

Antti Hiltunen
JOUKKOKÄSITTELY-
KOULUTUSRATA
Tornator Oyj


Opinnäytetyö
Metsätalouden koulutusohjelma

Tammikuu 2014




MAMK
University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

		Opinnäytetyön päivämäärä 15.1.2014
Tekijä(t) Antti Hiltunen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Metsätalouden koulutusohjelma	
Nimeke Joukkokäsittelykoulutusrata		
Tiivistelmä <p>Joukkokäsittely eli nippukarsinta on kehitetty puunkorjuun tehostuskeinoksi. Joukkokäsittelyn historia alkaa jo 1980-luvulta. Joukkokäsittelyllä tarkoitetaan korjattavien puiden käsittelyä yhtä aikaa hakkuukoneen hakkuulaitteella. Joukkokäsittelyt puut voidaan valmistaa kokopuuna tai oksista karsittuna ja määrämittaan sahattuna. Joukkokäsittelyllä haetaan tuottavuutta pienläpimitäisiin puunkorjuukohteisiin. Työssä käsitellään perustietoa joukkokäsittelystä. Joukkokäsittelyn mahdollistavia laitteistoja on esitelty esimerkinomaisesti sekä pohdittu niiden tuomia etuja.</p> <p>Kolmannessa kappaleessa käsitellään koulutusradan suunnittelua ja toteutuksen tuomia puolia. Radan suunnittelussa käsitellään asioita koulutusratojen rajaamisesta koelaverkon suunnitteluun, jotta saadut mittaustulokset olisivat tarkoituksenmukaisia. Toteutuksen yhteydessä käsitellään asioita joukkokäsittelyn ohjeistamisesta hakkuun suorittamiseen. Koulutusratojen mittaustuloksien tulkintaan liittyvien lukemien kerääminen ja niiden hyödyntäminen on käsiteltynä tässä kappaleessa.</p> <p>Työssä käsitellään myös koulutuspäivän läpivientiin liittyviä seikkoja. Koulutukseen osallistui noin 30 Tornator Oyj:n työntekijää. Koulutuksen tarkoituksena oli perehdyttää työntekijät oman korjuun mukaiseen yhtenäiseen toimintaan sekä antaa tietoa joukkokäsittelystä. Tieto tässä yhteydessä tarkoittaa joukkokäsittelytoiminnan näkemistä, korjuujälkeä ja kannattavuuslaskelmointi ajattelumallia liittyen omaan korjuuseen. Systemaattisten virheiden havainnointiin on kiinnitetty huomiota tässä luvussa.</p> <p>Viimeisessä kappaleessa käsitellään tietoa, joka oli sovellettavissa vasta tutkimuksesta saadun informaation avulla. Kappaleessa käsitellään myös kehityskohtia ja tietä kohti työn päämäärää.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Joukkokäsittely, Nippukarsinta, Koulutusrata, Tornator Oyj,		
Sivumäärä 45	Kieli Suomi	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2014B4313
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Timo Leinonen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Tornator Oyj Kauko Kärkkäinen	

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis 15.1.2014
Author(s) Antti Hiltunen	Degree programme and option Degree Programme in Forestry / Bachelor of Natural Resources	
Name of the bachelor's thesis Multistemming training course		
Abstract Multistemming has been developed for making logging to be more effective. The history of multistemming started in the 80s in the Central Europe. Multistemming means that a harvester takes several stems on the harvester head. Harvester head will do stack of stems for delimiting and cut to length at one time. At the small diameter tree forest pattern harvesting productivity should increase by the multistemming harvesting style. Productivity should increase because the harvester head can reduce unnecessary movements. The framework of this thesis is to introduce basic information about multistemming and devices that enable multistemming. The research section of this work deals with planning the training day of multistemming and putting it into practise. In the beginning of chapter three it is described how to place experimental plots on training course areas, so that the results will be reliable. The rest of chapter putting it into practise explains how to inform the harvester operator to harvest training course areas right. The last chapter deals with the knowledge obtained from this research and how it could be used in future research. On this training day there were 30 employees of Tornator Oyj. Training day was developed for giving basic information of how to plan multistemming cutting area, which serves the goals of Tornator.		
Subject headings, (keywords) Multistemming, training course, Tornator Oyj.		
Pages 45	Language finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2014B4313
Remarks, notes on appendices		
Tutor Timo Leinonen	Bachelor's thesis assigned by Tornator Oyj Kauko Kärkkäinen	

SISÄLTÖ

KUVAILULEHDET

1	JOHDANTO	1
2	JOUKKOKÄSITTELYLLÄ TEHOKKAAMMIN	2
	2.1 Joukkokäsittelyn kehitys.....	2
	2.1.1 Puunkorjuun kannattavuuden parantaminen	2
	2.1.2 Historia	3
	2.2 Katkaisulaitteena giljotiini	3
	2.3 Joukkokäsiteltyjen puutavaralajien mittaustapa.....	5
	2.3.1 Kuormainvaakamittaus	5
	2.3.2 Kalibrointi.....	6
	2.3.3 Hakattujen runkojen arvonmäärittäminen	7
	2.4. Kohteet joukkokäsittelylle	7
	2.5. Joukkokäsittelyn tehokkuus	10
	2.6 Joukkokäsittelyä koskevat investoinnit	11
	2.7. Kuljettajan toimet	12
	2.7.1. Hakkuukone	12
	2.7.2. Kuormatraktori	13
3	KOULUTUSRADAT.....	14
	3.1 Pyrolyysiranka	14
	3.2. Koulutuksen suunnittelu	15
	3.2.1. Potentiaaliset kohteet.....	15
	3.2.2. Ratojen etsintä ja muodostaminen.....	15
	3.3. Ratojen hakkuu.....	16
	3.4. Ratojen mittaus.....	17
	3.4.1 Koealamittaus.....	17
	3.4.2 Tulosten laskenta.....	18
	3.5. Tulosten tulkinta.....	19
	3.6. Tulokset	21
4	KOULUTUSPÄIVÄ 30.5.2013.....	25
	4.1. Oikea tavara oikeaan paikkaan.....	25
	4.2. Koulutusratojen maastotarkastelu	25
	4.3 Tuloksien jako.....	28

4.4 Systemaattinen virhe	29
5 POHDINTA	32
LÄHTEET	34
LIITE	37
Mittaustulokset ja koulutusratojen kartat	Liite 1

1 JOHDANTO

Työssä käsitellään joukkokäsittelyn ominaisuuksia sekä koulutusradan suunnittelua, toteutusta ja koulutuksen sisältöä. Koulutusrata on suunniteltu Tornator Oyj:n metsänhoitoesimiesten koulutustarpeisiin. Koulutusradassa on verrattu metsikön lähtötilannetta, yksinpuin käsittelyä ja joukkokäsittelyä. Koulutusratojen hakkuut on toteutettu Tornator Oyj:n yhteistyökumppanin kanssa.

Joukkokäsittelyllä tarkoitetaan erikoisluonteista puunkorjuunmenetelmää. Menetelmää käytetään yleisimmin normaalitiheillä männyn ensiharvennuskohteilla. Joukkokäsittelyä voidaan tehdä yksiotehakkuukoneella, mutta tehokkaaseen joukkokäsittelytyöskentelyyn tarvitaan hakkuukoneen joukkokäsittelyohjelmisto ja hakkuukoneen hakkuupäähän joukkokäsittelysiiveke. Vaikka hakkuukoneessa on otettu käyttöön joukkokäsittelytoiminto, se ei rajoita yksinpuin käsittelyn vaihtoehtoa. Joukkokäsittelylle ominainen piirre on, että korjuukohteissa käytetään joukkokäsittelyä sekä yksinpuin käsittelyä. Joukkokäsitteltyjen puiden osuus käsitellyistä puista riippuu korjuukohteesta. Joukkokäsittelyyn vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa korjattavat puulajit, kivisyys ja käsiteltävien puiden koko. (Kärkkäinen 2013.)

Pienpuiden korjuun taloudellisuus on puhuttanut metsäalan ihmisiä monia vuosia. Ensiharvennusten taloudellisuutta tulisi kehittää, koska ensiharvennuksella tähdätään ainespuuston kehitykseen. Ensiharvennus on tärkeä toimenpide tulevaisuuden hakkuutulosten kannalta, sillä se mahdollistaa taloudellisesti potentiaalisemman puuston tehokkaamman arvokasvun. (Huuskonen & Ahtikoski 2005.) Ensiharvennukseen on mahdollista saada kestävänmetsätalouden rahoitusta ns. Kemera-rahoitusta, mutta tuen piiriin kuuluvat vain yksityismetsätalouden harjoittajat. Muun muassa yritykset, yhtiöt, valtio ja seurakunnat eivät ole Kemera-tukikelpoisia. 2006 julkaistun tilaston mukaan metsänhehtaareista noin 40 % oli muiden kuin yksityismetsänomistajien metsiä. (Hänninen 2008, 28.) Kemerasta huolimatta pienläpimittaisen puuston korjuuta tulee kehittää.

Tornator Oyj aloitti keväällä 2013 omatoimisen puunkorjuun, jonka päätavoitteena on toimittaa energiapuuta Fortumin Pyrolyysilaitokselle Joensuuhun. Tornatorille syntyi näin tarve selvittää, minkälaisilla kohteilla energiarangan korjuu on kannattavaa ja mitkä kohteet kannattaa jättää energiapuukorjuun ulkopuolelle. Tornatorin kehitys-

esimieheltä Kauko Kärkkäinen ehdotti opinnäytetyön tekemisestä aiheesta. Pohjatietoa kannattavista kohteista saatiin yrittäjiltä ja aiemmista tutkimuksista, joiden pohjalta päädyttiin tekemään havainnointiratoja. Ratojen tavoite oli todistaa väittämät oikeiksi sekä käyttää ratoja Tornatorin omien suunnittelijoiden koulutustilaisuudessa. Koulutustilaisuuden tavoite oli saada suunnittelijoille yhtäläinen linja, että korjuutan valinta onnistuu kannattavasti eri kohteilla.

2 JOUKKOKÄSITTELYLLÄ TEHOKKAAMMIN

2.1 Joukkokäsittelyn kehitys

2.1.1 Puunkorjuun kannattavuuden parantaminen

Joukkokäsittelyssä hakkuulaite ohjataan normaalisti puun juurelle ja puu katkaistaan tyveltä käyttäen joko ketjusahaa tai giljotiinihakkuulaitetta. Edellä mainitun työvaiheen jälkeen puuta ei karsita, vaan hakkuulaite liikutetaan hakkuulaite seuraavan kerättävän puun juurelle ja katkaistaan puu taas tyvestä niin, että molemmat puut jäävät hakkuulaitteeseen. Katkonnan jälkeen puut kaadetaan hallitusti kaatamalla hakkuupäätä vaaka-asentoon halutulle paikalle. Kaadon jälkeen puut ohjataan karsintaterien välistä ja sahataan haluttuun mittaan, minkä seurauksena rungot jäävät siisteihin kasoihin ajouran varrelle. Joukkokäsittelyllä varustellulla hakkuupäällä on siis mahdollista kerätä useampi puu kerrallaan, vaihteluväli voi olla jopa 1–7 runkoa per taakka. Joukkokäsittelyllä voidaan tehdä yhtä tai kahta puutavaralajia eli kuitu- tai energiapuuta. (Kärkkäinen 2013). Tehokkuus perustuu siihen, että hakkuupään puomin liikkeitä voidaan vähentää merkittävästi joukkokäsittelyn avulla. Turhat työvaiheet jäävät pois ja laatu on hyväksyttävää myös kuitupuuksi. (Ronkainen 2009.)

Pienpuuta pystytään korjaamaan hakkuukoneen yksinpuin käsittelyllä runkomääräisesti suhteelliseen samaan aikaan kuin isompaakin puuta. Yksinpuin hakkuussa tuottavuus on huomattavasti vähäisempi. Tuottavuuden ja kannattavuuden lisäys luo teoriassa tuottoa metsänomistajalle, hakkuuyrittäjälle sekä puunostajalle.

Kasvat korjuukustannukset ohjaavat kehittämään puunkorjuuta tehokkaammaksi. Työntekijöiden palkka- ja koneiden polttoainekustannukset ovat kasvavia, joten paine tehokkaampaan korjuuseen on suuri. Nopeampi puunkorjuu antaa mahdollisuuden myös ympäristöystävällisempään korjuuseen.

2.1.2 Historia

Ensiharvennuksissa ja päätehakuissa pienten puiden osuus on huomattava. Yksinpuin korjuuna suoritetuissa hakkuissa pienpuidenkorjuu on niin kallista suorittaa, että ne on taloudellisempaa jättää korjaamatta. Näin ollen on kehitetty korjuumenetelmää, joka mahdollistaisi useamman puun yhtäaikaisen käsittelyn eli joukkokäsittelyn. (Lilleberg 1993, 88.) Ensimmäiset joukkokäsittelyn tilastolliset tutkimustulokset Euroopasta ja Pohjoismaista julkaistiin jo 1990-luvun alussa. Suomessa Joukkokäsittelyprojekti alkoi kesäkuussa 1992 maa- ja metsätalousministeriön rahoittamana, yhteistyössä toimivat Outokumpu Metalli Oy, Metsäteho ja Enso-Gutzeit Oy:n Karjalan hankinta-alue. (Lilleberg 1993, 88, 89.)

