa.

5.4 Korjuuvauriot

Korjuuvauriot laskettiin silmämääräisesti laskemalla, ajouralta tarkastelemalla. Korjuuvaurioiksi laskettiin rinnankorkeuden alapuolella sijaitsevat, pinta-alaltaan yli 12cm², tai yhteensä yli 30cm² runko- ja juurivauriot, jotka ovat enintään 1,5m päässä ajouran reunasta sijaitsevissa puissa. Tämä tarkastelutapa oli hakkuuyrittäjän käytössä omavalvonnassa, ja sen vuoksi samaa tarkastelutapaa käytettiin tässä tutkimuksessa.

5.5 Ajouran leveyden mittaus

Ajouran leveyden mittaus tapahtui ajouran keskipisteestä kahden lähimmän puun etäisyyden summasta (KUVIO 1). Mittaukset suoritettiin 20 m välein, 1 cm tarkkuudella, ja mittauksia tehtiin yhteensä 22 kpl / lohko.



KUVIO 1. Ajouramittaus

5.6 Haastattelut

Kuljettajien haastattelut suoritettiin hakkuun aikana, ja välittömästi sen jälkeen. Haastattelut perustuivat ennalta laadittuihin suoriin kysymyksiin ja vapaamuotoiseen keskusteluun. Vapaamuotoisessa keskustelussa tiedusteltiin hakkuun aikana kuljettajien havaitsemista asioista ja saatiin esille kehitysehdotuksia, joilla tulevaisuudessa voidaan tehostaa harvennushakkuutyömaiden toimintaa. Haastattelukysymykset ovat laadittu siten, että niitä voidaan hyödyntää myös tulevaisuudessa. Kysymykset löytyvät kokonaisuudessaan liitteistä. (Liite 1)

6 TUTKIMUSTULOKSET

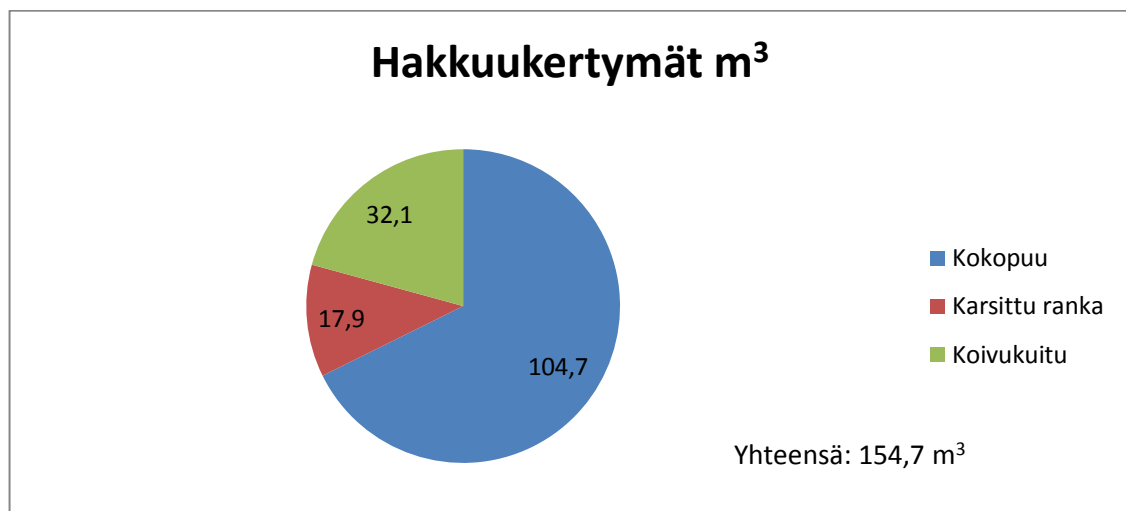
6.1 Ajankäytöt, hakkuukertymät ja katkaisutavat

Hakkuukoneen aktiivinen työskentelyaika on esitetty lohkoittain sekä koko koealalta (TAULUKKO 1). Hakkuukoneen ajankäyttö ennakkoraivatulla B-lohkolla ei parantunut kuten oli tarkoitus, epäonnistuneen ennakkoraivauksen vuoksi.

TAULUKKO 1. Ajankäyttö lohkoittain

Lohko	A	B	Yhteensä
Pinta-ala (ha)	1,67	1,06	2,73
Ajankäyttö (min)	936	594	1530
Ajankäyttö (min/ha)	560	560	560

Hakkuussa korjatun koivukuitupuun määrä saatiin hakkuukoneen tuotantoraportista (Liite 3) ja energiapuun sekä karsitun rangan määrät kuormatraktorin tuotantoraportista (Liite 2). Nämä hakkuukertymät on esitetty alla (KUVIO 2). Suurin osa katkaisuista tehtiin giljotiiniterällä (TAULUKKO 2).



KUVIO 2. Koealan hakkuukertymät yhteensä

TAULUKKO 2. Katkaisutavat

Katkaisutapa	kpl	%
Saha	657	14,5
Giljotiini	3866	85,5
Yhteensä	4523	100

6.2 Seisokit

Hakkuun aikana ei tullut tavallisesta poikkeavia pidempiaikaisia keskeytyksiä. Normaalien huolto- ja tankkausseisokkien lisäksi tuli muutamia teräketjunlähtöjä (TAULUKKO 3), erityisesti tiheissä pusikoissa. Lisäksi hakkuukoneesta särkyi teräketjuöljyn syöttöletkuja koko hakkuun aikana kolme kpl. Tämä on kuljettajien kertoman mukaan kyseisen prototyypikouran tyyppivika, ja kuljettajat olivat osanneet ennakoida sen varaamalla mukaan riittävästi varaletkuja. Seisokkeja ei ole huomioitu aktiivisessa kokonaistyöajassa.

