

# **COMBIENERGIA**

## Metsäenergian yhdistelmäkorjuu

Lauri Lähteenmäki

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2012  
Metsätalouden koulutusohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Metsätalouden koulutusohjelma

LAURI LÄHTEENMÄKI  
Combienergia  
Metsäenergian yhdistelmäkorjuu

Opinnäytetyö 43 sivua, josta liitteitä 1 sivu  
Joulukuu 2012

---

Suomi on edelläkävijä metsäenergian hyödyntämisessä sekä sen hankinnan ja polttoteknologian kehittämisessä. Metsä Group tekee monella rintamalla työtä metsäenergiatoiminnan kehittämiseksi. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Metsäliitto Puunhankinnan uudistusaloilla testattavaa Combienergia -menetelmää. Menetelmän lähtökohta on, että latvusmassa on palstalla kasoilla kannonnoston aikana ja tämän jälkeen suoritetaan latvusmassalle sekä kannoille yhdistetty metsäkuljetus. Menetelmän avulla pyritään parantamaan energiapuun korjuun kannattavuutta sekä lyhentämään korjuun aikajännettä.

Tutkimuksessa keskityttiin korjuun vaiheisiin. Tutkimuksen maastomittaukset suoritettiin yksityismetsissä kesän ja syksyn 2012 aikana. Valitettavasti kesä ja syksy olivat poikkeuksellisen märkiä ja tutkittavia kohteita saatiin huomattavasti vähemmän, kuin mitä oltiin alun perin suunniteltu. Maastomittausten lisäksi haastateltiin koneyrittäjiä, joilta saatiin työvaiheittain arvokasta tietoa Combienergia -menetelmän vaikutuksesta käytännön työhön. Tutkittavia asioita oli korjuun aikajänteen lyhentäminen, lyhyemmän aikajänteen tuomat hyödyt, kantojen nostoon kulunut aika, kantojen nostoon vaikuttavat tekijät, energiapuunsaanto, istutuspaikkojen määrä ja laatu, istutuspaikkojen määrään ja laatuun vaikuttavat tekijät

Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että Combienergia-menetelmä vaikuttaa hyvin lupaavalta ja tulevaisuudessa sen käyttöä tulisi jatkaa. Samalla todettiin, että korjuun lyhyemmän aikajänteen ansiosta istutustyön aloittamiseen päästään huomattavasti vertailumenetelmää nopeammin. Palstalla sijaitsevien latvusmassakasojen ei havaittu merkittävästi laskevan kannonnoston tuottavuutta eikä heikentävän energiapuun saantoa. Taimien istutuskohtien määrään menetelmällä ei käytännössä ollut vaikutusta. Istutuskohtien laadun parantamiseksi tulisi tulevaisuudessa siirtyä kannonnoston jälkeen tehtävään erillismuokkaukseen.

Tulevaisuudessa on syytä tutkia esimerkiksi varastointiin ja metsähakkeen laatuun liittyviä tekijöitä, koska tässä työssä näihin ei ollut mahdollista ottaa kantaa. Puun energiankäytön kannattavuuden ratkaisevin tekijä on sen kuivuuden eli energiasisällön varmistaminen.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Forestry

**LÄHTEENMÄKI, LAURI:**

Combienergy  
Combined Harvest of Logging Residues and Stumps

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 1 page  
December 2012

---

The purpose of this thesis was to survey a new method called Combienergy. Metsä Forest, which is a Finnish market leader in timber sales from privately owned forests, has tested this new method on its regeneration felling areas.

The starting point for the method is that the logging residues are on the area during stump lifting. After this, forest transportation is performed at the same time for both logging residues and stumps. The method is aimed to improving the profitability of energy wood harvesting, as well as to shorten the time span.

The field surveys of the thesis were performed during summer and autumn 2012. Machine entrepreneurs were also interviewed to obtain valuable information about the effects of the method in practical work.

Based on the results it can be concluded that Combienergy-method seems to be very encouraging and this method should also be used in the future. It was also found that by shorter time span of wood harvesting can be achieved significant benefit to the regeneration. It seems that logging residues does not significantly decrease the productivity of stump lifting and do not reduce the yield of energy wood. According to results mounding substantially improve the quality of planting spots.

In the future it would be good to survey issues related to storing and factors that affect to forest chip quality. It would be particularly important to have researched information about these things because most decisive factor for the profitability of the energy wood use is ensuring the energy content of wood chips.

---

Key words: metsä forest, stump lifting, yield of energy wood

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	5
2. METSÄENERGIA.....	6
2.1 Nykyinen käyttö ja tulevaisuus .....	6
2.2 Energiapuun korjuu .....	6
2.3 Latvusmassan korjuu .....	7
2.4 Kantojen korjuu .....	8
2.5 Maanmuokkaus .....	9
2.6 Latvusmassan ja kantojen korjuun vaikutukset.....	9
2.7 Aikaisemmat tutkimukset.....	10
2.7.1 Latvusmassan korjuu ja lähikuljetus.....	10
2.7.2 Kantojen nosto ja lähikuljetus.....	10
3. TYÖN TOTEUTTAMINEN.....	12
3.1 Kohteiden valinta .....	12
3.2 Tutkimuksen vertailukelpoisuuteen vaikuttavat tekijät.....	13
3.3 Hakkuu ja metsäkuljetus .....	13
3.4 Kannonnosto.....	14
4. COMBIENERGIAN HYÖDYT JA PROSESSIKUVAUS .....	16
4.1 Työvaiheet .....	16
4.2 Korjuun aikajänne .....	17
4.3 Vertailumenetelmän prosessikuvaus .....	18
4.4 Combienergia-menetelmän prosessikuvaus .....	19
5. KANNONNOSTO .....	21
5.1 Tulokset .....	21
5.2 Tulosten pohdintaa .....	24
6. ISTUTUSPAIKKOJEN MÄÄRÄ JA LAATU .....	27
6.1 Tulokset .....	27
6.2 Tulosten pohdintaa .....	30
7. ENERGIAPUUNSAANTO .....	33
7.1 Tulokset .....	33
7.2 Tulosten pohdintaa .....	36
8. LOPPUSANAT .....	39
LÄHTEET .....	41
LIITTEET .....	43
Liite 1. Lyhenteet ja termit .....	43

## 1. JOHDANTO

Syksyllä 2011 Metsäliitto Puunhankinnassa syntyi ajatus uudenlaisesta menetelmästä korjata energiapuuta uudistusaloilta. Mikko Ristimäki ja Vesa Hakonen olivat isossa roolissa, kun uutta menetelmää alun perin alettiin pohtia ja myöhemmin kehittämään. Uuden Combienergia -menetelmän avulla pyritään parantamaan energiapuun korjuun kannattavuutta sekä lyhentämään korjuun aikajännettä. Tutkimuksessa vertailumenetelmällä tarkoitetaan energiapuun korjuumenetelmää, jossa latvusmassan metsäkuljetus tienvarsivarastoon tapahtuu ennen kantojennostoa.

Tulevaisuudessa teollisuus käyttää entistä enemmän energiapuuta ja tämä lisää korjattavan energiapuun tarvetta myös uudistusaloilta. Lisääntyvään energiapuun käyttöön vaikuttaa muun muassa Valtion asettamat tavoitteet energiapuun käytölle sekä päästörajaukset. Uusia energia ja voimalaitoksia rakennetaan jatkuvasti lisää sekä vanhoja laitoksia muutetaan niin, että niissä voidaan käyttää energiapuuta.

Työ aloitettiin syksyllä 2011 Metsäliitto Puunhankinta Tampereen piirin alueella. Työhön valitut tutkittavat kohteet sijaitsivat Tampereen alueella. Opinnäytetyön aloituspalaverissa päätettiin, että työssä käytetään vain yhtä yrittäjää työvaihetta kohden. Näin saatiin työvaihetta kohden enemmän keskenään vertailukelpoisia mittaustuloksia.

Combienergia -menetelmän lähtökohtana on, että työn laatu ei kärsi verrattuna vertailumenetelmään. Työssä tutkittiin seuraavia asioita: korjuun aikajänteen lyhentäminen, lyhyemmän aikajänteen tuomat hyödyt, kantojen nostoon kulunut aika, kantojen nostoon vaikuttavat tekijät, energiapuunsaanto, istutuspaikkojen määrä ja laatu, istutuspaikkojen määrään ja laatuun vaikuttavat tekijät.

## 2. METSÄENERGIA

### 2.1 Nykyinen käyttö ja tulevaisuus

Metsähakkeen käyttö on kasvanut Suomessa voimakkaasti 2000-luvulla. Vuonna 2011 metsähakkeen kokonaiskäyttö kohosi ennätyslukemiin ollen 7,5 milj. m<sup>3</sup>, josta lämpö ja voimalaitoksien osuus oli 6,8 milj. m<sup>3</sup>. Lämpö ja voimalaitoksissa käytetystä metsähakkeesta 45 % on peräisin pienpuusta, 33 % hakkuutähteistä, 14 % kannoista ja juurakoista sekä 8 % järeästä runkopuusta. Näin ollen päätehakkuun yhteydessä korjatusta hakkuutähteestä ja kannoista sekä juurakoista kertyy 47 %, jollei järeää runkopuuta lasketa mukaan. Vuonna 2011 metsähaketta käytettiin kaikkiaan noin 810 energialaitoksessa. (Ylitalo 2012.)

Metsähakkeelle on asetettu 13,5 milj. m<sup>3</sup> käyttötavoite vuodelle 2020 (Kärhä, Elo, Lahinen, Räsänen, Keskinen, Saijonmaa, Heiskanen, Strandström & Pajuoja 2010). Metsäntutkimuslaitoksen Mela-laskelman mukaan metsähakkeen korjuumahdollisuudet vuonna 2020 ovat 40,4 TWh eli 20,2 milj. m<sup>3</sup>, kun ainespuun korjuumäärä ja hakkuupoistuman rakenne ovat samat kuin vuosien 2004–2008 hakkuissa keskimäärin. Toteutuneiden hakkuiden mukaisessa skenaariossa nuorten metsien harvennuksilta korjattavissa olevan energiapuun määrä on 10,7 milj. m<sup>3</sup> vuodessa. Päätehakkuilta on puolestaan korjattavissa latvusmassaa 4,8 milj. m<sup>3</sup> vuodessa ja kantoja 4,7 milj. m<sup>3</sup> vuodessa. On hyvä pitää mielessä, että käytännössä metsänomistajat ja puunostajat ratkaisevat miten metsiä hakataan ja hoidetaan vuonna 2020. Näillä näkymin vuodelle 2020 asetettu 13,5 milj. m<sup>3</sup> tavoite on kuitenkin mahdollista saavuttaa nykyisellä hyvällä metsänkasvulla ja hoidolla. (Laitila, Leinonen, Flyktman, Virkkunen & Asikainen 2010.)

### 2.2 Energiapuun korjuu

Energiapuun korjuulla tarkoitetaan oksien, latvojen, kokopuiden, hakkuutähteiden, kantojen ja lahopuiden keräämistä metsistä. Useimmiten energiapuuta korjataan taimikonhoidon ja päätehakkuun yhteydessä tai erillisissä energiapuuharvennuksissa. Tässä työs-

sä keskitytään yksinomaan päätehakkuun yhteydessä tapahtuvaan latvusmassan ja kantojen korjuuseen.

### 2.3 Latvusmassan korjuu

Latvusmassa puidaan kasoille hakkuun yhteydessä. Hakkuukoneen työtapaa muutetaan niin, että oksat ja latvat kasautuvat hakkuu-uran varteen, kun normaalissa työtavassa oksat ja latvat on pyritty keräämään ajouralle suojaamaan maaperää ja parantamaan kantavuutta (Asikainen, Ranta, Laitila, & Hämäläinen 2001). Kohteen valintaan tulee kiinnittää huomiota, sillä jokaisesta leimikosta ei suinkaan saada samaa määrää korjattavaa latvusmassaa. Tyypillisellä kuusikon uudistushakkuualalla, jossa ainepuukertymä on 200–250 m<sup>3</sup>/ha jää latvusmassaa Etelä-Suomessa noin 100 m<sup>3</sup>/ha, josta energiapuuksi on korjattavissa 70 % (Alakangas 2000).

Korjuuvaiheessa latvusmassan kasoille puinti parantaa materiaalin talteen saantoa, tehostaa korjuutyötä ja ehkäisee kivien ja kivennäismaan joutumista latvusmassan joukkoon. Kasojen paikat palstalla tulee valita niin, että ne ovat kuivalla, tasaisella ja avoimella paikalla kuivumisen edistämiseksi. Tämä vaihe edeltää kaikkia vaihtoehtoisia korjuuketjuja. Sen vuoksi onkin tärkeää että tämän vaiheen onnistumiseen kiinnitetään jatkuvasti huomiota. Lisäksi tulee kiinnittää huomiota kasojen riittävän suureen kokoon ja että kasojen yli ei ajeta työkoneilla. (Äijälä 2010.)

