

# **Raivaussahatyön tuottavuus ja palkanmääritys**

**Simo Kaila  
Asko Poikela  
Markus Strandström**

**Metsätehon raportti 78  
22.9.1999**

# **Raivaussahatyön tuottavuus ja palkanmääritys**

**Simo Kaila**  
**Asko Poikela**  
**Markus Strandström**

Metsätehon raportti 78  
22.9.1999

Ryhmähanke: Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta, Metsäteollisuus ry, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Yksityismetsätalouden Työnantajat r.y.

Asiasanat: taimikon perkaus, taimikon harvennus, tuottavuus, työmittaust, palkanmääritys

© Metsäteho Oy

Helsinki 1999

## SISÄLLYS

<b>TIIVISTELMÄ</b> .....	4
<b>1 JOHDANTO</b> .....	5
1.1 Tausta.....	5
1.2 Tavoite .....	5
<b>2 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS</b> .....	6
2.1 Tutkimusjärjestelyt.....	6
2.2 Aineisto .....	6
2.3 Tulosten laskenta .....	10
<b>3 TULOKSET</b> .....	10
3.1 Metsurin kirjaama ajanmenekki.....	10
3.2 Toteutunut taksa.....	13
3.2.1 Suhde normiin .....	13
3.2.2 Taksapoikkeaman rakenne .....	16
3.3 Ilmoitetun ajanmenekin ja toteutuneen taksan suhde.....	22
<b>4 KEHITTÄMISNÄKÖKOHDAT</b> .....	25
4.1 Ajankäyttö Työmittauksessa .....	25
4.1.1 Tutkitut menetelmät .....	25
4.1.2 Aineisto ja mittaaminen .....	25
4.1.3 Tulokset.....	26
4.2 Raivaussahatyön ajanmenekin ja taksan funktiointi .....	30
4.2.1 Funktio .....	30
4.2.2 Testaus.....	31
4.2.3 Soveltaminen.....	32
4.3 Keskitunnusten kontrollointi.....	33
4.4 Pistokokein kontrolloitu aikapalkka ja tuottavuuden ja työn laadun seuranta.....	34
4.4.1 Perusteet .....	34
4.4.2 Mittausmenetelmä ja ajankäyttö.....	35
4.4.3 Ajankäytön seurannan tarkkuus näytetyömailla .....	36

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin raivaussahatyön työmittauksen tarkkuutta ja tarkasteltiin toimintamalleja, jotka soveltuisivat työn tuottavuuden ja laadun seurantaan.

Tutkimusaineisto koottiin kesäkauden 1997 työmaista. Sekä toteutuneen taksan perusteet että tutkimustarkoituksessa toteutetun systemaattisen koealamittauksen tiedot kerättiin. Osassa aineistoa metsurit kirjasivat myös toteutuneen ajanmenekin.

Metsurin kirjaama ajanmenekki oli keskimäärin lähes puolitoistakertainen verrattuna koealamittausten ja metsäalan työehtosopijapuolien toimittaman metsäalan palkkauksen koulutusaineiston mukaiseen raivaussahatyön ajanmenekkiin. Palkkaustavalla ja työmittausmenetelmällä ei ollut selvää yhteyttä ajanmenekkipoikkeamaan.

Toteutuneen taksatason ja tutkimuksessa määritetyn taksan keskimääräinen ero oli 50 - 95 % riippuen siitä, otettiin huomioon käytännön taksanmäärittämisessä usein esiintynyt pinta-alan yliarvio. Ajanmenekki- ja taksapoikkeamat johtivat yhdessä siihen, että koulutusaineiston mukainen päiväänsiotos oli lähes poikkeuksetta saavutettu tai ylitetty.

Taksapoikkeamien *välittömät* syyt ovat työmittauksessa ja sen toteutuksessa. Keskeisten työn määrää kuvaavien tekijöiden, keskiläpimitan ja tiheyden, määrittämisessä oli yleisesti ylitystä oletettavasti koealojen paikan valinnan ja osittain mittaamisvirheiden seurauksena. Liukuma suureni edelleen, kun myös työmaan pinta-ala oli määritetty usein liian suureksi. Pinta-alan merkitystä virhelähteenä on tosin vaikea täsmällisesti määrittää, koska metsurin läpikäymän alueen rajaus on jälkikäteen melko vaikea todeta.

Liukuman *välillinen* syy voi osin olla myös raivaussahatyön sisällön muuttuminen aivan viime vuosina. Rajaukseltaan epämääräiset työmaat ovat yleistyneet, ja työntekijältä edellytetään omatoimisuutta suunnittelussa sekä ympäristökysymysten huomioonottamisessa. Tämänsuuntaisia viitteitä näyttäisi antavan tutkimuksen matalahko tuottavuustaso koulutusaineiston mukaiseen tasoon nähden. Työntekijöiden väliset erot olivat kuitenkin suuria. Kolme metsuria kuudestatoista suoriutui työstä koulutusaineiston ajanmenekkitasoa nopeammin, kun taas kahdella ajanmenekki oli siihen verrattuna yli kaksinkertainen.

Urakkatyön ja työmittauksen vaihtoehtona voisi olla työntekijäkohtaiseen tuottavuustavoitteeseen perustuva palkka, jonka tasosta ja ehtona olevasta tuottavuustavoitteesta olisi sovittu työntekijäkohtaisesti. Tuottavuustavoite on haluttaessa määritettävissä myös osaurakkaperiaatteen tyyppisesti, ja mukaan on liitettävissä myös työn laatua koskevia tavoitteita.

Tavoitteiden toteutumista voidaan seurata pistokokein, so. mitataan koealoilta poistuma ja verrataan koulutusaineiston mukaista ajanmenekkiä ajankäyttöön. Samalla voidaan inventoida työn laatua. Koealamäärä on tarpeen mitoittaa sellaiseksi, että haluttu tarkkuus kyseisillä työmailla saavutetaan. Esimerkiksi viidentoista 20 m<sup>2</sup>:n koealan näyte antaa kahden kolmasosan luotettavuudella yleensä 15 - 25 %:n tarkkuustasoja. Otannan hajauttaminen 2 - 3 työmaalle pienentää riskiä tarkkuustason jäämisestä epätyytyttäväksi työmaaketjuissa, joissa jokin työmaa on poikkeuksellisen vaihteleva.

Tutkimuksen yhteydessä laadittiin koulutusaineiston taulukoihin nähden yhdenmukaiset raivaussahatyön ajanmenekki- ja taksafunktiot.

## **1 JOHDANTO**

### **1.1 Tausta**

Vuonna 1996 tutkittiin Metsätehon osakkaiden yhteishankkeena taimikon perkaus-harvennuksen urakkapalkan määrittämisen oikeellisuutta ja aikapalkkaisen työn tuottavuutta. Työmittauksen systemaattisten virheiden ja aikapalkkaisen työn alhaisen tuottavuuden aiheuttamat kustannusliukumat osoittautuivat käytännössä suuriksi. (Metsätehon raportti 18, 14.4.1997).

Urakkatyössä mikään käytössä ollut työmittausmenetelmä ei ollut toiminut kaikissa aineiston keruussa mukana olleissa organisaatioyksiköissä. Yleensä urakkatyön työmittaus näytti olevan vaikeaa hallita etenkin, jos työnjohton mahdollisuudet ohjaukseen ja valvontaan olivat niukat. Lisäksi työmittauksen oikeellisuuden kontrollointi yksinkertaisin tarkastusmittauksin todettiin mahdottomaksi etenkin, jos koealoja mitataan työkohteella vain muutama tai käytössä ovat subjektiiviset koealaotannat. Sovittu koealanäyte tai sovittu taksa saattoivat myös johtaa suuriinkin liukumiin. Aikapalkkatyössä suurimpiin liukumiin olivat johtaneet edellisen vuoden ansion tai moottorisahatyön keskiansion käyttö palkkaperusteina.

### **1.2 Tavoite**

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää toimintamalleja, jotka soveltuvat raivaussahatyön työmittauksen seurantaan ja aikapalkkatyön työntekijäkohtaisen tuottavuuden ja laatutekijöiden määrittämiseen ja seurantaan.

Lisäksi koottiin tietoa raivaussahatyön tuottavuudesta ja työmittauksen tarkkuudesta tutkimuksessa mukana olleiden osakkaiden haluamassa laajuudessa.

## 2 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

### 2.1 Tutkimusjärjestelyt

Tutkimuksen käytännön järjestelyistä vastasi Metsäteho Oy. Jämsänkosken metsäoppilaitoksessa järjestettiin syyskuun alussa 1997 koulutustilaisuus, jossa yritysten palkkaamat 16 mittaajaa perehdytettiin maastoaineistoon keruuseen. Mittaajille jaettiin maastomittausohje ja -lomakkeet tarkastusmittauksia ja toteutuneen taksoituksen tietojen kirjaamista varten.