Ensimmäistä prototyyppiä testattiin tammikuussa vuonna 1993 ja kokeilujen pohjalta tehtiin parannuksia. Paranneltua prototyyppiä testattiin saman vuoden keväällä Ilo-mantsissa Enso-Gutzeit Oy:n omistamissa metsissä. Tarkoituksena oli selvittää sen toimintakykyä sekä eroja yksinpuunkorjuun ja joukkokäsittelyn välillä. (Lilleberg 1993). Käytetty hakkuukone oli FMG 990/756 B ja kuljettajana toimi Vesa Hakulinen. Projekti päättyi 1994 vuoden lopussa. (Lilleberg 1994, 87, 90.) Mäkelän (2011, 7) mukaan joukkokäsittelyn tehokkuus ei ollut riittävä ja ongelmat puutavaran mittauksessa johtivat kehityksen katkeamisen. Vuonna 1998 Metsälehti julkaisi artikkelin 'Suuri on kaunista ensiharvennuksillakin', jossa kerrottiin joukkokäsittelyn olevan kelpo ratkaisu ensiharvennuksiin. Siinä saattoi olla kipinä laitteen uuteen nousuun ja mittaustavan kehittämiseen.

2.2 Katkaisulaitteena giljotiini

Joukkokäsittelykohteilla on varsin yleistä, että siellä tarvittaisi giljotiinityyppisiä katkaisulaitteita, varsinkin kun korjataan energiapuuta. Giljotiinityyppiset apukatkaisulaitteet (kuva 1) ovat pienirunkoisia puita varten. Useilla ensiharvennuskohteilla tulisi olla ennakkoraivaus suoritettuna, mutta tämä toimenpide jää usein tekemättä.

Joukkokäsittelykohteet voivat olla valitettavan usein ennakkoraivaamattomia kohteita. Perusteluna lienee, että halutaan kaikki energiapuu talteen, vaikka asia ei ole todellisuudessa näin. Joukkokäsittely ei ratkaise ennakkoraivauksen puuttumista, mutta lieventää siitä koituvia kustannuksia. Näin ollen esimerkiksi Keslan ProAx:n kehittäminen on varsin perustelua.



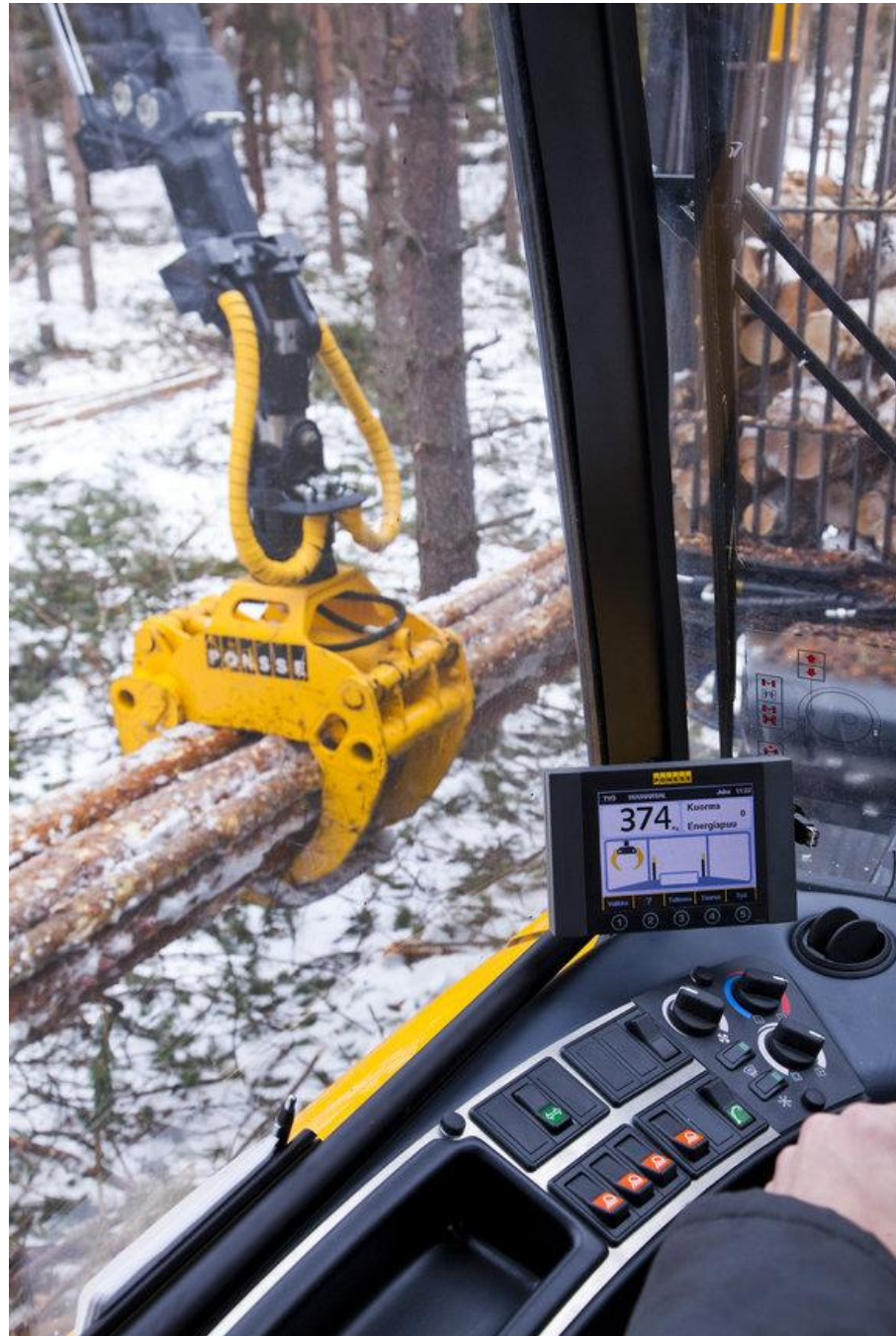
KUVA 1. Moipu 500 giljotiini hakkulaite (Moisioforest, 2013).

Ennakkoraivauksen puute johtaa siihen, että hakkuulaitteella joudutaan ottamaan useita puita yhtä aikaa kaatosahaukseen, minkä seurauksina sahauksessa ilmenee ongelmia. Jännittyneet rungot vioittavat sahan ketjua, tai jopa katkaisevat sen. Ketjuvaurioiden johdosta työteho kärsii ja tulee lisäkustannuksia ajanmenekin ja kaluston puolesta. Giljotiinityypisillä ratkaisuilla voidaan katkaista nämä haitalliset puut. Yleisesti tähän tarkoitukseen suunniteltujen giljotiinien katkaisuteho riittää alle 8 cm läpimittaisiin runkoihin. Giljotiinityypisillä ratkaisuilla voidaan säästää jopa 50 % ketjukuluisista ja 20 % terälevyn vaurioista. (Voutilainen 2009, 88–90.)

2.3 Joukkokäsiteltyjen puutavaralajien mittaustapa

2.3.1 Kuormainvaakamittaus

Joukkokäsiteltyihin puihin ei voida käyttää hakkuukonemittausta, tuttavallisemmin ”motomittausta”, sillä hakkuulaitteella ei voida laskea runkojen ympärystmittaa, mistä johdettaisi tilavuustulokset. Puut mitataan tästä syystä kuormainvaakamenetelmällä, eli mittasuurena käytetään tonneja kuutioiden sijasta. (Leinonen 2012.)



KUVA 2. Ponssen kuormainvaaka ja näyttö (Ponsse 2012).

Puutavara mitataan yleisesti joko kuormatraktoriin kuormatessa tai kuormatraktorista pinoon kuormatessa. Kuormatraktorissa täytyy olla kuormainvaaka (kuva 2) ja kuormainvaakatietojen tulostusmahdollisuus. Melkas (2010) kertoo, että kuormainvaakamittausyksiköjä on lähes jokaisessa puutavara-autossa sekä noin 30 %:ssa kuormatraktoreista.

2.3.2 Kalibrointi

Kuormainvaakan toimivuuden vastuu on työntekijällä. Kuormainvaakasta tulee pitää lokikirjaa, josta selviävät edelliset kalibroinnit sekä tehdyt huollot ja korjaukset. Kuormainvaaka tulee kalibroida (kuva 3) Metsätehon antamien ohjeiden mukaan kerran käyttöviikossa. Kalibrointi keinoja on kolme: siltavaakavertailu, testipunnusvertailu sekä satunnaisotanta. Kuormatraktoreissa käytetään yleensä testipunnusvertailua, missä nostetaan standardipunnusta 20 kertaa kuormaan ja takaisin. Tulosta verrataan todelliseen. Metsätehon ohjeissa on määritelty toimenpiteet kalibroinnin suhteen, jos tulos on epätarkka. (Metsäteho 2013.)



KUVA 3. Kuormainvaakamittaukseen liittyvä kalibrointi käynnissä (Leinonen 2012).

2.3.3 Hakattujen runkojen arvonmäärittäminen

Melkas (2010) määrittelee tilavuuden mittaamisen näin: ”Puutavaraerän tilavuus (m^3) saadaan muuntamalla kuormainvaa’alla punnittu massa (kg) tuoretiheysluvun (kg/m^3) avulla tilavuudeksi.” Ajantasaiset tuoretiheysluvut saadaan maa- ja metsätalousministeriön hyväksymästä Metsäntutkimuslaitoksen määräyksestä 1/2013, mistä valitaan puuston tilavuuden tarkempi korjauskerroin, ottamalla eri muuttujat huomioon. Muuttujia voivat olla esimerkiksi alue, vuodenaika, kuivumisaika ja puulajikohtaiset seikat (Melkas 2010).

2.4. Kohteet joukkokäsittelylle

Kohdevalinnalla on suuri merkitys korjuun tuottavuuteen korjuuyrittäjän näkökulmasta. Tornatorin omatoimista korjuuta suorittavat yrittäjät kantavat korjuusta niin taloudellisen kuin laadullisen vastuun, kuten muidenkin yhtiöiden laajan vastuun korjuuyrittäjät. Laajasta vastuusta johtuen, yrittäjän tulee olla tietoinen tuottavien kohteiden kriteereistä oman etuunsa nähden. Tornatorin intressi on saada puut korjattua, kun taas korjuuyrittäjän intressi on, kuinka tehdä se kannattavasti.

Joukkokäsittelymenetelmää ei pystytä aina käyttämään tehokkaasti, koska joukkokäsittelylaite on hakkuukoneeseen asennettava lisälaite. Ennakkosuunnittelun avulla korjuuyrittäjän tulisi ohjata sopivat koneet sopiville leimikoille. Ennakkosuunnittelussa on otettava huomioon korjattavat puutavaralajit ja niiden suhteet. (Kärkkäinen 2013.) Korjaamalla useamman kuin yhden puun kerrallaan, eli joukkohakkaamalla, voidaan tehdä toistaiseksi vain kuitupuuta, energiapuuta tai niiden yhdistelmää. Joukkokäsittelyhakkuukoneen on tuotettava enemmän kuin normaalin yksiotihakkuukoneen johtuen siihen liittyvistä investoinneista ja kunnossapidosta. (Metsäkonepalvelu Oy 2011.)

Ensiharvennusmänniköt ovat hyviä kohteita joukkokäsittelylle, varsinkin jos puuston tiheys on normaali. Keskimääräisenä tiheytenä ensiharvennusmännikössä pidetään 1 800–2 000 runkoa/hehtaari, riippuen kasvupaikasta. Keskimääräisissä kohteissa voidaan valmistaa joukkokäsittelynä jopa 80 % rungoista. Kohteet, jotka menevät keskimääräisentiheyden alle, vaikuttavat joukkokäsittelyllä tehtäviin taakkoihin alentavasti.

Vuonna 1993 tehdyissä tutkimuksissa keskimääräinen joukkokäsittelyprosentti oli jopa 79 ja vaihteluväli oli 59–95 prosentin välillä. (Lilleberg 1993, 94–96.)

Joukkokäsittelyn hyötysuhteeseen vaikuttavat merkittävästi korjattavat puutavaralajit. Pääasiallisissa kuitupuun ja energiarangan korjuukohteissa joukkokäsittelyn suhteellinen hyöty on isompi, koska joukkokäsiteltävien puiden lukumäärä on tällöin suurempi. Tukkimetsissä hyöty on pienempi, koska sahajakeiden korjuu joudutaan suorittamaan edelleen yksinpuin korjuuna. Tukkimetsikkö ei kuitenkaan poista joukkokäsittelyn mahdollisuutta, sillä varttuneissakin metsissä on usein myös pieniläpimittaisia puita lähekkäin. Tukkimetsäkuvioita voi olla joukkokäsittelyyn suunnatulla leimikolla, koska sahajakeet tehdään normaali menetelmällä eli yksinpuin korjuuna. Joukkokäsittelyn käyttöönotto ei poista yksinpuin hakkuuvaihtoehtoa. (Kärkkäinen 2013.)