Latvusmassan annetaan kuivua ja neulasten varista touko tai kesäkuussa vähintään kaksi viikkoa ja loppukesällä vähintään neljä viikkoa ennen tienvarsivarastoon kuljettamista tai paalausta. Korjuun yhteydessä pyritään käsittelemään latvusmassaa siten, että mahdollisimman suuri osa ravinnepitoisista neulasista ja lehdistä varisee kasvupaikalle. Kuivattamisen ansiosta metsähakkeen laatu paranee huomattavasti, koska raaka-aine on jo välivarastoitaessa kuivaa. (Äijälä 2010.)

## 2.4 Kantojen korjuu

Kannonnoston ensimmäinen työvaihe on sopivan kohteen valinta. Kannonnostoon soveltuva kohde on kuusivaltainen päätehakkukuvio, jonka pinta-alan on oltava vähintään 1-2 hehtaaria. Tällaisella kohteella kertymä tyypillisesti on kuusen kannoilla 65–80 m<sup>3</sup>/ha joka vastaa 150–180 MWh/ha (Kärhä 2009). Vertailumenetelmässä kohteelta tulee olla kerätty oksa- ja latvusmassa pois ennen kantojen nostoa. Kohteen valinnassa vältetään liian karuja kohteita. Männiköt eivät juurikaan sovellu kannon nostoon, sillä mäntyjen juuret ulottuvat huomattavasti syvemmälle kuin kuusten juuristo.

Kohdevalinnassa tulee huomioida myös maalaji, liian hienojakoinen maalaji jää kiinni kantoihin kannonnoston yhteydessä. Keskikarkeat maalajit ovat parhaita kohteita kannonnostoon. Liian karkeita ja kivisiä kohteita tulee välttää, koska työ merkittävästi vaikeutuu ja hidastuu näillä kohteilla. Lisäksi kannot jätetään korjaamatta jyrkiltä rinteiltä, vesistöjen suojakaistoilta ja metsäojien penkereiltä. Kannot nostetaan, pilkotaan ja kasataan mieluiten hieman yli 20-tonnisilla kaivukoneilla, joissa kauhan tilalla on joko kantohara tai kantopuun nosto- ja pilkontalaite.

Kannot saavat kuivahtaa muutamia viikkoja pienissä kasoissa ennen metsäkuljetusta tienvarteen kantovarastoon. Tämä sen vuoksi että kannot kuivuvat ja puhdistuvat paremmin pienissä kasoissa kuin isossa kasassa tienvarressa. Metsäkuljetus tapahtuu metsätraktorilla ja kantojen on syytä kuivua kantovarastossa ainakin yhden kesän yli. (Kärkkäinen 2004.) Kantojen korjuussa tulisi huomioida, että mitä pienemmäksi kannot pilkotaan sitä paremmin ne kuivuvat mutta vastaavasti kaukokuljetus hankaloituu (Ristimäki 2012).

Perinteisesti kantojen nostossa eniten tehotyöaikaa vie kantopuun puhdistaminen ja paloitteilu, n. 40 % seuraavaksi eniten aikaa vie kannon irrottaminen maasta, n 20 %. Maanmuokkauksen sekä kantojen kasauksen osuus tehoajasta on noin 15 ja 10 %. Nostojäljen tasauksen, työpistesiiirron ja puomin kannolle viennin osuus on arviolta 3 - 7 % kaivukoneen tehotyöajasta. (Laitila, Ala-Fossi, Vartiamäki, Ranta & Asikainen 2007.)



## 2.5 Maanmuokkaus

Kantojen nostoalat muokataan joko kantojen noston yhteydessä tai erillismuokkauksena, joka tehdään kantojennoston jälkeen. Usein erillismuokkaus on tarpeen hienojakoisilla ja veden vaivaamalla mailla, joilla tarvitaan vesitalouden järjestelyjä metsänuudistamisen yhteydessä. Karkeilla ja keskikarkeilla kivennäismailla mätästys tehdään kääntö- tai laikkumätästykseenä, hienojakoisilla mailla käytetään tavallisesti navero- tai ojitusmätästystä. (Äijälä 2010.)

Lähtökohtana tulee aina olla, että kannonnosto ei ole maanmuokkausmenetelmä ja metsän uudistamisen kannalta oikeasta maanpinnan käsittelystä on huolehdittava erikseen. Kantojen noston yhteydessä tehdyssä maanmuokkauksessa istutuspaikkojen laatu voi vaihdella huomattavan paljon. Lisäksi vaarana on, että istutuskohtien maa tiivistyy kantojen metsäkuljetuksen yhteydessä. ”On hyvin todennäköistä, että tulevaisuudessa kannonnoston yhteydessä tehdystä maanmuokkauksesta tullaan luopumaan ja siirrytään kokonaan erillismuokkaukseen” (Ristimäki 2012).

## 2.6 Latvusmassan ja kantojen korjuun vaikutukset

Päätehakkuun yhteydessä suoritettavalla latvusmassan ja kantojen korjuulla on hyvät ja huonot puolensa. Hyviin puoliin voidaan lukea se, että keräämällä latvusmassa ja kannot uudistusaloilta helpotetaan viljelytöitä, parannetaan tulevan taimikon rakennetta sekä heikennetään tukkimiehentäin elinolosuhteita. Kiistattomat hyödyt saadaan toteuttaessa kantojen korjuu juurikäävän vaivaamalla kohteella. Lisäksi on arvioitu, latvusmassan ja kantojen korjuulla voidaan vähentää tukkimiehentäi riskiä. (Nummi)

Huonoihin puoliin luetaan kannonnoston aiheuttama runsaampi taimikon vesakoituminen, joka nostaa taimikonhoitokustannuksia. Ravinteiden huuhtoutumisesta ollaan kahta mieltä. Ravinteiden huuhtoutuminen pohjavesiin vähenee kun suurin osa latvusmassasta korjataan kohteelta. Toisaalta on vaikea arvioida ravinnepoistuman aiheuttamaa vaikutusta seuraavan puusukupolven kehitykseen. (Ilvesniemi & Kuusinen 2008.)

## 2.7 Aikaisemmat tutkimukset

Combienergia-menetelmästä ei ole aikaisempia tutkimuksia. Menetelmä pohjautuu vertailumenetelmään, jossa latvusmassa ajetaan tienvarsivarastoon ennen kantojen nostoa. Tämän vuoksi haettiin aikaisempia tutkimuksia jotka käsittelevät latvusmassan korjuuta, kantojen nostoa ja lähikuljetusta. Tutkimuksien tuli sisältää pohdintaa ja tuloksia teki-joistä, jotka tulee ottaa huomioon korjuussa ja vaikuttavat korjuun kannattavuuteen. Samoin tutkimuksissa oli oltava tuloksia yksittäisen työvaiheen ajanmenekistä, jotta saatiin vertailupohjaa ajanmenekin mittauksille.

### 2.7.1 Latvusmassan korjuu ja lähikuljetus

Tutkittaessa latvusmassan kasoille hakkuuta on todettu, että se ei välttämättä vähennä ainespuun hakkuun tuottavuutta, mikäli työmenetelmä on kuljettajalle tuttu. Ongelmaksi on koettu ainespuurungon käsittely normaalia kauempana hakkuukoneen ohjaamosta sekä ainespuun tilanpuute hakkuu-uran varressa. Mikäli puutavaralajeja on paljon ja latvusmassa kerätään talteen, vaikeutuu puutavaralajien erillään pitäminen ja niiden sijoitteluun käytettävä ajanmenekki kasvaa. (Jäkälä & Mäkinen 2000.)

Ajourien varressa olevat latvusmassakaset voivat vähentää ainespuun metsäkuljetusvaiheen tuottavuutta erityisesti kuormausvaiheen osalta, jos ainespuupölkyt ovat normaalia kauempana ajouran reunasta. Suora näköyhteys ohjaamosta heikkenee ja puut pitää kuormata pitkällä puomilla. Latvusmassan sivullepuinti vaikuttaa myös ajokoneen ajonopeuteen sekä kuormakokoon erityisesti työmailla, joilla heikko kantavuus hankaloittaa metsäkuljetusta. Ajonopeudet laskevat ja kuormakoot pienenevät, jos latvusmassaa ei ole ajourilla lisäämässä kantavuutta tai tasaamassa maaston epätasaisuuksia. (Laitila ym. 2010.)

### 2.7.2 Kantojen nosto ja lähikuljetus

Metla on vuonna 2007 tehnyt laajan tutkimuksen kantojen noston työvaiheista ja kannattavuudesta sekä lähikuljetuksesta. Aikatutkimuksissa kantopuun puhdistamiseen ja

paloitteluun kului 42 prosenttia tehotyöajasta ja kannon maasta irrottamiseen 18 prosenttia tehotyöajasta. Maanmuokkauksen sekä kantojen kasauksen osuus tehoajasta oli 15 ja 11 prosenttia. Nostojäljen tasauksen, työpistesiiirron ja puomin kannolle viennin osuus oli puolestaan 3 – 7 prosenttia kaivukoneen tehotyöajasta. Maanmuokkauksen osuus kantojen noston tehoajanmenekistä oli keskimäärin 3.24 tuntia hehtaarille. Nostotyön tuottavuus oli 13.0 m<sup>3</sup>/tehotunnissa, kun kantoläpimitta oli 40 cm ja nostettavia kantoja oli 500 kappaletta hehtaarilla. Kun maanmuokkaus tehtiin nostotyön yhteydessä, nostotyön tuottavuus laski 9.2 m<sup>3</sup>:iin tehotunnissa. (Laitila ym. 2007.)

Metsäkuljetuksessa kantojen kuormaukseen kului 57 % tehotyöajasta ja kuorman purkamiseen tienvarsivarastolla 25 % tehotyöajasta. Kun otetaan huomioon kuormatraktorin siirtymiset varastopaikalla kuorman purkamisen yhteydessä ja varastopaikan siistimiseen kulunut aika, oli kuorman purkamisen ajanmenekki yhteensä 27 % tehotyöajasta. Kuormausajon osuus tehoajasta oli 3 %. Kuormausajoon liittyvän peruuttelun ja kääntymisten osuus 1 % tehotyöajasta. Tyhjällä kuormalla ajon osuus oli 5 % ja kuormattuna ajon 6 % tehotyöajasta. Kantojen lähikuljetuksen tuottavuus oli 7.8 m<sup>3</sup> tehotunnissa, kun metsäkuljetusmatka oli 250 metriä, kuormakoko 7.0 m<sup>3</sup> ja kantojen kertymä hehtaarilta 60 m<sup>3</sup>. Kuormakoon kasvattaminen 7.0 m<sup>3</sup>:stä 13.0 m<sup>3</sup>:iin paransi työn tuottavuutta 1.0 m<sup>3</sup> tehotunnissa. Aikatutkimuksissa keskimääräinen kuormakoko oli 8.6 m<sup>3</sup> kanto- ja juuripuuta. (Laitila ym. 2007)

### 3. TYÖN TOTEUTTAMINEN

#### 3.1 Kohteiden valinta

Valitut kohteet täyttivät Tapion hyvän metsänhoidon suositukset. Tapion hyvän metsänhoidon suosituksissa rajoitteet perustuvat seuraavan puusukupolven kasvun todennäköiseen taantumaan ja sen suuruuteen, ravinnehäiriöiden todennäköisyyteen, tai kohteen suojeltaviin ominaispiirteisiin. Kohteen pääpuulaji ei vaikuta kohteiden soveltuvuuteen latvusmassan korjuussa. Kantoja Metsäliitto Puunhankinta ei korjaa mäntyvaltaisilta kohteilta.

Suosituksat rajaavat kantojennoston ulkopuolelle kuivat kankaat ja sitä karummat metsätyypit, poikkeuksena juurikäävän vaivaamat kohteet. Samoin runsaskiviset, ravinnehäiriöiset ja pohjavesialueet ovat suositusten mukaan huonoja kannonnostokohteita (taulukko1). Kannonnostoalueilla jätetään pieniläpimittaisten kantojen lisäksi 10–20 kuusenkantoa hehtaarilla nostamatta. (Äijälä 2010.) Tutkittavien kohteiden määrä yhdistelmäkorjuusta oli etukäteen sovittu metsänomistajan ja yrittäjien kanssa.

TAULUKKO 1. Latvusmassan ja kantojen korjuukohteen valinta (Äijälä 2010).

