

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Metsätalouden koulutusohjelma

Mikael Pesonen

KONEELLISEN KITKENNÄN TYÖVAIKEUSLUOKITUSMENETEL-  
MÄN KEHITTÄMINEN UPM SILVESTAN TYÖKOHTEILLA

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2014

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Toimeksiantajan ja yhteistyökumppanien esittely .....	6
2.1	UPM Silvesta .....	6
2.2	UPM-Kymmene Metsä .....	6
2.3	Rajaforest Oy .....	7
3	Metsänhoitotöiden koneellistaminen .....	7
4	Koneellinen taimikon kitkentä .....	9
4.1	Pentin Paja Oy:n laitteiden kehitystyö .....	9
4.2	Työkohteen valinta .....	12
4.3	Kitkentätöiden aikataulu, jälki ja taimikon kasvuedellytykset .....	13
4.4	Kitkennän hyödyt metsurityöhön verrattuna .....	14
5	Työvaikeustekijöiden määrittäminen metsurityössä .....	15
6	Tutkimuksen tavoitteet ja lähtökohdat .....	17
6.1	Tutkimuksen tavoitteet .....	17
6.2	Tutkimuksen lähtökohdat .....	17
7	Tutkimuksen suorittaminen .....	18
7.1	Ennakkomittaukset .....	18
7.2	Konemittaukset työn ohessa .....	20
7.3	Koelapaikan määräytyminen .....	22
8	Tulokset .....	23
9	Tulosten tarkastelu ja analysointi .....	30
10	Kehitysprojektin toteuttaminen .....	31
11	Pohdinta .....	34
11.1	Tutkimuksen ja kehitysprojektin toteuttamisesta .....	34
11.2	Koneellisen kitkennän työvaikeusluokituksen mittausmenetelmät tulevaisuudessa .....	37
	Lähteet .....	40

## Liitteet

Liite 1: Konekitkennän työvaikeusluokitusmenetelmän mittausohje, kesä 2014

Liite 2: Konekitkennän omavalvontalomake (alkuperäinen)

Liite 3: Muokattu konekitkennän omavalvontalomake



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2014**  
**Metsätalouden koulutusohjelma**

Sirkkalantie 12 A  
80100 JOENSUU  
013 260 6900

Tekijä  
Mikael Pesonen

Nimeke  
Koneellisen kitkennän työvaikeusluokitusmenetelmän kehittäminen UPM Silvestan työkohteilla

Toimeksiantaja  
UPM Silvesta Oy

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää menetelmä, jota käyttämällä UPM Silvestan urakoitsijoiden suorittamissa varhaisperkausikäisissä taimikoissa todennetaan kitkennätyön työvaikeusluokitus ja urakan laskutettava hintaluokka. Aiemmin käytössä oli tuntitaksoittelu ja sitten metsurityön määritysmenetelmä, jotka eivät olleet työhön soivia. Opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään, onko koneellisessa kitkennässä mahdollista mitata kitkennässä poistuvien runkojen ja metsikkökuviolle kasvamaan jäävien runkojen määrää metsäkoneen hytistä käsin käyttäen apuna Pentin Paja Oy:n P25-kitkentälaitetta sekä metsäkoneen puomia.

Kehitysprojektin alussa suoritettussa tutkimuksessa mitattiin käsin ennen kitkennän alkua työkohteiden arvioidut poistuvan ja kasvatettavan puuston määrät, ja verrattiin niitä työn ohessa metsäkoneesta käsin mitattuihin tietoihin. Mittaustietojen yhteenve-toa apuna käyttäen kehitettiin työvaikeusluokitusmenetelmä, jota tullaan käyttämään UPM Silvestan koneellisessa kitkennässä siihen asti, että UPM-Kymmene-konserni saa tietojärjestelmäpäivityksen. Päivityksessä muun muassa karttojen käytettävyyttä metsäkoneissa tulisi laajentaa metsänhoitotöiden osalta.

Kehitetty mittausmenetelmä on niin systemaattinen mutta kuitenkin yksinkertainen kuin ilman tietokonetta tehtävässä mittauksessa käytettävän menetelmän tarvitsee olla. Näin lyhyeen tarkastelujaksoon ei kuitenkaan voitu sisällyttää menetelmän toimivuuden tarkastelua käytännön työssä, vaan seuranta jää opinnäytetyön toimek-siantajan vastuulle.

Kieli  
suomi

Sivuja 40  
Liitteet 3  
Liitesivumäärä 7

Asiasanat  
koneellinen kitkentä, työvaikeusluokitus, koneellinen metsänhoito



**THESIS**  
**May 2014**  
**Degree Programme in forestry**  
Sirkkalantie 12 A  
FI 80100 JOENSUU  
FINLAND  
+358 013 260 6900

Author  
Mikael Pesonen

Title  
Developing Work Difficulty Rating System for Mechanized Uprooting on Worksites of UPM Silvesta

Commissioned by  
UPM Silvesta Oy

Abstract

The aim of this thesis was to develop a system for UPM Silvesta to determine the work difficulty rating and the chargeable price range. The system would be used in tending of young forest stands by mechanized uprooting on worksites of UPM Silvesta and its contractors. Earlier the prices were based on working hours and then on the determination system of manual tending, but they were not suitable for mechanized uprooting. The goal of the thesis was to find out, if it is possible in mechanized uprooting to calculate from the driver's cabin the amount of trunks removed in uprooting and that of those remaining on the site by utilizing the P25-uprooter manufactured by Pentin Paja Oy and the boom of the harvester.

In the beginning of this development project estimated removal and the amount of trees left to grow were first, before uprooting, measured manually. These measurements were compared to those collected by the harvester driver who did the same using his machinery. The summary of measurement data was then used to provide information for creating a system to determine the work difficulty rating of mechanized uprooting. This system will be used in mechanized uprooting until UPM-Kymmene gets its computer and information system updated. The updating allows, for example, more efficient use of maps in forest management operations carried out by harvesters.

This system now produced is as simple and systematic as a non-computer based measuring system needs to be. However, it was not possible to include the tracking of its functionality in actual work due to the short reference period. This should be done by UPM Silvesta.

Language  
Finnish

Pages 40  
Appendices 3  
Pages of Appendices 7

Keywords  
mechanized uprooting, work difficulty rating system, mechanized tending of forests

## 1 Johdanto

Sain toukokuussa 2013 opinnäytetyöni aiheeksi UPM Silvestalta koneellisen kitkennän työvaikeusluokitusmenetelmän kehittämisen. Opinnäytetyön aiheen antoi ja yhtiön puolesta ohjaajana toimi syksyllä 2013 eläköitynyt Kari Kuru, jolle kuuluu kunnia myös kitkentäperkauksen kehittamisestä. Kehitysprojektiin liittynyt tutkimus suoritettiin yhteistyössä Rajaforestin kanssa.

Koneellinen kitkenta on taimikon varhaisperkausiässä tehtävä toimenpide, jossa havupuiden kasvua nyt ja myös tulevaisuudessa haittaavat lehtipuut poistetaan juurineen. Konekitkenta on osaltaan myös ennaltaehkäisevä toimenpide, sillä kitkenta vähentää vesomista merkittävästi. Kuljettajien taitojen lisääntyessä useimmiten myöhempi taimikonhoito osoittautuu kitkennän jäljiltä tarpeettomaksi. Kitkettyyn metsikköön tullaan siis uudestaan vasta ensiharvennuksen tullessa ajankohtaiseksi. Työvaikeus koostuu kitkennällä suoritettavassa varhaisperkauksessa pääasiassa poistuvan puuston määrästä. Kitkentalaitteella työskentelevien metsäkoneenkuljettajien ammattitaito kasvaa ja kitkettävien alueiden määrä lisääntyy jatkuvasti.

Mitatun poistuman todentamistapaa oli kuitenkin kehitettävä. Aiemmin käytössä olleet mittausohjeet eivät ole sellaisenaan systemaattisia ja luotettavia. Tietyissä tilanteissa mittauksien tulosten on havaittu kallistuvan kohti suuremman poistuman luokitusta, jolloin työkohteen urakan hinta kasvaa, vaikka todellisuus voi olla toinen.

Luotava työvaikeusluokitusmenetelmä olisi väliaikainen, muutaman vuoden käytössä oleva menetelmä, jota myöhemmin päivitetäisiin samalla, kun UPM-Kymmene ja UPM Silvesta saavat tietojärjestelmäpäivityksen. Samassa yhteydessä pyritään viemään tietojärjestelmän metsänhoitotyökartat ynnä muut, nyt saamattomissa olevat tiedot, myös sopimusyrittäjien metsäkoneisiin, jotta päästäisiin eroon paperikartoista ja voitaisiin tehokkaammin hyödyntää esimerkiksi GPS-paikannusta motoissa kitkennän yhteydessä.

Opinnäytetyöni keskeisenä ajatuksena on siis se, että kuinka luodaan luotettava menetelmä, jolla voidaan todentaa poistettavan ja kohteelle jäävän kasvatettavan puuston määrä kitkentälaitetta ja koneen puomia apuna käyttäen.

## **2 Toimeksiantajan ja yhteistyökumppanien esittely**

### **2.1 UPM Silvesta**

UPM Silvesta on UPM-Kymmenen tytäryhtiö, joka tekee metsätalouden suorittavaa työtä. Yhtiö työllistää noin 130 metsuria sekä noin 200 aliurakoitsijaa sekä franchise-yrittäjää. UPM Metsä eikä Silvesta monen muun metsäyhtiön tavoin omista metsäkoneita itse, vaan konetyöt tehdään ostopalveluina koneyrittäjien kautta. (UPM Silvesta 2013.)

UPM Silvesta tekee perinteisiä metsuritöitä, eli taimikonhoitoa, metsänuudistamista, linjanraivausta sekä myrskytuhojen korjuuta, mutta palveluihin kuuluvat myös luonnonhoito- ja maisemointityöt, metsätienrakennus ja kunnostusojitus sekä myös pihapuiden poisto. Silvesta tekee suorittavia metsänhoitotöitä UPM-Kymmenen omistamissa metsissä sekä UPM Metsän tilaamia töitä sen asiakkaiden metsissä. (UPM Silvesta 2013.)

### **2.2 UPM-Kymmene Metsä**

UPM-Kymmene Metsä on UPM-Kymmene Oyj:n osasto, joka vastaa puuraaka-aineen hankinnasta konsernin jalostuslaitoksille Suomessa. Metsäosasto hoitaa UPM:n omia metsiä sekä käy kauppaa puuraaka-aineesta ja metsänhoitotöistä yksityismetsänomistajien kanssa sekä solmii metsäpalvelusopimuksia heidän kanssaan. Silvesta on osapuoli, joka hoitaa sekä koneelliset, että manuaaliset metsänhoitotyöt UPM Metsän tilauksesta. (UPM-Kymmene Metsä 2013.)

UPM Metsällä on keskustoiminnot Valkeakoskella, konsernin syntysijoilla, ja metsäpalvelutoimistoja Suomessa 15, joista pohjoisin sijaitsee Pietarsaassa. Toiminnot ovat siis eteläisen Suomen alueella. Näillä 15 toimistolla on lisäksi kymmeniä niiden alaisuuteen kuuluvia pienempiä toimistoja maakunnissa. (UPM-Kymmene Metsä 2013.)

### **2.3 Rajaforest Oy**

Rajaforest Oy on Kesälahdella, Kiteellä ja Tohmajärvellä toimiva metsäurakoinnin ja lämpöliiketoiminnan verkostoyritys. Sen pääasiakas on UPM-Kymmene Metsä. Rajaforestin urakoitsijoilla on käytössään sesongista riippuen 8–11 puunkorjuuketjua ja 3–9 puutavara-autoa. (Rajaforest 2013.)

## **3 Metsänhoitotöiden koneellistaminen**

Metsänhoitotöiden koneellistaminen on yksi niistä tavoista, joilla pyritään saavuttamaan metsätöiden kustannustehokkuutta ja korvaamaan alaspäin suuntautuvaa metsurien määrää.

Metsäkoneiden työkustannukset ovat pysyneet viime vuosina samalla linjalla, ollen jopa laskemaan päin, mutta metsurityön kustannukset, eritoten taimikonhoitotöissä, ovat kaksinkertaistuneet viimeisen vajaan kolmenkymmenen vuoden aikana (Metsätilastollinen vuosikirja 2012). Metsurityön hinta on tästä vain nousussa. Mikäli metsänhoidollisia töitä, kuten taimikonhoitoja ja varhaishoitoja, saataisiin muutettua koneellisiksi, voitaisiin saavuttaa merkittäviä säästöjä ja tuoda samalla lisätöitä metsäkoneyrittäjille. Samalla voitaisiin paikata kehitymässä olevaa metsuripulaa. Töissä olevien metsurien ikärakenne on vankasti lähivuosina eläköityviin painottunut. Suurin osa heistä onkin eläkkeellä vuonna 2016. Uusia metsureita ei kouluteta suuria määriä, joten edessä on metsänhoi-

totöiden työvoimapula, mikäli koneellistamisessa ei päästä eteenpäin. (Juntunen 2013.)

Metsänhoidon koneellistamisen pyrkimyksiä on viety niin metsänviljelyn kuin taimikon varhaisperkauksen ja T2-ikäisen taimikon hoitoon. Metsien viljelyssä männynsiementen konekylvö on ollut käytössä jo pitkään, mutta kuusen koneellinen istuttaminen on ottanut tuulta alleen hitaammalla tahdilla. Vuonna 2010 koneellisen istutuksen osuus kuusen viljelyaloilla oli 2–3 %, ja istutuskoneita oli käytössä 30–35 kappaletta koko Suomessa. Koneistutuksessa tapahtuu jatkuvaa laitteiston ja tekniikan kehittymistä. Tuota kehitystä on kuitenkin kiihdytettävä, että saavutetaan merkittävää edistymistä. (Rantala 2010.)