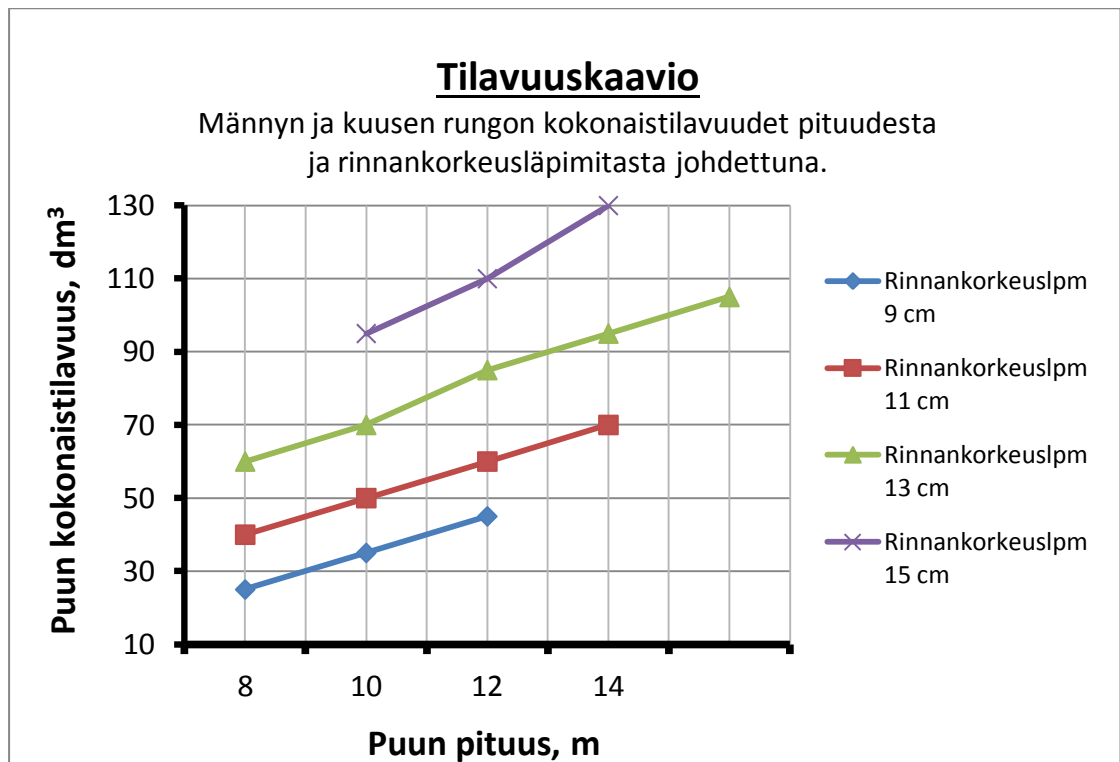
Yhdistetty korjuumenetelmä, jolla korjataan sahajakeita pienemmät puut yhdeksi tavaralajiksi, esimerkiksi energiapuuksi, parantaa joukkokäsittelyn kannattavuutta. Kyseisessä korjuumenetelmässä joukkokäsiteltävien puiden määrä kasvaa merkittävästi, sillä silloin on enemmän mahdollisuuksia kasvattaa joukkokäsiteltävän nipun puumäärää. Yhdistetty energiapuukorjuu mahdollistaa joukkokäsittelyn useimmissa kohteissa, kuten esimerkiksi myös toisessa harvennuksessa. Joukkokäsittelyä kaavailtiin alun perin myös päätehakkuukohteille (Lilleberg, 1993, 88). Esimerkiksi harventamattomissa metsissä voi puusto olla hieman lyhyempää ja ohuempaa, mikä voi mahdollistaa joukkokäsittelyn osittaisen käytön (Kärkkäinen 2013). Päätehakkuumetsiköissä ei ole juurikaan käytetty joukkokäsittely menetelmää. Parviaisen (2011) mukaan joukkokäsittelyä ei voida hyödyntää tukkipuilla, vaikka hakkuulaitevalmistajien mukaan se olisi mahdollista. Tukkipuut ovat yleensä harvassa, jolloin joukkokäsittely ei ole yhtä tuottavaa kuin tiheissä kohdissa

Ensiharvennumännikön (kuva 4) ei tarvitse olla puhdas männikkö, vaikka mänty on helpoin joukkokäsiteltävä puulaji. Metsämännyn oksat karsiutuvat helposti verraten esimerkiksi metsäkuuseen. (Tiitinen 2013.) Karuilla maapohjilla ja Pohjois-Suomessa kasvavat koivikot ovat ongelmallisia korjata joukkokäsittelynä, sillä koivujen mutkaisuus ja epätasainen laatu eivät sovellu hyvin korjuumenetelmään (Kataja 2012).



KUVA 4. Ensiharvennumänniköt ovat sopivia kohteita joukkokäsittelylle.

Korjattavien puiden runkokoon tulisi olla 40–80 dm³, silloin joukkokäsittelyllä on suurin tehokkuus (Koneyrittäjät 2011). Runkokokoa voidaan kuvata muistisäännön omaisesti niin, että rinnankorkeusläpimitaltaan 10 cm ja pituudeltaan 10 m puun tilavuus on noin 50 litraa (Riikilä 1998, 16). Kuvio 1 esittää Laasasenahon laskelmiin perustuvan esimerkin puuston tilavuuden muuttumisesta. Muuttujina ovat rinnankorkeusläpimitta ja pituus.



KUVIO 1. Laasasenahon (1982) mukaisesta tilavuusfunktioista johdettu tilavuuskaavio. Koivun runkokoon poikkeama taulukossa esitettyihin tuloksiin on vähäinen.

Ensiharvennuksessa, etenkin alaharvennushakkuutapaa käytettäessä, on poistuman keskiläpimitta pienempi kuin lähtöpuuston keskiläpimitta. Rinnankorkeusläpimitan ero voi olla muutaman senttimetrin luokkaa. Hakkuukohteen keskimääräinen runkokoko on siis reilusti suurempi kuin poistuman keskimääräinen runkokoko. Poistuvan rungon keskimääräistä tilavuutta nostavat ensiharvennuksissa hakattavat ajourat. Avohakkuuta tehdään siis ensiharvennuksessa noin 20 % pinta-alasta ajourien muodossa. (Kärkkäinen 2013.)

2.5. Joukkokäsittelyn tehokkuus

Vuonna 1993 tehdyissä tutkimuksissa joukkokäsittely oli noin 30 % nopeampaa kuin yksinpuinkorjuu (Lilleberg 1993, 88). Vuonna 1998 markkinoitu Timberjack-hakkuukone mallilla 745 ja Outokummun metalli Oy:n kehittämällä hakkuulaitteella päästiin noin 50 % nopeampaan hakkuuseen korjattavien puiden ollessa noin 50–60 dm³. Vuonna 1998 joukkokäsittelyllä voitiin tehdä jopa 40 dm³ ensiharvennuspuita kannattavasti. Kehittyminen liittyi hakkuukoneen koon suurenemiseen, mikä paransi koneen vakautta ja vähensi korjuuvaurioiden syntymistä sekä mahdollisti 11 metrisen

puomin. Timberjackin hakkuukone malli 745 on alkuperäiseltä käyttötarkoitukselta päätehakkukone, mutta kyseisen koneen raideleveyttä oli kavennettu niin, että se tarvittaessa mahtui kulkemaan vain 3 metrin levyisillä ajourilla. Isoa konetta voidaan käyttää sekä 40 dm³ poistumaluokan ensiharvennuskohteissa että myös päätehakkukoneteilla. (Riikilä 1998, 16.) Käytännössä hakkuukoneet tarvitsevat 4,5 metriä leveät ajourat, että korjuuvauriot saadaan minimiin.

Keslan kehittämällä ProAx-hakkuulaitteella voi käsitellä yhtäaikaaisesti 2–7 energia-puurunkoa tai 2–3 ainespuurunkoa. Giljotiini-katkaisulaite -tyyppiset ratkaisut puolestaan parantavat tehoaikaa puunkorjuussa, sillä ne säästävät sahaketjuja. Ensiharvennuskohteissa jännittyneet rungot vaurioittavat sahauslaitetta, koska se on varsin kovalta käytöllä vierekkäisiä pienrunkoja kaatosahattaessa. (Voutilainen 2009, 88–90.) Pienet rungot (katkaisuläpimitta korkeintaan 8 cm) katkaistaan Pro-Ax-hakkuulaitteen giljotiinotoiminnolla ja isommat rungot voidaan kaatosahata ketjusahalla (Kesla 2013).

Naarva EF 28 joukkokäsittelyominaisuuden sisältävällä hakkuulaitteella tehdyssä aikatutkimuksessa tehotuntituotoksen keskiarvo oli 12,8 m³/tehotunti ja vaihteluväli oli 8,7–19,9 m³/tehotunti. Runkoja käsiteltiin keskimääräisesti 233 kpl/tehotunti ja poistuvien runkojen koko vaihteli 26–83 dm³ välillä. Tutkimuksessa käytetyt puutavaralajit olivat kuitupuu ja polttoranka. Joukkokäsittelyn osuus korjatuista puista oli 57 %. (Laitila & Väättäinen 2012.) Tehotuntituotoksella tarkoitetaan sitä, kun mitataan vain hakkuusta muodostuva aika ja sen aikana tehty puutavara. Tehotuntituotokseen ei kuulu siis esimerkiksi työpistesiiro, peruuttaminen, häiriöt ja keskeytykset.

Joukkokäsittelyn tehokkuus ilmenee myös siinä, että nykypäivänä puunkorjuu suuntautuu isolta osalta ensiharvennuksiin ja energiapuuhakkuisiin, joten yksinpuin hakkuun ja joukkokäsittelyn erot kasvat joukkokäsittelyn hyödyksi. Pieniläpimittaisissa kohteissa joukkokäsittelyn osuus on normaalia suurempi, mikä tarkoittaa sitä, että pienempiä kohteita voidaan korjata edullisemmin.

2.6 Joukkokäsittelyä koskevat investoinnit

Joukkokäsittelyyn tarvitaan joukkokäsittelyhakuupää ja kuormaintraktoriin kuormainvaakamittauslaite. Investoinnit ovat laajuudeltaan vain muutaman tuhat euroa, mikä ei ole suuri sijoitus metsäkoneiden muihin investointeihin verrattuna. Saatu hyö-

ty realisoituu vasta, kun työntekijät ovat oivaltaneet ja sisäistäneet laitteiden käytön. Joukkokäsittelyn sisäistämiseksi kuluu eri ihmisiltä eri aika, eikä työntekijälle välttämättä aina ole tarjolla joukkokäsittelykohteita. Keskimääräisesti voitaisiin ajatella joukkokäsittelyn oppimisajaksi noin paria kuukautta. (Tiitinen 2013.)

2.7. Kuljettajan toimet

2.7.1. Hakkuukone

Joukkokäsittely ei ole kaikille metsäkoneenkuljettajille tuttu toimenpide, joten aluksi täytyy harjoitella, että päästään samoihin tuottavuuksiin kuin yksinpuin korjuussa. Kuljettajan tulee olla harjaantunut joukkokäsittelyn käyttäjä, jotta tavoiteltuun tehokkuuteen päästään kohteilla, jotka sopivat joukkokäsittelylle. Kuljettajan harjaannuttua korjuutekniikkaan, ei kouluttautumien lopu siihen, sillä kuljettajalta vaaditaan jatkuvaa kehittymistä. Kehittymisen myötä voidaan päästä vieläkin parempiin tuloksiin ja pystytään vastaamaan paremmin tulevaisuuden haasteisiin.

Joukkokäsittelynippua tehdessä kuljettajan tulee pyrkiä ottamaan samankokoisia puita niin läpimitaltaan kuin pituudeltaan. Näin latvaläpimitan valvominen on helpompaa. (Lilleberg 1993, 100.) Hakattaessa joukkokäsittelynippua hakkuukone kerää tietoja esimerkiksi kaatosahauksien määrästä, mistä johdetaan käsiteltyjen runkojen kappalemäärä. Kuljettaja ohjaa hakkuupään joukkokäsiteltävän puun juurelle, minkä jälkeen hän suorittaa kaatosahauksen. Ensimmäisen kaatosahauksen jälkeen puuta ei kaadeta, vaan kuljettaja ohjaa hakkuulaitteen seuraavan joukkokäsiteltävän puun tyvelle. Hakkuulaitteen ollessa puuntyvellä, hän kiinnittää joukkokäsittelysiivekkeellä uuden puun joukkokäsiteltävään nippuun. Kuljettaja irrottaa uuden puun sahaamalla sen juuresta irti, minkä jälkeen hakkuupää ottaa siinä olevista puista paremman otteen ja vapauttaa joukkokäsittelysiivekkeen. Kuljettaja ottaa niin monta puuta hakkuulaiteeseen, kun mahtuu tai tilanteessa on järkevää. Kun hakkuulaitteessa on 2–7 puuta, hän kaataa joukkokäsittelynipun ja aloittaa karsinnan sekä katkonnan, aivan kuten yksinpuin hakkuussa. Läpimittojen seuranta ja katkonta suoritetaan silmävaraisesti, joten kyseisten tunnusten arvioimisen oppiminen on yksi tärkeimmistä opeteltavista toimenpiteistä. Kuljettajan opittua työn hän pystyy pääsemään läpimittaluokassa jopa parempiin tuloksiin kuin yksinpuin käsittelyssä. (Kärhä 2010.)