<b>Latvusmassan ja kantojen korjuukohteen valinta</b>		
Kyllä = suositellaan korjuukohteeksi	Latvusmassa	Kannot
Ei = ei suositella korjuukohteeksi		
Kuivahkot kankaat ja niitä viljavammat kivennäismaat sekä vastaavat turvemaat	kyllä	kyllä
Kuivat kankaat ja karukkokankaat sekä vastaavat turvemaat	ei	ei
Kallioiset ja lohkaraiset sekä runsaskiviset kasvupaikat	ei	ei
Pohjavesialueet, luokat 1-2	kyllä	ei

Valittaessa vertailumenetelmän ja Combienergia-menetelmän välillä, palstan koolla on väliä. Vertailumenetelmässä, jossa latvusmassan metsäkuljetus tapahtuu ennen kantojennostoa, pinta-alan on käytännössä oltava vähintään 1-2 hehtaaria. Tätä pienemmiltä

kohteilta latvusmassaa ja kantoja ei ole kannattavaa korjata johtuen korkeista siirtokustannuksista, palkoista, polttoaineesta, ja menetetyistä ajasta. Riippuen käytettävästä hakkurista tai murskasta, pinta-ala vaatimus voi olla suurempi.

Oletus on, että Combienergia-menetelmällä saadaan energiapuun korjuuta tehostettua varsinkin pienemmillä uudistusaloilla. Korjuun vaiheissa Combienergia-menetelmällä saadut kustannussäästöt syntyvät karsimalla työkoneiden siirroista syntyviä kustannuksia. Työkoneiden siirtoja syntyy vähemmän, kun metsätraktoria ei tarvitse erikseen tuoda latvusmassan ja kantojen metsäkuljetukseen. Combienergia-menetelmällä on yläraja, jonka jälkeen vertailumenetelmä on kannattavampi. Tähän on syynä muun muassa suuremman varastopaikan tarve. Combienergia-menetelmä vaatii suuremman tilan tienvarstavarastolle, koska kuivumassa ovat samaan aikaan sekä latvusmassa että kannot.

### **3.2 Tutkimuksen vertailukelpoisuuteen vaikuttavat tekijät**

Tutkimuksen tavoitteena oli päästä mahdollisimman vertailukelpoiseen tulokseen kohteiden välillä. Kohteiden samankaltaisuuden lisäksi käytettävien työkoneiden ja kuljettajien oli oltava keskenään vertailukelpoisia. Tutkittavien kohteiden hakkuussa, metsäkuljetuksessa ja kannon nostossa käytetään vain yhtä yrittäjää työvaihetta kohden. Kaikki mittaukset ja haastattelut ovat saman kuskien työvuoroilta.

### **3.3 Hakkuu ja metsäkuljetus**

Tutkittavilla kohteilla käytetty hakkuukone oli John Deere 1270E, joka on valmistajan uusinta E-mallisarjaa. Koneen kokonaispituus oli 7550 mm ja leveys 2960 mm. Kyseisessä hakkuukoneessa puomin suurin ulottuma oli 11,7 metriä. Metsäkuljetuksessa käytetty metsätraktori oli John Deere 1110E, joka myös on valmistajan uusinta E-mallisarjaa. Koneen kokonaispituus oli 9570 mm ja leveys 2890 mm. Kyseisen metsätraktorin kantavuus oli 12 000 kg ja sen puomin suurin ulottuvuus oli 10,0 m.

Combienergia-menetelmässä latvusmassa on palstalla kasoilla kannonnoston aikana. Tästä syystä tulee kiinnittää erityistä huomioita latvusmassakasojen muotoon ja ko-

koon. Kasojen välinen etäisyys tulee olla mahdollisimman suuri, jotta ne peittävät mahdollisimman vähän maata. Huomioitavaa on, että liian tarkka latvusmassan korjuu heikentää työvaiheen kannattavuutta. Latvusmassan varastointiin palstalla pätee samat ohjeet, kuin vertailumenetelmällä, jossa latvusmassa ajetaan tienvarsivarastoon ennen kantojen nostoa.

### **3.4 Kannonnosto**

Kannonnostossa käytetty kone oli tela-alustainen kaivinkone JCB JS200sc. Työpaino itse koneella oli 21 190 kg, leveys 2,71m ja maksimi ulottuvuus 8,69m (Salonen 2011). Kone oli varustettu Salosen kehittelemällä Kantokunkku -nimisellä nosto- ja pilkontalaitteella, joka oli asennettu kaivinkone kauhan tilalle.

Kantokunkku kantoharvesterilla kantojen maasta irrotus tehdään hankomaisella kanto-koukulla ja kanto pilkotaan painamalla hangossa oleva kanto kaivupuomin alla olevaa sahalaitaista vastaterää vasten. Juurakon paloittelu hainevän muotoista vastaterää vasten tapahtuu kauhasylinterin liikkeillä, jolloin erillistä hydraulista pilkontaveistä ei tarvita. Lisäksi kaksipiikkisen kanto-koukun toista päätä voidaan käyttää laikutus- ja mätätyslevynä uudistusalan maanmuokkauksessa. (Salonen 2011.)



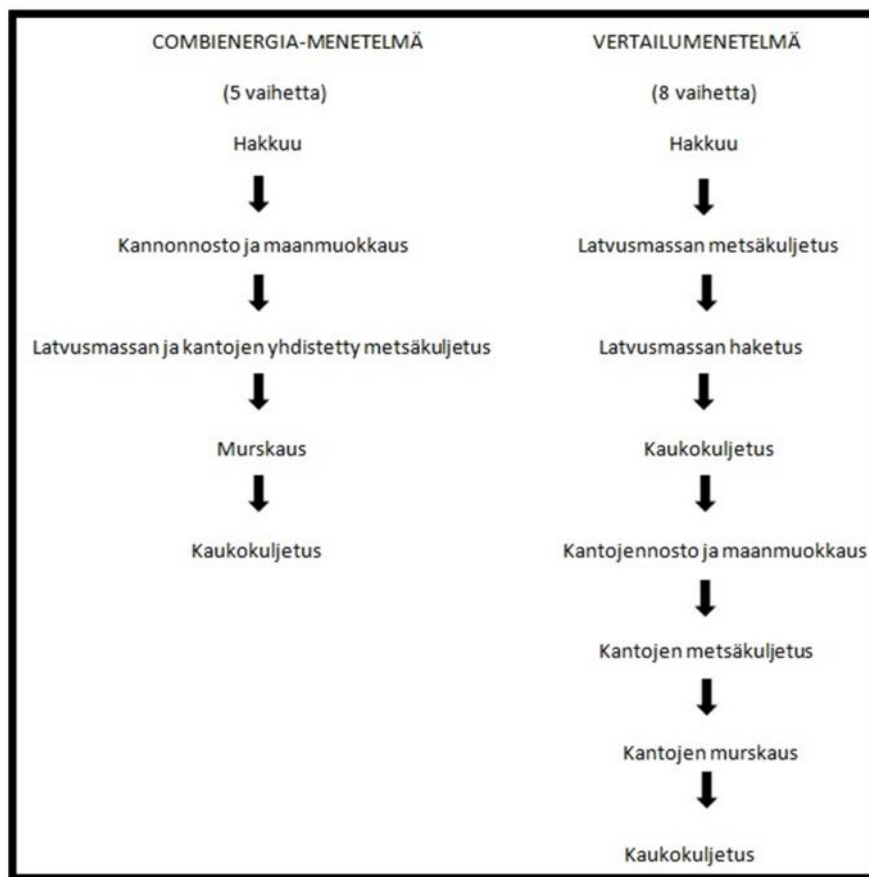
KUVA 1. JCB JS200sc ja ”kantokunkku” Urjalassa 24.11.2011 (Kuva: Lauri Lähtenmäki 2011)

Kantojen korjuun tehokkuuteen ja kannattavuuteen vaikuttaa paljon edellisten vaiheiden onnistuminen. Kohdetta valittaessa on otettava huomioon, että kivisyys, maasteet ja liian karkea maalaji voivat merkittävästi vaikeuttaa ja hidastaa koneen työskentelyä, koska kone joutuu kiertämään esteet tai etsimään kantokasoille sopivaa paikkaa. Etukäteen on vaikea arvioida palstalla olevien latvusmassakasojen vaikutusta korjuun tehokkuuteen. Kantojen korjuun kannattavuus heikkenee, mikäli kasat hidastavat kaivurin toimintaa palstalla. Oletettavasti suurin laskeva tekijä on se, että kuljettaja joutuu korjaamaan kantoja latvusmassakasojen takaa kulkusuuntaan nähden. Nimenomaan tässä kohtaa edellisten vaiheiden onnistumisella on suuri merkitys. Näiden vaiheiden onnistumiseen vaikuttaa kohteen ominaisuudet ja kuskien ammattitaito, sekä motivaatio hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi.

## 4. COMBIENERGIAN HYÖDYT JA PROSESSIKUVAUS

### 4.1 Työvaiheet

Työn tarkoituksena on selvittää latvusmassan ja kantojen yhdistelmäkorjuun kannattavuutta uudistushakkuulla sekä sen tuomia hyötyjä. Onnistuessaan yhdistelmäkorjuulla saavutetaan sekä taloudellista että ajallista hyötyä. Taloudellinen hyöty on mahdollista saavuttaa karsimalla työvaiheita, metsäkoneiden ja hakkurin, tai murskan siirtoja. Ajallinen hyöty on mahdollista saavuttaa, kun korjuuketjun aikajänne lyhenee (kuvio 1). Nykyisin vallitsevan käytännön mukaan seuraavissa esimerkeissä maanmuokkaus tehdään kannon noston yhteydessä



KUVIO 1. Combienergia-menetelmän ja vertailumenetelmän työvaiheet

Combienergia-menetelmässä kilometrikohtaiset siirtokustannukset ovat täsmälleen samoja kuin vertailumenetelmällä. Samoin työstä syntyvät yksittäiset kustannukset, kuten käyttökustannukset, ovat samoja kuin vertailumenetelmällä. Tutkimuksessa latvusmas-



san kasoille hakkuuta ei ole korjuuketjussa eritelty omaksi työvaiheekseen. Syynä tähän oli käytetyn yrittäjän kokemus ja ammattitaito energiapuukohteiden hakkuusta. Aikaisemmin on todettu, että latvusmassan kasoille hakkuu ei välttämättä vähennä ainespuun hakkuun tuottavuutta, mikäli työmenetelmä on kuljettajalle tuttu (Jäkälä & Mäkinen 2000).

Metsäliitto Puunhankinta Tampereen piirillä suurin osa kannoista murskataan tienvarressa, mutta jonkin verran käytetään myös terminaalihaketusta. Riippuu pitkälti yrittäjästä ja kalustoon tehdyistä investoinneista, missä kannot murskataan. Tutkittavilla kohteilla kannot tullaan murskaamaan tienvarressa.

Latvusmassan ja kantojen yhdistetyssä metsäkuljetuksessa latvusmassa ja kannot ajetaan tienvarsivarastoon omissa kuormissaan. Eli samassa kuormassa ei ole sekaisin kantoja ja latvusmassaa. Tämä siitä syystä, että latvusmassalla ja kannoilla on erilaiset ominaisuudet metsäkuljetuksessa (Ristimäki 2012). Lisäksi kuorman purkaminen olisi hitaampaa tienvarsivarastolla. Työ hidastuisi, koska kuormasta jouduttaisiin purkamaan latvusmassa ja kannot omiin kasoihinsa.

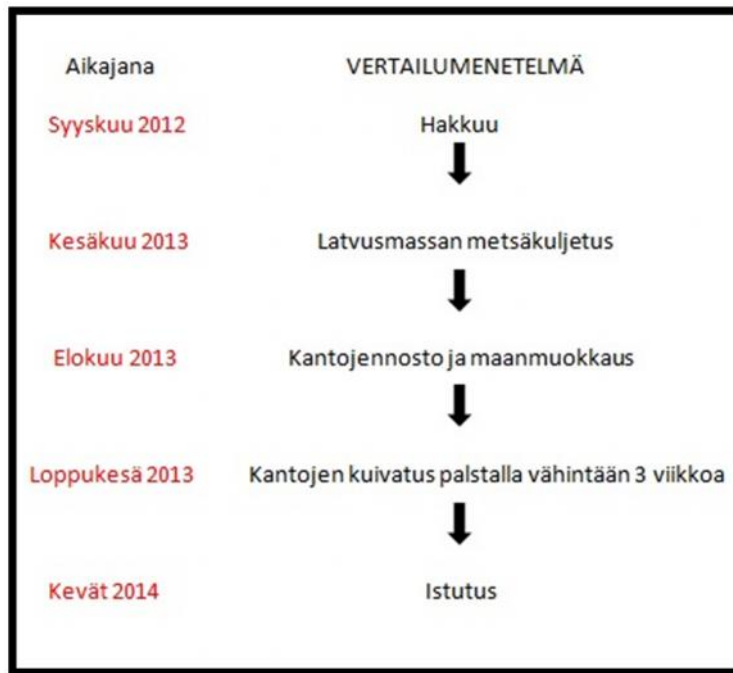
Tulevaisuudessa on syytä tutkia, miten Combienergia-menetelmällä korjattu metsäenergia eroaa laadultaan vertailumenetelmällä saatuun metsähakkeeseen. Tämä pystytään tutkimaan vasta kuivamisen jälkeen, ennen metsähakkeen käyttöä. Lisäksi olisi hyvä tutkia metsäkuljetuksen ja varastoinnin eri vaihtoehtoja, esimerkiksi tienvarsivarastossa kannot alla ja risut päällä.

