

05. 11. 02



## **Ilves- ja Bräcke-istutuskoneet – Tuottavuus, työnjälki ja kustannukset**

### **Abstract:**

### **Ilves and Bräcke forest planting machines – Productivity, quality of work and cost**

Arto Rummukainen, Leo Tervo ja Kari Kautto

VANTAAN TUTKIMUSKESKUS



# **Ilves- ja Bräcke-istutus koneet – Tuottavuus, työnjälki ja kustannukset**

## **Abstract:**

**Ilves and Bräcke forest planting machines –  
Productivity, quality of work and cost**

Arto Rummukainen, Leo Tervo ja Kari Kautto

Rummukainen, A., Tervo, L. ja Kautto, K. 2002. Ilves- ja Bräcke-istutuskoneet – Tuottavuus, työnjälki ja kustannukset. Abstract: Ilves and Bräcke forest planting machines – Productivity, quality of work and cost. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 857. 75 s. ISBN 951-40-1837-0, ISSN 0358-4283.

Tutkimuksessa selvitettiin kahden Suomessa yleisimmin käytetyn Ilves- ja Bräcke-istutuslaitteiden tuottavuus ja työnjälki. Näihin laitteisiin perustuvien istutusketjujen kustannuksia ja keskinäistä kilpailukykyä verrattiin käsin istutukseen. Ilveksellä ja Bräckellä kuljettaja valitsee taimen istutuskohdan, mikä rajoittaa tuottavuutta jatkuvatöihin istutuskoneisiin verrattuna. Erillisen maanmuokkauksen vaativa Ilves-laitte oli asennettu maatalous- tai metsätraktorialustalle. Kaivinkoneeseen asennetulla Bräcke-yhdistelmällä tehdään myös mätästys.

Ilves-koneyhdistelmien tuottavuus vaihteli välillä 170-250 tainta/h. Maatalous-traktorialustalla asennetulla Ilves-istutuskoneella tuottavuus oli suurempi kuin metsätraktorialustaisella. Bräckellä tuottavuus vaihteli 130-150 tainta/h. Systemaattisemmalla työjärjestyksellä Ilveksellä tuottavuudeksi voidaan saada 300 ja Bräckellä yli 200 tainta/h.

Tehokas käsin istutusketju on halvin istutusmenetelmä. Maataloustraktoriin ja Ilves-laitteeseen perustuvan uudistamisketjun kokonaiskustannukset ovat yli kymmenen ja Bräcken 25 prosenttia korkeammat kuin käsinistutuksen. Maataloustraktori-Ilves-yhdistelmän tuottavuuden nosto neljäsosalla tekisi ketjun kilpailukykyiseksi käsin istutukseen verrattuna. Bräckellä tuottavuuden pitäisi nousta vielä enemmän. Tuottavuuden parantamiseksi molempiin koneisiin vaadittaisiin kustannuksia nostavia rakenteellisia muutoksia, joita voisivat olla esimerkiksi kaksi istutuspyörää ja automaattisyöttö. Työvoimapula voi lisätä tarvetta käyttää koneita.

Istutuskoneiden työnjälki vastaa lähes käsinistutusta. Koneilla istutussyvyys vaihtelee enemmän ja taimet ovat useammin vinossa. Kuljettajan ammattitaito ja huolellisuus on tärkeitä tekijöitä työn laadun parantamisessa.

**Avainsanat:**

Istutus, koneellinen istutus, kustannukset

**Julkaisija:**

Metsäntutkimuslaitos, hankkeet 3237 ja 3024.

Hyväksytty 5.9.2002, tutkimusjohtaja Kari Mielikäinen.

**Tilaukset:**

Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, kirjasto, PL 18, 01301

Vantaa, puhelin (09) 8570 5580, Faksi (09) 8570 5582

**Painopaikka:**

Vammalan Kirjapaino Oy 2002

**Kirjoittajien yhteystiedot:**

Arto Rummukainen, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL

18, 01301 Vantaa, puhelin (09) 857 05 376, Leo Tervo ja Kari Kautto,

Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki,

puhelin (017) 513 811.

**Valokuvat:**

Arto Rummukainen ja Kari Kautto

Rummukainen, A., Tervo, L. ja Kautto, K. 2002. Ilves- ja Bräcke-istutus koneet – Tuottavuus, työnjälki ja kustannukset. **Ilves and Bräcke forest planting machines – Productivity, quality of work and cost.** Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 857. 75 s. ISBN 951-40-1837-0, ISSN 0358-4283.

In this study the productivity and quality of work of the two most commonly used mechanical planting devices in Finland, Ilves and Bräcke, were measured. The cost and competitiveness of the planting chains based on these devices were compared with manual planting. With the Ilves and Bräcke planting devices the operator selects the seedling planting position, which limits productivity as compared with automated planting machines. The Ilves device, which requires a separate soil preparation device, was mounted on the chassis of an agricultural or forest tractor. The Bräcke planting device, mounted on an excavator, also makes soil mounds.

The productivity of the Ilves device combination varied between 170–250 seedlings per hour. The productivity of the Ilves planting machine mounted on an agricultural tractor chassis was greater than that mounted on a forest tractor chassis. The productivity of the Bräcke varied between 130–150 seedlings per hour. With a more systematic work procedure, productivity of 300 seedlings per hour with the Ilves and over 200 seedlings per hour with the Bräcke can be achieved.

Efficient manual planting is the cheapest planting method. The total cost of a regeneration chain based on an agricultural tractor and Ilves device is over 10% higher, and that of a Bräcke device is 25% higher, than manual planting. Raising the productivity of the agricultural tractor and Ilves combination by a quarter would make the chain competitive with manual planting. With Bräcke, the productivity should rise even more. To improve productivity both machines would require costly structural changes, which could for instance be two planting tubes and automatic feeding. Labour shortage may increase the need to use machines.

The work quality of the planting devices compares closely with manual planting. Planting depth varies more with machine planting and seedlings are more often crooked. The professional skill and care of the operator are important factors in improving the quality of work.

**Key words:**

Planting, mechanical planting, costs

**Authors' contact information:**

Arto Rummukainen, Finnish Forest Research Institute (FFRI), Vantaa Research Centre, P.O. Box 18, FIN-01301 Vantaa, Finland, Phone +358 9 857 05 376, Leo Tervo and Kari Kautto, FFRI, Suonenjoki Research Station, FIN-77600 Suonenjoki, Phone +358 17 513 811. E-mails: Arto.Rummukainen@metla.fi, Leo.Tervo@metla.fi & Kari.Kautto@metla.fi

# Sisällys

<b>1 Johdanto</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Tutkimusaineistot</b> .....	<b>7</b>
2.1 Koejärjestelyt .....	7
2.2 Koneyhdistelmät .....	9
3.1 Työajan rakenne .....	11
<b>3 Työn tuottavuus</b> .....	<b>11</b>
3.2 Työpisteet .....	12
3.3 Työvaiheiden ajanmenekkien riippuvuus työtavoista ja -oloista .....	14
3.4 Keskeytykset ja lisätyöt .....	18
3.5 Tuottavuuspotentiaali .....	18
<b>4 Työn jälki</b> .....	<b>22</b>
4.1 Maanmuokkauksen laatu .....	22
4.2 Taimien vaurioituminen koneistutuksessa .....	24
4.3 Istutus- ja taimitiheys .....	25
4.4 Taimien pituuskehitys .....	29
4.5 Taimikon laatu ja sen kehittyminen .....	30
4.6 Istutusjäljen riippuvuus istutuksen toteutustavasta ja työn laadusta .....	35
4.7 Koneistutuksen vertailu käsin istutukseen .....	36
<b>5 Kuljettajan työolot</b> .....	<b>38</b>
<b>6 Kustannukset</b> .....	<b>40</b>
6.1 Konekustannuslaskelmat .....	40
6.2 Käsin- ja koneistutuksen työketjut .....	43
6.3 Käsin- ja koneistutuksen kustannukset .....	45
6.4 Kustannusten herkkyyshanalyysi .....	48
6.5 Ihmistyön ajanmenekki ja työsaavutukset .....	52
<b>7 Koneistutuksen kehittäminen</b> .....	<b>55</b>
7.1 Koneistutuksen nykytilanne .....	55
7.2 Toiminnan organisointi .....	56
7.3 Tekninen kehittäminen .....	58
<b>Kirjallisuus</b> .....	<b>61</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>64</b>
Liite 1 Konekustannuslaskelma: Maataloustraktori-Ilves-istutuslaite- yhdistelmälle .....	64
Liite 2 Konekustannuslaskelma: Kaivinkone-Bräcke-istutuslaite- yhdistelmälle .....	70

# I Johdanto

Viime vuosikymmenen alun laman aiheuttamat kantohintojen lasku ja pienentyvät hakkuumäärät johtivat tarpeeseen pienentää metsätalouteen sijoitettavia panostuksia. Toisaalta kustannustehokkuus ja turhien kulujen vähentämistavoite sopivat hyvin kaikkiin taloudellisiin suhdanteisiin. Tämä voidaan toteuttaa rationalisoimalla työtä ja organisaatioita sekä karsimalla tarpeettomia työlajeja ja muuttamalla työtapoja. Luontaisen uudistamisen käyttö lisääntyy. Keinollisten uudistamismenetelmien työn laatua on parannettava, jotta toimenpiteiden onnistumisen varmistamiseksi, jolloin säästytään täydennyksen kustannuksilta. Istutustyö on ollut lähes poikkeuksetta ihmistyötä, koska edullisen istutuskohdan valinta on vaikeaa ja elävän taimimateriaalin käsittelyssä tarvitaan huolellisuutta. Lisäksi pottiputki-istutuksen tuottavuus muokatuilla mailla on ollut hyvä.

Tyypiltään vanhimmat ja maailmalla edelleen yleisimmin käytettävät auraavat istutuskoneet sopivat Suomessa vain peltojen ja avosoiden metsityksiin (Appelroth 1969, Appelroth ja Harstela 1970). Istutusta yritettiin 1970-luvulla koneellistaa täysautomaattisilla Serlachius- (Kaila 1984) ja Silva Nova (Hallonborg ym. 1995) -koneilla, mutta kohtuullisen hyvin toimivasta tekniikasta huolimatta niistä jouduttiin luopumaan heikon kustannuskilpailukyvyn takia (Davner 2000). Ruotsissa on käytössä useita pienten maastoajoneuvojen päälle rakennettuja kairoja (Hedman ja Håkansson 1992), mutta niiden maanmuokkausjälki ei vastaa Suomessa tyypillisten istutuskohteiden

vaatimuksia. Metsätyövoima ja metsätöihin kykenevä ja halukas metsänomistajakunta on vähentynyt, jolloin paine koneellistamiseen on uudestaan kasvanut. Automaattisten koneiden rinnalle kehitettiin 1990-luvun alussa istutuslaitteita, joiden kuljettaja valitsee istutuskohdat peruskoneen kuormainta tai puomia ohjaamalla (Arnkil ja Hämäläinen 1995, Hallonborg ym. 1997).

Tutkimuksessa selvitettiin koneellisen istutuksen tilannetta Suomessa. Työntutkimuksen kohteeksi valittiin Ilves ja Bräcke Planter istutuslaitteet, jotka soveltuvat tyypillisten suomalaisten moreeni- ja ohutkunntaisten turvemaiden istutukseen (Rummukainen 1993, Kautto 1997). Koneilla istutettujen taimikoiden kehittymistä seurattiin 8 vuoden ajan. Työntutkimusten perusteella laadituilla kustannuslaskentamalleilla verrattiin kone- ja käsinistutusketjujen kustannuksia toisiinsa.

Silloisen Tehdaspuu Oy:n Pekka Kurvinen ja Luumäen MHY järjestivät työmaat tutkimuksen käyttöön. Istutuskoneen keksijä ja istutusyrittäjä Hannu Ilves sekä yrittäjät Veljekset Kananen, Kuukka ja Varis suhtautuivat tutkimukseen myönteisesti. Taimien istutusjäljen inventointeihin osallistuivat Veli-Matti Kavilo, Osmo Korhonen, Antti Lukkariinen ja Marco Tuhkanen. Urpo Paananen on inventointityön lisäksi kerännyt ja käsitellyt aikatutkimusaineistot sekä osallistunut tulosten laskentaan. Aiheesta on käyty antoisia keskusteluja johtavan tutkijan MML Auvo Kaivololan ja tutkimuspäällikkö Jarmo Hämäläisen kanssa.

MMT Sauli Valkonen antoi arvokkaita tietoja taimien alkukehityksestä ja MMT Maarit Kytö tukkimiehentäiden torjunnasta. Toimittaja Tarja Suksi korjasi ystävällisesti julkaisun kieliasua. Atk-suunnittelija Anne Siika taittoi julkaisun. Lämmin kiitos kaikille työn etenemiseen osallistuneille.

Kiitos käsikirjoitusta rakentavasti kommentoineille tutkimusjohtaja Kari Mieli-käiselle, asemanjohtaja MMT Heikki Smolanderille, professori Pertti Harstelalle ja MMT Kaarlo Kinnuselle.



## 2 Tutkimusaineistot

### 2.1 Koejärjestelyt

Istutuskoneita tutkittiin kolmena vuonna. Istutustyöstä tehtiin aika- ja tuotostutkimukset. Työn laatu selvitettiin heti istutuksen jälkeen ja taimien kehitystä seurattiin kahdeksan vuoden ajan. Aika- ja tuotostutkimuksen työvaiheet ja taimien istutusetaisytydet peruskoneesta tallennettiin tiedonkeruulaitteelle. Vajaan 15 000 taimen työntutkimusaineisto on esitetty taulukossa 1. Luumäen Koskisaaren koealueella kokeiltiin erikseen Ilves-istutuskoneeseen rakennettua muokauslisälaitetta. Tällöin muokkauksen yhteydessä istutettiin 357 tainta lisälaitteella tehtyihin laikkuihin. Muokkaus oli

hieman hitaampaa ja jäi laadultaan huomattavasti huonommaksi kuin Bräckellä. Laitteesta aiheutui keskeytyksiä ja huono muokkausjälki lisäsi taimikuolleisuutta. Koskisaaren tulokset eivät ole mukana myöhemmissä tarkasteluissa.

Taimet vaurioituivat istutusvaiheessa merkittävästi ainoastaan Bräcke-yhdistelmän Havumäen koealueella. Alue istutettiin kaksivuotiailla männyntaimilla heinäkuun alussa, jolloin niiden pituuskasvu oli jo pitkällä. Talluskylän koealue istutettiin kesäkuun aikana, jolloin taimet olivat kasvussa. Muut koealueet istutettiin toukokuussa.

Koealojen puusto oli kaadettu istutusta edeltäneenä vuonna. Bräcke-alueet

Taulukko 1. Työntutkimusaineistojen maalajit, maanmuokkausmenetelmät, istutettujen taimien lukumäärät sekä mittausajat.

Koealueen sijainti	Maalaji	Muokkausmenetelmä	Taimimäärä, kpl	Mittausajankohta
<b>Maataloustraktori-Ilves</b>				
Montonen, Luumäki	Hietamoreeni	Äestys	1 381	13.-15.5.1992
Petäjäsaari, Luumäki	Hietamoreeni	Äestys	2 952	19.-24.5.1992
Tuohikotti Savitaipale	Hiesumoreeni	Ojitusmätästys	1 300	13.5.1996
<b>Metsätraktori-Ilves</b>				
Riivikko, Vesanto	Hietamoreeni	Äestys	1 294	24-25.5.1993
Talluskylä, Tervo	Hietamoreeni	Ojitusmätästys	3 407	4.6, 22.6 ja 24.6.1993
Kajaanin tila, Mikkeli	Hiesumoreeni	Ojitusmätästys	1 350	15.5.1996
<b>Bräcke</b>				
Havumäki, Leivonmäki	Hietamoreeni	Oma mätästys	1 431	5-6.7.1993
Konnevesi	Hiesumoreeni	Oma mätästys	1 606	23.5.1996

muokattiin istutuksen yhteydessä. Ilveskoealueet muokattiin istutuskeväänä. Kajaanin metsätilan koealueelta hakkuutahteet oli kerätty pois ennen istutusta.

Vuosien 1992 ja 1993 tutkimusaineistoja kerättyä kuljettajat vasta opettelivat työtä ja istutuskoneyhdistelmissä oli paljon säätämistä. Maataloustraktori-Ilveksen kuljettaja oli koneen kehittäjä, jolla oli tutkimuksen alussa vähäinen kuormaimen käyttökokemus. Metsätraktori-Ilveksen kuljettajalla oli puolen vuoden työkokemus puutavaran kuljetuksesta. Bräcken kuljettaja oli kokenut kaivinkoneen kuljettaja. Kuljettajilla ei ollut aikaisempaa kokemusta parhaiden istutuspaikkojen valinnan perusteista tai istutustiheydestä. Vuoden 1996 aineistois-

sa kuljettajilla oli jo usean vuoden koneistutuskokemus.

Aikatutkimuksessa tallennettiin työvaihekohtaiset ajat ja taimikohtaiset istutuspään etäisyydet kuormaimen puomin tyvestä. Taimikoiden laadun seuraamista varten valittiin satunnainen työpiste koealaksi, jonka taimiin merkittiin istutusjärjestys ja aikatatutkimuksen mukainen taimikohtainen numero. Koeala merkittiin paalulla työpisteessä istutettujen taimien arvioituun keskipisteeseen. Taimien pituudet ja kasvu mitattiin ja niiden sijainti määritettiin muokkausjäljen suhteen. Taimien kunto ja kilpailutekijät arvioitiin. Taimitiheys mitattiin 50 m<sup>2</sup>:n (säde = 3,99 m) ympyräkoelalta, jonka keskipiste oli edellä mainittu koealapa-

Taulukko 2. Taimiaineistojen koealojen määrät, taimilajit, mitattujen taimien lukumäärät ja mittausvuodet. Koealat mitattiin perustamisvuoden keväällä ja syksyllä sekä muina vuosina syksyllä kasvukauden päättymisen jälkeen. Vuoden 1996 aineistot mitattiin vain istutuksen yhteydessä ja vuonna 1999.

Koealueen sijainti	Koealoja, kpl	Taimilaji	Taimimäärä, kpl	Mittausvuodet
<b>Maataloustraktori-Ilves</b>				
Montonen, Luumäki	9	Kuusipaakku, 1-vuotias PS 508	114	1992, 1993, 1994, 1995, 1999
Petäjäsaari Luumäki	9	Kuusipaakku, 1-vuotias PS 508	95	1992, 1993, 1994, 1995, 1999
Tuohikotti, Savitaipale	9	Mäntypaakku, 2-vuotias PS 608	71	1996 kevät, 1999
<b>Metsätraktori-Ilves</b>				
Riivikko, Vesanto	8 <sup>1</sup>	Kuusipaakku, 1-vuotias PS 508	91	1993, 1994, 1995, 1999
Talluskylä, Vesanto	12	Kuusipaakku, 2-vuotias PS 508	128	1993, 1994, 1995, 1999
Kajaanin tila, Mikkeli	6	Kuusipaakku, 2-vuotias PS 608	68	1996 kevät, 1999
<b>Bräcke</b>				
Havumäki, Leivonmäki	2	Mäntypaakku, 2-vuotias PS 608 <sup>2</sup>	55	1993, 1994, 1995, 1999
Konnevesi	3	Kuusipaakku, 2-vuotias PS 608	58	1996 kevät, 1999

<sup>1</sup> Taimiaineisto irrallinen aikatatutkimusaineistosta.

<sup>2</sup> Taimet oli varastoitu talven 1992-93 yli koealueella.

lu. Taimiaineisto liittyi työntutkimusaineistoon muualla paitsi Riivikossa, jossa taimikoealat valittiin ja mitattiin vasta työntutkimuksen jälkeen. Taimiaineistot mitattiin taulukon 2 mukaisesti.

## 2.2 Koneyhdistelmät

Bräcke- ja Ilves-istutuslaitteet perustuvat maahan painettavan pottiputken ja käsin täytettävän taimien syöttölaitteen yhdistelmään, jota kuljettaja ohjaa hydraulisella puomilla. Bräckellä käännetään tai kootaan kivennäismaasta humuksen päälle mätäs (laikkumätästys), johon taimi istutetaan. Muokkaustyön vaatiman voiman takia Bräcke-istutuslaite asennetaan kaivinkoneen puomiin.

Ilves-istutuslaitteen keksijä ja valmistaja on luumäkeläinen Hannu Ilves. Ensimmäinen prototyyppi valmistui kesäkuun 1991 ja toinen kesäkuun 1992. Talvella 1993 valmistettiin yrittäjille kaksi laitetta, joiden yksikköhinta oli noin 8 300 €. Enimmillään Ilves-laitteita oli käytössä viisi kappaletta. Vuonna 2001 niitä ei käytetty, mutta kesällä 2002 laitteen uusin kehitysversio on ollut koekäytössä. Istutuslaite painaa noin 200 kg, joten se voidaan helposti asentaa puutavarakuormaimiin. Laite koostuu hydraulitoimisesta pottiputkesta, tiivistysjaloista, syöttöpöydästä ja -pöydän holkkihihnasta. Taimet asetetaan hihnan holkkeihin (kuva 1). Taimipöydälle mahtuu kerralla 102 tainta. Istutuslaite siirretään kuormaimella haluttuun istutuskohtaan ja putki painetaan maahan. Pottiputki avataan hydraulisesti ja samanaikaisesti holkkihihnan siirrolla taimi pudotetaan putken läpi istutuskoloon. Tiivistysjalat puristavat taimen maahan samanaikaisesti kun laite nostetaan ylös.

Hannu Ilves istutti toisella prototyyppillä Montosen, Koskisaaren, Petäjäsaa-

ren ja Tuohikotin koelauheet (kuva kannessa). Kuormain oli nelivetoinen Valmet 705 maataloustraktorin apurungolla. Apurungon lisäakseli ja telavarustus vakavoittavat traktorin kulkua, vähentävät pintapainetta ja helpottavat ojien ylitystä. Foresteri 44 kuormaimen ulottuvuus oli 8 m. Toimintasektori traktorin takana oli 250 astetta.

Riivikossa ja Talluskylässä Ilveksen peruskone oli FMG 910 kuormatraktori, jossa oli Fiskarsin 10 metriin ulottuva kuormain (kuva 2). Työskentelysektorit olivat noin 120 astetta traktorin kummallakin sivulla. Istutus kuormatilan taakse ei onnistunut huonon näkyvyyden takia. Käytännössä työskenneltiin vain toisella sivulla, koska molemmin puolin työskenneltäessä traktorin alle olisi jäänyt istuttamaton vyöhyke.

Kajaanin koelaupeella peruskone oli Ponsse S 15 metsätraktori 10 metrin Fiskars Loglift-kuormaimella. Kuljettaja oli istuttanut koneella jo kolme vuotta. Alustakoneen kallistuminen sivusuunnassa johtaa istutusputken vinossa oloon, koska istutuslaite on kiinnitetty puomiin sivusuunnassa kiinteillä nivelillä. Tässä Ilves-koneessa ongelma oli ratkaistu istutuspään kallistussyliinterillä. Yrittäjä oli suurentanut laitteen taimipöytää siten,



Kuva 1. Ilves-istutuslaite.



Kuva 2. Vasemmalla Ilves-laite Ponsse S15 –kuormatraktorissa Mikkelissä. Oikealla Valmet maataloustraktori-Ilves -yhdistelmä työssä Luumäellä.

että sille mahtui 150 tainta. Pottiputken istutuspäätä oli vahvistettu ja laitteeseen oli lisätty kallistussylinteri. Ponssen kuormatilassa oli 24 taimilaatikon teline ja taimien kasteluun 100 litran painevesisäiliö.

Bräcke-istutuslaite (aikaisemmin Öje-Planter) kehitettiin jo 1980-luvun lopulla (kuva kannessa). Nykyisin konetta valmistaa Robur Maskin AB Ruotsissa. Suomessa on käytössä puolenkymmentä laitetta, joita nyt myy TTS-Forest Oy. Laitteen massa on 1 100 kg ja hinta on noin 42 000 €.

Istutuslaitteen runkoon on nivelöity hydraulitoiminen mätästyslevy (kuva 3). Sen keskellä on reikä, jonka läpi taimi istutetaan pottiputkella ja tiivistetään paikalleen. Taimipöydällä on kannen alla kaksi sisäkkäistä sähkömoottorilla pyöritettävää alumiiniholkkikehää, joihin mahtuu kerrallaan 72 tainta. Taimien juuttumisen estämiseksi putken sisäpinta voidaan puhdistaa painevesisuihkulla. Havumäen ja Konneveden koalueilla Bräcke-laite oli asennettu 14 tonnia painavan Hitachi EX 100M -kaivinkoneen puumiin (kuva 4). Kuljettajalla oli Havumäellä vajaan vuoden ja Konnevedellä kahden vuoden istutustyökokemus.



Kuva 3. Bräcke-istutuslaite, vasemmalta mätästyslevy, runko ja taimipöydän suojalaatikko.



Kuva 4. Havumäen ja Konneveden koalueiden Hitachi-Bräcke -yhdistelmä.

# 3 Työn tuottavuus

## 3.1 Työajan rakenne

Maataloustraktori-Ilveksellä työn tuottavuus parani kuljettajan harjaantumisen myötä 40 %, kun verrataan viiden vuoden työkokemusta ensimmäisen kesän aloitukseen (taulukko 3). Muilla koneilla työn tuottavuus parani vähemmän, koska kuljettajat olivat jo alussa kokeneempia koneidensa käyttäjiä. Oppiminen näkyi myös työajan vaihtelun pieneenemisenä vanhemmista aineistoista uudempiin. Oppimisen johdosta aikatutki-

muksen tulokset esitetään jatkossa yleensä koealueittain. Vuoden 1996 lukuja voidaan pitää kokeneiden kuljettajien arvoina. Työ on kuormaimen käyttöä, joten kuljettajan vaikutus työn tuottavuuteen on suuri.

Ilves-yhdistelmillä istutus-työvaiheeseen kuuluu kuormaimen siirto istutuskohtaan ja automaattinen istutusliikesarja. Seuraavan taimen istutustyövaihe alkaa istutuslaitteen nostosta istutustapah-tuman jälkeen. Bräckellä tästä liikesarjasta erotetaan maanmuokkaus, joka al-

Taulukko 3. Koneistutuksen tehoajanmenekit, niiden variaatiokertoimet ja osuudet työmaittain. Kursivoituja työmaita käytettiin kustannuslaskenta-analyysseissa. Suluissa keskihajonnat.

	Maataloustraktori-Ilves			Metsätraktori-Ilves			Bräcke	
	Montonen	Petäjä-saari	Tuohikotti	Riivikko	Talluskylä	Kajaanin tila	Havumäki	Konnevesi
<b>Ajanmenekin keskiarvo, cmin/taimi</b>								
Istutus	23,7 (8,0)	18,9 (7,4)	15,1 (6,2)	20,1 (9,7)	18,3 (9,4)	19,8 (7,0)	12,9 (6,0)	14,0 (4,8)
Muokkaus							14,2 (9,7)	12,4 (9,0)
Työpiste-siirrot	5,8 (19,0)	4,8 (15,3)	4,6 (13,4)	8,7 (28,9)	9,0 (29,0)	7,1 (22,7)	5,5 (15,3)	4,5 (9,6)
Taimien lisäys	4,5 (44,2)	4,2 (42,8)	4,5 (49,9)	6,2 (61,9)	6,6 (65,4)	5,7 (75,0)	13,6 (99,5)	9,8 (81,7)
Tehoaika yhteensä	34,0 (49,2)	27,9 (47,1)	24,2 (52,6)	35,0 (72,0)	33,9 (74,6)	32,6 (79,9)	46,2 (103,1)	40,7 (83,0)
<b>Osuus tehoajasta, %</b>								
Istutus	69,7	67,7	62,4	57,4	54,0	60,7	27,9	34,4
Muokkaus							30,7	30,5
Työpiste-siirrot	17,1	17,2	19,0	24,9	26,5	21,8	11,9	11,1
Taimien lisäys	13,2	15,1	18,6	17,7	19,5	17,5	29,4	24,1
Tehoaika yhteensä	100	100	100	100	100	100	100	100

kaa muokkauslevyn painuessa maahan ja loppuu mättään tiivistykseen. Työpiste-siirron työvaihe sisältää alustakoneen siirtymiseen kuuluvan ajan. Taimipöydän täyttö -työvaihe alkaa alustakoneen pysäyttämistä ja päättyy kuljettajan aloittaessa istutustyön.

Tehoajasta noin 60 % kului istutukseen tai istutukseen ja muokkaukseen, jotka ovat pääosin hydraulipuomin käyttöä (taulukko 3). Bräckellä muokkaus ja istutus veivät keskimäärin saman ajan, mutta muokkauksen ajanmenekin vaihtelu oli suurempi. Työpistesiirot ja taimien lisäys istutuslaitteeseen veivät kumpikin viidesosan kokonaisajasta Ilves-koneilla. Bräckellä työpistesiirojen osuus oli pienempi, mutta taimien täytön osuus suurempi.

## 3.2 Työpisteet

Istutuslaitteiden toimintaperiaatteen vuoksi peruskoneen on istutushetkellä oltava paikallaan työpisteessä, jottei istutuspään siirtyminen vaurioita tai irrota tain-

ta. Yhdestä työpisteestä istutettavien taimien enimmäismäärä riippuu istutustiheydestä, kuormaimen ulottuvuudesta sekä kuormaimen työsektorin laajuudesta. Muita tekijöitä ovat maaston vaikeus, maanmuokkauksesta johtuvien istutuskohtien määrä ja laatu. Pitkäulotteisella puomilla ongelmia aiheuttavat näkyvyyden heikkeneminen ja istutuspuun liiketarkkuuden heikkeneminen istutusetäisyyden kasvaessa.

Istutuskoneet erosivat toisistaan kuormaimen sijoituksen, ulottuvuuden ja puomin rakenteen suhteen. Maataloustraktori-Ilveksen teoreettinen työskentelysektori oli 250 astetta ja metsätraktori-Ilveksen 120. Bräckellä työskentelysektori on 360 astetta, mutta siirtymisen takia ei kannata istuttaa täysympyrää. Metsätraktori-Ilveksien kuormaimet olivat ulottuvampia, mutta niiden sijainti esti istutuksen koneen lähelle. Ilves-laitteilla istutettiin yhdessä työpisteessä melkein kaksi kertaa enemmän taimia kuin Bräckellä (taulukko 4 ja kuva 5). Työpisteessä istutettujen taimien määrään vaikuttivat konetyypin lisäksi kuljettajan tottumuk-

Taulukko 4. Työpistekohtaiset taimimäärät, istutusetäisyydet sekä kuormaimen ulottuvuudet. Suluisa keskihajonnat.

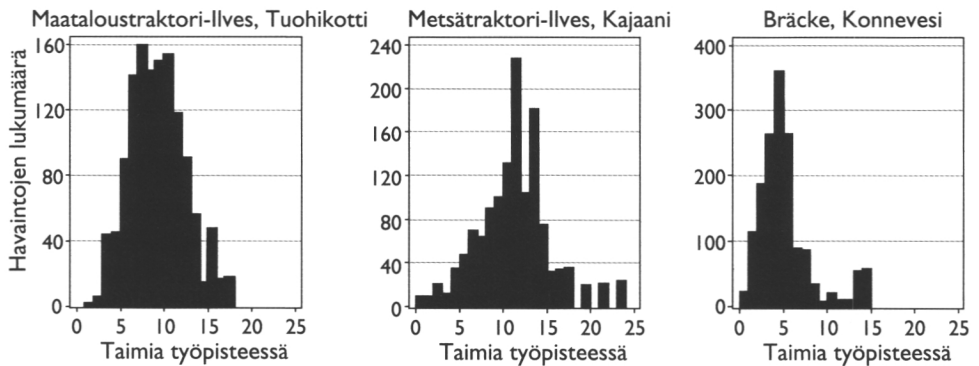
Tunnus	Maataloustraktori-Ilves			Metsätraktori-Ilves			Bräcke	
	Montonen	Petäjäsaari	Tuohikotti	Riivikko	Talluskylä	Kajaanin tila	Havumäki	Konnevesi
Työpisteitä, kpl	139	311	150	141	385	144	267	369
Taimia työpisteessä, kpl	9,9 (3,7)	9,5 (3,1)	8,7 (3,1)	9,2 (3,3)	8,8 (3,4)	9,4 (4,7)	5,3 (3,1)	4,4 (2,5)
Istutusetäisyys, m	2...8	2...8	2...7	3...9	3...10	3...11	4...8	3...7
Keskimääräinen istutusetäisyys, m	5,4 (1,6)	5,8 (1,5)	4,9 (0,9)	5,6 (1,5)	6,4 (1,8)	6,6 (2,1)	5,5 (0,9)	4,9 (0,8)
Kuormaimen ulottuvuus, m	8	8	8	10	10	11	8	8
Keskimääräisen istutusetäisyyden suhde kuormaimen ulottuvuuteen	0,67	0,73	0,61	0,56	0,64	0,60	0,69	0,61

set ja Ilveksellä muokkausmenetelmä, joka vaikutti myös istutustiheyteen.

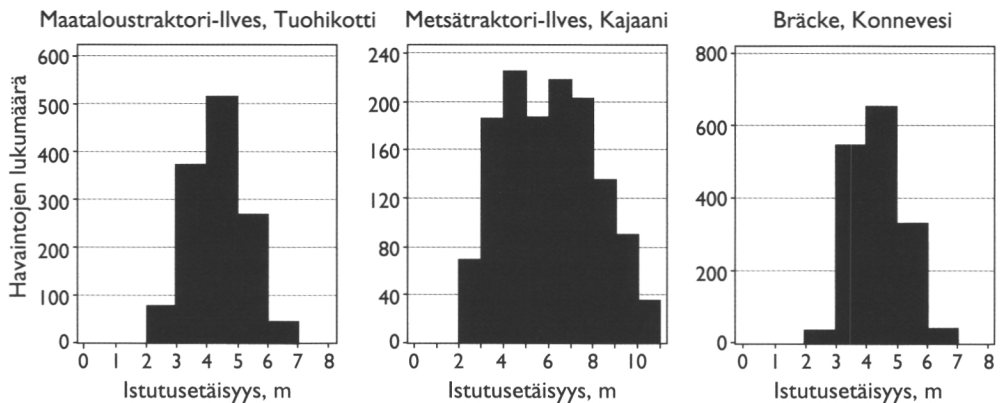
Keskimääräinen istutusetaisyys oli kaksi kolmasosaa kuormaimen ulottuvuudesta. Työhön oppimisen myötä keskimääräinen istutusetaisyys lyheni maataloustraktori-Ilveksellä ja Bräckellä. Maataloustraktori-Ilves pystyi tehokkaimmin käyttämään kuormaimen työalueen hyväkseen. Istutusetaisyys ei riippunut työpisteessä istutettujen taimien määrästä. Poikkeuksena muutamilla Ilveksen koealueilla havaittiin istutusetaisuuden kasvu aivan pienillä työpistekohtaisilla taimimäärillä. Tämä voi johtua siitä, että

vaikeisiin paikkoihin kurotettiin muutama taimi kuormaimen äärietaisyudella.