Taimikonhoitotöihin kehitettyjä laitteita on poistuvan taimen katkaisuun ja kitkentään perustuvia. UPM:n kehittämä ja markkinoima, Pentin Pajan valmistama konekitkentalaitte nostaa poistettavan puuston juurineen, jolloin uudelleenvesominen vähenee tuntuvasti ja myöhemmän vaiheen taimikonhoito putoaa pois taimikonhoitoketjusta hyvin kitketyillä kohteilla (Kukkonen & Kukkonen 2013, 50). Kesäkuun 2014 oli pidetyssä palaverissa tiedossa kymmenen kitkennän aloittavaa koneyritystä, ja joitakin saattaa tulla vielä lisää (Koivumäki 2014).

Eri suomalaisten valmistajien katkaisevilla laitteilla voidaan suorittaa sekä alikasvoksen raivausta esimerkiksi energiapuuhakkuilla tai kakkosvaiheen taimikonhoitoa eli varttuneen taimikon harvennusta. Laitteita on valmistettu sekä ympärivuotista että kesäkäyttöä ajatellen (Risutec 2014, Väre 2013, Usewood 2014.). Taimikonhoitotöissä katkaisevalla laitteella toimiva työkone tekee kuitenkin taimikkoon ajouran, mikä vähentää kasvatettavaa puustoa kohteelta, mutta toisaalta lisää ajouran reunapuiden kasvua ja helpottaa taimikossa liikumista. (Kukkonen & Kukkonen 2013, 51, 83-88.)



## 4 Koneellinen taimikon kitkentä

### 4.1 Pentin Paja Oy:n laitteiden kehitystyö

Ajatus siitä, että varhaisperkausikäisen taimikon hoitoa voitaisiin koneellistaa metsäkoneen puomiin harvesterin tilalle kiinnitettävällä taimikonhoitolaitteella, sai alkusysäyksensä vuosituhatien vaihteessa. Silloin UPM-Kymmene Metsän tuolloisen Kaakkois-Suomen hankinta-alueen ympäristöpäällikkönä työskennellyt Kari Kuru toi ajatuksen ilmoille, ja idean pohjalta Mikko Häikiö Pentin Paja Oy:stä suunnitteli giljotiiniterällä katkaisevan reikäperkauslaitteen. Laite oli ympyrän muotoinen, ja sen keskellä oli perattavalle taimelle jätetty aukko. Laite siis toteutti suoraan reikäperkauksen ajatusta. (Liikkanen 2003.)



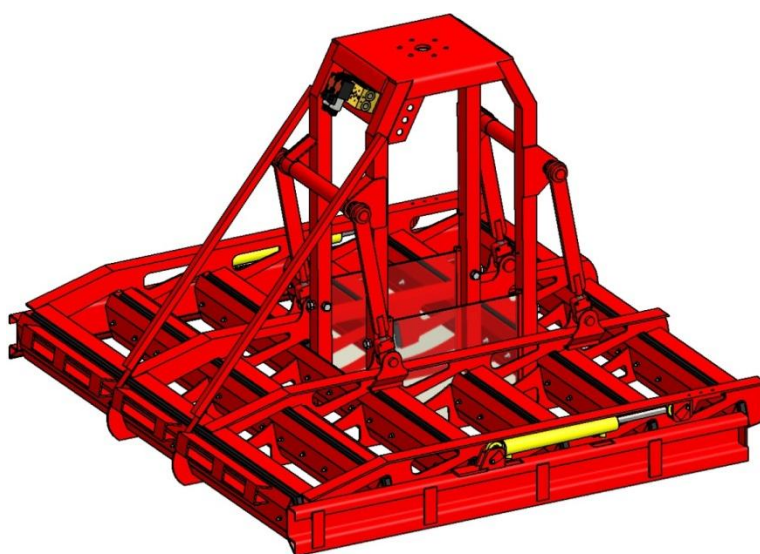
Kuva 1. Naarva-reikäperkauslaite.

Reikäperkauslaitteen työskentelyä, tuotosta ja ajanmenekkiä mitattiin ja vertailtiin manuaaliseen perkaukseen. Pilottitutkimuksessa havaittiin, että puhtaasti

työnjäljen kannalta laite oli pätevä. Kustannukset alkoivat olla halvempia koneella kuin manuaalityönä, kun poistuvien runkojen määrä ylitti 15 000 runkoa hehtaarilla. Kuitenkin työolosuhteiden havaittiin vaikuttavan konetyöhön enemmän kuin manuaaliraivaukseen. (Liikkanen 2003.)

Myöhemmin tutkimuksen jälkeen tapahtunut uudelleenvesominen kuitenkin osoitti, että tällä menetelmällä ei tulisi saavuttamaan merkittäviä säästöjä manuaaliperkaukseen verrattuna. Taimikossa olisi käytävä toisenkin kerran. Myöskin konetyön hinnassa oli liikaa vaihtelua verrattuna manuaalityöhön. (Kuru 2013.)

Seuraavaksi Kuru sai ajatuksen kitkevästä koneesta. Kitkennällä taimikon uudelleen vesominen saataisiin kuriin, kun lehtipuuston vesova osa eli kanto ja suuri osa juuristoa poistuisivat. Kitkentäperiaatteella toimivaa laitetta ruvettiin suunnittelemaan jälleen Pentin Pajalla, ja ensimmäinen kitkevä reikäperkaaja, mallinimeltään P55, aloitti testausvaiheen jälkeen laajamittaisemmat työt kesällä 2007. Laitteen perkausala iskua kohden, eli laitteen alas tuominen ja kitkentänosto, oli 5 m<sup>2</sup> ja laitteen keskellä oli reikä, johon vapautettava taimi asetettiin. Reiän ympärillä oli kumipinnoitettuja ja 30 cm avautuvia tarttumaleukoja, jotka puristivat taimet väliinsä ja nostivat ne juurineen laitteen mukana. (Pentin Paja 2013.)



Kuva 2. Naarva P55 kitkevä perkauslaite. Kuva: Pentin Paja.

Rotaattoriin asennettu kamera helpotti tähtäämään laitetta taimen ympärille. Kun laite oli asetettu alas, kuljettaja ohjasi hydrauliiikan puristamaan leuat yhteen, jolloin poistettavat taimet jäivät puristuksiin leukojen väliin. Sitten laite nostettiin puomilla ylös, jolloin puut lähtivät juurineen. Kenttätöissä saatujen kokemusten perusteella koneyrittäjien ja UPM Silvestan usko laitteeseen ja kitkentäperkaukseen kasvoi, ja laitetta lähdettiin kehittämään edelleen. (Salmela 2013.)

Naarva P25-mallinimen saanut, yli puolet pienempi perkauslaite tuli myyntiin loppuvuodesta 2011. Sen perkausala eli laitteen sisäkkö leuat auki on 2,09 m<sup>2</sup>, ja se painaa 590 kg. P25-perkaajaa on pienemmän kokonsa vuoksi helpompi käsitellä työtehon juuri kärsimättä, sillä pienemmällä laitteella myös väärän puun kitkennän mahdollisuus pienenee. Työteho pikemminkin nousee, kun ei tarvitse yhtä tainta vapautettaessa väistellä muita taimia. Pienemmässä perkaajassa ei enää ole keskellä aukkoa, johon vapautettava taimi asetettaisiin, vaan sillä kitketään vapautettavan taimen ympäriltä. (Häikiö 2013; Salmela 2013.)



Kuva 3. Naarva P25 kitkevä perkauslaite. Kuva: Pentin Paja.

Leukoja, joiden väliin poistettavat puut menevät, on kuusi paria, kuten P55-mallissakin. Ne on pinnoitettu vulkanisoidun kumin ja teräksen seoksella, joka

parantaa otetta rungoista ja vähentää riipimistä. Leukojen avauma on 31 cm. Laitteen arvonlisäveroton hinta on 19 500 €, ja sille annetaan rikkoutuneita osia koskeva takuu 12 kuukaudeksi tai 1 000 käyttötunniksi. Asennustyöhön menee kahdella työntekijällä noin yksi työvuoro, ja laitteen käyttöikäksi on arvioitu kymmenen vuotta, mikäli sitä käytetään kahdessa vuorossa koko kesän kitkentesongin ajan. Pitkän käyttöiän syynä ovat laitteessa olevien liikkuvien osien vähyyys ja hydrauliiikan pienet paineet (100–120 bar). Laitteita ei ole palautunut Pentin Pajalle, ja niitä on korjattu vain leukojen kumien vaihdoilla. (Häikiö 2013.)

## 4.2 Työkohteen valinta

Kitkentälaite kiinnitetään monitoimikoneen puomiin, eli työkohteen on oltava sellainen, jolla kone kykenee liikkumaan ilman vaaraa uppoamisesta. Tehokas kitkentäaika on toukokuusta alkutalveen siihen saakka, kunnes lumi tulee maahan ja maa alkaa jäätyä. Tämä tarkoittaa sitä, että konetta ei voida viedä laajalaisille turvemaille tai muuten kosteille kohteille. Paikkakohtaisesti voidaan tehdä pienialaisia kosteita työaloja. Runsas pintakivikkoisuus ja korkeat kannot haittaavat kitkentää merkittävästi. Jyrkkiin rinteisiin kitkentä ei sovellu konealustansa ja sen kaatumavaaran takia. Kaatumavaara on kuitenkin puutavarakuorman puuttumisen vuoksi pienempi kuin ajokoneella, mutta vastaavasti kitkennässä on väisteltävä kasvatettavia taimia, ja näiden väistely vaikeutuu jyrkissä mäissä. (Kukkonen & Kukkonen 2013, 53-54.)

Kitkentä pääsee varsinaisesti oikeuksiinsa kannonnostoaloilla, missä vesakkoa on paljon. Raivaussahalla kannonnostoaloja joutuu todennäköisesti perkaamaan useita kertoja uudelleenvesomisen takia, mutta kitkennällä saavutetaan suuren poistuman työkohteilla parempi työteho kuin manuaalilyöissä eikä vesominen ole samanlainen ongelma kuin manuaaliperkauksen jälkeen. Kannonnostoaloilla on myös luonnollisesti vähemmän työskentelyä haittaavia kantoja. (Salmela 2013.)





Kuva 4. Kitkentää hyvällä työkohteella. Kuva: Pentin Paja.

### 4.3 Kitkentätyön aikataulu, jälki ja taimikon kasvuedellytykset

Koneellisesti kitkettyjen taimikoiden tavoitetiheys UPM-Kymmenen työkohteilla on kuusella 2000 tainta hehtaarilla ja männyllä 3000 tainta hehtaarilla. Näillä tiheyksillä taimikoita voidaan kasvattaa laatu puun kasvatuksen periaatteella ensiharvennukseen asti, mikäli kitkentä onnistuu. Koneellisesti kitketyn taimikon laatu ei juuri kärsi manuaalityöhön verrattuna. Taimet ovat kitkennän kannalta hyvässä iässä varhaisperattavaksi noin metrin mittaisina, jolloin koneen pohjan alle jäävä taimi ei joko osu koneeseen ollenkaan tai ponnahtaa takaisin pystyyn heti. Istutuskuusikoissa tämä on tavallisesti 4–5 vuotta ja kylvömännikoissä 6–9 vuotta. Tämän ikäisessä taimikossa lehtipuustokin alkaa olla poistamista vailla, ja kitkentä on ajankohtainen. Erikoiskohteilla, joilla lehtipuusto on voimakkaassa etukasvussa havupuustoon nähden, kitkentä voidaan tehdä aiemminkin. Koneen alle jäävistä taimista vahingoittuvat vain ne, jotka jäävät suoraan renkaan alle. Taimia voi kuitenkin väistellä tehokkaasti, eritoten pienemmillä metsäkoneilla. Lisäksi pienessä määrin vahinkoa puustolle aiheutuu, kun lehtipuita kitkettäessä lähtee vahingossa havupuu koneen leukojen matkaan, kun puut

ovat kasvaneet aivan kiinni toisissaan. (Salmela 2013: Kukkonen & Kukkonen 2013, 75.)

Kitkevä laite poistaa kitkettävän taimen kokonaan ja suurimman osan juuristoa, ellei kokonaan. Näin lehtipuista vähemmän vesovat, kuten koivut, eivät uudelleenveso käytännössä ollenkaan hyvin kitketyillä kohteilla. Enemmän vesovat kuten pajut ja haavat hyödyntävät tehokkaasti juurivesojen kasvattamisessa maahan jääviä juuriaan, jolloin ne kasvattavat aina joitakin juurivesoja jälkeensä. Enemmässä määrin ne eivät kuitenkaan kykene kilpailemaan havupuuston kanssa. Kitkentä ei jätä maastoon selkeitä ajouria, sillä koneen ei tarvitse poistaa puustoa kulkureitiltään. Urat siis tulevat vasta ensiharvennusvaiheessa, toisin kuin esimerkiksi kakkosvaiheen taimikonhoitoon tarkoitetuilla raivauspuulaiteilla. Koneen urat ovat näkyvissä joitakin vuosia, mutta ne häviävät sitten. Kitketty taimikko jää kasvamaan vailla kilpailevaa puustoa sopivan tiheäksi, jolloin seuraava toimenpide metsässä on vasta ensiharvennus. (Salmela 2013.)

#### **4.4 Kitkennän hyödyt metsurityöhön verrattuna**

Koneellisen kitkennän kustannusten on vuonna 2009 laskettu olevan noin 77 € per tunti metsurityötä kalliimmat (Aholaakko 2009). UPM Silvestan toteutuneissa työhinnoinnissa oli konekitkennän keskimääräinen hehtaarihinta noin 500 € (Kukkonen & Kukkonen 2013, 105). Taimikoita on kitkennän alkuvuosien työmailta yleensä jäänyt harvennettavaksi metsurityönä myöhemmässä taimikonhoidossa ainakin vähän, ja tälle tulee hintaa noin sata euroa, työn vaikeustekijöistä riippuen. (Salmela 2013.)

Mikäli kitkennässä päästään ihannetulokseen, eli taimikko saadaan harvennettua tavoiteltuun tiheyteen eikä ei-haluttu puusto enää vesota, ei taimikossa tarvitse suorittaa enää taimikonhoitotoimenpiteitä vaan seuraava kerta, kun kohteelle tullaan töihin, on ensiharvennus. Tällöin saavutetaan se säästö, jota kitkennällä tavoitellaan. UPM Silvestan toteutuneilla työhinnoinnilla manuaalinen varhaisperkaus maksaa noin 370 € hehtaaria kohden, ja myöhempi taimikonhoito noin

500 €. Tällöin hehtaarikohtainen säästö on noin 370 € koko taimikonhoitoketjun osalta. (Kukkonen & Kukkonen 2013, 105.)