Integroidussa energiarangankorjuussa läpimittojen valvonnalla ei ole niin suurta merkitystä. Läpimitan valvonnan avulla varmistetaan silloin, että energiarangaksi tarkoitetut puut korjataan joukkokäsittelyllä ja muut tavaralajit korjataan niille kuuluvalla tavalla. Erikokoisia puita voidaan siis ottaa hakkuulaitteeseen yhtä aikaa, koska ne karsitaan niin pitkälle kun ne kestävät kourassa. Vaikka pienemmät puut tippuvat hakkuulaitteesta aiemmin, pystytään jäljelle jäävät puut karsimaan loppuun asti. (Komulainen 2013.)

2.7.2. Kuormatraktori

Kuormainvaan sijainti on kuormatraktorin puomin ja hakkuulaitteen välissä. Kuormainvaakaa käytettäessä luovutusmittaukseen tulee vaaka kalibroida yhden kerran per käyttöviikko. Kalibrointi suoritetaan nostamalla punnusta (kuva 5) 20 kertaa puolikkaan nipun päälle. Punnuksen muoto ja ominaisuudet on tarkkaan määritetty. Punnuksen tulee olla 350–500 kg painava, se on mitattu 1 kg tarkkuudella. Sen on oltava vähintään 2 metriä pitkä putkimainen kappale, joka soveltuu joukkokäsittelyn kuormainvaaka mittaukseen. (Suositus kuormainvaakojen kalibroinnissa käytettävistä testipunnuksista 2009.)

Jotta kaikki hakatut puut tulisi kerättyä, tulisi kuormatraktorin kuljettajan seurata hakkuukoneen antamaa runkokappaletulosta ja laskea kuormatut puut (Leinonen 2012). Kuormatraktorin kuljettajan tehtävät eivät juuri muuten muutu.



KUVA 5. Standardipunnus kuormainvaa’an kalibrointiin.

3 KOULUTUSRADAT

3.1 Pyrolyysiranka

Tornator Oyj käynnisti energiarangan hankinnan Fortum yhtiön pyrolyysilaitokselle. Toimitettava määrä on noin 200 000 m³ vuodessa. Kustannustehokkaaksi hankintamenetelmäksi oli päätetty, että perinteisestä kuitupuusta ja energiarangasta muodostettiin uusi puutavaralaji, pyrolyysiranka. Pyrolyysilaitokselle käyvät puulajit ovat muun muassa mänty, kuusi, koivut, lepät ja haavat. Pyrolyysilaitokselle eivät käy pihlaja ja paju. Pyrolyysiranka haketetaan terminaalihaketuksena ja hakkeet toimitetaan Pyrolyysilaitoksen omiin varastoihin.

3.2. Koulutuksen suunnittelu

3.2.1. Potentiaaliset kohteet

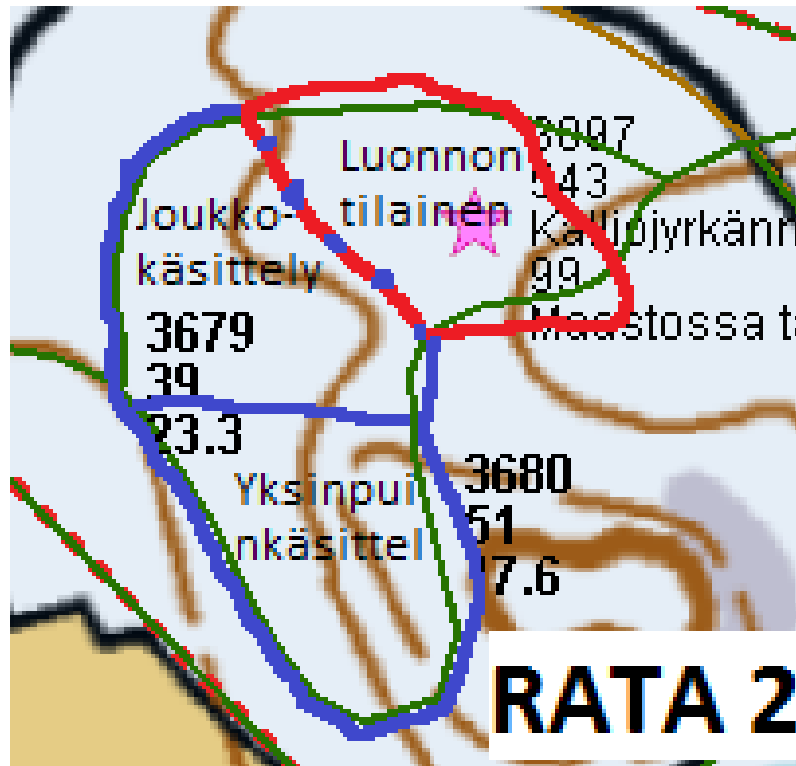
Havainnointiradoiksi valittiin esivaiheessa kolme erikokoista runkokokoluokkaa. Luokat olivat alle 40 dm³, 40–80 dm³ ja 80–160 dm³. Runkokokoluokat suunniteltiin niin, että korjattavaksi tulisi liian pieni- ja järeäpuustoisia kohteita sekä näytillä olisi kohteita, jotka sopivat parhaiten joukkokäsittelyyn. Ratojen kooksi rajattiin yhden hehtaarin koko, että alueet olisivat paremmin vertailukelpoisia toisiinsa nähden. Ratojen sisälle suunniteltiin kolme lohkoa, missä yksi lohko korjataan yksinpuin korjuumenetelmällä, toinen joukkokäsittelynä korjuumenetelmällä ja kolmas lohko jää näyttämään tilannetta ennen korjuuta, eli alkutilannetta. Jokaisen lohkon koko oli noin 0,33 ha. Lohkojen ratojen sisällä tuli olla kaikilta arvoilta mahdollisimman samankaltaisia, jotta lohkojen vertailu keskenään olisi järkevää. Tavoitteena oli löytää radat toisiinsa nähden lyhyen matkan päästä, mikä nopeuttaa koulutuspäivän läpiviemistä.

3.2.2. Ratojen etsintä ja muodostaminen

Havainnointirata mahdollisuuksien sijainteja tiedusteltiin aluksi metsänhoitoesimiehiltä sekä tarkasteltiin jo ehdotettuja leimikoita. Esitiedustelun pohjalta valittiin parhaat kohteet, joista kartoitettiin löytyykö niistä vähintään jokaista haluttua luokkaa, tasa-puustoinen yhtäläinen hehtaarin kokoinen alue. Potentiaalisia rata aiheita alueelta löytyi seitsemän kappaletta. Maastotarkastelun jälkeen päädyttiin tekemään radat Pohjois-Karjalaan, Joensuun Enon kaupunginosaan, Majoinvaaraan.

Ratojen tarkastelun jälkeen ne rajattiin kuitunauhalla maastoon, minkä jälkeen muodostettiin radan sisälle kolme lohkoa. Jotta radan lohkot olisivat toisiinsa verrattavissa, täytyi lohkojen fyysinen olemus olla lähes sama. Tärkeimpiä tunnuksia pidettiin runkokolukua, keskipituutta, pituuden vaihtelua, keskiläpimittaa, keskiläpimitan vaihtelua, maastonmuotoa, kivisyyttä, pohjapinta-alaa ja puulajisuhdetta. Alueelta pystyi rajamaan kolme yhtäläistä päähavainnointirataa, missä jokaisessa oli rajattuna (kuva 6) kolme eri lohkoa. Pähavainnointiratojen lisäksi rajattiin neljä kappaletta lisähavainnointiratoja, joissa oli rajattuna vain kaksi eri lohkoa. Lisähavainnointiradoissa rajattiin vain joukkokäsittelylohko ja luonnontilainen lohko. Kaikkia lohkoja ei voitu rajata samankokoisiksi, tällöin luonnontilaisen lohkon kokoa rajattiin pienemmäksi kuin

0,33 ha. Luonnontilaisen lohkon olikin vain tarkoitus ilmentää lähtötilannetta, jolloin sen vaihteleva koko ei vaikuttanut tuloksiin. Päähavainnointiradoilla hakkuulohkot olivat hyvin lähellä 0,33 ha kokoa.



KUVA 6. Esimerkki lohkojen sijoittelusta radan sisälle.

3.3. Ratojen hakkuu

Ratojen hakkuun suoritti Metsäkuljetus Kärki Oy:n kuljettajat Ricardo Hämäläinen ja Kimmo Tarkkinen. Kuljettajien kokemus joukkokäsittelystä oli melko vähäistä. Hakkuukoneena oli John Deere 1270E ja hakkuupäänä H754. Hakkuukone ja hakkuulaite ovat metsäkonevertailussa keskikokoista kalustoa, minkä ansiosta ne soveltuvat hyvin joukkokäsittelyhakuuseen. Hakkuukone oli yrityksen uusi investointi. Metsätraktorin kuljettaja Seppo Eronen kuormasi sahajakeet sekä kuormasi ja punnitsi lohkojen pyrolyysirangat.

Erikoishakkuuta varten kävimme yrittäjän edustajien ja kuljettajien kanssa keskustelua, kuinka radat tulisi hakata ja miten halutut hakkuutiedot saamme poimittua käyttöömmemme. Käsittelimme keskusteluissa joukkokäsittelyn hyviä ja huonoja puolia sekä keskustelimme jo aiemmin todetuista tutkimustuloksista. Hakkuuta varten tehtiin eril-

linen korjuuohje, jossa oli ratojen kartat ja yksityiskohtainen ohje korjuun suorittamisesta. Hakattavat puutavaralajit olivat mäntytukki, kuusitukki, vanerikoivu, mäntyparru, kuusiparru ja pyrolyysiranka. Kuitupuu tavaralajia ei korjattu koulutusradoilla. Tarkemmat apteeraukseen liittyvät tiedot jaettiin yrittäjälle, mutta parrujen latvaläpimitta minimi oli 10 cm. Parru tarkoittaa pieniläpimittaista tuoreoksaista sahatavaraa.

Hakkuut suoritettiin rata kerrallaan, eli ratojen hakattavat lohkot korjattiin loogisessa järjestyksessä. Näin ollen hakkuun suorittaja pystyi lähes heti vertaamaan käsittelytapoja. Joukkokäsittelyn liittyvissä hakkuussa ei ollut ongelmia, mutta hakkuukoneessa ilmeni joitain pieniä vikoja, jotka viivästyttivät hakkuun suorittamista. Viat eivät liittyneet joukkokäsittelystä koituviin rasituksiin, vaan koneen puutteelliseen talvihoon. Joukkokäsittelystä ei muodostu normaalia hakkuuta kovempaa rasiusta hakkuukoneelle tai hakkuulaitteelle. Työnopeuden valvonta ei ole urakanantajan vaan korjuuyrittäjän tehtävä, tästä syystä työnopeutta ei otettu koulutukseen mukaan.

Radat hakattiin niin, että jokaisen lohkon hakkuukertymät tulivat erillisille listoille. Näin poistumatunnukset jäivät selkeästi esille myöhempiä toimintoja varten. Hakkuukoneen tulokset annettiin Prd-tiedostoina, jotka luettiin Ponsen tarjoamalla Opti-ohjelmistolla.

Hakkuun jälkeen puut kuljetettiin kuormainvaa'alla varustellulla metsätraktorilla varastopaikalle. Hakatut puut mitattiin kuormainvaa'alla lohkoittain. Kuormainvaa'an punnittu tonnimäärä muutettiin kuutioiksi käyttämällä Metsäntutkimuslaitoksen määräyksessä 1/2013 ilmoitettuja tuoretiheystaulukoita. Käytetty tuoretiheyskerroin valittiin taulukosta mäntykuitupuun, tuore, toukokuussa korjattu puu, eli kerroin 0,872.

3.4. Ratojen mittaus

3.4.1 Koealamittaus

Koulutustilaisuutta varten mitattiin korjuulohkojen tilanne ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen. Luonnontilaiset lohkot mitattiin vain alkutilanteessa. Lohkot päätettiin mitata koealamittauksella, sillä suunnittelija perustaa oman mittaustyyliinsä koealamittauksesta tehtyyn muunnelmaan. Käyttämämme mittaustyyliin on perinteinen tapa selvittää puustotunnukset ja näin ollen paras tilanteeseen sopiva tapa havainnollistaa alkuti-

lanne. Alkumittaukset tehtiin toukokuun alkupuolella ja jälkimmäiset mittaukset tehtiin heti hakkuun jälkeen toukokuun lopusta kesäkuun puoliväliin mennessä.

Jokaiselta 0,33 ha tai isommalta lohkolta mitattiin viisi koealaa ja pienemmistä lohkoista mitattiin vähintään kolme koealaa. Koealat sijoitettiin maastoon mittaajan toimesta valitsemalla satunnaisia sijainteja koealapisteille. Koealat olivat siis keskimääräisesti ympäri lohkoa satunnaisilla sijainneilla, aivan kuten suunnittelijan työssä määritetään puustotunnuksia.

Lohkoista mitattiin puulajikohtainen pohjapinta-ala, keskiläpimitta, keskipituus, valtapituus, runkoluku sekä kokopuuston runkoluku. Lohkon tuloksista johdettiin puustontilavuus ja keskimääräinen runkokoko, dm^3 . Puustontilavuus otettiin relaskooppitaulukoista (Laasasenaho 1954) käyttäen puulajikohtaista tilavuudenmäärittystä johtoen hehtaarikohtaisen puustontilavuuden keskipituudesta ja pohjapinta-alasta. Keskimääräinen rungonkoko johdettiin kuitupuiden tilavuustaulukosta (Laasasenaho 1982) käyttämällä määrittelyyn puuston keskiläpimittaa ja keskipituutta. Mittaustulokset koostettiin taulukkoon yhdeksi riviksi (taulukko 1) käyttämällä lohkon koealoista muodostettuja keskiarvotunnuksia.