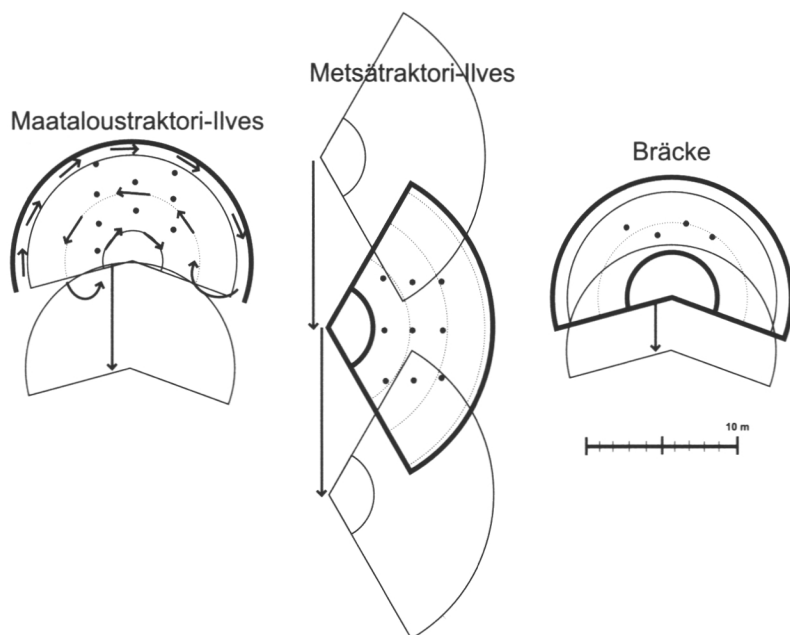
Bräcke käytti teoreettisesta työalueestaan vain osan ja siirtyi usein (kuva 6). Metsätraktori-Ilveksen työalue oli sivusuunnassa traktorin rakenteiden rajaama, joten traktorille tuli paljon pitkiä työpistesiirtoja. Maataloustraktori-Ilveksellä ja Bräckellä kuormaimen ääriulottuvuuden käyttö ei ilmeisesti ollut käytännöllistä, koska uloimmalta metriltä istutushavainnot ei ole (kuva 7). Bräcke-laitteen suuri massa vaikeutti työskentelyä äärialueilla.



Kuva 5. Työpistettä kohti istutettujen taimien määrät Tuohikotin, Kajaanin ja Konneveden koealueilla.



Kuva 6. Taimien istutusetaisuudet Tuohikotin, Kajaanin ja Konneveden koealueilla.



Kuva 7. Istutuskoneiden teoreettiset työpisteen istutusalueet (paksu viiva). Mustat pisteet näyttävät keskimääräiset yhden työpisteen istutuskohdat, joiden paikat on määritelty toteutuneiden istutusetaisyysien avulla. Nuoli osoittaa työpistesiirron suunnan ja pituuden tutkituilla työmailla. Maataloustraktori-Ilves-yhdistelmän kuvaan on merkitty myös optimaalinen istutuksen liikesarja katkonuolilla. Kuvaa katsottaessa täytyy muistaa, että työmaiden istutus-tiheydet eivät vastanneet tavoitteita.

Metsätraktorin järeä kuormain ja hyvä näkyvyys mahdollistivat työskentelyn jopa 11 metrin etäisyydellä. Maataloustraktori-Ilves ja Bräcke jättivät usein sivusuunnassa suuren osan työskentelyalueesta käyttämättä. Ilves-laitteiden koe-alueilla ongelmana oli myös riittämätön maanmuokkaus. Tämä korostui mätäste-tyillä alueilla.

### 3.3 Työvaiheiden ajanmenekkiin riippuvuus työtavoista ja -oloista

#### Istutus

Tutkimuksessa ei ollut mahdollista mitata istutuksessa istutuslaitteen siirtelymatkoja ja suuntia, jotka selvimmin vaikuttavat ajanmenekkiin. Taimikohtaista is-

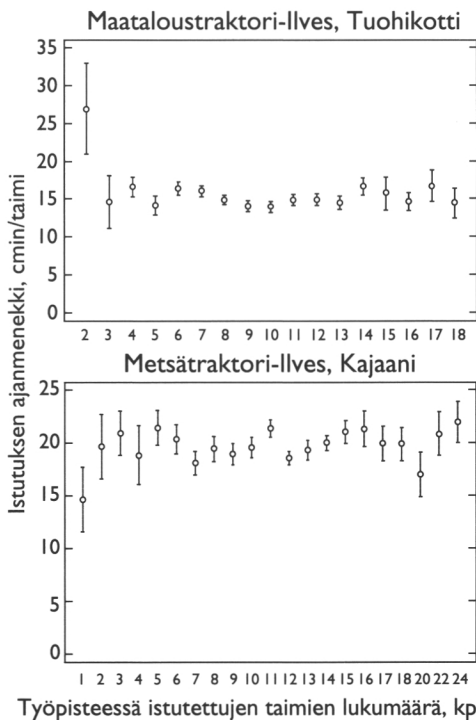
tutuksen ajanmenekkiä voitiin selittää ai-noastaan työpistettä kohti istutetulla taimimäärällä ja istutuskohdan etäisyydellä kuormaimen pystyvuomista. Tämä istutusetaisyys ei kuitenkaan kerro peräkäisten istutusten välistä siirtomatkaa, joka vaikuttaa ajanmenekkiin.

Istutuksen ajanmenekki oli maataloustraktori-Ilveksellä neljänneksen pienempi kuin metsätraktori-Ilveksellä (taulukko 3). Ajanmenekki vaihteli kummallakin eniten istutettaessa vähän tai erityisen paljon taimia työpistettä kohti (kuva 8), jolloin työ ilmeisesti vaikeutui. Näillä äärialueilla myös vähäinen havaintojen määrä kasvatti hajontaa. Kummallakin Ilves-laitteella keskimääräinen ajanmenekki pysyi samalla tasolla istutettaessa enemmän kuin kolme tainta työpistettä kohti. Metsätraktori-Ilves-yhdistel-



män ajanmenekki ja hajonta olivat suuremmat kuin maataloustraktori-Ilveksellä. Taimikohtainen ajanmenekki ei siis kasvanut, vaikka kuljettajat istuttivat keskimääräistä enemmän taimia samassa työpisteessä.

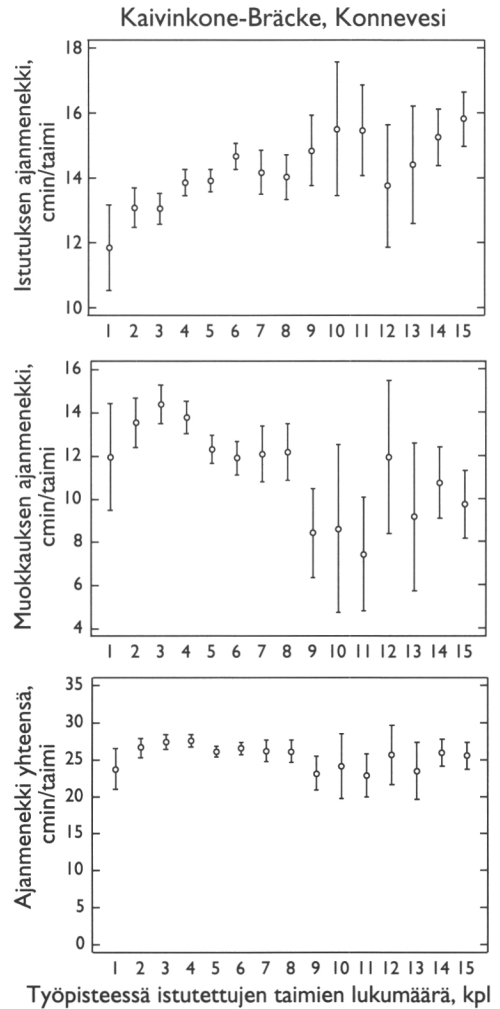
Bräckellä istutuksen ajanmenekki kasvoi työpistekohtaisen taimimäärän kasvaessa (kuva 9). Toisaalta taimikohtainen muokkautusaika pieneni jonkin verran taimimäärän kasvaessa. Kummassakin työvaiheessa ajanmenekin hajonta kasvoi aivan pienillä ja suurilla taimimäärillä. Yhteenlaskettuna istutuksen ja muokkauksen taimikohtainen ajanmenekki pysyi melko vakiona työpisteessä



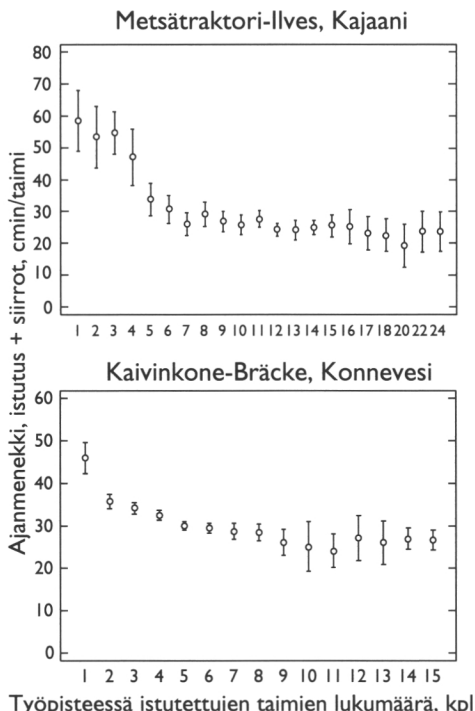
Kuva 8. Istutuksen ajanmenekin riippuvuus työpistettä kohti istutettujen taimien lukumäärästä Ilves-koneilla Tuohikotin ja Kajaanin koealueilla. Ympyrä on luokan keskiarvo ja janat ilmaisevat 95 % luotettavuusvälin.

istutettujen taimien määrästä riippumatta. Ajanmenekin hajonta kasvoi työpistekohtaisen taimimäärän ylitettyä 8 tainta. Kuvissa selkeät muutokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Kun istutuksen ja mahdollisen muokkauksen ajanmenekkiin lisätään työpistesiirron taimikohtainen ajanmenekki, sum-



Kuva 9. Kuormaimensiirron ja istutuksen (ylhäällä), maanmuokkauksen (keskellä) ja istutuksen kokonaisajanmenekin (alhaalla) riippuvuus työpistettä kohti istutettujen taimien lukumäärästä Bräckellä Konneveden koealueilla. Ympyrä on luokan keskiarvo ja janat ilmaisevat 95 % luotettavuusvälin.



Työpisteessä istutettujen taimien lukumäärä, kpl

Kuva 10. Metsätraktori-Ilveksen Kajaanin tilan ja Bräckén Konneveden koalueiden istutuksen, muokkauksen ja työpistesiiirron taimikohtaisen ajanmenekin riippuvuudet työpistekohtaisesta taimien määrästä. Ympyrä on luokan keskiarvo ja janat ilmaisevat 95 % luotettavuusvälin.

ma pienenee työpistekohtaisen taimimäärän kasvaessa (kuva 10). Tutkimuksessa istutustiheys jäi usein selvästi alle tavoitteiden, jolloin työpistesiiirtojen pituus ja ajanmenekki tulee suuremmaksi kuin tiheämpään istutuksessa. Bräckellä ajanmenekki pieneni loivasti kunnes työpisteen taimimäärä oli 11. Metsätraktori-Ilveksellä ajanmenekki pieneni puolestaan taimimäärään 7, jonka jälkeen se pysyi melkein vakiona. Taimikohtaisen ajanmenekin hajonta alkoi kasvaa työpisteissä, joissa istutettiin paljon taimia. Kuvassa 10 näkyvistä riippuvuuksista huolimatta ajanmenekin ja työpisteessä olevien taimien lukumäärän väliset riip-

puvuudet eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

## Taimipöydän täyttö

Taimipöydän täytön ajanmenekki riippuu taimimateriaalista, taimien kuljetustelineistä ja istutuslaitteen käyttömukavuudesta. Kuljettaja poimi taimen kasvatusalustasta ja asetti sen siirtoketjun holkkiin. Maataloustraktori-Ilveksessä taimet olivat apurungon päällä ja hytin katolla. Metsätraktori-Ilveksessä taimet olivat kuormatilassa ja Bräckessä kaivinkoneen rungolle rakennetuilla hyllyillä. Täytön kokonaisajanmenekkiin vaikuttaa myös taimipöydän koko, joka määrää täyttötiheyden. Hytistä poistuminen ja takaisin kiipeäminen lisäävät taimikohtaista ajanmenekkiä sitä enemmän mitä vähemmän taimia pöydälle mahtuu.

Taimipöydän täyttö oli nopeinta maataloustraktori-Ilveksellä (taulukko 5). Pöydän koon kasvattaminen 50 %:lla vähensi metsätraktori-Ilveksellä taimikohtaista täyttöajanmenekkiä 10 %. Siitä huolimatta täytön ajanmenekki oli kolmanneksen suurempi kuin maataloustraktori-Ilveksellä. Metsätraktorin taimien kuljetusjärjestelyt olivat hankalammat. Bräckellä täyttö vei lähes kaksi kertaa enemmän aikaa tainta kohti kuin Ilveksillä. Taimipöytä oli pikalukoilla avattavan kannen alla ja pienempi kuin Ilveksillä. Variaatiokerrointen pieneneminen ajan myötä kertoi kaikilla koneilla työhön oppimisesta. Mikään muuttuja ei selittänyt taimipöydän täytön ajanmenekkiä tilastollisesti merkitsevästi.

## Työpistesiiirtymiset

Työpisteiden välinen siirtymismatka riippuu kuormaimen ulottuvuudesta, maastosta, maanmuokkausjäljestä, työmaan muodosta sekä työn vaikeutumisesta hak-

kutähteiden, näkyvyyden tai liikkeiden tarkkuuden takia. Lisäksi siirtymisnopeus ja -matka riippuvat peruskoneen voimansiirtojärjestelmästä ja kuljettajan työtavasta. Harjaantumisen myötä siirtymisnopeudet kasvoivat, mutta -matkat lyhenivät kaikilla koneilla (taulukko 6). Bräcke-yhdistelmän siirtymisnopeus oli pyöräkoneiden luokkaa tavanomaisilla lyhyillä matkoilla.

Työpistesiiirtojen ajanmenekki kasvoi metsätraktori-Ilves-yhdistelmällä suoraan siirtymismatkan pitenemisen mu-

kaan. Suoraviivaisen regressiomallin selitysaste oli 78 %. Metsätraktorin voimansiirto mahdollistaa helpon liikkeellelähden ja joustavan liikkumisen. Siirtymismatkat olivat myös pidemmät kuin muilla koneilla. Bräckellä ja erityisesti maataloustraktori-Ilves-yhdistelmällä vastaavanlaisen mallin selitysaste jäi alle puoleen, edellisellä 42 % ja jälkimmäisellä vain 3 %. Bräcke istutti muita koneita vähemmän taimia yhdessä työpisteessä, joten sille tuli muita useampia, mutta lyhyitä työpistesiiirtoja. Bräckellä

Taulukko 5. Istutuskoneen taimipöydän täytön ajanmenekit ja niiden hajonnat koalueittain. Sulussa keskihajonta.

Tunnus	Maataloustraktori-Ilves			Metsätraktori-Ilves			Bräcke	
	Montonen	Petäjäsaari	Tuohikotti	Riivikko	Talluskylä	Kajaanin tila	Havumäki	Konnevesi
Pöydän täyttöaika, cmin/täyttö	412 (112)	418 (89)	537 (97)	569 (190)	627 (124)	967 (144)	670 (221)	655 (158)
Havaintojen lukumäärä, kpl	15	30	11	14	36	8	29	24
Variaatiokerroin, %	27,1	21,3	18,0	33,4	19,8	14,9	33,1	24,1
Pöydän täyttöaika, cmin/istutettu taimi	4,5	4,3	4,6	6,2	6,6	5,7	13,6	9,8
Taimipöydän tilavuus, tainta, kpl	102	102	102	102	102	150	72	72

Taulukko 6. Työpistesiiirtojen ajanmenekit, matkat, keskinopeudet ja havaintojen lukumäärät. Sulussa keskihajonta.

Tunnus	Maataloustraktori-Ilves			Metsätraktori-Ilves			Bräcke	
	Montonen	Petäjäsaari	Tuohikotti	Riivikko	Talluskylä	Kajaanin tila	Havumäki	Konnevesi
Ajanmenekki, cmin/siirto	57,9 (23,8)	45,8 (18,8)	39,1 (13,7)	81,0 (44,2)	79,4 (43,3)	66,8 (29,7)	29,3 (23,5)	19,3 (10,5)
Matka, m	7,1 (5,7)	7,8 (2,5)	6,9 (1,3)	12,2 (6,9)	12,6 (8,0)	11,3 (5,8)	3,6 (2,0)	3,1 (1,3)
Siirtonopeus, km/h	0,73	1,03	1,05	0,90	0,96	1,01	0,74	0,96
Havainnot, kpl	139	310	151	139	385	143	267	371

voidaan siirtyä silloinkin kun puomia käännetään ilmassa seuraavalle istutuskohtalle. Bräcken siirtoajanmenekki alkoikin pienetä, jos sillä istutettiin enemmän kuin kymmenen tainta yhdessä työpisteessä. Maataloustraktorissa oli mekaaninen voimansiirto ja kuljettajan piti siirtymisen ajaksi kääntää istuin ajo-suuntaan. Nämä veivät suuren osan siirtymisajasta, jolloin matkan merkitys siirtymisajasta jäi pieneksi. Vaikea maasto haittaa eniten maataloustraktoria.

### 3.4 Keskeytykset ja lisätyöt

Työntutkimusaineistot olivat liian pieniä, jotta harvemmin sattuvista keskeytyksistä, taimien noudosta väliavarastosta tai koneen siirtämisestä ja huollosta olisi saatu tilastollisesti merkitsevää tietoa. Kaikkia koneyhdistelmiä tutkittiin niiden ensimmäisistä työpäivistä lähtien, jolloin istutuslaitteiden ja peruskoneiden säätäminen aiheuttivat useita keskeytyksiä.

Keskimääräinen keskeytysajanmenekki oli 0,15 cmin/taimi maataloustraktori-Ilveksellä Tuohikotissa, 1,28 cmin/taimi metsätraktori-Ilveksellä Kajaanissa ja 0,23 cmin/taimi Bräckellä Konnevedellä. Keskimääräinen keskeytysten osuus oli tehoajan ja keskeytysaikojen summasta 0,6 % Tuohikotissa, 3,8 % Kajaanissa ja 0,6 % Konnevedellä. Suurin osa keskeytyksistä oli lyhyitä istutuslaitteen toimintahäiriöitä, joissa taimi juuttui istutusputkeen tai ei pudonnut sinne lainkaan. Ilveksillä taimipöydän hihnaa jouduttiin alussa säätämään ja Bräckellä muokkauksesta johtuva tärähtely irrotti taimia holkeista

Koneiden siirtotarve määräytyy töiden organisoinnista ja korjaus- ja huoltotarpeista. Matka riippuu työmaan sijainnista ja muodosta sekä tie- ja maasto-oloista. Taimitäydennys tehtiin yleensä aja-

malla istutuskone taimivarastolle. Taimien noutotarve riippuu työmaan koosta ja istutuskoneen taimivaraston suuruudesta. Taimien kuivumisvaara rajoittaa mukaan otettavien taimien määrää, ellei istutuskoneessa ole kastelumahdollisuutta.

Työmaan aloitus- ja lopetussiirtymistä saatiin hyvin vähän havaintoja, koska työmaat sijaitsivat metsäautotien varressa. Siirtymisnopeus riippui maastosta ja koneen rakenteesta. Mätästetyllä työmaalla maastokelpoisempi metsätraktori-Ilves liikkui maataloustraktoria nopeammin. Bräcken siirtymisnopeuksien voidaan olettaa ainakin pidemmällä matkoilla jäävän pyöräkoneita hitaammaksi telalustan takia.

### 3.5 Tuottavuuspotentialiaali

Seuraavien laskelmien tarkoitus on esittää tuottavuus, johon istutuskoneilla voitaisiin päästä tehokkaasti toimien ja istutettaessa 2 000 tainta hehtaarille. Laskelmiin otettiin mukaan vain Ilves-maataloustraktori ja kaivinkone-Bräcke-yhdistelmät. Metsätraktori-Ilves-yhdistelmän tuottavuus oli muita pienempi ja sen kustannukset olivat selvästi muita suuremmat. Laskelmien pohjana käytettiin Ilveksellä Tuohikotin ja Bräckellä Konneveden koealueiden tietoja, koska siellä kuljettajat olivat parhaiten harjaantuneita työhönsä.

Istutustyön tehoajan taimikohtaisen ajanmenekin yleisenä mallina voidaan pitää seuraavaa:

$$tt = tks + tmu + tis + tts + tta, \quad (1)$$

jossa

$tt$  = istutustyön tehoajan taimikohtainen ajanmenekki,

$tks$  = puominsiirron taimikohtainen ajanmenekki,

$tmu$  = muokkauksen taimikohtainen ajanmenekki,

*tis* = istutustyön taimikohtainen ajanmenekki,

*tts* = työpistesiiirtojen taimikohtainen ajanmenekki,

*tta* = taimien asettelun taimikohtainen ajanmenekki.

Vastaavasti istutustyön käyttöajan taimikohtaisen ajanmenekin malli on:

$$tk = tt + thu + tke, \quad (2)$$

jossa

*tk* = istutustyön käyttöajan taimikohtainen ajanmenekki,

*tt* = istutustyön tehoajan taimikohtainen ajanmenekki,

*thu* = työmaakohtaisten apuaikojen taimikohtainen ajanmenekki,

*tke* = alle 15 minuutin keskeytysten taimikohtainen ajanmenekki.

Varsinaisen istutustapahtuman ajanmenekki oli kummallakin laitteella lähes vakio, koska se oli pakkotoiminen liikesarja. Työajanmenekki riippuu siksi pääosin istutuslaitteen siirtonopeudesta istutuskohdasta toiseen, työpisteiden lukumäärästä sekä työpisteiden välisestä siirtymismatkasta. Maataloustraktorilla, jossa on mekaaninen voimansiirto, siirtyminen työpisteestä toiseen keskeyttää istutuksen. Bräckellä kuljettaja voi siirtymisen aikanakin liikuttaa puomia kohti uutta istutuskohtaa. Jos puomin käsittelyaikaa pidetään kaikilla työskentelyetäisyyksillä vakiona, siirtoajat minimoituvat, kun työpisteessä istutetaan mahdollisimman paljon taimia. Rajaksi tulevat kuormaimen ulottuvuus ja istutussektori. Saman oletuksen perusteella istutuksen puominsiirtoaika minimoituu, kun sitä siirretään mahdollisimman vähän, eli järjestelmällisesti aina viereiseen istutuskohtaan rivi kerrallaan.

Suurempien istutustiheyksien tuottavuushyötyjä selvitettiin etsimällä työpistekohtaisesti ne taimimäärät, joilla saa-

vutettiin alhaisimmat työvaiheiden ajanmenekit (kuva 10). Näihin lisättiin työmaiden keskimääräinen taimipöydän täytön ajanmenekki. Tällä taimikohtaisella kokonaisajanmenekillä laskettiin istutuskoneiden teoreettiset tehotuntuotokset.

Nopeimmat taimikohtaiset istutusajat olivat maataloustraktori-Ilves-yhdistelmällä istutettaessa 10...16 tainta ja kativinkone-Bräcke-yhdistelmällä 9...13 tainta työpistettä kohti (kuva 10 ja taulukko 7). Puomin siirron, muokkauksen ja istutuksen ajanmenekki ei riippunut tilastollisesti merkitsevästi työpisteessä istutettujen taimien lukumäärästä eikä istutuskohdan etäisyydestä koneesta, vaikka työpistettä kohti istutettujen taimien luokkakeskiarvoissa eroja näkyikin. Joitakin työpistekohtaisia taimimäärähavain-toja oli vähän, joka näkyy kuvassa 10 suurena hajontana. Ilveksellä taimikohtaisen istutusajanmenekin vaihtelu pysyy melko vakiona istutettaessa 6...14 tainta istutus pistettä kohti. Bräckellä istutusajanmenekin hajonta kasvoi sitä enemmän mitä useampia taimia työpistettä kohti istutettiin.

Parhaaksi taimikohtaiseksi työajanmenekiksi tuli Ilves-yhdistelmälle 21,2 cmin/taimi kun istutettiin 16 tainta työpisteessään. Vastaavasti Bräcke-yhdistelmän pienin työajanmenekki oli 34,7 cmin/taimi istutettaessa 11 tainta työpisteessä. Ilves-yhdistelmän tuottavuus olisi siis ollut 14 % ja Bräcke-yhdistelmän 17 % parempi kuin työntutkimuksen keskiarvo, jos tutkimuksen kuljettajat olisivat istuttaneet tehokkaimmalla menetelmällä.

Koneellisen istutuksen tuottavuus (tainta/tehotunti) jäi tutkituilla koneilla selvästi ammattimaista käsin istutusta heikommaksi. Maataloustraktori-Ilves yhdistelmän tuottavuus oli 250 tainta/te-

Taulukko 7. Suurimmat työn tuottavuudet (tehotuntia kohti laskettuna) sekä niiden ajanmekaninen rakenne ja työpistettä kohti istutettujen taimien lukumäärä.

Tunnus	Koealueen keskiarvo	Työpistekohtainen taimimäärä		
		3. tehokkain	2. tehokkain	Tehokkain
<b>Maataloustraktori-Ilves -yhdistelmä, Tuohikotin koealue</b>				
Työpisteessä istutetut taimet, kpl	8,66	18	13	16
Puomin siirto- ja istutusaika, cmin/taimi	15,1	14,5	14,6	14,7
Siirtymisaika, cmin/taimi	4,6	4,5	2,5	2,1
Taimipöydän täyttöaika, cmin/taimi	4,5	4,5	4,5	4,5
Istutuksen teho aika yhteensä, cmin/taimi	24,2	22,3	22,0	21,2
Työn tuottavuus, tainta/tehotunti	248	269	278	283
Suhde työmaan keskiarvoon, %	100	108	112	114
<b>Kaivinkone-Bräcke -yhdistelmä, Konneveden koealue</b>				
Työpisteessä istutetut taimet, kpl	4,35	9	13	11
Puomin siirto- ja istutusaika, cmin/taimi	26,4	23	23,5	22,9
Siirtymisaika, cmin/taimi	4,5	2,6	1,8	2,1
Taimipöydän täyttöaika, cmin/taimi	9,8	9,8	9,8	9,8
Istutuksen teho aika yhteensä, cmin/taimi	40,7	35,6	35,2	34,7
Työn tuottavuus, tainta/tehotunti	147	169	171	173
Suhde työmaan keskiarvoon, %	100	114	116	117

hotunti, joka selvästi ylittää Arnkilin ja Hämmäläisen (1995) 600 tunnin seurannassa mitaaman Ilves-metsätraktori-yhdistelmän tuottavuuden 180 tainta/tehotunti. Metsätraktori-Ilves-yhdistelmän tuottavuus oli kuitenkin tässä tutkimuksessa käytännössä sama kuin Arnkililla ja Hämmäläisellä (1995) vaihdellen kolmella työmaalla 171–184 tainta/tehotunti.

Arnkiln ja Hämmäläisen (1995) neljän Bräcke-yhdistelmän seurantatutkimus keski yhteensä 3 700 tuntia. Istutuksen kes-

kimääräinen tuottavuus vaihteli koneittain 170–200 tainta/tehotunti. Heikkisen (1996) mukaan Bräcken kestävyden parantumisen myötä tuottavuus oli parantunut 6 % vuodesta 1994 vuoteen 1995, jolloin tuottavuus oli 159 tainta tehotunnissa. Tässä tutkimuksessa Bräcken tuottavuus oli 148 tainta tehotunnissa. Kustannusvertailuun otettiin mukaan tämän tutkimuksen mukaisen tuottavuuden lisäksi myös hyvän tuottavuuden käyrät (180 tainta/tehotunti), jotka vastaavat

Arnkilän ja Hämäläisen (1995) tuottavuustasoa. Riikilän (1999) mukaan 2 000 taimen istutustiheydellä päästiin 200 taimen tuntituotokseen. Tämän tuottavuuden kustannukset voi kuvassa 31 lukea 10 % tuottavuuden paranemisen kohdalla.

Ruotsissa Bräckellä on saatu tuottavuudeksi 210–260 tainta/tehotunti (von Hofsten 1993, Engquist ja Moretoft 1993). Tuottavuudet ovat selvästi Suomessa saavutettuja suurempia. Olosuhteet ovat olleet suotuisat, mutta suurin syy selkeästi parempiin tuottavuuksiin lienee istutustiheys. Ruotsissa taimikon tiheys oli 2 500 tainta hehtaarilla, kun tässä tutkimuksessa istutettiin vähimmillään vain 1 400 tainta hehtaarille. Istutustiheyden kasvaessa puomin ja koneen siirrot istutettua tainta kohti jäävät lyhyiksi, jolloin tuottavuus paranee.

# 4 Työn jälki

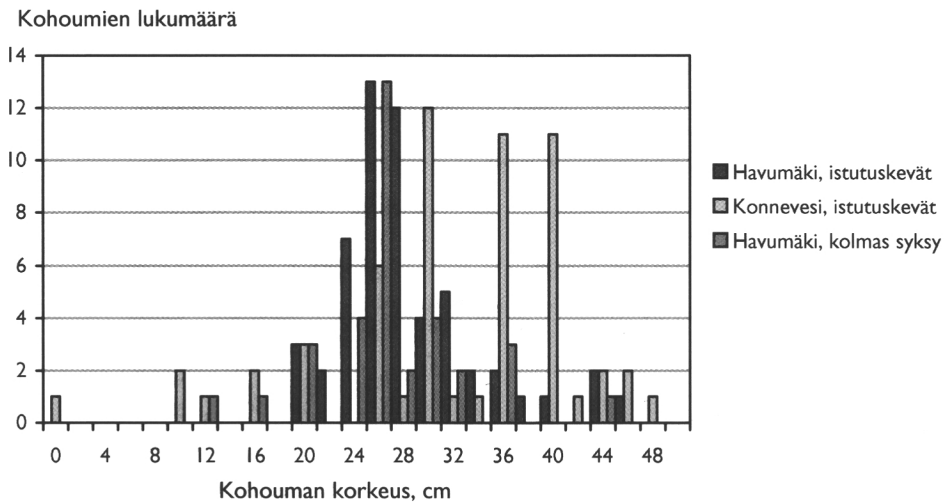
## 4.1 Maanmuokkauksen laatu

Bräcke-yhdistelmän muokkauslevyllä kivennäismaata sisältävä mätäs käännettiin ja tiivistettiin käsittelemättömän humuksen päälle. Mättäessä oli ylinnä kivennäismaakerros ja sen alla kaksi vastakkain olevaa humuskerrosta. Mättään laajuus ja korkeus vaikuttavat muun kasvilisuiden kilpailuun sekä lämpö- ja kosteusoloihin. Mättään paksuus mitattiin senttimetrin tarkkuudella istutetun taimen vierestä. Kivisyysrassi painettiin mättään ja alapuolella olevan muokkaamattoman humuskerroksen läpi kivennäismaan pintaan.

Havumäen vähäkivisellä kivennäismaalla Bräcken mättään keskipaksuus oli yli 20 cm (kuva 11). Konnevedellä mättään keskipaksuus istutuksen jälkeen oli 31

cm ja keskihajonta 10 cm. Havumäellä mättään korkeus vaihteli vähemmän kuin Konnevedellä. Mättään paksuudesta kolmasosa oli kivennäismaata ja loput vastakkain puristettuja humuskerroksia. Havumäellä mättäiden kivennäismaakerroksen keskipaksuus oli 8 cm ja Konnevedellä 11 cm. Havumäellä neljäsosassa ja Konnevedellä melkein puolessa mättäistä kivennäismaakerroksen paksuus oli yli 10 cm.

Arnkililla ja Hämäläisellä (1995) istutuskohdan keskikorkeus käsittelemättömästä maanpinnasta oli 13 cm ja Aulinilla (2002) 15 cm, siis hieman pienempiä kuin tässä tutkimuksessa. Mättään kivennäismaakerroksen paksuus oli tässä tutkimuksessa noin 6 cm ja Arnkililla ja Hämäläisellä 3–8 cm (1995). Jälkimmäisillä oli tutkimuksessa mukana myös ki-



Kuva 11. Bräcken mättäiden korkeuden vaihtelu Havumäellä heti istutuksen ja kolmen kasvukauden jälkeen, Konnevedellä heti istutuksen jälkeen.



visempiä kohteita, joiden mätäs on huonompi. Aulinilla (2002) kivisyys oli tärkein mättään laatua heikentänyt tekijä ennen hakkuutähteitä.

Havumäellä mättäiden tiivistys onnistui hyvin. Kivennäismaakerroksen keskipaksuus aleni ensimmäisen kasvukauden syksyyn mennessä hieman yli 6 cm:iin. Tämän jälkeen muutos oli hyvin vähäinen kolmannen kasvukauden syksyyn (kuva 12). Mätäs säilytti muotonsa hyvin ja toteutus vastasi hyvin voimassa olevien metsänuudistamisen ohjeita laikku-mätästyksestä (Hyvän metsänhoidon ... 2001).

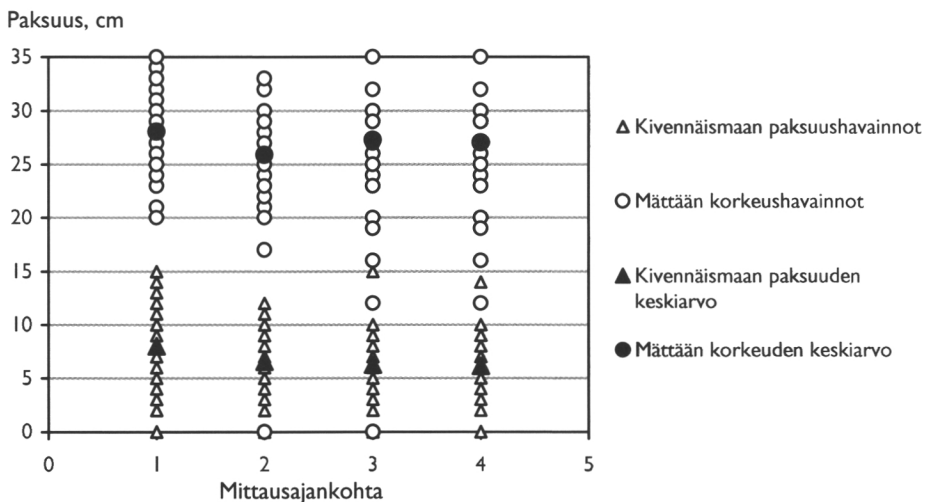
Mättäistä arvioitiin heti istutuksen jälkeen 85 % Havumäellä ja 95 % Konnevedellä tiiviiksi. Tiivistymättömiksi arvioitiin vain 2 % Konneveden mättäistä.