TAULUKKO 3. Ketjunlähdöt

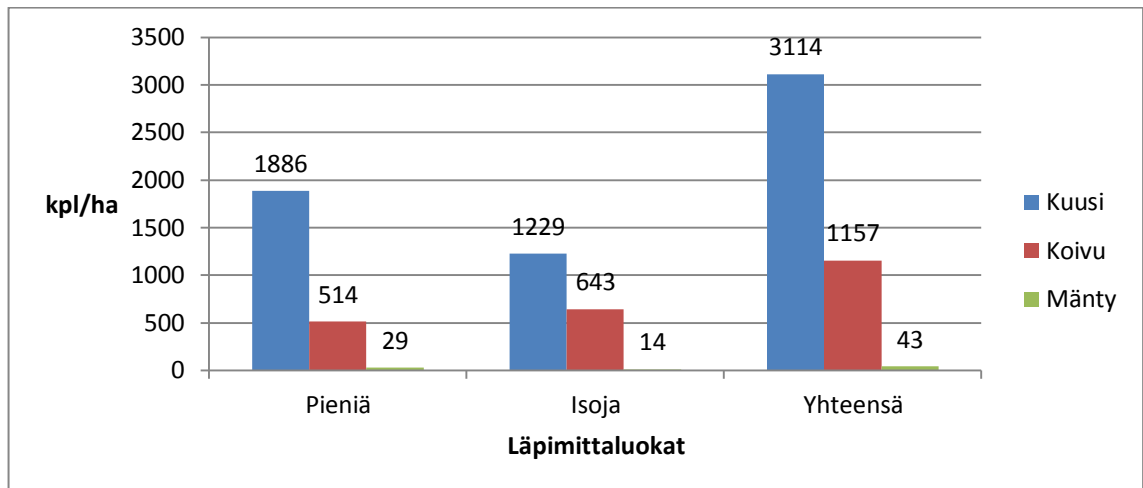
Lohko	A	B	Yhteensä
Ketjunlähdöt (kpl)	9	6	15
Ketjunlähdöt (kpl/ha)	5,4	5,66	5,53

6.3 Pystyyn jäänyt puusto

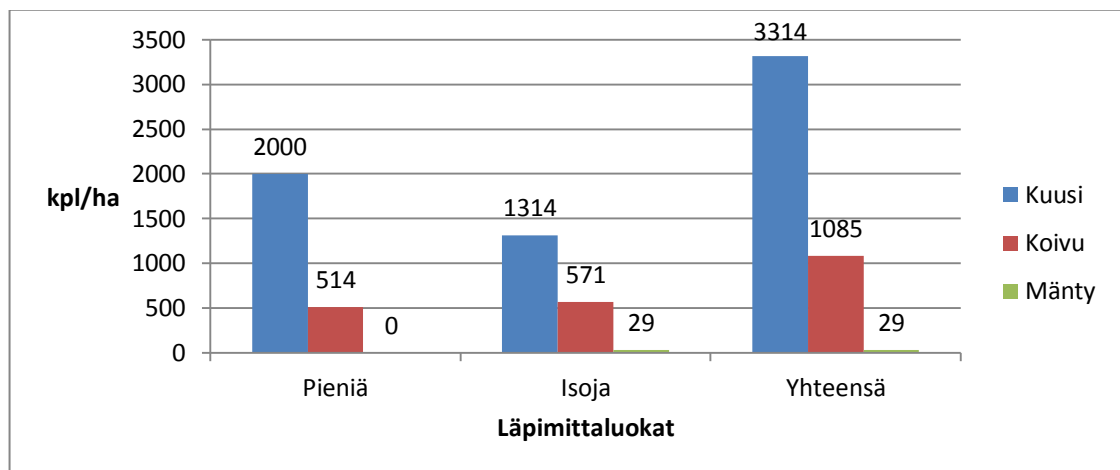
Hakkuun jälkeen pystyyn jäänyt puusto mitattiin ympyräkoealamittauksin (ympyrän säde 3,99 m). Ympyräkoealoja otettiin molemmilta lohkoilta 7 kpl, jolloin koko koealalta saatiin yhteensä 14 ympyräkoealaa. Ympyräkoealoilta laskettujen runkojen määrä kerrottiin 200:lla, ja jaettiin ympyräkoealojen lukumäärällä, jolloin saatiin lohkojen ja koealan puustokeskiarvot hehtaaria kohden. (Metsäntutkimuslaitos 2015.)

Pystyyn jätetty puusto jaettiin karkeasti kahteen kokoluokkaan: isoihin ja pieniin, joissa pieniksi laskettiin puut joiden rungon läpimitta on 0,1 cm – 5,99 cm, ja isoihin ne puut, joiden läpimitta ylitti 5,99 cm (KUVIO 3, KUVIO 4, KUVIO 5). Tämä jako tehtiin tulosten selkeyttämiseksi, ja taulukoiden vertailun ja tulosten ymmärtämisen

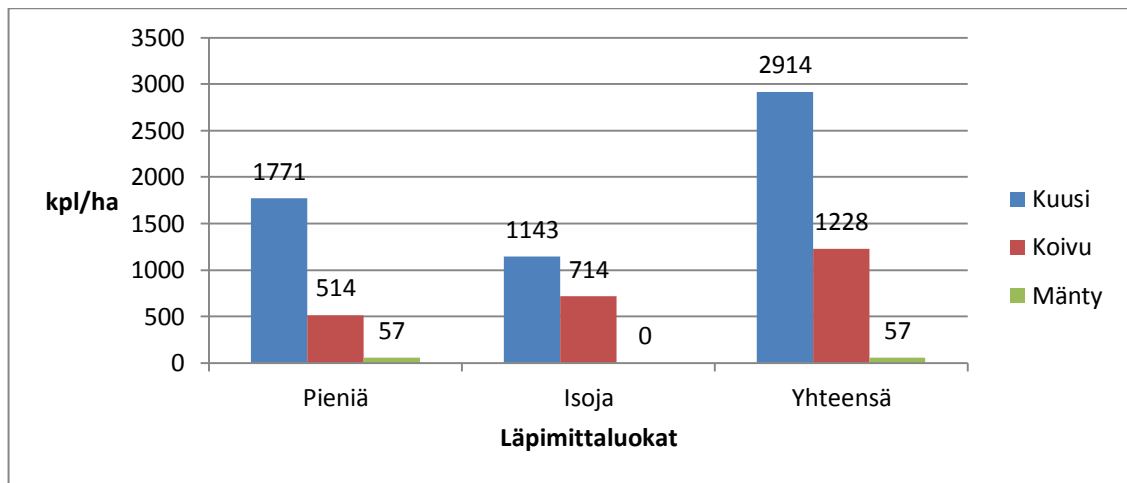
helpottamiseksi. Puusto on jaettu myös 5 cm läpimittaluokkiin, jolloin voidaan tarkastella yksityiskohtaisemmin puuston kokojakaumarakennetta (KUVIO 6, KUVIO 7, KUVIO 8). Mittausten jälkeen todettiin koealan isojen puiden runkoluvuksi 1886 runkoa/ha, joka oli ohjeistuksen mukainen. Hakkuu siis onnistui verrattain hyvin.