TAULUKKO 1. Rata 6. Eritellyt lohkojen koealamenettelyn keskiarvotulokset ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen. Radan luonnontilaisesta lohkoista on vain yksi tietorivi.

Puustotiedot	Ppa Mä	Ppa Ku	Ppa Lp	Ppa	Keski- lpm	Keski- pituus	Valta- pituus	RuLu	m^3/ha	Keskimääräinen runko dm^3
JK Ennen	19,2	0,2	2,0	21,4	12,38	11,8	13,7	1920	130	77
JK Jälkeen	14,2	0	0,6	14,8	13,72	12,2	13,52	1120	93	90
YP ennen	19,8	0,6	2,8	23,2	12,18	11,9	14,4	1960	145	74
YP Jälkeen	14	0	0,6	14,6	13,54	12	13,7	1040	91	90
Luonnontilainen (Hakkaamaton)	18,6	0,6	2,8	22	12,54	12	13,9	1920	137	80

3.4.2 Tulosten laskenta

Hakkuukoneiden Prd-tiedoista kerättiin taulukon 2 mukaiset tiedot. Tiedot koskivat poistumatunnuksia. Prd-tiedoista saatiin suoraan sahajakeiden tilavuudet sekä yksinpuin käsiteltyjen puiden lukumäärän. Tukki- ja parruosuuden arviointi liittyi koulutuspäivään osatavoitteena. Joukkokäsiteltyyn liittyvät tunnuksien ovat hakkuuohjelman

muodostavia arvioita, joten ne eivät ole aivan paikkaansa pitäviä, mutta ovat erittäin hyviä arvioita. Joukkokäsittelyyn liittyvät tunnuksat ovat joukkokäsittelyt rungot ja runkonippujen määrä. 'Runkoja taakassa' eli keskimääräinen runkojen määrä per käsiteltävä nippu, on johdettu tunnuksista; kaikki rungot jaettuna runkonippujen määrällä. Taulukossa 2 näkyy että rata 7 joukkokäsittelylohkon hakkuussa keskimääräisesti käsiteltävässä nipussa on ollut noin 2,6 runkoa. Toisista poikkeavana rata 7 yksinpuin korjuulohkossa oli korjattu 14 joukkokäsittelyrunkoa. Tämä johtui siitä, että alueella oli ollut useita runkoja kasvamassa aivan vierekkäin, jolloin ne oli tehokkuuden nimissä pakko ottaa samaan katkaisukertaan.

TAULUKKO 2. Rata 7 Prd-tiedostoista ja punnitustiedoista lisätyt ja johdetut tunnuksat.

Poistumatiedot/lohko		Joukkokäsittely	%	Yksinpuin	%
rungonkoko	dm/r	40		47	
tilavuus yht.	m ³	23,64		15,9	
tukki	m ³	0	0,0 %	0	0,0 %
parru	m ³	2,54	10,7 %	1,76	11,1 %
ranka	kg	x		x	
ranka	m ³	21,1		14,14	
rungot yht	kpl	591		338	
rungot yksinpuin	kpl	143		332	
rungot joukkokäs.	kpl	448	76 %	14	
runkonippuja	kpl	172		6	
runkoja jk. taakassa	kpl	2,6		2,3	

3.5. Tulosten tulkinta

Poistumatunnuksat otettiin hakkuukonemittauksen tuottamasta Prd-tiedostosta ja kuormaintraktorin tuottamasta Prl-tiedostoista. Yksinpuin korjuulohkossa käytettiin hakkuukonemittauksista hakattujen runkojen tilavuudesta ja määrästä sekä sahajakeiden osuudesta. Joukkokäsittelylohkoissa käytettiin edellä mainittujen tunnuksien

lisäksi hakkuukonemittauksen tuottamaa joukkokäsiteltyjen runkojen kappalelaskuria. Kuormainvaa'an pyrolyysirangan massan tuloksia käytettiin niin yksinpuin käsittelylohkoissa kuin joukkokäsittelylohkoissa.

Poistuman keskimääräinen rungon koko laskettiin summaamalla energiarangan määrä ja sahajakeiden määrä, minkä jälkeen näiden summa jaettiin hakattujen runkojen määrällä. Tulokseksi saatiin teoreettinen rungon keskikoko. Tulosten tulkinnan kannalta todettiin, että suunnittelijalle kyseinen tunnus luo paremman mielikuvan jokaisen kohteen kannattavuudesta ja suunnittelija voi käyttää sitä apuvälineenä leimikonsuunnittelussa. Joukkokäsittelyn kannattavuutta oli jo aiemmissa tutkimuksissa verrattu poistuman rungon koon perusteella.

Sahajakeet eli tukki- ja parruosuudet olivat koulutusradan osatavoite, millä suunnittelijat saivat hieman tukea parru- ja tukkiosuuden määrittämiseen. Tornatorin leimikoissa parruosuuden määrittäminen on aiempaa tärkeämpää. Parrun korjuu vaikuttaa oleellisesti harvennusten kannattavuuteen, sillä pienläpimittaisen sahatavaran korjuu voi nostaa merkittävästi ensiharvennuksista saatavaa hakkuutuloa. Parrun osuus on oltava kuitenkin riittävä, että se on kannattavaa korjata eri kasaan sekä kuljettaa se tuotantolaitokselle. Parruosuuden määrittäminen liitettiin osaksi koulutuspäivän antia, joten se määritettiin jakamalla lohkolta kerättyjen parrujen tilavuus lohkon kokonaistilavuudella. Tukkiisuus määritettiin vastaavalla tavalla.

Rungot yhteensä on muodostettu joukkokäsiteltyjen ja yksinpuin käsiteltyjen runkojen summasta. Rankapuun massa saatiin kuormatraktorin punnitustuloksesta, joka muutettiin kuutioiksi tuoretiheyskertoimien mukaan. Kuormainvaa'an punnitustuloksien muuttamisessa käytettiin männyn toukokuun tuoretilavuuskerrointa 0,872, koska korjuut suoritettiin toukokuun aikana. Hakattu puutavara oli pääosiltaan mäntyä. Hakkuiden ja punnitusten välillä oli aina alle viikko, joten puutavaran kuivumista ei tarvinnut ottaa kertoimissa huomioon. Alle kahden viikon kuivumisen vaikutus punnitustulokseen on vähäinen.

3.6. Tulokset

Rata 1 oli koealamittausten perusteella pienipuustoisin kohde (kuva 7). Sen keskimääräinen rungontilavuus oli noin 47 dm^3 ja runkoluku oli noin 2 100 kappaletta. Rata oli jaettu kahteen lohkoon yhtenäisen pinta-alan vähäisyydestä johtuen. Radan joukkokäsittelylohko antoi poistuman rungon keskimääräiseksi kooksi 39 dm^3 . Joukkokäsittelyn osuus kokonaispuuston käsittelystä oli 67 % ja keskimääräisessä taakassa on ollut noin 2,5 runkoa/joukkokäsittelynipu. Tukkien osuus puustosta oli noin 1 % ja parrujen osuus oli noin 6 %. Tulokset kertovat, että kyseisellä kohteella puusto on ollut varsin sopivan kokoista joukkohakkuulle ja niputettavia puita on ollut riittävästi vie-rekkäin. Lohkon hehtaarikohtainen poistuma jää tosin noin $40 \text{ m}^3/\text{ha}$, mikä ei anna viitteitä kannattavaan korjuuseen. Kannattavuustaulukossa verrattiin erilaisten poistuma runkokokojen vaikutusta korjuukustannuksiin. Kohde muodosti kannattavuustaulukoinnissa arvon 100. Kannattavuustaulukoinnin suhdeluku kertoo, minkälaiset korjuukustannukset olivat.



KUVA 7. Rata 1 joukkohakkuun jälkeen. Pienirunkotilavuuksinen kohde.

Rata 2 oli koealamittaustuloksien mukaan puuston keskitilavuudeltaan noin 100 dm^3 ja runkoluku oli noin 1 600 kappaletta. Radassa oli 2 lohkoa, jotka erosivat toisistaan

hieman maaston muodolta ja puustoltaan. Yksinpuin käsiteltävä lohko oli puustoltaan hieman pienempää. Luonnontilainen lohko ilmensi korjuulohkojen keskiarvotilannetta. Joukkokäsittelylohkossa poistuman runkojen keskikoko oli noin 72 dm^3 ja yksi puin käsittelylohkossa poistuman rungon keskimääräinen koko oli 68 dm^3 . Joukkokäsittelylohkossa joukkokäsiteltävien puiden osuus oli 62 % ja keskimääräisessä joukkokäsittely taakassa oli 2,6 runkoa. Sahajakeiden osuus koko puustonkorjuusta oli keskimääräisesti noin 28 %. Poistuman pienuudesta johtuen radat olivat heikosti verrattavissa toisiinsa nähden, sillä joukkokäsittelylohkosta hakattiin 27 m^3 ja yksinpuin käsittelylohkosta hakattiin vain noin 12 m^3 . Kannattavuustarkastelussa lohkojen keskimääräisellä poistumapuustolla pyrolyysirangan korjuukustannus sai suhdeluvuksi noin 76. Verratessa radan 1 suhdelukuun korjuukustannukset laskivat 25 %. Suurempi poistuma joukkohakkuussa voi vaikuttaa joukkokäsittelyn kannattavuuteen, mutta se vaatisi aikatutkimusta tehotunneista. Tutkimuksessa tulisi verrata yksinpuin hakkuuta ja joukkokäsittelyn tehotuntisaannosta sekä niiden keskimääräistä poistumaa hehtaaria kohden.

Rata 3 oli koealamittaustuloksien mukaan järeä kohde, rungon keskimääräinen tilavuus oli 185 dm^3 ja kokonaispuuston runkoluku oli noin 1 100 kappaletta. Puuston koko ja runkoluku vaihteli runsaasti joukkokäsittelylohkon sisällä. Poistumatuloksien mukaan poistuman keskimääräinen runkokoko oli 155 dm^3 . Sahajakeiden osuus kokopuustosta oli noin 50 % ja joukkokäsittelyosuus kaikista rungoista oli 35 %. Kannattavuuslaskelmoinnissa pyrolyysirangan korjuukustannus sai suhdeluvun 56, mikä tarkoittaa lähes puolet pienempää korjuukustannusta kuin radalla 1. Energiarangan hakkaaminen on siis edullista myös järeämmissä kohteissa.

Rata 4 (kuva 8) oli koealamittaustuloksien mukaan järeähkö kohde, rungon keskimääräinen tilavuus oli 160 dm^3 ja runkoluku oli noin 1 600 kappaletta. Hakkuualue sijaitsi notkanteessa ja sen puusto oli hieman riukuuntunut johtuen liian pitkästä harvennusvälistä. Puusto oli siis läpimitaltaan melko pientä pituuteensa verraten. Puusto oli varsin tasakokoista, eli puuston pituuden ja keskiläpimitan vaihteluväli oli pieni. Kohteen hakkuutapa oli toinen harvennus. Poistumatuloksien mukaan poistuman keskimääräinen runkokoko oli 132 dm^3 . Joukkokäsittelyn osuus oli vain noin 2 %. Joukkokäsittelyn pieni osuus selittyy sillä, että tasajakoisessa metsikössä, kun rinnankorkeusläpimitta on yli 15 cm, ei joukkokäsiteltäviä puita juuri ole. Kohde ei ole joukkokäsittelylle sopiva kohde, koska jo pienemmistä kuin 15 cm rinnankorkeusläpimitais-

ta puista voidaan saada esimerkiksi parrua. Kannattavuuslaskelman mukainen pyrolyysirangan korjuunkustannus suhdeluku oli 58, eli lähes sama kuin radalla 3.



KUVA 8. Suuriläpimittainen tasakokoinen puusto, rata 4.

Rata 5 oli koealamittausten mukaan melko järeä kohde, keskimääräinen rungon koko oli noin 130 dm^3 . Puusto oli melko epätasainen ja lehtipuuston osuus noin 20 %. Puuston laatu oli varsin heikko johtuen muun muassa rehevästä kasvualustasta. Poistuman runkokeskikoko oli kuitenkin vain 66 dm^3 . Joukkokäsittelyn osuus oli 39 % ja joukkokäsittely runkonippujen keskimääräinen käsittelytaakka oli 2,4 runkoa kerrallaan. Lehtipuut olivat melko mutkaisia ja hankalia joukkokäsitellä, mikä selittänee joukkokäsittelyn pienehkön määrän. Sahajakeiden osuus kokonaispoistumasta oli 19 %. Kohde oli varsin sopiva pyrolyysirangan korjuuseen, sillä tällöin saadaan korjattua myös muuten kelpaamaton lehtipuu (muun muassa leppä ja haapa) myytäväksi. Kannattavuustaulukoinnissa kohteen poistuman mukainen energiarangan korjuukustannus sai suhdeluvun 77.