Tällaisessa mättäessä nopea eroosio aiheuttaa hajoamisen, joka saattaa kaataa taimen tai jättää sen juurtumattomana maanpinnalle kuivumaan. Eroosion takia taimen paakku oli Havumäellä kolmannen kasvukauden jälkeen osittain näkyvillä 3 %:lla mättäistä. Taimi oli irronnut

tai juuri irtoamassa 5 %:lla mättäistä toisen ja 3 %:lla kolmannen kasvukauden jälkeen. Kolmannen kasvukauden jälkeen taimien juuristo oli jo niin kehittynyt, ettei mättään erodoituminen enää haitannut taimien kehittymistä.

Hiesumoreenisella Konneveden koealueella Bräcken mättään kivennäismaakerroksen paksuus oli suurempi ja mättään silmävarainen tiiviys parempi kuin Havumäen työmaan karkeammalla hietamoreenisella. Toisaalta karkeamman mättään hajoaminen lienee aikaansaanut Havumäellä mättään kivennäismaa-alan kasvun Konneveden mättäitä suuremmaksi. Muokkausjäljessä ei ollut häiritsevästi hakkuutähteitä.

Istutetun taimen lyhin etäisyys sivusuuntaan käsittelemättömään humuspintaan oli Havumäellä keskimäärin 21 cm ja Konnevedellä 24 cm. Koealueiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Metsätraktori-IIveksen Talluskylän ojitusmätästysalueella vastaava keskiarvo oli 30 cm, joka ei tilastollisesti merkitsevästi eronnut Bräcken koealueista.



Kuva 12. Bräcken mättäiden paksuuden kehittyminen Havumäellä. Mittausajankohtien selitys: 1 = heti istutuksen jälkeen, 2 = istutussyksynä, 3 = toisena syksynä ja 4 = kolmantena syksynä.

Taimen lähin etäisyys käsittelemättömään humukseen oli Havumäellä enimmillään 38 cm, Konnevedellä 40 cm ja Talluskylässä 60 cm. Mättään kivennäismaan keskimääräinen pinta-ala, mitattuna mättäälle kokonaan mahtuvan suurimman ympyrän alana, oli Havumäellä 0,28 m<sup>2</sup>, Konnevedellä 0,22 m<sup>2</sup> ja Talluskylässä 0,5 m<sup>2</sup>. Jos mättään kuopan pinta-ala oletetaan saman suuruiseksi, saadaan tainta kohti käsiteltyksi pinta-ala Havumäellä 0,56 m<sup>2</sup>, Konnevedellä 0,44 m<sup>2</sup> ja Talluskylässä 1 m<sup>2</sup>.

Taimen etäisyys lähimpään sivulla olevaan humusreunaan vaihteli Arnkililla ja Hämäläisellä 15–28 cm (1995). Mitä paksumpi mätäs sen suurempi on myös taimen etäisyys humuspintaan. Aulinin (2002) mittaamien mättäiden leveys oli taimesta kahteen suuntaan mitattuna 33 cm ja pituus 35 cm. Örländerin ja Nordlanderin (1998) mukaan nämä mitatut Bräcke-mättään istutuskohdan kivennäismaapeiton laajuudet ovat riittäviä vähentämään tukkimiehentäin tuhoja.

## 4.2 Taimien vaurioituminen koneistutuksessa

Istutettujen taimien vaurioituminen voi johtua istutuskoneen rakenteesta tai toimintahäiriöistä, huolimattomasta taimien käsittelystä tai sopimattomista taimista. Bräcke- ja Ilves-laitteilla taimilogistiikka on pääpiirteissään seuraava: taimien nousto tarhalla – varastointi työkohteella – siirto istutuskoneelle – varastointi koneessa työn aikana – taimipöydän täyttö – taimen siirtyminen taimipöydällä – pudotus istutuskuoppaan – istutusputken nosto taimen päältä – taimen tiivistäminen paikalleen.

Täyttövaiheessa kuljettaja nosti taimipakkaukset taimipöydälle, irrotti taimet

yksitellen ja laittoi ne hinnan holkkeihin lajittellen samalla huonot taimet pois. Istutustyön aikana taimet liikkuvat Ilveksen laitteissa holkkihihnoissa teräspohjaisella taimipöydällä. Kauimmaisain taimi liikkuu 7 m matkan muoviholkissa. Bräckessä taimi siirtyy holkkirenkaassa enimmillään 1,5 m matkan muovialustalla. Metsätraktori-Ilveksen ja Bräcken taimipöydällä pisimmän matkan kulkeneista taimista ja suoraan taimipakkauksista otettiin vertailunäytteet paakkujen hankautumisen selvittämiseksi 1996. Turvepaakusta puhdistettujen taimien juurten tuoremassat punnittiin ja niiden tilavuus määritettiin upotusmittauksella. Juurten kuivamassat punnittiin lämpökaappikuivauksen jälkeen.

Syöttöpöydällä tapahtuva hankaus madalsi turvepaakun korkeutta Ilveksellä 5 % ja Bräckellä 7 % (taulukko 8). Korkeuden muutos näkyi Ilveksellä myös juurten tuoremassan vähenemisenä 30 %:lla. Juurten tuoretilavuus pieneni lähes saman verran. Keskiarvojen ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta F-testillä mitattu keskihajontojen ero oli merkitsevä. Juurten kuivamassat eivät eronneet hankautuneiden ja hankautumattomien taimien välillä. Muiden mitattujen muuttujien arvot eivät hankautuneilla ja hankautumattomilla taimilla eronneet tilastollisesti toisistaan. Tutkimuksessa ei voitu selvittää vaikuttaako paakun madaltuminen tai juuriston supistuminen taimien alkukehitykseen tai kasvuun, mutta tämä on kuitenkin hyvä ottaa huomioon koneita kehitettäessä.

Taimet vaurioituivat istutusvaiheessa merkittävästi ainoastaan Bräcke-yhdistelmän Havumäen koalueella, joka istutettiin kaksivuotiailla männyntaimilla heinäkuun alussa. Taimien pituuskasvu oli silloin jo pitkällä, joten uudet kasvaimet eivät kestäneet Bräcken maan-

Taulukko 8. Taimien syöttöpöydällä tapahtuvan hankautumisen vaikutus taimipaakun korkeuteen (kuormatraktori-Ilves ja Bräcke) ja taimen juurten tuoremassaan (kuormatraktori-Ilves). T-testiarvot 95 % -luotettavuusvälille.

Taimilaji	Keskiarvo	Keskihajonta	Taimien lukumäärä	p-arvo
	<b>Kuormatraktori-Ilves</b>			
	Turvepaakun korkeus, mm			
Syöttöpöydällä hankautuneet taimet	54,9	3,26	39	0,0013
Vertailutaimet	58,0	3,68	21	
	Juurten tuoremassa, g			
Syöttöpöydällä hankautuneet taimet	1,27	0,65	39	0,015
Vertailutaimet	1,79	0,98	21	
	<b>Bräcke</b>			
	Turvepaakun korkeus, mm			
Syöttöpöydällä hankautuneet taimet	58,0	3,09	21	0,000011
Vertailutaimet	62,6	2,64	20	

muokkauksen aiheuttamaa tärinää ja heiluntaa. Tällöin 15 % taimista menetti latvakasvaimensa. Toisella Bräcke-yhdistelmän koealueella katkenneita latvoja oli vain muutamia. Ilves-yhdistelmällä latvan katkeamisia ei tapahtunut aikaisemmista istutusajankohdista johtuen.

Laitteissa on periaatteessa mahdollista käyttää eri läpimittaisia siirtoholkkeja ja istutusputkia, jolloin voidaan käyttää eri kokoisia paakkuja. Pudotuksessa taimien ei havaittu vaurioituneen. Putken nosto ja tiivistys ovat pakkoliikkeitä, joiden geometria riippuu koneen rakenteesta. Näiden työvaiheiden ei havaittu vaurioittavan taimia edes silloin kun Ilves-istutuslaitteella istutettiin huomattavan pitkiä koivuntaimia.

Myöhemmin kasvukausina taimissa havaitut vauriot eivät enää välttämättä johtuneet istutusmenetelmästä. Yleisimmät vauriot olivat latvakasvaimen viikoja, latvan vaihdoksia, monilatvaisuutta ja haaroittumista. Yleisin vaurion syy oli

halla, joka esimerkiksi Riivikon koealueella vioitti kolmea neljäsosaa taimista. Montosen ja Petäjäsaaren koealueilla taimia vaurioittivat eniten hirvituhot.

## 4.3 Istutus- ja taimitiheys

### Istutustiheydet

Istutushetkellä voimassa olleiden metsänhoidon suositusten mukaan kuusen istutustiheyden tuli olla 1 400...1 800 ja männyn 2 000 tainta hehtaarilla (Luonnonläheinen metsänhoito...1994). Sittemmin kuusen vähimmäistiheys on nostettu 1 800 taimeen hehtaarilla (Hyvän metsänhoidon...2001). Taloudellisesti kasvatuskelpoisen mäntyvaltaisen taimikon vähimmäistiheys on nyt Etelä-Suomessa 1 300 ja kuusivaltaisen 1 200 tainta hehtaarilla.

Istutustiheys riippuu istutuskoneiden kuljettajasta ja hänelle annetuista ohjeista, mutta Ilves-laitteilla myös edeltävän

maanmuokkauksen tarjoamista istutuspaikoista. Taimitiheydet vaihtelivat eniten metsätraktori-Ilves ja vähiten maataloustraktori-Ilves-yhdistelmällä (taulukko 9), jolla oli kaikilla koealueilla sama kuljettaja. Tällä yhdistelmällä istutetuista kuusen äestysalueista vain kymmenesosa alitti silloisen vähimmäistiheyden. Tuohikotin koealueella ojitusmätästyksellä yli puolet tiheyskoealoista jäi alle ohjетиheyden. Sinne istutettiin mäntyä, jonka tavoitetiheys on kuusta suurempi.

Metsätraktori-Ilves yhdistelmällä istutettiin vain kuusta. Äestetyllä ja toisella ojitusmätästetyistä alueista vain muutamman ympyräkoealan tiheys alitti tavoitetiheyden (taulukko 9). Toisella ojitusmätästetyllä alueella metsänomistaja antoi kuljettajalle ohjeen pyrkiä tiheyteen

1 600 tainta hehtaarilla. Tämä alitettiin reippaasti ja puolet ympyräkoealoista alitettiin ohjетиheyden.

Kaikkien äestettyjen koealojen keskimääräinen taimitiheys ja suurin osa kaikista yksittäisistä ympyräkoealoistakin ylitti viljelytiheystavoitteen alarajan. Viljelytiheystavoitteen alaraja ylitettiin vain yhdellä kolmesta ojitusmätästetystä koealueesta. Tuohikotin ojitusmätästysalueella kaksi kolmasosaa taimista jouduttiin istuttamaan käsittelemättömään maanpintaan, joka on osoitus riittämättömästä istutuskohtien määrästä. Samallakin koealueella ympyräkoealojen välinen vaihtelu oli melko suurta, joten kuljettajien tulisi kiinnittää selvästi enemmän huomiota istutustiheyteen.

Taulukko 9. Taimitiheys heti istutuksen jälkeen ympyräkoealoilta mitattuna. Vähimmäistiheytenä on käytetty istutusaikaan voimassa olleita ohjeita: kuusi 1 400 ja mänty 2 000 tainta hehtaarilla (Luonnonläheinen metsänhoito...1994).

Koealueen sijainti	Taimikon tiheys, tainta/ha			Keskihajonta	Koealojen lukumäärä	Vähimmäistiheyden (1994) alittavien koealojen osuus, %
	Keskiarvo	Minimi	Maksimi			
<b>Maataloustraktori-Ilves</b>						
Montonen, Luumäki	1 800	1 200	2 200	340	10	10
Petäjäsaari, Luumäki	1 822	1 200	2 800	474	9	11
Tuohikotti, Savitaipale	1 725	1 200	2 000	337	8	63
<b>Metsätraktori-Ilves</b>						
Riivikko, Vesanto	2 275	1 200	3 400	740	8	13
Talluskylä, Vesanto	1 967	1 400	2 400	281	12	0
Kajaanin tila, Mikkeli	1 333	1 200	1 600	163	6	50
<b>Bräcke</b>						
Havumäki, Leivonmäki	1 700	1 600	1 800	–	2	100
Konnevesi	1 400	1 200	1 600	200	3	33

Bräckellä kuljettaja määrää istutustiheyden, joskin hankala maasto ja erityisesti runsas kivisyys vaikeuttavat kelvollisten mättäiden tekoa ja voivat siten aiheuttaa alitiheyttä. Bräcken laikkumätästys ei ohjeiden mukaan sovi turvemaille (Hyvän metsänhoidon...2001). Havumäen koealueella kummankin ympyräkoealan taimitiheys jäi alle tavoite- tiheyden. Konnevedellä tiheys jäi vielä pienemmäksi, mutta vain kolmasosa ympyräkoealoista alitti kuusen tavoitetiheyden. Ympyräkoealojen välinen tiheyden vaihtelu oli selvästi pienempi kuin Ilves- laitteilla, joka viittaa Bräcken kuljettajien tasaisempaan työnjälkeen. Bräckellä voidaan tarvittaessa ottaa huomioon myös viljelyalueelle jo aiemmin syntynyt taimiaines ja kohdistaa istutus vain taimettomiin kohtiin.

Lähes kaikilla Ilveksen ja Bräcken koealueilla oli yksi tai useampia ympyräkoealoja, joiden tiheys alitti täydennys- rajan jo istutushetkellä. Kuusen viljely- tiheysvaatimus on kohonnut vuoden 1994 ohjeisiin verrattuna 1 400 taimesta hehtaarilla 1 800 taimen hehtaarilla (Hyvän metsänhoidon...2001), joten työssä tulee kiinnittää vielä suurempaa huomiota riittävän taimitiheyden saavuttamiseen esimerkiksi omatoimisella tiheyden tarkastamisella.

Heikkisen (1996) inventoimilla työ- mailla taimitiheys oli istutusta seuraavana vuonna Bräckellä istutetuilla aloilla keskimäärin 1 800 ja käsin istutetuilla aloilla 1 600 elossa olevaa tainta hehtaarilla. Tiheydet vaihtelivat käsinistutuk- sessa enemmän kuin koneistutuksessa. Jo maanmuokkauksessa mättäiden luku- määrä jää helposti alle tavoitteen. Viidel- lä eri paikkakuntien työmaalla tehdyssä vertailussa vain yhdellä alueella oli yli 1 800 mätästä hehtaarilla (Saksa ym. 2001). Saman tutkimuksen mukaan hak-

kuutähteiden poiston vaikutus mättäiden lukumääriin oli vähäinen. Aulinin (2002) mukaan Bräcken istutustiheyden keskiarvo oli 1 970 tainta/ha. 1 800 taimen suo- siteltu hehtaartiheys alittui vain muutamilla koealueilla.

Kokoneilla käsin istuttajilla istutusti- heys jäi auras- ja mätästysalueilla kes- kimäärin kymmenen prosenttia vajaaksi, kun tavoitetiheytenä oli 2 500 tainta hehtaarilla (Ari ja Korhonen 1993). Samassa tutkimuksessa metsäkoulun kaksi op- pilasta istutti yli tiheystavoitteen. Ruot- salaisissa koneistutustutkimuksissa puo- miin asennettavien istutuslaitteiden eduk- si ajatellaan se, että olemassa oleva tai- miaines voidaan hyödyntää istuttamalla koneella vain taimettomat kohdat (Mattson 1997).

## Taimien elossa olo

Taimia kuolee istutusvirheiden, mutta myös bioottisten- ja abioottisten syiden takia. Taimen sijoitus muokkausjälkeen ja Bräckellä mättään sijoitus sopivaan maaston kohtaan vaikuttavat esimerkik- si taimen kosteusoloihin. Toisaalta istu- tushetkellä hyvinkin valitussa paikassa taimi voi kärsiä sääolojen aiheuttamasta liiallisesta kosteudesta tai kuivuudesta. Taimen kannalta ensimmäiset kasvukau- det ovat tärkeimmät. Sen jälkeen taimi- kuolleisuus johtuu pääosin istutusmene- telmästä riippumattomista syistä, kuten hallasta ja hirvituhoista. Toisaalta maan- muokkaus- ja istutusmenetelmän virheis- tä johtuvia tuhoja ovat esimerkiksi mär- kyys, rouste ja tukkimiehentäin tuhot. Monissa tapauksissa taimen kuolinsyytä ei voinut määrittää yksiselitteisesti kone- istutuksesta tai ulkoisista tekijöistä joh- tuviksi.

Taimien kuolleisuus mitattiin aikatu- kimuksen taimiaineiston perusteella.

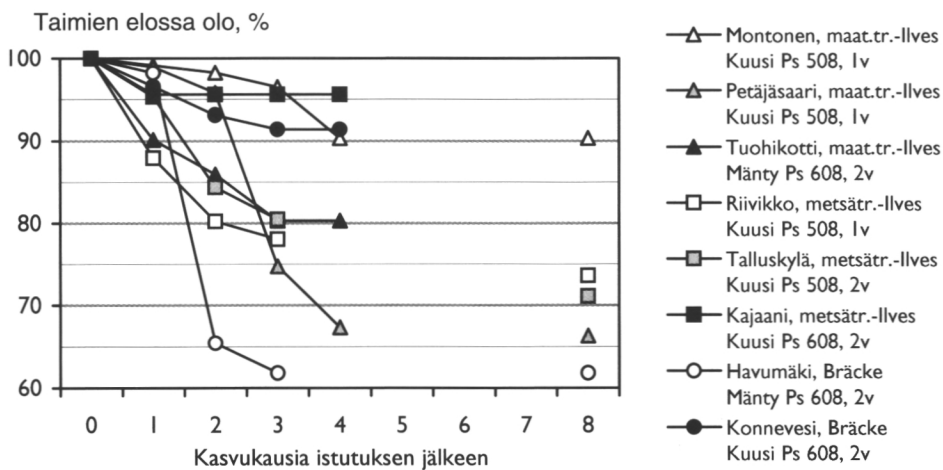
Kuolleisuus oli seurantajaksolla suurinta Petäjäsaarella, Talluskylässä ja Havumäellä (kuva 13) eli yhdellä kunkin istutuskoneyhdistelmän koalueella. Talluskylässä taimet oli istutettu helposti hajoaville mättille melko pintaan. Istutuksen jälkeen osa taimista oli irrallisia ja helposti irtoavia. Montosen ja Petäjäsaaren koalueilla oli huomattavia hirvituhoja. Lisäksi ne kärsivät voimakkaasta kilpailevasta pintakasvillisuudesta. Riivikon koalueella kolme neljäsosaa taimista oli hallan vaurioittamia ja tappamia.

Tutkimuksessa osa maanmuokkausmenetelmä-taimilaji-istutuskoneyhdistelmistä esiintyi vain kerran, joten tilastollisesti ei voida sanoa, vaikuttiko taimien kuolleisuuden esimerkiksi istutuskone enemmän kuin maanmuokkaustapa tai taimilaji. Poikkeuksena ehkä Talluskylän koalue, jossa mättilä hajosivat ja taimet oli istutettu pintaan.

Toisen kasvukauden aikana suhteellisesti eniten taimia kuoli Bräckellä männylle istutetulla Havumäen koalueella (kuva 13), jossa enää kaksi kolmasosaa

taimista oli elossa. Viimeistään neljännen kasvukauden jälkeen kuolleisuus taantui kaikilla koalueilla. Neljän kasvukauden jälkeen kullakin istutuskoneyhdistelmällä istutetuista kuusentaimikoista yhdellä oli yli 90 % taimista elossa (kuva 13). Seitsemännen tai kahdeksannen kasvukauden jälkeen taimia oli eniten elossa Montosen koalueen Ilveksellä istutetussa kuusikossa (90 %). Bräcken Havumäen männikössä ja Ilveksen Petäjäsaaren kuusikossa oli elossa enää alle 70 % taimista. Männyn kuolleisuus oli suurempi kuin kuusen. Kaikista erilailla muokatuista ja Ilveksellä istutetuista koalueista toisella äestetyistä aloista kuoli vähiten ja toisella eniten taimia.

Taimikon täydentämistä suositellaan silloin, kun taimien määrä alittaa kuusella 1 300 ja männyllä 1 500 tainta hehtaarilla (Hyvän metsänhoidon...2001). Perustamishetken taimitiheyden keskiarvosta vähennettiin koalueen seurantaajan kuolleisuus. Näin saadun teoreettisen tiheysarvon mukaan seurantajakson päättyessä täydennysviljelytarvetta oli molemmilla männikköalueilla sekä Petä-



Kuva 13. Taimien elossaolon kehittyminen.

jäsaaren, Kajaanin tilan ja Konneveden kuusikkoalueilla. Ilves-yhdistelmillä kahdella kolmesta äestysalueesta ja yhdellä kolmesta ojitusmätästysalueesta ei siis ollut täydennystarvetta. Luvuissa ei ole mukana luonnontaimia.

Käsin istutettujen taimien tiheys oli pudonnut männyllä 70 ja kuusella 85 prosenttiin 3–8 vuoden kuluttua viljelystä tutkimusolosuhteita vastaavissa oloissa Pohjois-Savossa (Saksa ym. 1990). Kasvatuskelpoisista taimista puolet oli luonnontaimia. Valkosen (1992) mukaan käsinistutuksessa männyllä tiheys putosi heti istutuksen jälkeen voimakkaasti ja sen jälkeen hitaasti. Kuusella kuolleisuus oli alussa hidasta, mutta se jatkui koko tarkastelujakson. Saksan (1992) tutkimuksissa Etelä-Suomen tuoreilla kankailla männyn istutustaimista oli 4–9 vuoden päästä jäljellä aurasalueilla keskimäärin 68 % ja äestysalueilla 66 % taimista, jos alkuperäiseksi istutustiheydeksi oletetaan 2 000 tainta hehtaarilla.

Kuolleisuuden lisäksi taimia meni hukkaan Havumäen koealueella, koska Bräcke-laitteen säädöt eivät olleet vielä kohdallaan. Istutuskohdista 13 %:iin tuli enemmän kuin yksi taimi. Muilla koealueilla sama ei enää toistunut. Maatalous-traktori-Ilveksenkin ensimmäisellä koealueella Petäjäsaarella pariin prosenttiin istutuskohdista tuli enemmän kuin yksi taimi. Muilla koealueilla taimia ei hukattu merkittävästi.

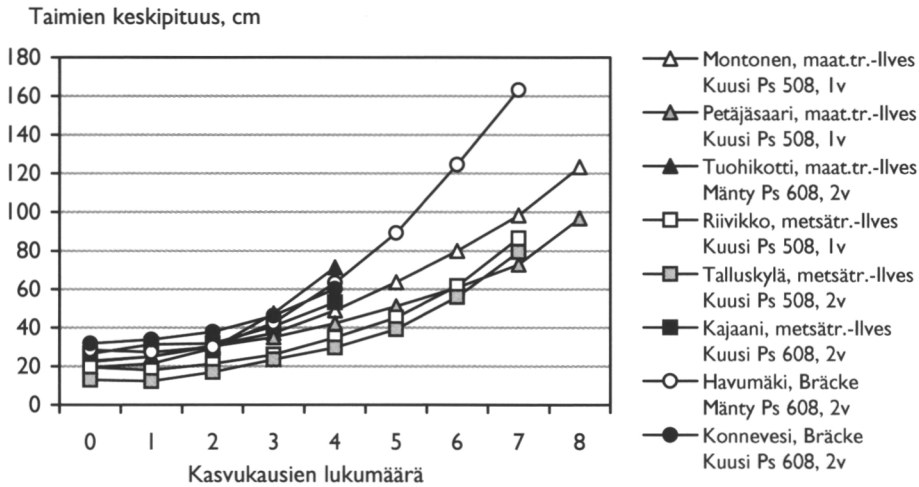
Riittävään istutustiheyteen tulee kiinnittää huomiota, koska hyvin tuottavaan metsikköön tähtäävät uusimmat Hyvän metsänhoidon suositukset (2001) antavat tutkimuksen istutusajankohtaa tiukemman tavoitetiheyden kuuselle (1 800 tainta hehtaarille) männyn tavoitteen säilyessä ennallaan (2 000 tainta hehtaarilla). Tiheään istutuksella on lisäksi etuna

työn taimikohtaisen tuottavuuden kasvu ja kustannusten aleneminen. Selvät työohjeet ja istutustiheyden tarkastus ovat keinoja tavoitteen saavuttamiseen. Haltungs- ja istutustiheyden tarkastus ovat keinoja tavoitteen saavuttamiseen. Haltungs- ja istutustiheyden tarkastus ovat keinoja tavoitteen saavuttamiseen. Haltungs- ja istutustiheyden tarkastus ovat keinoja tavoitteen saavuttamiseen. Haltungs- ja istutustiheyden tarkastus ovat keinoja tavoitteen saavuttamiseen.

#### 4.4 Taimien pituuskehitys

Taimien kasvuun vaikuttavat istutusmenetelmän lisäksi esimerkiksi taimityyppi, kasvualusta ja sääolot. Bräckellä itse istutusmenetelmä sisältää aina mätästykseen, mutta Ilveksellä kasvuun vaikuttaa myös maanmuokkausmenetelmä. Taimien koealueittainen keskipituus vaihteli istutushetkellä 15...30 cm. Neljännen kasvukauden vertailuhetkellä kuusista olivat kasvaneet nopeimmin Bräckellä hiesumoreenimaille ja Ilveksellä ojitusmätästykseen isutetut kookkaat 2-vuotiaat taimet. Ilveksellä äestysjälkeen istutetut taimet kasvoivat hitaammin. Männylle istutetuilla koealueilla neljäntenä kasvukautena kasvu oli yhtä nopeaa Bräckellä ja ojitusmätästykseen Ilveksellä istutetuilla taimilla. Kahden ensimmäisen kasvukauden aikana jälkimmäiset taimet kasvoivat hieman nopeammin.

Taimilaadut, muokkausmenetelmät, maalajit ja muut kasvuolosuhteet vaihtelivat niin paljon, ettei taimikoiden keskipituuden tarkastelussa voitu käyttää tilastollisia analyysejä. Kuuset kasvoivat hieman paremmin hiesu- kuin hietamoreenialueilla (kuva 14). Yhtä poikkeusta lukuun ottamatta hiesumoreenit mätästettiin ja hietamoreenit äestettiin, joten maanmuokkaus ja maalaji sitoutuvat aineistossa paljolti toisiinsa. Epäedullisten vuotuisten sääolojen merkitys näkyi sel-



Kuva 14. Taimien pituuden kehittyminen kasvukausien lukumäärän mukaan.

västi vuonna 1997, jolloin lähes kaikilla koealueilla kasvu jäi edellisen vuoden tasolle.

Saksan (1987) tutkimuksen mukaan istutetut männyn taimet saavuttivat metrin pituuden noin 8 vuoden ikäisinä, kun tässä tutkimuksessa männyn ovat silloin jo arviolta kaksi kertaa pitempiä (kuva 14). Saksan (1987) mukaan tuoreen kankaan äestysalojen kuusikot saavuttivat metrin pituuden 12–15 vuotiaina. Tämän tutkimuksen kuuset saavuttavat saman pituuden jo muutamia kasvukausia aiemmin. Tervon ja Kauton (1999) tutkimuksessa on verrattu yksi- ja kaksivuotiaiden kuusen taimien kehitystä. Kolmen kasvukauden jälkeen yksivuotiaiden taimien keskipituus oli yli 40 cm ja kaksivuotiaiden yli 50 cm. Istutusvaiheessa alkupituus oli kaksivuotiaiden taimien eduksi 16 cm, joka tasoittui myöhemminä vuosina. Tässä tutkimuksessa ei ollut selkeää eroa yksi- ja kaksivuotiaiden taimien pituuksien kehittymisen suhteen.

## 4.5 Taimikon laatu ja sen kehittyminen

### Taimien sijainti muokkausjäljessä

Ennalta tehdyn muokkauksen ongelmat vaikuttavat suoraan Ilveksen istutustyön laatuun. Äkeen työjäljessä oli vain vähän istutuskelpoista palleita, joten pääosa taimista istutettiin äestysuraan. Tuohikotin ojitusmätästysalueella ja Riivikon äestysalueella ei ollut riittävästi sopivia istutuskohdista, joka näkyi esimerkiksi siinä, että Tuohikotissa jopa kaksi kolmasosaa taimista istutettiin käsittelemättömään maahan. Hyvin muokatuilla alueilla, kuten Montonen, Petäjäsaari, Talluskylä ja Kajaani, ei ollut ongelmia sopivan istutuskohdan löytämisessä. Tuohikotin ja Riivikon tapauksissa voidaan olettaa, että käsin istuttaja olisi löytänyt enemmän sopivia istutuskohdista kuin koneistuksessa löydettiin. Traktorin ohjaamosta istutuskohdienten laadun arviointi, varsinkin puomin ulottuvuuden äärialueilla, on



hankalampaa kuin käsin istutuksessa. Bräckellä muokkauksen ja istutuksen yhteensovittamisessa ei ollut ongelmia, vaan kaikki taimet olivat mättäillä.

## Istutussyvyys

Istutussyvyys mitattiin taimen paakun yläpinnasta istutuskohdan maanpinnan tasoon. Miinusmerkinen havainto kertoo paakun yläpinnan olevan maanpinnan alapuolella. Keskimääräinen istutussyvyys oli kaikilla koealueilla maanpinnan alapuolella (taulukko 10). Bräckellä istutetut taimet olivat syvimmällä ja niiden syvyysvaihtelu oli hyvin pieni. Bräckessä pottiputken tunkeutumissyvyys määräytyy automaattisesti muokkauslevyn ja sen läpi menevän pottiputken ulottuman suuruiseksi. Ilves-laitteen istutussyvyyden rajoittavat lepoasennossa olevat tiivistysjalat, mutta niin syväälle istutettiin hyvin harvoin. Istutussyvyys vaihtelikin Bräckea enemmän sekä koealueiden sisällä että välillä. Ilveksillä viimeksi istutetuilla koealueilla taimet olivat syvemmässä kuin aiemmin istutetuilla.

Maataloustraktori-Ilves-yhdistelmällä istutusetäisyys oli lyhin palteelle (4,9 m) ja pidempi (5,7 m) sekä käsittelyuran pohjaan että käsittelemättömään maanpintaan istutettaessa. Käsittelyuralle ja palteelle tehtyjen istutusten istutuskohdan etäisyydet istutuskoneesta erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Melkein 80 % taimista istutettiin äestysuraan tai laikkuun.

Liian pintaan istutetuilla taimilla on juurtumisvaikeuksia; ne saattavat irrota, kuivua tai jäädä vinoon. Heikkisen (1996) tutkimuksessa Bräckellä istutetuista taimista 64 % istutettiin 1–5 senttimetrin ja 19 % taimista 5–10 senttimetrin syvyyteen. Käsinistutuksessa vastaavat luvut olivat 79 % ja 9 %. Koneistutuksen syvyysvaihtelu oli suurempi kuin käsinistutuksen. Bräckellä hieman yli viidesosa taimista oli istutettu syvemmälle kuin 5 cm ja käsinistutuksessa kymmenesosa. Aulinin (2002) Bräcke-tutkimuksessa keskimääräinen istutussyvyys oli 6 cm mättään pintaa alempana. Syvyys vaihteli 0–12 cm, mutta syvemmälle istutuksella ei ollut vaikutusta taimien kasvuun.

Taulukko 10. Paakun yläpinnan korkeus maanpinnasta koealueittain ja niiden taimien osuus, joiden paakun yläpinta jäi korkeammalle kuin maanpinta. Miinusmerkki tarkoittaa, että paakun yläpinta on maanpinnan alapuolella.

Korkeus	Maataloustraktori-Ilves			Metsätraktori-Ilves			Kaivinkone-Bräcke	
	Montonen	Petäjäsaari	Tuohikotti	Riivikko	Talluskylä	Kajaanin tila	Havumäki	Konnevesi
Keskiarvo, cm	-2,4	-2,7	-3,4	-1,5	-1,0	-3,8	-3,6	-5,0
Keskihajonta	2,8	2,7	2,5	1,6	1,9	3,2	3,0	3,8
Taimien osuus, joiden paakun yläpinta on maanpintaa korkeammalla, %	11	13	3	15	24	7	13	10
Havaintojen lukumäärä	114	95	71	91	128	68	55	58

Örlanderin (1991) mukaan 3 cm:n syvyyteen istutetut taimet kärsivät kuivuudesta enemmän kuin 10 cm syvälle istutetut. Hallonborg ym. (1995) päätyivät koneistutusta varten tekemässään kirjallisuustarkastelussa suosittamaan 5–6 cm:n istutussyvyyttä sekä kuuselle että männylle. Istutussyvyys riippuu Ilveksellä pääosin kuljettajan toimista, Bräckellä koneen rakenteesta.

Viitala (1991) havaitsi juurten kiertymistä Serlachiuksen istutuskoneella istutetuilla taimilla. Nykyisillä paakkutaimilla juurten kiertymisiongelma on huomattavasti vähäisempi. Taimien juuria ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa kaivettu ylös. Paakun ja maan rajapinta voi koneistutuksessa muodostua istutusputken ja tiivistyksen takia erilaiseksi kuin käsinistutuksessa.

## Taimien vinous ja mutkaisuus

Taimi jää vinoon, jos istutuslaite on vinoon tai heilahtaa laitteen nostovaiheessa. Myöhemmin taimi voi kallistua tai kaatua, jos taimi on istutettu liian pintaan ja maa-aines huuhtoutuu pois taimen ympäriltä. Taimen vinous pystysuunnasta mi-

tattiin asteina. Taimi luokiteltiin suoraksi tai mutkaiseksi.

Taimien keskimääräinen vinous oli alle 10 astetta (taulukko 11). Pahimmillaan taimet olivat maassa poikittain. Kuljettajien harjaantumisen myötä vinoon istuttaminen väheni. Taimien vinouden vaihtelu oli kuitenkin suurta kaikilla koealueilla. Oppimisprosessi huomioon ottaen maataloustraktori-Ilveksellä istutetut taimet olivat suorimmassa. Ilves-yhdistelmillä ja kokeneilla kuljettajilla taimista oli merkittävästi vinossa vain vajaat 10 %. Metsätraktori-Ilves-yhdistelmän ensimmäisen ojitusmätästyskoealan taimet olivat useammin vinossa kuin äestykselle istutetut. Myöhemmillä koealueilla ojitusmätästykselekin istutetut taimet olivat suuremmissa ja syvemmällä (taulukko 10).

Bräcke-yhdistelmällä enemmän kuin 15 astetta vinossa olevien taimien osuus oli yli 20 % molemmilla koealueilla. Tämä saattaa johtua Ilvestä raskaamman istutuslaitteen vaikeammasta hallittavuudesta. Bräckellä muokkausliike voi jättää istutuspään helpommin vinoon kuin pystysuoraan alas painettava Ilveksen istutuspää.

Taulukko 11. Taimien vinous heti istutuksen jälkeen. Koealueittaiset havaintojen lukumäärät ovat samat kuin taulukossa 10.