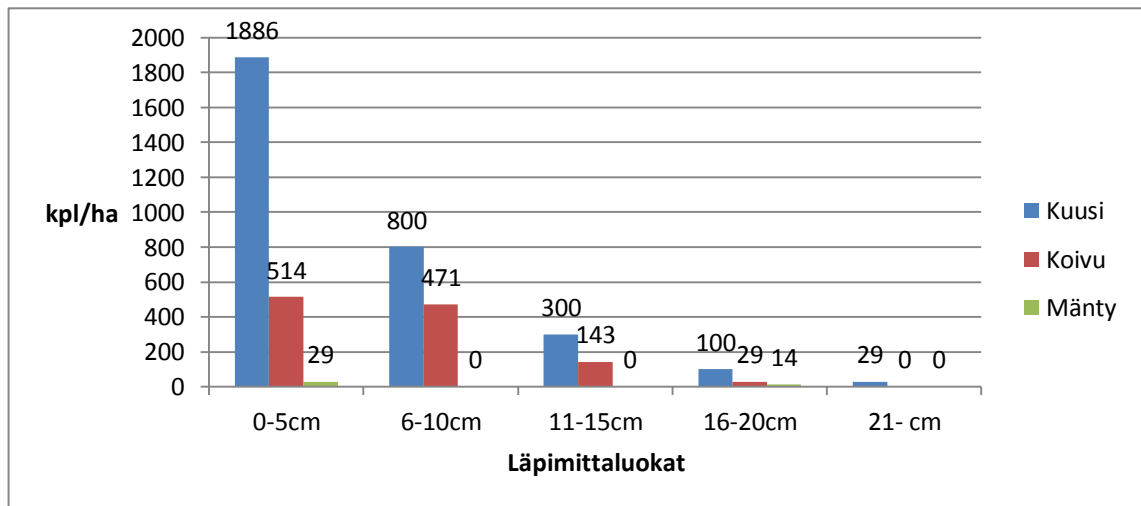
KUVIO 3. Pystyyn jäänyt puusto, koko koealan keskiarvo



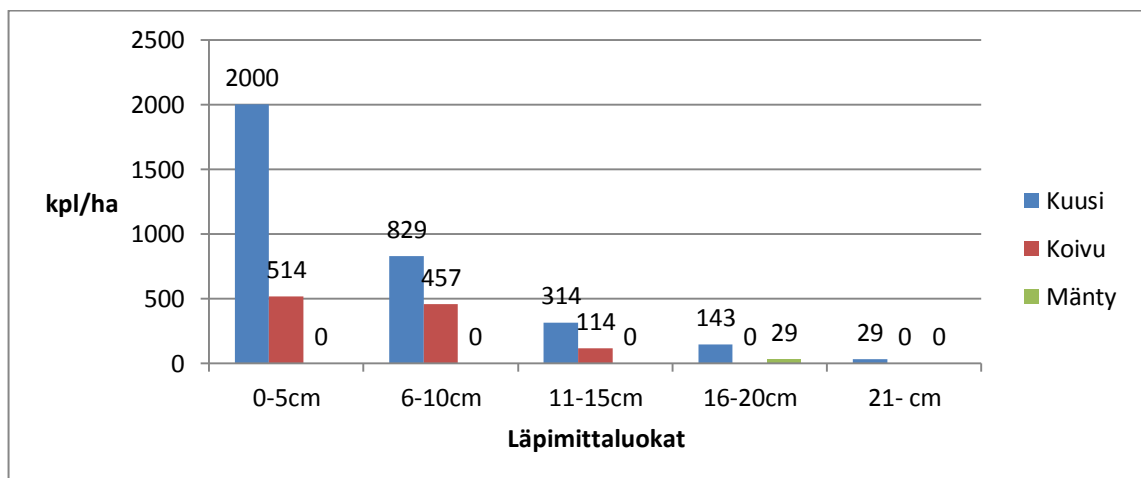
KUVIO 4. Pystyyn jäänyt puusto, lohko A



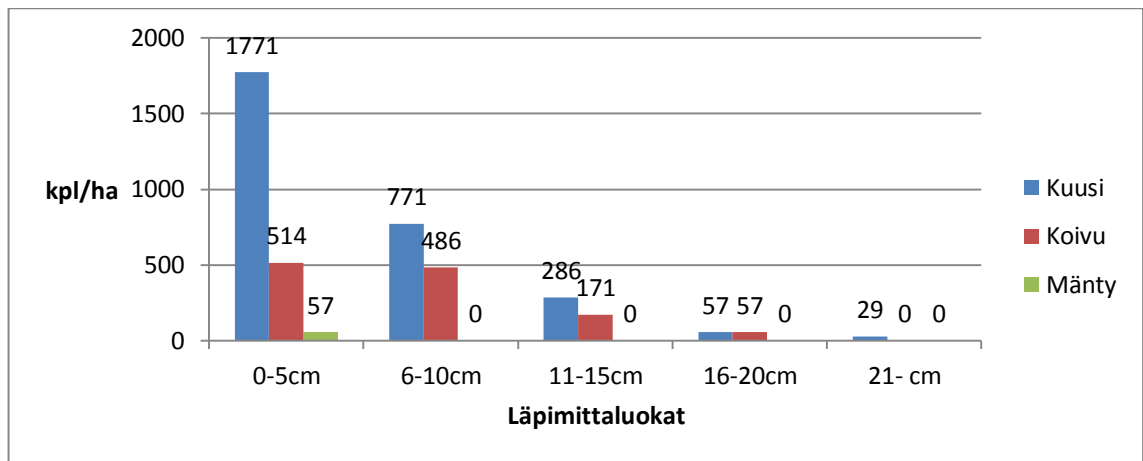
KUVIO 5. Pystyyn jäänyt puusto, lohko B



KUVIO 6. Pystyyn jäänyt puusto läpimittaluokittain, koko koelan keskiarvo



KUVIO 7. Pystyyn jäänyt puusto läpimittaluokittain, lohko A



KUVIO 8. Pystyyn jäänyt puusto läpimittaluokittain, lohko B

6.4 Visuaaliset tulokset

Hakkuujälkeä arvioitiin visuaalisin perustein paikanpäällä. Jotta metsää voidaan kutsua eri-ikäisrakenteiseksi, tulee sen olla harvennushakkuun jälkeen edelleen peitteinen, alikasvosta on oltava alueella riittävästi, kuten myös suurempiakin puita. Hakkuu onnistui hyvin, ja eri-ikäisrakenne säilytettiin koealan molemmilla lohkoilla. Molemmilta lohkoilta otettiin valokuvat ennen ja jälkeen (KUVA 7, KUVA 8, KUVA 9, KUVA 10).