Rata 6 (kuva 9) oli koealamittauksen perusteella lähes yhtä järeä kuin rata 5. Radan koealamittaukset antoivat rungon keskitilavuudeksi $132\text{--}145 \text{ dm}^3$. Joukkokäsittely-

lohkossa puusto oli hieman pienempää ja koivun osuus oli hieman pienempi kuin yksinpuin käsittelylohkossa. Poistuman rungon koko oli 83–89 dm³ ja joukkokäsittelyn osuus oli 43 %. Keskimääräisesti joukkokäsittely taakassa oli 2,4 runkoa. Puusto oli tasaisempaa kuin radalla 5, mutta lohkoilla oli myös paljon vaihtelua puuston koon suhteen. Sahajakeiden osuus oli noin 15 % mistä tukkiosuus oli alle 1 %. Runkojen heikkolaatuisuudesta johtuen sahajakeiden osuus jäi vähäiseksi. Kustannustarkastelussa energiarangan korjuukustannus sai suhde luvuksi 70.



KUVA 9. Rata 6 ennen hakkuuta.

Rata 7 oli koelamittauksen perusteella varsin sopiva kohde joukkokäsittelyyn. Koelamittaukset antoivat keskimääräiseksi runkotilavuudeksi 74–80 dm³. Kohde oli tavallinen männyn ensiharvennuskohte, missä runkoluku oli noin 2 000 kpl/ha. Radan 7 kaikki 3 lohkoa olivat maapohjaltaan hyvin samankaltaiset ja hyvin verrattavat toisiinsa. Poistuman tuloksien mukaan joukkokäsittelylohkossa rungon keskimääräinen tilavuus oli 40 dm³ ja yksinpuin käsittelylohkossa rungonkoko oli 47 dm³. Tukkien osuus oli 0 % ja parrun osuus oli noin 11 %. Joukkokäsittelyn osuus koko joukkokäsittelyn lohkon puista oli noin 75 %. Kustannustarkastelussa energiarangan korjuukustannus sai suhdeluvuksi 90 yksinpuin lohkossa ja 100 joukkokäsittely lohkossa. Joukkokäsit-

telylohkon korjuu on kalliimpaa siksi, että poistuman runkokoko on pienempi, mutta poistuman tilavuus reilusti suurempi.

4 KOULUTUSPÄIVÄ 30.5.2013

4.1. Oikea tavara oikeaan paikkaan

Koulutuspäivän sisäosuudessa käsiteltiin Fortum-projektin käynnistymistä. 200 000 m³ energiarangan vuositoimitusmäärään liittyvät toimenpiteet sisältävät nämä tekijät: kaukokuljetusmatkan säde, kannattavien leimikoiden kustannusrajat ja karkea jako muille ostajille suunnattaviin leimikoihin. Tornatorin suorittaessa omaa korjuuta parurun osuudella on suuri merkitys. Omalla korjuulla sahajakeiden osuutta kannattaa kasvattaa mahdollisuuksien mukaan, sillä niillä on lähes aina korkeampi hinta kuin esimerkiksi kuitupuulla ja energiarangalla.

Kuljetusmatkalle leimikolta tehtaalle on määritetty kaksi raja-arvoa. Kaukokuljetusraja 1 on noin 50 kilometriä Fortumin pyrolyysilaitokselle. Kaukokuljetusrajalta 1 voidaan korjata myös hieman heikommin kannattavia korjuukohteita, koska kaukokuljetuksen muodostama kustannus on pienempi. Vastaavasti raja 2 eli 100 km on raja-arvo sille, minkä alueen sisältä voi tehdä omankorjuun leimikon. Rajalla 2, eli 50–100 kilometrin säteellä pyrolyysilaitoksesta, leimikon on oltava selvästi kannattavampi kohde suorittaa oma korjuu. Mitä kauempana ollaan pyrolyysilaitoksesta, sitä vähemmän on oltava korjuun taksa. Kannattavuusajattelun vuoksi suunnittelijan on tärkeää tunnistaa, hyvin kannattavat, kannattavat sekä kannattamattomat kohteet.

4.2. Koulutusratojen maastotarkastelu

Sisäosion jälkeen kävimme katsomassa jokaista rataa. Ensin kävimme katsomassa omaan korjuuseen sopivat kohteet. Suunnistimme radan 7 luonnontilaiselle lohkolle, missä näytimme metsikön alkutilanteen. Suunnittelijat tutkailivat kohdetta ja tekivät johtopäätöksiään puustotunnuksia miettiessään. Tärkeimpiä mietittäviä tunnuksia olivat joukkokäsittelyn- ja sahajakeiden osuus puustosta. Suunnittelijoista muodostetut ryhmät tekivät arvioimistaan tunnuksista päätöksensä ja perustelivat väitteensä. Väitteiden esittämisen jälkeen suunnittelijoille annettiin paperi, missä oli koalamitatut tulokset ja hakkuukoneen tiedostoista johdetut tulokset. Tuloksien jälkeen menimme

katsomaan ensin joukkokäsittelylohkoa ja vertasimme sen jälkeen luonnontilaiseen lohkoon. Pyysimme kiinnittämään huomiota mahdollisiin korjuuvaurioihin. Jatkoimme matkaa kohti joukkokäsittely- ja yksinpuinkäsittelylohkojen rajaa, missä vertailimme korjuun jälkeä toisiinsa. Kiersimme pienen lenkin myös yksinpuinkorjuualueella, josta palasimme takaisin käsittelylohkojen rajalle. Kerroimme kohteen kannattavuudesta verraten omankorjuun vaihtoehtoa pystykauppavaihtoehtoon ja niiden erotuksesta saatavaan katteeseen.

Kävimme radan 6 samalla tavalla läpi kuin radan 7, minkä jälkeen siirryimme katsomaan Richardo Hämäläisen ohjaamaa hakkuukonetta. Paikalla oli myös Metsäkuljetus Kärki Oy:n omistajaosakas Erkki Kärki. Metsäkuljetus Kärki Oy on vastuussa Lieksan alueella suoritettavasta Tornatorin oman korjuun hakkuusta ja metsäkuljetuksesta. Hakkuukone korjasi puita joukkokäsittelylohkolta radalla 5 (kuva 10). Kohteella oli runkotilavuudeltaan isohkoa puustoa, mutta poistuvien puiden tilavuus oli keskimäärin 66 dm^3 . Suunnittelijat pääsivät näkemään joukkokäsittelyhakkuun käytännössä. Korjuunäytöksessä pystyi havainnoimaan joukkokäsittelymenetelmää ja sen käyttöön liittyvää tekniikkaa. Lyhyen hakkuunäytöksen jälkeen oli hetki aikaa keskustella kuljettajan kanssa joukkohakkuun suorittamisesta ja tutustua hakkuukoneen joukkokäsittely toiminnan edellyttäviin laitteisiin.



KUVA 10. Rata 5, hakkuu Richardo Hämäläisen toimesta.

Radan 5 jälkeen siirryimme radalle 2, missä käsitelimme ratojen 6 ja 7 tapaan kolmen lohkon tilanteen. Korjuulohkoissa oli hieman eroa toisiinsa nähden, minkä takia joukkokäsittelyprosentti ja sahajakeiden osuus vaihteli lohkojen välillä. Radalla 2 huomiointiin muutama korjuuvaurio pystyyn jääneissä puissa. Tilannetta perusteltiin sillä, että rata 2 oli ensimmäisiä joukkokäsittelykorjuukohteita hakkuukoneen kuljettajalle. Korjuuvaurioita oli niin vähän, että se ei johtanut jatkotoimenpiteisiin. Luonnontilaisen lohkon ja joukkokäsittelylohkon raja (kuva 11) antoi hyviä viitteitä alkutilanteesta ja hakkuun jälkeisestä tilanteesta.



KUVA 11. Radan 2 hakatun joukkokäsittelylohkon (vasen) ja hakkaamattoman luonnontilaisenlohkon (oikea) raja sijaitsee keskellä kuvaa.

Radan 2 jälkeen siirryimme radalle 1 (kuva 12), missä lohkoja oli vain 2 kappaletta. Siirryimme luonnontilaiselle lohkolle, missä suoritimme puuston ja joukkokäsittelyn osuuden arvioinnin. Luonnontilaisen lohkon jälkeen siirryimme joukkokäsittelylohkolle, missä kerroimme koealamittauksen ja hakkuukoneen tuottamien tuloksien yhteenvedon. Korjuu oli silmin nähden hyvin onnistunut, mutta korjattu puusto oli harvennettu liian aikaisin. Kohde oli hyvä osoittamaan, että joukkokäsittelynkään turvin ei kannata mennä liian varhain korjaamaan puuta. Pienipuustoisessa kohteessa joukkokäsittelyn avulla oli saatu poistuman kertymä noin 40 m³/ha, mikä ei vielä ole kuitenkaan kovinkaan kannattavaa metsänomistajan ja hakkuuyrittäjän näkökulmasta.



KUVA 12. Takana rata 1, poistuman keskimääräinen rungonkoko alle 40 dm³, epätasainen puusto. Koulutuspäivän kahvitauko.

Kahvittelun jälkeen siirryimme kohti järeämpiä kohteita. Radalla 3 puusto oli varsin järeää, mutta epätasaista. Kohde oli hyvä ilmentämään joukkokäsittelyn hyötyä myös tukkimetsissä. Radan 3 joukkokäsittelyn osuus oli yllättävän iso, 35 % kaikista käsitellyistä rungoista. Tukkimetsää katsoessa koettiin uusia oivalluksia joukkokäsittelyn suhteen, mikä olikin yksi tarkoitus koulutuspäivän järjestämisessä. Radan 3 jälkeen suuntasimme radalle 4, missä puusto oli järeää, mutta pienempää kuin radalla 3. Runkotilavuuden vaihtelu radan sisällä oli todella vähäistä ja näin ollen joukkokäsittelyn osuus jäikin todella vähäiseksi, lähes olemattomaksi. Rata 4 ja 3 olivatkin hyvät vastakkainasettelukohteet joukkokäsittelyn osuuden suhteen.

4.3 Tuloksien jako

Lopulliset tulokset jaettiin kertauksena sähköpostin välityksellä jokaiselle Tornatorin metsänhoitoesimiehelle. Lopullisille tulostaulukoille koostettiin kaikki loput tiedot, jotka jäivät täydentämättä korjuunäytöksen tai puuttuvien tuloksien takia. Ratataulukoiden lisäksi suunnittelijoille jaettiin taulukko, johon oli jaoteltu korjuun kannattavuus eri runkotilavuuksilla perustuen muun muassa yrittäjien hakkuutaksoihin, kau-

kokuljetukseen ja sahajakeiden osuuteen. Suunnittelijoille jaettiin kattava paketti, joka selvittää ja kehittää heidän osaamistaan leimikon suuntaamisessa oikeaan kohteeseen.

4.4 Systemaattinen virhe

Koealojen koot eivät olleet aivan tarkkoja. Paikannus suoritettiin käyttämällä Tornatorin Nautiz X5 maastotalenninta ja maastonmuotoja apuna käyttäen. Tallentimen tarkkuus vaihtelee 2-10 metrin säteellä todellisesta pisteestä, mutta maastonmuotoja apuna käyttäen päästään parempaan tarkkuuteen. Kohteiden kartat olivat suuntaa-antavia, sekä pätevät ratojen ja lohkojen rajat olivat määritetty maastoon. Pinta-alallisten tunnusten vaikutus vähenee kuitenkin, koska käytimme prosentuaalisia lukuja. Lohkon muodot olivat kuvioista johtuvien rajojen sanelemia. Korjuussa ei merkitty valmiiksi ajouria, eli hakkuukoneen kuljettaja sai itse päättää ajourien paikan. Hakkuukoneen kuljettajan vastuulle jäi tasaisen ajouraverkoston muodostaminen. Keskimääräisesti ajouraa pitäisi olla hehtaarilla noin 20 %, eli ensiharvennettavilla kohteilla korjataan 20 % avohakkuuta ja 80 % harvennusta. Avohakkuuosuudesta poistetaan kaikkia läpimittoja, joten ajouramäärän vaikutus korreloituu epäsuorasti poistettavaan puuston määrään ja kokoon. (Kärkkäinen 2013.) Ratojen lohkojen sisällä voi olla siis pientä poikkeamaa ajouraverkoston määrässä, mikä vääristä hakkuun poistuman määrää.

Koulutusratojen sisällä puustot olivat melko tasaiset, mutta ratojen ja lohkojen sisälläkin oli vaihtelua. Ratojen sisällä ei saisi olla paljoa korkeuseroja tai sitten niitä pitäisi olla tasaisesti jokaisella loholla. Esimerkiksi notkanteissa on yleensä paljon tiheämpää sekä ohuempaa puustoa ja mäkien päällä puusto voi olla harvempaa sekä pienempää. Lohkon tavoiteltu koko 0,33 ha on helpohko mitata, mutta sen alueen sisällä puuston tulisi olla hyvin samankokoista, jotta vertailu toisiin lohkoihin olisi korkealaatuisempaa. Puuston koon vaihtelun vähentämiseksi hakattavien ratojen ja lohkojen pinta-alan pitäisi olla paljon isompi, jolloin esimerkiksi pienet aukkoiset kohdat menettäisivät merkityksensä. Isommilla lohkoilla päästäisiin koealamittauksessa laadukkaampiin tuloksiin.