Taimen vinous	Maataloustraktori-Ilves			Metsätraktori-Ilves			Kaivinkone-Bräcke	
	Montonen	Petäjäsaari	Tuohikotti	Riivikko	Talluskylä	Kajaanin tila	Havumäki	Konnevesi
Verson poikkeama pystysuunnasta: Keskiarvo, astetta	11	8	3	11	17	4	19	9
Keskihajonta	11	9	6	12	14	7	24	9
Enimmäis-kallistuma, astetta	50	50	25	60	55	40	90	35
Yli 15 astetta kallistuneiden taimien osuus, %	20	11	3	23	48	6	38	21

Koealueet olivat suhteellisen tasaisia, joten vain metsätraktori-Ilves-yhdistelmän Talluskylän ja Bräcke-yhdistelmän Havumäen koealueilla oli maastossa selviä yli 10 asteen sivukaltevuuksia. Kummallakaan koealueella istutettujen taimien vinous ei kuitenkaan riippunut tilastollisesti merkitsevästi maaston sivu- tai pituuskaltevuudesta. Enemmän vinoutumista aiheuttivat istutuslaitteiden puomin pituussuuntainen vinossa olo ja putken liian aikainen sivuttaisliike ylösnotovaiheessa.

Maataloustraktori-Ilves -yhdistelmän koealueilla Montonen ja Petäjäsaari taimista jo noin 95 % oli istutuksen jälkeisenä syksynä oiennut. Näillä alueilla lähes kaikki taimet olivat suorassa toisen kasvukauden jälkeen. Metsätraktori-Ilves-yhdistelmän Riivikon ja Talluskylän sekä Bräcken Havumäen koealueilla toisen kasvukauden jälkeen suorassa oli vain hieman yli puolet taimista. Kolmannen kasvukauden jälkeen kaikki taimet kasvoivat suorassa. Tuohikotin, Kajaanin tilan ja Konneveden koealueet mitattiin heti istutuksen jälkeen keväällä 1996 ja sen jälkeen vasta neljännen kasvukauden päästä, joten näiden koealueiden vinoustiedot eivät ole niiltä osin vertailukelpoisia muiden alueiden kanssa.

Vinoon istutetut taimet alkavat kasvaa pystysuoraan eli ne oikenevat (Huuri 1976 ja 1979). Mutkia voi syntyä vinoon istutuksen lisäksi myös latvakasvaimen kuoltua tai taimen jäätyä kilpailevan kasvillisuuden alle. Ensimmäisen kasvukauden jälkeen lähes viidesosa maataloustraktori-Ilves-yhdistelmällä istutetuista taimista oli mutkaisia (taulukko 12). Arvo vastasi melko hyvin yli 15 astetta vinompaan istutettujen taimien osuutta (taulukko 11).

Mutkaisten taimien osuus lisääntyi neljän kasvukauden ajan siten, että lähes kaikilla koealueilla yli puolet mitatuista taimista oli mutkaisia. Mutkaisuuden lisääntyminen myöhemmin kasvukausina johtui pääosin pakkasen ja hirvituhojen aiheuttamista latvan vaihdoksista. Seitsemäntenä ja kahdeksantena kasvukautena ei mutkia juuri enää havaittu millään koealueella. Vinoon istutuksesta tai latvanvaihdoksesta aiheutuvat ulospäin näkyvät mutkat tasoittuvat taimen kasvaessa sekä jäävät osittain tai kokonaan puun sisään ja pintakasvillisuuden peittoon.

Heikkisen (1996) mukaan Bräckellä istutettujen koealojen taimista oli istutusta seuraavan vuoden inventoinnissa 16 % enemmän kuin 15 astetta kallel-

Taulukko 12. Mutkaisten taimien osuus elossa olevista taimista. ”–” tarkoittaa, ettei kyseisenä vuonna mitattu mutkaisuutta.

Kasvukauden syksy	Maataloustraktori-Ilves		Metsätraktori-Ilves		Kaivinkone-Bräcke
	Montonen	Petäjäsaari	Riivikko	Talluskylä	Havumäki
<b>Mutkaisten taimien osuus elävistä taimista, %</b>					
Ensimmäinen	21	14	5	0	0
Toinen	32	37	42	56	56
Kolmas	29	41	76	47	74
Neljäs	65	77	–	–	–

laan. Vastaava osuus käsin istutetuilla koealoilla oli vain 3 %. Aulinin (2002) Bräcke-koealoilla 90 % taimista oli kahden kasvukauden jälkeen suorassa. Viitalan (1991) männynviljelytutkimuksessa kaivettiin osa taimien tyvistä ja juuristoista esille. Serlachiuksen istutuskoneen äestysjälkeensä istuttamien männyn taimikoiden taimista 39 % oli tyveltään voimakkaasti lenkoja eli niiden tyvilenkouden suurin kaltevuus oli enemmän kuin 30 astetta. Tämä oli koneistutetuissa taimikoissa selvästi suurempi ongelma kuin käsin istutetuissa taimikoissa, puhumattakaan kylvö- tai luonnontaimikoista. Viljelymenetelmällä on myös Huurin (1979) ja Kärkkäisen sekä Uusvaaran (1982) mukaan merkitystä vinouden syntymiseen. Heidän tutkimuksissaan ei ollut koneella istutettuja kohteita.

Monivääryys, lenkous ja mutkaisuus ovat tärkeimmät ensiharvennuksista saatavan sahapuun määrää laadun perusteella vähentävät tekijät (Stöd 2000). Viljelymänniköiden laatuongelmien takia niiden ensiharvennuksista saadaan hyödynnettävää sahapuuta vähemmän kuin luontaisesti uudistettujen metsiköiden harvennuksista. Kuusella laatuongelmat ovat vähäisempiä ja saanto riippuu pääasiassa kasvupaikan viljavuudesta (Stöd 2000).

## Taimien maassa pysyvyys

Taimien maassa pysyvyys määritettiin kokeilemalla kevyellä nykykellällä. Irtonaiset taimet olivat yleensä seuraavassa inventoinnissa kuolleita. Taimien maassa pysymiseen Ilves-yhdistelmällä vaikutti kuljettajan oppimisprosessi. Ensimmäisissä istutuksissa vajaa viidesosa taimista oli irtonaisia. Viimeisissä istutuk-

sissa irtonaisten taimien osuus oli maataloustraktori-Ilveksellä lähes olematon ja metsätraktori-Ilveksilläkin vajaat kymmenen prosenttia.

Maataloustraktori-Ilves -yhdistelmän Petäjäsaaren koealueella helposti irtoavien taimien suuri osuus johtui istutusputken kärkeen kerääntyneen maa-aineksen aiheuttamasta taimen juuttumisesta. Sen jälkeen istutusputken kärkilevyn avausta aikaistettiin, jolloin taimi putosi koko putken pituuden valmiiksi avattuun istutuskuoppaan. Tuohikotin koealueella taimien maassa pysyvyys ei riippunut tilastollisesti merkitsevästi istutusetäisyydestä eikä yhdessä työpisteessä istutettujen taimien lukumäärästä.

Metsätraktori-Ilves-yhdistelmällä Riivikon ja Talluskylän koealueilla vajaa viidesosa taimista oli irtonaisia ja neljäsosa huonosti kiinni maassa. Viimeisellä Kajaanin koealueella vain vajaa kymmenesosa taimista oli enää irtonaisia. Talluskylän huonoihin tuloksiin olivat syynä ojitusmätästyksen korkeat ja löysät, helposti hajoavat mättäät, joihin taimet istutettiin liian pintaan. Paakun yläpinnan korkeus käsittelemättömästä maanpinnasta oli keskimäärin 30 cm, joten mättäät olivat selvästi Bräcken tiivistettyjä mättäitä korkeampia.

Bräcke-laitteen rakenne ja toimintamalli määrittävät istutustapahtuman Ilves-konetta tarkemmin, joten irtonaisten taimien osuus pysyi kaikilla työmailla hieman vajaana kymmenesosana. Maalajin vaihtelu hieta- ja hiesumoreenin välillä ei myöskään näytä vaikuttaneen irti olevien taimien osuuteen. Kaikilla konetyypeillä taimen maassa pysyvyyden ja vinouden välillä oli heikko korrelaatio, eli taimi kallistuu helposti, ellei se ole riittävästi tiivistetty alustansa.

## 4.6 Istutusjäljen riippuvuus istutuksen toteutustavasta ja työn laadusta

Taimien istutus liian pintaan ja vinoon sekä huono tiivistäminen olivat tässä tutkimuksessa selkeitä tunnusmerkkejä epäonnistuneelle istutukselle. Taimet voivat kaatua tai kuivua, ja vinous kasvattaa puun tyvelle jalostusta haittaavaa lyllytai vetopuuta.

Maataloustraktori-Ilves-yhdistelmällä taimien vinouden keskiarvo oli suurempi kauemmas kuin lähelle istutetuilla taimilla. Kurottelu ja huono näkyvyys johtivat ilmeisesti istutukseen syvemmälle, koska istutussyvyyden keskiarvo oli kauempana suurempi kuin lähellä. Metsätraktori-Ilves-yhdistelmän viimeiseksi istutetulla koalueella taimien vinouden keskiarvo oli puolestaan suurempi istutettaessa taimia lähelle. Tämä johtune kuormatraktorin pankkojen ja pylväiden aiheuttamasta haitasta lähelle istutettaessa. Kahdella metsätraktori-Ilveksen koalueella istutussyvyyden keskiarvo kauempana oli suurempi kuin lähellä, mutta viimeiseksi istutetulla taimien istutussyvyyden keskiarvo oli päinvastainen. Taimien istutussyvyyden ja vinouden hajonta oli kuormaimen ulottuvuuden ääripäissä suurempi kuin hyvällä työskentelyalueella ulottuvuuden ollessa noin kaksi kolmasosaa maksimista. Istutussyvyyden ja vinouden riippuvuudet istutusetäisyydestä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Vaikka Bräckellä istutussyvyys määrytyy istutusputken ja muokkauslevyn suhteen, niin silti kauas istutettujen taimien istutussyvyys oli lähelle istutusta pienempi. Kauemmas istutetut taimet jäivät useammin vinoon kuin lähelle is-

tutetut. Riippuvuudet eivät kuitenkaan olleet kovin selviä.

Arnkilän ja Hämäläisen (1995) mukaan kivisyyden lisääntyminen heikentää nopeasti istutuskoneiden työn laatua samalla kun alentaa tuottavuutta. Tämän tutkimuksen koalueet olivat suhteellisen vähäkivisiä, joten tilastollisesti merkitseviä riippuvuuksia kivisyyden ja taimien kaltevuuden, maassa pysymisen tai taimen istutussyvyyden välille ei löydetty. Periaatteessa kumpikin istutuskoneyhdistelmä voi toimia myös turvepohjaisilla kivennäismailla, mutta istutuksen onnistumisesta ja Bräcklen muokkauksen soveltumisesta turvemaille tarvitaan lisää tietoja (Hyvän metsänhoidon... 2001).

Tuottavuuden parantamiseksi tulisi samasta työpisteestä istuttaa mahdollisimman monta tainta. Tämä johtaa puomin ääriulottuvuuksien lisääntyvään käyttöön. Tässä tutkimuksessa samasta työpisteestä istutettujen taimien lukumäärän ja istutussyvyyden tai taimien vinouden välillä ei ollut selvää riippuvuutta, joten istutustiheyden kasvattamisesta ei seurannut merkitsevää työnjäljen heikkene-

mistä. Ilves-laitteilla taimien elossa olon ja taimen istutussyvyyden välillä oli tilastollisesti merkitsevä riippuvuus, eli pinnempaan jääneiden taimien kuolleisuus oli suurempi kuin syvemmälle istutettujen (taulukko 13). Bräckellä vastaavaa riippuvuutta ei löytynyt. Metsätraktori-Ilves-yhdistelmällä vinoon istutetuilla taimilla kuolleisuus oli suurempi kuin pystyssä olevilla (taulukko 13). Istutusetäisyydellä ei ollut vaikutusta taimien kuolleisuuteen millään koneyhdistelmällä.

Kuolleisuus ei ole yksinomaan istutussyvyyden tai kaltevuuden syytä, vaan myöhemmin mukaan tulevat esimerkik-

Taulukko 13. Istutussyvyyden tai kallistuskulman sekä taimien kuolleisuuden välisten riippuvuuksien  $\chi^2$ -testin tunnusluvut.

<b>Elossa olon ja istutussyvyyden välinen riippuvuus</b>					
	$\chi^2$	df	p-arvo	Havaintoja	Luotettavuustaso
Maataloustraktori- llves-yhdistelmä	32,9	17	0,011	299	95 %
Metsätraktori-llves- yhdistelmä	26,0	16	0,054	287	90 %
<b>Elossa olon ja kallistuskulman välinen riippuvuus</b>					
Metsätraktori-llves- yhdistelmä	29,1	12	0,004	287	99 %

si hirvi- ja hallatuhot. Oikeaan istutussyvyyteen ja vinouden välttämiseen tulee kiinnittää huomiota erityisesti jos pitki- en istutusetäisyyksien käyttö lisääntyy.

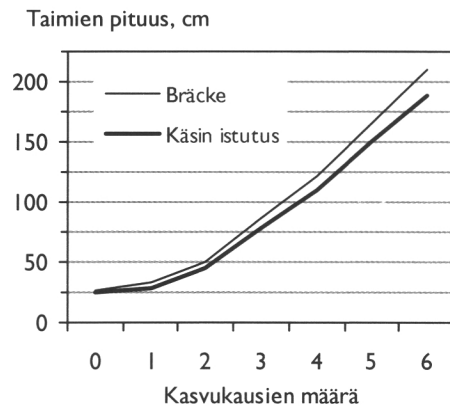
#### 4.7 Koneistutuksen vertailu käsin istutukseen

Havumäen koalueella rajattiin kaksi samankokoista vierekkäistä koeruutua käsin- ja koneistutuksen vertailuun. Toinen ruutu istutettiin Bräckellä muokkauksen yhteydessä ja toinen istutettiin pottiputkella Bräckellä tehtyihin mättäisiin. Käsin istutettiin 42 ja koneella 26 saman erän tainta. Bräckellä istutettujen taimien keskimääräinen alkupituus oli suurempi kuin käsin istutettujen (kuva 15). Koneella istutetut taimet kasvoivat hieman nopeammin.

Bräcke-yhdistelmällä istutetut taimet olivat keskimäärin 5 astetta vinossa, kun käsin istutetuilla arvo oli vajaan asteen. Suurin taimen vinous oli koneistutuksessa 30 astetta ja käsinistutuksessa 10 astetta. Käsinistutuksessa kaikki taimet olivat tiiviisti paikoillaan. Koneistutuksessa taimista neljä prosenttia oli helposti irtoavia. Ensimmäisenä kasvukautena kummallakaan menetelmällä ei kuollut

yhtään tainta. Käsin istutetun alueen istutusjälki oli siis hieman koneistutettua parempi, vaikka jälkimmäisenkin tulos oli hyvä. Käsinistutuksen teki pottiputkella kokenut istuttaja hyville mättäille, joten oletettavasti nopeassa urakkatyössä ja heikommin muokatuilla mailla ei käsin istutuksessakaan päästä näin virheetömiin tuloksiin.

Toisen ja kolmannen kasvukauden jälkeen viidesosa käsinistutuksen taimista oli helposti maasta irtoavia mättäiden



Kuva 15. Bräcke-yhdistelmän ja käsinistutuksen kaksivuotiaiden männyntaimikoiden pituuskehitys Havumäen koalueella.

erodoitumisen takia. Koneen jäljessä taimet olivat tiiviisti maassa. Koneella istutetuista taimista oli toisen kasvukauden jälkeen kuollut 8 % ja käsin istutetuista 2 %. Seitsemännen kasvukauden jälkeen tilanne oli tasoittunut, koska koneistutettujen taimien kuoleminen oli loppunut, mutta käsin istutetuista taimista oli kuollut 3 % lisää.

Ruotsissa tehdyissä vertailukokeissa koneella istutettujen taimien elossaolo oli vuonna 1995 istutetuilla kohteilla 79 % ja käsin istutetuilla 90 %. Seuraavana vuonna istutetuilla kohteilla luvut olivat 70 % ja 87 % (Nyström 1998). Vuonna 1998 verrattiin erityisen huolellisesti ja tavanomaisesti käsin istutettuja kohteita. Näissä huolellinen työ tuotti noin 13 % korkeamman taimien elossaolon. Vastavasti erityisen huolellisen käsinistutuksen ja koneistutuksen ero oli käsinistutuksen eduksi 9 % (Nyström 2000).

# 5 Kuljettajan työolot

Metsätraktori on kuljettajan kannalta Ilves-yhdistelmälle maataloustraktoria parempi työympäristö siirtymisen, heilunnan, näkyvyyden ja taimien kuljetuksen suhteen. Kaksiosainen runkorakenne ja kuormaimen vähäinen paino peruskoneen massaan verrattuna tekee siitä maataloustraktoria vakaamman. Maataloustraktorin heiluntaa oli vähennetty asentamalla taka-akselin taakse hydraulisesti säädettävä apuakseli, jonka päälle kuormain oli sijoitettu.

Metsätraktorin tuoli ja kuormaimen ohjaimet ovat käännettävissä työskentelysuuntaan, joten kuljettajan ei tarvitse työskennellä kiertyneissä asennoissa. Maataloustraktorin kuljettajan piti siirtoa varten kääntyä eteenpäin ajolaitteille. Maataloustraktorin hytti oli ahtaampi ja käyttölaitteiden sijoittelu oli huonompi. Näkyvyyden kannalta kuormatraktorin korkealla olevasta hytistä on hyötyä eri-

tyisesti mätästysaloilla. Kuormatraktorin haittana oli puolestaan kuormatilan rakenteista johtuva istutusalueen pienuus (kuva 7). Maataloustraktorissa kuljettaja hallitsee luontevasti ja esteettömästi kuormaimen edullisen sijoituksen takia laajan puoliympyrän muotoisen työalan traktorin takana (kuva 7). Hakkuukonealustalla työskentelyalue ja näkyvyys olisivat huomattavasti paremmat.

Kuormatraktorin kuormatilassa taimet ovat alhaalla, jossa telipyörät ja pankot haittasivat taimien lastausta ja purkua. Kuormatraktorin istutuslaite täytettiin yleensä kuormatilassa, jolloin kuljettaja joutui kiipeilemään ja liikkumaan taimilaatikoiden kanssa korkealla, liukkaiden pankkojen ja pyörien päällä (kuva 16). Maahan laskettuna istutuslaite voitiin täyttää hyvällä työkorkeudella. Maataloustraktorissa taimien lastaus ja purku oli hankalaa, koska kuljetuskehikot olivat



Kuva 16. Vasemmalla maataloustraktorin Ilves-istutuslaitteen taimipöydän täytössä työskentelykorkeus on hyvä, mutta taimivarasto on korkealla traktorin katolla. Keskellä metsätraktorin kuormatila on hyvä paikka taimien kuljetukseen, mutta taimipöydän täyttö kuormatilassa on vaarallista liukastumis- ja putoamisvaaran takia. Oikealla Bräcken taimipöytä on vinosti maassa, jolloin työn tekijä joutuu alimpia holkkeja täyttäessään kumartumaan selkään kiertyneessä asennossa. Taimien kuljetusvarasto on hyvällä korkeudella kaivinkoneen takana.



katolla ja apuakselin päällä ja vaativat siten kurkottelua.

Bräcken tela-alustaisella kaivinkoneella siirtymisiä tuli istutuksessa useammin kuin Ilves-yhdistelmillä. Kaivinkoneet on suunniteltu enemmän paikallaan työskentelyyn kuin liikkumiseen, joten ajon aikainen heilunta oli voimakkaampaa kuin maatalous- tai metsätraktorilla. Bräcken heilunta on myös muokkauksen takia suurempaa kuin Ilveksellä, jolla taimi istutetaan valmiiksi muokattuun maahan. Bräckellä taimien lastaus kaivinkoneen sivuille tehtiin kuljetustelineisiin ja taimipöydän täyttö tehtiin maassa suhteellisen hyvissä työasennoissa. Vain alimpia holkkeja täyttäessään kuljettaja joutui kumartumaan, osin jopa selkä kiertyneenä (kuva 16). Taimipöydän suojakansi oli painava aukaistava, mutta myöhemmin kantta ei aina käytetty.

# 6 Kustannukset

## 6.1 Konekustannuslaskelmat

Seuraavat istutuskoneiden kustannuslaskelmat perustuvat oletukselle, että yrittäjä kattaa kaikki toiminnasta aiheutuvat kustannukset työstä saatavilla tuloilla. Laskelmissa on mukana kuljettajan palkka, mutta niissä ei ole otettu huomioon erillistä yrittäjän voittotavoitetta. Se voidaan tarvittaessa lisätä laskelmiin.

Istutuskoneiden kustannukset koostuvat kuljettajan palkka- ja sosiaalikuluisista, koneen hankkimisesta johtuvista pääomakuluista, käytöstä johtuvista polttoaine-, huolto- ja korjauskuluista sekä yrittämiseen liittyvistä maksuista. Kustannukset vastaavat vuoden 2000 tilanetta. Luvut on laskettu ilman arvonlisäveroa. Kustannukset on haettu tilastoista ja haastatteleamalla asiantuntijoita, mutta monista tekijöistä, kuten esimerkiksi koneen iän mukaan vaihtelevista korjauskuluista, ei ole olemassa kuin valistuneita arvioita. Kustannusarvoja voi näiltä osin pitää suuntaa antavina. Työn tuottavuudet ovat Tuohikotin, Kajaanin ja Konneveden koealojen tuottavuusarvoja, koska kuljettajilla oli silloin jo usean vuoden työkokemus. Laskentamalli on kehitetty edelleen Rummukaisen ym. (1995) ja Kauton (1997) esittämistä malleista. Käytetyt lähtöarvot ovat liitteissä 1 ja 2.

Ilves- ja Bräcke-istutuslaitteiden peruskoneet ovat varsinaista istutuslaitetta kalliimpia, joten yhdistelmän pääomakustannukset riippuvat pääosin peruskoneesta. Peruskoneet ovat istutuskauden ulkopuolisen ajan jossain muussa työssä,

jolloin istutustyön ei tarvitse kattaa istutuskauden ulkopuolisen ajan pääomakustannuksia. Vanha peruskone tarkoittaa noin viisi vuotta käytettyä konetta. Istutuslaite on kaikissa laskelmissa uusi. Alle 15 minuutin keskeytysaikana käytettiin vanhoilla peruskoneilla 8 % ja uusilla 4 % työvaihekohtaisista tehoajoista. Korjaus- ja huoltokulujen arvioitiin vanhalla peruskoneella olevan kaksinkertaiset uuteen verrattuna.

Istutustyökauden pituus on 4 kk vuodessa, ellei toisin mainita. Laskelmissa on huomioitu työmaiden välisten koneiden siirtojen kustannukset, joiden merkitys on sitä suurempi mitä pienempiä työmaat ovat. Maataloustraktori-Ilves siirretään yleensä ajamalla ja metsätraktori-Ilves ja Bräcke yhdistelmät kuljetusalustalla.

Maataloustraktori-Ilves-yhdistelmän tuntikustannus on halvin (taulukko 14). Uusien metsätraktori-Ilveksen ja kaivinkone-Bräcken kustannukset ovat kalliimmista pääomakustannuksista johtuen kolmanneksen suuremmat. Maataloustraktorin pienet pääomakustannukset johtavat siihen, että käytetyn peruskoneen kustannushyöty uuteen traktoriin verrattuna jää 3–5 % kokonaiskustannuksista. Kalliimmat huolto- ja korjauskustannukset sekä lisääntyvät keskeytykset nostavat vanhan peruskoneen käyttökuluja lähes yhtä paljon kuin pääomakulut alenevat (Kauto 1997). Jos käytetyn ja uuden peruskoneen kokonaiskustannukset ovat lähes yhtä suuret, omistaja voi joko hankkia uuden hyvän traktorin ja maksaa korkeita pääomakuluja, tai

Taulukko 14. Ilves- ja Bräcke-istutuskoneyhdistelmien tuntikustannukset (tehotuntia kohti) ja niiden rakenne vuonna 2000. Työmaan keskikoko on 2 ha. Bräcken kustannuksissa on mukana mätästys. Tekstissä ja liitteissä 1 ja 2 on kuvattu myös muita olosuhdetekijöitä. Luvuissa ei ole mukana arvonalisäveroä eikä yrittäjän voittotavoitetta.

Yhdistelmä	Osuudet, € (%)				Tehotunti- kustannus yhteensä, €/h (%)
	Palkka- kustannukset	Pääoma- kustannukset	Käyttö- kustannukset	Yleis- kustannukset	
<b>Maataloustraktori-Ilves-yhdistelmät</b>					
Uusi peruskone	18,08 (56)	6,14 (19)	4,20 (13)	3,88 (12)	32,29 (100)
Käytetty peruskone	18,06 (59)	3,98 (13)	5,20 (17)	3,37 (11)	30,61 (100)
<b>Metsätraktori-Ilves-yhdistelmät</b>					
Uusi peruskone	17,92 (37)	18,41 (38)	8,23 (17)	3,88 (8)	48,44 (100)
Käytetty peruskone	17,38 (42)	7,86 (19)	12,41 (30)	3,72 (9)	41,37 (100)
<b>Kaivinkone-Bräcke-yhdistelmät</b>					
Uusi peruskone	17,16 (40)	14,58 (34)	7,72 (18)	3,43 (8)	42,89 (100)
Käytetty peruskone	17,24 (44)	9,80 (25)	8,62 (22)	3,53 (9)	39,19 (100)

ajaa vanhalla traktorilla, jolloin korjauskulut ja huolto ovat kalliimmat. Toisaalta käytetyn peruskoneen voi hankkia pienemmällä pääomalla, jolloin yrityksen aloittamisen riski on pienempi.

Metsätraktori-Ilveksellä ja kaivinkone-Bräckellä uuden ja käytetyn peruskoneen pääomakustannusten erot ovat niin suuret, että käytetty kone alentaa yhdistelmän kokonaiskustannuksia selvästi. Kaivinkone-Bräcke -yhdistelmässä myös istutuslaitteen osuus kustannuksista on suuri. Metsätraktori-Ilveksellä ja kaivinkone-Bräckellä pääomakustannusten osuus on samaa luokkaa palkkakustannusten kanssa.

Palkkakustannukset ovat kaikilla koneyhdistelmillä samat, koska koneet tarvitsevat vain yhden kuljettajan. Palkkakustannuksista tuntipalkan osuus on yli puolet, välillisten palkkakulujen kolmas-

osa ja matkakustannusten kuudesosa. Pääosin yrityksen hallinnosta ja siirtokuluista johtuvat yleiskustannukset ovat kaikilla koneyhdistelmillä samaa suuruusluokkaa. Lähes puolet yleiskustannuksista koostui koneen siirtokustannuksista. Kalliimmilla koneilla vakuutukset muodostavat toiseksi suurimman osan yleiskustannuksista, halvemmilla koneilla hallintokustannukset ja yrittäjän oman autonkäytön kulut.

Poltto- ja voiteluaine- sekä huolto- ja korjauskustannusten osuudet vaihtelevat konetyypin ja -iän mukaan. Uusilla koneilla edelliset ovat yleensä suuremmat, vanhoilla jälkimmäiset. Varsinaisen istutuslaitteen korjaus- ja huoltokustannusten osuus oli käytetyllä maataloustraktori-Ilves-yhdistelmällä vajaat puoli prosenttia ja Bräckellä noin puolitoista prosenttia kokonaiskustannuksista.

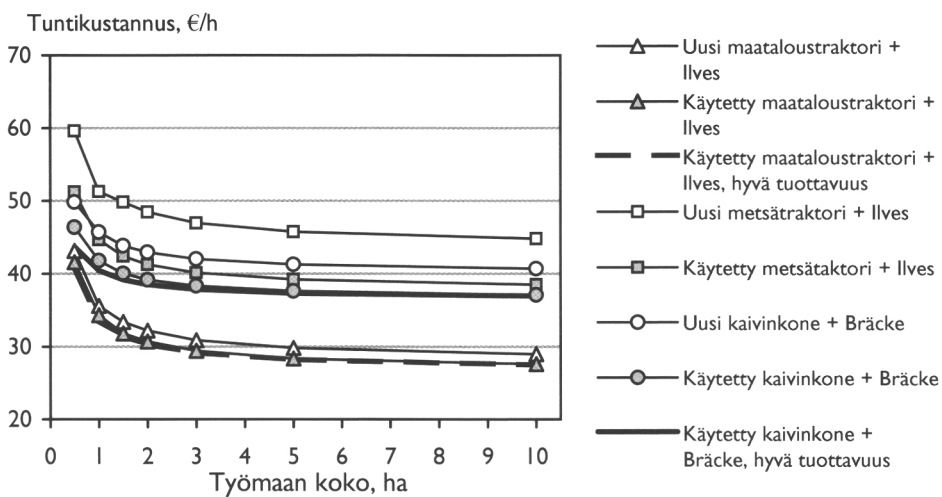
Maataloustraktori-Ilveksellä suurin kustannuserä ovat palkkakustannukset (taulukko 13), joiden osuus kustannuksista pienenee työmaan keskikoon kasvaessa, koska tuottamatonta siirtotyötä tehdään vähemmän. Työmaan koon kasvaessa myös yleiskustannukset pienenevät murto-osaan johtuen juuri siirtokustannusten vähenemisestä. Käytetyllä Bräcke-yhdistelmällä tehotuntia kohti lasketujen palkka- ja yleiskustannusten pieneminen työmaan keskikoon kasvaessa on vähäisempää kuin maataloustraktori-Ilves yhdistelmällä, koska Bräckellä pääoma- ja käyttökustannusten osuus on suurempi.

Kalliiden metsätraktori-Ilves- ja kaivinkone-Bräcke-yhdistelmien korkeiden pääomakustannusten vaikutus näkyy kokonaiskustannusten vähäisenä herkkyytenä työmaan koon vaihtelulle. Näillä kokonaiskustannukset nousevat noin 20 % keskimääräisen työmaan pienetessä 20 hehtaarista 0,5 hehtaariin, kun vastaava nousu maataloustraktori-Ilveksellä on 35 % (kuva 17). Kustannukset kohoavat 10 % työmaan koon pienetessä metsä-

traktori-Ilveksellä ja kaivinkone-Bräckellä 20 hehtaarista 1,5 hehtaariin, mutta maataloustraktori-Ilveksellä jo työmaan pienetessä 20 hehtaarista 3 hehtaariin.

Suomalaisissa yksityismetsissä metsänviljelyalan keskikoko oli 1997 noin kolme hehtaaria (Tapion vuosikirja... 1998). Voidaan olettaa, että istutusalojen keskikoko on vieläkin pienempi. Yhtiöiden ja valtion metsissä keskimääräinen uudistusala lienee hieman suurempi. Keskimääräisen uudistusalan koon kasvu 1,5:sta 3:een hehtaariin alentaa metsätraktori-Ilves- ja kaivinkone-Bräcke-yhdistelmien kustannuksia vajaat 5 %, mutta maataloustraktori-Ilves-yhdistelmän kustannuksia 8 %.

Tehokkaammasta ja ulottuvammasta kuormaimesta huolimatta metsätraktori-Ilves-yhdistelmien tuottavuudet jäivät maataloustraktoriyhdistelmää pienemmiksi. Syynä oli metsätraktorin kuormatila, joka rajasi työskentelyalueen epäkäytännölliseksi. Metsätraktoriyhdistelmän käyttö oli reilun kolmasosan kalliimpaa kuin maataloustraktoriyhdistel-



Kuva 17. Istutuskoneyhdistelmien tuntikustannusten riippuvuus työmaan koosta.

män, jonka takia myöhemmissä kustannusvertailuissa metsätraktoriyhdistelmä ei ole enää mukana.

## 6.2 Käsin- ja koneistutuksen työketjut

Seuraavissa laskelmissa verrataan metsikön istutuskustannuksia maataloustraktori-Ilves- ja Bräcke-yhdistelmien työketjuilla sekä käsin istutuksessa. Kustannusperusteet tyypilliselle kahden hehtaarin työmaalle on esitetty liitteissä 1 ja 2. Kunkin koneyhdistelmän koostesivulla on esitetty myös vastaavan käsinistutuksen kustannukset. Näiden lisäksi taulukoissa ja kuvissa esitetään tulokset tärkeimpien muuttujien herkkyysoanalyysistä. Kustannusperusteiden esittely katsottiin tarpeelliseksi, jotta lukija voi hahmottaa mielessään kustannusarvioita myös sellaisille toimintaketjuille tai kustannustekijöille, joita tässä ei ollut mahdollista esittää.

Käsin- ja koneistutusten kustannuksiin vaikuttavat organisointitavat, jotka vaihtelevat melkoisesti toimiympäristön ja suorittajien mukaan. Laskelmissa esitettävät käsinistutuksen toimintamallit perustuvat viiden metsänhoitoyhdistyksen haastattelujen perusteella rakennettuun tehokkaaseen työketjuun, jota ei sellaisenaan ole välttämättä käytössä missään. Työketjun mukaisille töille on sitten laskettu toteutuskustannukset palkkojen ja kilometrikorvausten avulla. Näin lasketut työketjujen kustannukset eroavat esimerkiksi yhdistysten laskuttamista kustannuksista, joista saattaa puuttua esimerkiksi valtion tukien ja metsänhoitomaksujen kattamia eriä.

Kustannusmalli mahdollistaa kone- ja käsinistutuksen vertailun, joka muuten olisi vaikeaa metsänuudistamisen valtionapujen, tehtävien eri suorittajien ja

maksajien sekä organisaatioiden vaihtelevien sisäisten työnjakojen takia. Lisäksi malli irrottaa laskelman yhden organisaation toimintamallista, eli työnjohdon toimet voidaan ajatella työstä vastaavan tai erillisen suunnitteluorganisaation tekemäksi.

Tässä tutkimuksessa ei tehty laajempia analyysejä käsin- ja koneistutuksen organisoinnista, vaan pidättydyttiin vaihtoehtoihin, joissa metsänomistaja tilaa metsänviljelyn metsänhoitoyhdistykseltä. Käsin istutuksessa yhdistys hoitaa koko uudistamisketjun suunnitteluineen ja valvontoineen, taimineen ja työnjohdoinneen. Muokkausyrittäjä ja palkatut istuttajat tekevät uudistamistyön. Koneistutuksessa yhdistys hoitaa suunnittelun ja valvonnan ja yrittäjä hoitaa istutuksen sekä taimikuljetukset ja -huollon. Ilveksellä muokkauksen hoitaa yhdistyksen johdolla muokkausyrittäjä. Bräckellä muokkauksenkin hoitaa yrittäjä.

Työnjohdon työmäärien ja varsinkin niiden työmaan koon mukaan tapahtuvien muutosten arvioiminen on vaikeaa. Siksi laskelmat perustuvat työmaakohdaksiin vakiokäynteihin ja työmaan koon mukana muuttuviin ajanmenekkeihin sekä kulkemistarpeeseen. Erillisen työnjohdon toimistotöiden osuutta ei huomioidu. Käsin- ja koneistutuksen työketjujen työnjohtotoimia voidaan pitää tehokkaina.