Kitkennän on havaittu myös parantavan vapautettujen taimien sekä pituus- että järeyskasvua muutamana perkauksen jälkeisinä vuosina verrattuna raivaussahalla perattuihin taimikoihin. Tämä osoittaa, että kitkennällä suoritettu perkaus ei ole pelkästään kustannuksia säästävä tekijä vaan kasvun lisäystä tuova työmuoto. (Hytönen 2013: Kukkonen & Kukkonen 2013, 76.)

## **5 Työvaikeustekijöiden määrittäminen metsurityössä**

Tultaessa 70-luvulle raivaussahatöissä oli käytössä paikalliset eli kuntatason taksat, joilla metsurien töitä hinnoiteltiin. Vuonna 1972 suoritettiin Metsätehon toimesta ensimmäinen metsurien raivaussahatyön palkkausperustetutkimus. Työn ajanmenekkiin ja vaikeuteen vaikuttavia tekijöitä päätettiin tutkia, sillä hinnoittelu ja väitetyt työvaikeustekijät olivat ainainen kiistelyn aihe. Vuonna 1975 antoivat työnantajaosapuolet oman taksasuosituksensa. Uusi palkkausperustetutkimus suoritettiin vuonna 1983, ja tällä kertaa olivat myös TES-puolen toimijat mukana. Vuoden 1983 tutkimus toimi pohjana uuteen työnantajien taksasuositukseen sekä siihen vuosina -84 ja -85 tulleisiin tarkennuksiin. Näiden tutkimusten välissä oli metsurityön ja siitä kiistelyn ohessa ehtinyt tarkentua, mitkä muutujat vaikuttavat ratkaisevasti metsurityön ajanmenekkiin ja vaikeuteen, sekä miten niitä mitataan. (Pulkinen 2000.)

Vuonna 1987 valmistui jälleen uusi tutkimus, jossa mitattavat muuttujat vakiintuivat nykymuotoonsa, eli työmaalta mitattiin ympyräkoealoin poistuvat rungot ja niiden keskimääräinen kantoläpimitta. Ajan myötä oli havaittu myös se, että luotettavan otannan saavuttamiseksi ei tarvitse mitata kymmeniä koealoja eikä koealojen sisältä satoja runkoja, vaan käytännön tarkkuusvaatimukseen päästäisiin pienemmälläkin työmäärällä. Mikään taksoitusysteemi ei kuitenkaan ollut ollut ongelmaton, vaan mittaustuloksissa oli suuria liukumia. Syiksi esitettiin mit-

taustapahtuman ja raivaussahatyön itsensä muuttuminen kehittyneiden välineiden ja työtapojen seurauksena, sekä koealojen väheneminen ja niiden subjektiivinen otanta. (Pulkkinen 2000.)

Vuonna 1997 valmistui palkkaustutkimus, jonka pohjalta kehitettiin rasterimitausjärjestelmä. Rasterointi perustui työmaan pinta-alaan, kirjattuihin työtunteihin sekä objektiivisesti valikoituihin koealapakkoihin. Rasterijärjestelmässä palkkaus perustui peruspalkkaan sekä muun muassa ammattitaitoisuuteen ja tuotokseen perustuneeseen palkanlisään. Metsätehon Markus Sandström loi pinta-alakohtaiset pisterasterikalvot, jotka toivat työkohteelle 5 koealapistettä kuvion koosta riippumatta. Rasterijärjestelmä antoi oikein suoritettuna tarkkaa tietoa työkohteen vaikeustekijöistä tasapuolisesti. Kuitenkin siinä täytyi pinta-alan ja työtuntien olla tarkkaan kirjattuja, sillä muuten pelkkä pieni pinta-alan heitto saattoi vaikuttaa palkkauksessa yhden työpäivän tuotoksen suuntaan tai toiseen, ja tämä vaikutti mahdollisiin palkanlisiin. (Pulkkinen 2000.)

Rasterijärjestelmää on käytetty onnistuneesti myös UPM-Kymmenellä. Käytäntö oli toimiva niin kauan, kuin ohjeistus saatiin pidettyä riittävän yksinkertaisena ja työnantajan kontrolli piti. Lipsahduksia kuitenkin alkoi tapahtua, ja työnjohto ja metsurit riitautuivat mittaustuloksien pätevyydestä ja mittausten suorituksesta siinä määrin, että rasterijärjestelmästä luovuttiin, ja siirryttiin käyttämään subjektiivisen koealaotannan luokitusta työnantajan ohjeistaessa koealojen määrän. (Kuru 2013.)

Koneellisessa kitkennässä tähän asti käytetty työvaikeustekijöiden mittaaminen on pohjautunut ensin tuntitaksaan ja sen jälkeen suoraan metsurityössä käytettyihin mittaustapoihin ja taksaperusteisiin. Tämä opinnäytetyö on ensimmäinen yritys luoda konekitkennälle oma työvaikeusluokitusmenetelmä. (Kuru 2013.)



## **6 Tutkimuksen tavoitteet ja lähtökohdat**

### **6.1 Tutkimuksen tavoitteet**

Tutkimuksen päätavoitteeksi asetettiin UPM Silvestan käyttöön koneellista kitkentää varten sellaisen työvaikeusluokitusmenetelmän luominen, jolla voidaan todentaa luotettavasti työkohteen työvaikeusluokitus siten, että luokituksessa käytettävät puustotiedot mitattaisiin metsäkoneen puomia ja kitkentälaitetta käyttäen. Luotava menetelmä pitäisi sisällään myös järjestelmän, jolla koealapaikka valikoituu satunnaisesti ja etukäteen. Optimaalinen tilanne olisi sellainen tilanne, jossa konsernin tietojärjestelmä arpoo työmaakartalle etukäteen rasterikoealaverkoston, jonka koealojen määrä kuviota kohti riippuu työmaan koosta hehtaareina.

Ohjeeksi koneenkuljettajille luodaan konemallista riippumaton yleisohje, jossa ohjeistetaan mitä, miten ja mistä määreitä mitataan työkohteella, kuinka mitatut suureet merkitään ylös sekä annetaan merkintä- ja mittausohjeet konekohtaisia mittoja ja tietoja varten. Mittausohjeen luomisen lisäksi tavoitteena on järkevöittää nykyistä mittaustietojen ylösottolomaketta.

### **6.2 Tutkimuksen lähtökohdat**

Urakan vaikeuden määrittäminen koneesta käsin mitatuin tiedoin on luonnollinen kehitys taimikonhoidon koneellistumisessa. Yhtälailta varttuneen puuston hakkuissa kaikki hakkuiden aikana kerättävät tiedot motokontrollia ja hakkuujäljen inventointia lukuun ottamatta otetaan talteen metsäkoneiden mittauslaitteistolla, ja kasvatettavan puuston määrä arvioidaan puomilla mitaten. Kaikki työn hintaan ja hakatun puuston arvoon liittyvät tiedot tulevat koneilta.

Kyseessä on siis kustannustehokkuuden ja saatujen tietojen luotettavuuden parantaminen. Kehittämällä mittaustapoja saadaan vähennettyä ajanmenekkiä

sellaisista työvaiheista, jotka eivät suoraan ole tuottavaa taimikonhoidon työtä. Samalla parannetaan saatujen tietojen luotettavuutta ja varmuutta. Nykyinen, suoraan metsurityönä tehdystä taimikonhoidosta otettu työvaikeusluokitus ei sovellu hyvin koneelliseen työskentelyyn ja sen jälkien mittaamiseen, sillä siinä tiedot mitataan jalkatyönä ja työn tekijän eli metsurin tai koneenkuljettajan valitsemista paikoista. Tämä tarkoittaa sitä, että koneenkuljettajilla on oltava työssä mukana mittausvälineitä, joita he eivät koneesta käsin mitatessaan tarvitsisi, ja että koealapaikan valinnassa on vain luotettava siihen, että valinta osuu kohdetta hyvin edustaviin kohtiin. Lisäksi mittauksia on suoritettava sekä kitke-tyllä että kitkemättömällä alalla, mikä aiheuttaa edestakaisin kulkemista.

Kun koealapaikat valitaan vain kuljettajan päätöksen perusteella, niiden luotettavuus kärsii, sillä niiden on havaittu painottavan työkohteiden tiheimpiä kohtia eikä koealapaikan valinta ole systemaattista eikä satunnaista.

## **7 Tutkimuksen suorittaminen**

### **7.1 Ennakkomittaukset**

Kenttätutkimuksessa tutkittiin, ovatko kitkentälaitteella ja metsäkoneen puomilla mittaaminen toimivia mittaustapoja. Mittaustapojen toimivuutta tarkastellaan jalkatyönä tehtyjen mittausten ja koneella tehtyjen mittausten tulosten erojen vertailun kautta.

Tutkimus tehtiin Rajaforestissa toimivan Veljekset Mustonen Oy:n omistamalla, Valmetin valmistamalla monitoimikoneella, jonka puomissa oli Pentin Pajan valmistama kitkentälaite P25. Konetta ajoi tutkimuksen työkohteilla Matti Salme-la. Työkohteet tutkimukseen tulivat UPM Metsältä, ja ne sijaitsevat UPM-Kymmenen omistamissa metsissä Tohmajärvellä. Tutkimuksen maastotyöt tehtiin jalan kesän ja syksyn 2013 aikana.

Tutkimusmenetelmäksi valikoitui pienehkön otoksen kvantitatiivinen tutkimus, jossa valittiin kymmenen (10) sopivan kokoista (1-4 ha) työkohdetta. Yksi kohde oli 8 hehtaarin kuvio, joka jaettiin kahdeksi neljän hehtaarin mittauskohteeksi tutkimusta varten. Näiltä kymmeneltä kohteelta mitattiin kesän aikana ennakoon kasvatettavan puuston ja poistuvan puuston määrä.

Ennakkomittaukset suoritettiin siten, että koealoja per mitattava kohde oli 10 kpl. Kymmenellä koealalla katsottiin saatavan riittävän kattava otos puustosta siten, etteivät mahdolliset suuret vaihtelut vaikuttaisi keskiarvoon liikaa. Samalla periaatteella päätettiin ottaa mitattavaksi 10 työkohdetta.

Koealapaikat ennakkomittaukseen asetettiin käsin kartalle satunnaisesti ja tasan välimatkoin. Käytössä oli tarkka GPS-paikannin, jonka kartalle koealapaikat asetettiin etukäteen, tietämättä puuston jakautumista kuviolla. Mikäli koealapaikka sattui säästöpuuryhmään tai vastaavaan, mittaamattomissa olevaan kohtaan, siirrettiin pistettä kuvion keskikohtaa kohti kunnes se kyettiin mittaamaan.

Kasvatettava puusto mitattiin 5,64 metrin vavalla. Poistuva puusto mitattiin 1,78 metrin säteellä metsurinmitalla. Poistuman määrittämisessä luettiin mainitulta säteeltä kaikki poistuvat rungot. Poistuviksi rungoiksi tulkittiin kasvatustiheyden ylittäviltä osin havupuut sekä kaikki lehtipuut siellä, missä niitä ei voinut jättää täydentämään taimikkoa, vaan ne oli kitkettävä, etteivät ne haittaisi havupuuston kasvatusta. Kasvatettavan puuston tavoitemitta on UPM-Kymmenen metsien taimikoissa kuusikoissa 2000 tainta/ha ja kylvömännikoissa 3000 tainta/ha. Kasvatettavan puuston määrää määritettäessä luettiin siis havupuita vain tavoitetiheyteen asti, sillä tavoitetiheyden ylittäviltä osin myös havupuun taimet poistuvat kitkennässä.

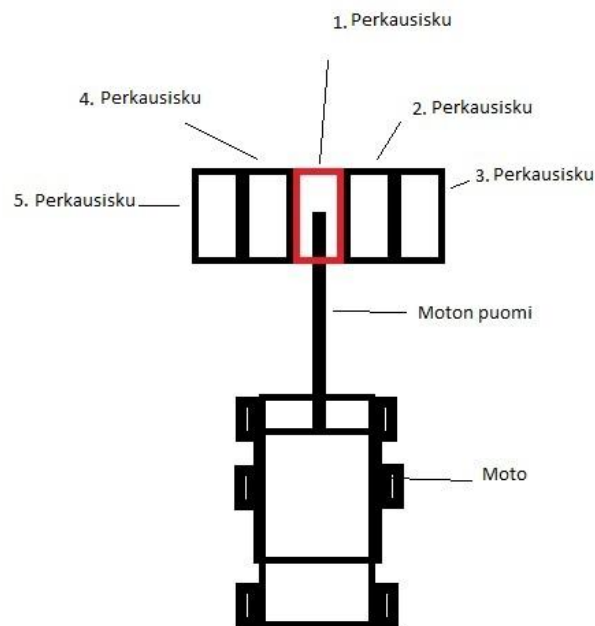
Tutkimuksessa mitattiin myös poistuvan puuston keskimääräinen kantoläpimitta viidestä koealan keskipistettä lähinnä olleesta poistuvasta rungosta puolen sentin tarkkuudella Silvestan omaa koneellisen kitkennän tilastointia varten. Tätä tietoa ei käytetä kehittämistyössä.

## 7.2 Konemittaukset työn ohessa

Ajatus siitä, että koealan tiedot eli poistuvan puuston ja kasvatettavan puuston voisi mitata poistumatta koneesta, lähti kitkentää tekeviltä koneenkuljettajilta. Mikäli tiedot voitaisiin mitata hytissä istuen, koealojen mittaamisen ajanmenekki olisi pienempi kuin jalkatyönä tehtävä mittaus ja se säästäisi kuljettajaa mahdollisilta huonoilta sääoloilta työn aikana.