## **4.2 Korjuun aikajänne**

Combienergia-menetelmän yksi suurimmista eduista on mahdollisuus lyhyempään korjuun aikajänneeseen. Mitä nopeammin metsä pystytään uudistamaan hakkuun jälkeen, sitä paremmat lähtökohdat ovat uuden taimikon kasvulle. Kilpailevaa kasvustoa ei ehdi kasvaa samaa määrää muokatulle alalle kuin vertailumenetelmällä. Puhumattakaan tilanteesta jossa uudistettava ala olisi päässyt pahoin heinittymään. Uudistamisessa pätee myös karkea nyrkkisääntö ”Kahden vuoden viivästyminen uudistamisessa tuplaa uudistamiskustannukset” (Ristimäki2012).

### 4.3 Vertailumenetelmän prosessikuvaus

Laadittiin vertailumenetelmän prosessikaavio, kun hakkuu tapahtuu syksyllä. Kaaviosta (kuvio 2) käy ilmi ajan kuluminen sekä prosessikuvaus. Hakkuun yhteydessä latvusmassa puidaan kasoille.



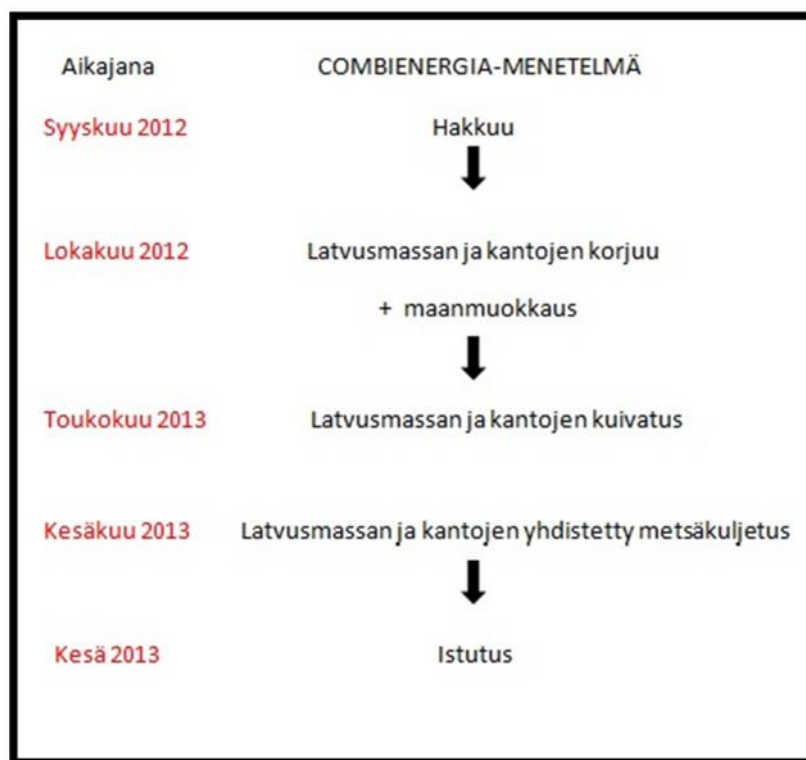
KUVIO 2. Vertailumenetelmän prosessikaavio

Esimerkin kaltaisessa tilanteessa metsää ei päästä uudistamaan seuraavana kesänä. Esimerkissä hakkuu tapahtuu syksyllä, jolloin kuivumista ei tapahdu. Käytännössä tämä tarkoittaa, että latvusmassan annetaan kuivua seuraavan vuoden toukokuussa vähintään 2 viikkoa ennen metsäkuljetusta. Kantoja päästään nostamaan elokuussa johtuen muun muassa yrittäjäresursseista ja logistisista syistä. Kantojen annetaan kuivua palstalla vähintään 3 viikkoa joka tarkoittaa, että istuttamaan päästäisiin vasta syyskuussa. Ollaan tilanteessa, jossa istuttaminen menee vääjäämättä seuraavalle keväälle. Hakkuun ja istutustyön väliin jää yksi kokonainen kesä. Kesän aikana on mahdollista, että heinittyminen pääsee pitkälle ennen istutustyön aloittamista. Heinittynyt uudistusala on hidas istuttaa ja hyviä istutuspaikkoja on harvassa. Pahimmassa tapauksessa heinittyminen on kehittynyt niin pitkälle, että riittävään taimitiheyteen ei ole mahdollista päästä ja edellytyksiä elinkelpoiselle taimikolle ei ole. Tällöin uudistusala joudutaan muokkaamaan

uudestaan ennen istutustyön aloittamista, jolloin uudistamistyön kustannukset nousevat ja istutus viivästyy.

#### 4.4 Combienergia-menetelmän prosessikuvaus

Laadittiin Combienergia-menetelmän prosessikaavio, kun hakkuu tapahtuu syksyllä. Kaaviosta (kuvio 3) käy ilmi ajan kuluminen sekä prosessikuvaus. Hakkuun yhteydessä latvusmassa puidaan kasoille.



KUVIO 3. Combienergia-menetelmän prosessikaavio

Tässä esimerkin kaltaisessa tilanteessa metsä päästään uudistamaan hakkuuta seuraavana kesänä. Hakkuun jälkeen latvusmassa jää palstalle kasoille ja myös kannot korjataan kasoille kuivumaan. Näin palstalla on kuivumassa samaan aikaan niin latvusmassa kuin kannotkin. Seuraavan vuoden touko tai kesäkuussa päästään suorittamaan latvusmassan ja kantojen yhdistetty metsäkuljetus. Istutustyöhön päästään samana kesänä.

Metsänomistajan kannalta Combienergia-menetelmä on kannattava. Mitä nopeammin metsänviljely onnistuu, sitä varmempaa on onnistunut metsän kasvuun lähteminen. Sa-

malla metsän kiertoaika lyhenee, eli metsänomistaja saa nopeammin tuloja metsästään. Tulevaisuudessa olisi hyvä tehdä kannattavuuslaskelmia eri maaperällä ja maantieteellisellä sijainnilla.

## 5. KANNONNOSTO

### 5.1 Tulokset

Koealat sijoitettiin systemaattisesti linjaan niin, että ne kattoivat mahdollisimman laajasti tutkittavan palstan. Koealoilta laskettiin joko viiden tai kymmenen kannon käsitteilyyn kulunut aika sekä työpistesiiirtymiin kulunut aika. Taulukon kohtaan ”kulunut aika, min” laskettiin kantojen käsittelyn ja työpistesiiirtojen yhteistulos minuutteina (taulukko 2)

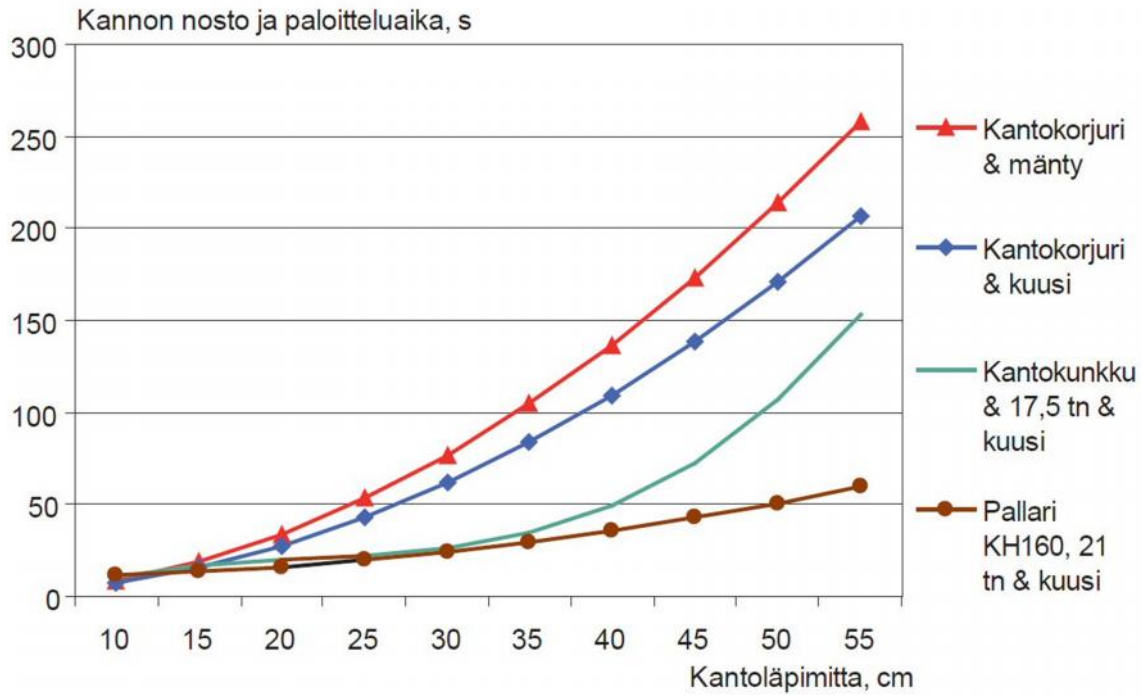
TAULUKKO 2. Kannonoston aikamittauksen tuloksia. 24.11.2011 Muurinen Jorma, sopimusnumero 887110025

Koeala	Kantojen lukumäärä	Kulunut aika, min
1	10	10,40
2	10	13,39
3	5	3,46
4	10	10,26
5	10	11,03
6	5	4,02

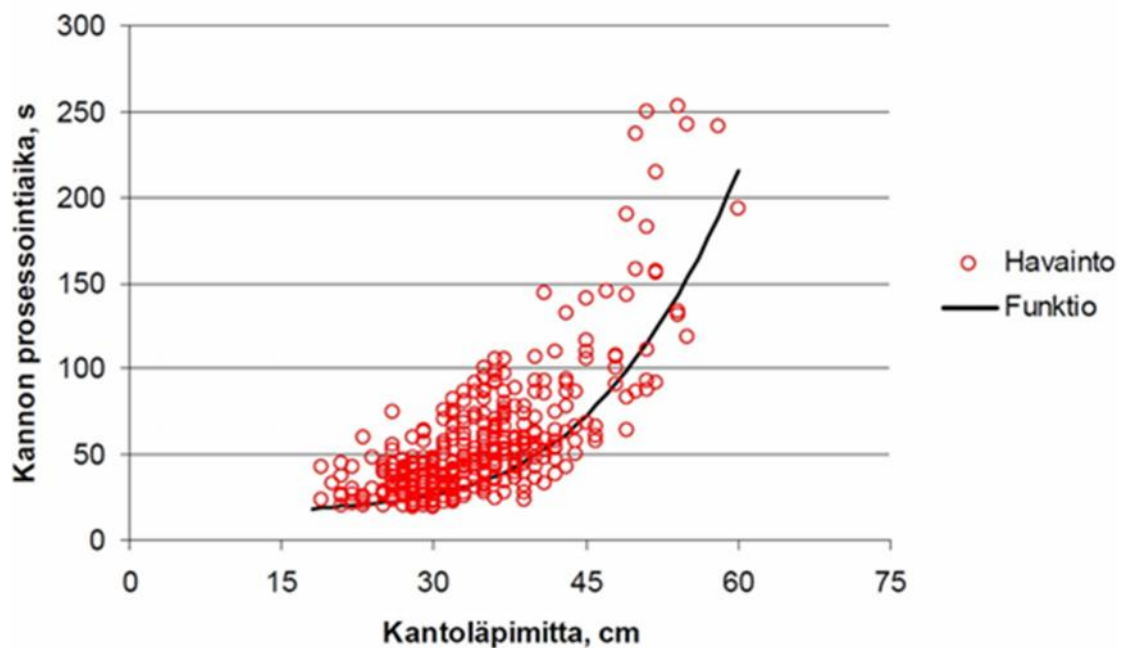
Kuviolla huomioituja asioita:

- Kuvion reunat epäedullisia kannonnostoa ajatellen
- Irtokivet haittasivat kannonnostoa
- Kannot paikoin erittäin kovassa
- Latvusmassakasojen profiili paikoin matala ja laakea
- Latvusmassa ei merkittävästi haitannut kantojen nostoa.