Menetelmien kustannukset riippuvat myös istutustiheydestä. Koneistutusten toteutuneet tiheydet alittivat Hyvän metsänhoidon suositukset (2001). Harvemmat tiheydet saattavat olla perusteltuja, jos alueelta löytyy kasvatuskelpoisia luontaisia taimia (Åhlund 1995, Mattson 1997). Laskelmissa on käytetty toisena taimitiheytenä koelaloilla toteutuneita tiheyksiä ja toisena 2 000 tainta hehtaarilla. Jälkimmäisen tuottavuusperusteet koneille arvioitiin puolittamalla taulukon 9

mukaiset tiheämpään istutuksesta seuraavat työn nopeutumiset. Tällöin maatalustraktori-Ilves -yhdistelmän taimikoh- taisena ajanmenekkinä käytettiin laskel- missa 7 % ja Bräckellä 8,5 % koetyömai- den keskiarvoa pienempää ajanmenek- kiä. Perusteluna varovaisuudelle on se, että taimien välisten kuormaimen siirto- jen lyheneminen voi vaikeuttaa sopivien istutuskohtien löytämistä. Toisena las- kelmien tiheytenä käytettiin toteutuneita koealoilla mitattuja taimitiheyksiä. To- teutuneiden tiheyksien käyriä arvioitae- sa on siis muistettava, että uudistusalalle täytyy syntyä luonnontaimia melkoises- ti, jotta vaadittavat tiheydet saavutetaan.

## Työketjut

Metsänhoitoyhdistyksen toimihenkilö tee- kee sopimuksen metsänomistajan kanssa ja suunnittelee työmaan. Uudistamis- suunnittelu tehdään usein päätehakkuun yhteydessä, joten toimihenkilö käy tässä työketjussa suunnittelun takia erikseen vain joka kolmannella työmaalla. Toimi- henkilö neuvoo työmaat maanmuokkaus- yrittäjälle puhelimitse. Toimihenkilön matkat alkavat ja päättyvät kotiin, mutta työpäivän aikana hän kulkee työmaalta toiselle. Töiden ja kulkemisen ajanme- nekkien kautta lasketaan kuinka monta työmaata päivässä tehdään. Laskelmissa käytetyt työketjut ja niiden kustannuspe- rusteet käsin istutukselle ovat kunkin koneyhdistelmän liitteen sivulla 5 ja kone- istutukselle liitteen sivulla 6.

Bräckellä uudistusala mätästetään. Kustannuslaskelmissa käsin istutuksessa ja Ilves-yhdistelmällä puolet aloista äes- tetään ja puolet mätästetään. Yhtiöiden ja metsähallituksen mailla mätästykseen osuus on jo 60 %, mutta yksityismailla voidaan vielä olettaa käytettävän enem- män halvempaa äestystä (Strandström

1999). Metsureille maksetaan istutukses- ta taimikohtainen korvaus. Kustannuk- siin lisätään sosiaali- ym. kulut ja matka- kulut kotoa työmaalle ja takaisin. Työ- maan istuttamiseen kulunut aika laske- taan työn tuottavuuden ja kulkemiseen kulunut aika matkan ja nopeuden perus- teella.

Yhdistyksen toimihenkilö noutaa tai- met perävaunulla taimitarhalla istutus- kohteelle. Kerrallaan kuljetettava taimi- määrä on 5 000 tainta, joka on tyypilli- nen peräkärryn kuorma. Suuremmille työmaille taimet tuodaan siis useammas- sa erässä. Taimien hakumatka on suun- nittelu- ja tarkastusmatkoja pidempi. Toimihenkilö vastaa taimihuollosta en- nen istutusta. Yhtä hehtaaria suuremmil- la työmaille taimet kuljetetaan tien var- resta työmaalle välivarastoihin traktoril- la tai mönkijällä. Työstä maksetaan kone- työn tuntikorvaus, jonka aikamäärä riippuu työmaan koosta. Laskelmien kul- jetusjärjestely sopii olosuhteisiin, joissa taimitarha ei sijaitse kovin kaukana yh- distyksen alueista. Toimihenkilö käy tar- kastamassa jokaisen työmaan istutusjäl- jen noutaen samalla taimilaatikot ja mahdolliset ylimääräiset taimet.

Metsänhoitoyhdistyksen toimihenkilö suunnittelee myös koneistutuksen työ- maat. Toimihenkilö käy näyttämässä yrit- täjälle keskimäärin joka kolmannen työ- maan. Yrittäjä noutaa itse taimet tarhalla kymmenen tuhatta tainta kerrallaan. Hän vastaa taimien ylläpidosta ja vie ne pals- talle istutuskoneella. Yhdistyksen toimi- henkilö tarkastaa joka kolmannen työ- maan istutusjäljen. Ilves-työmaille muok- kaus työnjohtoineen toteutetaan kuten käsin istutuksessa. Bräcken muokkausta ei erikseen suunnitella tai valvota. Bräcken työmaiden tarkastus vie enem- män aikaa kuin muiden, koska samalla

tarkastetaan myös maanmuokkauksen onnistuminen.

### 6.3 Käsini- ja koneistutuksen kustannukset

Koealueilla toteutuneiden tuottavuuksien ja istutustiheyksien perusteella lasketut istutuksen hehtaarikohtaiset kustannukset kahden hehtaarin työmaalla olivat

selvästi korkeimmat metsätraktori-Ilves-yhdistelmällä ja halvimmat käsin istutuksella (taulukko 15). Ilves-maatalous-traktori-yhdistelmän kustannukset ovat 15 % ja Bräcken jopa 45 % kalliimmat kuin vastaavat käsinistutuksen kustannukset. Bräcken istutus- ja muokkaus-kustannukset ylittävät käsin ja maataloustraktori-Ilves-ketjun yhteenlasketut istutus- ja muokkaus-kustannukset.

Taulukko 15. Koealoilla toteutuneiden tuottavuuksien ja istutustiheyksien mukaiset kuusikon istutuskustannukset käsin sekä Ilves- ja Bräcke-istutuskoneyhdistelmillä vuonna 2000. Kustannukset sisältävät työmaan suunnittelun, valvonnan ja työnjohton, muokkauksen, taimien kuljetuksen ja ylläpidon, istutuksen sekä koneiden siirrot työmaalle. Työketjut ja niiden tuottavuudet on kuvattu luvussa 62. Taimien hinta ilman kuljetuksia on 0,14 senttiä/taimi. Kustannukset eivät sisällä arvonlisäveroa eivätkä erillistä yrittäjän palkan lisäksi tulevaa sijoitetun pääoman tuottotavoitetta. Työmaan koko on kaksi hehtaaria. Muut työolot ja kustannusperusteet on kuvattu liitteissä 1 ja 2. Istutustiheydet eivät vastaa Hyvän metsänhoidon suosituksia (2001).

Istutustiheys	Kustannukset						Kokonaiskustannukset, €/ha
	Muokkaus, %	Istutus, %	Suunnittelu- ja työnjohto, %	Työ, €/taimi	Työ, €/ha	Taimi, €/ha	
<b>Käsinistutus</b>							
I 400 tainta/ha	46	37	17	0,24	335,20	193,08	528,28
I 725 tainta/ha	43	42	15	0,21	361,44	237,99	599,25
<b>Maataloustraktori-Ilves-yhdistelmä</b>							
Uusi peruskone, I 725 tainta/ha	36	57	7	0,25	431,91	237,99	669,89
Käytetty peruskone, I 725 tainta/ha	36	57	7	0,25	428,21	237,99	666,19
<b>Metsätraktori-Ilves-yhdistelmä</b>							
Uusi peruskone, I 330 tainta/ha	27	67	6	0,42	563,93	183,49	747,43
Käytetty peruskone, I 330 tainta/ha	30	64	6	0,39	521,55	183,49	705,04
<b>Kaivinkone-Bräcke-yhdistelmä (muokkaus sisältyy istutuskustannuksiin)</b>							
Uusi peruskone, I 400 tainta/ha	-	94	6	0,33	465,38	193,08	658,46
Käytetty peruskone, I 400 tainta/ha	-	94	6	0,32	443,01	193,08	636,09

Taimikustannukset ovat lähes kolmasosa kokonaiskustannuksista. Käsin istutuksessa muokkaukustannukset ovat seuraavaksi suurin kustannuserä. Erilliset istutuskustannukset ovat suurien pääomakulujen takia suurimmat metsätraktoriyhdistelmällä. Bräckellä istutuskustannukset sisältävät tietysti myös muokkaukustannukset. Käytetty peruskone antaa kaikilla koneyhdistelmillä hieman halvemmat kustannukset kuin uusi peruskone. Käytettyjen koneiden korjaustarpeen arviointi on kuitenkin epävarmaa.

Istutettavan taimikon tiheyden kasvaessa hehtaarikohtaiset kustannukset koHoavat taimi- ja työmäärän kasvaessa, mutta taimikohtaiset kustannukset laskevat työn tehostuessa ja työmaakohtaisten kustannusten osuuden laskiessa (taulukko 16). Taimikohtaiset kustannukset laskevat Bräckellä jyrkimmin korkeiden pääomakustannusten ja yhdistetyn muokkauksen ansiosta. Koneistus on myös tiheämpään istutettaessa käsinistutusta

kalliimpaa, koska tuottavuus jää silloinkin käsin istutusta pienemmäksi.

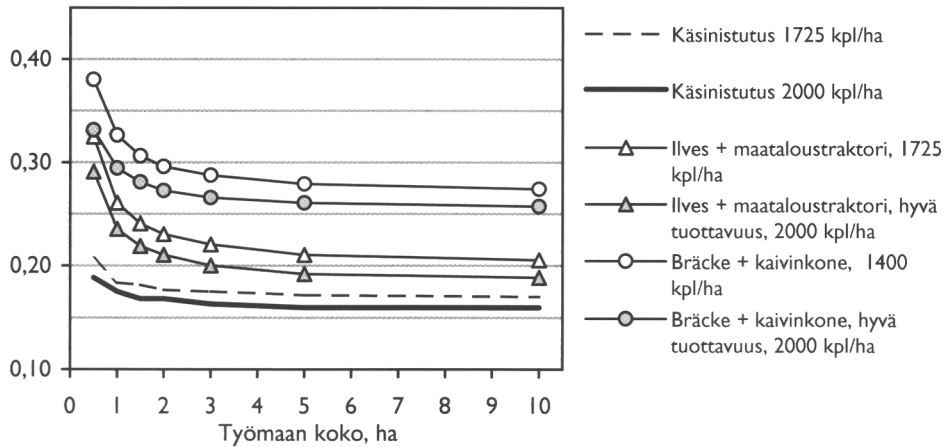
Kun kustannuksista jätetään pois taimien ostohinta ja työnjohdon kustannukset, muokkauksen ja istutuksen tainta kohti lasketut työ kustannukset ovat käsinistutuksessa pienimmät (kuva 18). Suurin syy ovat koneiden kalliimmat pääomakustannukset, mutta osa erosta muodostuu taimihuollosta, joka käsinistutuksessa kuuluu työnjohtokustannuksiin. Yksikkökustannukset pienenevät työmaan koon kasvaessa, koska työmaakohtaisten kiinteiden kustannusten osuus pienenee. Työmaan koon vaikutus kustannuksiin on suurin Ilves-yhdistelmällä, koska työmaalle on tuotava kaksi konetta. Sen kustannukset alkavat nousta selvästi jo työmaan koon pudotessa alle kolmen hehtaarin. Muilla menetelmillä kustannusnousu alkaa vasta pari hehtaaria pienemmällä työmailla. Työmaan pieneminen vaikuttaa taimikohtaisiin kustannuksiin aivan pienillä tiheyksillä enemmän kuin suurilla. Tiheysmuutok-

Taulukko 16. Kuusikon istutuskustannukset istutettaessa 2 000 tainta hehtaarille käsin sekä maataloustraktori-Ilves- ja Bräcke-yhdistelmillä vuonna 2000. Kustannusten rakenne ja muut laskentaperusteet on esitelty taulukossa 15.

Viljelyketju ja istutus-tiheys	Kustannukset						Kokonaiskustannukset, €/ha
	Muokkaus, %	Istutus, %	Suunnittelu- ja työnjohto, %	Työ, €/taimi	Työ, €/ha	Taimi, €/ha	
<b>Käsinistutus</b>							
2 000 tainta/ha	39	46	15	0,20	389,86	275,83	665,69
<b>Maataloustraktori-Ilves-yhdistelmä</b>							
Käytetty, 2 000 tainta/ha	34	59	7	0,23	450,74	275,83	726,57
<b>Kaivinkone-Bräcke-yhdistelmä (muokkaus sisältyy istutuskustannuksiin)</b>							
Käytetty, 2 000 tainta/ha	–	95	5	0,29	573,86	275,83	849,69



Maanmuokkauksen ja istutuksen työ kustannukset, €/taimi



Kuva 18. Maanmuokkauksen ja istutuksen taimikohtaisten kustannusten (ilman taimien ostokustannuksia) riippuvuus työmaiden koosta. Konetyön kustannukset sisältävät taimien kuljetus- ja ylläpitokustannukset, jotka eivät sisälly käsintutustuksen kustannuksiin, koska niistä huolehtivat toimihenkilöt. Kustannukset on laskettu käytetyille peruskoneille ja tavoitetiheydelle 2 000 tainta/ha (Ilves, hyvä tuottavuus- ja Bräcke, hyvä tuottavuus-käyrät) sekä tutkimuksessa toteutuneille tiheyksille (Ilves- ja Bräcke-käyrät). Jälkimmäisissä taimikoiden tiheys jäi ohjeita harvemmaksi. Alhaisten istutustiheyksien käyttö edellyttäisi runsaasti luontaista taimiainesta.

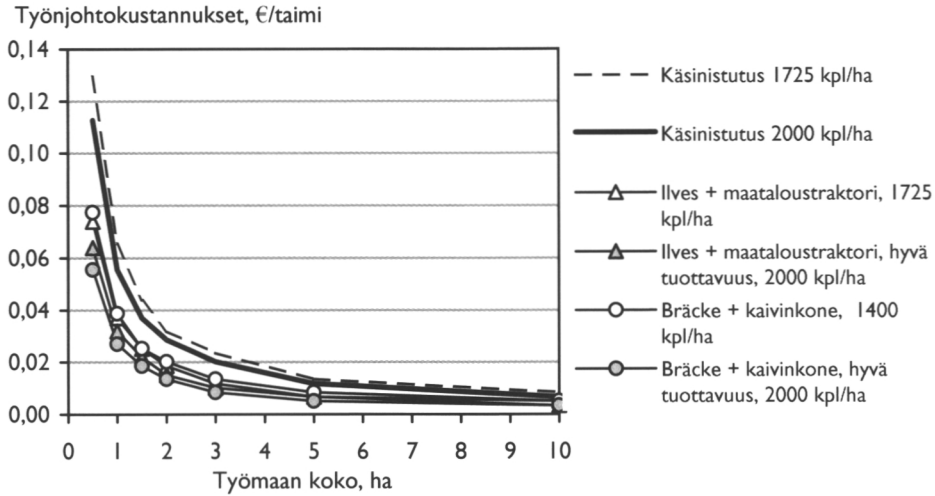
sen vaikutus on käsintutuksessa pienempi kuin koneistutuksessa. Työmaan koon kasvaminen pienensi hieman käsin- ja koneistutuksen kustannuseroa viiden hehtaarin työmaan kokoon asti.

Työnjohdolla tarkoitetaan seuraavassa kaikkia suunnitteluun, työn ohjaukseen ja valvontaan liittyviä töitä. Työnjohdon kustannukset ovat suurimmat käsin istutuksella (kuva 19) pääosin siksi, että laskentamallin rakenteen takia käsintutuksen toimihenkilöiden kustannuksiin kuuluvat taimien kuljetus ja huolto, jotka koneellisissa menetelmissä kuuluvat yrittäjän tehtäviin ja siten työ kustannuksiin. Tiheään istutettaessa työnjohtokustannukset ovat halvimmat Bräcke-yhdistelmällä, koska muokkauksessa ei tarvita erillistä työnjohtoa.

Työnjohdon taimikohtaiset kustannukset riippuvat muokkauksen ja istu-

tuksen kustannuksia selkeämmin työmaan koosta (kuva 19). Toimihenkilön käydessä työmaalla kustannuksista suuren osan muodostavat matkakulut. Kustannukset kasvavat selvästi jo työmaan koon pienessä alle viiden hehtaarin, mutta erityisen jyrkästi alle hehtaarin työmailla. Istutustiheyden vaikutus työnjohtokustannuksiin on suurin Bräcke-yhdistelmällä ja pienillä työmailla.

Käsin- ja koneistutusketjujen työnjohtokustannusten ero on useimmiten nykyään vielä suurempi koneistutuksen hyväksi. Laskelman käsintututtajia voidaan verrata yrittäjiin, koska he tarvitsevat yhtä vähän suunnittelua ja työnjohtoa kuin koneistutusyrittäjät. Kokemattomat käsintututtajat tarvitsevat neuvontaa ja valvontaa enemmän kuin itse töistään vastaavat yrittäjät.



Kuva 19. Työnjohdon taimikohtaisten kustannusten riippuvuus työmaiden koosta. Käsinistutuksen kustannukset sisältävät taimien kuljetus- ja ylläpitokustannukset, jotka koneyhdistelmillä tulevat yrittäjän kustannuksiksi. Käyrien selitykset ovat kuvassa 18.

Istutusketjujen kokonaiskustannukset ilman taimikustannuksia säilyvät neljä hehtaaria suuremmilla työmailla lähes vakioina kaikilla istutusmenetelmillä (kuva 20). Käsin istutuksen ja Ilveksen kustannusten ero säilyy lähes samana työmaan koosta riippumatta. Bräcken kustannukset lähestyvät aivan pienillä työmailla hieman Ilveksen kustannuksia pienemmistä siirtokustannuksista johtuen. Käsinistutuksen kokonaiskustannukset nousevat erityisesti pienimmillä työmailla, jos kustannuseriaatteet säilyvät samoina. Käytännössä käsinistutuksen työnjohtokustannukset vähenevät pienillä työmailla vähempien suunnittelu- ja työnjohtotoimien takia, joten koneistutuksen edullisuus pienillä työmailla ei useinkaan toteudu kuvassa 20 näkyvällä tavalla.

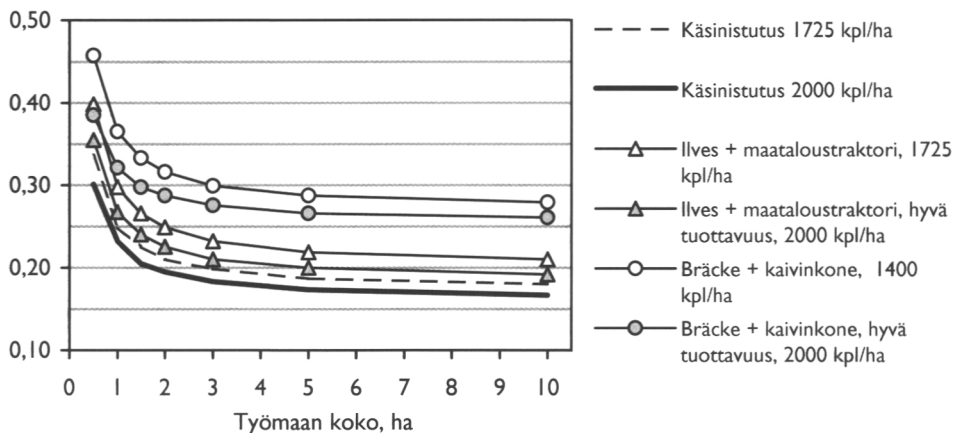
Istutettaessa 2 000 tainta hehtaarille edullisimmalla koneyhdistelmällä ja tehokkailla työmenetelmillä (vrt. Arnkil ja Hämäläinen 1995) istutuksen kokonaiskustannukset ilman taimien ostohintaa

olivat käsinistutuksessa noin 385 €/ha. Maataloustraktori-Ilveksellä ne ovat 15 % ja Bräckellä 45 % kalliimmat kuin käsinistutuksessa. Arnkililla ja Hämäläisellä (1995) Bräcke-keiju oli yli 30 % ja metsätraktori-Ilves-keiju melkein 80 % kalliimpi kuin käsin istutus. Heidän tutkimuksessaan työnjohtokustannukset olivat neljäsosa Bräcken kustannuksista, kun ne tässä tutkimuksessa ovat vain 6 %. Kustannusero käsin- ja koneistutuksen välillä pienenee, jos käsinistutuksen kustannukset kasvavat.

## 6.4 Kustannusten herkkyyksianalyysi

Kustannusten herkkyyksianalyysien lasentaperusteet ovat samat kuin kuvassa 18, mutta työmaan kokonaan käytetään kahta hehtaaria. Hyvän metsänhoidon suositukset (2001) eivät suosittele istutettavaksi herkkyyksianalyysissä esiintyviä alle 1 800 taimen hehtaariheyksiä

Maanmuokkaus-, istutus, ja työnjohtokustannukset yhteensä, €/taimi



Kuva 20. Yhteenlaskettujen maanmuokkauksen, istutuksen ja niiden työnjohton taimikoh- taisten kustannusten riippuvuus työmaan koosta. Kustannukset eivät sisällä taimien ostohintaa. Käyrien selitykset ovat kuvassa 18.

kuusella, ellei uudistamisalueella ole runsaasti olemassa olevaa kelpollista taimiainesta. Työkauden piteneminen alentaa koneyhdistelmien istutuslaitteen pääomakustannuksia (kuva 21). Kustannusten lasku on jyrkintä Bräcke-yhdistelmällä, joilla istutuslaitteen pääomakustannusten osuus kokonaiskustannuksista on suurin. Käsiniestutuksen kustannukset eivät muutu istutuskauden pidetessä. Työkauden piteneminen neljästä viiteen kuukauteen laskee kustannuksia Bräckellä viidellä ja Ilveksellä kolmella prosentilla. Kauden lyheneminen neljästä 3,5 kuukauteen vaikuttaa voimakkaammin, eli kustannukset nousevat Bräckellä kolmella ja Ilveksellä vajaalla kahdella prosentilla. Käsiniestutus on viiden kuukauden työkaudellakin vielä 10 % Ilves- ja 33 % Bräcke-yhdistelmällä istutusta halvempaa.

Palkkakustannusten muutokset vaikuttavat voimakkaammin käsin istutukseen (kuva 21). Koneistutuksessa taimikohtaiset kustannukset nousevat jyr-

kästi palkkojen mukana. Kymmenen prosentin palkkakustannusten nousu nostaa käsin istutuksen kustannuksia yli viisi prosenttia. Ilves-yhdistelmillä nousu on alle viisi prosenttia ja Bräckellä vajaat neljä prosenttia. Palkkakulujen 50 %:n nousulla Ilves-yhdistelmän istutus on enää vajaat kymmenen prosenttia käsin istutusta kalliimpaa.

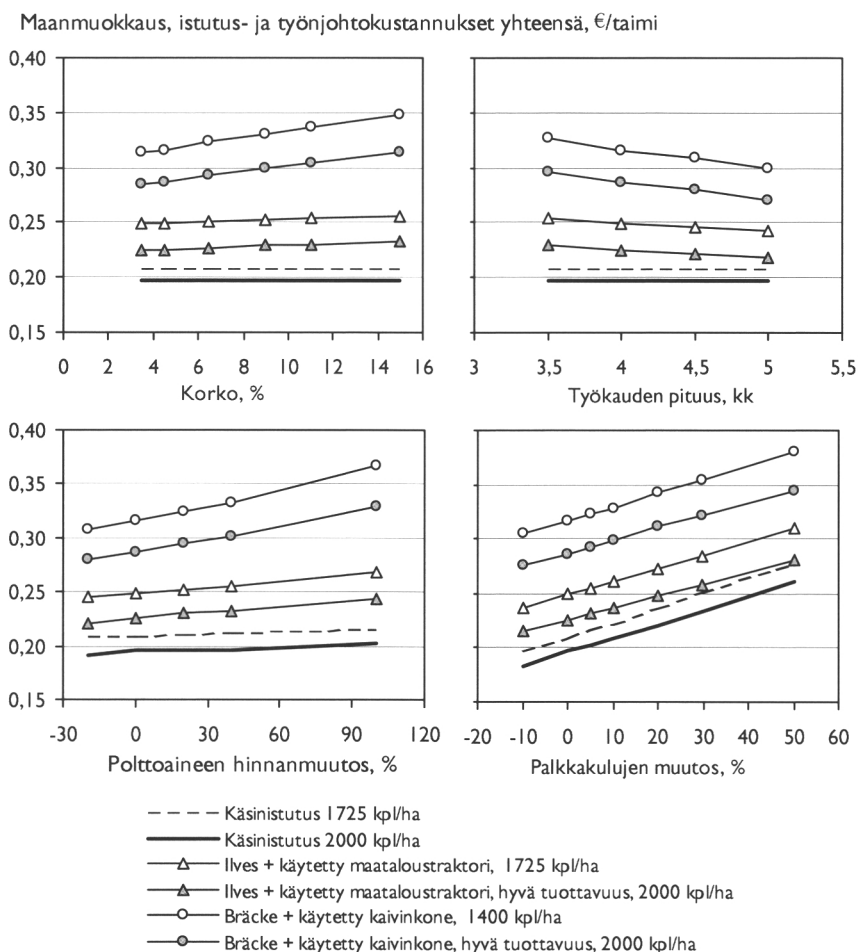
Lainakoron muutokset vaikuttavat välittömästi koneiden pääomakustannuksiin, joten nousevat korot kohottavat koneistutuksen kustannuksia enemmän kuin käsiniestutuksen (kuva 21). Koron muutosten vaikutukset ovat kuitenkin suhteellisen pienet, koska työpalkkojen osuus kaikissa menetelmissä on suuri. Bräcken kustannukset muuttuvat eniten, eli koron muuttuessa yhden prosenttiyksikön, istutuskustannukset muuttuvat puoli prosenttiyksikköä. Ilves-yhdistelmillä vastaava muutos on vajaat kolmasosa prosenttia. Käsiniestutuksen kustannuksiin koron muutos ei juuri vaikuta, koska laskelmat eivät ota huomioon esi-

merkiksi matkakustannusten nousua auton hankintakustannusten kohotessa. Koneyhdistelmien kustannuskilpailukyky ei alhaisillakaan koroilla ole käsinistutuksen veroinen.

Raakaöljypohjaisten poltto- ja voiteluaineiden hinnan muutokset vaikuttavat istutuskoneyhdistelmien käyttökustannuksiin, mutta henkilöautojen polttoaineen kautta myös käsinistutuksen kustannuksiin. Polttoaineen hinnan kaksinkertaistuminen nostaa kustannuksia Ilveksellä kahdeksan ja Bräckellä 15 pro-

senttia (kuva 21). Käsiniistutuksessaakin polttoaineen hinnan kaksinkertaistuminen nostaa kustannuksia noin kolme prosenttia. Poltto- ja voiteluaineiden hinnan viidesosan laskukaan ei tee koneistutusta kilpailukykyiseksi.

Tutkituilla vaihteluväleillä vaikuttavat palkkakustannusten muutokset selvimmän viljelyketjujen edullisuusjärjestykseen kahden hehtaarin keskimääräisillä työmailla. Käsin istutus osoittautui aina halvimmaksi istutusvaihtoehdoksi. Pitkällä istutuskaudella korkeiden palkka-



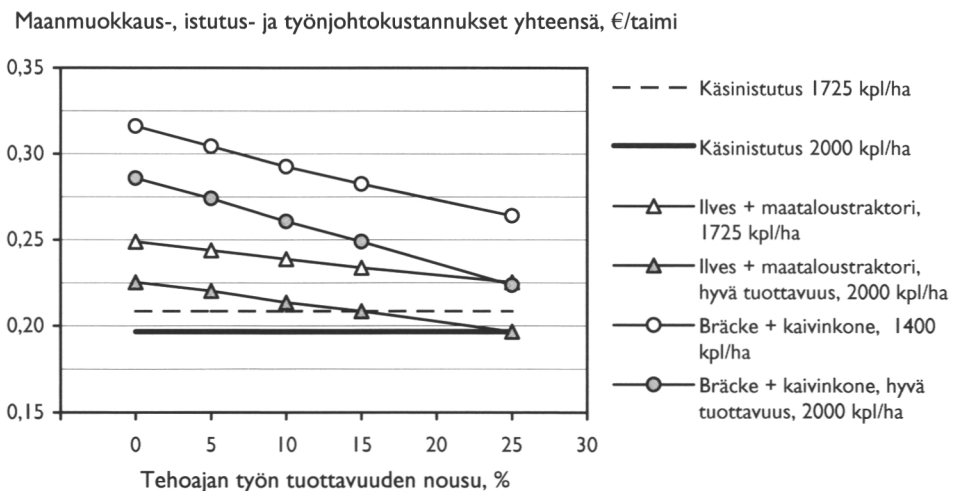
Kuva 21. Lainakoron, työkauden pituuden, öljypohjaisten poltto- ja voiteluaineiden hintojen muutosten vaikutus istutusketjujen taimikohtaisiin kustannuksiin. Peruslaskelmissa korko oli 4,5 %, työkauden pituus 4 kk. Käyrien selitykset kuvassa 18.

kulujen ja halvan polttoaineen yhdistelmällä koneistutus lähestyy käsinistutuksen kustannustasoa. Maataloustraktori-Ilves-yhdistelmä on kaikissa oloissa Bräcke-yhdistelmää kustannuksiltaan edullisempi. Tarkasteluja arvioitaessa on muistettava, että käytännössä yhden tekijän kuten palkkakustannusten muuttuminen voi vaikuttaa töiden toteutukseen monilla tavoin, joita edellä esitetyissä kaavamaisissa laskelmissa ei ole otettu huomioon.

Lopuksi laskettiin vielä teoreettisesti, mitä vaikuttaisi koneistutusketjujen työn tuottavuuden paraneminen. Kustannusten oletettiin säilyvän nykyisinä, mutta työn tuottavuuden oletettiin paranevan esimerkiksi tehokkaamman työjärjestyksen takia. Taimikohtaisen maanmuokkauksen (Bräckellä) ja istutuksen ajanmenekin laskettiin vähenevän enimmillään 25 %. Tämä vähennys tulee siis istutustiheydellä 2 000 tainta hehtaarilla aiemmin laskettujen Ilveksen 7 %:n ja Bräcken 8,5 %:n lisäksi. Maataloustraktori-Ilveksen ajanmenekin pienene-

minen 25 % riittäisi tekemään sen kilpailukykyiseksi käsin istutuksen kanssa (kuva 22). Bräcke-yhdistelmän kustannukset alenisivat Ilveksen kustannuksia nopeammin, mutta Bräcken kustannusten selvästi korkeampi lähtötaso pitää Ilves-yhdistelmän halvempänä vielä ajanmenekin laskiessa neljäsosan.

Maataloustraktori-Ilves-yhdistelmän istutustyön tuottavuuden parantaminen 25 % tekisi ketjun kilpailukykyiseksi käsin istutuksen kanssa. Bräcke-yhdistelmällä tehotuntia kohti lasketun tuottavuuden pitäisi parantua 40 %, jotta ketjun kustannukset olisivat samat kuin käsin istutuksessa. Tämä vastaisi reilua 260 tainta tehotunnissa, joka on hieman pienempi kuin Arnkilin ja Hämäläisen (1995) tutkimuksen Bräcken tuottavuuden paranemisvaatimus melkein 280 taimen tehotunnissa. Jälkimmäisillä työ-johtokustannukset olivat samat kone- ja käsin istutuksessa, kun yrittäjäperusteisessa laskelmassa Bräcke selviää hieman pienemmällä työjohtokustannuksilla kuin käsin istutusketju.



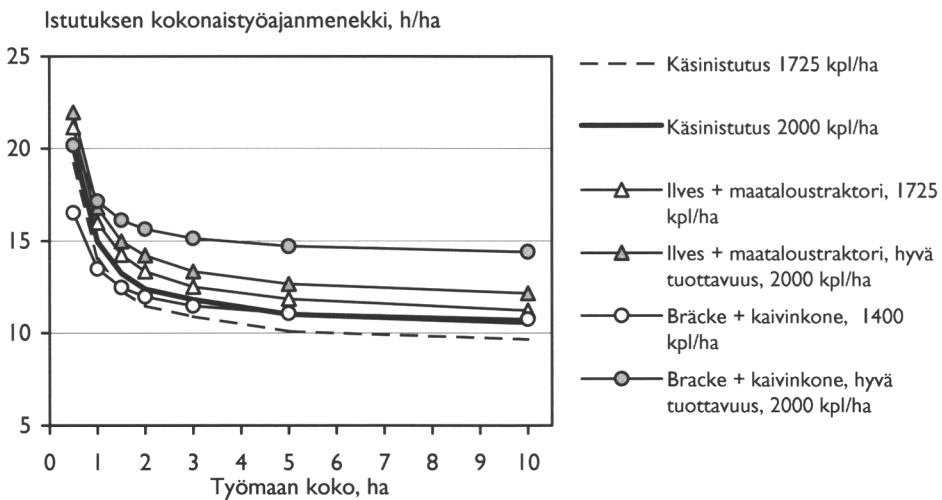
Kuva 22. Tehoajan työn tuottavuuden nousun vaikutukset istutusketjujen taimikohtaisiin kustannuksiin. Käyrien selitykset kuvassa 18.

## 6.5 Ihmistyön ajanmenekki ja työsaavutukset

Ihmistyön ajanmenekkiin on laskettu istuttajien, kuljettajien ja toimihenkilöiden työhön, taimien ja koneiden siirtoon sekä matkoihin kuluvat ajat. Hehtaariohtainen työajanmenekki lisääntyy taimikon tiheyden kasvaessa ja työmaan koon pienetessä (kuva 23). Edellinen johtuu suuremmasta työmäärästä ja jälkimmäinen melkein vakioajan vievistä suunnitteluja taimihuoltokäynneistä sekä koneiden siirroista. Ajanmenekin nousu onkin loivinta Bräcke-yhdistelmällä, jonka työnjohdon ja koneisiirtojen tarve on pienin. Suurilla työmailla käsin istutusketjun työajanmenekki on pienin. Puolen hehtaarin työmailla Bräcke-yhdistelmän ajanmenekki on käytetyillä laskenta-perusteilla pienin, mutta käytännössä käsin istutuksessakin osa työaikaan laskeutuista työnjohto- ja suunnittelutehtävistä jätettäisiin tekemättä, jolloin koneistus veisikin sitä enemmän työaika.

Tiheään istutettaessa Bräcken ajanmenekki on kaikkein suurin hehtaaria isoimmilla työmailla. Ilves-yhdistelmien ajanmenekit ovat kymmenkunta prosenttia suuremmat kuin käsinistutuksessa. Bräckellä ajanmenekki on jopa neljäosan käsinistutusta suurempi kolmea hehtaaria suuremmilla työmailla. Ilves-yhdistelmää käytettäessä täytyy työmaalle tuoda sekä muokkaus- että istutuskone, joka nostaa ajanmenekkiä muita menetelmiä jyrkemmin yhtä hehtaaria pienemmillä työmailla.