Puuston koon hajonnan vaihteluväli verrattuna keskikokoon vaikuttaa merkittävästi joukkokäsittelyn osuuteen. Tällä tarkoitetaan sitä että metsikön puusto voi olla vaihteluväliltään joko pientä, keskimääräistä tai suurta. Esimerkki 1, puusto on 15 cm rinnankorkeuslähpimitaltaan ja sen vaihteluväli muilla puilla on +/- 2 cm, niin vaihteluväli

on tässä tapauksessa pieni. Esimerkki 2, puuston rinnankorkeuskeskiläpimitta on 15 cm ja puuston rinnankorkeusläpimitan vaihteluväli on ± 10 cm, jolloin vaihteluväli on suuri. Pohjapinta-alalla painotetussa keskiläpimitassa ei oteta huomioon niinkään pienen puiden rinnankorkeusläpimittoja, jotka kuitenkin laskevat alaharvennuksessa merkittävästi poistuman keskimääräisen puun runkotilavuutta. Hajonnan vaihteluvälin ollessa pienehkö on joukkokäsittelyn vaikutuksen arvioiminen helpompaa. Parru- ja tukkiosuuteen vaikuttaa myös suuresti hajonnan vaihteluväli. Vaihteluväliin olisikin pitänyt kiinnittää enemmän huomiota suunnitellessa ratoja.

Koealamittaus suoritettiin vapailla koealasijainnilla ja ihmisen mittaamana (kuva 13) mikä voi vääristää tulosta. Mittaaja voi tietoisesti tai alitajuisesti sijoittaa koealan mukavuusalueen kohdalle, paitsi jos mittaaja tiedostaa sen, niin silloin riskinä on, että mittaaja siirtyy aina ääriarvokohtiin, esimerkiksi liian tiheisiin kohtiin. Huolellisella koealojen sijoittelulla ja mittauksella on mahdollista päästä 10–15 % virhemarginaaliin (Kärkkäinen 2013). Koealaverkostosta johtuvien virheiden lisäksi on mahdollista mittaajasta johtuva mittauksessa tapahtuva toistuva virhe. Mittaaja voi tehdä virheen, jos mittauskäytännöt eivät ole selvillä. Tyypillisin virheen aiheuttaja lienee relaskoopilla saatu virheellinen tulkinta. Tästä syystä relaskoopin kalibrointi ja mittaajan perehdyttäminen muihinkin metsänmittaus mittalaitteisiin edesauttaa pääsemään korkealaatuisempiin tutkimustuloksiin. Opinnäytetyön tekijä oli saanut varsin kattavan perehdytyksen ennen mittauksien aloittamista, mutta se ei silti sulje mittavirheiden mahdollisuutta. Poistumatunnuksissa keskityimme pelkästään niihin, jotka ovat suunnittelijalle arkipäivää, sillä työssä ei ollutkaan tarkoitus keksiä uutta, vaan todistaa aiemmin tutkittuja asioita koulutusradan muodossa.



KUVA 13. Rata 7:n luonnontilaiseksi jäävän lohkon koelamittaus meneillään.

Joukkokäsittelylohkoissa kertymä oli usein suurempi ja puuston keskitilavuus pienempi. Tulosten vaihtelun selittää osakseen se, että pieniläpimittaisia runkoja ei poisteta tai käsitellä normaalissa yksinpuin hakkuussa. Yksinpuin korjuussa tyypillisesti aliskasvospuulle suoritetaan pelkästään kaatosahaus, eikä sitä valmisteta rungoiksi. Aliskasvospuiden valmistamatta jättäminen vähentää kokonaispoistuman määrää. Pienten puiden korjuu kuitenkin pienentää poistuman rungonkeskitilavuutta, mikä vaikuttaa sitten hakkuutuloon negatiivisesti ajanmenekin kautta. Joukkokäsittelyllä voidaan vähentää tähän kuluva aikaa ja saada isompi poistuma pienentämättä merkittävästi korjuusta saatavaa tuloa.

Ratojen hakkuuta suoritti kaksi kuljettajaa. Parempi vaihtoehto olisi ollut, että hakkuut suorittaa pelkästään yksi kuljettaja. Näin kuljettajien muodostamia eroja ei tarvitsisi ottaa huomioon. Hakkuut menivät kuitenkin niin, että ratakokonaisuuden korjasi pelkästään sama kuljettaja. Ratojen lohkojen välille ei muodostunut tästä syystä kuljettajakohtaisia eroja. Hakkuukoneen kuljettajilla oli vain vähän kokemusta joukkokäsittelystä, minkä vuoksi tehokkuus parani kokoajan loppua kohden. Jotta laatu olisi ollut paremmin verrattavaa, olisi kuljettajilla pitänyt olla vähintään puolen vuoden kokemus joukkokäsittelystä. Radoissa ei kuitenkaan mitattu hakkuun ajanmenekkiä, joten radan hakkuu toimi kuljettajille myös koulutustilaisuutena. Kuljettajien vähäisestä kokemuksesta huolimatta radoilla ei ollut merkittävästi korjuuvaurioita.

5 POHDINTA

Joukkokäsittelylaitteiden hankinta vaatii yrittäjältä investointeja. Investoinnit alkavat tuottaa voittoa vasta siinä vaiheessa, kun hakkuukoneen kuljettaja on sisäistänyt joukkokäsittelymenetelmän ja yrittäjä saa tarpeeksi leimikoita, jotka soveltuvat joukkokäsittelyllä korjaamiseen. Joukkokäsittelyn opettelu on vain siirtymävaiheen ongelma, joka poistuu, kunhan joukkokäsittely taito on sisäistetty. Hakkuuyrittäjän tulee kiinnittää huomiota hankittavan hakkuukoneen kokoon, sillä pienellä koneella on turhan hankalaa hallita isoja joukkokäsittelynippuja, mutta liian isossa koneessa on turhaan sitoutuneena suuri pääoma verrattuna saavutettuun hyötyyn. Joukkokäsittelyä ei tois- taiseksi voida tehdä saajakeiden osalta, mikä vähentää ison koneen tuomaa hyötyä.

Joukkokäsittely korjuutapana näyttäisi antavan isomman poistuman tilavuussaannon. Johtuuko isompi saanto siitä, että kuljettaja jättää muuten pienempiä puita korjaamatta. Täten tulisikin tutkia isoilla hakkuualoilla, kuinka paljon enemmän poistumaa saadaan joukkokäsittelyä käyttämällä. Tutkimuksessa olisi hyvä kiinnittää huomiota siihen, millaisilta kohteilta saadaan enemmän ja minkälaisilta vähemmän kertymää. Olettaisin tähän opinnäytetyöhön vedoten, että pieniläpimittaisissa, ison vaihtelun omaisissa puustoissa saannon osuus on suurempaa. Tutkimuksen tuloksia voisi käyttää hyväksi joukkokäsittelykohteiden kriteerien määrittelyssä, jotta saataisiin ohjattua tietyn tyyppiset leimikot oikeille jatkokäsittely raiteille.

Joukkokäsittelylle sopivien kohteiden etsintä korjuusuunnittelijan näkökulmasta vaatii harjaantumista. Leimikonsuunnittelijan tulisikin antaa apua korjuusuunnittelijalle, vaikka monesti korjuusta vastaa eri organisaatio. Leimikkoa suunniteltaessa olisi hyvä kiinnittää huomiota sellaisiin asioihin, mitkä leimikonsuunnittelun normaalitapauksissa jätetään vähemmälle osalle. Tärkeimmät tunnuksot joukkokäsittelylle sopivaa leimikkoa suunniteltaessa ovat poistuman koko ja poistuman runkotilavuuden vaihtelu. Korjuu- ja leimikonsuunnittelijoille on uusien tutkimuksien pohjalta luotava koulutuksia, jotka antavat kertausta ja mahdollisuuden kehittyä hakkuutyylin päätöksenteossa.

Koulutusratojen suunnittelussa on punnittava keinoja, joilla päästään tavoiteltuun päämäärään. Keinot, joilla päästään tutkimuksen kannalta tärkeisiin tuloksiin, on mietittävä monesta näkökulmasta, jolloin virheiden tekemisen mahdollisuus pienenee. Ratojen suunnittelussa olisi hyvä käyttää isoja pinta-aloja, koska siten minimoidaan

mahdolliset normaalista metsikön vaihtelusta muodostuvat virheet. Ratojen suunnitteluun käytettyä aikaa kannattaa varata riittävästi, jotta keritään hyvin tutustua riittävän monenlaisiin kohteisiin. Koulutusradan hakkuuseen kannattaa varata reilusti aikaa, sillä riskienhallinnan kautta hakkuukoneet ja ihmiset ovat varsin epästabiileja yksiköitä. Ihmisillä on tiettyjä kausia, jolloin esimerkiksi sairastuminen on todennäköisempää. Metsäkoneet vaativat aluksi sisäänajon ja sen jälkeen tulee pieniä sekä isoja remontteja epämääräisellä aikavälillä, jotta niillä suoritettavaa toimintaa voidaan jatkaa. Muun muassa näistä syistä tarvitaan korjuuaikatauluun riittävästi liikkumisen varaa.

Koulutusradan suunnittelu vaatii pääasiassa riittävää pohjatietoa, koealamittaustapojen osaamista, riskienhallinta taitoa, matemaattista päättelykykyä ja halua kehittyä itse siinä samalla. Koulutusradan suunnittelu kehittää työntekijää miettimään asioita useammalta kannalta kuin perinteisesti on tapana. Onnistuneen koulutusradan tekeminen hyödyttää niin kohdeyleisö kuin koulutuksen järjestäjiäkin.

LÄHTEET

- Huuskonen, Saija & Ahtikoski, Anssi 2005. Ensiharvennusajoituksen ja voimakkuuden vaikutus kuivahkonkankaan männiköiden tuotokseen ja tuottoon WWW-dokumentti <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff05/ff052099.pdf> Luettu 7.11.2013. Ei päivitystietoja.
- Hänninen, Harri 2008. Metsänomistus. Teoksessa Hänninen, Harri. Tapion taskukirja. Painos 25. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.
- John Deere 2012. WWW-dokumentti. http://www.deere.fi/wps/dcom/fi_FI/products/equipment/energy_wood/multi_tree_handling_heads/multi_tree_handling_heads.page. Ei päivitystietoja. Luettu 19.11.2012.
- Kataja, Tuukka 2012. Joukkokäsiteltyjen ensiharvennusten korjuujälki Stora Enso Metsän Etelä-Suomen hankinta-alueella. Ei päivitystietoja. Luettu 10.12.2013.
- Kesla, 2013. Kesla harvesterikourat. WWW-dokumentti. <http://www.kesla.fi/documents/10304/10580/KESLA+harvesterikourat+FIN.pdf> Ei päivitystietoja. Luettu 10.12.2013.
- Komulainen, Jussi 2013. Haastattelu 6.5.2013. Korjuuesimies, Tornator Oyj.
- Kone yrittäjät 2008 WWW-dokumentti. <http://www.urakointiuutiset.fi/uutiset/koneyrittajat-ensiharvennusten-monipuolinen-kehittaminen-valttamatonta/> Ei päivitystietoja. Luettu 30.4.2013.
- Kärkkäinen, Kauko 2013. Haastattelut ja keskustelut 2.4-27.6.2013. Kehitysesimies, Tornator Oyj.
- Laasasenaho, Jouko 1954. Teoksessa Lönnberg, Matti (toim.) 2010. Metsätaitokansio. Helsinki: Metsäkustannus Oy. S. 1.
- Laasasenaho, Jouko 1982. Teoksessa Lönnberg, Matti (toim.) 2010. Metsätaitokansio. Helsinki: Metsäkustannus Oy. S. 12.
- Laitila, Juha & Väätäinen, Kari 2012. Joukkokäsittelyhakuun tuottavuus kaivukonealustaisella hakkuukoneella ja Naarva EF 28 hakkuulaitteella. WWW-dokumentti. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp243.pdf> Ei päivitystietoja. Luettu 14.12.2013.
- Leinonen, Timo 2012. Puukauppa ja puutavaran mittaaminen. Mikkelin ammattikorkeakoulu 1.4.-24.4.2012. Luennot ja luentomateriaalit.
- Lilleberg, Risto 1993. Joukkokäsittely. Teoksessa Alakangas, Eija (toim.) Vuosikirja 1993. Osa 1 Puupolttoaineiden tuotantotekniikka, Jyväskylä: Bioenergian tutkimuslaitos.

Lilleberg, Risto 1994. Joukkokäsittely. Teoksessa Alakangas, Eija (toim.), Vuosikirja 1994. Osa 1 Puupolttoaineiden tuotantotekniikka Jyväskylä: Bioenergian tutkimuslaitos.

Melkas, Timo 2010. Tuki- ja opasmateriaali kuormainvaaka mittaukseen WWW-dokumentti. <http://www.metsateho.fi/puuhuolto-opas/kuormainvaakamittaus> Ei päivitystietoja. Luettu 10.11.2012.

Metsäkonepalvelu Oy, 2011. Integroitu korjuu. WWW-dokumentti. http://www.koneyrittajat.fi/ajankohtaista/epaivat/Intergoitu_korjuu_Metsakonepalvelu_Tolppa.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 20.11.2012.