Tutkimusta varten hankittiin kaksi erillistä aineistoa kesän 1997 työmaista.

*Metsurikohtainen aineisto:*

- yritysten osoittamat kokeneet metsurit
- vähintään 3 työmaata/metsuri
- edellytettiin metsurin kirjaamaa ajanmenekkiä
- kaikki tutkimukseen osallistuneet organisaatiot

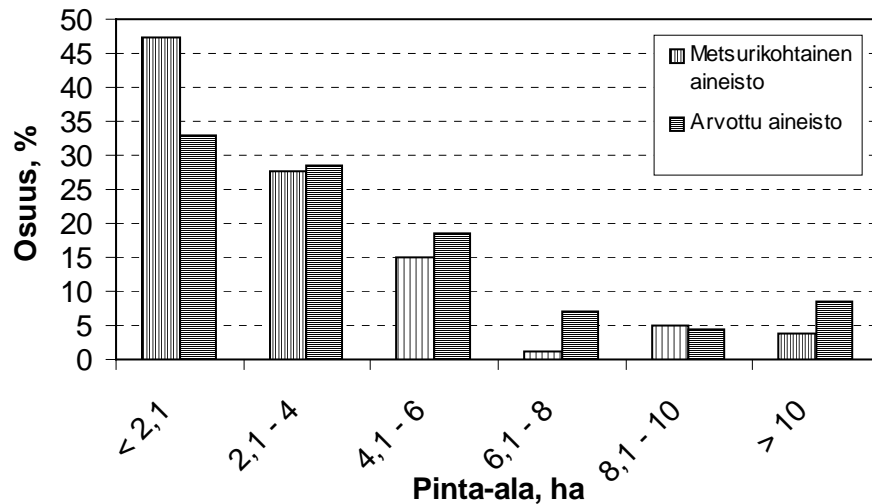
*Arvottu aineisto:*

- yritysten objektiivisesti valitsemat kohteet
- Enso Oyj, Metsämannut Oy, UPM-Kymmene Metsä

Tutkimuksessa tehtiin kullakin työmaalla linjoittaiseen koealamittaukseen perustuva työmittaus, jossa tavoitteena oli 20 koealaa/kohde. Maastotöiden jälkeen mittaajat kokosivat työnjohdon kanssa toteutuneen taksan määräytymisperusteet ja metsurien kirjaamat ajanmenekit tarkastetuilta työmailta. Toteutunut taksa pyydettiin kirjaamaan kaikista sivukustannuksista ja lisistä puhdistettuna. Mahdollinen ansiontasaus tuli myös merkitä lomakkeelle. Tiedot toimitettiin Metsätehoon pääosin valmiiksi tallennetussa muodossa.

### 2.2 Aineisto

*Metsurikohtainen aineisto* käsitti yhteensä 10 metsurin ja 6 työparin työmaat. Työmaita oli yleensä 3 - 5 kpl metsuria tai työparia kohden mutta suurimmillaan jopa 12 kpl (yhteensä 80 kpl). *Arvottuun aineistoon* sattui 58 metsurin ja 19 työparin 1 - 2 työmaata (yhteensä 140 kpl). Aineistoa kertyi yhteensä 801 hehtaaria, josta metsurikohtaista oli kolmannes (235 ha). Yli kolmannes työmaista oli pinta-alaltaan alle 2 hehtaaria, mutta joukossa oli myös yli 15 ha:n työmaita. Metsurikohtaisen aineiston työmaiden keskipinta-ala oli 2,9 ha ja arvotun aineiston 4,0 ha.



**Kuva 1.** Tutkimustyömaiden pinta-alajakaumat

Otanta ei ositettu palkkaustavan tai työmittaamenetelmän mukaan. Niinpä aineisto jakautui varsin epätasaisesti eri ositteisiin ja tietyt ositteet jäivät kokonaan aineiston ulkopuolelle. Toisaalta aineiston rakenne vastasi näin menetellen melko hyvin käytäntöä. Työmaat jakautuivat palkkaustavoittain ja työmittaamenetelmittain taulukon 1 osoittamalla tavalla.

**TAULUKKO 1.** Työmaiden lukumäärät palkkaustavoittain ja työmittaamenetelmittain.

Palkkaus-tapa	Urakkatyö, työmittaamenetelmä						Aika-palkka
	Linjoit-tainen otanta <sup>1</sup>	Jatkuva mittaus <sup>2</sup>	Sovittu näyte <sup>2</sup>	Sovittu taksa <sup>3</sup>	Muu mene-telmä <sup>4</sup>	Yhteensä	
<b>Metsurikohtainen aineisto</b>							
Suora urakka	-	-	24	13	-	37	21
Osaurakka	4	-	-	-	-	4	
<b>Arvottu aineisto</b>							
Suora urakka	60	14	24	9	8	115	17
Osaurakka	4	-	1	-	-	5	
Ei tietoa	-	-	3	-	-	3	
<b>Kaikkiaan</b>	<b>68</b>	<b>14</b>	<b>52</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>164</b>	<b>38</b>

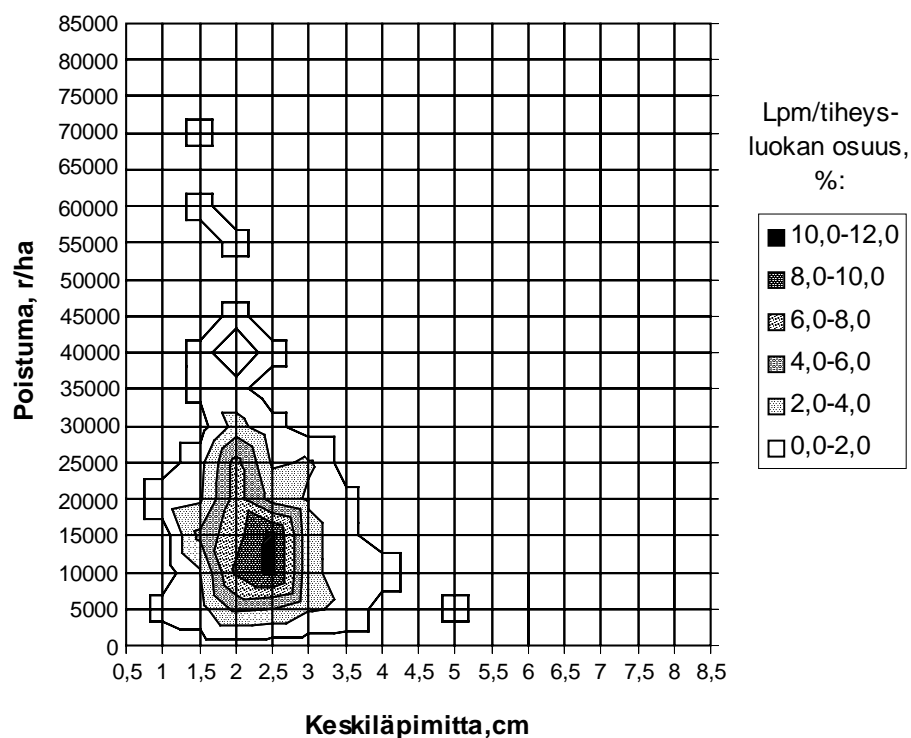
<sup>1</sup> Perinteinen linjoittainen koealaotanta ja sen sovellukset

<sup>2</sup> Ks. Metsäalan palkkaus, koulutusaineisto. VIII painos. Metsäpalkkauksen kehittäminen, projektiryhmä 1.1.1999. Oriveden kirjapaino 1999.