Työnjohdon työmäärä ei riipu yhtä selvästi istutettavien taimien määrästä tai tiheydestä tai alueen pinta-alasta, kuin varsinaisen istutustyön työmäärä. Työnjohdon ajanmenekki alkaakin kasvaa kaikilla työmenetelmillä jyrkästi jo kahdelta hehtaarialta pienemmillä työmailla. Istutuksen kokonaisajanmenekki kasvaa reilusti yli puolitoistakertaiseksi työmaan koon pienetessä neljästä hehtaarista puoleen hehtaariin. Ihmistyön lisääntyminen kasvattaa myös matkakustannuksia. ja



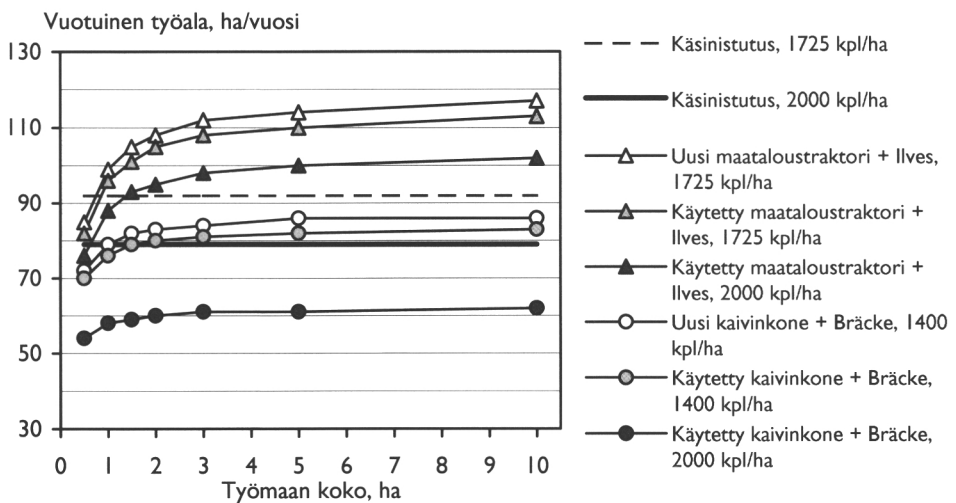
Kuva 23. Istutuksen ihmistyön kokonaistyöajanmenekin riippuvuus työmaan koosta. Käyrien selitykset kuvassa 18.

liikenteen päästöjä. Istutusyrittäjä hoitaa sekä käsin- että koneistutustyön suunnittelun ja vastaa itse työstään, joten erilliset toimihenkilöiden käynnit eivät kasvatane kulkemistarvetta. Bräckellä tehdään muokkaus ja istutus samalla koneella, jolloin koneiden siirto- ja työnjohdon kulkemistarve on pieni. Toisaalta Bräcken nykyisen pienen tuottavuuden takia kuljettajan käyntikertojen määrä on muita menetelmiä suurempi.

Istuttajan tai kuljettajan vuotuisen istutuspinta-alan vaikuttavat työmenetelmän lisäksi istutustiheys ja konetöissä työmaan koko. Käsin istutuksen vuotuisen kokonaistyöalaan työmaan koko ei vaikuta, elleivät työmaat ole niin pieniä, että työmaata olisi vaihdettava useamman kerran päivässä. Neljän kuukauden vuotuisen työkauden aikana käsin istuttaja ehtii käytetyillä laskentaperusteilla istuttaa 80 hehtaaria tiheyteen 2 000 tainta hehtaarilla (kuva 24). Käsin istutus on raskasta ulkotyötä, joten laskelmissa

työpäivän tehokas pituus on vain kuusi tuntia.

Konetyö ei ole ruumiillisesti niin raskainta kuin käsin istutus, joten kymmenen tehotunnin työpäivät ovat mahdollisia. Tällöin Ilves-yhdistelmällä istutetaan neljän kuukauden viljelykautena 75... 100 hehtaaria tiheyteen 2 000 tainta hehtaarille (kuva 24). Harvempaan istutus suurentaa työsaavutusta hieman vähemmän kuin käsinistutuksessa. Vuotuinen työsaavutus alkaa vähetä voimakkaasti, kun työmaan koko putoaa alle kolmen hehtaarin. Koneen siirrot vievät silloin lisääntyvän osan työajasta. Koneella työsaavutukseen vaikuttaa myös vaikeasti arvioitava koneen iästä riippuva tekninen kunto. Laskelmassa uudella peruskoneella Ilveksellä voisi istuttaa vähäisempien korjaus- ja huoltotarpeiden takia muutamia hehtaareita enemmän vuodessa kuin vanhalla peruskoneella. Pidemmästä työpäivästä johtuen Ilves-yhdistelmän vuotuinen työala on laskennallisesti aivan



Kuva 24. Istutuskoneyhdistelmien ja käsinistuttajan vuotuisen työmäärän riippuvuus työmaan koosta ja istutustiheydestä 4 kuukauden työkauden aikana. Kuljettajan työpäivän pituus on 10 ja käsinistuttajan 6 tehotuntia. Käyrien selitykset kuvassa 18.

pienimpiä työmaita lukuun ottamatta käsinistutuksen vuotuista työalaa suurempi.

Muokkaukseen kuluvan ajan takia Bräcke-yhdistelmän viljelykauden työ määrä jää pienimmäksi eli noin 60 hehtaariin istutettaessa 2 000 tainta hehtaarille. Vuotuinen työsaavutus alkaa merkittävästi laskea vasta, kun työmaan koko putoaa alle puolentoista hehtaarin. Harvempaan istutus lisää Bräckellä työsaavutusta merkittävästi enemmän kuin käsin- tai Ilves-yhdistelmällä istutuksessa. Kuten Ilveksellä, uuden peruskoneen käyttäminen näyttää tuovan Bräckellä vuotuisen työsaavutukseen vain muutamman hehtaarin lisää vanhaan peruskoneeseen verrattuna.

Tyypillisellä yksityismetsien kahden hehtaarin työmaalla käsin istutuksessa kuluu vajaat 13, maataloustraktori-Ilveksellä 14 ja Bräckellä 16 henkilötyötuntia koko uudistamisketjussa työnjohtoineen, taimien kuljetuksineen ja työntekijöiden matkoineen. Luvut saattavat tuntua suurilta, mutta yleensä vertailuissa otetaan huomioon pelkästään varsinaiseen istutukseen kulunut aika. Työmaan koon kasvaessa Bräcke-ketjun kokonaistyöajan menekki pienenee hitaimmin, mutta toisaalta puolen hehtaarin työmailla Bräcke-ketjulla on pienin kokonaistyöajan menekki. Arnkilin ja Hämäläisen (1995) mukaan Ilves-istutuskoneella ihmistyöajan menekki on neljäsosan ja Bräckellä jopa puolet pienempi kuin vastaavassa käsinistutuksessa. Työnjohdon työpanos oli Arnkilillä ja Hämäläisellä (1995) suurempi kuin tämän tutkimuksen laskelmissa.



# 7 Koneistutuksen kehittäminen

## 7.1 Koneistutuksen nykytilanne

Yleisin istutusmenetelmä Suomessa on paakkutaimien istutus pottiputkella muokattuun maahan. Istuttaja voi valita jokaiselle taimelle sopivan istutuskohdan. Työn tuottavuus ja metsänomistajan maksamat kustannukset vaihtelevat paljon toteutustavasta riippuen. Ammattimainen käsin istutus tehdään useimmiten urakkatyönä, jolloin tuotos on suuri. Esimerkiksi Metsähallituksen työmailla pienten paakkutaimien Bräcke-mättäisiin istuttamisen tuottavuus vaihteli 350–490 taimen tehotunnissa (Ari ja Korhonen 1993). Tähän kolmen päivän seurantatutkimukseen osallistui kuusi ammattimetsurua. Istutustiheys vaihteli 2 160–2 780 tainta hehtaarilla. Bräcke-mättäisiin istuttaminen oli keskimäärin 14 % hitaampaa kuin istuttaminen aurasjälkeen, jossa istutustiheys oli suurempi. Nopeat istuttajat kärsivät hitaita enemmän mätästysjäljen epäsäännöllisyydestä. Siirtymisaikojen osuus mätästysalueilla oli suurempi kuin aurasalueilla.

Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa tällä hetkellä käytössä olevat muutama kymmenen istutuskonetta perustuvat koneelliseen pottiputkimenetelmään. Toimintaperiaatteen etuja ovat yksilöllinen istutuskohdan valinta ja mahdollisuus rakentaa monenlaisia istutuskoneita yksinkertaisesta ja edullisesta lisälaitteesta aina kaksipäisiin maanmuokkauksen tekeviin koneyhdistelmiin asti. Koneiden tuottavuutta rajoittavat puomin rajalliset liikenopeudet ja riippuvuus kuljettajan tai

doista. Tässä esiteltyjen Ilves- ja Bräcke-laitteiden lisäksi valmistuksessa on ruotsalainen Eco Planter 2000 (Åhlund 1995). Istutusyrittäjät ovat myös rakensaneet itselleen muutamia koneita (Thorner 2000).

Koneistutus Ilves- ja Bräcke-laitteisiin perustuvilla istutusketjuilla on tämän tutkimuksen mukaan kaikissa oloissa käsinistutusta kalliimpaa. Erilliseen maanmuokkaukseen ja kevyeen istutuskoneeseen perustuva maataloustraktori-Ilves -työketju on Bräckeä edullisempi, vaikka jälkimmäisellä tehdään muokkaus ja istutus samalla koneella. Erillisen istutuskoneen etu on myös mahdollisuus istuttaa kaikenlaisiin maanmuokkausjälkiin. Ilves-yhdistelmän kilpailukyky säilyy suhteellisesti samana kaikenkokoisilla työmailla käsin istutukseen verrattuna. Bräcken maanmuokkaus parantaa sen kilpailukykyä Ilves- ja käsin istutusketjuihin verrattuna, kun työmaan koko pienenee alle kahden hehtaarin. Metsänomistaja istuttaa usein itse pienet työmaat, joten koneet eivät käytännössä ole kilpailukykyisiä pienimmillä työmailla.

Ilves-laitteita ei vuonna 2001 ollut käytössä, mutta uusin kehitysversio oli koekäytössä hakkuukoneessa 2002. Ilveksen tilapäisesti markkinoilta poistumisen osasyynä oli laitteiden pääasiallinen käyttö kuormatraktorialustalla, jonka kustannukset olivat suuremmat kuin maataloustraktorialustalla. Metsätraktoriyhdistelmällä kuormaimen käyttöä rajoittavat kuormatilan rakenteet pudottivat työn tuottavuuden maataloustraktori-Ilves-yhdistelmää selvästi heikommaksi.

Maataloustraktorilla kustannukset olivat käsin istutusta suuremmat, joten toimintaa ei taloudellisesti kannattanut jatkaa. Bräcken käyttöä on kuitenkin jatkettu. Palvelujen käyttäjien mielestä tarkoituksemukaisiin ratkaisu on ollut koneyhdistelmä, jolla hoidetaan sekä maanmuokaus- että istutustyö.

Koneistutuksen työnjälki vastaa lähes käsinistutusta. Tutkimuksessa esille tulleisiin taimikoiden alhaiseen taimitiheyteen sekä muuhun työnjälkeen voidaan vaikuttaa kuljettajien koulutuksella. Ilves-yhdistelmän käyttäminen edellyttää myös riittävän tehokasta maanmuokkautusta. Koneistutuksessa taimen istutussyvyys vaihteli enemmän kuin käsin istutuksessa. Tämä tuli esille varsinkin Ilveslaitteilla puomin äärialueilla toimittaessa. Taimet jäivät käsin istutusta useammin vinoon sekä Bräckellä että Ilveksellä. Toisaalta koneella on helpompi istuttaa taimet tarvittaessa syvemmälle kuin käsin istutuksessa.

Koneellisen istutuksen kysyntä voi kasvaa istutustyön ammattimaisuuden lisääntyessä. Yhä pienempi määrä metsänomistajista asuu tilalla. Samalla vähenee istutustaitoisten ja työstä kiinnostuneiden henkilöiden määrä. Yrityksillä, Metsähallituksella ja metsänhoitoyhdistyksillä on palveluksessaan entistä vähemmän metsureita. Tilalle tullevat metsäpalveluyrittäjät (Kärhä ym. 2000, Harsela ym. 2001). Konetyö on fyysisesti kevyempää, joten kuljettaja jaksaa työskennellä koko kesän ja tehdä pidempiä työpäiviä kuin käsin istuttaja. Siten metsänuudistamisen koneellistaminen voisi parantaa työvoiman saantimahdollisuuksia. Käsin istutustakin voidaan tosin keventää kuljettamalla ja jakelemalla taimet palstalle maastoajoneuvoilla.

## 7.2 Toiminnan organisointi

Konetyön sisäisellä organisoinnilla voitaisiin kohottaa Ilves-yhdistelmän työn tuottavuutta ilman koneeseen sijoitettuja lisäpanoksia. Ajanmenekkiä voidaan vähentää esimerkiksi käyttämällä mahdollisimman lyhyitä puomin liikkeitä istutuskohdalta toiselle. Istuttamalla mahdollisimman paljon taimia työpisteessä työpistesierrojen ajanmenekki pienenee. Hydraulisella nivelpuolikuormaimella on puomin kehänsuuntainen liike säteen-suuntaista nopeampi, joten paljon kehänsuuntaisia työliikkeitä hyödyntävä istutusjärjestys pienentää ajanmenekkiä. Näiden työliikkeiden käyttö edellyttää toisaalta sitä, että muokkaus tarjoaa riittävästi sopivia istutuskohdita. Koneistutuksessa vuotuista työsaavutusta voidaan lisätä käyttämällä konetta useammassa työvuorossa.

Tuottavuuden nosto työn organisointia parantamalla on Bräcke-yhdistelmällä vaikeampaa. Maanmuokkauksessa on pakko käyttää puomin hitaampia pituus-suuntaisia liikkeitä. Kuljettajat näyttivät mieluummin siirtävän konetta kuin käyttävän puomin ääriulottuvuuksia. Kauas istutettaessa taimet jäivät usein vinoon ja irtonaisiksi, koska erityisesti Bräckellä kuljettaja ei pysty helposti näkemään, milloin istutuslaite on puomin pituus-suunnassa kallellaan. Kivisyys alentaa työn tuottavuutta (Arnkil ja Hämäläinen 1995).

Puomiin asennetuilla istutuslaitteilla kuljettajan merkitys tuottavuuteen on merkittävä, koska hän ohjaa laitteen istutuskohdasta toiseen. Arnkilin ja Hämäläisen (1995) tutkimuksen mukaan neljän eri Bräcke-yhdistelmän välinen tuottavuusvaihtelu oli kuitenkin hieman suurempi kuin kuljettajien välinen vaihtelu kullakin koneyhdistelmällä. Jälkimmäi-

nen oli vajaan kymmenen prosentin luokkaa. Mahdollisimman monen taimen istuttaminen samasta työpisteestä ja koneen nopeimpien työliikkeiden mahdollisimman suuri hyväksikäyttö lisäävät tuottavuutta jo olemassa olevilla koneilla. Ilves-yhdistelmillä tehokkaimpien työtapojen hyödyntäminen vaatii hyvän maanmuokkauksen. Tällöin istutuksen tehostumisen hyöty saattaa hävitä muokauskustannusten kallistumiseen. Hakkuutähteiden poisto helpottaa maanmuokkausta ja istutusta niin käsin- kuin koneistutuksessakin (Saksa ym. 2001), mutta hakkuutähteiden poiston ravinnetaloudelliset vaikutukset eivät ole vielä kiistattomia (Mälkönen ym. 2001).

Tässä tutkimuksessa kustannusvertailut tehtiin tehokkaasti organisoiduille käsin- ja koneistutusketjuille. Suunnittelu ja tarkastuskäyntejä tehtiin vain osalle työmaista. Koneyrittäjä tai yhdistyksen työnohtaja (tai palveluyrittäjä) huolehti taimien kuljetuksista ja kastelusta varastoinnin aikana. Niin käsin- kuin koneella istuttajatkin toimivat yrittäjän tapaan itsenäisesti ilman erillistä työnohtoa. Tämä mahdollistaa työketjujen tasapuolisen vertailun. Käytännössä työt tehdään vielä usein siten, että suunnittelussa, valvonnassa ja työnjohdossa tehdään enemmän työtä, jolloin esitetyt kustannukset jäävät liian pieniksi erityisesti käsinistutuksen osalta.

Metsänuudistamisen organisoinnin yhtenä ääripäänä voidaan pitää perinteistä metsänhoitoyhdistyksen suunnittelemaa, johtamaa ja valvomaa sekä metsureiden ja koneyrittäjien toteuttamaa metsänuudistamista. Toinen ääripää on kokonaispalveluja tarjoavien käsin- tai koneistutusyrittäjien toteuttama uudistaminen. Pisimmälle viedyssä vaihtoehdossa yrittäjä tarjoaisi metsänomistajalle ”avaimet käteen” uudistamisen, eli huolehtisi sil-

loin koko ketjusta työmaan suunnittelusta taimikon vakiintumiseen asti. Tällöin uudistamisen onnistumisen vastuukysymys on myös metsänomistajan kannalta helppo, kun on vain yksi toimittaja. Yritysten ja Metsähallituksen työmailla ainakin istutuksen suunnittelu- ja työnjohto voidaan yksityismetsiä tehokkaammin yhdistää muuhun suunnitteluun.

Käsin ja koneistutuksen organisoinnissa on paljon kehittämismahdollisuuksia ja -tarpeita (Harstela 2000, Harstela ym. 2001). Koneellinen istutus voitaisiin järjestää jo alunperin kokonaispalveluperiaatteelle, jolloin yrittäjä vastaa metsänomistajalle uudistamistuloksesta. Nykyisessä käytännössä, jossa metsänhoitoyhdistys vastaa suunnittelusta, taimihuollosta ja valvonnasta, yrittäjä maanmuokkauksesta ja metsuri istutuksesta, vastuukysymykset saattavat olla epäselviä. Yrittäjän huolto- ja henkilökuljetuskalustolla voidaan huolehtia myös taimien kuljetuksesta. Kokonaispalveluyrityksessä toiminta on tehokasta ja vastuut selkeät. Käsin istutuksessakin ollaan menossa erilaisia palveluja tarjoavia yrittäjyyksiä kohti. Vakiintuneita toimintamalleja ei käsin- ja koneistutuksen yrittäjätoimintaan ole vielä muodostunut ja kokonaispalvelujen tarjonta on vähäistä. Asiakkaan kannalta olisi parempi, jos markkinoilla olisi useita luotettavia palvelujen tarjoajia.

Koneenkuljettajien pidemmät työpäivät johtavat koneistutuksessa lukumääräisesti vähempiin työmatkoihin, vaikka käsinistutuksen tuntituotos on koneistutusta suurempi. Toisaalta myös useampi käsinistuttaja voi kulkea samalla autolla. Bergin (1999) laskelman mukaan Ruotsissa koneellisen istutuksen ja maanmuokkauksen koneiden energian kulutus oli 2 280 MJ/ha, joka oli viisi prosenttia vähemmän kuin käsin istutuksessa. Sa-

malla päästöt vähenivät 12 % mitattuna sadan vuoden kiertojalle lasketulla eri tekijöillä painotetulla hiilidioksidimäärällä.

Koneiden pääomakustannusten kurissa pitämiseksi istutuskauden tulee olla mahdollisimman pitkä. Keskikesän kuivuus ja juurtumiseen ja pakkaseen valmistautumisajan lyhyys saattavat vaarantaa taimien alkukehitystä, jos istutus jatkuu koko sulan maan ajan. Aulin (2002) ei kuitenkaan havainnut kahden kasvukauden jälkeen läpi kesän eri ajankohtina istutetuissa taimissa merkittäviä kuntoeroja. Keväällä istutetut taimet kasvoivat kuitenkin parhaiten. Kuusen paakkutaimet sopinevat parhaiten läpi kesän istutukseen. Tämä edellyttää, että kuhunkin istutusajankohtaan on tuotettu paakun tilavuuteen nähden sopivan pituisia, elinvoimaisia taimia. Syysistutuksessa taimien tulee olla hallankestäviä (Luorinen ym. 2001). Istutuskauden pidentäminen yli viiden kuukauden on kuitenkin epävarmaa. Luorisen ym. (2001) mukaan taimitarhan tulisi tietää istutusajankohta, jolloin taimet voidaan kasvattaa, käsitellä ja varastoida parhaiten esimerkiksi kasvukauden lopun olosuhteita varten.

Laskelmissa ei ole huomioitu yrittäjäriskiä. Uudistamispalveluja käyttävillä puunjalostusyrityksillä tämä sijoitetun pääoman tuottotavoite on yleensä 10–15 % liikevaihdosta. Pieneen tuottoon tyytyminen voi olla perusteltua esimerkiksi yrittäjälle, joka haluaa pysyä kotitalallaan ja tyytyy siihen, että saa ”ostettua” itselleen työpaikan. Yrityksen kehittäminen vaatii kuitenkin selvän positiivisen tuloksen tekemistä. Puunkorjuuyrittäjillä, joihin istutusyritystä voidaan toimintaolosuhteiden suhteen verrata, nettoliikevoiton osuus liikevaihdosta oli pääosin tappiollinen vuosina 1977 - 96 (Mäkinen 1999). Vain parhaiten menes-

tyvä neljännes yrityksistä pystyi seurantajakson aikana voitollisiin tuloksiin.

Hallintokustannukset eivät juurikaan kohoa työntekijöiden tai koneiden määrän lisääntyessä. Koneistutuksessa vuotuista työsaavutusta voidaan lisätä käyttämällä konetta useammassa työvuorossa. Suuri yritys saa hankintoja keskittämällä alennuksia koneiden, varaosien, huoltojen ja muiden ulkopuolisten palvelujen hinnoista. Usean tyyppiset muokaus-, istutus- ja kylvökoneet mahdollistaisivat palvelujen tarjonnan kaikenlaisilla uudistuskohdeilla. Toisaalta yhden henkilön yritys on toimintavalta ja kustannusrakenteeltaan suurta yritystä joustavampi. Yleiskulujen jakaminen esimerkiksi saman yrittäjän kolmelle koneelle alentaisi tämän tutkimuksen laskelmien mukaan yksikkökustannuksia pari prosenttiyksikköä.

### 7.3 Tekninen kehittäminen

Arnkilän ja Hämäläisen (1995) seurannassa Bräcken työajasta viidesosa meni keskeytyksiin, joista kolme neljäsosa oli istutuslaitteen huoltoa ja korjauksia. Eniten keskeytyksiä aiheutti laitetta ohjaava tietokone. Myös murtumat ja hitsausaumojen repeämiset olivat yleisiä. Tämän tutkimuksen alkuvaiheessa Bräcke-istutuslaitteen hydrauliiikka- ja elektroniikkaongelmat olivat yleisimpiä syitä keskeytyksiin. Ilveksellä keskeytysten osuus oli yhtä suuri, mutta istutuslaitteen osuus keskeytyksistä oli vain viidesosa.

Puomiin asennettujen istutuslaitteiden tuottavuuden parantamismahdollisuudet ovat rajalliset, koska istutuslaitetta on käytettävä kaikilla istutuskohdilla. Istutusvaihe on tutkituissa koneissa automaattinen, joten sen suhteen kehitysmahdollisuudet ovat pienet. Puomin ulottuvuuden kasvattaminen vähentää työ-

pisteiden välisiä siirtoja. Maanmuokkauslaitteen lisääminen (Ilves) tai tehostaminen (Bräcke) voi vähentää istutusketjun kokonaisaikaa ja siten alentaa kustannuksia. Useamman istutus/maanmuokkauspään samanaikainen toiminta jakaa puominsiirtoajan useammalle taimelle eli taimikohtainen tuottavuus kohoaa.

Laajan istutussektorin tarjoava maataloustraktori-Ilves -yhdistelmä oli edullisempi ja tuottavuudeltaan parempi kuin maastokelpoisempi ja ulottuvampi metsätraktoriyhdistelmä. Jos kuormain on teleskooppimallinen tai paralleelitoiminen, ei pituussuuntaiseen liikkeeseen tarvita niin paljoa ohjausta kuin nivelpuomikuormaimessa. Bräcke yhdistelmän puomin pidentäminen ei välttämättä enää paranna tuottavuutta, koska kuljettajien kokemuksen mukaan raskaan istutuslaitteen hallittavuus heikkenee kauempana. Ilveksen istutuslaite on kevyempi, joten ongelma ei ole yhtä suuri. Keveys tekee mahdolliseksi rakentaa koneeseen tuottavuutta kohottavat automaattisyöttö ja kaksi samanaikaisesti toimivaa istutusputkea. Koneistutukseen sopiva kokonaisuus voisi olla esimerkiksi hakkuu- tai kaivinkonealustalle tehty istutuskone, jossa on laaja istutussektori sekä ulottuva ja tehokas kuormain.

Taimipöydän täyttö vei Ilveksellä 13–20 % tehoajasta ja Bräckellä 24–29 %. Bräcken suurempi osuus selittyy taimipöydän kannesta, jota ei enää käytetä. Taimien syötön automatisointi suoraan kasvatuslaatikosta vähentää taimipöydän täyttöön kuluva aiaa. Robur Maskin Ab ja Lännen Oy ovat yhdessä kehittäneet automaattista taimien syöttölaitteistoa Bräcke Planteriin (Pressrelease...2001). Kuljettaja nostaa kolme taimikennoa sellaisenaan syöttölaitteeseen, joka poimii taimet yksitellen kennoista

ja pudottaa pottiputkeen. Automaattisyöttö lisää istutuslaitteen painoa ja hidastaa siten puomin käsittelynopeutta ja heikentää toimintatarkkuutta äärialueilla. Automaattisyötöllä voitaneen säästää 10–20 % konetyön ajanmenekistä ja poistaa taimipöydällä juurten hankautumisesta ja turvepaakun hiertymisistä taimelle aiheutuvat ongelmat. Tarpeeton liikkuminen työmaalla vähenee, kun koneen taimivarastoon mahtuu yhden työvuoron taimet ja koneessa on vesisäiliö taimien kasteluun.

Tutkimuksessa käytettiin EcoPot-kennotaimia. Nykyisin taimituotannossa on siirrytty kovamuovisiin kasvatuskennoihin, esimerkiksi Plantek (Tervo 1999). Roburin ja Lännen automaattisyöttö toimii Lännen Plantek F-taimilla (Pressrelease...2001). Automaattisyötön onnistuminen edellyttää kuitenkin, että taimipaakku voidaan irrottaa kennoista helposti ja ehjänä. Ongelma korostuu, jos juuret ovat kasvaneet kennojen yli toisiinsa kiinni. Tämä hidastaa myös käsin tehtävää taimipöydän täyttöä.

Alunperin kylvökoneeksi suunnitellussa Eco Planter 2000-yhdistelmässä on Ilveksen kaltainen istutuslaitteen ja taimipöydän rakenne. Laite koostuu kahdesta automaattiohjauksella toimivasta jyrimestä ja istutus päästä. Maa muokataan vain istutuskohdilta, joten noin 90 % alueesta on työn jälkeenkä käsittelemätöntä. Jyrimet sekoittavat pakkoliikkeellä humuksen ja kivennäismaan istutus alustaksi. Nivellettyyn istutus päähän pudotetaan taimi syöttöpöydältä. Taimi puhalletaan paineilmalla istutuskuoppaan. Syöttöpöydän täyttö (240 tainta) tehdään vielä käsin. Laite painaa ilman taimia 1 300 kg, joten se vaatii alustakoneeksi hakkuu- tai kaivinkoneen.

Eco Planterin työn tuottavuus on 420–630 tainta tehotunnissa (Åhlund 1995, Mattsson 1997). Parhaat tuottavuudet saatiin istuttamalla 2 500 tainta hehtaarille. Silloin tuottavuus on kaksinkertainen tämän tutkimuksen laitteisiin verrattuna. Eco Planterissa on hyödynnetty melkein kaikki edellä mainitut tuottavuutta kohottavat tekijät: laaja työsektori, ulottuva puomi ja kaksi automaattista istutus/muokkauspäättä. Yhdistelmä oli Ruotsissa kustannuskilpailukykyinen käsin istutukseen verrattuna vain, jos uudistusalan taimista vähintään neljäsosa oli luonnontaimia. Jyrsinten kestävyys on tuottanut ongelmia. Konetta on Ruotsiin myyty kymmenkunta, Norjaan kolme ja Suomeen yksi kappale (Fladset 2000).

Kannattavuuden lisäksi tulee selvittää jyrsimiseen perustuvan maanmuokkauksen soveltuvuus Suomen olosuhteisiin.

Istutuksen kehittämisessä ei voitane tyytyä yhteen ainoaan yleiskonetyyppiin, koska toiminnassa tulisi varautua erilaisiin vaatimuksiin tulevaisuudessa (Hars-tela ym. 2001). Tekniikan kehitys on mahdollistanut konetyyppivalikoiman monipuolistumisen erilaisiin uudistamistarpeisiin ja -olosuhteisiin sopiviksi. Istutuskonevaihtoehtojen määrä lisää organisoitukustannuksia, koska useiden rinnakkaisten ketjujen käyttö aiheuttaa mm. pidentyviä siirtomatkoja. Tähän on etsittävä ratkaisua logistiikkaa kehittämällä (Harstela 2000). Logistiikalla voidaan tehostaa myös käsinistutusta.

Jatkuvatoimisten istutuskoneiden tuottavuus on ollut parempi kuin kuormaimen käyttöön perustuvien koneiden. Aikaisempien täysautomaattisten, kuten Serlachius ja Silva Nova, koneiden tekniikka ei kuitenkaan ollut riittävän kehittyntä. Gustav Sirén kertoi esitelmässään jo vuonna 1968 tulevaisuuden täysautomaattisista istutuskoneista. Edelleenkin

niiden valmistaminen vaatii uusien materiaalien, automaation ja erilaisten näkö- ja tuntoanturien kehittymistä sekä uudenlaisia voimansiirtoratkaisuja.

# Kirjallisuus

- Appelroth, S.-E. 1969. Tutkimus metsänistutuskoneista - m/TTS, Ylö ja Holkki. Summary: A study of tree planting machines - m/TTS, Ylö ja Holkki. Commun. Inst. For. Fenn. 68(5): 1-83.
- & Harstela, P. 1970. Tutkimuksia metsänviljelytyöstä I. Kourukuokka, kenttälapio, taimivakka, taimilaukku sekä istutuskoneet Heger ja LDM-1 istutettaessa kuusta peltoon. Summary: Studies on afforestation work I. The use of the semi-circular hoe, the field spade, plant basket, plant bag and the Heger and LMD-1 tree planters in planting spruce in fields. Folia For. 85: 1-32.
- Ari, T. & Korhonen, P. 1993. Istutuksen ajankäyttöä ja laatuun vaikuttavien tekijöiden kehittämissuunnitelma. Metsähallituksen kehittämissuunnitelma, Tiedote 10. 3 s.
- Arnkil, R. & Hämäläinen, J. 1995. Bräcke planter- ja Ilves-istutuskoneiden tuottavuus ja työpäivä. Review: Bräcke planter and Ilves tree planting machines. Metsätehon katsaus 1: 1-8.
- Aulin, K. 2002. Koneellinen istutus läpi kasvukauden: Kuusen taimien maastomenestyminen ja istutustyön laatu. The field performance and planting quality of Norway Spruce seedlings planted with machine throughout growing season. Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsätalouden koulutusyksikkö, Pieksämäki: metsätalouden koulutusohjelman opinnäytetyö. 59 s.
- Berg, S. 1990. Studier av mekaniserade system för markberedning och plantering. Summary: Studies of mechanized systems for scarification and planting. Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsvetenskapliga fakulteten, Institutionen för skogsteknik. Dissertation, Garpenberg. 114 s.
- 1999. LCA as a tool to accomplish environmentally sound forest operations. Teoksessa: Kellogg, L. & Licht, P. Timber Harvesting and Transportation Technologies for Forestry in the New Millennium. Conference Proceedings: International Union of Forestry Research Organizations, Research Group 3.10 and Forest Engineering Southern Africa. Pietermaritzburg, South Africa, June 10-11, 1999. 120-130.
- Davner, L. 2000. 150 miljon kronor senare... Nu är sista plantan satt. Skogen 11: 76-78.
- Eco-fräsen 2000, 1992. Produktbeskrivning. Eco-Fräsen Ab, Fällfors, Sverige. 1-4.
- Engquist, M. & Moretoft, M. 1993. Tidsstudie och productionsuppföljning på Öje-Planter sommaren 1993. Fördjupningsuppgift. Sveriges lantbruksuniversitet, Norra Skogsinsitutet. Teoksen: Åh-lund 1995 mukaan.
- Fladset, P. O. 2000. Maskinell plantering: Tung satsning på Østlandet. Norsk Skogbruk 7-8. 5-6.
- Hallonborg, U., von Hofsten, H., Mattsson, S., Hagberg, J., Thorsén, Å., Nyström, C. & Arvidsson, H. 1995. Maskinell plantering med Silva Nova – nuvarande status samt utvecklingsmöjligheter i jämförelse med manuell plantering. Summary: Mechanized planting with The Silva Nova tree planter – recent state and feasibility compared with manual planting. Skogforsk, Redogörelse 6. 95 s.
- , von Hofsten, H., Mattsson, S., Hagberg, J. & Thorsén, Å. 1997. Planteringsmaskiner i skogsbruket – en beskrivning av metoder och maskiner. Summary: Forestry planting machines – a description of the methods and the machines. Skogforsk, Redogörelse 7. 24 s.
- Harstela, P. 2000. Eteneekö istutuksen koneellistaminen? Koneyrittäjä 8. 30-31.
- , Kettunen, J., Kiljunen, N. & Meristö, T. 2001. Normitaloudesta yrittäjyyteen – Puuntuotannon tulevaisuus Suomessa. Metsäntutkimusl. tied. 819. 77 s.
- Hedman, L. & Håkansson, L. 1992. Småskalig delmekaniserad skogsplantering. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelning för skogsförnyelse. Plantnytt 1: 1-4.
- Heikkinen, J. 1996. Vuoden 1994 koneistutukset Enso-Gutzeit Oy:n Iisalmen piirisä. Keski-Savon oppimiskeskus, Pieksämäen metsäoppilaitos. Tutkielma. 51.
- von Hofsten, H. 1991. Bräcke Burna Högläggare - ett variationsaggregat med möj-

- ligheter. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Resultat 15: 1-4.
- 1993b. Hög kvalitet även på högkvaliteten med Öje-Planter. Summary: The Öje Planter machine - good performance at a competitive cost. Skogforsk Resultat nr 3: 1-4.
- Huuri, O. 1976. Kallistumisilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia. Summary: Tilting of planted pines; survey results. *Folia For.* 265. 22 s.
- 1979. Skogsträdens rotfrågor inom den finländska skogsforskningen och det praktiska skogsordlingsarbetet. Yhteenveto: Metsäpuiden juuristokysymykset Suomen metsäntutkimuksessa ja käytännön kenttätöissä. Årskrift för Nordiska Skogplanteskoler 1979: 111-129.
- Hyvän metsänhoidon suositukset 2001. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Helsinki. Julkaisusarja 13. 95 s.
- Kaila, S. 1984. G.A. Serlachius Oy:n istutuskone. *Metsätehon katsaus* 9: 1-6.
- Kautto, K. 1997. Koneellisen istutustyön tuottavuus, työnjälki ja kustannukset. Summary: Productivity, work trace and costs of mechanised planting. *Työteho-seuran metsätiedote* 5 (573). 4 s.
- Korhonen, P. 1993. Kasvupaikalle sopivan istutuskohdan ja -syvyyden valinnalla parempia taimikoita. *Metsähallituksen kehittämisyksikkö, Tiedote* 6. 5 s.
- Kärhä, K., Mäkinen, P. & Salo, E. 2000. Metsäpalveluyrityksen menestyminen ja siihen vaikuttavat tekijät. Summary: Success factors of service enterprises in forestry. *Metsäntutkimusl. tied.* 768. 75 s.
- Kärkkäinen, M. & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Summary: Factors affecting the quality of young pines. *Folia For.* 515. 28 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito – Metsänhoitosuositukset 1994. *Metsäkeskus Tapion julkaisu* 6. 71 s.
- Luoranen, J., Kontinen, K., Rikala, R. & Smolander, H. 2001. Ennakkotuloksia kuusen paakkutaimien kesäistutuksesta. Teoksessa: Poteri, M. (toim.) 2001. *Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 2001*. *Metsäntutkimusl. tied.* 813. 24-31.
- Mattsson, S. 1997. EcoPlanter, planteringsmaskin med fräs. Summary: The Eco Planter: a moulder-equipped planting machine. *Skogforsk Resultat* 4. 4 s.
- Mäkinen, P. 1999. Puunkorjuu- ja kuljetusyritykset. Teoksessa: Kanninen, K. (toim.) *Metsäteknologia muuttuvassa metsätaloudessa*. *Metsäntutkimusl. tied.* 720. 158-167.
- Mälkönen, E., Kukkola, M. & Finér, L. 2001. Energiapuun korjuu ja metsämaan ravinnetase. Julkaisussa: Nurmi, J. & Kokko, A. (toim.). *Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä*. *Metsäntutkimusl. tied.* 816: 31-52.
- Nyström, C. 1998. Maskinell plantering. *Plantaktuellt*. Nr 3 1998.
- Nyström, C. 2000. Maskinell plantering ger bra biologiskt resultat. *Plantaktuellt*. Nr 4 2000.
- Pressrelease 2001. Internetsivulla: [http://www.robormaskin.se/pressrelease\\_sv.html](http://www.robormaskin.se/pressrelease_sv.html) kesäkuussa 2001.
- Riikilä, M. 1999. Istutuskone kestää laatu- ja hintavertailussa. *Metsälehti* 20. s. 3.
- Rummukainen, A. 1993. Ilves-metsänistutuslaite maataloustraktorissa. Summary: Loader-mounted Ilves planting device. *Työteho-seuran metsätiedote* 7 (515). 4 s.
- Saksa, T., Nerg, J. & Tuovinen, J. 1990. Havupuutaimikoiden tila 3–8 vuoden kuluttua istutuksesta tuoreilla kankailla Pohjois-Savossa. Summary: State of 3-8 years old Scots pine and Norway spruce plantations. *Folia For.* 753. 30 s.
- , Tervo, L. & Kautto, K. 2001. Hakkuutähteen korjuun vaikutukset metsän uudistamiseen – PUUT10. Abstract: Effects of slash removal on forest regeneration. Teoksessa: Alakangas, E. (toim.). *Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2001*. *VTT Symposium* 216: 359-377.
- Sirén, G. 1968. Synpunkter på skogsodlingens mekanisering. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift*. 6: 271-289.
- Strandström, M. 1999. Metsänhoitotöiden suoritteet ja kustannukset vuonna 1998 – Yhtiöt ja Metsähallitus. Summary: Output and costs of silvicultural work in 1998 – The Finnish forest industries and the Finnish Forest and Park Service. *Metsäteho tilastoliite Metsäteho 1/99:ssä*. 4 s.
- Stöd, R. 2000. Ensiharvennuskusikoiden ja männiköiden ulkoinen laatu ja pyöreän rakennuspuun kertymä. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, Pro gradu -työ. 67 s.