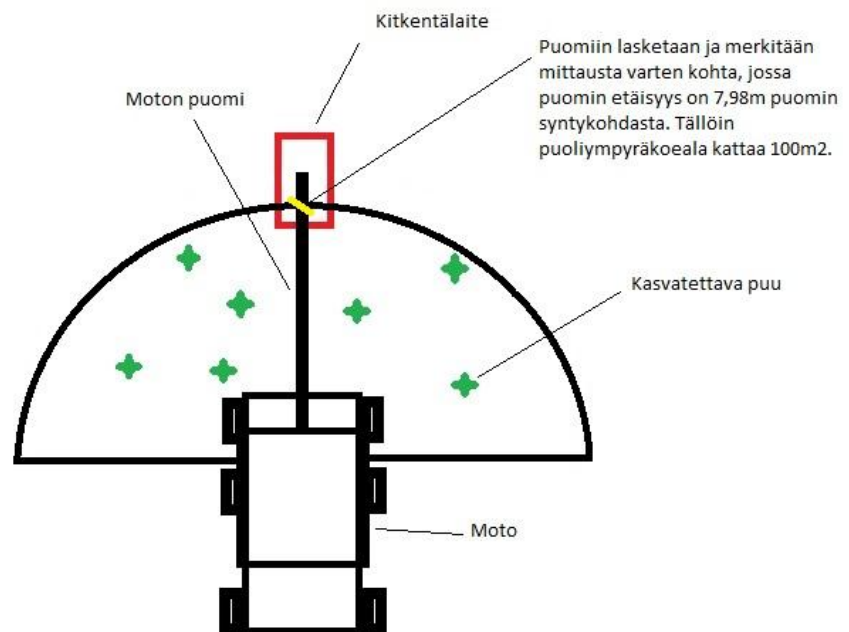
Poistuvan puuston määrän käytännössä näkee laskea kitkentälaitteesta, kun laitteen laskee maahan, sulkee leuat ja nostaa ylös. Leukojen välissä olevat rungot voi laskea hytistä käsin. Tällöin saadaan luotettava poistuma, sillä poistuvat rungot voidaan laskea tarkasti ja ne taimet, jotka eivät tartu leukoihin, eivät myöskään tule missään vaiheessa kitketyiksi. Kitkemättä jäävistä taimista ei kuitenkaan tule olemaan vaaraa kasvatettaville puille, sillä leukoihin tarttumattomat taimet ovat niin pieniä, että ne tulevat häviämään kilpailussa elintilasta ja ravinteista.

Laitteen perkausala iskua eli kitkentänostoa kohden on  $2,09 \text{ m}^2$ . Tämä on mitattu laitteen sisämittojen antamana pinta-alana leukojen ollessa auki. Suorittamalla kitkentä ja poistuvien puiden laskenta riittävän monta kertaa vierekkäin eli laskemalla laite edellisen nostokohdan viereen saadaan halutun kokoinen peittävyys, jolle voidaan laskea suhdeluvun avulla yleistys poistumalle taimien runkolukuna hehtaarilla. Tässä tutkimuksessa halutuksi peittävyudeksi yhdelle koealalle asetettiin viisi laitteen alaa eli  $10,45 \text{ m}^2$ , jotka muodostavat alueen, jonka yleistävä suhdeluku on 956.



Kuva 5. Poistuman määrittämisen periaate kitkentalaitteella.

Kasvatettavan puuston voi laskea samalla periaatteella, kuten harvennuksilla tehtävässä motohakkuussakin. Kun tunnetaan koneen ja puomin mitat, saadaan tietää, paljonko yksi puomilla tehty yksi puoliympyrä puomi tietyssä asennossa kattaa pinta-alaa. Kun tunnetaan peitetty ala, voidaan laskea alalle kitkennän jälkeen jäävät kasvatettavat puut ja yleistää määrä tarvittavalla suhdeluvulla taimien runkoluvuksi hehtaarilla. Kitkennässä on kuitenkin käytössä useita eri metsäkoneita eri yrittäjillä, joten nämä tiedot on laskettava konekohtaisesti. Tutkimuksessa käytössä olleessa Valmetin valmistamassa koneessa mitattiin ja merkittiin puomiin kohta, jossa puomi ylittää 7,98 metrin pituuteen puomin jatkopala sisäänvedettynä. 7,98 metrin pituudella puoliympyrä kattaa  $100,01 \text{ m}^2$ , ja taimien määrää hehtaarille yleistävä suhdeluku on 100.



Kuva 6. Kasvatettavien puiden lukeminen koelalta puomin avulla.

Luettaessa työkohteelle jäävää kasvatettavaa puustoa metsäkoneen puomia lasketaan alas kasvatettavien puiden latvojen tasalle, jolloin kasvatettavat puut näkee laskea kitkentätyön jälkeen. Kasvatettavat puut luetaan aina kitketyltä kohdalta.

### 7.3 Koealapaikan määräytyminen

Kenttätutkimuksessa lähdettiin kokeilemaan koealapaikan määräytymistä siten, että kännykkään asetettu hälytys ilmoittaa kahden tunnin välein koneuskille, että koeala otetaan siltä sijalta, jolla kone on hälytyksen tullessa. Tällöin koeala valikoituu satunnaisesti ja systemaattisesti, eikä kuljettajan päätös saa liikaa valtaa valinnassa.

Kehitettävässä menetelmässä tärkeintä on, että koealapaikka valikoituu satunnaisesti, ilman ennakkotietojen vaikutusta. Tällöin koneyrittäjän päätös eliminoidaan koealapaikan valinnasta pois, ja samalla estetään mahdollisesti ennakkoon olemassa olevan tiedon vaikuttaminen urakanantajan puolelta. Tässä on kuitenkin omat haasteensa, sillä esimerkiksi tutkimuksen maastotöissä käytettävässä metsäkoneessa on tietokone ja paikannusjärjestelmä, joka ei kuitenkaan kommunikoi urakanantajan tietojärjestelmän kanssa. Urakanantajan järjestelmä ei salli metsänhoitotöiden karttojen siirtoa ja muokkaamista motojen kautta, vaikka hakkuukartoille näin voi tehdä.

Menetelmän koealapaikan valinnan tulisi olla järjestelmällinen eikä sen tule perustua mielivaltaiseen koealapaikan valintaan. Kuitenkin koneiden asettamien rajoitusten lisäksi on huomioitava työtä tekevien ihmisten rajoitteet. Metsurityön rasterijärjestelmä voisi sinänsä olla toimiva ratkaisu, mutta mikäli koneenkuljettajalle annetaan kansiolinen papereita ja muovikalvoja hehtaarin tai parin työkohteen vaikeusluokituksen määrittelemiseksi, on todennäköisempää, että hän ottaa vaaditut koealat mielivaltaisesti kuin että hän ryhtyy laittelemaan kalvoja ohjeiden mukaan kartalle ja etsimään koealapaikkaa.

## **8 Tulokset**

Tulokset on esitetty taulukoissa mittausten keskiarvoina. Työkohteita mitattiin ennakkoon 10 kappaletta, mutta yksi kahdeksi mittauskohteeksi jaettu 8 hehtaarin kuusikkokuvio jäi olosuhteiden vuoksi kitkentäkoneelta syksyllä tekemättä, joten otos putosi kahdeksaan työkohteeseen. Työkohteille tuli koealapisteitä sekä käsi- että konemittauksessa kummassakin yhteensä 80. Tuloksista odotettiin, että ennakkoon mitatut tiedot ja koneella mitatut tiedot ovat keskenään kohtuullisen samankaltaisia, eikä niissä olisi suuria eroja. Tutkimuksen edetessä odotukset kallistuivat siihen suuntaan, että konemittaus antaisi hieman suurempia poistuman mittaustuloksia.

Tuloksia esitettäessä ennakkoon mitattujen kuvioiden tiedoista käytetään termiä käsimittaus. Koneella mitatuista tiedoista puhutaan konemittauksena. Taulukoissa on esitetty mitatut tiedot keskiarvoina työkohdetta kohti sekä niiden erot määrällisesti ja prosentuaalisesti. Lopuksi on kerätty kaikkien kohteiden keskimääräiset mittaustulokset ja niiden erot. Kohteet 1–4 olivat kuusentaimikoita ja 5–8 männyntaimikoita.

Taulukko 1: Kohteen numero 1 mittaustulokset.

	kasvatettava puusto tainta/ha	poistuma runkoa/ha
Käsimittaus	1 520	17 100
Konemittaus	1 850	20 896
Erot (määrä)	-320	-3796
Erot (%)	-17,8	-22,2

Taulukko 2: Kohteen numero 2 mittaustulokset.

	kasvatettava puusto tainta/ha	poistuma runkoa/ha
Käsimittaus	1 860	14 100
Konemittaus	1 844	13 484
Erot (määrä)	16	616
Erot (%)	0,9	4,4

Taulukko 3: Kohteen numero 3 mittaustulokset.

	kasvatettava puusto tainta/ha	poistuma runkoa/ha
Käsimittaus	1 920	6 800
Konemittaus	1 640	9 001
Erot (määrä)	280	-2 201
Erot (%)	17,1	-32,4



Taulukko 4: Kohteen numero 4 mittaustulokset.

	kasvatettava puusto tainta/ha	poistuma runkoa/ha
Käsimittaus	2 390	32 500
Konemittaus	2 380	28 531
Erot (määrä)	10	3 969
Erot (%)	0,0	12,2

Taulukko 5: Kohteen numero 5 mittaustulokset.

	kasvatettava puusto tainta/ha	poistuma runkoa/ha
Käsimittaus	1 590	15 000
Konemittaus	2 371	14 467
Erot (määrä)	781	533
Erot (%)	32,9	12,2

Taulukko 6: Kohteen numero 6 mittaustulokset.

	kasvatettava puusto tainta/ha	poistuma runkoa/ha
Käsimittaus	2 730	12 300
Konemittaus	2 610	7 314
Erot (määrä)	120	4 986
Erot (%)	4,6	40,5

Taulukko 7: Kohteen numero 7 mittaustulokset.

	kasvatettava puusto tainta/ha	poistuma runkoa/ha
Käsimittaus	2 340	17 300
Konemittaus	2 433	13 663
Erot (määrä)	93	3637
Erot (%)	3,8	21,0

Taulukko 8: Kohteen numero 8 mittaustulokset.

	kasvatettava puusto tainta/ha	poistuma runkoa/ha
Käsimittaus	2 730	6 500
Konemittaus	2 611	13 574
Erot (määrä)	119	-7074
Erot (%)	4,6	-108,8

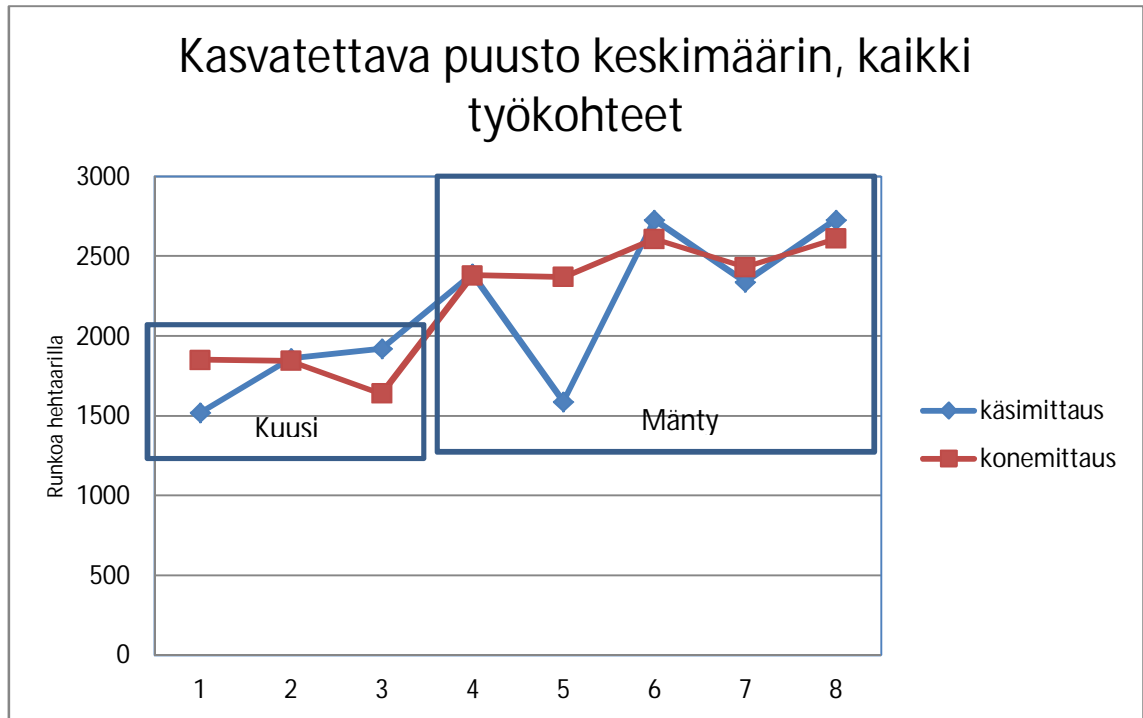
Taulukko 9: Kaikkien kohteiden keskimääräiset mittaustulokset.

	kasvatettava puusto tainta/ha	poistuma runkoa/ha
Käsimittaus	2 135	15 200
Konemittaus	2 217	15 116
Erot (määrä)	82	84
Erot (%)	3,7	0,6

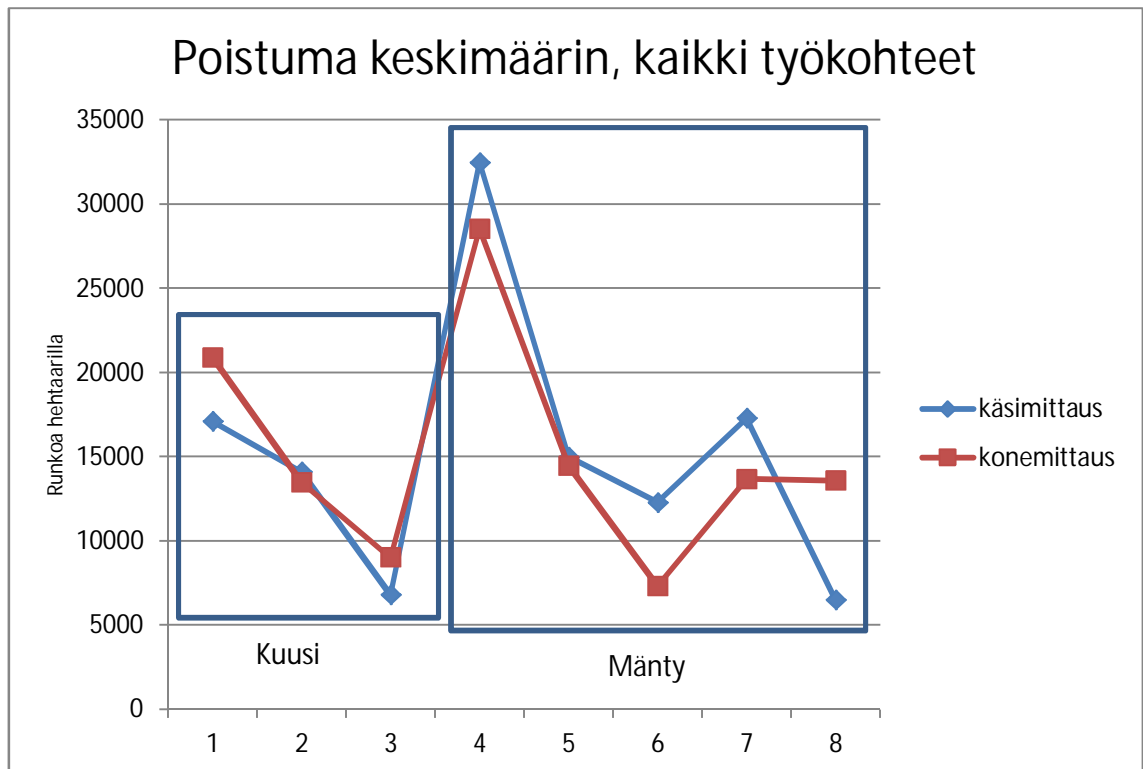
Käsimittauksen ja konemittauksen ero oli kasvatettavan puuston osalta kaikilta kohteilta yhteensä 82 tainta hehtaarilla. Prosentuaalisesti ero oli 3,7 %. Poistumassa määräeroksi tuli 84 tainta hehtaarilla, mikä tekee prosentteina 0,6 %.