<sup>3</sup> Työnjohdon ja työntekijän suoraan sopima markkamääräinen hehtaarihinta

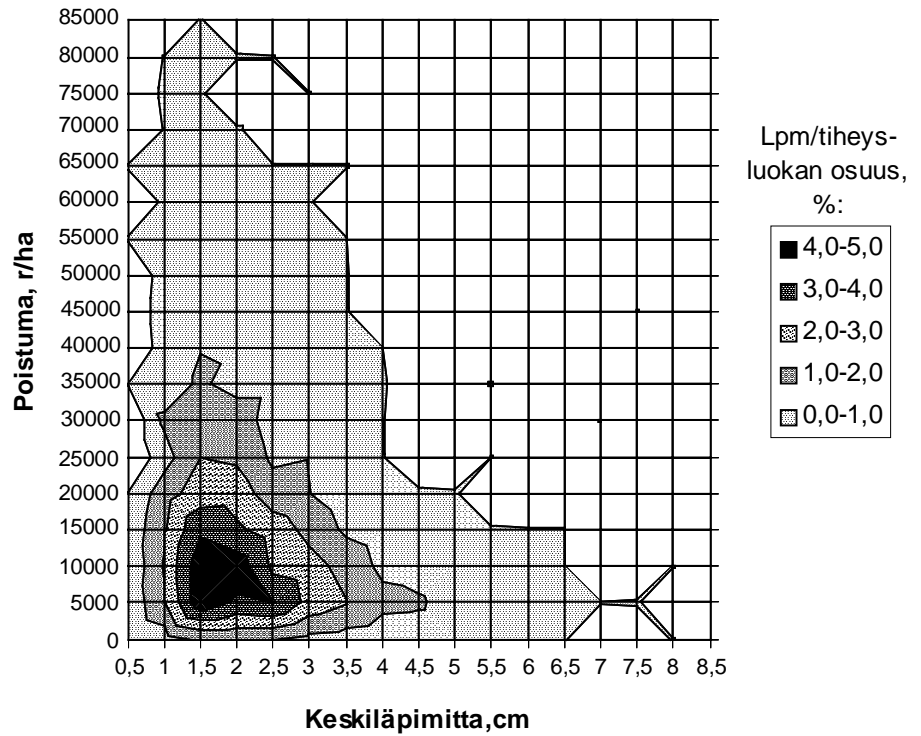
<sup>4</sup> Jokin muu hinnoittelumenetelmä (esim. käytettyyn polttoainemäärään perustuva)

Laskennallinen keskitaksa ilman sivukuluja oli markalleen sama eli 566 mk metsurikohtaisessa ja arvotussa aineistossa. Myös keskitunnukset olivat käytännössä täysin samat näissä kahdessa erillisessä aineistossa: poistetun puuston keskimääräinen tiheys oli 15 700 runkoa/ha ja kantoläpimitta 2,3 cm. Lehtipuuvaltaiset *työmaat* jakautuivat kuvan 2 osoittamalla tavalla poistuman kantoläpimitan ja tiheyden mukaan. Kuvissa 3 ja 4 on esitetty vastaavat jakaumat *koelakohtaisille* tunnuksille sekä lehtipuu- että mäntyvaltaisilla koelaloilla.

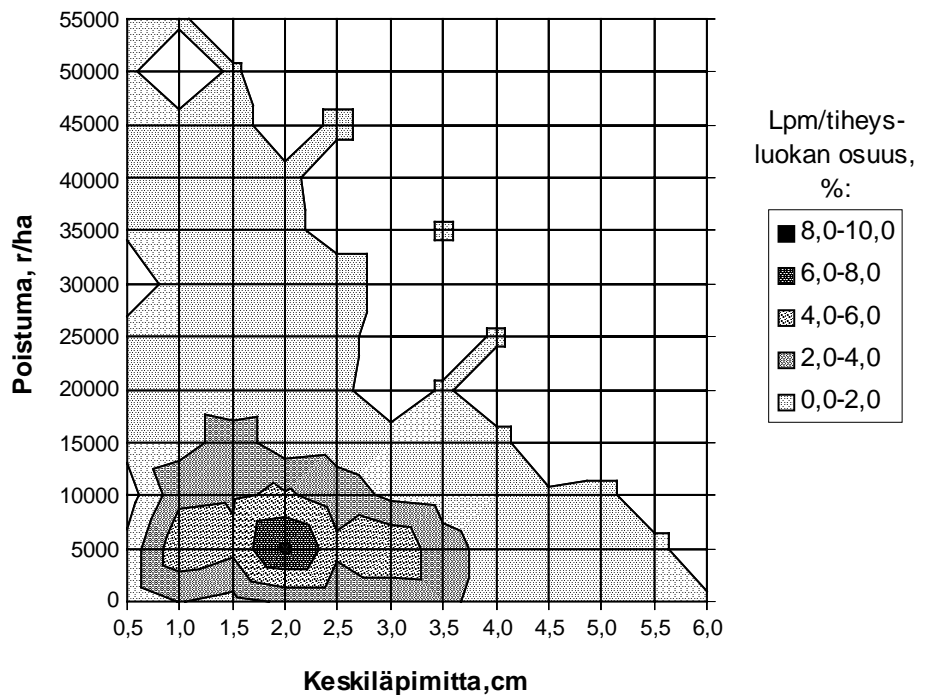


**Kuva 2.** Työmaan keskitunnusten jakautuminen eri tiheys- ja läpimittaluokkiin *lehtipuuvaltaisilla* kohteilla.





Kuva 3. Koealan keskitunnusten jakautuminen eri tiheys- ja läpimittaluokkiin *lehtipuuvaltaisilla* kohteilla.



Kuva 4. Koealan keskitunnusten jakautuminen eri tiheys- ja läpimittaluokkiin *mäntyvaltaisilla* kohteilla.

## 2.3 Tulosten laskenta

Metsurikohtaisesta ja arvotusta aineistosta koottiin kaksi erillistä tietokantaa, jotka pitivät sisällään kaikki koeala- ja työmaatasoiset muuttujat. Kunkin tarkastusmittauksen koealan yksikkötaksa laskettiin ajanmenekifunktion avulla, joka laadittiin metsäalan työehtosopijapuolten toimittaman metsäpalkkauksen koulutusaineiston (1997) tuotoslukujen pohjalta (ks. luku 4.2). Koealat taksoitettiin vertailun vuoksi myös samaisen koulutusaineiston mukaisia viisiportaisia taksataulukkoita hyväksi käyttäen. Koealoittaiset mitaustulokset johdettiin työmaatasoisiksi ajanmenekeiksi ja taksoiksi koealoittaisten taksojen keskiarvona. Kaikki em. laskennalliset muuttujat sisällytettiin tietokantaan, jota analysoitiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla.

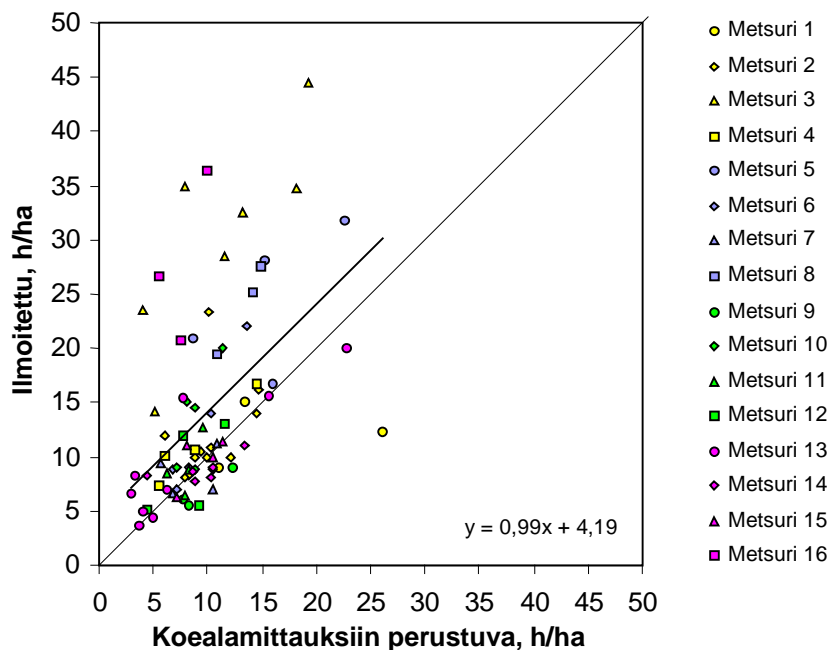
Tutkimuksessa määritetyn taksan ja toteutuneen taksan välistä poikkeamaa (luku 3.2.2) analysoitiin niissä kohteissa, joista tunnettiin metsurin tai työnjohdon kirjaamat poistetun puuston keskitunnukset (tiheys, keskiläpimitta). Tarkastelussa huomioitiin lisäksi pinta-ala, poistumatyyppi, maastoluokka ja kausiluokka. Tutkimuksessa kehitetyn ajanmenekki-/taksafunktion avulla voitiin tarkastella työmaittain, mikä osuus taksapoikkeamasta on selitettävissä keskitunnusten poikkeamien avulla. Tarkastelun lähtökohtana oli ilmoitettu taksa ja pinta-ala, joista johdettiin toteutunut hehtaaritaksa

$$= \frac{\text{ilmoitettu taksa (mk/ha)} \cdot \text{ilmoitettu pinta-ala (ha)}}{\text{toteutunut pinta-ala (ha)}}$$