- Tapion vuosikirja 1997, 1998. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Helsinki. 55 s.
- Tervo, L. 1999. Technical Development in Seedling Production in Finland. *Baltic Forestry* (5) 2: 60-65.
- & Kautto, K. 1999. Ennakkotuloksia kuusen 1- ja 2-vuotisten paakkutaimien istutuskokeista ja ahavavioitusten merkityksestä 1-vuotiailla kuusen paakkutaimilla. Teoksessa: Poteri, M. (toim.) 1999. *Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 1999. Metsäntutkimusl. tied.* 755. 15-20.
- Thorner, M. 2000. Håll i er! Det här är udda! *Svensk Skogsteknik* 3. 8-9.
- Valkonen, S. 1992. Metsien uudistaminen korkeilla alueilla Pohjois-Suomessa. Summary: Forest Regeneration at high altitudes in Northern Finland. *Folia For.* 791. 84 s.
- Viitala, E.-J. 1991. Metsä-Serlan männyn viljelytaimikoiden tila Keski-Suomessa. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen pro gradu työ MMK:n tutkintoa varten. 104 s.
- Örlander, G., Gemmel, P. & Wilhelmsson, C. 1991. Markberedningsmetodens, planteringsdjupets och planteringspunktens betydelse för plantors etablering i ett område med låg humiditet i södra Sverige. Effects of scarification, planting depth and planting spot on seedling establishment in a low humidity area in southern Sweden. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogsskötsel, Umeå. *Rapporter* 33. 91 s.
- & Nordlander, G. 1998. Skärmar, markberedning och andra skogsskötselåtgärder – kan de minska snytbaggeskadorna?. *Kungl. Skogs- och Lantbr. akad. tidskr.* 137(15). 59-69.
- Åhlund, J. 1995. Mekaniserad plantering med ECO-Planter 2000 – en prestationstudie samt systemjämförelse med Silva Nova och manuell plantering. Summary: Mechanised forest planting – a study of ECO-Planter 2000 planting machine and a comparison with Silva Nova planting machine and manual planting system. Sveriges Lantbruksuniversitet, Studentuppsatser nr 29: 1-71.

# Liite I. Konekustannuslaskelma: Maataloustraktori-Ilves-istutuslaite-yhdistelmälle. Litteen kustannukset ovat markkoja. Muuntokerroin on 1€ = 5,94573 mk.

## AJANMENEKKIEN MÄÄRITYS METSÄNVILJELYN KONEKUSTANNUKSILLE

(Maataloustraktori + Ilves istutuskone)

Työmaan koko	Työmäärät/työmaa
2 Hehtaaria	
2000 Kpl/ha	4000 Kpl
0 m/ha	0 m

Työvaihekohtaiset ajat									
Työvaiheet	Keskimääräiset ajat			Työvaikeuskerroin			Aika tällä työmaalla		
	cmin/kpl	cmin/m	cmin/ha	cmin/kpl	cmin/m	cmin/ha	cmin/kpl	cmin/m	cmin/ha
Istutus+kuorm siirto	14						14	0	0
Työpistesiiro	4,6						4,6	0	0
							0	0	0
koneen siirto	0						0	0	0
taimiasettelu	4,5						4,5	0	0
							0	0	0
							0	0	0
							0	0	0
							0	0	0
Työvaiheet yhteensä, cmin		0	0	0	0	0	23,1	0	0
Työvaihekohtaiset ajat yhteensä, h			15,40	h/työmaa					

Työmaakohtaiset ajat (tehdään kerran/työmaa)	
Työvaiheet	cmin/työmaa
Tarvikekuorma- ja purku	0
Valmistelevat työt/työmaa	500
Huollot ja korjaus/työmaa	
Taimien välivarastointi	
Muu työmaakohtainen aika	
Työväiheid ajat yhteensä, cmin	500
Työmaakohtaiset ajat yhteensä, h	0,08 h/työmaa

Alle 15 min keskeytykset			
Osuudet	cmin/kpl	cmin/m	cmin/ha
Työvaiheittainen osuus	1,848	0	0
Osuus käyttäjasta		%	
Alle 15 min keskeytykset työmaalla		1,23	h/työmaa
Käyttöaika yhteensä työmaalla		16,72	h/työmaa

Siirrot			
Siirtomatka	30	km	
Valmistelu-aika	0,2	h/siirto	
Siirtonopeus	25	km/h	
Siirtoaika	0,04	h/km	
Muu vakioaika		h/siirto	
Siirtoajat			
	1,40	h/siirto	150,00 mk/siirto
	0,05	h/km	5,00 mk/km
	0,70	h/ha	75,00 mk/ha
	0,0004	h/kpl	0,0375 mk/kpl
		h/m	mk/m
Siirtojen yksikköhinnat			
Siirron peruskorvaus	0,00	mk/kerta	107 mk/h
Siirron kilometrikorvaus	5,00	mk/km	
Muu korvaus	0,00	mk/kerta	

Keskeytykset			
Huolto- ja korjausajat	cmin/kpl	cmin/m	cmin/ha
Työvaiheittainen osuus			
Huoltoaikavakio	0	h/työmaa	
Korjaus aikavakio	0	h/työmaa	
Osuus työmaa-ajasta	2	%	
Muut keskeytykset		h/työmaa	
Huolto-, korjaus- ja muut keskeytykset yhteensä			0,37 h/työmaa

Työmaa-aika (työaika)							
Käyttöaika		h/työmaa	h/ha	h/kpl	h/m	% työajasta	% käyttöajasta
		16,72	8,358	0,004		90,43	100,00
	Työvaihekohtaiset ajat	15,40	7,700	0,004			92,13
	Työmaan vakioajat	0,08	0,042	0,000			0,50
	Alle 15 min keskeytykset	1,23	0,616	0,000			7,37
Siirtoaika		1,40	0,700	0,000		7,57	
Huolto-, korjaus- ja muut keskeytykset		0,37	0,185	0,000		2,00	
Työmaa-aika yhteensä		18,49	9,243	0,0046		100,00	

## METSÄNVILJELYN KONEKUSTANNUSLASKENTA

Peruskone	
Koneen merkki ja malli	Valmet 705+kuormain+aput
Lisälaitte 1	
Laitteen merkki ja malli	Ilves Istutuskone
Lisälaitte 2	
Laitteen merkki ja malli	

Tunnistustiedot	
Urakoitsija	
Laskija	KTk
Laskentapäivä	02.10.2002

Peruskoneen hankinta- ja poistohinnat sekä -ajat					
Peruskone	65 000,00	mk	Käyttöikä	5 000	tuntia
Peruskoneen varusteet	50 000,00	mk	Laskennallinen pitoaika	2,70	vuotta
Koneen hinta	115 000,00	mk	Lainanmaksuaika	3,00	vuotta
Vaihtoarvon aleneminen	20,00	%/vuosi			
Vaihtoarvo (jäännösarvo)	58 880,00	mk			

Pääomat ja korot							
Pääomaosuudet, mk			Pääomaosuudet, %		Korkoprosentit		
Vieras pääoma, mk	115 000,00	mk	100,00	%	Vieraan pääoman korko	4,5	%
Oma pääoma, mk		mk	0,00	%	Oman pääoman korko		%
Yhteensä	115 000,00	mk	100,00	%			

Vieraan ja oman pääoman kustannukset			
Pääomalaji		Koko kauden kustannus, mk	Vuosikustannus, mk
Vieraan pääoman poistot		56 120,00	18 706,67
Vieraan pääoman korot	4,50 %	12 627,00	4 209,00
Oman pääoman poistot		0,00	0,00
Oman pääoman korot	0,00 %	0,00	0,00
Pääomakustannukset yhteensä		Koko kauden kustannus, mk	Vuosikustannus, mk
Vieraan ja oman pääoman poistot yhteensä		56 120,00	18 706,67
Vieraan ja oman pääoman korot yhteensä		12 627,00	4 209,00

Peruskoneen käyttö viljelykauden ulkopuolella				
Työvuorojen määrä	1 vuoro	1,5 vuoroa	2 vuoroa	Yhteensä, kk/vuosi
Kuukautta/vuosi		6,00	0,00	6,00
h/vuoro, h/työvuoro	9,00	10,00	0,00	
Työmaa-aika	22,00	pv/kk		
Käyttöaika (% työmaa-ajasta)	80	%		1056 h/talvikausi

Peruskoneen kesä- ja talvikäyttö yhteensä, h/vuosi				
Työvuorojen määrä	1 vuoro	1,5 vuoroa	2 vuoroa	Yht, kk/a
Kuukautta vuodessa	0,00	10,00	0,00	10,00
Peruskoneen koko vuoden käyttöaika yhteensä pääomakustannusten laskemiseksi	1852 h/vuosi			
Viljelytöiden osuus peruskoneen vuoden käytöstä	42,97 %			

Peruskoneen käyttö viljelykaudella						
Työvuorojen määrä	1 vuoro	1,5 vuoroa	2 vuoroa	Yht, kk/a	Työpäiviä kpl/vuosi	
Kuukautta/vuosi		4,00	0,00	4,00	Henkilö 1	88
h/vuoro, h/työvuoro		10,00	0,00		Henkilö 2	0
Työmaa-aika (työaika)	22,00	pv/kk	880	h/viljelykausi	Tunteja kpl/vuosi	
Käyttöaika (% työmaa-ajasta)	90,43	%	796	h/viljelykausi	Henkilö 1	880
Huolto- ja korjausaika (% työmaa-ajasta)	2,00	%	18	h/viljelykausi	Henkilö 2	0
Siirtoaika (% työmaa-ajasta)	7,57	%	67	h/viljelykausi		
Alle 15 min. kesk. %-osuus k	7,37	%	59	h/viljelykausi		

Peruskoneen palkka- ja kulukorvaukset viljelykauden aikana							
Palkkakustannukset	Tuntihinta	1. Henkilö h/vuosi		mk/vuosi	2. Henkilö h/vuosi		mk/vuosi
Tuntityö	50,00	mk/h	880	h/a	44 000,00	mk/a	0
Ylityölisä (tunnit vuodessa)	0,00	mk/h	176	h/a	0,00	mk/a	0
Vuorotyölisä	0,00	mk/h	0	h/a	0,00	mk/a	0
Likaisentyölisä	0,00	mk/h	18	h/a	0,00	mk/a	0
Yhteensä					44 000,00	mk/a	0
Väliaikaiset palkkakustannukset	65	%			28 600,00	mk/a	0
Yhteensä					72 600,00	mk/a	0
Palkkakustannukset yhteensä (henkilöt 1 ja 2)					72 600,00	mk/a	

Kulukorvaukset	Määrä	Hinta	Kustannus, mk/a
Matkakustannukset	6 500	km/a	1,86
Majoituskustannukset	0	vrk/a	0
Päivärahat+ylläpito	0	vrk/a	0
Muut kustannukset	0	vrk/a	0
Kulukorvaukset yhteensä (viljelykaudelta)			4 836,00

Peruskoneen poltto- ja voiteluaine- sekä huolto- ja korjauskustannukset					
Aine	Käyttö		Hinta		Kustannus, mk/a
Polttoaineen kulutus	5,00	dm <sup>3</sup> /h	2,00	mk/dm <sup>3</sup>	7 957,51 mk/a
Moottoriöljyn kulutus	0,10	dm <sup>3</sup> /h	7,00	mk/dm <sup>3</sup>	557,03 mk/a
Voiteluaineen kulutus	0,01	kg/h	45,00	mk/kg	179,04 mk/a
Hydrauliöljyn kulutus (Eco-ölj)	0,05	dm <sup>3</sup> /h	21,00	mk/dm <sup>3</sup>	835,54 mk/a
Poltto- ja voiteluainekustannus yhteensä					9 529,12 mk/a
Huolto					Kustannus, mk/a
Huoltovakio	0	% ostohinnasta			0,00 mk/a
Hinta	0,00	mk/h (käyttöajalta)			0,00 mk/a
Arvio (viljelykaudelta)	7 500	mk/a			7 500,00 mk/a
Huoltokustannukset yhteensä (viljelykaudelta)					7 500,00 mk/a
Varaosat	Käyttö		Hinta		Kustannus, mk/a
Osa 1	0,00	kpl/h	0,00	mk/kpl	0,00 mk/a
Osa 2		kpl/h		mk/kpl	0,00 mk/a
Osa 3		kpl/h		mk/kpl	0,00 mk/a
Varaosakustannukset yhteensä (viljelykaudelta)					0,00 mk/a
Korjaukset					Kustannus, mk/a
Korjausvakio	0	% ostohinnasta			0,00 mk/a
Hinta	0,00	mk/h (käyttöaika)			0,00 mk/a
Korjausarvio/viljelykausi	7 500	mk/kausi			7 500,00 mk/a
Korjauskustannukset yhteensä (viljelykaudelta)					7 500,00 mk/a
Huolto-, varaosa-, ja korjauskustannukset yhteensä					15 000,00 mk/a
Vakuutukset ja maksut					Kustannus, mk/a
Palovakuutus		2 000,00	mk/a		2 000,00 mk/a
Liikennevakuutus		1 000,00	mk/a		1 000,00 mk/a
Vastuuvakuutus		1 500,00	mk/a		1 500,00 mk/a
Maksu 1		0,00	mk/a		0,00 mk/a
Maksu 2		0,00	mk/a		0,00 mk/a
Vakuutukset ja maksut yhteensä (viljelykaudelta)					1 500,00 mk/a
Yrittäjän kustannukset					Kustannus, mk/a
Keskim. käyttöpääoma		10 000,00	mk/a		
Käyttöpääoman korko %		5,00	%		
Käyttöpääoman korko (viljelykaudelta)					166,67 mk/a
Oman auton käyttö					Kustannus, mk/a
Työajot vuodessa, km		3 500,00	km/a		
Kilometrikorvaus, mk/km		1,86	mk/km		
Oman auton käyttökustannukset (viljelykaudelta)					2 604,00 mk/a
Hallintokustannukset					Kustannus, mk/a
Kirjanpito		9 000,00	mk/a		9 000,00 mk/a
Toimistokulut		0,00	mk/a		0,00 mk/a
Puhelin		1 200,00	mk/a		1 200,00 mk/a
muut		2 000,00	mk/a		2 000,00 mk/a
Hallintokustannukset yhteensä (viljelykaudelta)					4 066,67 mk/a
Yrittäjän riski		0	%		0,00 mk/a
Koneen siirtokustannukset					Kustannus, mk/a
Siirron peruskorvaus		0,00	mk/kerta		
Muu korvaus		0,00	mk/kerta		
Siirtomatka		30	km		
Siirron kestoaika		1,4	h		
Siirron km-korvaus		5,00	mk/km		
Siirtokorvaus yhteensä mk/km		5,00	mk/km		
Siirtokorvaus yhteensä mk/h		107,14	mk/h		
Koneen siirtokustannukset yhteensä					7 140,91 mk/a
Muut kulut (esim. voittotavoite)					0,00 mk/a
Koneyhdistelmän kaikki kustannukset yhteensä					143 330,41 mk/a
Arvonlisävero		22	%		15 230,69 mk/a
Arvonlisäverolliset kustannukset yhteensä					158 561,10 mk/a

KONEYHDISTELMÄN KUSTANNUSTEN KOOSTETAULUKKO							
Valmet 705+kuormain+aputeli Ilves Istutuskone	Laskentapäivämäärä		02.10.2002				
	Laskija		KTK				
	0 Peruskoneen koko vuotuinen käyttöaika, h		1852		h/vuosi		
	Viiljelyiden osuus peruskoneen käyttäjästä, %		42,97		%		
		Peruskoneen vuotuinen muu käyttö, h		1056		h/vuosi	
Yhdistelmän käyttöaika vuodessa	796 h/a						
Työn tuotokset vuodessa	95 ha/a		190 424 kpl/a		m/a		
<b>Yksikkökustannukset</b>							
<b>KONEYHDISTELMÄN PALKKAKUSTANNUKSET</b>	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%	
Tuntipalkat	44 000,00	55,29	462,13	0,23		30,70	
Yli työ- ja vuorolisät	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
Likaisentyönlisiä	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
Väilliset palkkakustannukset	28 600,00	35,94	300,38	0,15		19,95	
Matkakustannukset	12 090,00	15,19	126,98	0,06		8,44	
Majoituskustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
Ylläpitokorvaukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
<b>PALKKAKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>84 690,00</b>	<b>106,43</b>	<b>889,49</b>	<b>0,44</b>		<b>59,09</b>	
<b>KONEYHDISTELMÄN PÄÄOMAKUSTANNUKSET</b>	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%	
Peruskone							
Poistokustannukset	8 038,80	10,10	84,43	0,04		5,61	
Korkokustannukset	1 808,73	2,27	19,00	0,01		1,26	
Peruskoneen pääomakustannukset yhteensä	9 847,53	12,38	103,43	0,05		6,87	
Lisälaite 1							
Poistokustannukset	6 763,68	8,50	71,04	0,04		4,72	
Korkokustannukset	1 521,83	1,91	15,98	0,01		1,06	
Lisälaite 1:n pääomakustannukset yhteensä	8 285,51	10,41	87,02	0,04		5,78	
Lisälaite 2							
Poistokustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
Korkokustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
Lisälaite 2:n pääomakustannukset yhteensä	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
<b>PÄÄOMAKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>18 133,04</b>	<b>22,79</b>	<b>190,45</b>	<b>0,10</b>		<b>12,65</b>	
<b>KONEYHDISTELMÄN KÄYTTÖKUSTANNUKSET</b>	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%	
Peruskone							
Poltto- ja voiteluainekustannukset	9 529,12	11,98	100,08	0,05		6,65	
Korjaus-, huolto- ja varaosakustannukset	15 000,00	18,85	157,54	0,08		10,47	
Peruskoneen käyttökustannukset yhteensä	24 529,12	30,83	257,63	0,13		17,11	
Lisälaite 1							
Poltto- ja voiteluainekustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
Korjaus-, huolto- ja varaosakustannukset	500,00	0,63	5,25	0,00		0,35	
Lisälaite 1:n käyttökustannukset yhteensä	500,00	0,63	5,25	0,00		0,35	
Lisälaite 2							
Poltto- ja voiteluainekustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
Korjaus-, huolto- ja varaosakustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
Lisälaite 2:n käyttökustannukset yhteensä	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
<b>KÄYTTÖKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>25 029,12</b>	<b>31,45</b>	<b>262,88</b>	<b>0,13</b>		<b>17,46</b>	
<b>KONEYHDISTELMÄN YLEISKUSTANNUKSET</b>	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%	
Vakuutukset ja maksut	1 500,00	1,89	15,75	0,01		1,05	
Hallintokustannukset	4 066,67	5,11	42,71	0,02		2,84	
Oman auton käyttö	2 604,00	3,27	27,35	0,01		1,82	
Käyttöpääoman kustannukset	166,67	0,21	1,75	0,00		0,12	
Koneen siirtokustannukset	7 140,91	8,97	75,00	0,04		4,98	
Yrittäjän riski	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	
<b>YLEISKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>15 478,25</b>	<b>19,45</b>	<b>162,57</b>	<b>0,08</b>		<b>10,80</b>	
<b>Muut kulut</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		<b>0,00</b>	
<b>ISTUTUSKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%	
	143 330,41	180,12	1 505,38	0,75		100,00	
Uudistamisen lisätyöt (raivaus, muokaus yms.)	86 976,31	109,30	913,50	0,46		100,00	
<b>UUDISTAMISKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>230 306,71</b>	<b>289,42</b>	<b>2 418,88</b>	<b>1,21</b>		<b>100,00</b>	
Arvonlisävero	22 %						
Arvonlisäverolliset kustannukset yhteensä	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%	
	280 974,19	353,09	2 951,03	1,48		122,00	

TYÖNJOHTO- JA UUDISTAMISKUSTANNUKSET (Käsinistutus)				Laskelmissa ALV ei mukana	
Työmaan koko		Työmäärät/työmaa		Km-korvaukset	
2,00	Hehtaaria			ens. 5000 km tai $\frac{1}{2}$	2,11 mk/km
2 000	Kpi/ha	4 000	Kpi	yli 5000 km	1,86 mk/km
0,00	m/ha	0,00	m	lisähenkilö +	0,06 mk/km
				Keskinopeus	60,00 km/h
<b>Käsinistutus</b>					
Uudistamisen suunnittelu		Kustannustekijät	Yksikköhinnat	Kustannukset	
Työmaasuunnittelu, h		0,50	150,00 mk/h	75,00 mk	
Suunnittelukäyntien lkm		0,15			
Suunnitteluajomatka, km/työmaa (yksi suunta)		15,00	1,86 mk/km	27,90 mk/yksi suunta	
Muokkauksen työnjohto, h (näyttö ja tarkastus)		0,20	150,00 mk/h	30,00 mk	
Muokkaussuunnittelu, käyntien lkm		0,15			
Kilometrikorvaus, yhteensä/työmaa				16,74 mk/työmaa	
Ajomatkojen työaika, h (yksi suunta)		0,25	150,00 mk/h	37,50 mk/yksi suunta	
Suunnittelutyö yhteensä, h		0,85	150,00 mk/h	127,50 mk/työmaa	
		<b>Kokopäiväraha</b>	<b>Osapäiväraha</b>	<b>Aterikorvaus, yli 6 h</b>	
Päivärahopäivien lukumäärät, kpl		0,00	1,00	0,00	
Päivärahopäivien pituus, h		0,00	8,50	0,00	
Päivärahat, mk		0,00	71,00	0,00	71,00 mk
Päiväraha korvaus, mk/työmaa					7,10 mk/työmaa
Suunnittelu yhteensä, mk/työmaa					151,34 mk/työmaa
Suunnittelu yhteensä, mk/taimi					0,04 mk/taimi
<b>Taimihuolto</b>					
Taimien lastaus, purku, h		0,30	150,00 mk/h	45,00 mk	
Työn ohjaus, taimien ylläpito (kastelu, valeistutus), h		0,30	150,00 mk/h	45,00 mk	
Taimien hakukäyntien lkm		1,00			
Taimienhuoltoajomatka, km/työmaa, (yksi suunta)		25,00	1,86 mk/km	46,50 mk/yksi suunta	
Kilometrikorvaus, yhteensä/työmaa				46,50 mk/työmaa	
Taimienhuoltoajomatkan työaika, h (yksi suunta)		0,42	150,00 mk/h	62,50 mk/yksi suunta	
Taimien työmaasiirrot, h (taimet koneella palstalle)		0,70	175,00 mk/h	122,50 mk	
Taimihuolto yhteensä, h		2,13	150,00 mk/h	320,25 mk/työmaa	
		<b>Kokopäiväraha</b>	<b>Osapäiväraha</b>	<b>Aterikorvaus, yli 6 h</b>	
Päivärahopäivien lukumäärät, kpl		0,00	2,00	0,00	
Päivärahopäivien pituus, h		0,00	8,50	0,00	
Päivärahat, mk		0,00	142,00	0,00	142,00 mk
Päiväraha korvaus, mk/työmaa					17,82 mk/työmaa
Taimihuolto yhteensä, mk/työmaa					339,32 mk/työmaa
Taimihuolto yhteensä, mk/taimi					0,08 mk/taimi
<b>Istutus-/kylvötyön kustannukset</b>					
Taimien hinta, mk/kpl		Ku paakku 1 v	0,82 mk/kpl	3 280,00 mk/työmaa	
Käsinistutustuottavuus, tainta/h (arvio)		300,00 tainta/h			
Työajanmenekki, h/työmaa		13,33 h/työmaa			
Istutuspäivien pituus, h, ka		6,00			
Istutus, mk/taimi			0,30 mk/taimi	1 200,00 mk	
Istutus+sos. kustannukset			1,60 Kerroin	1 920,00 mk/työmaa	
Istutustyökäyntien lkm		3,00			
Istutustyömatka, km/työmaa (yksi suunta)		20,00	1,86 mk/km	37,20 mk/yksi suunta	
Kilometrikorvaus, yhteensä/työmaa				223,20 mk/työmaa	
Istutustyö yhteensä, mk/työmaa				5 423,20 mk/työmaa	
Istutustyö yhteensä, mk/taimi				1,36 mk/taimi	
<b>Työmaan tarkastus, valvonta</b>					
Työmaan tarkastus, valvonta, laatikoiden palautus, h		0,15	150,00 mk/h	22,50 mk	
Taimikon tarkastus, h		0,10	150,00 mk/h	15,00 mk	
Tarkastuskäyntien lkm		1,00 (max=2)			
Tarkastusmatka, km/työmaa, laatu palautus (yksi suunta)		15,00	1,86 mk/km	27,90 mk/yksi suunta	
Tarkastusmatkat yhteensä, mk/työmaa				55,80 mk/työmaa	
Ajomatkatyöaika, h (yksi suunta)		0,25	150,00 mk/h	37,50 mk/yksi suunta	
Täydennysistutus yms. ylimääräiset kulut			mk	mk	
Tarkastus ja valvonta yhteensä, h		0,75	150,00 mk/h	112,50 mk/työmaa	
Päivärahopäivien lkm		1,00			
Päivärahopäivien pituus, h		8,50			
Päiväraha korvaus, mk/työmaa				71,00 mk	
Tarkastus yhteensä, mk/työmaa				6,26 mk/työmaa	
Tarkastus yhteensä, mk/taimi				174,56 mk/työmaa	
				0,04 mk/taimi	
Taimikustannukset			0,82 mk/taimi	3 280,00 mk/työmaa	
			1 640,00 mk/ha	41,44 %/kok.kust	
Maanmuokkaukuskustannukset ja työaika			0,46 mk/taimi	1 827,00 mk/työmaa	
			913,50 mk/ha	23,08 %/kok.kust	
			3,85 h/ha	7,70 h/työmaa	
				31,10 %/kok.aika	
Istutustyön kustannukset ja työaika			0,54 mk/taimi	2 143,20 mk/työmaa	
			1 071,60 mk/ha	27,08 %/kok.kust	
			6,67 h/ha	13,33 h/työmaa	
				53,83 %/kok.aika	
Työnjohton kustannukset ja työaika			0,17 mk/taimi	665,22 mk/työmaa	
			332,61 mk/ha	8,40 %/kok.kust	
			1,87 h/ha	3,73 h/työmaa	
				15,07 %/kok.aika	
Maanmuokkauksen ja käsinistutuksen kustannukset ja työaika yhteensä			1,98 mk/taimi	7 915,42 mk/työmaa	
			3 957,71 mk/ha	100,00 %/kok.kust	
			12,39 h/ha	24,77 h/työmaa	
				100,00 %/kok.aika	

TYÖNJOHTO- JA UUDISTAMISKUSTANNUKSET (Koneistus)		Laskelmissa ALV ei mukana	
<b>Päivärahat</b>		<b>Työnjohdon tunttyö+soskulut</b>	
Kokopäiväraha, yli 12 h	157,00 mk	150,00 mk/h	
Osapäiväraha, yli 8 h	71,00 mk		
Ateriakorvaus yli 6 h	39,25 mk		
<b>Koneistus</b>	<b>Peruskone</b>	<b>Valmet 705+kuormain+aputeli</b>	<b>Istuskone (lisälaite 1)</b>
	<b>Kustannustekijät</b>	<b>Yksikköhinnat</b>	<b>Ilves Istuskone</b>
<b>Uudistamisen suunnittelu</b>			<b>Kustannukset</b>
Työmaasuunnittelu, h	0,50	150,00 mk/h	75,00 mk
Suunnittelukäyntien lkm	0,15		
Suunnitteluajomatka, km/työmaa(yksi suunta)	15,00	1,86 mk/km	27,90 mk/yksi suunta
Muokkauksen työnjohto,h (näyttö ja tarkastus)	0,20	150,00 mk/h	
Muokkaussuunnittelu, käyntien lkm	0,15		
Ajomatkakustannus, yhteensä/työmaa			16,74 mk/työmaa
Ajomatkan työaika, h (yksi suunta)	0,25	150,00 mk/h	37,50 mk/yksi suunta
Suunnittelu yhteensä, h	0,85	150,00 mk/h	127,50 mk/työmaa
	<b>Kokopäiväraha, yli</b>	<b>Osapäiväraha</b>	<b>Ateriakorvaus yli 6 h</b>
Päivärahapäivien lukumäärät, kpl	0,00	1,00	0,00
Päivärahapäivien pituus, h	0,00	8,50	0,00
	0,00	71,00	0,00
			71,00 mk
Päivärahakorvaus, mk/työmaa			7,10 mk/työmaa
Suunnittelu yhteensä, mk/työmaa			151,34 mk/työmaa
Suunnittelu yhteensä, mk/taimi			0,04 mk/taimi
<b>Taimihuolto</b>			
Taimilastaus, laatikoiden palautus, h	0,50	82,50 mk/h	41,25 mk
Taimien hakukäyntien lkm	1,00		
Taimen haku ja laatikoiden palautus, km (lisämatka tarhe	30,00	2,11 mk/km	63,30 mk/työmaa
Taimien haun ajotyöaika	0,50	82,50 mk/h	41,25 mk/yksi suunta
Taimilastaus ja -haku yhteensä, h	1,00	82,50 mk/h	82,50 mk/työmaa
Taimihuolto yhteensä, mk/työmaa			145,80 mk/työmaa
Taimihuolto yhteensä, mk/taimi			0,04 mk/taimi
<b>Koneistutuksen-/kylvötyön kustannukset</b>			
Taimien hinta, mk/kpl	<b>Ku paakku 1 v</b>	0,82 mk/kpl	3 280,00 mk/työmaa
Istutuskoneen käyttötuntituotos		216,39 tainta/h	
Koneen käyttöaika/työmaa		18,49 h/työmaa	
Istutuspaivien pituus, h	10,00		
Koneistus, mk/taimi		0,75 mk/taimi	3 010,76 mk/työmaa
Koneistus, mk/työmaa			
Istutustyökäyntien lkm	2,00		
Muu kustannusvaikutus, (lyhyt työpäivä)			
Istutuskoneen siirtomatka, km	30,00		
Koneistutustyö yhteensä, mk/työmaa			6 290,76 mk/työmaa
Koneistutustyö yhteensä, mk/taimi			1,57 mk/kpl
<b>Työmaan tarkastus</b>			
Taimikon tarkastus, h	0,25	150,00 mk/h	37,50 mk
Tarkastuskäyntien lkm (otanta)	0,30		
Tarkastusmatka, km/työmaa (yksi suunta)	15,00	1,86 mk/km	27,90 mk/yksi suunta
Tarkastusmatkat yhteensä, mk/työmaa			16,74 mk/työmaa
Ajomatkatyöaika, h (yksi suunta)	0,25	150,00 mk/h	37,50 mk/yksi suunta
Täydennysistutus ym ylimäär. Kulut		mk	mk
Tarkastus ja valvonta yhteensä, h	0,40	150,00 mk/h	60,00 mk/työmaa
Päivärahapäivien lkm	0,30		
Päivärahapäivän pituus, h	8,50		21,30 mk
Päivärahakorvaus, mk/työmaa			3,34 mk/työmaa
Tarkastus yhteensä, mk/työmaa			80,08 mk/työmaa
Tarkastus yhteensä, mk/taimi			0,02 mk/taimi
<b>Taimikustannukset</b>			
		0,82 mk/taimi	3 280,00 mk/työmaa
		1 640,00 mk/ha	37,96 %/kok.kust
<b>Maanmuokauskustannukset ja työaika</b>			
		0,46 mk/taimi	1 827,00 mk/työmaa
		913,50 mk/ha	21,14 %/kok.kust
		3,85 h/ha	7,70 h/työmaa
			27,09 %/kok.aika
<b>Koneistutustyön kustannukset ja työaika</b>			
		0,79 mk/taimi	3 156,56 mk/työmaa
		1 578,28 mk/ha	36,53 %/kok.kust
		9,74 h/ha	19,49 h/työmaa
			68,52 %/kok.aika
<b>Työnjohdon kustannukset ja työaika</b>			
		0,09 mk/taimi	377,22 mk/työmaa
		188,61 mk/ha	4,37 %/kok.kust
		0,63 h/ha	1,25 h/työmaa
			4,40 %/kok.aika
<b>Maanmuokkauksen ja koneistutuksen kustannukset ja työaika yhteensä</b>			
		2,16 mk/taimi	8 640,78 mk/työmaa
		4 320,39 mk/ha	100,00 %/kok.kust
		14,22 h/ha	28,44 h/työmaa
			100,00 %/kok.aika

## Liite 2. Konekustannuslaskelma: Kaivinkone-Bräcke-istutuslaite-yhdistelmälle. Liitteen kustannukset ovat markkoja. Muuntokerroin on 1€ = 5,94573 mk.