KUVA 7. Lohko A ennen (vasen) ja jälkeen (oikea) (Kuvat: Antti Kauppila 2015)



KUVA 8. Lohko A ennen (vasen) ja jälkeen (oikea) (Kuvat: Antti Kauppila 2015)



KUVA 9. Lohko B ennen (vasen) ja jälkeen (oikea) (Kuvat: Antti Kauppila 2015)



KUVA 10. Lohko B ennen (vasen) ja jälkeen (oikea) (Kuvat: Antti Kauppila 2015)

6.5 Korjuukustannukset

Laskelmista havaittiin, että pelkät hakkuukoneen korjuukustannukset olivat täysin samat molemmilla lohkoilla, koska ennakkoraivauksella ei saavutettu toivottua ajankäytöllistä säästöä. Ennakkoraivatun B-lohkon korjuukustannukset olivat siten suuremmat metsurityön lisäkustannusten takia. Metsurityön kustannukset olivat 300 €/ha. Korjuuyrittäjän toivomuksesta korjuukustannusten hintoja ei julkaista tässä opinnäytetyössä.

6.6 Ajourat

Ajouran leveyden mittausotanta (KUVIO 1) koko koealalta oli 44 kpl, jakautuen tasaisesti 22 kpl molemmilta lohkoilta. Mittaukset tehtiin 20m välein. Ajoura oli kapeimmillaan 4,0 m ja leveimmillään 7,3 m, ja ajouran keskileveydeksi mitattiin 5,11 m. Ajourien suositusleveys on 4,0 - 4,5 m. (Valtimo & John Deere Forestry 2015.)

6.7 Korjuuvauriot

Korjuuvaurioiksi kutsutaan puunkorjuun ja lähikuljetuksen yhteydessä aiheutuneita vaurioita jäävään puustoon. Yleisimmät vauriot ovat runkovauriot ja juurivauriot; runkovauriot syntyvät kun puuta käsiteltäessä hakkuukoneen koura tai kaatuva puu kolhaisee pystyssä olevan puun kuoren rikki. Juurivaurioita voi muodostua, kun raskaat metsäkoneet ajavat pehmeällä maalla vaurioittaen säästettävien puiden juuria (KUVA 11). A-lohkolla korjuuvaurioita (runko- tai juurivaurioita) laskettiin yhteensä 26 kpl, ja B-lohkolla yhteensä 38 kpl. Koko koealan vaurioituneiden puiden lukumäärä oli 64 kpl. Ennakkoraivatulla B-lohkolla korjuuvaurioiden määrä oli jopa suurempi kuin raivaamattomalla A-lohkolla.



KUVA 11. Korjuuvaurioita (Kuvat: Antti Kauppila 2015)

6.8 Kuljettajien haastatteluista saadut vastaukset

Kuljettajahaastattelut suoritettiin hakkuun puolivälissä, vuoronvaihdon aikana, ja heti hakkuun päättymisen jälkeen, kaikille koneenkuljettajille. Haastattelut perustuivat ennalta laadittujen kysymysten ohella vapaamuotoiseen keskusteluun. Kuljettajat olivat asiallisia ja suhtautuivat haastatteluihin avoimesti ja hyvällä asenteella.

Kuljettajia oli yhteensä kolme, joista yksi (Laaksonen) ajoi ainoastaan hakkuukonetta, toinen (Lehtinen) ainoastaan metsätraktoria, ja kolmas (Venäläinen) molempia. Energiapuunkorjuuta kaikki kuljettajat olivat tehneet vähintään yhden vuoden. Kuljettajien kokonaisajokokemus vaihteli 6–16 vuoden välillä. Kuljettaja, joka ajoi sekä hakkuukonetta että metsätraktoria (Venäläinen), osasi mielestäni antaa selkeimmät kehitysehdotukset korjuun kokonaisvaltaisen kehittämisen suhteen. Tämä johtunee siitä, että hänellä oli laajin kokemus kyseisellä työmaalla toimimisesta kuljettaessaan kahta eri konetta. (Laaksonen 2015; Lehtinen 2015; Venäläinen 2015.)

Myös muiden kuljettajien vastaukset olivat rakentavia, ja osa tämän työn kehitysehdotuksista on laadittu heidän vastaustensa perusteella.

Kuljettajat arvioivat käyttäneensä giljotiinikatkaisua verrattuna sahakatkaisuun noin 90% katkaisujen määristä. Molempien hakkuukoneenkuljettajien mielestä 500-sarjan yhdistelmäkouran käyttö sopi erinomaisesti kyseiselle työmaalle, kuten myös Eco Log 560C –hakkuukone. (Laaksonen 2015; Lehtinen 2015; Venäläinen 2015.)

Haastattelussa kysyttiin myös miten kuljettajan näkökulmasta yhdistelmäkouura sopii eri-ikäisrakenteisen metsän harvennukseen, verrattuna tavalliseen hakkuupäähän. Molemmat kuljettajat pitivät yhdistelmäkouraa parhaana vaihtoehtona, ja onnistuneena valintana jatkuvan kasvatuksen harvennushakkuukohteille, sen tehokkaan toimintaperiaatteen ansiosta pienten puiden käsittelyssä. (Laaksonen 2015; Lehtinen 2015; Venäläinen 2015.)

Kysymykset: ”Millainen vaikutus ennakkoraivuulla on harvennushakkuun suorittamiseen?” ja ”Miten ennakkoraivaus oli onnistunut, ja miten sitä tulisi jatkossa kehittää?” herättivät kuljettajien puolella paljon keskustelua ja kritiikkiä. Kuljettajat olivat yksimielisiä siitä, että ennakkoraivuun merkitys on huomattava, ja sen tulisi olla oikein tehty. Väärin tehtynä se olisi heidän mielestään haitaksi, ja sen korjuuta nopeuttava vaikutus jää vähäiseksi. Se lisäisi myös mm. korjuukustannuksia ja aiheuttaa hakkuukoneenkuljettajille päänvaivaa. Kaikki kuljettajat olivat sitä mieltä, että pienempää puustoa olisi pitänyt poistaa ennakkoraivuussa enemmän, ja että tapa, jolla metsuri oli valinnut poistettavat puut tällä työmaalla, oli väärä. Tämä myös todettiin tutkimustuloksia tarkastellessa, kuljettajien arvioinnit osuivat oikeaan. (Laaksonen 2015; Lehtinen 2015; Venäläinen 2015.)