## 3 TULOKSET

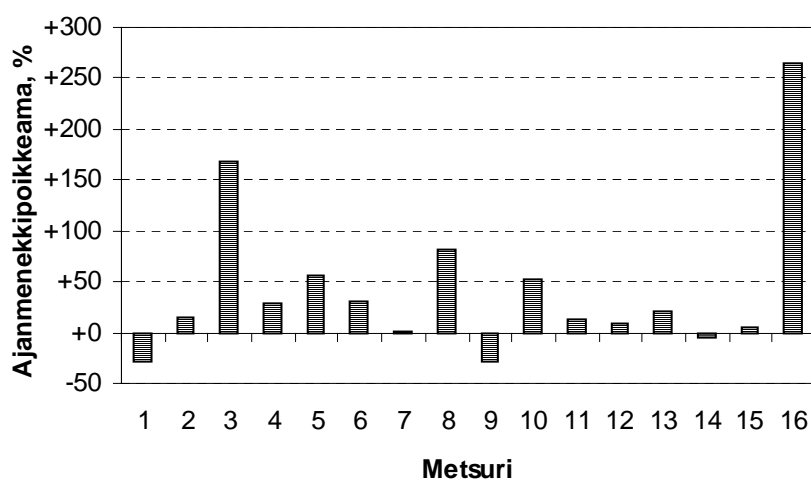
### 3.1 Metsurin kirjaama ajanmenekki

Metsurin ilmoittama ajanmenekki oli yleensä selvästi suurempi kuin tutkimuksen koealamittauksiin perustuva, metsäalan palkkauksen koulutusaineiston mukainen normiajanmenekki. *Metsurikohtaisesta aineistosta* oli selkeästi havaittavissa metsurien välisiä eroja. Tietyillä metsureilla oli kulunut poikkeuksetta enemmän aikaa kuin tutkimuksessa määritetty laskennallinen ajanmenekki antoi edellyttää. Toisaalta oli metsureita, joilla ilmoitetun ja laskennallisen ajanmenekin suhde vaihteli jyrkästi työmaiden kesken. Metsurilla yhdeksän kaikkien työmaiden ilmoitettu ajanmenekki oli laskennallista normiajanmenekkiä pienempi (kuva 5). Siirontakuvioon sovitetun suoran yhtälöstä voidaan päätellä, että metsurin ilmoittama hehtaarikohtainen ajanmenekki oli kohteen vaikeudesta riippumatta noin 4 tuntia suurempi kuin normiajanmenekki.



**Kuva 5.** Ajanmenekin vertailu, metsurikohtainen aineisto. Pisteet kuvaavat kunkin työmaan ilmoitettua ja koealamittauksiin perustuvaa ajanmenekkiä. Jos piste on katkoviivalla, työmaan ilmoitettu ajanmenekki on sama kuin koealamittaukseen perustuva.

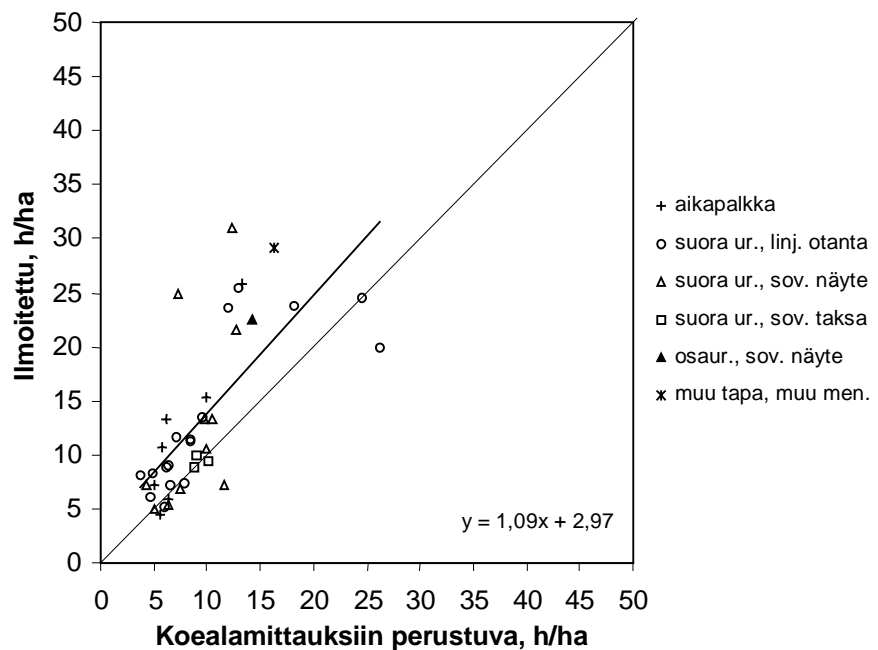
Metsurikohtaiset keskiajanmenekkipoikkeamat vaihtelivat kuvassa 6 esitetyllä tavalla. Valtaosa metsureista käytti aikaa koulutusaineiston ja tutkimuksen koealamittausten mukaista ajankäyttöä enemmän. Kolme metsuria suoriutui tätä nopeammin. Keskimääräinen ajanmenekkipoikkeama oli *metsurikohtaisessa aineistossa* +43 %. Kun metsurit 3 ja 16 jätetään tarkastelun ulkopuolelle, laskee keskipoikkeama +18 %:iin.



**Kuva 6.** Keskimääräinen ajanmenekkipoikkeama metsureittain normiin verrattuna.

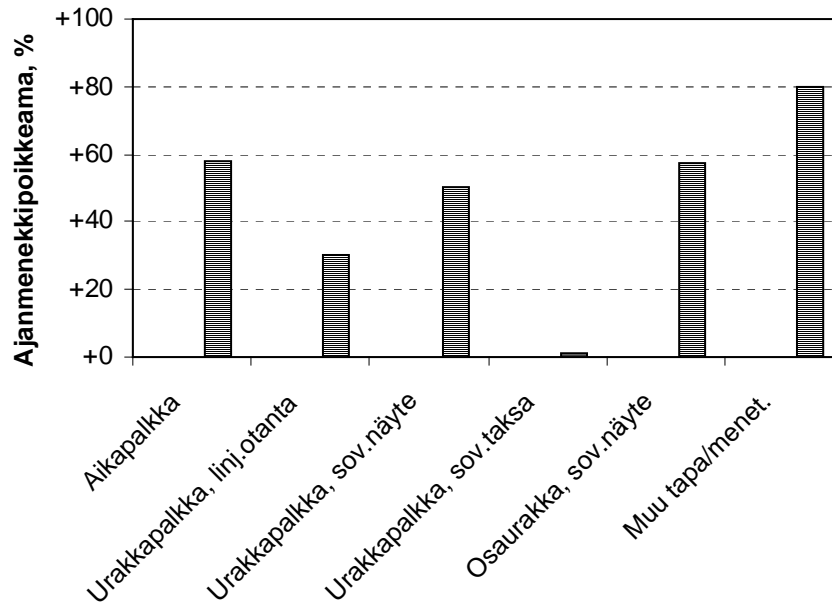
Metsurikohtainen aineisto ei soveltunut palkkaustapa- eikä mittausten menetelmäkohtaiseen tarkasteluun. Tuloksista voi kuitenkin nähdä, että samalla palkkaustavalla ja työmittausten menetelmällä työskennelleet metsurit ylsivät ajanmenekin suhteen hyvin erilaisiin tuloksiin. Vertaa esimerkiksi metsureita 14 ja 16 tai metsureita 1 ja 3 (Metsureittaiset palkkaustavat ja työmittausten menetelmät esitetty liitteessä 1).

Arvotussa aineistossa tarkasteltiin metsurin ilmoittaman ajanmenekin ja koelamittauksiin perustuvan normiajanmenekin suhdetta palkkaus- ja työmittausten menetelmittäin. Havaintoja oli tosin käytettävissä melko vähän, koska arvotuista työmaista ei edellytetty tietoa metsurin kirjaamasta ajanmenekistä. Yleiskuva ajanmenekkipoikkeamasta oli joka tapauksessa sama kuin metsurikohtaisessa aineistossa: Ilmoitettu ajanmenekki oli selvästi suurempi (noin 3 h/ha) kuin normi ja poikkeama kasvoi työvaikeuden lisääntyessä (kuva 7).



**Kuva 7.** Ajanmenekin vertailu, arvottu aineisto.

Arvotun aineiston keskiajanmenekkipoikkeama oli 46 %. Eri palkkaustavoista ja työmittausten menetelmistä oli osin työmaiden vähäisyyden takia vaikea vetää johtopäätöksiä. Pienin ajanmenekkipoikkeama oli sovitun taksan urakkatyömailla. Kyseisiä työmaita oli kuitenkin vain kolme ja kaikki saman metsurin tekemiä. Tarkka tulos saattoi olla siis metsuri- ja työnjohtajasidonnainen. Sama varaus koskee osaurakkapalkkaa ja 'muu tapa/metelmä' -luokkaa. Linjoittaisen koelamittauksen ja sovitun koelamittauksen urakkatyömailla oli sen sijaan niin paljon, että niiden antamaa tulosta voitiin pitää suuntaa-antavana. Näistä ensin mainitussa oli ajanmenekkipoikkeama keskimäärin +30 % ja jälkimmäisessä +50 %. Aikapalkkatyömaiden ajanmenekkipoikkeama oli suurempi kuin urakkatyömailla.