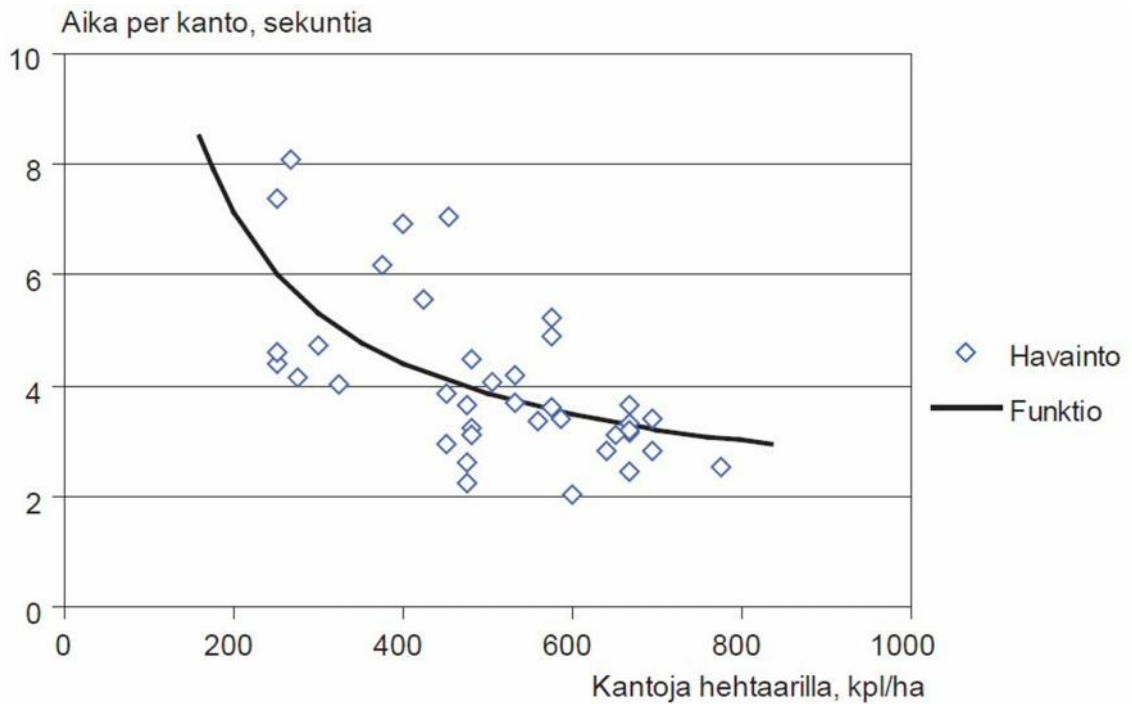
Seuraavat kuvaajat on otettu Metlan työraportteja tutkimuksista antamaan vertailupohjaa työlle. Kuvio 4 ja kuvio 6 on Metlan työraportteja 150 -tutkimuksesta (Laitila 2010). Kuvio 3 sekä kuvio 7 Metlan työraportteja 46 -tutkimuksesta (Laitila ym. 2007). Kuvaajia käytetään kohdassa 5.2 tulosten pohdintaa verrokkeina mitatuille tuloksille.



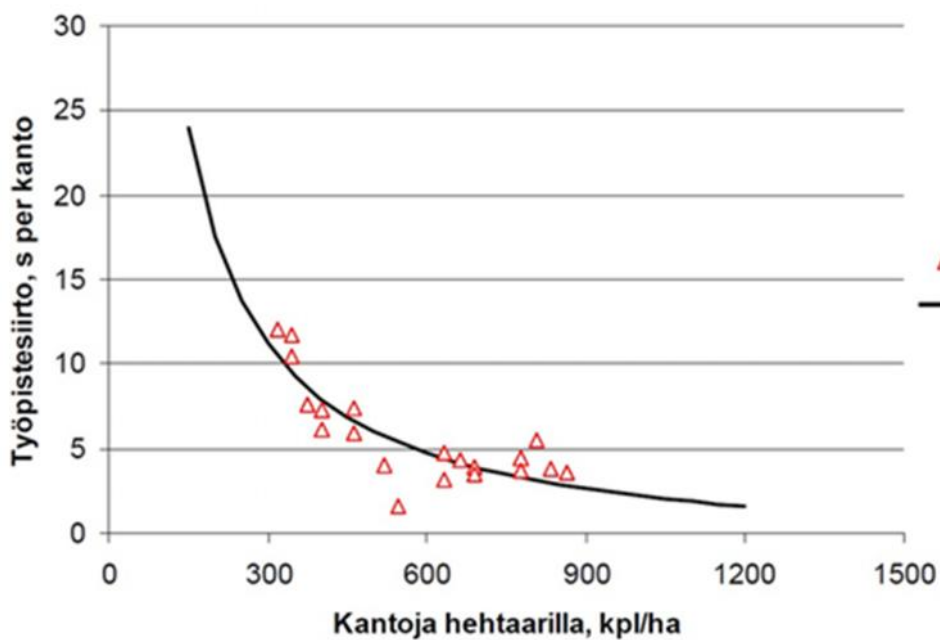
KUVIO 4. Kantojen nosto – ja paloittelu-aika. Kantokunkku ja 17,5 tonnin kaivukone merkattu vihreällä. Metlan työraportteja 150 (Laitila 2010)



KUVIO 5. Kantojen prosessointiaika. Työkoneena JCB 160L ja Kantokunkku. Metlan työraportteja 46 (Laitila ym. 2007)



KUVIO 6. Kaivukoneen työpistesiiirron ajanmenekki kantotiheyden mukaan, sekuntia per kanto. Metlan työraportteja 150 (Laitila 2010)



KUVIO 7. Kaivukoneen työpistesiiirron ajanmenekki kantotiheyden mukaan, sekuntia per kanto. Metlan työraportteja 46 (Laitila ym. 2007)



KUVA 2. Urjalan Combienergiakohde ennen kantojennostoa (Kuva: Mikko Ristimäki 2011)



KUVA 3. Urjalan Combienergiakohde kantojen noston jälkeen. latvusmassakaset ja kannot palstalla kuivumassa. (Kuva: Lauri Lähteenmäki 2011)

## 5.2 Tulosten pohdintaa

Menetelmän vaikutusta kannonnostoon oli tärkeä tutkia käytännössä. Mahdollista oli, että Combienergia-menetelmällä aikaa kului kannonkäsittelyssä ja työpistesirroissa vertailumenetelmää enemmän. Täysin samankaltaisia kohteita vertailtavaksi on vaikea löytää, eli kohteita joilla kantojen lukumäärä ja läpimitta olisivat mahdollisimman samanlaisia. Tämän vuoksi verrokiksi otettiin Metlan työraportteja 150 -tutkimus kantojen nostoon kuluneesta ajasta (Laitila 2010). Tutkimuksesta ilmenee hyvin myös kantojen läpimitan vaikutus prosessointi aikaan. Tutkimuksessa mukana ollut Kantokunkku kantoharvesteri oli asennettu 17,5 tn painoiseen kaivinkoneeseen. Tutkimuksessa otettiin



kantaa myös kaivinkoneen painon vaikutuksesta kantojen nostossa. 17,5 tn ja 21 tn kaivinkoneiden tuottavuus oli samalla tasolla 35 cm kantoläpimitaan saakka. Sitä suuremmilla kannoilla kantojen prosessointiaika 17,5 tn kaivinkoneella alkaa nousta huomattavasti jyrkemmin kuin suuremmalla 21 tn kaivinkoneella. Pääsyy tuottavuuden alenemiseen ja nostoajan kasvuun oli aikatutkimuksissa käytetyn pienemmän kaivukoneen keveys, sillä koneen peräosa pyrki nousemaan ylös suurten kantojen nostossa. (Laitila 2010.) Tuloksia vertaillessa on syytä huomata, että tutkimuksen koelajoilla aikamittauksessa on mukana siirtymä kannolta kannolle.

Verrattiin saatuja tuloksia toiseen tutkimukseen. Tutkimuksen oli tehnyt SLU, eli Ruotsin maatalousyliopisto ja kirjoittajana oli Karlsson Johan, 2007. Työssä tutkittiin männyn, kuusen ja koivun kantojen noston ja paloittelun tuottavuutta Västerbottenin ja Medelpadin maakunnissa Keski- ja Pohjois-Ruotsissa. Tutkittu laite oli Pallari KH160, joka oli asennettu 23 tn Hyundai kaivukoneeseen. Tutkittava kaivinkone oli hyvin samantyyppinen kuin käyttämämme JCB JS200sc ja Metlan 150 työraportissa käytetty 21 tn kaivinkone. Käytetty kantoharvesteri oli toimintaperiaatteeltaan lähes vastaava kuin kantokunkku, ja täysin vastaava kuin Metlan työraportteja 150 - tutkimuksessa.

Karlssonin tutkimuksessa oli laadittu puulajikohtaiset ajanmenekkimallit kantojen prosessoinnille. Työvaiheet olivat nosto, ravistelu, paloittelu ja kasaus. Kantoläpimitalla 33 cm männyn kannon keskimääräinen prosessointiaika oli 84,1 s, kuusen kannolla 78,8 s ja koivun kannoilla 69,9 s. Työpistesiiirtoon kului helppossa maastoluokassa 13,2 sekuntia per kanto ja vaikeassa maastoluokassa 24,5 sekuntia per kanto. (Karlsson 2007.)

Saadut tulokset eroavat huomattavan paljon toisistaan. SLU:n tutkimuksessa kuusen kantojen prosessoinnin ajanmenekki oli yli kaksi kertaa suurempi kuin Metlan työraportteja 150 -tutkimuksessa havaittu kantojen prosessoinnin ajanmenekki. Tämä kertoo osaltaan kohteen ominaisuuksien vaikutuksesta ajanmenekkiin. Kun lasketaan yhteen SLU:n tekemän tutkimuksen tulokset kuusen kantojen prosessoinnista ja työpistesiiirroista helppossa maastossa, tullaan yhteistulokseen 92 sekuntia. Vastaavasti Metlan 150 työraportteja -tutkimuksessa saatu yhteistulos oli noin kaksi kertaa pienempi. Tässä tutkimuksessa kantojen prosessoinnin ja työpistesiiirtojen yhteistulos on 65,12 sekuntia.

Yhteenvedon voidaan sanoa, että tulokset antavat suuntaa kannonostoon kuluva ajasta. Jokainen kohde on kuitenkin erilainen, eikä voida olettaa, että aina päästään samaan tulokseen.

Haastattellessa kannonoston suorittanut konekuskia, hän ei nähnyt merkittävää haittaa latvusmassakasoista palstalla. Hän oli samaa mieltä kasojen etäisyyden ja muodon sekä koon merkityksestä. Mitä suurempi etäisyys kasoilla on ja mitä vähemmän ne vievät maapinta-alaa sitä paremmat edellytykset on tehokkaalle kannonostolle (Salonen 2011). Kaivinkonekuskien motivaatiolla ja ammattitaidolla on Combienergia-menetyksessä suuri merkitys kannonoston tehokkuuteen.

Kaivinkonekuskia haastatellessa esiin nousi ajatus, että saman yrittäjän koneketju hoidettaisiin korjuuketjun alusta loppuun. Näin jokaisessa vaiheessa pyrittäisiin mahdollisimman hyvään työnjälkeen, josta olisi hyötyä seuraavassa työvaiheessa. Voidaan pohtia, vaikuttiko tutkimustilanne konekuskien tehokkuuteen, mutta samaa voidaan varmasti pohtia jokaisessa vastaavanlaisessa tutkimuksessa.

Vertailupohjan parantamiseksi tutkimukseen liitettiin aikakaaviot Metlan työraportteja 46-julkaisusta (kuvio 5; kuvio 7). Aikakaaviot käsittelivät kannon prosessointiin ja työpistesiiirtymiin kulunutta aikaa käytettäessä JCB 160L kaivinkonetta ja kantokunkkukantoharvesteria (kuvio 5; kuvio 7). Näin ollen aikamittaukset olivat hyvin vertailukelpoisia. Aikatutkimuksissa nostettiin 410 kuusen kantoa yhteensä 22 koealalta. Maalajina työmailla oli vähäkivinen hieta. Pienet kannot halkaistiin kahtia ja suuret paloitteltiin 3 - 4 kappaleeseen. Noston ja paloittelun yhteydessä kone ravisteli irtoavan maan ja kivin kantoista ja kasasi kantopalat metsäkuljetusta varten. (Laitila ym. 2007.)

Saatujen tulosten perusteella Combienergia-menetyksessä ei heikennä kantojen noston tuottavuutta. Aikamittausten tulokset olivat hyvin linjassa siihen, minkälaisia tuloksia on saatiin vertailumenetyksessä vastaavanlaisella kalustolla.