Haastatteluiden pohjalta laaditut kehitysehdotukset selvitetään tiivistetysti luvussa 7 (JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA), mittaustuloksiin perustuvien kehitysehdotusten ohessa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

7.1 Ennakkoraivuun merkitys

Hakkuukoneen ja kuormatraktorin kuljettajien haastattelut olivat tärkeä osa tätä tutkimustyötä, sillä heidän haastatteluissaan antamiensa vastausten myötä voidaan kehittää tulevaisuudessa eri-ikäisrakenteisen metsän harvennushakkuun suunnittelua ja toteutusta kustannustehokkaampaan suuntaan. Haastatteluiden pohjalta saatiin tärkeitä korjuuteknisiä näkökulmia, joiden avulla tulevien hakkuiden suunnittelussa osataan ottaa huomioon sellaisia seikkoja, joita tämän hakkuun suunnittelussa ei osattu ennakoida.

Kun suunnitellaan eri-ikäisrakenteisen metsän harvennushakkuuta, (käytettiinpä hakkuussa yhdistelmäkouraa tai ei) on toteutuksen kannalta hyvin suoritettu ennakkoraivaus tärkeimmässä roolissa. Onnistunut ennakkoraivaus helpottaa hakkuukoneenkuljettajan työtä, ja nopeuttaa korjuun suorittamista selvästi, ja siten vähentää korjuukustannuksia. Myös korjuuvaurioiden määrä vähenee, joka osaltaan parantaa metsän tuottoa tulevaisuudessa, kun vaurioituneita puita on alueella vähemmän ja metsässä on enemmän laadukasta puuta.

Mikäli ennakkoraivuu on tehty huonosti tai väärin, saattaa se hidastaa ja vaikeuttaa hakkuun suorittamista jopa harventamattomaan metsään verrattuna, ja sen vuoksi lisätä korjuukustannuksia. Näin myöskin kävi, kuten tämän tutkimuksen tulokset sen osoittavat.

Tässä tutkimuksessa kaikkien kuljettajien mielestä ennakkoraivuu oli varsin epäonnistunut. Tämän totesin myös itse saapuessani työmaalle, ja tarkastellessani metsurin työn tuloksia hakkuukoneen kuljettajan kanssa. Tiukan aikataulun vuoksi asialle ei voitu kuitenkaan tehdä enää mitään ennen hakkuun aloittamista. Näkemäraivauksessa, jossa kaikkein pienimmät puut tulee poistaa isompien poistettavien puiden läheisyydestä, on tarkoitus helpottaa hakkuukoneen kuljettajaa poistettavien puiden näkemisessä ja kaatamisessa, sekä hakkuupään ja puomin liikuttelussa, ja siten minimoida korjuuvauroita ja nopeuttaa itse puunkorjuuta. Koealan B-lohkolla, jossa ennakkoraivuu suoritettiin, puusto oli raivattu siten, että poistettavien puiden ympäriltä metsuri ei ollut kaatanut riittävän paljon kaikkein pienintä puustoa.

Metsuri oli jättänyt verrattain paljon läpimitaltaan n. 1–3 cm puustoa pystyyn, ja poistanut enemmän läpimitaltaan n. 4–6 cm puita, mikä sinänsä oli päinvastoin mitä oli ohjeistettu, eli näkemäraivuuta ei oltu tehty riittävän voimakkaasti eikä laadukkaasti. Hakkuukone olisi voinut helposti poistaa nämä isomman kokoluokan puut yhdistelmäkouralla, jos pienempi korjuuta haittaava puusto olisi poistettu oikein. Tästä syystä korjuu ei nopeutunut lainkaan, mutta hehtaarikohtaiset korjuukustannukset kasvoivat. Korjuukustannukset kasvoivat raivatulla alueella metsurityön verran (300€/ha), sillä ajankäytöllistä muutosta koealojen välillä ei raivuusta huolimatta ollut.

7.2 Ennakkoraivuun ajoitus

Toinen tärkeä huomioon otettava seikka ennakkoraivuun suorittamisessa, on sen ajankohta. Tämän tutkimuksen ennakkoraivuu tehtiin noin viikkoa ennen varsinaisen hakkuun aloittamista, mikä on aivan liian myöhään. Ennakkoraivuu tulisi tehdä vastaavilla kohteilla mieluiten noin vuosi ennen varsinaisen hakkuun aloittamista, ja kuitenkin viimeistään hakkuuta edeltävänä kesänä, jotta raivattu pienpuusto ehtii painua maahan ja jäädä lumen alle. Tällöin raivattu pienpuusto ei haittaa hakkuuta, ja saattaa jopa hieman ehkäistä juurivaurioiden syntymistä ja taimiaineksen vaurioita. Mikäli ennakkoraivuuta ei kuitenkaan syystä tai toisesta voida suorittaa riittävästi etukäteen, on metsurin tehtävä raivuu siten, että hän pyrkii kaatamaan poistettavat puut kasoihin, samaan kaatosuuntaan. Tämä helpottaa mm. puiden poisvientä ja osaltaan vähentää osaltaan myös korjuuvaurioiden syntyä. Tässä ennakkoraivuussa näin ei oltu tehty, vaan raivattu pienpuusto (joka oli vielä läpimitaltaan verrattain suurta) oli jäänyt maahan sikin sokin. Kuormatraktorin kuljettajan kertoman mukaan, ”kun tällaiselta alueelta aletaan kerätä puuta kuormatraktorin kyytiin, tulee joka kourallisesta ’harakanpesää muistuttava pallo’, ja puiden kyytiin nostaminen vaikeutuu.” (Lehtinen 2015). Kun taakka on pinta-alaltaan laaja ja epäsymmetrinen, riski säästettävien puiden runko- ja latvavaurioihin kasvaa. (Laaksonen 2015; Lehtinen 2015; Venäläinen 2015.)

Edellämainituista syistä johtuen, jatkossa metsuria tulisi ohjeistaa selkeämmin, ja myös pitää varmistaa, että metsuri varmasti ymmärtää millaista raivuutyötä tältä odotetaan. Raivuun suorittanut metsuri oli yksityisyrittäjä. Hakkuukoneyrittäjä Venäläinen toivoi, että saisi jatkossa käyttää omaa tuttua metsuriaan kyseisillä työmailla, mikä varmasti olisi kaikkien kannalta järkevää.