#### Palkkaustapa, työmittauserelmä

**Kuva 8.** Keskimääräinen ajanmenekkipoikkeama normiin verrattuna arvotussa aineistossa.

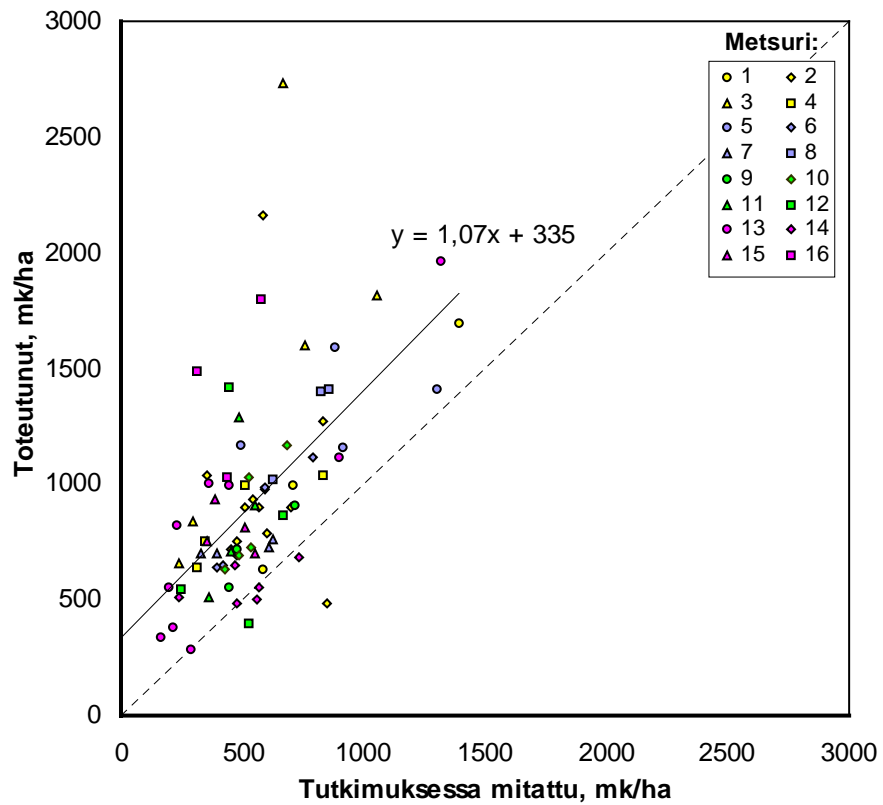
Metsurin ilmoittaman ajanmenekin poikkeamalle tutkimukseen perustuvasta haettiin yhteyksiä mm. työmaan keskimääräiseen kantoläpimittaan, runkoluukuun ja pinta-alaan sekä maksettuihin taksaan. Poikkeama näytti lievästi kasvavan kantoläpimitan suuretessa, mutta vähenevän tiheyden ja pinta-alan kasvaessa.

## 3.2 Toteutunut taksa

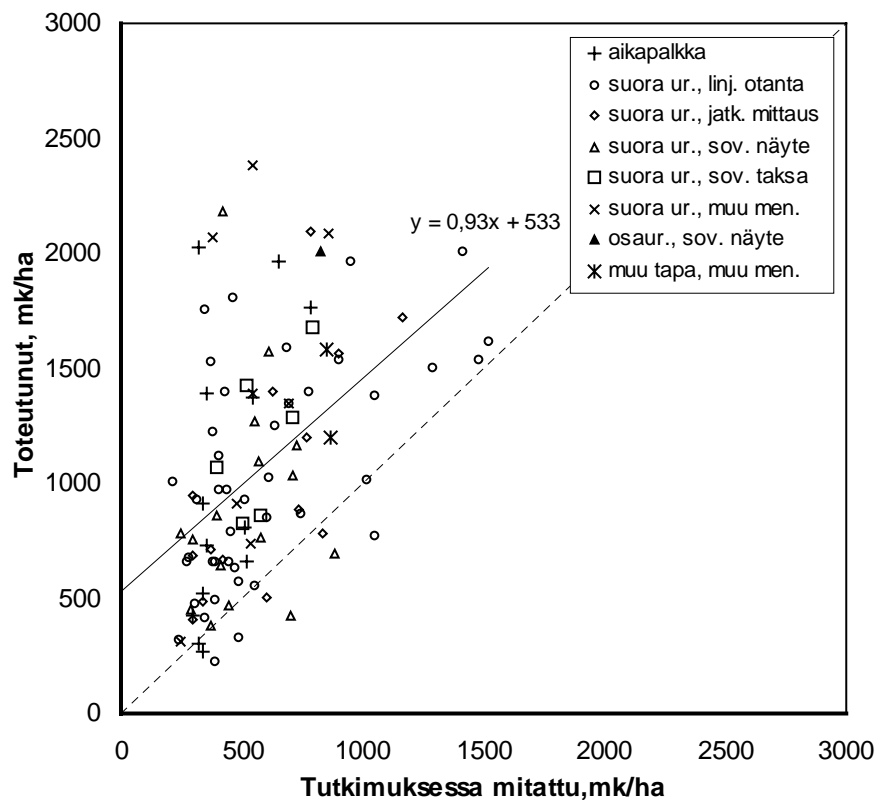
### 3.2.1 Suhde normiin

Työnjohdon ilmoittama hehtaaritaksa muunnettiin toteutuneeksi taksatasoksi luvussa 2.3 esitetyllä tavalla. Tätä tasoa verrattiin tutkimuksessa suoritetuista koealamittauksista johdettuun, koulutusaineiston mukaiseen taksaan, jota kutsutaan tässä yhteydessä normitasoksi.

Normin mukainen taksataso oli ylitetty selvästi sekä metsurikohtaisessa että arvotussa aineistossa. Absoluuttinen ylitys oli luonteeltaan samantyyppinen kuin ajanmenekissäkin eli lähes vakio työmaan vaikeusasteesta (kalleudesta) riippumatta. Metsurikohtaisessa aineistossa työmaakohtainen hehtaaritaksan ylitys oli keskimäärin 300 mk:n luokkaa ja arvotussa aineistossa noin 500 mk. Suhteellisesti tarkasteltuina ylitykset olivat helpoimmissa kohteissa keskimäärin yli 100 % ja vaikeimmissa selvästi alle 50 %:n tasoa (kuvat 9 ja 10).