## 6. ISTUTUSPAIKKOJEN MÄÄRÄ JA LAATU

### 6.1 Tulokset

Istutuspaikkojen lukumäärää ja laatua tutkittaessa valittiin verrattavaksi kohteiksi palsat, joilta oli korjattu latvusmassa ja kannot vertailumenetelmällä sekä Combienergia-menetelmällä. Kohteet valittiin siten, että ne olivat mahdollisimman samankaltaisia puustoltaan, mahdollisilta maaesteiltään ja pinta-alaltaan. Vertailumenetelmän kohteita olivat Niemistö (kuva 4) ja Urjalan seurakunta (kuva 5). Combienergia-menetelmän kohteiksi valittiin Virtanen Urpo (kuva 6) ja Muurinen Jorma (kuva 7). Yksittäisen koealan säde oli 5,64 m eli koealan pinta-ala oli 1 aari.



KUVA 4. Kartta koealoista vertailumenetelmän kohteella. Niemistö, sopimusnumero 922210007. Mittakaava 1:1250. Koealat 5,64 m = 1 aari

TAULUKKO 3. Mitatut taimimäärät kohteella Niemistö. Tumman vihreä väri kertoo riittävästä taimimäärästä, punainen vastaavasti liian vähäisestä

Koeala	Taimia	Lisätietoja
1	0	Varastopaikan pohja
2	0	Varastopaikan pohja
3	19	Maata paljastunut tasaisesti, heinää paikoin
4	18	
5	16	Lievä heinähaitta
6	20	Ajouran läheisyys
7	17	
8	13	Voimakkaasti ruohoittunut
9	17	Ruohoittunut
10	15	Ajouran läheisyys, risut haitanneet istutusta
11	19	Märkä kohta, jossa vesi paikoin seisoo
12	18	Ajouran läheisyys, risut haittaa



KUVA 5. Kartta koealoista vertailumenetelmän kohteella Urjalan seurakunta, sopimusnumero 922210014. Mittakaava 1:1250. Koealat 5,64 m =1 aari

TAULUKKO 4. Mitatut taimimäärät kohteella Urjalan Seurakunnan. Tumman vihreä väri kertoo riittävästä taimimäärästä, punainen vastaavasti liian vähäisestä

Koeala	Istutuskohtia	Mättäitä	Istutuspaikkoja yht.	Lisätietoa
1	11	9	20	Maata paljastunut tasaisesti
2	9	6	15	Lievä heinähaitta
3	17	0	17	Kuvion alareuna, ajoura
4	16	0	16	Heinä haittaa istutustyötä
5	18	0	18	Ajouran läheisyys
6	22	0	22	
7	13	0	13	Heinä haittaa istutustyötä
8	23	0	23	

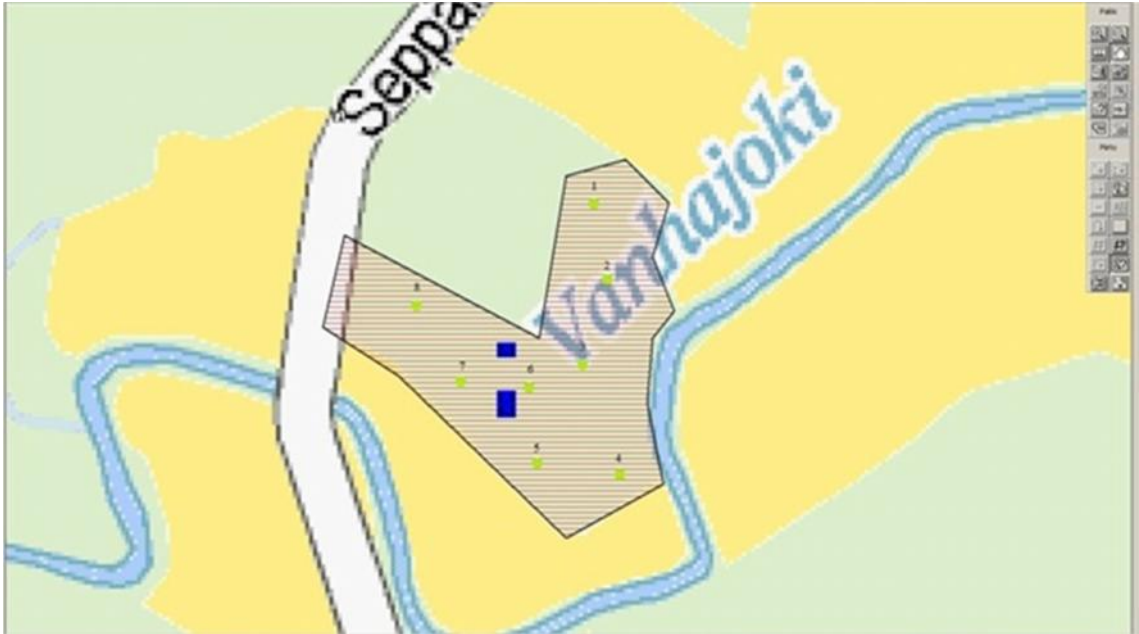


KUVA 6. Kartta koealoista Combienergia-menetelmän kohteella Virtanen Urpo, sopimusnumero 536211014. Mittakaava 1:1250. Koeala 5,64 m = 1 aari

TAULUKKO 5. Mitatut taimimäärät kohteella Virtanen Urpo. Tumman vihreä väri kertoo riittävästä taimimäärästä, punainen vastaavasti liian vähäisestä

Koeala	Istutuskohtia	Mättäitä	Istutuspaikkoja yht.	Lisätieto
1	7	0	7	Ajouralla risuja, olisi pitänyt mätästää
2	23	0	23	Maata paljastunut tasaisesti
3	21	0	21	
4	13	3	16	Maata paljastunut tasaisesti
5	17	0	17	Lievä risuhaitta, muutama kivi
6	21	0	21	Maata paljastunut tasaisesti
7	11	0	11	Risuhaitta, olisi pitänyt mätästää
8	20	2	22	Maata paljastunut tasaisesti
9	13	0	13	Koealalla luonnontaimia!
10	15	3	18	Kannonnoston raja
11	6	0	6	Koealalla luonnontaimia!

Erytishuomioita kohteelta Virtanen Urpo. Kuviolla oli paikoin luonnontaimia, joiden pituus vaihteli 1-2,5 metrin välillä. Kohteella sijaitseva rakennustyömaa huomioitiin koealojen sijoittelussa.



KUVA 7. Kartta koealoista Combienergia-menetelmän kohteella Muurinen Jorma, sopimusnumero 887110025. Mittakaava 1:1250. Koeala 5,64 m = 1 aari

TAULUKKO 6. Mitatut taimimäärät kohteella Muurinen Jorma. Tumman vihreä väri kertoo riittävästä taimimäärästä, punainen vastaavasti liian vähäisestä

Koeala	Istutuskohtia	Mättäitä	Istutuspaikkoja yht.	Lisätietoa
1	3	16	19	Koealalla muutama kivi
2	0	18	18	
3	4	14	18	
4	4	12	16	Ajouran läheisyys
5	6	13	19	
6	3	15	18	
7	2	17	19	Ajouran läheisyys
8	8	10	18	

## 6.2 Tulosten pohdintaa

Combienergia-menetelmällä tulee päästä samantasoiseen maanmuokkausjälkeen kuin vertailumenetelmällä. Tämän vuoksi tehtiin tutkimusta istutuspaikkojen lukumäärästä ja niiden laadusta. Sopivia istutuspaikkoja tulisi olla vähintään sama määrä kuin vertailumenetelmällä, mieluiten kääntömättäitä. Tutkittavat kohteet uudistettiin kuusen paakutaimilla. Uudistettaessa kuusen taimilla suositeltava taimitiheys on 1800 tainta hehtaarilla.

Tärkeää oli tutkia, miten maanmuokkauksen aikana palstalla olevat latvusmassakasat vaikuttavat istutuspaikkojen lukumäärään ja laatuun. Kasojen koko ja niiden etäisyys toisistaan vaikuttaa erityisesti istutuspaikkojen määrään. Tämän takia onkin erityisen tärkeää kiinnittää huomiota siihen, että kasoista pyritään tekemään mahdollisimman suuria ja korkeita. Toinen tärkeä tekijä on kaivinkoneen kuljettajan kyky ja ammattitaito ottaa huomioon latvusmassakasojen mahdollinen vaikutus istutuspaikkojen määrään.

Tulevaisuudessa on mahdollista, että kantojennoston yhteydessä tehtävästä maanmuokkauksesta luovutaan ja siirrytään kantojennoston jälkeen tehtävään erillismuokkaukseen. Käytännössä tämä tarkoittaisi, että istutuspaikkojen laatu paranee kun taimet istutetaan mättäisiin. Tarpeen ei olisi myöskään miettiä latvusmassakasojen vaikutusta istutuspaikkojen määrään. Mikäli erillismuokkaukseen siirrytään, olisi kannonnostolla positiivinen vaikutus erillismuokkauksen hehtaarikohtaisiin kustannuksiin. Kohteet joilta kannot on nostettu, erillismuokkaus olisi noin 10 % edullisempi verrattuna kohteeseen, jolta kantoja ei ole nostettu (Ristimäki 2012).

Vertailumenetelmällä istutuspaikkoja oli keskimäärin 17,70 koealaa kohti. Combienergia-menetelmällä istutuspaikkoja oli keskimäärin 17,71 koealaa kohti. Näiden tuloksien perusteella Combienergia-menetelmä ei eroa vertailumenetelmästä. Huomattavaa kuitenkin ovat erot istutuskohdtien laadussa. Sekä vertailu, että Combienergia-menetelmällä suuri osa istutuskohdista sijaitsi kohdassa, jossa maata oli paljastunut joko kannonnoston yhteydessä tai latvusmassan metsäkuljetuksen yhteydessä. Koealoilta, joilta maata oli paljastunut laajalti, laskettiin istutuskohdat niin, että istutuspaikkojen keskimääräinen etäisyys oli toisistaan 2,37m. Tällä etäisyydellä päästään tavoiteltuun taimitiheyteen 1800 tainta hehtaarilla. Kohteella Niemistö, sopimusnumero 922210007 käytiin tarkistamassa istutuksen jälkeen taimitiheys, ja taimien keskimääräiseksi lukumääräksi saatiin 1720 tainta hehtaarilla. Tämä ei yllä tavoiteltuun määrään 1800 tainta hehtaarilla, mutta kertoo sen, että mitattujen istutuspaikkojen lukumäärä vastaa hyvin todellisuutta istutuksessa.

Muista tutkittavista kohteista poiketen Muurinen, sopimusnumero 887110025 erosi edukseen. Kohteella istutuskohdat sijaitsivat pääosin erikseen tehdyillä mättäillä, tarkalleen 79 % kaikista istutuspaikoista sijaitsi selvillä mättäillä. Tämä on positiivinen asia

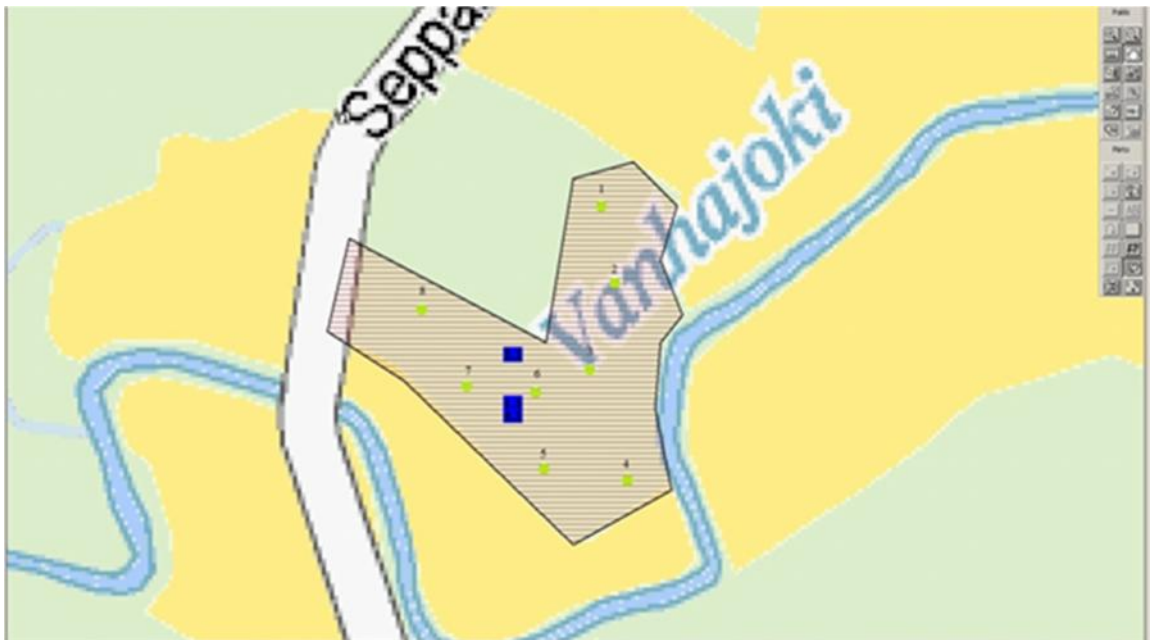
taimien kasvuun lähdön kannalta, sillä mätästys ja mättäät näyttäisivät nopeuttavan kuusten pituuskasvua voimakkaasti. Hyvästä kasvuun lähdöstä on suurta etua kuusille kilpailussa vesakkoa ja heinittymistä vastaan. Vesoittumisongelmien uskotaan pienentyvän laikkumätästyksellä myös siksi, että taimien lähiympäristöön ei synny niin paljon vesakkoa kuin äestysvakoihin ja laikkuihin. (Lehtosalo, Mäkelä & Valkonen, 2011.)