Korjuutyön lopputulokseen kaikki kuljettajat ja osapuolet olivat verrattain tyytyväisiä. Kuljettajat tosin olivat sitä mieltä, tarkastellessaan jäävää puustoa, että kuusia olisi tällä työmaalla voinut poistaa enemmän, ja koivuja jättää pystyyn enemmän. Jäljelle jääneiden kuusien latvoista osa oli jo pilalla, koivun piiskausvaikutuksen takia. Tämä piiskausvaikutus on ilmiö, joka tapahtuu silloin kun havupuita ja koivuja kasvaa lähekkäin. Tuulessa heiluvat koivun oksat piiskaavat havupuiden latvoja, ja aiheuttaa neulasten putoamisen havupuun latvapiikistä. Tämä saattaa aiheuttaa latvapiikin kuitumisen ja uuden latvan kasvattamisen, joka voi alentaa puun rahallista arvoa, laadunheikkenemisen vuoksi.

7.3 Ajourat

Hakkuutyömailla, joilla puunkorjuu suoritetaan pääosin kokorunkomenetelmällä, tulisi ajourien leveyden suhteen olla joustavuutta. Varsinkin uran mutkissa noin 4,5 metrin suositusajouraleveys on kuljettajien mielestä liian kapea, johtuen kuormatraktorin taakan peräilyksestä (KUVA 12).



KUVA 12. Kuormatraktorin taakan peräilytys (Kuva: Antti Kauppila 2015)

Lähikuljetuksessa ajouran varressa oleviin puihin tulee väistämättä runkovaurioita, mikäli ura on näin kapea. Kuljettajat kertoivat haastattelussa, että tällä työmaalla ajoura on leveämpi kuin suositusten mukaiset 4 - 4,5 metriä, edellä mainituista syistä. Ajourien leveyden keskiarvoksi myös mitattiin 5,11 m. Kuljettajien toivomus olisi ajourien

suositusleveyden nostaminen 5,5 metriin, jolloin ajourien reunapuusto vaurioituisi merkittävästi vähemmän. (Laaksonen 2015; Lehtinen 2015; Venäläinen 2015.)

7.4 Leimikon maastomerkinnot

Kuljettajien mielestä tärkeä huomio eri-ikäisrakenteisen metsän harvennustyömailla on leimikon rajojen selkeä maastomerkinnot. Kuitunauhoitus on tehtävä riittävän selkeäksi, jotta rajan havaitseminen hakkuukoneesta onnistuu esteettömästi. Nauhaa tulee laittaa leimikon rajalle mieluummin liian paljon kuin liian vähän. Tällä työmaalla nauhoitus oli tehty kuljettajien mielestä kiitettävästi, ja se omalta osaltaan helpotti heidän työskentelyään.

Säästettävien puuyksilöiden selkeä merkitseminen on myös tärkeää. Tämä koskee erityisesti hakkuutyömaita, joilla työskennellään myös hämärän aikaan, sillä pimeässä pienen kuitunauhan havaitseminen puun ympäriltä voi olla haastavaa. Erityisiä säästettäviä puuyksilöitä ei kuitenkaan etukäteistarkastuksissa leimikosta löytynyt. (Laaksonen 2015; Lehtinen 2015; Venäläinen 2015.)

7.5 Varastopaikka

Varastopaikka sijaitsi koealalle vievän tien varressa (KUVA 2), leimikon välittömässä läheisyydessä. Ennen hakkuun aloittamista varastopaikka arvioitiin silmämääräisesti riittävän suureksi säilytyspaikaksi kaikille koealalta korjatuille puille. Varastopaikan reunoilla kasvoi muutamia suuria puita (KUVA 13), jotka kuormatraktorin kuljettaja olisi toivonut poistettavan hakkuun yhteydessä. Energiapuukasaa pinotessa taakka saattaa osua näihin puihin, ja vaurioittaa niiden pintaa. Tulevaisuudessa metsänomistajalta olisi suotavaa pyytää etukäteen lupa näiden vaurioherkkien puiden poistamiseen, ja varastopaikan laajentamiseen mikäli sille tarvetta on. Tässä tapauksessa puita ei poistettu, ja niihin mahdollisesti kohdistuneet vauriot ovat nähtävissä vasta kun kyseinen energiapuukasaa on haketettu ja viety pois. (Lehtinen 2015.)



KUVA 13. Korjuuvaurioriski puut varastointivaiheessa (Kuva: Antti Kauppila 2015)

On myös otettava huomioon, että joskus varastopaikka rajoittuu tilarajaan, jolloin myös naapurilta on pyydettävä lupa, jos varastopaikan laajentaminen ulottuu tämän maille. Jos lupaa ei saada, perusteluina voi yrittää käyttää runkovaurioiden syntymisen mahdollisuutta ja maalaisjärkeä, ja motivaattorina poistetuista puista maksettua rahallista korvausta. On kuitenkin tärkeää muistaa, että naapurin puolelta ei saa kaataa eikä sinne saa varastoida yhtään puuta ilman lupaa.

7.6 Puiden varastointi

Tutkimuksen koealalta korjatut puut kasattiin varastopaikalla pinoon puutavaralajeittain, huomioimatta sitä kummalta lohkolta puut oli korjattu, varastopaikan ahtauden vuoksi. Korjuuyrittäjä toivoi, että tulevaisuudessa tehtäisiin tutkimus, jossa ennakkoraivaamattoman alueen puut pinottaisiin tavaralajeittain omiin pinoihinsa, ja ennakkoraivatun alueen puut erikseen. Tällä tavoin voitaisiin selvittää kuinka paljon hakkurin teriä särkyvät puiden haketusvaiheessa, hakkuriin joutuneen maan aineksen aiheuttamana. (Venäläinen 2015.) Tätä asiaa ei osattu ennakoida tässä tutkimuksessa.