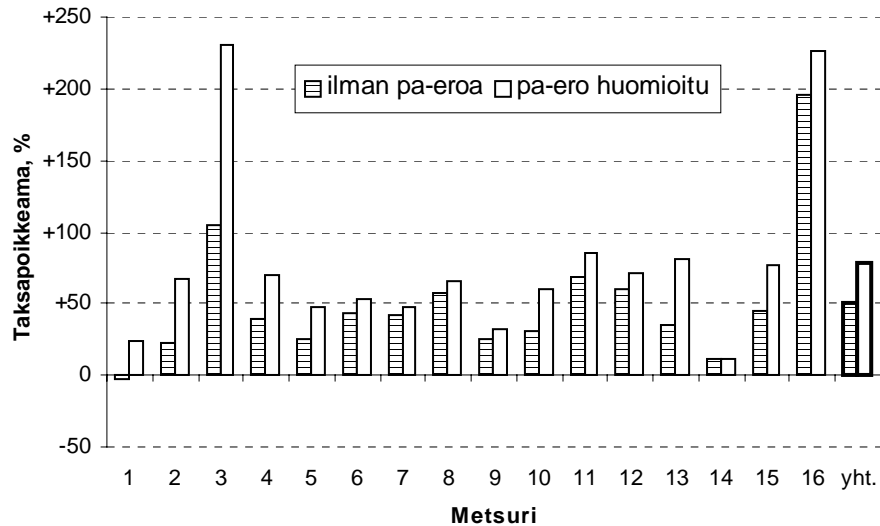


**Kuva 9.** Taksan vertailu. Metsurikohtainen aineisto, kaikki työntekijät ja työmaat.

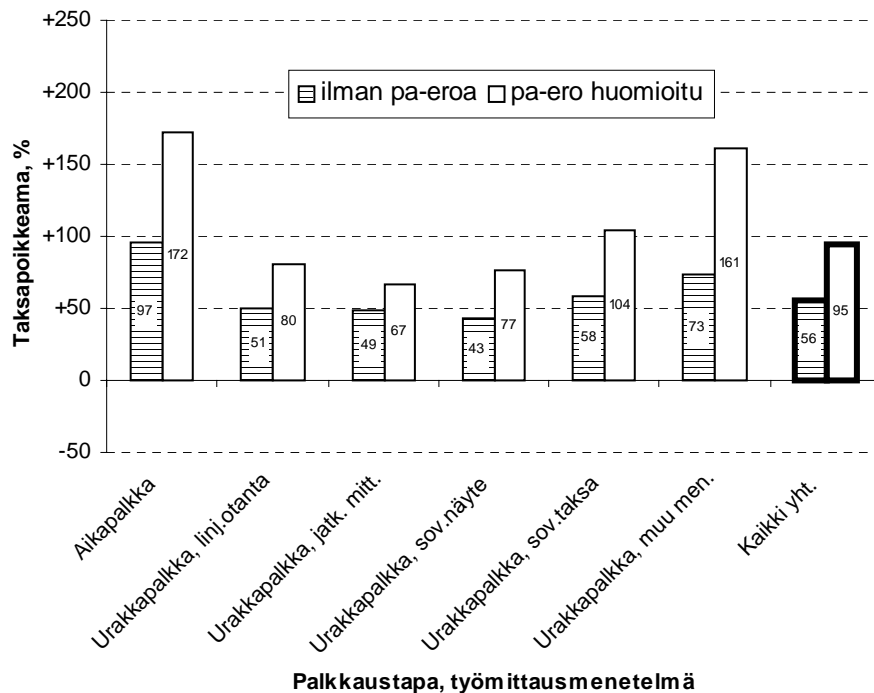


**Kuva 10.** Taksan vertailu. Arvottu aineisto, kaikki työntekijät ja työmaat.

Yksittäisen metsurin kaikkien tutkimustyömaiden yhteenlaskettu taksapoikkeama vaihteli kuvassa 11 esitetyllä tavalla. Tarkastelussa verrattiin tutkimuksessa määritettyä normitaksaa sekä pinta-alakorjattuun että korjaamattomaan, työnjohdon ilmoittamaan taksaan. Näiden kahden tarkastelun välinen ero osoittautui melko suureksi. Pinta-alakorjattu taksa oli normitasoon nähden lähes 80 % korkeampi. Kun työnjohdon ilmoittamaa hehtaaritaksaa verrattiin normitaksaan ilman pinta-alakorjausta, oli poikkeama enää keskimäärin 50 %:n luokkaa. Kuvassa 12 on esitetty vastaava tarkastelu arvotusta aineistosta palkkaustavoittain ja työmittausten menetelmittäin.



Kuva 11. Taksapoikkeama, metsurikohtainen aineisto.



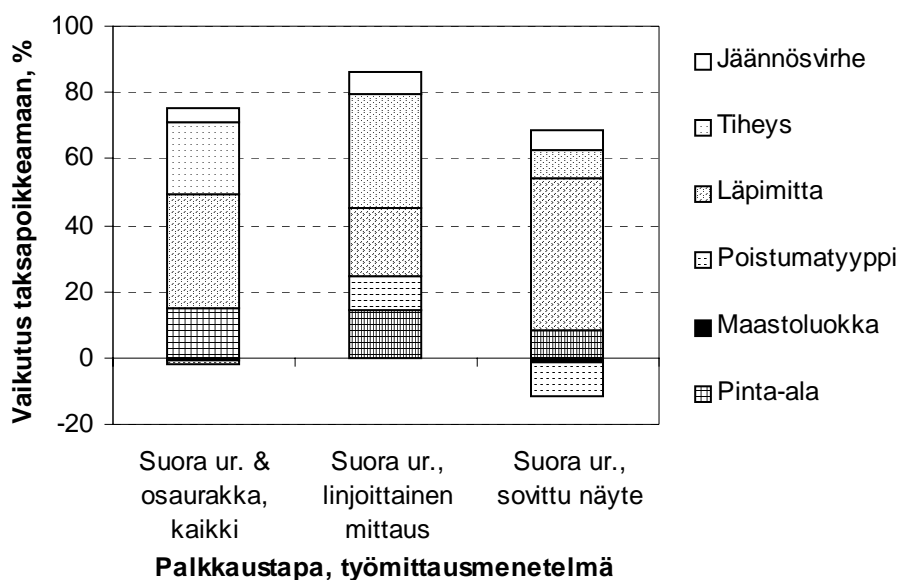
Kuva 12. Taksapoikkeama, arvottu aineisto.

### 3.2.2 Taksapoikkeaman rakenne

Tarkasteluun otettiin mukaan mahdollisina erojen lähteinä pinta-ala, maastoluokka, poistumatyyppi, keskiläpimitta ja tiheys. Näiden vaikutus taksapoikkeamaan saatiin esiin korvaamalla vaiheittain kukin taksoituksessa määritetty tunnus (esim. keskiläpimitta) tutkimuksessa määritetyllä tunnuksella. Tätä asteittain korjattua taksaa verrattiin tutkimuksen koalamittauksiin perustuvaan normitaksaan kunkin eroja aiheuttaneen tekijän merkityksen esiin saamiseksi.

Taksapoikkeaman rakennetta tarkasteltiin ensinnäkin summataksan eli kaikkien työmaiden yhteenlasketun kokonaistaksan avulla. Kun kaikkia urakatyypisistä (suora urakka tai osaurakka) taksoitettuja työmaita tarkastellaan yhdessä, on läpimittaero selvästi merkittävin taksapoikkeamaan vaikuttava tekijä. Yhteensä 75 %:n taksaylityksestä 45 %-yksikköä selittyy läpimittaerolla ja loppuosa jakautuu melko tasaisesti tiheys- ja pinta-alaerojen kesken. Tässä tarkastellut viisi osatekijää selittävät lähes aukottomasti taksapoikkeaman, sillä jäännöksen osuudeksi jää vain noin 4 prosenttiyksikköä.

Tarkastelu ulotettiin myös kahteen yleisimpään suoran urakan työmittausmenetelmään. Linjoittaisessa mittauksessa taksapoikkeama selittyi pääosin tiheyserojen avulla kun taas sovitussa näytteessä ongelmat johtuivat pääosin keskiläpimitan yliarviosta. Tätä yliarviota kompensoi jossain määrin poistumatyyppi, joka oli sovittuun näytteeseen perustuvassa taksoituksessa määritetty liian usein mäntyvaltaiseksi eli työvaikeudeltaan normaalia helpomaksi.

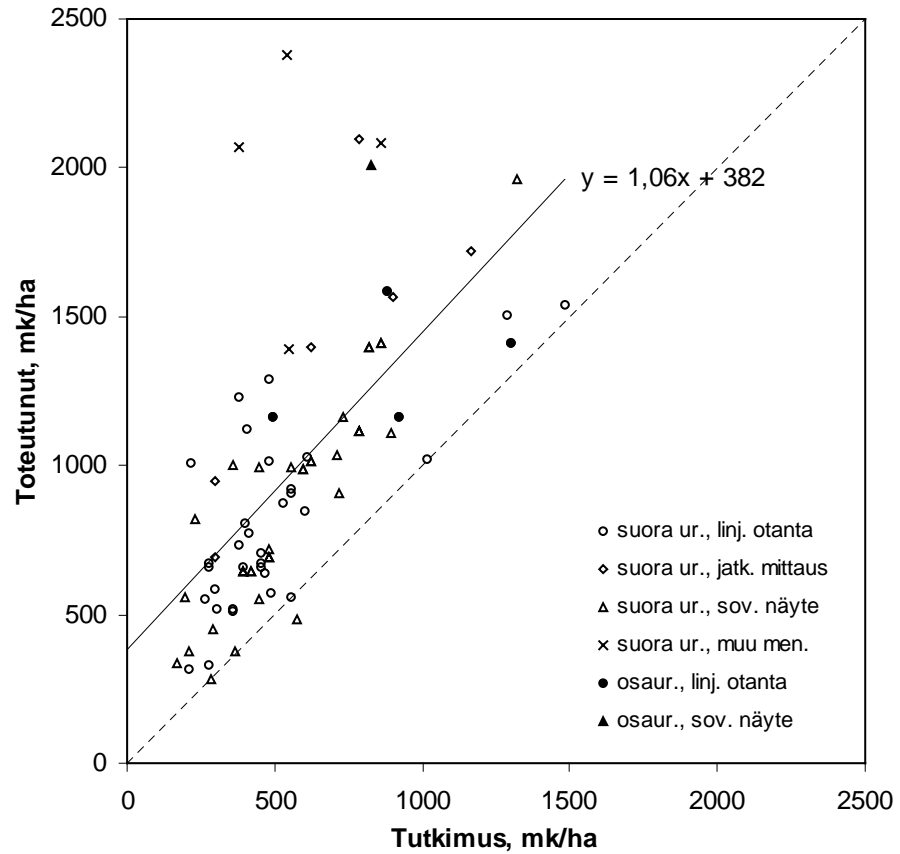


**Kuva 13.** Tutkimuksessa määritetyn taksan ja toteutuneen taksan poikkeaman rakenne muutamissa urakkatyyppisissä palkkaustavoissa.



Seuraavat kuvat havainnollistavat työmaakohtaisesti, millainen vaikutus kullakin osatekijällä on *hehtaaritaksaan*.