Metsikkökuvioiden mittaustuloksissa oli suuriakin keskinäisiä eroja. Kohteen 2 mittaustulokset osuivat todella lähelle toisiaan, mutta hajonta oli runsasta. Esimerkiksi kohde 8 poistumatulosten erossa oli yli 100 % tulosero ja kohteen 5 kasvatettavan puuston tulosero oli yli 30 %. Kaikkien kohteiden yhteenlaskettu keskimääräinen poistuma ja kasvatettava puusto osuivat kuitenkin lähes samoihin lukemiin.

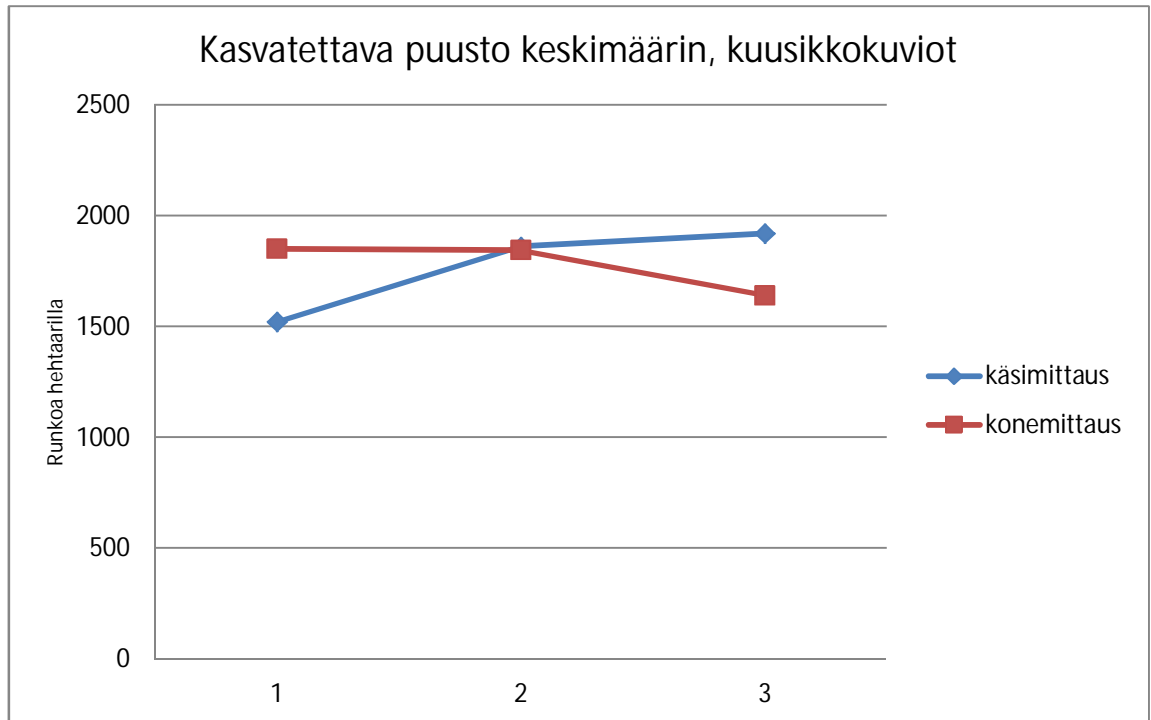
Kasvatettavan puuston mittaustulosten erot vaihtelivat -17,8 % ja 32,9 % välillä. Pienin ero oli 0,0 %. Poistuman mittaustulosten erot vaihtelivat -108,8 % ja 40,5 % välillä. Pienin ero oli 4,4 %.



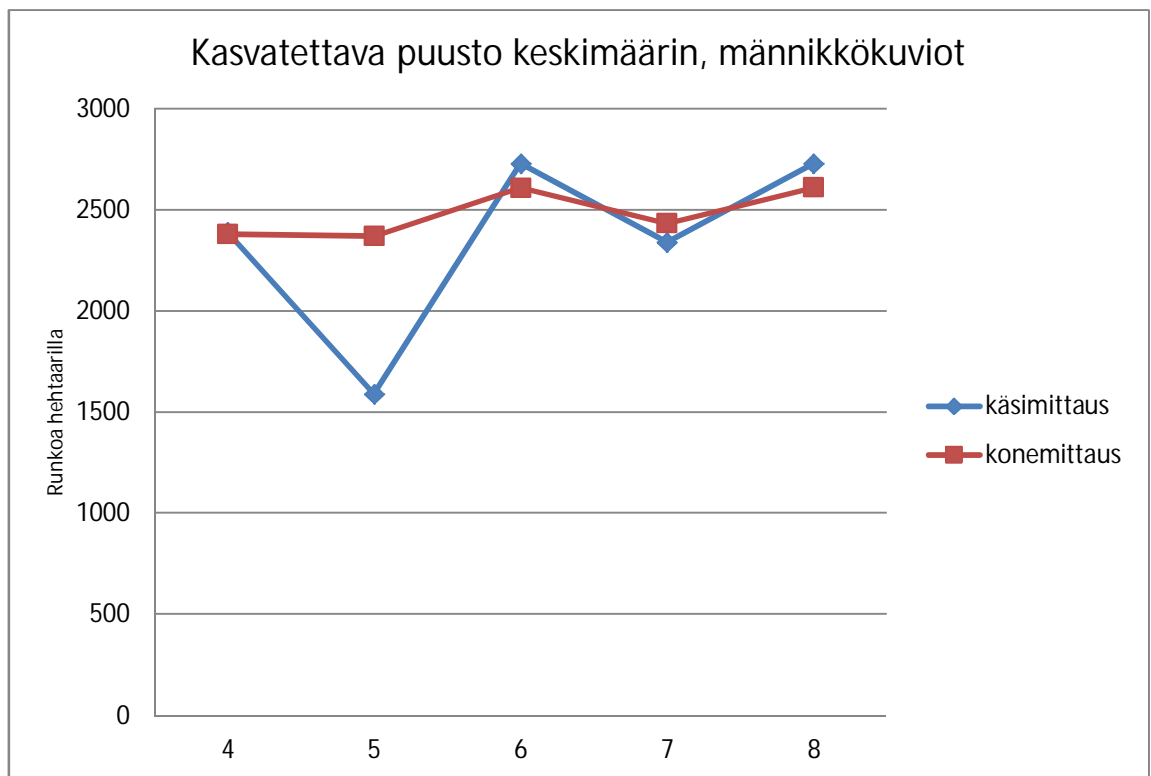
Kuvio 1: Kaikkien työkohteiden kasvatettava puusto keskimäärin.



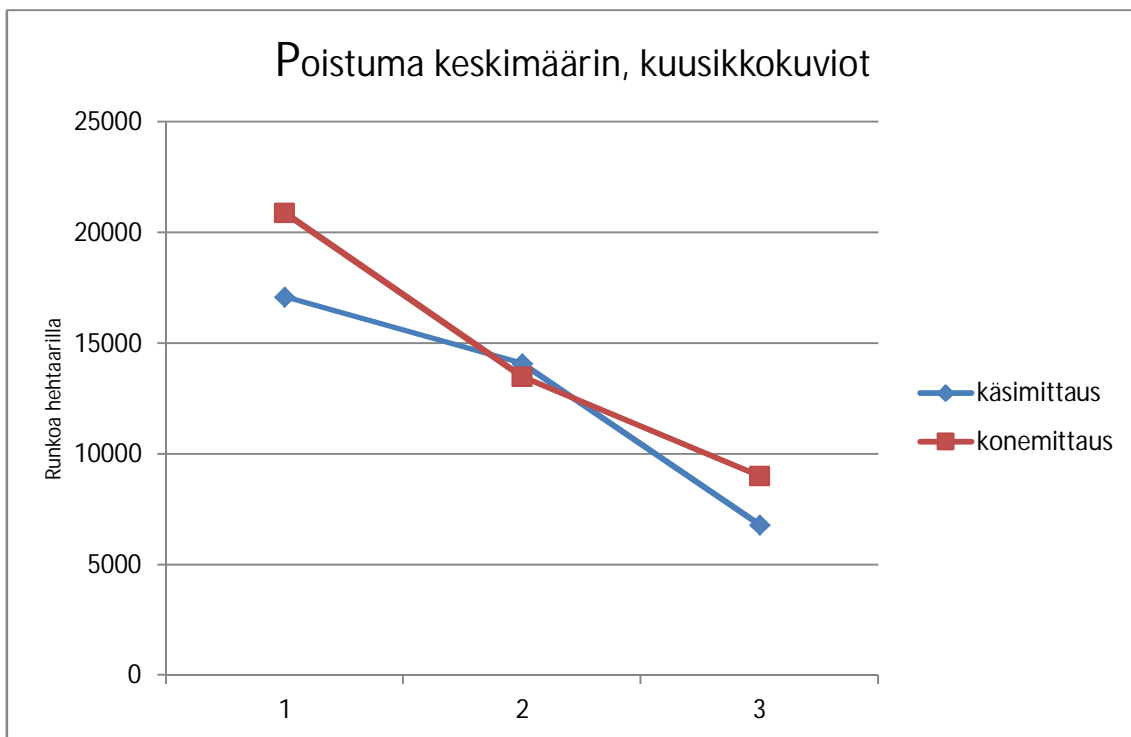
Kuvio 2: Kaikkien työkohteiden poistuma keskimäärin.



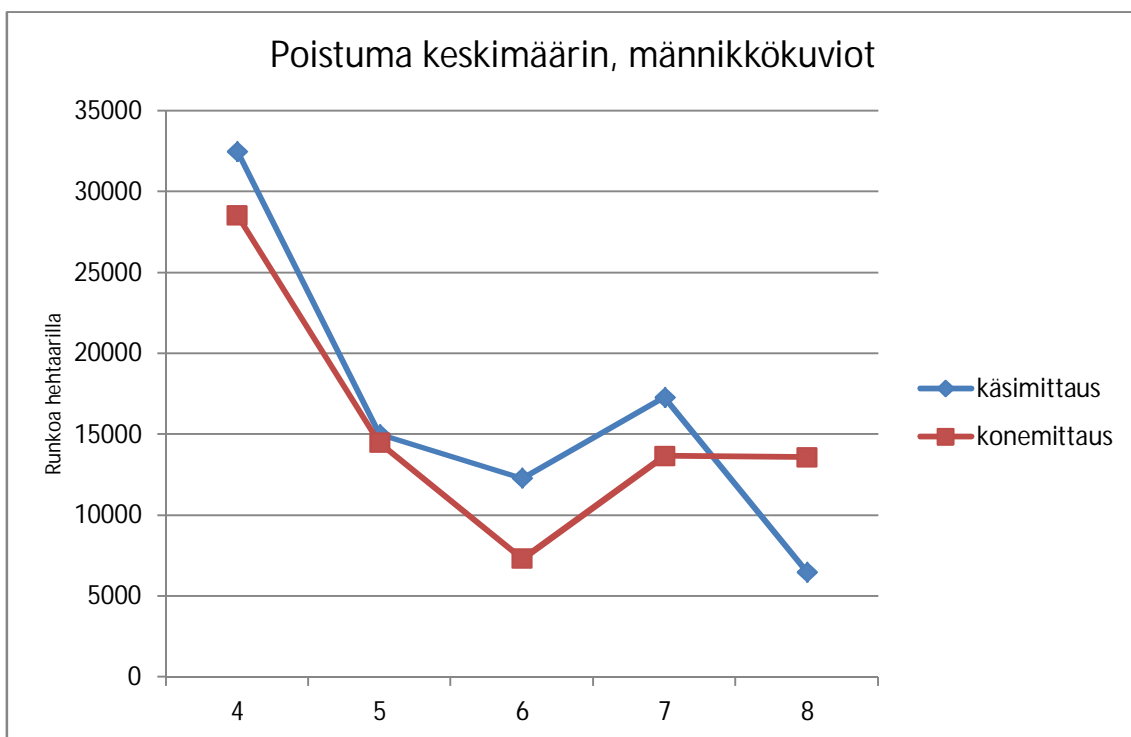
Kuvio 3: Kuusikkokuvioiden kasvatettava puusto keskimäärin.



Kuvio 4: Männikkökuvioiden kasvatettava puusto keskimäärin.



Kuvio 5: Kuusikkokuvioiden kasvatettava puusto keskimäärin.