7.7 Lupa-asiat ja sopimukset

Kun tutkimukseen osallistuu monia suorittavia tahoja, on tutkimuksen suorittamisen kannalta otettava huomioon osallistuvien tahojen intressit. Etukäteen on hyvä sopia kaikkien osapuolten kanssa mitä tutkimus sisältää, ja millaisia tuloksia siinä halutaan julkaistavan. Tutkimuksen suorittajan on erityisen tärkeää huomioida mahdolliset salassapidettävät asiat, ja varmistaa julkaisuluvat asianomistajilta ennen tulosten julkaisua. On myös huomioitavaa että esimerkiksi ilmakuvien tai karttojen käyttöön on pyydettävä luvat niiden omistajalta. Myös yritysten väliset sopimustekniset asiat saattavat estää tiettyjen yksityiskohtien julkaisun yrityssalaisuuteen vedoten. Myös yksityishenkilöiden yksityisyydensuojasta on huolehdittava.

LÄHTEET

Innofor. 2015. Metsänhoidon periaatteet. Luettu 5.5.2015. <http://innofor.fi/innofor-yrityksena/metsanhoidon-periaatteet/>

Kinnunen E. Metsäkeskus. 2011. Energiapuun korjuutekniikkaa. Biomass-hanke. Luettu 20.3.2015. http://www.biomass.fi/upload/korjuutekniikkaa_kinnunen.pdf

John Deere Oy. 2015. Kuormatraktori 1510E IT4. Luettu 8.4.2015. http://www.deere.fi/fi_FI/products/equipment/forwarders/1510e_it4/1510e_it4.page

Laaksonen, H. hakkuukoneenkuljettaja. 2015. Haastattelu 9.3.2015. Haastattelija Kauppila, A. Hattula.

Lehtinen, S. kuormatraktorinkuljettaja. 2015. Haastattelu 18.3.2015. Haastattelija Kauppila, A. Hattula

Maa- ja Metsätalousministeriö. 2015. Metsälaki. Luettu 24.3.2015. http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/metsat/hankkeet_tyoryhmat/Metsalaki.html

Metsäkeskus. 2015. Metsäkurssi. Luettu 24.3.2015. <http://www.pirkanmaanmetsat.fi/metsakurssi.fi/>

Metsäntutkimuslaitos. 2015. Koneellisen istutuksen omavalvontamittaus. Luettu 8.4.2015. http://www.metla.fi/metinfo/metsanhoitopalvelut/pdf/Koneist_omavalvontalomake_tayt_toohje.pdf

Metsäteho Oy. 2005. Ennakkoraivaus ja ensiharvennuspuun korjuu talvella. Luettu 27.3.2015. http://metsateho.asiakkaat.sigmatic.fi/wp-content/uploads/2015/02/Katsaus_14.pdf

Tapio. 2013. Metsänhoitosuosituksien taustaraportti. Luettu 24.3.2015. http://www.tapio.fi/files/tapio/metsanhoitosisuosituksien_taustaraportti_2013.pdf

Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymä Valtimo & John Deere Forestry. 2015. Ajourasto. Luettu 4.5.2015. http://www.puuhuolto.fi/koneellinen_puunkorjuu/index.php?page=ajourasto

Pukkala, T., Lähde, E. & Laiho, O. 2010. Metsän jatkuva kasvu. Joen Forest Program Consulting. Bookwell. Porvoo 2011

Venäläinen, J. korjuuyrittäjä. 2015. Haastattelu 18.3.2015. Haastattelija Kauppila, A. Hattula.

LIITTEET

Liite 1. Haastattelukysymykset kuljettajille

1. Kuljettajan nimi, ja kone(et) joita ajatte?
2. Ajokokemus? (yhteensä, vuotta)
3. Kauanko olette ajaneet/korjanneet energiapuuta? (yhteensä, vuotta)
4. Onko eri-ikäisrakenteisen metsän harvennus teille tuttua?
5. Miten käytössänne oleva kalusto (Moto & Ajokone) sopivat mielestänne tälle työmaalle?
6. Sopiiko yhdistelmäkoura mielestänne eri-ikäisrakenteisen metsän harvennustyöhön?
Jos ei, miksi?
7. Paljonko arvioit käyttäneesi korjuutyössä giljotiinikatkaisua vs. sahakatkaisua?
8. Tuliko työskennellessänne odottamattomia keskeytyksiä? Jos kyllä, niin mitä, ja millaisia toimenpiteitä se aiheutti?
9. Millainen vaikutus ennakkoraivuulla on harvennushakkuun suorittamiseen (eri-ikäisrakenteisuuden tähtäävässä)?
10. Miten ennakkoraivaus oli onnistunut ja miten sitä tulisi jatkossa kehittää?
11. Olivatko leimikko ja varastopaikka mielestänne merkitty maastoon selkeästi? Jos ei, mitä olisitte muuttaneet?
12. Mitä muita asioita haluaisitte muuttaa hakkuun suunnittelussa, ja toteutuksessa?
Vapaa sana.

Liite 2. Kuormatraktorin tuotantoraportti

TimberMATIC26.3.2015 5:27:06
Innofor

1(2)

OTSIKKO

Leimikko:	Innofor	Koneen numero:	
Leimikon tunnistus:		Koneen sarjanumero:	
Sopimusnumero:		Koneen tyyppi:	Kuormatraktori
Myyjä:		Urakoitsija:	
Ostaja:		Kone:	
		Nimi:	
		Osoite:	
Yhtiö:			
Alue:		Ohjelmaversio:	TimbermaticF 1.20.12
Piiri:		APT-tiedosto:	Default.apr
Työryhmä:		Tunnus (ID):	
Leimikon aloituspäivä:	18.3.2015 9:05:39		
Leimikon lopetuspäivä:	25.3.2015 13:45:41		

TUOTANTORAPORTTI

Kuormien lukumäärä	19
Kokonaistuotanto	122,2 m³
	109 973 kg
Keskimääräinen kuorma	6,4 m³
	5 788 kg
Kokonaisajomatka	10,2 km
Keskimääräinen ajomatka / kuorma	537 m
Kokonaiskulutus	94 l
Keskimääräinen kulutus / kuorma	4,9 l
Kokonaisaika	10 h 21 min
Keskimääräinen aika / kuorma	33 min

TAVARALAJIRAPORTTI

Puulajit	Tavaralaji	Koodi	Paino (kg)	Kerros	Til. m³
Species	Assortment 1		16 075	900	17,9
	Assortment 2		93 898	900	104,3

VARASTOAIKARAPORTTI

Varastopaikka:	01
ID	
Sijainti	Lat: 0 Lon: 0 Alt: 0 m
Vapaa teksti	
Tien kuvaus	

Puulajit	Tavaralaji	Koodi	Paino (kg)	Kerros	Til. m³
----------	------------	-------	------------	--------	---------