## 7. ENERGIAPUUNSAANTO

### 7.1 Tulokset

Nostamatta jääneiden kantojen lukumäärää tutkittaessa verrattavaksi kohteiksi valittiin kohteet joilta oli korjattu latvusmassa ja kannot vertailumenetelmällä sekä Combienergia-menetelmällä. Kohteet oltiin valittu siten, että ne ovat mahdollisimman samankaltaisia puustoltaan, maaesteiltään ja pinta-alaltaan. Vertailumenetelmän kohteita oli Auterinen (kuva 10). Combienergia-menetelmän kohteiksi valittiin Virtanen Urpo (kuva 9) ja Muurinen Jorma (kuva 8). Lisäksi tuloksia verrattiin energiapuun määrä ja laatu- tutkimuksen jäävien kantojen määrä korjuualoilla kuvaajaan (kuvio 5)



KUVA 8. Kartta koealoista Combienergia-menetelmän kohteella Muurinen Jorma, sopimusnumero 887110025. Mittakaava 1:1250. Pinta-ala 1,6ha. Koeala 5,64m = 1 aari

TAULUKKO 7. Nostamattomien kantojen lukumäärä kohteella Muurinen Jorma

Koeala	Nostamattomia kantoja	Lisätietoja
1	1	Pieniläpimittaisia kantoja 4-8cm
2	2	
3	1	
4	1	Pieniläpimittaisia kantoja 5-10cm
5	1	Pieniläpimittaisia kantoja 4-8cm
6	0	
7	1	
8	0	

Erityishuomioita kohteelta Muurinen Jorma (kuva 8). Kantojen nostoa ei ole suoritettu kuvion oikealla puolella sijaitsevan Vanhajoen läheisyydestä. Tämä otettiin huomioon koealojen sijoittelussa.



KUVA 9. Kartta koealoista Combienergia-menetelmän kohteella Virtanen Urpo, sopimusnumero 536211014. Koeala 5,64 m = 1 aari

TAULUKKO 8. Nostamattomien kantojen lukumäärä kohteella Virtanen Urpo

Koeala	Nostamattomia kantoja	Lisätietoja
1	3	
2	1	
3	0	Pieniläpimittaisia kantoja 6-10cm
4	0	Pieniläpimittaisia kantoja 5-8cm
5	1	
6	2	
7	2	
8	0	Pieniläpimittaisia kantoja 6-12cm
9	0	
10	1	
11	1	

Erityishuomioita kohteelta Virtanen Urpo. Kantojen nostoa ei ole suoritettu kuvion oikeassa alareunassa näkyvän lammen läheisyydestä, myöskään kuvion yläpuolella näkyvän järven läheisyydestä kantoja ei ole nostettu. Lisäksi kannot on jätetty nostamatta järven ja lammen välillä kulkevan ojan läheisyydestä sekä lammesta vasemmalle lähtevän ojan läheisyydestä. Nämä otettiin huomioon koealojen sijoittelussa.



KUVA 10. Kartta koealoista vertailumenetelmän kohteella Auterinen, sopimusnumero 837110008. Mittakaava 1:1250. Pinta-ala 1,7 ha. koeala 5,64 m = 1 aari

TAULUKKO 9. Nostamattomien kantojen lukumäärä kohteella Auterinen.

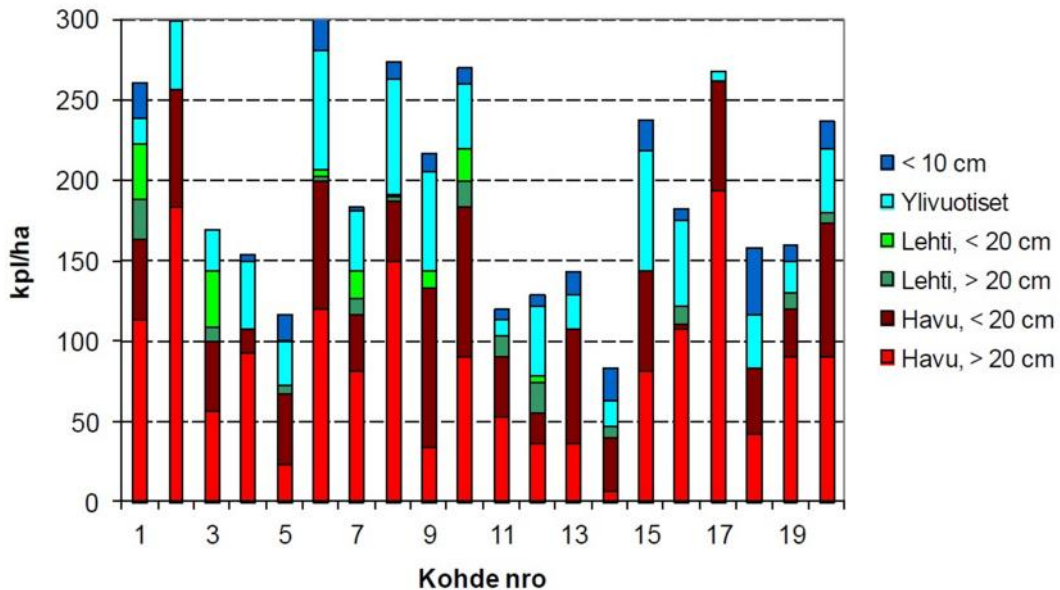
Koeala	Nostamattomia kantoja	Lisätietoja
1	2	
2	0	
3	1	
4	0	Pieniläpimittaisia kantoja 6-10cm
5	2	
6	1	
7	1	
8	0	Pieniläpimittaisia kantoja 5-8cm
9	0	

Huomioita kohteelta Auterinen. Kannot järeitä mutta lahoa verrattain paljon. Kohteella ei maaesteitä.

Seuraava kuvaaja on otettu Metlan tekemästä Energiapuun määrä ja laatu - tutkimuksesta antamaan vertailupohjaa työlle. (Lindblad 2011). Kohdassa 7.2 tulosten pohdintaa kuvaajaa käytetään verrokkina mitatuille tuloksille.

## Jäävien kantojen määrä korjuualoilla

Mittaukset tehtiin 20 kannonnostoalalla Kanta-Hämeessä alkukesällä 2009. Systemaattinen linjoittainen koalamittaus. Otanta noin 6 % pinta-alasta.



KUVIO 8. Kuvaaja kannonnostossa nostamatta jääneiden kantojen lukumäärästä. (Lindblad 2011)

### 7.2 Tulosten pohdintaa

Korjuun lyhyemmän aikajänteen lisäksi Combienergia-menetelmän tavoite on parantaa energiapuun korjuun kannattavuutta uudistusaloilta. Tavoitteena on, että korjuusta tehdään kannattavaa myös pienialaisilla kohteilla, joilla se ei vertailumenetelmällä ole ollut kannattavaa johtuen syntyneistä kustannuksista ja menetetyistä ajasta. Combienergia-menetelmä ei saa vähentää korjattavan latvusmassan ja kantojen määrää verrattuna vertailumenetelmään. Tutkittavilla kohteilla laskettiin nostamatta jääneet kannot ja tämän lisäksi ajokoneelta saatiin tarkka mittaustulos latvusmassan ja kantojen määrästä. Latvusmassan ja kantojen määrä saatiin kilogrammoina sekä motteina kuormainvaakamittauksen mittaustositteesta.

Latvusmassakasat ovat palstalla vielä kantojennoston aikaan ja tämän vuoksi mahdollista, että kantoja jää kasojen alle. Mikäli kantoja jää kasojen alle, vaikuttaa se suoraan kohteelta saatavaan kantojen määrään ja energiapuun korjuun kannattavuus heikkenee. Latvusmassan alle jääneiden kantojen lukumäärää oli käytännössä hyvin vaikea saada selville. Tämän vuoksi päädyttiin laskemaan koaloilta nostamatta jääneet kannot, kun latvusmassan ja kantojen metsäkuljetus oli tehty. Näin pystyttiin vertailemaan nostamatta jääneiden kantojen lukumäärää vertailumenetelmällä tehtyyn kannonnostoon. Jääneet kannot laskettiin vertailumenetelmän koaloilta samaan tapaan kuin Combienergia-menetyksessä. Vertailupohjaa parannettiin Metlan tutkimuksella Energiapuun määrä ja laatu (Lindblad 2011). Vertailtavaksi otettiin kuvaaja nostamatta jääneistä kannoista (Kuvio 8). Samalla verrattiin tuloksia Tapion hyvän metsänhoidon suosituksiin. Kannonnosto kohteilla jätetään pieniläpimittaisten kantojen lisäksi 10–20 kuusenkantoa hehtaarilla nostamatta

Yksittäisen koalan säde oli 5,64m eli koalan pinta-ala oli 1 aari. Nostamatta jääneiden kantojen laskennassa keskityttiin havupuiden kantoihin, joiden läpimitta on yli 20cm:ä. Tämän lisäksi koaloilta havainnoitiin alle 20cm havupuun kannot. Kohteilla alle 20 senttimetrinen kantojen läpimitta vaihteli 5-12 cm välillä. Niillä ole energiapuun saannon kannalta oleellista merkitystä.

Vertailumenetelmällä nostamatta jääneiden kantojen lukumäärä oli keskimäärin 87,5 kantoa hehtaarilla. Combienergia-menetyksessä nostamatta jääneiden kantojen lukumäärä oli keskimäärin 93,25 kantoa hehtaarilla. Metlan energiapuun määrä ja laatu kuvaajan perusteella jääneiden yli 20 cm havupuiden kantojen lukumäärä oli keskimäärin 83 kantoa hehtaarilla. Vertailumenetelmän kohteelta Muurinen Jorma, sopimusnumero 887110025 otettiin myös kuormainvaakamittauksen mittaustositteesta ajettujen kantojen kuutiomäärä sekä paino kilogrammoina.

Saatujen tulosten mukaan menetelmillä näyttäisi olevan eroa nostamatta jääneiden kantojen lukumäärässä, ja tätä kautta vaikutusta saatuaan energiamäärään. Combienergia-menetyksellä eroa vertailumenetelmään on noin 6 kantoa. Eroa Combienergia-menetyksellä Metlan kaaviosta (Kuvio 8) saatuaan määrään on noin 10 kantoa. Tästä voi päätellä, että Combienergia-menetyksessä kantoja on jäänyt latvusmassakasojen alle. Toisaalta 6-10 jääneen kannon ero hehtaarilla ei ole vielä merkittävän suuri.

Energiapuun korjuussa jääneiden kantojen merkitys kasvaa, mikäli erot ovat toistuvia. 10 hehtaarilla ero tarkoittaa 60 - 100 kantoa ja sadalla hehtaarilla 600 - 1000 kantoa. Tästä syystä on tulevaisuudessa syytä kiinnittää huomiota jääneiden kantojen lukumäärään. Mikäli havaitaan, että tilanne ei muutu, on syytä kiinnittää huomiota nimenomaan latvusmassakasojen etäisyyteen ja muotoon. Latvusmassakasojen tulee olla suuria ja muodoltaan sellaisia, että ne peittävät mahdollisimman vähän maata. Kohteelta Muurinen Jorma, sopimusnumero 887110025 nostettujen kantojen kokonaismäärä on selvästi pienempi kuin keskimäärin hehtaarilta saatava määrä. Saatu kantomäärä oli 77,6 m<sup>3</sup> eli 48,5 m<sup>3</sup> hehtaarilta, kun keskimääräinen hehtaarilta saatava määrä on 65 - 80 m<sup>3</sup>. Ero selittyy sillä, että Vanhajoen läheisyydestä ei nostettu lainkaan kantoja.

Kohteelta saatavaan latvusmassan määrään Combienergia-menetelmällä ei ole vaikutusta. Menetelmässä latvusmassa puidaan normaalisti kasoille, joista ne yhdessä kantojen kanssa ajetaan tienvarsivarastoon. Käytännössä puusto on ainoa tekijä, joka vaikuttaa latvusmassan hehtaarikohtaiseen saantoon. Kohteelta Muurinen Jorma, sopimusnumero 887110025 latvusmassaa saatiin yhteensä 106 430 kg ja 177,4 m<sup>3</sup> tuoretiheyden ollessa 600 kg/m<sup>3</sup>. Tämä määrä vastaa hyvinkin niitä tuloksia, jotka ovat yleisesti tiedossa. Esimerkiksi kuusikon päätehakkuussa, jossa ainepuukertymä on 200-250 m<sup>3</sup>/ha kertyy latvusmassaa noin 100 m<sup>3</sup>/ha, josta energiapuuksi on korjattavissa 70 %.