Kuvio 6: Männikkökuvioiden poistuma keskimäärin.

## 9 Tulosten tarkastelu ja analysointi

Tulosten keskimääräiset erot ovat mitatussa kasvatettavassa puustossa 3,7 % ja poistumassa 0,6 %. Kasvatettavan puuston mitatut määrät ovat varsin lähellä toisiaan, mutta poistuman mittauksissa ei ole suurta eroavaisuutta. Kuvioista on nähtävissä, että kasvatettavassa puustossa kahta kuviota ja poistumassa yhtä kuviota lukuun ottamatta mittaustulosten kaavioiden kulku on samansuuntaista. Poistuman mittaustuloksissa on suurta hajontaa, mutta kaikkien tulosten keskiarvot ovat todella lähellä toisiaan.

Mittaustulosten eroavaisuuksia selittää se, että koealapaikan määräytyminen tapahtui tutkimuksessa kelloon ja kulutettuun aikaan perustuvalla koealapaikan määräytymisellä. Kitkentäkone kulkee tehden 20 metriä leveää työjälkeä helppossa, vähäpuustoisessa kohdassa jopa 200 metriä tunnissa, mutta tiheässä, suuren poistuman kohdassa, koneella saattaa edetä samassa ajassa vain 50 metriä. Tämä johti kenttätutkimuksessa siihen, että koealat eivät tulleet tasaisesti työkohteen alueelle, vaan omavalvontalomakkeeseen vaadittavat 10 koealaa tulivat yleensä hyvin nopeasti ja pieneltä alalta, ja näillä koealoilla mitattu poistuma oli suurempi kuin ennakkomittauksissa oli työkohteella laskettu olevan. Tämä tiheisiin kohtiin painottuminen johtuu koneen viettäjästä pitemmästä ajasta tiheissä kohdissa, sillä mitä enemmän kone viettää aikaa suuren poistuman kohdassa, sitä useampi koeala tulee suuren poistuman kohdalta, ja vaikuttaa ratkaisevasti työkohteen poistuman keskiarvoon. Sama tekijä selittää myös kasvatettavan puuston määrien eroa, sillä suuremman poistuman kohdissa on usein vähemmän kasvatettavaa havupuustoa, kun suurilukuinen vesakko on päässyt painamaan ja tukahduttamaan havupuita alleen. Mittaustulosten erot tasoittuivat sellaisilla metsikkökuvioilla, joissa koneen koealapaikat jakautuivat tasaisesti eivätkö olleet samassa sumpussa.

Uskon kuitenkin kitkentälaitteella ja puomilla mittaamisen olevan käyttökelpoinen menetelmä, sillä tutkimuksessa konetta kuljettaneen Matti Salmelan mielestä kitkentälaitteella on helppo mitata siksi, että koealalta poistuvat taimet näky-

vät ja ovat laskettavissa laitteen leuoista. Samoin kasvatettavien taimien lukeminen onnistuu, kun koneen puomia tuo alaspäin, puuston latvojen tasalle, jolloin merkitty 7,98 metriä sijaitseva koealan reuna näkyy selvästi taimien tasalla ja kasvatettavan puuston näkee lukea kitkennän jälkeen. Mittaustavalla on siis mahdollista saavuttaa tarkkoja ja luotettavia mittaustuloksia, sillä itse laskenta-suoritus ei hankaloidu juuri ollenkaan jalkatyönä tehtävään mittaukseen verrattuna. Näin ollen mittausmenetelmästä saadaan luotettava, kun koealapaikat saadaan työvaikeusluokitusmenetelmään siten, että koealapaikat eivät painotu tiettyyn kohtaan työkohdetta eivätkä ne painota jotain tiettyä suuretta.

## 10 Kehitysprojektin toteuttaminen

Tutkimuksessa kerättyjen tietojen pohjalta kehitettiin työvaikeusluokitusmenetelmää sekä koneellisen kitkennän omavalvontalomaketta, jolla työkohteilta mitatut suureet sekä työhön vaikuttavat asiat ilmoitetaan urakanantajalle. Kehitetty työvaikeusluokitusmenetelmä ja sekä alkuperäinen, että muokattu, käyttöön otettava omavalvontalomake ovat liitteissä. (liitteet 1, 2 ja 3)

Kesällä ja syksyllä kenttätyössä tutkittujen tietojen perusteella päätettiin toimeksiantajan kanssa, että kohdasta 6.2 eteenpäin kuvailtu konemittausmenetelmä on luotavan työvaikeusluokitusmenetelmän mittaustavan pohja. Mittaustapaa päivitettiin siten, että siinä määrättiin poistuman mittauksen tapahtuvan aina jommalta kummalta koneen sivulta, joka on työkohteella aina sama. Koealapaikan määräytymisen päätettiin tapahtuvan siten, että työkuvion kartalle piirretään pisin mahdollinen suora linja, jolle lasketaan kuvion koosta riippuen 7–10 koealaa tietyin koealaväleihin. Piirrettyä linjaa seurataan mahdollisimman pitkälti, ja jos jossain kohdassa ei voi ajaa linjan mukaisesti, ajetaan mahdollisimman läheltä sitä.

Niin kutsuttuun selkälinjamittaukseen päädyttiin siksi, että siinä on vain vähän varaa muuttaa linjaa itse haluamaansa suuntaan. Koealavälit on annettu valmiiksi, jolloin niiden laskemiseen ei kuljettajan tarvitse itse käyttää aikaa eikä

niiden kanssa voi vedota itse tehtyyn laskuvirheeseen. Koealojen määrän katsottiin olevan riittävät, sillä 7–10 koealaa antavat riittävän kattavan otoksen, mutta lisäkoealoille ei kuitenkaan ole tarvetta, sillä kymmenen jälkeen isotkaan heittelyt eivät paina mittaustulosten keskiarvoja mainittavasti suuntaan tai toiseen. Koealoja ei myöskään jo pelkästään kitkentätöiden sujuvuuden kannalta saa olla liikaa mitattavaksi.

Selkälinjamittausta harkittiin suoritettavaksi työn ohessa tapahtuvaksi, mutta ajatuksesta luovuttiin, sillä kitkentää suoritettaessa maaston muodot ja sääolosuhteet määräävät pitkälti, miten koneella liikutaan kohteella. Kitkentää ei käytännössä voi tehdä suoralla linjalla, joten selkälinjamittauksessa ainoa toimiva vaihtoehto on ottaa koealat heti työn alussa ja ajaa koealavälit tekemättä kitkentätöitä. Tällöin kuljettaja ei mene sekaisin siitä, mistä hän on ajanut ja mihin hän on ajamassa ja monesko koeala on kyseessä, vaan mittausta on selkeää suorittaa.

Kahden tunnin välein tapahtuvasta, kännykän hälytykseen perustuvasta mallista luovuttiin siksi, että se on liian epävakaata. Kone ei välttämättä ole käynnissä hälytyksen tullessa tai se on ajettu esimerkiksi huoltoa varten työkohteen reunaan, jolloin joudutaan tulkitsemaan, mistä koeala otetaan. Lisäksi kyseinen mittaus-tapa olisi liikaa mahdollistanut tarkoitushakuista mittauskohdan etsimistä. Esimerkiksi kuljettaja voi hälytyksen saatuaan etsiä koneen puomin alueelta tiheimmän poistuman kohdan, kitkeä ja mitata sen ja silti sanoa tehneensä ohjeen mukaan.

Koealapaikan valikoitumisessa pohdittiin myös käyttöön otettavana vaihtoehtona taimikon inventoinneissa käytettävää linjoittaista koealamenetelmää, jossa koealalinjat menevät useita kertoja poikki metsikkökuvion, ja koeala- ja linjavälit ovat samat. Yhdeltä kuviolta tulee tällaisessa inventoinnissa kahdesta kolmeen-kymmentä koealaa mitattavaksi. Tämä on kuitenkin suuren koealamääränsä ja koealojen linjoille sijoittumisen vuoksi vaikea käytettävä kitkentätöissä samasta syystä kuin selkälinjaperiaatetta ei voida hyödyntää työn aikana, sillä maasto ja olosuhteet määrittävät niin paljon koneen kulkua työmaalla, että linjan seuraaminen työn ohessa on mahdotonta. Tarkoilla paikannuslaitteilla olisi mahdollista



ottaa koealapaikat linjalta, kun linjat on määritetty tietokoneen kartalle ensin. Metsäkoneiden paikannuslaitteista ei kuitenkaan saada täyttä hyötyä irti, kun metsänhoitotöiden kartat eivät näy metsäkoneiden tietokoneilla, eikä menetelmä ole nykytilassa käyttökelpoinen.

Lopulta päädyttiin siis selkälinjaperiaatteen toteuttamiseen heti työn alussa. Koealaväli riippuu kuvion koosta, ja ensimmäinen koealaväli puolitetaan. Koealavälit on määritetty soveltaen Metsäkeskuksen maastotarkastusohjetta ja siinä määritettyjä koealavälejä. Metsäkeskuksen koealavälit on laskettu käytettäväksi samalla periaatteella, kuin kehitysprojektissa käytettäväksi päätetyssä yhden mittauslinjan periaatteessa. Metsäkeskuksen mittaus tapa on tosin laajempi, sillä siinä otetaan tarvittaessa lisälinjoja mitattavaksi. Koealoja siinä tulee sen verran kuin määrättyllä koealavälillä sattuu kuviolle tulemaan, erillistä koealamäärää ei vaadita. Samankaltaista kuvion pisimmän linjan varrelle sijoitetuilta koealoilta tapahtuvaa mittausa käytetään myös UPM Metsän suorittamissa maanmuokkauksen ja metsänuudistamistöiden laadunvalvonnassa, mutta siinä koealavälit lasketaan kartan mittakaavan perusteella. Siinä koealoja tulee 7-10 kpl, joka on siis sama kuin nyt luodussa työvaikeusluokitusmenetelmässä.

Normaalisti Metsäkeskuksen ohjeella mitataan vain yksi linja, jota täydennetään rajatapauksia mitatessa. Kyseisessä ohjeessa annettujen koealavälien käyttö pienin muokkauksin myös kehitettävässä työvaikeusluokitusmenetelmässä on perusteltua. Metsikkökuviot ovat harvoin symmetrisen muotoisia, joten koealavälien tarkkuutta ei vaadita senttien tarkkuudella.

Koealojen mittaus päätettiin määrätä suoritettavaksi heti työn alussa. Linja ajetaan ja sen matkalta otetaan lasketuin välein vaaditut koealat heti kitkentätöön alkaessa työkohteella. Tämä siksi, että kone on heti viimeisen koealan mittauksen jälkeen vapaa normaaliin kitkentätööhön, ja kuljettaja voi keskittyä kitkentään eikä hänen tarvitse enää miettiä, mistä seuraava koeala tulee. Normaali kitkentätö ei näin häiriinny mainittavissa määrin.

Omavalvontalomakkeen muokkaamisessa päädyttiin yksinkertaistamaan lomakkeen ulkoasua, järjestyttämään sen sanamuotoja ja lomakkeeseen täytet-

täviä asioita ja kohtia sekä poistamaan päällekkäisyyksiä (liitteet 2 ja 3). Lomakkeen muokkaukseen lähdettiin siitä näkökulmasta, että mitä sen on sisällettävä koneenkuljettajan mutta myös lomakkeen vastaanottajan näkökulmasta. Lomakkeen muokkaukseen osallistui ansiokkaasti myös Mikael Kukkonen, antamalla neuvoja Microsoft Excelin taulukko-ominaisuuksien tehokkaasta käytöstä sekä tuomalla esille näkökantoja puuttuvista tarpeellisista tiedoista ja lomakkeella olleista turhista tiedoista. Lopullista lomaketta voi täyttää joko sähköisesti, jolloin laskentakaavat antavat mittaustulosten yhteenvedot heti, tai sen voi tulostaa sellaisenaan ja täyttää käsin.

Kehitysprojektin lopullisena tuotoksena oli päivitetty työvaikeusluokitusmenetelmän mittaushje sekä päivitetty konekitkennän omavalvontalomake. Luotu työvaikeusluokitusmenetelmä otetaan käyttöön kesäksi 2014 ja siitä eteenpäin tehtäviin kitkentätöihin. Kesän 2014 konekitkentäkausi alkoi jo huhtikuun lopulla leudon talven takia.

## **11 Pohdinta**

### **11.1 Tutkimuksen ja kehitysprojektin toteuttamisesta**

Kenttätutkimuksessa mitattiin vain kahta suuretta, työkohteen poistumaa ja kasvatettavan puuston määrää. Tutkimustuloksissa on siis vain vähän informaatiota kaikesta siitä, mikä lopulta vaikuttaa työajanmenekkiin ja työn etenemiseen sekä työn jälkeen kitkentätyössä. Konekitkettä suoritetaan metsäkonealustaisena, joten sen liikkuminen työkohteella on aina haastavampaa kuin metsurin liikkuminen. Näin ollen voimakkaat korkeuserot, kosteat maastonkohdat ja muut erilaiset koneen kulkemiseen vaikuttavat tekijät vaikuttavat suoraan työajanmenekkiin ja metsäkoneyrittäjän tuottoon, kun työkohteet tehdään urakkapalkalla.

Tutkimuksessa mitattiin ja vertailtiin vain poistumaa ja kasvatettavaa puustoa siksi, että vain näiden kahden tiedon välityksellä määräytyy urakan hinta pois-

tuman määrästä taulukoidun työvaikeusluokituksen perusteella. UPM Silvesta urakanantajana ja urakoitsijalle maksajana tarvitsee vain tiedon työkohteen poistumasta. Työn tilaaja eli UPM Metsä tarvitsee tiedot työkohteen kasvatettavan puuston määrästä sekä omavalvontalomakkeeseen merkityt muut tiedot kitkennän oikea-aikaisuudesta ynnä mahdollisista kitkentätöihin vaikuttaneista työkohteella olleista tekijöistä, joista kitkentätöiden tilanneiden toimihenkilöiden tulisi olla tietoisia.