## AJANMENEKKIEN MÄÄRITYS METSÄNVILJELYN KONEKUSTANNUKSILLE

Työmaan koko	Työmäärät/työmaa
2 Hehtaaria	
2000 Kpl/ha	4000 Kpl
0 m/ha	0 m

(Kaivinkone + Bräcke-istutuskone)

Työvaiheet	Keskimääräiset ajat			Työvaikeuskerroin			Aika tällä työmaalla		
	cmin/kpl	cmin/m	cmin/ha	cmin/kpl	cmin/m	cmin/ha	cmin/kpl	cmin/m	cmin/ha
Istutus	24,18						0	0	0
Työpistesiirto	4,45						24,18	0	0
Koneen siirto	0						0	0	0
Taimiasettelu	9,79						4,45	0	0
							0	0	0
							9,79	0	0
							0	0	0
							0	0	0
Työvaiheet yhteensä, cmin		0	0	0	0	0	38,42	0	0
Työvaihekohtaiset ajat yhteensä, h			25,61						

Työvaiheet	cmin/työmaa
Tarvikekuormaus- ja purku	0
Valmistelevat työt/työmaa	500
Huollot ja korjaus/työmaa	
Taimien välivarastointi	
Muu työmaakohtainen aika	
Työvaiheiden ajat yhteensä, cmin	500
Työmaakohtaiset ajat yhteensä, h	0,08

Osuudet	cmin/kpl	cmin/m	cmin/ha
Työvaiheittainen osuus	3,0736	0	0
Osuus käyttöajasta		%	
Alle 15 min keskeytykset työmaalla			2,05

Käyttöaika yhteensä työmaalla	27,75
-------------------------------	-------

Siirrot			
Siirtomatka	30	km	
Valmistelu-aika	0,2	h/siirto	
Siirtonopeus	40	km/h	
Siirtoaika	0,025	h/km	
Muu vakioaika		h/siirto	
Siirtojen yksikköhinnat			
Siirron peruskorvaus	0,00	mk/kerta	
Siirron kilometrikorvaus	5,00	mk/km	
Muu korvaus	0,00	mk/kerta	

Siirtoajat	Siirtokustannukset
0,95 h/siirto	150,00 mk/siirto
0,03 h/km	5,00 mk/km
0,48 h/ha	75,00 mk/ha
0,0002 h/kpl	0,0375 mk/kpl
	mk/m
	h/m
	157,89 mk/h

Keskeytykset			
Huolto- ja korjausajat	cmin/kpl	cmin/m	cmin/ha
Työvaiheittainen osuus			
Huoltoaikavakio	0	h/työmaa	
Korjausaikavakio	0	h/työmaa	
Osuus työmaa-ajasta	2	%	
Muut keskeytykset		h/työmaa	
Huolto-, korjaus- ja muut keskeytykset yhteensä			0,59

Työmaa-aika (työaika)						
	h/työmaa	h/ha	h/kpl	h/m	% työajasta	% käyttöajasta
Käyttöaika	27,75	13,873	0,007		94,76	100,00
	25,61	12,807	0,006			92,31
	0,08	0,042	0,000			0,30
	2,05	1,025	0,001			7,39
Siirtoaika	0,95	0,475	0,000		3,24	
Huolto-, korjaus- ja muut keskeytykset	0,59	0,293	0,000		2,00	
Työmaa-aika yhteensä	29,28	14,641	0,0073		100,00	



## METSÄNVILJELYN KONEKUSTANNUSLASKENTA

Peruskone	
Koneen merkki ja malli	Hitachi EX 100 M
Lisälaite 1	
Laitteen merkki ja malli	Bräcke-Planter istutus kone
Lisälaite 2	
Laitteen merkki ja malli	

Tunnistustiedot	
Urakoitsija	KTK
Laskija	
Laskentapäivä	02.10.2002

Peruskoneen hankinta- ja poistohinnat sekä -ajat					
Peruskone	175 000,00	mk	Käyttöikä	5 000	tuntia
Peruskoneen varusteet		mk	Laskennallinen pitoaika	2,65	vuotta
Koneen hinta	175 000,00	mk	Lainanmaksuaika	3,00	vuotta
Vaihtoarvon aleneminen	20,00	%/vuosi			
Vaihtoarvo (jäännösarvo)	89 600,00	mk			

Pääomat ja korot					
Pääomaosuudet, mk			Pääomaosuudet, %		Korkoprosentit
Vieras pääoma, mk	175 000,00	mk	100,00	%	Vieraan pääoman korko
Oma pääoma, mk		mk	0,00	%	Oman pääoman korko
Yhteensä	175 000,00	mk	100,00	%	4,5 %

Vieraan ja oman pääoman kustannukset			
Pääomalaji		Koko kauden kustannus, mk	Vuosikustannus, mk
Vieraan pääoman poistot		85 400,00	mk
Vieraan pääoman korot	4,50 %	19 215,00	mk
Oman pääoman poistot		0,00	mk
Oman pääoman korot	0,00 %	0,00	mk
Pääomakustannukset yhteensä		Koko kauden kustannus, mk	Vuosikustannus, mk
Vieraan ja oman pääoman poistot yhteensä		85 400,00	mk
Vieraan ja oman pääoman korot yhteensä		19 215,00	mk

Peruskoneen käyttö viljelykauden ulkopuolella				
Työvuorojen määrä	1 vuoro	1,5 vuoroa	2 vuoroa	Yhteensä, kk/vuosi
Kuukautta/vuosi		6,00	0,00	6,00
h/vuoro, h/työvuoro	9,00	10,00	0,00	
Työmaa-aika	22,00	pv/kk		
Käyttöaika (% työmaa-ajasta)	80	%		1056 h/talvikausi

Peruskoneen kesä- ja talvikäyttö yhteensä, h/vuosi				
Työvuorojen määrä	1 vuoro	1,5 vuoroa	2 vuoroa	Yht, kk/a
Kuukautta vuodessa	0,00	10,00	0,00	10,00
Peruskoneen koko vuoden käyttöaika yhteensä pääomakustannusten laskemiseksi				1890 h/vuosi
Viljelytöiden osuus peruskoneen vuoden käytöstä				44,12 %

Peruskoneen käyttö viljelykaudella						
Työvuorojen määrä	1 vuoro	1,5 vuoroa	2 vuoroa	Yht, kk/a	Työpäiviä kpl/vuosi	
Kuukautta/vuosi		4,00	0,00	4,00	Henkilö 1	88
h/vuoro, h/työvuoro		10,00	0,00		Henkilö 2	0
Työmaa-aika (työaika)	22,00	pv/kk		880	h/viljelykausi	
Käyttöaika (% työmaa-ajasta)	94,76	%		834	h/viljelykausi	
Huolto- ja korjausaika (% työt)	2,00	%		18	h/viljelykausi	
Siirtoaika (% työmaa-ajasta)	3,24	%		29	Henkilö 1	880
Alle 15 min. kesk. %-osuus k	7,39	%		62	Henkilö 2	0

Peruskoneen palkka- ja kulukorvaukset viljelykauden aikana					
Palkkakustannukset	Tuntihinta	1. Henkilö h/vuosi	mk/vuosi	2. Henkilö h/vuosi	mk/vuosi
Tuntityö	50,00	880	h/a	44 000,00	0 h/a
Ylityölisä (tunnit vuodessa)	0,00	176	h/a	0,00	0 h/a
Vuorotyölisä	0,00	0	h/a	0,00	0 h/a
Likaisentyölisä	0,00	18	h/a	0,00	0 h/a
Yhteensä				44 000,00	0 mk/a
Väliaikaiset palkkakustannukset	65 %			28 600,00	0 mk/a
Yhteensä				72 600,00	0 mk/a
Palkkakustannukset yhteensä (henkilöt 1 ja 2)				72 600,00	0 mk/a

Kulukorvaukset				
	Määrä		Hinta	Kustannus, mk/a
Matkakustannukset	6 500	km/a	1,86	mk/km
Majoituskustannukset	0	vrk/a	0	mk/vrk
Päivärahat+ylläpito	0	vrk/a	0	mk/vrk
Muut kustannukset	0	vrk/a	0	mk/vrk
Kulukorvaukset yhteensä (viljelykaudelta)				4 836,00

Peruskoneen poltto- ja voiteluaine- sekä huolto- ja korjauskustannukset							
Aine	Käyttö		Hinta		Kustannus, mk/a		
Polttoaineen kulutus	10,00	dm <sup>3</sup> /h	2,00	mk/dm <sup>3</sup>	16 676,99 mk/a		
Moottoriöljyn kulutus	0,20	dm <sup>3</sup> /h	7,00	mk/dm <sup>3</sup>	1 167,39 mk/a		
Voiteluaineen kulutus	0,02	kg/h	45,00	mk/kg	750,46 mk/a		
Hydrauliöljyn kulutus (Eco-ölj)	0,10	dm <sup>3</sup> /h	21,00	mk/dm <sup>3</sup>	1 751,08 mk/a		
Poltto- ja voiteluainekustannus yhteensä					20 345,93 mk/a		
<b>Huolto</b>							
Huoltovakio					0,00 mk/a		
0 % ostohinnasta					0,00 mk/a		
Hinta	0,00	mk/h (käyttöajalta)			0,00 mk/a		
Arvio (viljelykaudelta)	10 000	mk/a			10 000,00 mk/a		
Huoltokustannukset yhteensä (viljelykaudelta)					10 000,00 mk/a		
<b>Varaosat</b>							
Varaosat					Käyttö	Hinta	Kustannus, mk/a
Osa 1	0,00	kpl/h	0,00	mk/kpl	0,00 mk/a		
Osa 2		kpl/h		mk/kpl	0,00 mk/a		
Osa 3		kpl/h		mk/kpl	0,00 mk/a		
Varaosakustannukset yhteensä (viljelykaudelta)					0,00 mk/a		
<b>Korjaukset</b>							
Korjaukset					Kustannus, mk/a		
Korjausvakio	0	% ostohinnasta			0,00 mk/a		
Hinta	0,00	mk/h (käyttöaika)			0,00 mk/a		
Korjausarvio/viljelykausi	10 000	mk/kausi			10 000,00 mk/a		
Korjauskustannukset yhteensä (viljelykaudelta)					10 000,00 mk/a		
Huolto-, varaosa-, ja korjauskustannukset yhteensä					20 000,00 mk/a		
<b>Vakuutukset ja maksut</b>							
Vakuutukset ja maksut					Kustannus, mk/a		
Palovakuutus	9 000,00	mk/a			9 000,00 mk/a		
Liikennevakuutus	1 000,00	mk/a			1 000,00 mk/a		
Vastuuvakuutus	1 500,00	mk/a			1 500,00 mk/a		
Maksu 1	0,00	mk/a			0,00 mk/a		
Maksu 2	0,00	mk/a			0,00 mk/a		
Vakuutukset ja maksut yhteensä (viljelykaudelta)					3 833,33 mk/a		
<b>Yrittäjän kustannukset</b>							
Yrittäjän kustannukset					Kustannus, mk/a		
Keskim. käyttöpääoma	10 000,00	mk/a					
Käyttöpääoman korko %	5,00	%					
Käyttöpääoman korko (viljelykaudelta)					166,67 mk/a		
<b>Oman auton käyttö</b>							
Oman auton käyttö					Kustannus, mk/a		
Työajat vuodessa, km	3 500,00	km/a					
Kilometrikorvaus, mk/km	1,86	mk/km					
Oman auton käyttökustannukset (viljelykaudelta)					2 604,00 mk/a		
<b>Hallintokustannukset</b>							
Hallintokustannukset					Kustannus, mk/a		
Kirjanpito	9 000,00	mk/a			9 000,00 mk/a		
Toimistokulut	0,00	mk/a			0,00 mk/a		
Puhelin	2 000,00	mk/a			2 000,00 mk/a		
muut	1 000,00	mk/a			1 000,00 mk/a		
Hallintokustannukset yhteensä (viljelykaudelta)					4 000,00 mk/a		
<b>Yrittäjän riski</b>							
Yrittäjän riski					0,00 mk/a		
0 %							
<b>Koneen siirtokustannukset</b>							
Koneen siirtokustannukset					Kustannus, mk/a		
Siirron peruskorvaus	0,00	mk/kerta					
Muu korvaus	0,00	mk/kerta					
Siirtomatka	30	km					
Siirron kestoaika	0,95	h					
Siirron km-korvaus	5,00	mk/km					
Siirtokorvaus yhteensä mk/km					5,00 mk/km		
Siirtokorvaus yhteensä mk/h					157,89 mk/h		
Koneen siirtokustannukset yhteensä					4 507,99 mk/a		
<b>Muut kulut (esim. voittotavoite)</b>							
Muut kulut (esim. voittotavoite)					0,00 mk/a		
mk/viljelykausi							
Koneyhdistelmän kaikki kustannukset yhteensä					190 922,98 mk/a		
Arvonlisävero	22	%			25 187,72 mk/a		
Arvonlisäverolliset kustannukset yhteensä					216 110,70 mk/a		

KONEYHDISTELMÄN KUSTANNUSTEN KOOSTETAULUKKO		
Hitachi EX 100 M Bräcke-Planter istutuskone	Laskentapäivämäärä Laskija 0	02.10.2002 KTK
	Peruskoneen koko vuotuinen käyttöaika, h Viljelytöiden osuus peruskoneen käyttöajasta, % Peruskoneen vuotuinen muu käyttö, h	1890 h/vuosi 44,12 % 1056 h/vuosi

Yhdistelmän käyttöaika vuodessa	834 h/a			
Työn tuotokset vuodessa	60 ha/a	120 213 kpl/a		m/a

Yksikkökustannukset						
KONEYHDISTELMÄN PALKKAKUSTANNUKSET	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%
Tuntipalkat	44 000,00	52,77	732,03	0,37		23,05
Ylityö- ja vuorolisät	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Likaisentyönistä	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Väilliset palkkakustannukset	28 600,00	34,30	475,82	0,24		14,98
Matkakustannukset	12 090,00	14,50	201,14	0,10		6,33
Majoituskustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Ylläpitokorvaukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
<b>PALKKAKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>84 690,00</b>	<b>101,57</b>	<b>1 409,00</b>	<b>0,70</b>		<b>44,36</b>

KONEYHDISTELMÄN PÄÄOMAKUSTANNUKSET	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%
Peruskone						
Poistokustannukset	12 560,21	15,06	208,97	0,10		6,58
Korkokustannukset	2 826,05	3,39	47,02	0,02		1,48
Peruskoneen pääomakustannukset yhteensä	15 386,26	18,45	255,98	0,13		8,06
Lisälaite 1						
Poistokustannukset	26 439,84	31,71	439,88	0,22		13,85
Korkokustannukset	5 948,96	7,13	98,97	0,05		3,12
Lisälaite 1:n pääomakustannukset yhteensä	32 388,80	38,84	538,86	0,27		16,96
Lisälaite 2						
Poistokustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Korkokustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Lisälaite 2:n pääomakustannukset yhteensä	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
<b>PÄÄOMAKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>47 775,07</b>	<b>57,29</b>	<b>794,84</b>	<b>0,40</b>		<b>25,02</b>

KONEYHDISTELMÄN KÄYTTÖKUSTANNUKSET	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%
Peruskone						
Poltto- ja voiteluainekustannukset	20 345,93	24,40	338,50	0,17		10,66
Korjaus-, huolto- ja varaosakustannukset	20 000,00	23,99	332,74	0,17		10,48
Peruskoneen käyttökustannukset yhteensä	40 345,93	48,39	671,24	0,34		21,13
Lisälaite 1						
Poltto- ja voiteluainekustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Korjaus-, huolto- ja varaosakustannukset	3 000,00	3,60	49,91	0,02		1,57
Lisälaite 1:n käyttökustannukset yhteensä	3 000,00	3,60	49,91	0,02		1,57
Lisälaite 2						
Poltto- ja voiteluainekustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Korjaus-, huolto- ja varaosakustannukset	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Lisälaite 2:n käyttökustannukset yhteensä	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
<b>KÄYTTÖKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>43 345,93</b>	<b>51,98</b>	<b>721,15</b>	<b>0,36</b>		<b>22,70</b>

KONEYHDISTELMÄN YLEISKUSTANNUKSET	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%
Vakuutukset ja maksut	3 833,33	4,60	63,78	0,03		2,01
Hallintokustannukset	4 000,00	4,80	66,55	0,03		2,10
Oman auton käyttö	2 604,00	3,12	43,32	0,02		1,36
Käyttöpääoman kustannukset	166,67	0,20	2,77	0,00		0,09
Koneen siirtokustannukset	4 507,99	5,41	75,00	0,04		2,36
Yrittäjän riski	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
<b>YLEISKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>15 111,99</b>	<b>18,12</b>	<b>251,42</b>	<b>0,13</b>		<b>7,92</b>

Muut kulut	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
------------	------	------	------	------	--	------

ISTUTUSKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%
	190 922,98	228,97	3 176,41	1,59		100,00

Uudistamisen lisätyöt (raivaus, muokkaus yms.)	0,00	0,00	0,00	0,00		#DIV/0!
<b>UUDISTAMISKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>190 922,98</b>	<b>228,97</b>	<b>3 176,41</b>	<b>1,59</b>		<b>100,00</b>

Arvonlisävero	22 %					
Arvonlisäverolliset kustannukset yhteensä	mk/a	mk/h	mk/ha	mk/kpl	mk/m	%
	232 926,03	279,34	3 875,22	1,94		122,00

TYÖNJOHTO- JA UUDISTAMISKUSTANNUKSET (Käsinistutus)				Laskelmissa ALV ei mukana	
Työmaan koko		Työmäärät/työmaa		Km-korvaukset	
2,00	Hehtaaria	4 000	Kpl	ens. 5000 km tai r	2,11 mk/km
2 000	Kpl/ha	0,00	m	yli 5000 km	1,86 mk/km
0,00	m/ha			lisähenkilö +	0,06 mk/km
				Keskinopeus	60,00 km/h
<b>Käsinistutus</b>					
<b>Uudistamisen suunnittelu</b>		Kustannustekijät	Yksikköhinnat	Kustannukset	
Työmaasuunnittelu, h		0,50	150,00 mk/h	75,00 mk	
Suunnittelukäyntien lkm		0,15			
Suunnitteluajomatka, km/työmaa (yksi suunta)		15,00	1,86 mk/km	27,90 mk/yksi suunta	
Muokkauksen työajo, h (näyttö ja tarkastus)		0,20	150,00 mk/h	30,00 mk	
Muokkaussuunnittelu, käyntien lkm		0,15			
Kilometrikorvaus, yhteensä/työmaa				16,74 mk/työmaa	
Ajomatkojen työaika, h (yksi suunta)		0,25	150,00 mk/h	37,50 mk/yksi suunta	
Suunnittelutyö yhteensä, h		0,85	150,00 mk/h	127,50 mk/työmaa	
		<b>Kokopäiväraha</b>	<b>Osapäiväraha</b>	<b>Ateriakorvaus, yli 6 h</b>	
Päivärahopäivien lukumäärät, kpl		0,00	1,00	0,00	
Päivärahopäivien pituus, h		0,00	8,50	0,00	
Päivärahat, mk		0,00	71,00	71,00 mk	
Päiväraha korvaus, mk/työmaa				7,10 mk/työmaa	
Suunnittelu yhteensä, mk/työmaa				151,34 mk/työmaa	
Suunnittelu yhteensä, mk/taimi				0,04 mk/taimi	
<b>Taimihuolto</b>					
Taimien purku, h		0,30	150,00 mk/h	45,00 mk	
Työn ohjaus, taimien ylläpito (kastelu, valeistus), h		0,30	150,00 mk/h	45,00 mk	
Taimien hakukäyntien lkm		1,00			
Taimenhuoltoajomatka, km/työmaa, (yksi suunta)		25,00	1,86 mk/km	46,50 mk/yksi suunta	
Kilometrikorvaus, yhteensä/työmaa				46,50 mk/työmaa	
Taimenhuoltoajomatkan työaika, h (yksi suunta)		0,42	150,00 mk/h	62,50 mk/yksi suunta	
Taimien työmaasiirrot, h (taimet koneella palstalle)		0,70	175,00 mk/h	122,50 mk	
Taimihuolto yhteensä, h		2,13	150,00 mk/h	275,00 mk/työmaa	
		<b>Kokopäiväraha</b>	<b>Osapäiväraha</b>	<b>Ateriakorvaus, yli 6 h</b>	
Päivärahopäivien lukumäärät, kpl		0,00	2,00	0,00	
Päivärahopäivien pituus, h		0,00	8,50	0,00	
Päivärahat, mk		0,00	142,00	142,00 mk	
Päiväraha korvaus, mk/työmaa				17,82 mk/työmaa	
Taimihuolto yhteensä, mk/työmaa				339,32 mk/työmaa	
Taimihuolto yhteensä, mk/taimi				0,08 mk/taimi	
<b>Istutus-/kylvötyön kustannukset</b>					
Taimien hinta, mk/kpl		Ku paakku 1 v	0,82 mk/kpl	3 280,00 mk/työmaa	
Käsinistutus tuottavuus, tainta/h (arvio)		300,00	tainta/h		
Työajamenekki, h/työmaa		13,33	h/työmaa		
Istutuspäivien pituus, h, ka		6,00			
Istutus, mk/taimi			0,30 mk/taimi	1 200,00 mk	
Istutus+sos.kustannukset			1,60 Kerroin	1 920,00 mk/työmaa	
Istutustyökäyntien lkm		3,00			
Istutustyömatka, km/työmaa (yksi suunta)		20,00	1,86 mk/km	37,20 mk/yksi suunta	
Kilometrikorvaus, yhteensä/työmaa				223,20 mk/työmaa	
Istutustyö yhteensä, mk/työmaa				5 423,20 mk/työmaa	
Istutustyö yhteensä, mk/taimi				1,36 mk/taimi	
<b>Työmaan tarkastus, valvonta</b>					
Työmaan tarkastus, valvonta, laatikoiden palautus, h		0,15	150,00 mk/h	22,50 mk	
Taimikon tarkastus, h		0,10	150,00 mk/h	15,00 mk	
Tarkastuskäyntien lkm		1,00	(max=2)		
Tarkastusmatka, km/työmaa, laat. palautus (yksi suunta)		15,00	1,86 mk/km	27,90 mk/yksi suunta	
Tarkastusmatkat yhteensä, mk/työmaa				55,80 mk/työmaa	
Ajomatkatyöaika, h (yksi suunta)		0,25	150,00 mk/h	37,50 mk/yksi suunta	
Täydennysistutus yms. ylimääräiset kulut			mk	mk	
Tarkastus ja valvonta yhteensä, h		0,75	150,00 mk/h	112,50 mk/työmaa	
Päivärahopäivien lkm		1,00			
Päivärahopäivien pituus, h		8,50			
Päiväraha korvaus, mk/työmaa				71,00 mk	
Tarkastus yhteensä, mk/työmaa				6,26 mk/työmaa	
Tarkastus yhteensä, mk/taimi				174,56 mk/työmaa	
				0,04 mk/taimi	
<b>Yhteenveto</b>					
Taimikustannukset			0,82 mk/taimi	3 280,00 mk/työmaa	
			1 640,00 mk/ha	41,44 %/kok.kust	
Maanmuokkaukuskustannukset ja työaika			0,46 mk/taimi	1 827,00 mk/työmaa	
			913,50 mk/ha	23,08 %/kok.kust	
			3,85 h/ha	7,70 h/työmaa	
				31,10 %/kok.aika	
Istutustyön kustannukset ja työaika			0,54 mk/taimi	2 143,20 mk/työmaa	
			1 071,60 mk/ha	27,08 %/kok.kust	
			6,67 h/ha	13,33 h/työmaa	
				53,83 %/kok.aika	
Työnjohdon kustannukset ja työaika			0,17 mk/taimi	665,22 mk/työmaa	
			332,61 mk/ha	8,40 %/kok.kust	
			1,87 h/ha	3,73 h/työmaa	
				15,07 %/kok.aika	
Maanmuokkauksen ja käsinistutuksen kustannukset ja työaika yhteensä			1,98 mk/taimi	7 915,42 mk/työmaa	
			3 957,71 mk/ha	100,00 %/kok.kust	
			12,39 h/ha	24,77 h/työmaa	
				100,00 %/kok.aika	

TYÖNJOHTO- JA UUDISTAMISKUSTANNUKSET (Koneistus)		Laskelmissa ALV ei mukana	
<b>Päivärahat</b>		<b>Työnjohdon tunti-työ+soskulut</b>	
Kokopäiväraha, yli 12 h	157,00 mk	150,00 mk/h	
Osapäiväraha, yli 8 h	71,00 mk		
Ateriakorvaus yli 6 h	39,25 mk		
<b>Koneistus</b>	<b>Peruskone Hitachi EX 100 M</b>	<b>Istuskone (lisälaite 1) Bräcke-Planter istuskone</b>	
<b>Uudistamisen suunnittelu</b>	<b>Kustannustekijät</b>	<b>Yksikköhinnat</b>	<b>Kustannukset</b>
Työmaasuunnittelu, h	0,50	150,00 mk/h	75,00 mk
Suunnittelukäyntien lkm	0,15		
Suunnitteluajomatka, km/työmaa (yksi suunta)	15,00	1,86 mk/km	27,90 mk/yksi suunta
Muokkauksen työnjohto, h (näyttö ja tarkastus)	0,00	150,00 mk/h	
Muokkaussuunnittelu, käyntien lkm	0,00		
Ajomatkakustannus, yhteensä/työmaa			8,37 mk/työmaa
Ajomatkan työaika, h (yksi suunta)	0,25	150,00 mk/h	37,50 mk/yksi suunta
Suunnittelu yhteensä, h	0,58	150,00 mk/h	86,25 mk/työmaa
	<b>Kokopäiväraha, yli</b>	<b>Osapäiväraha</b>	<b>Ateriakorvaus yli 6 h</b>
Päivärahopäivien lukumäärät, kpl	0,00	1,00	0,00
Päivärahopäivien pituus, h	0,00	8,50	0,00
	0,00	71,00	0,00
<b>Päiväraha korvaus, mk/työmaa</b>			71,00 mk
Suunnittelu yhteensä, mk/työmaa			4,80 mk/työmaa
Suunnittelu yhteensä, mk/taimi			99,42 mk/työmaa
			0,02 mk/taimi
<b>Taimihuolto</b>			
Taimilastaus, laatikoiden palautus, h	0,50	82,50 mk/h	41,25 mk
Taimien hakukäyntien lkm	1,00		
Taimien haku ja laatikoiden palautus, km (lisämatka tarhalle, yksi suunta), pakettiauto	30,00	2,11 mk/km	63,30 mk/työmaa
Taimien haun ajotyöaika	0,50	82,50 mk/h	41,25 mk/yksi suunta
Taimilastaus ja -haku yhteensä, h	1,00	82,50 mk/h	82,50 mk/työmaa
Taimihuolto yhteensä, mk/työmaa			145,80 mk/työmaa
Taimihuolto yhteensä, mk/taimi			0,04 mk/taimi
<b>Koneistuksen-/kylvötyön kustannukset</b>			
Taimien hinta, mk/kpl	Ku paakku 1 v	0,82 mk/kpl	3 280,00 mk/työmaa
Istuskoneen käyttötuntituotos		136,61 tainta/h	
Koneen käyttöaika/työmaa		29,28 h/työmaa	
Istutuspäivien pituus, h	10,00		
Koneistus, mk/taimi		1,59 mk/taimi	6 352,82 mk/työmaa
Koneistus, mk/työmaa			
Istutustyökäyntien lkm	3,00		
Muu kustannusvaikutus, (lyhyt työpäivä)			
Istuskoneen siirtomatka, km	30,00		
Koneistustyö yhteensä, mk/työmaa			9 632,82 mk/työmaa
Koneistustyö yhteensä, mk/taimi			2,41 mk/kpl
<b>Työmaan tarkastus</b>			
Taimikon tarkastus, h	0,25	150,00 mk/h	37,50 mk
Tarkastuskäyntien lkm (otanta)	0,30		
Tarkastusmatka, km/työmaa (yksi suunta)	15,00	1,86 mk/km	27,90 mk/yksi suunta
Tarkastusmatkat yhteensä, mk/työmaa			16,74 mk/työmaa
Ajomatkatyöaika, h (yksi suunta)	0,25	150,00 mk/h	37,50 mk/yksi suunta
Täydennysistutus ym ylimäär. Kulut		mk	mk
Tarkastus ja valvonta yhteensä, h	0,40	150,00 mk/h	60,00 mk/työmaa
Päivärahopäivien lkm	0,30		
Päivärahopäivän pituus, h	8,50		21,30 mk
Päiväraha korvaus, mk/työmaa			3,34 mk/työmaa
Tarkastus yhteensä, mk/työmaa			80,08 mk/työmaa
Tarkastus yhteensä, mk/taimi			0,02 mk/taimi
<b>Yhteenveto</b>			
Taimikustannukset		0,82 mk/taimi	3 280,00 mk/työmaa
		1 640,00 mk/ha	32,46 %/kok.kust
Maanmuokkaukustannukset ja työaika		0,00 mk/taimi	0,00 mk/työmaa
		0,00 mk/ha	0,00 %/kok.kust
		0,00 h/ha	0,00 h/työmaa
			0,00 %/kok.aika
Koneistustyön kustannukset ja työaika		1,62 mk/taimi	6 498,82 mk/työmaa
		3 249,31 mk/ha	64,32 %/kok.kust
		15,14 h/ha	30,28 h/työmaa
			96,88 %/kok.aika
Työnjohdon kustannukset ja työaika		0,08 mk/taimi	325,30 mk/työmaa
		162,65 mk/ha	3,22 %/kok.kust
		0,49 h/ha	0,98 h/työmaa
			3,12 %/kok.aika
Maanmuokkauksen ja koneistuksen kustannukset ja työaika yhteensä		2,53 mk/taimi	10 103,93 mk/työmaa
		5 051,96 mk/ha	100,00 %/kok.kust
		15,63 h/ha	31,26 h/työmaa
			100,00 %/kok.aika



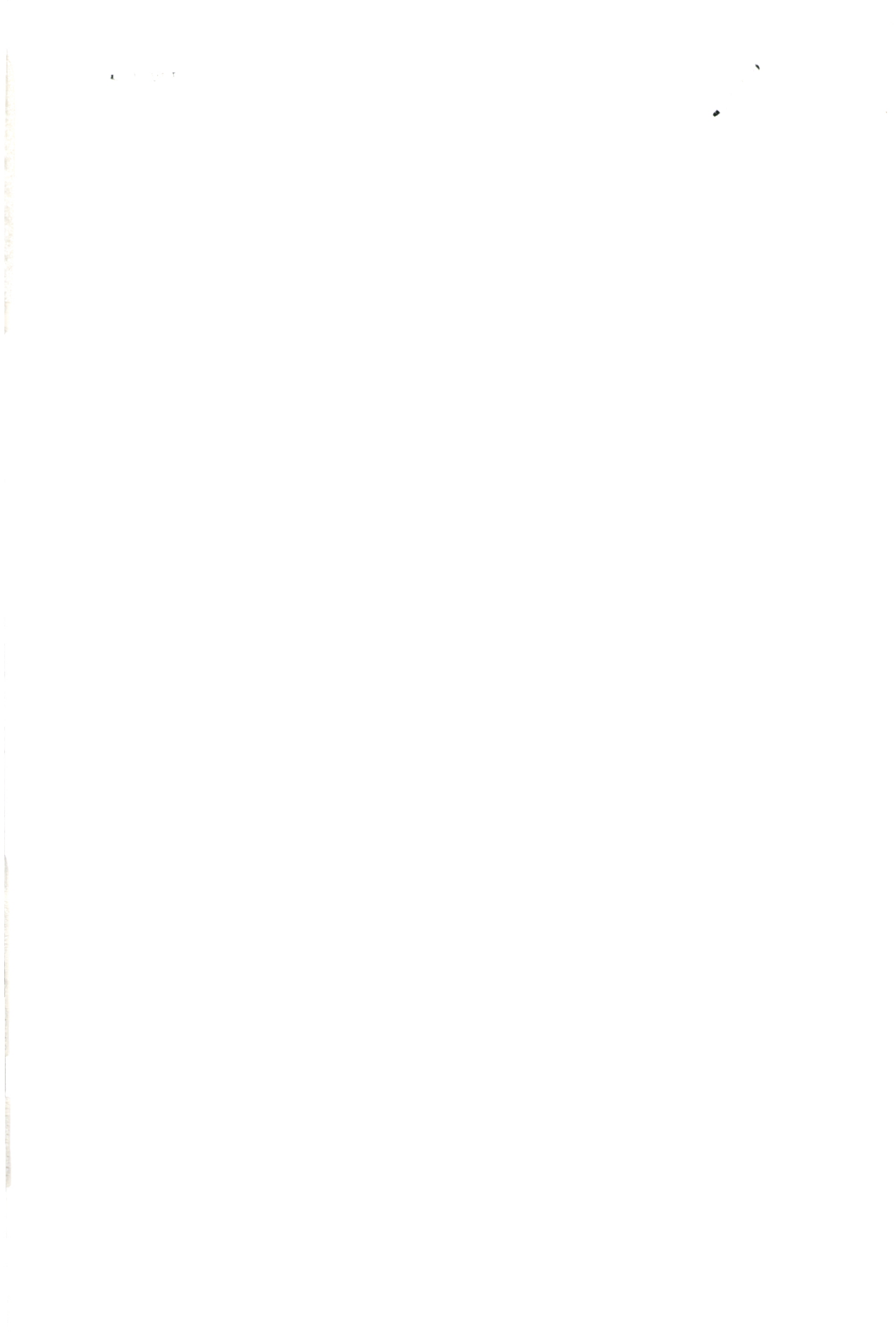












ISBN 951-40-1837-0  
ISSN 0358-4283