TimberMATIC26.3.2015 5:27:06
Innofor

2(2)

Species	Assortment 1		16 075	900	17,9
	Assortment 2		93 898	900	104,3

Liite 3. Hakkuukoneen tuotantoraportti

1 (3)

2015-03-17 C:\Dasa4\User\Obj\End\innofor\innof\$01.prd

Tunnistetiedot:

Tuotanto:		Apteeraustiedosto:	
Tiedoston nimi:	innof\$01.prd	Tiedoston nimi:	Biowattienso\$01.Apt
Nollaus päivä:	2015-03-05 09:26:22	Tunnistetiedot:	
Tallennus päivä:	2015-03-17 17:32:29	Päivä päiväys:	2013-02-27 11:44:15
Aloituspäivä:	2015-03-05 09:24:51	Versio:	
Osittainen lopetus päivä:	2015-03-10 13:00:53		
Lopetus päivä:	2015-03-17 17:32:29		

Kuljettaja:			
Valmistusnumero:	9778	Versio:	Dasa4 1.9.1 - 1.35 DP
Koneen numero:	Dasa4		
Konetyyppi:	-		
Kalibrointi päivä:		Kontrollimitaus päivä:	

Organisaatio tiedot:		Leimikon:	
Organisaatio tiedot:		Leimikon numero:	
Hankinta-alue:		Leimikon numero:	
Piiri:		Lohkon numero:	
Vastuualue:		Palstan numero:	
Wood pile:		Sertifioitu:	Ei sertifioitu

Myyjä:		Sopimus:	
Myyjä:		Ostaja:	BioWatti
Yrittäjätunnus:		Sopimusnumero:	
Yrittäjän nimi:		Sopimusmääräyksen numero:	
Yrittäjän osoite:			
Yrittäjän sähköposti:			
Yrittäjän puhelin- ja faxnumerot:			

Yrittäjä:	
Yrittäjä:	
Koodi:	2445644-0
Urakoitsijan nimi:	PJV-Urakointi Oy
Urakoitsijan osoite:	Vuohenkalliontie 7 13270 Hämeenlinna
Yrittäjän sähköposti:	
Yrittäjän puhelin- ja faxnum:	0496725189

Sivu 1(5)

2015-03-17 C:\Dasa4\User\Obj\End\innofor\innof\$01.prd

Kalibrointi	
Viimeisin kalibrointi	
Päiväys:	
Kuvaus:	

Halkaisijan kalibrointi	

Pituuden kalibrointi	

Sivu 2(5)

2015-03-17 C:\Dasa4\User\ObjEnd\innofor\inno\$01.prd

Mittaustuloste:

Tulostus päivä: 2015-03-17

Kuljettaja:			
Valmistusnumero:	9778	Versio:	Dasa4 1.9.1 - 1.35 DP
Koneen numero:	Dasa4		
Konetyyppi:	-		
Kalibrointi päivä:		Kontrollimitaus päivä:	
Tuotanto:		Apteeraustiedosto:	
Tiedoston nimi:	inno\$01.prd	Tiedoston nimi:	Biowattienso\$01.Apt
Aloituspäivä:	2015-03-05 09:24:51	Tunnistetiedot:	
Lopetus päivä:	2015-03-17 17:32:29	Päivitä päiväys:	2013-02-27 11:44:15
Organisaatio tiedot:		Leimikon:	
Organisaatio tiedot:		Leimikon numero:	
Hankinta-alue:		Leimikon numero:	
Piin:		Lohkon numero:	
Vastuualue:		Paistan numero:	
Wood pile:		Sertifioitu:	Ei sertifioitu
Myyjä:		Sopimus:	
Myyjä:		Ostaja:	BioWatti
Yrittäjätunnus:		Sopimusnumero:	
Yrittäjän nimi:		Sopimusmääräyksen numero:	
Yrittäjän osoite:			
Yrittäjän sähköposti:			
Yrittäjän puhelin- ja faxnumerot:			
Yrittäjä:			
Yrittäjä:			
Koodi:	2445644-0		
Urakoitsijan nimi:	PJV-Urakointi Oy		
Urakoitsijan osoite:	Vuohenkalliontie 7 13270 Hämeenlinna		
Yrittäjän sähköposti:			
Yrittäjän puhelin- ja faxnum:	0456725189		

Sivu 3(5)

2015-03-17 C:\Dasa4\User\ObjEnd\innofor\inno\$01.prd

Puutavar	Koodi	Kuvaus	Toimituspaikka	Tukkien lkm	Tilavuus	Hintatyyppi	Jm	Keskipituus
Mänty								
Energia				2	0,10	m3kp	9,5	473,0
Kuusi								
Energia				96	5,55	m3kp	441,0	459,4
Koivu								
Koivukuitu				678	31,05	m3kp	2033,2	300,8
Energia				23	1,05	m3kp	100,4	436,7
Lehtise								
Energia				271	15,91	m3kp	1273,6	469,9
Yhteensä				1068	53,66	-	3857,7	361,2
Runkolaji	Koodi	Runkojen lkm	Tukkien lkm	Jm	Tilavuus (m3)	Keskikokoinen runko		
Mänty								
TUKKIRUNKO	11	0	0	0,0	0,00			
KUITURUNKO	12	2	2	9,5	0,10		0,049	
Kuusi								
TUKKIRUNKO	21	0	0	0,0	0,00			
KUITURUNKO	22	96	96	441,0	5,55		0,065	
Koivu								
TUKKIRUNKO	31	0	0	0,0	0,00			
KUITURUNKO	32	370	699	2133,7	32,10		0,087	
Lehtiseka								
TUKKIRUNKO	41	0	0	0,0	0,00			
KUITURUNKO	42	199	271	1273,6	15,91		0,080	
Yhteensä	Runkojen lkm	Tukkien lkm	Jm	Tilavuus (m3)	Keskikokoinen runko			
Mänty	2	2	9,5	0,10	0,049			
Kuusi	96	96	441,0	5,55	0,065			
Koivu	370	699	2133,7	32,10	0,087			
Lehtiseka	199	271	1273,6	15,91	0,080			
Yhteensä	657	1068	3857,7	53,66	0,082			

Sivu 4(5)

2015-03-17 C:\Dasa4\User\Obj\End\innofor\innof\$01.prd

Tuotantotulosteen paikansäilyvyys varmistetaan::

Ostaja

Päiväys

Myyjä

Päiväys