Urakanantajan ja opinnäytetyön toimeksiantajan näkökulmasta muita muuttujia ei siis ollut tarpeellista mitata. Muut tiedot kun eivät vaikuta urakan hinnoitteluun. Esimerkiksi poistuman puulajisuhteita ei eritellä sen takia, että vaikka se toisikin tilastoitavaa tietoa, sillä ei käytännön työn kannalta ole väliä. Poistuvan taimen puulaji ei vaikuta sen kitkettävyyteen eikä siihen kulutettuun aikaan, vaan ainoastaan taimen koko ja lähekkäisten runkojen määrä vaikuttavat työn nopeuteen. Kasvatettavan puuston määrän kannaltakaan sitä ei tarvitse erotella, sillä esimerkiksi männyn kylvötaimikoissa poistuu aina männyntaimia. Havupuun taimen poistuminen ei siis ole erikoistapaus, jota pitäisi huomioida. Mikäli työkohteen kitkentätö hidastuu maasto-olosuhteiden vuoksi, ei siitä makseta koneyrittäjälle mitään ylimääräistä vaan se on yrittäjän ongelma.

Tästä nouseekin esille kysymys, onko oikeudenmukaista, että yrittäjä maksaa osan työn hinnasta omasta pussistaan ilman omaa syytään. Tässä on kuitenkin huomioitava, että pääosin sellaiset työkohteet, joilla työajanmenekki tai työn vaarallisuus lisääntyisivät merkittävästi vaikkapa kivikkoisuuden, korkeuserojen tai koneen uppoamisvaaran vuoksi, karsiutuvat jo suunnitteluvaiheessa ja ne tehdään manuaalisena varhaisperkauksena. Näin ollen yrittäjille ei juuri mene kohteita, joilla tulisi olosuhteiden takia lisäkustannuksia yrittäjälle. Lisäksi kitkettä tekevä koneenkuljettaja voi liian vaikeisiin työolosuhteisiin tai vääräaikaiseen työn toteuttamiseen vedoten kieltäytyä kitkemästä työkohdetta. Loppujen lopuksi yrittäjille ei siis aiheudu olosuhteista johtuvia lisäkustannuksia mainittavissa määrin.

Tutkimustulokset on esitetty vain keskiarvoina ja niiden eroina määrässä ja prosenteissa. Suureita mitattiin tutkimusta varten vain kahta, poistumaa ja kasva-

tettavaa puustoa, eikä tuloksia ole esitetty kuin keskiarvojen ja niiden erojen kautta. Lisäksi työkohteita oli vain kahdeksan kappaletta. Tämän pohjalta voidaan todeta, että tutkimuksen tilastollinen pätevyys ei ole merkittävä. Koska kyseessä on kuitenkin suoraan työhön ja työjäljen todentamiseen vaikuttava kehitysprojekti, ei opinnäytetyössä edes lähdetty hakemaan tilastollista pätevyyttä ja tulosten laajaa kattavuutta ja esitettävyyttä. Ehdoton päätavoite asetettiin työvaikeusluokitusmenetelmän kehittämiseksi siten, ettei kitkentätyötä tekeville koneenkuljettajille aseteta mahdottomia vaatimuksia, mutta että käytössä olisi kohtuullisen luotettava ja systemaattinen luokitusmenetelmä.

Lopullinen työvaikeusluokitusmenetelmä on koealapaikan määräytymisen kannalta samantyyppinen kuin Metsäkeskuksen maastotarkastusohjeen mukainen koealalinja, ja koealavälit pohjautuvat samaisen ohjeen koeala- ja linjaväleihin. Varsinainen mittaustapahtuma on metsäkoneen hytistä käsin tehtävä toimenpide. Nyt luotu menetelmä ei ole aukoton eikä täydellinen, vaan mikäli ohjetta ei halua noudattaa, on se kierrettävissä.

Käytettävän urakanhinnan maksuperusteen eli työvaikeusluokitusmenetelmän tulee olla ohjeistuksen mukaisesti mitattuna systemaattinen ja satunnaisista paikoista mittatulokset antava, ja jolla saatuja tietoja voidaan jotenkin vertailla kontrollimittauksiin. Kun käytettävä menetelmä antaa tietoa satunnaisesti ja systemaattisesti valituilta koealapaikoilta, voidaan kysyttäessä perustella, millä tapaa menetelmä on luotettava. Nyt opinnäytetyössäni luotu työvaikeusluokitusmenetelmä on sellainen, että oikein tehtynä se antaa luotettavaa tietoa kohteen poistumasta ja kasvamaan jäävästä puustosta, mutta se vaatii toimijoiden välistä luottamusta.

Metsänhoitotöiden historia on osoittanut, että toimijoiden välillä on oltava luottamus siitä, että toimitaan sopimusten mukaan. Tällöin työt ja todennukset sujuvat. Äärimmäisen tarkkoihin ja luotettaviin mittaustuloksiin ei kuitenkaan tulla pääsemään, kun toimitaan ihmisten tekemien mittausten ja luokitusten pohjalta. Niin kauan, kuin tietokoneet ja kamerat eivät laske poistumia, on olemassa mitattavirheen tai vääristelyn mahdollisuus siten, että toimija voi kuitenkin väittää tehneensä ohjeen mukaan.

Jotta mittaustulokset olisivat oikeasti luotettavia, on avainsana niiden tuottamisessa satunnaisuus. Kun mitattavat koealapaikat valikoituvat satunnaisesti, ei työn suorittaja voi itse vääristellä työtään vaikeammaksi tai tuottavammaksi kuin se todellisuudessa on. Samalla systemaattisesti satunnaisia koealapaikkoja tuottava mittausmenetelmä antaa kaikille samaa työtä tekeville, olipa kyseessä kitkentäkoneen kuljettaja tai metsuri, samat lähtökohdat palkanmaksuun. (Pulkkinen 2000.)

Nyt luodun työvaikeusluokitusmenetelmän toimivuuden tarkastelua ei voitu sisällyttää näin lyhyeen aikajaksoon, vaan sitä olisi tullut seurata ainakin tuleva kesä ja kitkentäsesonki. Menetelmän toimivuuden seuranta jää nyt opinnäytetyön toimeksiantajan vastuulle. Menetelmän toimivuuden tutkiminen olisi hyvä tapa jatkaa tätä kehitysprojektia eteenpäin.

Nähdäkseni opinnäytetyöni on toteutettu tutkimustyön eettisiä ohjeita rikkomatta. Työn teoriapohjassa ei ole käytetty plagiointia, vaan johtopäätösten tekijä on osoitettu. Työn luotettavuus on mielestäni riittävä käytännön töiden tasolle, mutta kattavaa tilastollista pätevyyttä työ ei saavuta kvantitatiivisen kenttätutkimusosion pienehkön otosmäärän ja vähäisten mitattujen suureiden vuoksi. Tarkempia ja laajempia tuloksia saavutettaisiin tutkimalla ja mittaamalla useita kymmeniä koealoja työkohdetta kohti, ja toteutuneita työkohteita tulisi olla enemmän kuin kahdeksan kappaletta.

## **11.2 Koneellisen kitkennän työvaikeusluokituksen mittausmenetelmät tulevaisuudessa**

Nykytrendi lähes kaikilla aloilla, kuten myös metsänhoitotöissä, on töiden koneellistaminen ja automaation hakeminen. Tietokoneavusteisesti tai kokonaan automaattisesti tapahtuva työ on taloudellisesta näkökulmasta perusteltua, sillä se on monesti kustannustehokkaampaa kuin manuaalisyö, jossa palkkakulut ovat korkeat. Tämä pätee yhtäläillä varsinaisen työn tekemiseen, kuin myös työn jäljen mittaamiseen ja todentamiseen. Kun tietokoneen mittaustapa ja tar-

vittava teknologia on hiottu kohdalleen, on se tarkka mittaja, eikä sen mittaus- tuloksiin voi ihminen tarkoitushakuisesti ainakaan helposti vaikuttaa.

Opinnäytetyöni toimeksiantajan kanssa asetettiin koealapaikan määräytymisen kannalta optimaaliseksi tilanteeksi sellainen tilanne, jossa koealaverkko on tietokoneen arpoma ja kartalle rasteroima tiettyjen periaatteiden mukaisesti, ja arvottu koealaverkko olisi käytettävissä heti kitkentä- tai muun metsänhoitotöissä käytettävän koneen mennessä työkohteelle. Tällainen koealapaikan määräytyminen antaisi koealat satunnaisista paikoista, ja niistä olisi heti olemassa sähköinen karttamerkintä urakanantajan kontrollia varten.

Jos ja kun UPM:ssä tapahtuu tietojärjestelmäpäivitys, joka tuo myös metsänhoitotöiden kartat työkoneille eikä työmaakarttoja enää toimiteta paperilla, voisi samassa yhteydessä myös muokata karttasovelluksia siten, että niissä on mahdollista tehdä mainitunkaltainen rasterointi. Tähän kuitenkin menee vielä oma aikansa, sillä UPM-Kymmene on globaali konserni, jonka kaikki osat käyttävät samaa Tforest-järjestelmää. Näin ollen Suomessa suunnitellut ja voimaan saatettavat muutokset tapahtuvat myös Intiassa, toisella puolen maailmaa, ja koko konserni joutuu päivittämään tietokantansa. Muutosten täytyy siis olla päteviä ja todella hyvin perusteltuja, että niitä ryhdyttäisiin tekemään yksitellen, ilman että niitä sidotaan muun tietojärjestelmän päivittämiseen. Konsernin tietojärjestelmää on kuitenkin luvattu päivittää muutenkin parin vuoden sisään, joten siinä olisi sauma saada metsänhoitotyöt myös koneiden kartoille.

Mikäli päivitys tulee, olisi seuraava looginen askel muuttaa kasvatettavan ja poistuvan puuston mittaaminen tietokoneavusteiseksi tai kokonaan tekoälyn tekemäksi. UPM Metsän kehitysasiantuntija Janne Kukkurin kanssa puhelinkeskustelussa nousi esille ajatus siitä, että varsinaista mittaustapahtumaa voisi kehittää automaation suuntaan siten, että kitkentälaitteeseen ja puomiin asennettaisiin kamerat, joiden välittämän kuvan avulla tekoäly laskisi itsekseen poistuvan ja kasvatettavan puuston määrät, puulajijakaumat, keskipituudet ynnä muut suureet. Mittaus tapahtuisi kitkentätöiden ohessa ilman, että kuljettajan tarvitsisi välittää koealapaikoista. Mittaustuloksia ei siis tulisi kuljettajalta vaan tie-

tokoneelta, ja kuljettajan tarvitsisi vain hyväksyä mittaus sekä ilmoittaa mahdollisista huomautuksista työn suunnittelua koskien.

Kukkurin mukaan ainakin poistuman mittauksessa tarvittava tekniikka ja tekoäly ovat jo olemassa. Niiden integroiminen toimivaksi osaksi mittaustyötä olisi enemmän kiinni kustannuksista ja yrittäjille perustelemisesta sekä siitä, kuinka se saataisiin toimivaksi osaksi konsernin tietojärjestelmää. Kamerat jouduttaisiin hankkimaan ja asentamaan kaikkiin laitteisiin. Sen hinta heijastuisi työn hintaan, mutta toisaalta se maksaisi itsensä takaisin tarkkoina ja luotettavina mittaustuloksina. Yrittäjille pitäisi osata perustella kameroiden ja tarkan valvonnan tarve. Mikäli tässä ei onnistuta, saattaa yrittäjä lopettaa konekitkennän kokonaan. Tämä puolestaan vahingoittaisi metsänhoidon koneellistamispyrkimyksiä. Automaattisen mittauksen integroimisen tietojärjestelmään pitäisi tapahtua samassa yhteydessä, kun Tforestia päivitetään. Sen suunnittelun pitäisi siis alkaa pian, mikäli sen aikosi saada valmiiksi ja järjestelmään siirrettäväksi, kun päivitystä aletaan tehdä.

Tätä kehitysprojektia ja siihen liittynyttä tutkimusta voisi jatkaa ja viedä eteenpäin tutkimalla jo olemassa olevan kamerateknologian ja tekoälyn yhdistämistä. Niistä voisi tutkia, kuinka helposti ne ovat yhdistettävissä toimivaksi kokonaisuudeksi, sekä sitä, että minkälaisia toimenpiteitä ja investointeja se vaatisi.

Taimikon koneellinen kitkentä on työajajina nuori. Tätä opinnäytetyötä ohjaamassa ja tukemassa olivat henkilöt, jotka todennäköisesti tietävät eniten taimikon koneellisesta kitkennästä koko maailmassa. Kari Kuru ja Mikael Kukkonen toivat kehittämis- ja tutkimustyöllään sekä Matti Salmela kitkentäkoneen ajokokeuksellaan kehitysprojektiin sellaista kokemusta ja näkemystä, että työssä kyettiin helposti käsittelemään ja lähestymään asioita käytännön kokemuksen kautta. Tietoa saatiin myös laitteiden kehittäjältä itseltään eli Pentin Pajalta.