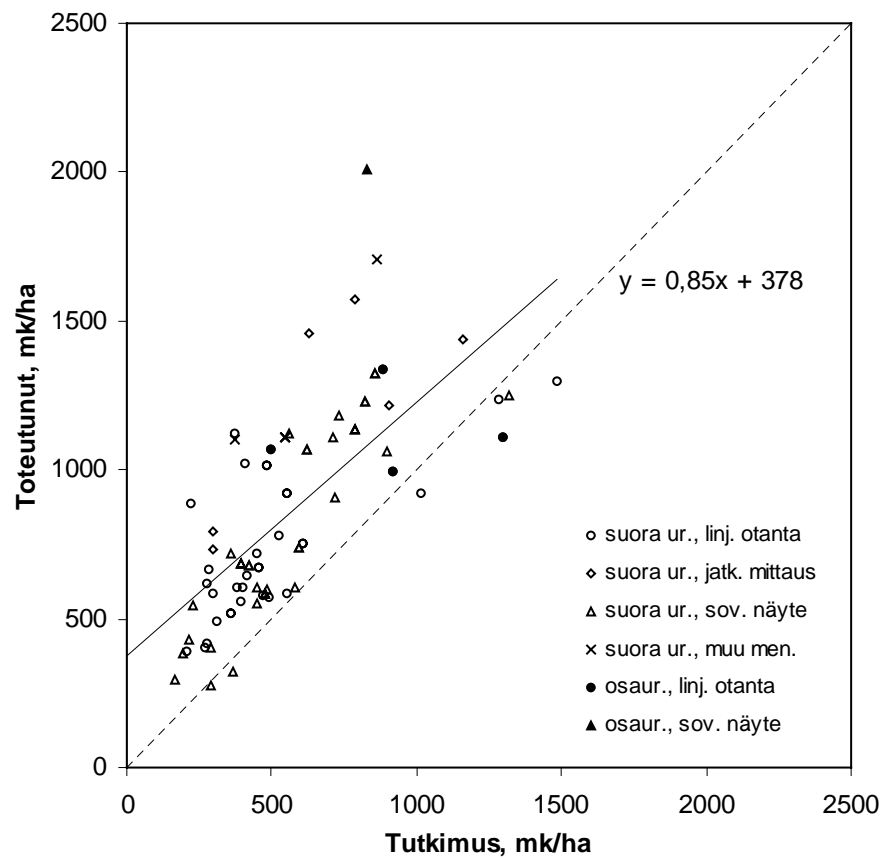
Kun mukana olivat kaikki takserojen osatekijät pinta-ala mukaanluettuna, toteutunut taksa oli keskimäärin lähes 400 mk/ha tutkimuksessa määritettyä korkeampi. Poikkeama oli samaa luokkaa sekä helpoissa (< 500 mk/ha) että vaikeissa (> 500 mk/ha) kohteissa. Vain yhdellä työmaalla 44:stä oli päädytty tutkimusta alempaan taksatasoon (kuva 14).



**Kuva 14.** Taksapoikkeamat työmaittain, kun mukana ovat kaikki taksapoikkeamien osatekijät (pinta-ala, maastoluokka, poistumatyyppe, keskiläpimitta, tiheys).

Kun taksapoikkeamasta poistettiin pinta-alaerojen osuus, päästiin vaikeilla (korkea hehtaaritaksa) kohteilla lähemmäs tutkimuksen mukaista taksatasoa. Helppojen kohteiden taksapoikkeamaan ei sen sijaan sisällynyt juuri lainkaan pinta-alaeroja, ja kokonaispoikkeamaa kuvaavan suoran vakio-osa pysyi näin ollen lähes ennallaan, noin 380 mk:ssa (kuva 15).

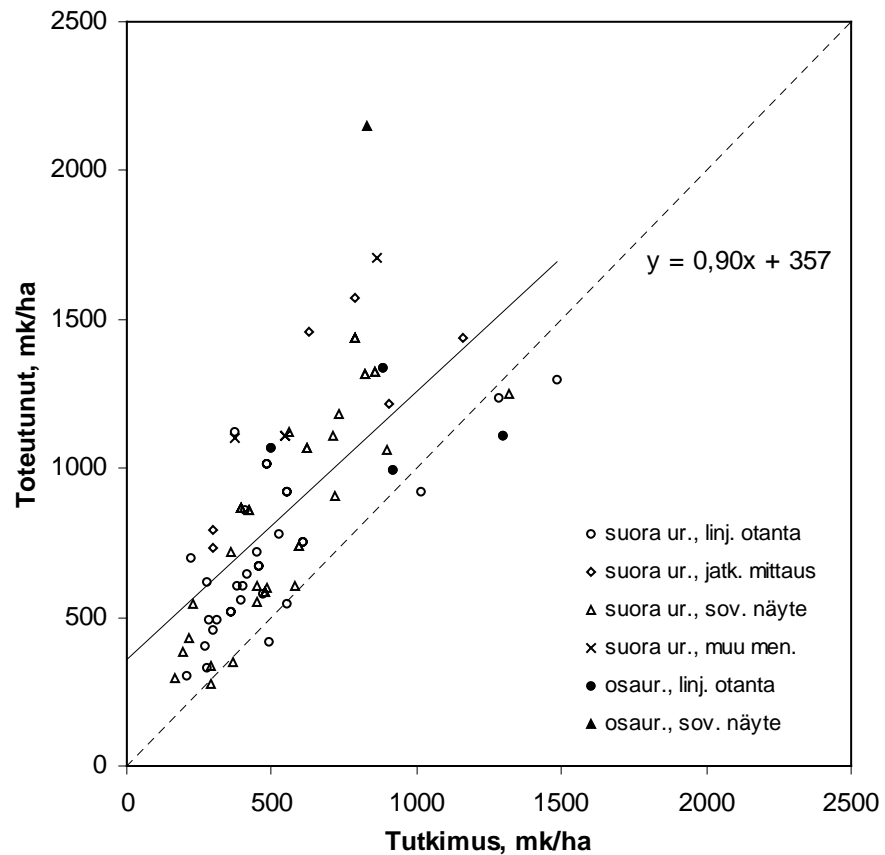
'Muulla menetelmällä' taksoitetuilla suoran urakan kohteilla (x) esiintyi selvästi eniten pinta-alan yliarviota. Näillä kohteilla taksan ylitys puolittui pinta-alakorjauksella. Kyseinen työmittausmenetelmä oli yhteen linjaan perustuva sovellus linjoittaisesta koealamittauksesta ja siinä pinta-ala oli poimittu kuviotiedoista.



**Kuva 15.** Taksapoikkeamat työmittain, kun pinta-alat on yhdenmukaistettu.

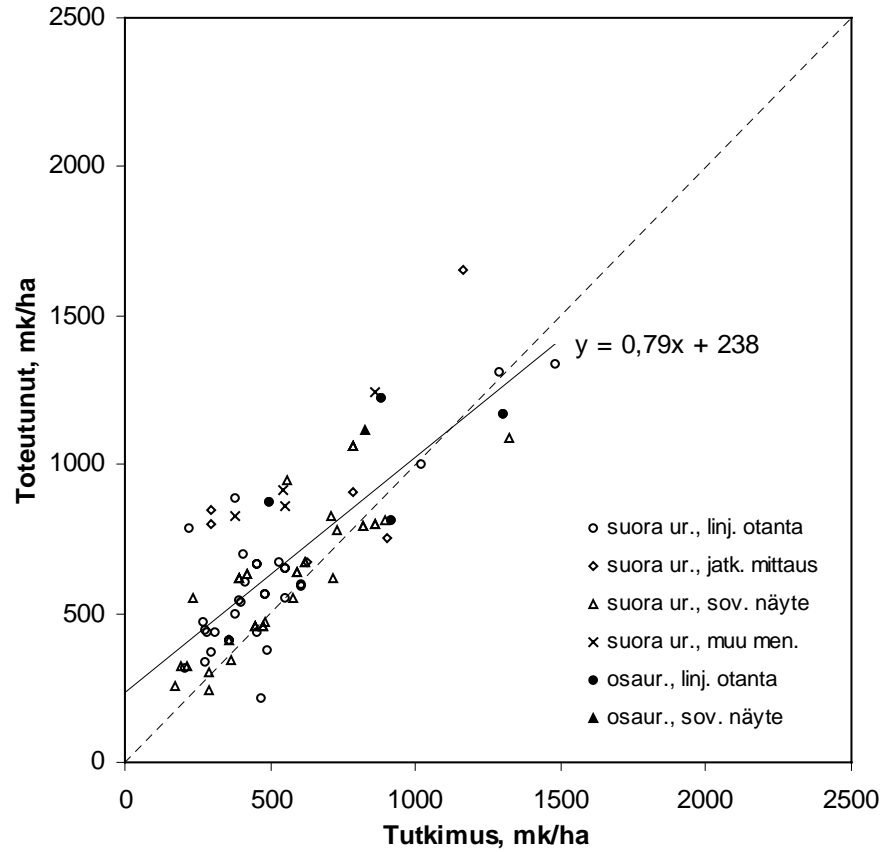
Maastoluokka ja poistumatyyppejä oli määritetty lähes poikkeuksetta samaksi taksoituksessa ja tutkimuksessa. Tutkimuksessa oli päädytty keskimäärin hieman vaikeampiin luokkiin ts. nämä tekijät eivät olleet lisänneet liukumaa vaan päinvastoin (kuva 16).