KUVA 11. Latvusmassa ja kantokasa tienvarsivarastossa kohteella Muurinen Jorma, sopimusnumero 887110025. 15.11.2012 (Kuva: Lauri Lähtenmäki 2012)

Latvusmassakasa 28 m x 6,5 m	106 430kg	177,4 m <sup>3</sup>	tuoretiheys 600 kg/m <sup>3</sup>
Kantokasa 22 m x 3,8 m	69 070kg	77,6 m <sup>3</sup>	tuoretiheys 890 kg/m <sup>3</sup>

## 8. LOPPUSANAT

Tutkimuksessa tehtyjen mittausten ja haastatteluiden perusteella Combienergia-menetelmä osoittautui kannattavaksi, ja sen tutkimista sekä käyttöä tulisi tulevaisuudessa jatkaa. Vuodenajat asettivat oman haasteensa työlle. Aineiston keruuta haittasivat nimenomaan vuoden 2012 poikkeuksellisen märkä kesä ja syksy. Tutkimukseen ennalta valittuja kohteita ei päästy korjaamaan, koska latvusmassa jouduttiin ajamaan ajourille kantavuuden parantamiseksi. Märkä kesä ja syksy aiheuttivat myös sen, että teiden kunto heikkeni niin, että metsäkoneita ei ollut mahdollista viedä kohteille.

Lyhentämällä korjuuketjun aikajännettä parannetaan korjuun taloudellista kannattavuutta. Taloudellinen hyöty saavutetaan karsimalla työkoneiden siirtoja, työvaiheita sekä näistä syntyviä kustannuksia. Combienergia-menetelmän lyhyempi aikajänne mahdollistaa istutuksen aloittamisen merkittävästi aikaisemmin.

Kannonnoston tuottavuutta tutkittiin suorittamalla aikamittauksia Combienergia-menetelmän kohteilla ja vertaamalla niitä vertailumenetelmän kohteilta saatuihin tuloksiin. Aikamittauksissa otettiin huomioon kantojen käsittelyyn kulunut aika sekä myös työpistesiiirtoihin kulunut aika. Todettiin, että palstalla sijaitsevat latvusmassakasat eivät heikennä kannonnoston tuottavuutta.

Tutkittaessa istutuspaikkojen määrää ja laatua havaittiin, että istutuspaikkojen määrään käytettävällä menetelmällä ei käytännössä ole merkitystä. Istutuspaikkojen laadussa sen sijaan ilmeni paikoin huomattavaa vaihtelua, johtuen lähinnä siitä, että istutuspaikat eivät sijainneet mättäissä. Tulevaisuudessa on syytä vielä tutkia, siirrytäänkö pelkästään kannonnoston jälkeen tehtävään maanmuokkaukseen.

Combienergia-menetelmä ei saa heikentää energiapuun saantoa hehtaarilta vertailumenetelmään nähden. Korjattavan latvusmassan määrään ei vertailtavilla menetelmillä ollut vaikutusta. Sen sijaan latvusmassakasat palstalla saattavat laskea nostettavien kantojen määrää. Tehtyjen mittausten perusteella näyttäisi siltä, että latvusmassakasat eivät merkittävästi laske nostettavien kantojen lukumäärää. Tulevaisuudessa tilannetta on kuitenkin tarkkailtava. Mikäli nostettavien kantojen määrä on jatkuvasti alhaisempi kuin

vertailumenetelmällä, on syytä kiinnittää huomiota kasojen muotoon ja niiden etäisyyteen toisistaan.

Kokonaisuus on niin laaja, että tutkittavia ja pohdittavia asioita riittää jopa useampaan tutkimustyöhön. Tutkittavia asioita voisi olla eri varastointivaihtoehdot. Eli esimerkiksi kannot alle ja latvusmassa päälle, latvusmassa ja kannot erikseen tai sekaisin. Peitetäänkö tienvarsivarastoa, kuinka korkean tienvarsivarastosta voi tehdä. Paljonko tarvitaan varastopaikkaa metriä/ m<sup>3</sup>, mitä maksaa piston teko.

Tulevaisuudessa tulisi vertailla kohteita myös haketuksen näkökulmasta. Miten vaikuttaa varastojen käsittelyyn, säilymiseen, varastojen kokoon ja mikä on tehokkain hakeuskone tietylle kohteelle. Koska metsähakkeen laatu ja energia-arvot eivät saa menetelmän myötä kärsiä, tulisi tutkia hakkeen laatua ja kosteutta sekä latvusmassan ja kantojen säilyvyyttä varastossa.



## LÄHTEET

Asikainen, A., Ranta, T., Laitila, J. & Hämäläinen, J. 2001. Hakkuutähdehakkeen kustannustekijät ja suurimittakaavainen hankinta. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Tiedonantoja 131. 107s. Luettu 13.12.2011

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Tulostettu 3.1.2012.

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>

Forest.fi. Viidennes Suomen energiasta tulee puusta. Luettu 6.1.2012.

<http://www.forest.fi/smyforest/forest.nsf/0/5A63243AD47290E6C22572C800475AB1?Opendocument>

Forest.fi Sanasto. Luettu 7.1.2012

<http://www.forest.fi/smyforest/forest.nsf/allbyid/C450E6F2FEE4D618C2256F3400418576?Opendocument#Hakkuukone%20%28forest%20machine%2C%20harve>

Hallitustenvälinen ilmastopaneeli. 2007. Neljäs arviointiraportti. Tulostettu 13.11.2012

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=81566&lan=fi>

Hänninen, R. & Sevola, Y. Metsäsektorin suhdannekatsaus 2009–2010.

Metsäntutkimuslaitos. S. 55–57. Luettu 9.12.2011

Ilvesniemi, H & Kuusinen, M 2008. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. Tutkimusraportti Tapion ja Metlan julkaisuja. Luettu 12.2.2012

[www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti](http://www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti)

Jäkälä, M. & Mäkinen, P. 2000. Metsäkoneyrittäjät energiapuun korjuussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 778. ISBN 951-40-1738-2 Luettu 15.9.2012

Karlsson, J. 2007. Produktivitet vid stubblyftning. Luettu 19.10.2012

[http://ex-epsilon.slu.se:8080/archive/00001561/01/Arbetsrapport\\_168.pdf](http://ex-epsilon.slu.se:8080/archive/00001561/01/Arbetsrapport_168.pdf)

Kärhä, K. 2009. Metsäteollisuuden puuperäiset jätteet & Metsäenergiapuu. Luettu 25.2.2012

[http://www.bioenergiatieto.fi/default/?\\_\\_EVIA\\_WYSIWYG\\_FILE=4548&name=file](http://www.bioenergiatieto.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=4548&name=file)

Kärhä, K., Elo, J., Lahtinen, P., Räsänen, T., Keskinen, S., Saijonmaa, P., Heiskanen, H., Strandström, M. & Pajuoja, H. 2010. Kiinteiden puupolttoaineiden saatavuus ja käyttö Suomessa vuonna 2020. Työ – ja elinkeinoministeriö. Tulostettu 4.12.2011

[http://www.tem.fi/files/28437/TEM\\_66\\_2010\\_verkkojulkaisu.pdf](http://www.tem.fi/files/28437/TEM_66_2010_verkkojulkaisu.pdf)

Kärkkäinen, T. 2004. Puhdas ja kuiva kanto parasta polttoainetta. Puumies 5/2004, 20 – 21. Luettu 11.3.2012

Laitila, J., Ala-Fossi, A., Vartiamäki, T., Ranta, T. & Asikainen, A. 2007 Kantojen noston ja metsäkuljetuksen tuottavuus. Metlan työraportteja 46. Tulostettu 6.8.2012

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp046.htm>

Laitila, J. 2010. Kantojen korjuun tuottavuus. Metlan työraportteja 150. Tulostettu 7.10.2012

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp150.htm>

Laitila, J., Leinonen, A., Flyktman, M., Virkkunen, M. & Asikainen A. 2010 Metsähakkeen hankinta- ja toimituslogistiikan haasteet ja kehittämistarpeet. VTT tiedotteita 2564. Tulostettu 18.9.2012

[www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2564.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2564.pdf)

Lehtosalo, M., Mäkelä, A. & Valkonen, S., 2011. Laikkumätästettyjen uudistusalojen vesottuminen. Metsätieteen aikakauskirja 1/2011. Luettu 16.10.2012

<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff11/ff111046.pdf>

Lindblad, J. 2011. Energiapuun määrä ja laatu. Metla. Luettu 4.11.2012

[http://www.mhy.fi/metka/tapahtumat/fi\\_FI/metkaseminaari/\\_files/86732310067955109/default/Energiapuun%20m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4%20ja%20laatu\\_30112011.pdf](http://www.mhy.fi/metka/tapahtumat/fi_FI/metkaseminaari/_files/86732310067955109/default/Energiapuun%20m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4%20ja%20laatu_30112011.pdf)

Nummi T. Riittääkö puuta polttoon? Satakunnan puuenergiapotentiaali ja ympäristövaikutukset. Lounais-Suomen metsäkeskus. Luettu 12.2.2012

[www.prizz.fi/linkkitiedosto.aspx?taso=4&id=584&sid=540](http://www.prizz.fi/linkkitiedosto.aspx?taso=4&id=584&sid=540)

Pajuoja, H., Hänninen, H., Hämäläinen, J. & Karppinen, H. 2010. Yksityismetsien käyttöasteiden tulkinnasta. Luettu 1.3.2012

<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff10/ff104535.pdf>

Ristimäki, M. 2012. Haastattelu 18.6.2012. Haastattelija Lähteenmäki, L.

Ristimäki, M. 2012. Haastattelu 13.11.2012. Haastattelija Lähteenmäki, L.

Salonen, J. 2011. Kaivinkonekuskki. Haastattelu 24.11.2011. Haastattelija Lähteenmäki, L.

Suomi, O. & Äijälä O. 2010. Puuenergia. Luettu 9.1.2012  
[http://www.metsavastaa.net/im\\_puuenergia](http://www.metsavastaa.net/im_puuenergia)

Ylitalo E. 2012. Puun energiakäyttö 2011. Metsäntutkimuslaitoksen metsätilastotiedote. Luettu 4.12.2012

<http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/mtt/2012/puupolttoaine2011.pdf>

Äijälä, O. 2010. Tapion hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Tulostettu 13.2.2012

<http://www.tapio.fi/files/tapio/Aineistopankki>

## LIITTEET

### Liite 1. Lyhenteet ja termit

#### LYHENTEET JA TERMIT

Energiapuu	Polttoon tai muuhun energiakäyttöön tarkoitettu puu tai puutavara muodosta ja lajista riippumatta (Alakangas 2000)
Hake	Palasiksi leikattu puubiomassa, joka on valmistettu mekaanisesti. Puuhakepalojen tyypillinen pituus on 5-50 mm. (Äijälä 2010.)
Hakkuutähde	Hakkuutähteellä tarkoitetaan hakkuun jälkeen metsään esimerkiksi latvuksia, oksia ja jalostukseen kelpaamattomia rungon osia. (Forest.fi)
Hakkuutähdehake	Hakkuutähteestä tehty hake. (Alakangas 2000)
Kantohake	Kannoista tai liekopuista tehtyä haketta (Alakangas 2000)
Kantopuu	Koostuu rungon kaatoleikkauksen alapuolelle jäävästä kannosta ja juurakosta (Äijälä 2010.)
Kokopuu	Kaadettu ja karsimaton puu, juuristo pois lukien. (Äijälä 2010.)
Käyttötuntuottavuus	Koneen tuottavuus käyttötuntia kohti, esim. m <sup>3</sup> /käyttötunti tai ha/ käyttötunti
Latvusmassa	Hakkuun sivutuote. Latvusmassaan kuuluvat latvat, oksat, neulasen ja lehden. Myös hakkuualalle jäävä pienikokoinen puu luetaan latvusmassaksi. (Äijälä 2010.)

Metsäenergia	Metsäenergia tarkoittaa oksia, rankoja ja kantoja. Metsäenergialla tarkoitetaan yleensä hakkuutähteistä ja kannoista eli energiapuusta saatavaa energiaa (Forest.fi)
Metsähake	Metsähaketta valmistetaan latvus- ja oksamassasta, raivauspuusta, kannoista, juurakoista sekä runkohukkapuusta. (Äijälä 2010.)
Murske	Tehty puusta tai sen osasta koneellisesti murskaamalla. Murskeella on vaihteleva palakoko /partikkelikoko ja muoto
Tuotantoaika	Aika, joka kuluu yksittäisellä kuviolla työtehtävän tekemiseen