## Lähteet

- Aholaakko, K. 2009: Kylvömännikön koneellisen kitkennän laatu ja tuotos. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma.
- Hytönen, H. 2013: Kitkentäperkauksen ja raivaussahatyön vaikutus kuusen pituuskasvuun ja kantoläpimittaan neljä vuotta varhaisperkauksen jälkeen. Metsätieteen kandidaatin tutkielma. Itä-Suomen yliopisto. Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta. Metsätieteen laitos.
- Häikiö, M. 2013: Henkilökohtainen tiedonanto. Palaveri 28.11.2013.
- Juntunen, M-L. 2013: Metsänhoitoyhdistykset metsänhoidon työpalvelujen tuottajina. Metsätieteen aikakauskirja 2/2013: s. 141–154. Metla.
- Koivumäki, J. 2014: UPM Silvestan toimitusjohtaja. Henkilökohtainen tiedonanto. Palaveri 23.4.2014.
- Kukkonen, M., Kukkonen, E.: Koneellinen metsänhoito. Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja. s. 16-105. Karelia-ammattikorkeakoulu, Joensuu. 2013.
- Kukkura, J. 2014: UPM Metsän kehitysasiantuntija. Henkilökohtainen tiedonanto. Puhelinkeskustelu 6.3.2014.
- Kuru, K. 2013 ja 2014: henkilökohtainen tiedonanto. Palaverit 9.5.2013, 2.10.2013 ja 23.4.2014.
- Liikkanen, R. 2003: Pentin Paja Oyn taimikonhoitolaitteen testaus. Metsätehon raportti 150. Metsäteho, Helsinki.
- Rajaforest Oy kotisivut. 2010: <http://www.rajaforest.fi/>. Viitattu 20.12.2013.
- Partanen, J., Hostikka, A., Kaikkonen, V., Koistinen, R., Laukkanen, H., Vuorenmaa, J. 2013: Suomen Metsäkeskuksen maastotarkastusohje. s. 10-12. Suomen Metsäkeskus, Helsinki.
- Pulkkinen, M. 2000: Raivaussahatyön palkanmääritys rasterimenetelmällä UPM-Kymmene Metsä Etelä-Suomen hankinta-alueella. Opinnäytetyö. Mikkelin Ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma.
- Rantala, J. 2010: Koneellinen metsänhoito – Tutkimustuloksia ja kehitystyön haasteita. Metsäntutkimuslaitos, Joensuu. [oske-nbin.directo.fi/@Bin/0cc30ffd29ea55370b4d79055042a024/1397118880/application/pdf/299390/Juho%20Rantala%20Koneellistamisen%20teemapva.pdf](http://oske-nbin.directo.fi/@Bin/0cc30ffd29ea55370b4d79055042a024/1397118880/application/pdf/299390/Juho%20Rantala%20Koneellistamisen%20teemapva.pdf). Viitattu 10.4.2014.
- Risutec Oy kotisivut. 2014: <http://www.risutec.fi/>. Viitattu 31.5.2014.
- Salmela, M. 2013 ja 2014: Metsäpalveluyrittäjä. Henkilökohtainen tiedonanto. Palaverit 9.5.2013, 2.10.2013 ja 23.4.2014.
- UPM-Kymmene Metsä kotisivut. 2013: <http://www.metsamaailma.fi/>. Viitattu 20.12.2013.
- UPM Metsän laatumittaus- ja HCV-alueiden suojeluarvojen seurantaohje 2013.
- UPM Silvesta kotisivut. 2013: <http://www.upmsilvesta.fi/>. Viitattu 20.12.2013.
- Usewood Oy kotisivut. 2014: <http://www.usewood.fi/>. Viitattu 31.5.2014.
- Väre, T. 2013: Alikasvoksen raivaus Mense Oy:n raivauslisälaitteella. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma.



## Konekitkennän työvaikeusluokitusmenetelmän mittausohje, kesä 2014

### 1. Koealapaikkojen määräytyminen

Kuviolle määritetään pisin, ajettava suora linja, jonka varrelle sijoitetaan kuvion koosta riippuen 7–10 koealapaikkaa tasaisin koealaväleihin. Mikäli suoraa linjaa ei voi maaston takia seurata täydellisesti, ajetaan mahdollisimman läheltä linjaa. Ajettava linja ja koealaväli määritetään ennen kitkentätöiden alkamista, ja linja ajetaan ja koealat otetaan heti työn alussa. Koealapaikalta mitataan ensin poistuma, tehdään kohdan kitkenta loppuun ja viimeiseksi luetaan kasvatettava puusto.

Kun työalueella on useita kuvioita, joiden joukossa on alle 1,5 ha kuvioita, voidaan kyseiset alle 1,5 ha kuviot ketjuttaa mukaan yhteen isomman kuvion koealaväliin.

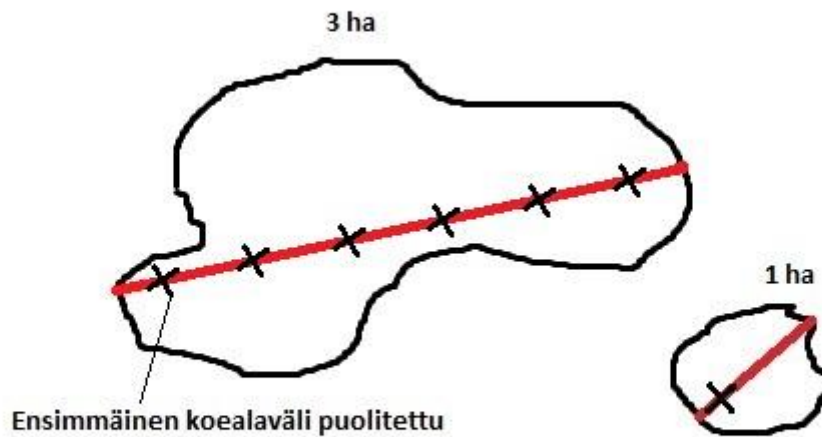
Koealojen jakautuminen:

Kuvion koko (ha):	Koealoja:
1,5–5	7
5,1–10	9
10,1-	10

Koealavälit:

Kuvion koko (ha):	Koealaväli (m):
1,5–3	35
3,1–4	40
4,1–6	45
-6	50

Linjan ensimmäinen koealaväli puolitetaan. Mikäli viimeistä koealaa mitatessa koealaväli ei täyty ennen kuin kuvion raja tulee vastaan, otetaan viimeinen koeala linjalta 10 metriä metsikkökuvion reunasta, kuitenkin siten, ettei viimeinen koeala mene mistään kohdin päällekkäin edellisen koealan kanssa.



Kuva 1: Koealapaikan määräytyminen ja ketjutus pienemmälle kuviolle.

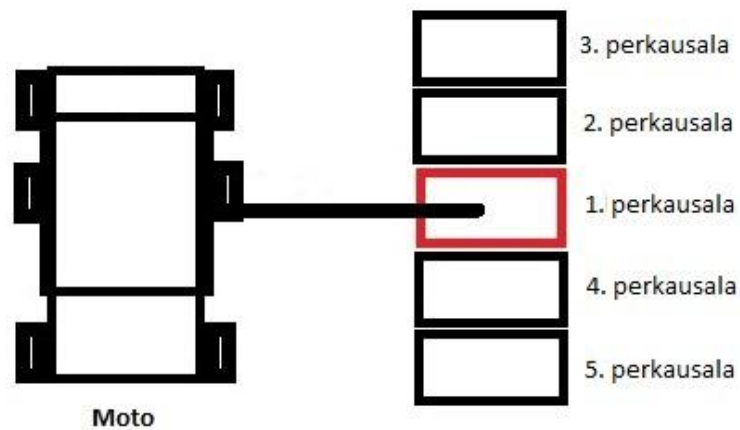
Kuvasta ilmenee sekä ajolinjan peruseriaate että pienemmän kuvion ketjutus mukaan koealavälin laskentaan. Kuvassa isomman kuvion koko on 3 ha ja pienemmän 1 ha, jolloin niille lasketaan yhteinen koealaväli 4 ha:n mukaan. Myös pieniltä kuvioilta on otettava ainakin yksi koeala. Mikäli koealaa ei tule normaalina linjan jatkumona (esim. riittävä koealamäärä tulee aiemmalta kuviolta), jätetään isomman kuvion viimeinen koeala ottamatta ja siirretään se pienelle kuviolle puolitetulla koealavälillä kuvion reunasta.

Mikäli alueella on useampia kuvioita, joiden koot vaihtelevat 1,5 ha:n molemmin puolin, yrittäjä tai konekuski päättää, miten kyseiset kuviot ketjutetaan. Mikäli alueella on vain pieniä (alle 1,5 ha) kuvioita, ketjutetaan ne keskenään ja käytetään niiden yhteispinta-alan koealaväliä.

Männymäntymikot ketjutetaan lähtökohtaisesti isompien männymäntymikoiden kanssa. Vastavasti samoin menetellään kuusentaimikoissa. Mikäli pakottavista syistä kuusentaimikko ja männymäntymikko on ketjutettu yhteen, mainitaan asiasta omavalvontalomakkeessa ja merkitään kuvion vaihtuminen lomakkeen koealoissa.

## 2. Poistuman mittaus

Poistuma lasketaan kitkemällä koealapaikalta viisi perkausalaa ja laskemalla joka noston välissä kitkentälaitteen leuoista riippuvat rungot. Laite asetetaan viisi kertaa vierekkäin, siten että perkausalat eivät osu limittäin. Mikäli alalle osuu kasvatettava puu tai kitkennän kokonaan estävä tekijä, siirretään perkausalaa pois päin edellisestä sen verran, että alan mahtuu kitkemään ja poistuman laskemaan. Seuraava perkausala asetetaan kuvan mukaisesti edellisen viereen, ottaen huomioon mahdollinen siirto.



Kuva 2. Poistuman mittaus.

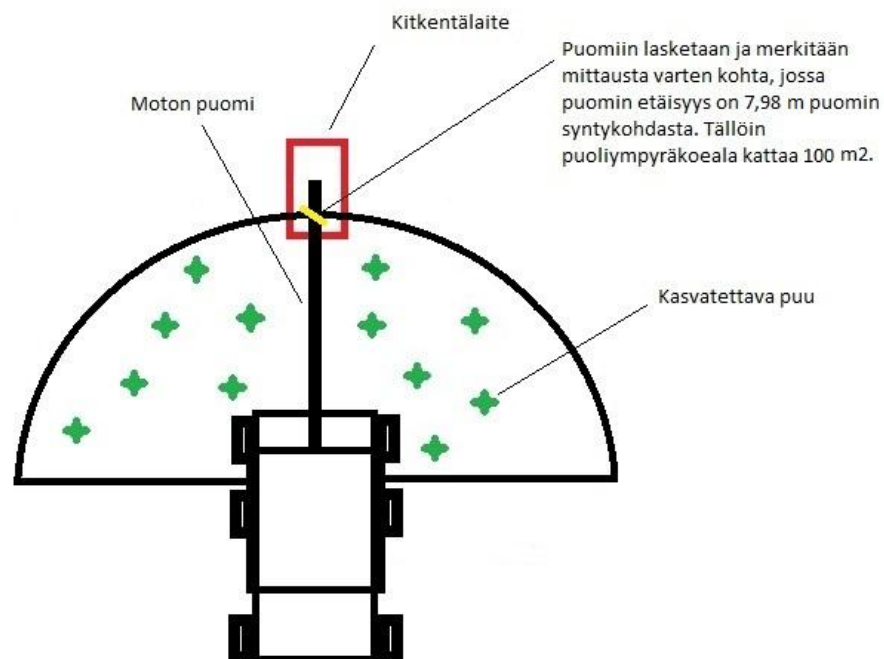
Yksi laitteessa riippuva runko vastaa 956 runkoa hehtaarilla, laitteen alan ollessa  $2,09 \text{ m}^2$  ( $5 \times 2,09 = 10,45 \text{ m}^2$ ). Laitteen ala on laskettu sisämitoista leukojen ollessa auki. Koealapaikan poistumaksi tulee siis viiden vierekkäisen kitkentänoston yhteenlaskettu poistuvien runkojen määrä. Mikäli käytössä on muu kuin P25-kitkentälaitte, on laitteelle laskettava omat mitat ja suhdeluvut. Jos koealan kaikki poistuvat taimet eivät lähde ensimmäisellä nostolla, suoritetaan samalta kohdalta uusi nosto ja lisätään uuden noston poistuma edellisen noston poistumaan. Uusi nosto katsotaan osaksi edellisen noston mittauksesta, eikä se vaikuta koealojen määrään.

Kitkentä suoritetaan moton jommallakummalla sivulta, joka on työkohteella aina sama sivu. Mikäli ensimmäinen koeala otetaan vasemmalta sivulta, on kyseisen kuvion ja siihen ketjutettujen pienten kuvioiden koealat otettava myös vasemmalta sivulta.

### 3. Kasvatettavan puuston lukeminen

Kasvatettavan puuston lukeminen valmistellaan siten, että metsäkoneen puomista mitataan ja siihen merkitään selvästi kohta, jossa puomin pituus on 7,98 metriä sen syntykohdasta. Mitat lasketaan ja merkitään yksilöllisesti koneille. (Merkitsemiseen käy maali, muovinauha tms.)

Kasvatettava puusto luetaan koealapaikalta sen jälkeen, kun poistuvat taimet on kitketty. Puusto luetaan puomiin merkityn kohdan sisältä puoliympyräkoealan alueelta. Kuljettaja laskee mukaan myös taimet, joiden tietää olevan koneen alla koealan sisällä.



Kuva 3. Kasvatettavan puuston lukeminen.

7,98 metrin puoliympyräkoeala kattaa 100,01 m<sup>2</sup>, ja yksi puu koealalla vastaa sataa puuta hehtaarilla. Puoliympyräkoealan alueelta lasketaan kaikki kasvamaan jäävät puut ja merkitään ne omiin kohtiinsa omavalvontalomakkeelle.

#### 4. Omavalvontalomake

Poistumaa laskettaessa koealan viiden kitkentänoston poistuvat rungot lasketaan yhteen ja merkitään lomakkeeseen sellaisenaan (esim. laskettu 16 poistuvaa runkoa, merkitään poistuman sarakkeeseen 16). Poistumaa laskiessa ei erotella puulajeja.

Kasvatettavan puuston määrä merkitään vastaavan puulajin sarakkeeseen luetun määrän mukaan (jos koealalta on luettu 25 männyä ja 2 kuusta, sarakkeeseen merkitään 25 männyä ja 2 kuusta). 1–4 rungon ryhmissä olevat koivut merkitään yhtenä koivuna. Jos koealalle jätetään kasvamaan esimerkiksi monimuotoisuustekijöinä muita puulajeja, niistä ilmoitetaan lomakkeen maisemanhoidon kohdassa.

Puuston keskipituus arvioidaan silmämääräisesti puolen metrin tarkkuudella.

Ketjutettavien kuvioiden mittaustulokset merkitään samalle lomakkeelle, ja merkitään kuvioiden numerot. Kuvioiden poistuma on sama, mutta kasvatettavan puuston määrä lasketaan kuvioittain.

Omavalvontalomaketta voi täyttää joko sähköisesti tai käsin. Sähköisessä täytössä lomake antaa laskukaavoilla mittaustulosten summat, keskiarvot ja luokat automaattisesti. Kaavat on piilotettu Exceliin ehtolausein, joten lomake voidaan tulostaa ja siihen voidaan täyttää tietoja käsin ilman muokkausta. Käsin täytettäessä tulee ennen tulostusta valita vetolaatikoista oikeat tiedot kuten puulaji ja viljelytapa.