Metsäkustannus, 2010. Metsätaitokansio 2. painos. 1,12

Metsäteho 2013, Kuormainvaa'an kalibrointi ja säätöohje. WWW-dokumentti. http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Opas/Kuormainvaasaan_kalibrointi_ja_saatoohje_Metsateho_26_9_2011.pdf Ei Päivitystietoja. Luettu 27.10.2013.

Metsäntutkimuslaitos , 2013. Metsäntutkimuslaitoksen määräys 1/2013. WWW-dokumentti. http://www.finlex.fi/data/normit/41201-Metsantutkimuslaitoksen_maarays_puutavaran_mittaukseen_liittyvista_yleisista_muuntoluvuista__FI_2706_2013.pdf Ei päivitystietoja. Luettu 7.11.2013.

Moisioforest, 2013 Myös isompiin metsiin. WWW-dokumentti. <http://www.moisioforest.com/fi/component/content/article/16-tuotteet/moipu-500/114-moipu-500>. Ei päivitystietoja. Luettu 22.11.2012.

Mäkelä, Juha 2011. Kuitupuunkorjuu pitkänä rankana joukkokäsittelymenetelmällä. WWW-dokumentti. http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38280/m%C3%A4kel%C3%A4_juha.pdf?sequence=4 Ei päivitystietoja. Luettu 4.4.2013.

Parviainen, Juhani 2011 Joukkokäsittelymenetelmän toimivuus koneellisessa hakkuussa. WWW-dokumentti <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/33904/Parviainen%20Juhani.pdf?sequence=1> Ei päivitystietoja. Luettu 10.12.2013.

Ponsse 2012. WWW-dokumentti. <http://www.ponsse.com/fi/tuotteet/bioenergy/kuormainvaaka>. Ei päivitystietoja. Luettu 22.11.2012.

Riikilä, Mikko 1998. Suuri on kaunista ensiharvennuksillakin. Metsälehti 18b/1998 16.

Ronkainen, Matti 2009. Kaikki voittavat yhdistelmäkorjuussa. WWW-dokumentti. <http://www.metsafi-lehti.fi/metsatalous/kaikki-voittavat-yhdistelmakorjuussa/> Ei päivitystietoja. Luettu 6.11.2012.

Suositus kuormainvaakojen kalibroinnissa käytettävistä testipunnuksista, 2009. PDF-

dokumentti.

http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Opas/Suositus_kuormainvaakojen_kalibroinnissa_kaytettavista_testipunnuksista_tm.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 15.11.2012.

Suositus kuormainvaakojen kalibroinnissa käytettävistä testipunnuksista, 2012.

WWW-dokumentti. <http://www.ponsse.com/fi/tuotteet/bioenergy/kuormainvaaka> Ei päivitystietoja. Luettu 22.11.2013.

Tiitinen, Teemu 2013. Haastattelu 9.7.2013. Joenmetsä, Metsäkonekorjuuyrittäjä.

Voutilainen, Jorma 2009. Alamittaiset poikki kirveellä ja ainespuut normaalisti sahalla. Koneviesti 6/2009 88–91.

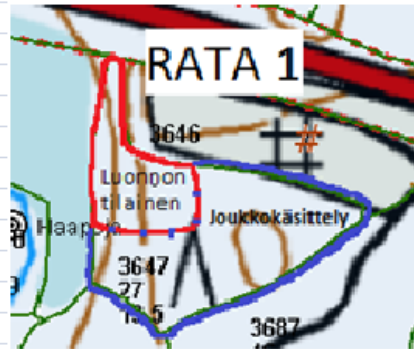
LIITE

Mittaustulokset ja koulutusratojen kartat

*kartoille ei ole merkitty mittakaavaa.

Rata 1

Poistumatiedot/lohko	yksikkö	Jouk.käs	%
runkojäreys	dm/r	39	
tilavuus yht	m3	29,0	
tukki	m3	0,3	1,0 %
parru	m3	1,7	5,9 %
ranka	kg	23586	
ranka	m3	27,0	
rungot yht	kpl	747,0	
rungot yksin puin	kpl	247	
rungot joukkokäs	kpl	500	67 %
runkonippuja	kpl	204	
runkoja jk.taakassa ka.	kpl	2,5	

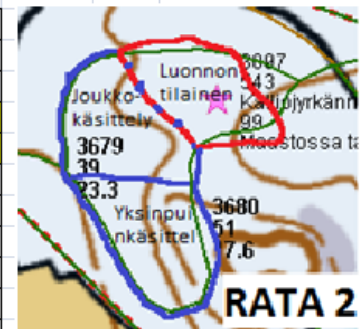


Puustotiedot/ha	Ppa Mä	Ppa Ku	Ppa Lp	Ppa	Keskilpm	Kpituus	Vpituus	RuLu	m3/ha	Runko dm
JK-lohko Ennen hakkuuta	16,2	0,4	0,6	17,2	10,6	10,3	12,4	2160	93	47
JK-lohko Hakkuun jälkeen	11,8	0	0,2	12	11,8	10,1	11,4	1080	65	55
Luonnon tilainen lohko	13,8	0,5	2,5	16,8	10,5	10,6	14	2050	90	47

Rata 2

Poistumatiedot/lohko		Jouk.käs.	%
runkojäreys	dm/r	72	
tilavuus yht	m3	27	
tukki	m3	2,1	7,7 %
parru	m3	6,4	24 %
ranka	kg	16280	
ranka	m3	19	
rungot yht	kpl	377	
rungot yksin puin	kpl	142	
rungot joukkokäs	kpl	235	62 %
runkonippuja	kpl	90	
runkoja jk.taakassa ka.	kpl	2,6	

Yksin puin	%
68	
11,9	
0,4	3,4 %
2,8	23 %
8,8	
260	
260	
0	
260	
1	

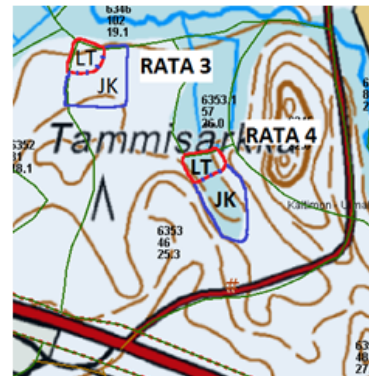


Puustotiedot/ha	Ppa Mä	Ppa Ku	Ppa Lp	Ppa	Keskilpm	Kpituus	Vpituus	RuLu	m3/ha	Runko dm
JK-lohko Ennen hakkuuta	21,2	0	0,0	21,2	14,4	12,8	15,4	1480	140	110
JK-lohko Hakkuun Jälkeen	13,6	0	0,0	13,6	16,5	12,8	14,3	800	92	140
YP-lohko Ennen hakkuuta	19,4	0,4	0,0	19,8	12,6	11,7	14,8	1760	130	80
YP-lohko Hakkuun jälkeen	12,8	0	0	12,8	15,3	11,6	14,4	800	80	100
Luonnon tilainen lohko	21	0,2	0,8	22	13,7	12,4	15,4	1600	140	87

LIITE 1(2).
Monisivuinen liite

Rata 3

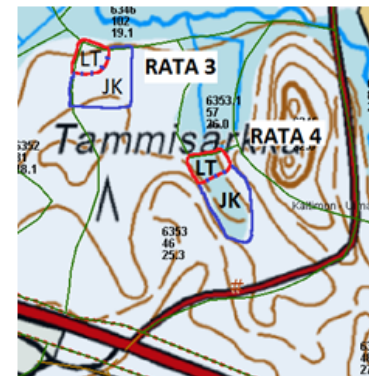
Poistumatiedot/lohko		Jouk.käs	%
runkojäreys	dm/r	155	
tilavuus yht	m3	39,73	
tukki	m3	1,9	4,8 %
parru	m3	17,3	43,5 %
ranka	kg	23522	
ranka	m3	20,51	
rungot yht	kpl	394	
rungot yksin puin	kpl	256	
rungot joukkokäs	kpl	138	35 %
runkonippuja	kpl	56	
runkoja jk.taakassa ka.	kpl	2,5	



Puustotiedot/ha	Ppa Mä	Ppa Ku	Ppa Lp	Ppa	Keskilpm	Kpituus	Vpituus	RuLu	m3/ha	Runko dm
JK-lohko Ennen hakkuuta	25,0	0,3	1,0	26,3	17,4	16,2	19,0833	1133	205	185
Luonnontilainen lohko	25,3	0,5	2,8	28,5	19,3	18,3	20	1100	245	240

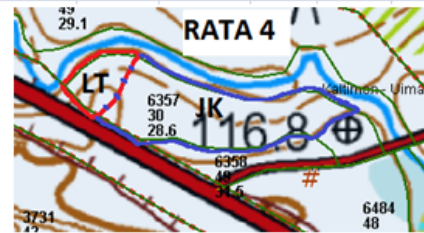
Rata 4

Poistumatiedot/lohko		Jouk.käs	%
runkojäreys	dm/r	132	
tilavuus yht	m3	29	
tukki	m3	1,01	3,4 %
parru	m3	13,25	45,2 %
ranka	kg	17300	
ranka	m3	15,09	
rungot yht	kpl	222	
rungot yksin puin	kpl	218	
rungot joukkokäs	kpl	4	2 %
runkonippuja	kpl	2	
runkoja jk.taakassa ka.	kpl	2,0	



Puustotiedot/ha	Ppa Mä	Ppa Ku	Ppa Lp	Ppa	Keskilpm	Kpituus	Vpituus	RuLu	m3/ha	Runko dm
JK-lohko Ennen hakkuuta	25,4	0,6	0,6	26,6	15,8	16,5	18,7	1640	210	160
Luonnontilainen lohko	27,7	0,3	2,3	30,3	16,3	16,8	19,1667	1467	245	175

Rata 5			
Poistumatiedot/lohko		Jouk.käs	%
runkojäreys	dm/r	66	
tilavuus yht	m3	45,3953	
tukki	m3	3,31	7 %
parru	m3	5,62	12 %
ranka	kg	41818	
ranka	m3	36,47	
rungot yht	kpl	687	
rungot yksin puin	kpl	418	
rungot joukkokäs	kpl	269	39 %
runkonippuja	kpl	110	
runkoja jk.taakassa ka.	kpl	2,4	



Puustotiedot/ha	Ppa Mä	Ppa Ku	Ppa Lp	Ppa	Keskilpm	Kpituus	Vpituus	RuLu	m3/ha	Runko dm
JK-lohko Ennen hakkuuta	19,6	0,6	5,6	25,8	15,6	13,4	15,5	1920	170	130
Luonnontilainen lohko	19,5	3,5	4,0	27	15,0	13,8	15	2600	190	127

Rata 6			
Poistumatiedot/lohko		Jouk.käs.	%
runkojäreys	dm/r	83	
tilavuus yht	m3	29,4	
tukki	m3	0	0,0 %
parru	m3	4,4	15 %
ranka	kg	28670	
ranka	m3	25,0	
rungot yht	kpl	352	
rungot yksin puin	kpl	202	
rungot joukkokäs	kpl	150	43 %
runkonippuja	kpl	60	
runkoja jk.taakassa ka.	kpl	2,5	

Yksin puin	%
89	
18,33	
0,13	0,7 %
2,7	14,7 %
15,5	
205	
205	
0	
205	
1	



Puustotiedot/ha	Ppa Mä	Ppa Ku	Ppa Lp	Ppa	Keskilpm	Kpituus	Vpituus	RuLu	m3/ha	Runko dm
JK-lohko Ennen hakkuuta	16,8	0,6	5,2	22,6	15,26	13,9	15,5	1840	159	132
JK-lohko Hakkuun Jälkeen	10,4	0	2,8	13,2	17,06	14,6	16,7	640	93	165
YP-lohko Ennen hakkuuta	17,2	0,2	7,0	24,4	16,06	14	16,2	1960	170	145
YP-lohko Hakkuun jälkeen	8	0	4,4	12,4	16,96	14,9	17,7	640	92	172
Luonnontilainen lohko	22	0	1,5	23,5	15,9	14,5	16	1900	171	145

Rata 7										
Poistumatiedot/lohko		Jouk.käs.	%		Yksin puin	%				
runkojäreys	dm/r	40			47					
tilavuus yht	m3	23,64			15,9					
tukki	m3	0	0,0 %		0	0,0 %				
parru	m3	2,54	10,7 %		1,76	11,1 %				
ranka	kg	x			x					
ranka	m3	21,1			14,14					
rungot yht	kpl	591			338					
rungot yksin puin	kpl	143			332					
rungot joukkokäs	kpl	448	76 %		14					
runkonippuja	kpl	172			6					
runkoja jk.taakassa ka.	kpl	2,6			2,3					

Puustotiedot/ha	Ppa Mä	Ppa Ku	Ppa Lp	Ppa	Keskilpm	Kpituus	Vpituus	RuLu	m3/ha	Runko dm
JK-lohko Ennen hakkuuta	19,2	0,2	2,0	21,4	12,38	11,8	13,7	1920	130	77
JK-lohko Hakkuun Jälkeen	14,2	0	0,6	14,8	13,72	12,2	13,52	1120	93	90
YP-lohko Ennen hakkuuta	19,8	0,6	2,8	23,2	12,18	11,9	14,4	1960	145	74
YP-lohko Hakkuun jälkeen	14	0	0,6	14,6	13,54	12	13,7	1040	91	90
Luonnontilainen lohko	18,6	0,6	2,8	22	12,54	12	13,9	1920	137	80