Kuvan 16. esittämistä taksapoikkeamista on siis poistettu työmaakohtaisista tekijöistä aiheutuneet erot eli näkyvässä on koealojen sijoittelusta ja mittauksesta aiheutuvien erojen kokonaisvaikutus.



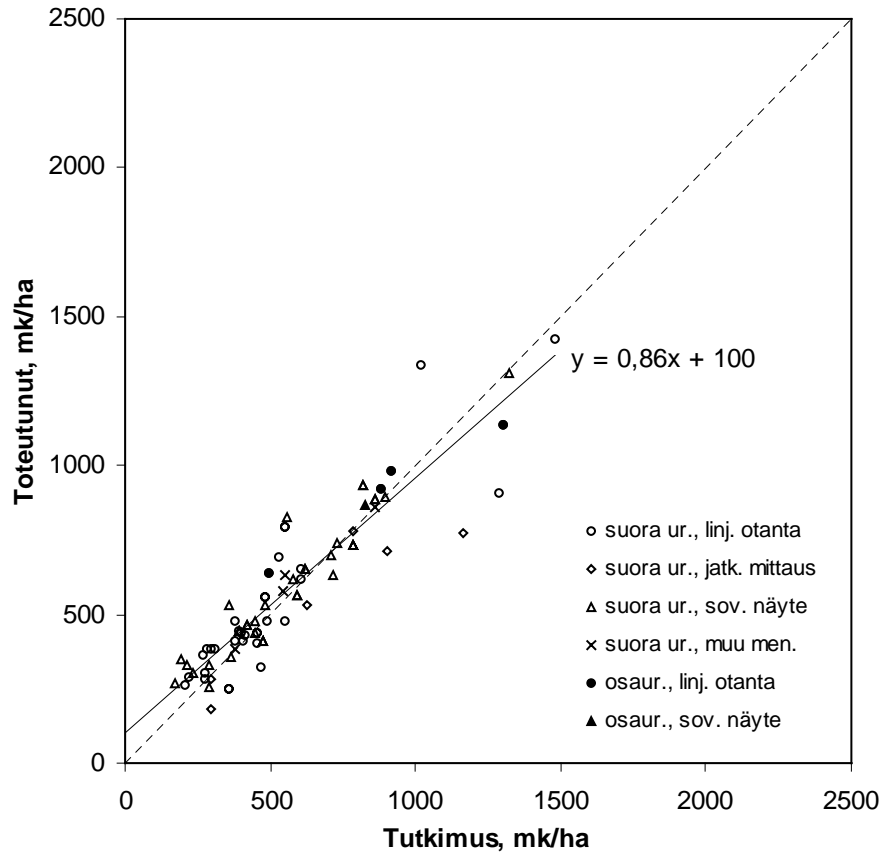
**Kuva 16.** Taksapoikkeamat työmaittain, kun pinta-alat, maastoluokat ja poistumatyypit on yhdenmukaistettu, ja kun jäljellä ovat koealojen sijoittelusta ja mahdollisesti osaksi mittauksesta aiheutuvat erot

Näyttää siltä, että toteutunut työmittaus on valikoitunut vaikeilla työmailla sellaisiin taimikon osiin, joiden poistuma on järeää. Helpommissa kohteissa taas ovat painottuneet sekä keskimääräistä tiheimmän että järeämmän poistuman kohdat (kuva 17).



**Kuva 17.** Taksapoikkeamat työmaittain, kun työmaakohtaiset erot sekä läpimittaerot on yhdenmukaistettu ja ainoastaan tiheyserojen vaikutus on mukana.

Kun myös tiheyserojen vaikutus taksapoikkeamiin poistettiin, jäljelle jäivät muista syistä kuin edellä käsitellyistä tekijöistä aiheutuneet poikkeamat (kuva 18).



**Kuva 18.** Taksapoikkeamat työmaittain, kun kaikki tarkastellut taksapoikkeamia aiheuttaneet tekijät - tiheys mukaan luettuna - on yhdenmukaistettu.

Jäljelle jäänyttä vaihtelua (jäännösvirhe) voidaan tulkita seuraavasti:

- Kun aineistossa on yhdenmukaistettu edellä mainitut erot, päädytään keskimäärin melko tarkasti tutkimuksen mukaiseen taksaan. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että taksapoikkeamat ovat lähes täydellisesti selitettävissä niiden pohjalta.
- Jäljelle jäävät työmaakohtaiset poikkeamat ( $\pm 250$  mk/ha) eli jäännösvirheet kuvaavat sitä vaihtelua, joka syntyy määrittäessä taksa *koaloittaisen* taksoituksen sijaan *työmaan* keskitunnusten perusteella, kuten edellä toteutuneen taksan läpimitta- ja pituustunnusten yhdenmukaistamisessa jouduttiin tekemään. Helppojen (matala hehtaaritaksa) kohteiden taksapoikkeamien lievä painottuminen diagonaalin yläpuolelle on seurausta luvussa 4.2.1 kuvatusta ilmiöstä ts. taulukkovirheestä.

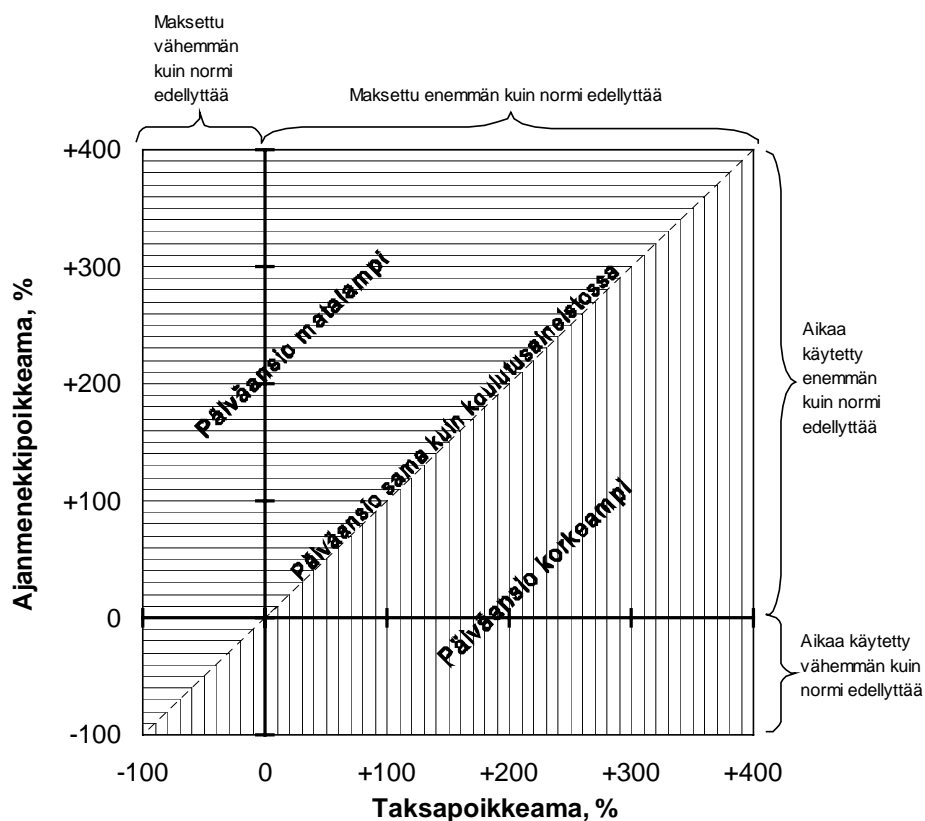
Tämä tarkastelu osoitti, että havaitut suuret taksa- ja ajanmenekkipoikkeamat johtuivat käytännöllisesti katsoen kokonaan edellä tarkastelluista tekijöistä. Jäännösvirheen pienuudesta voitiin päätellä, että työnjohto oli ohjeen mukaisesti ilmoittanut taksat kaikista sivukuluista, lisistä ja ansiontasauseeristä puhdistettuina.

### 3.3 Ilmoitetun ajanmenekin ja toteutuneen taksan suhde

Kahdessa edellisessä luvussa tarkasteltiin erikseen metsurin ilmoittaman ajanmenekin ja toteutuneen taksan suhdetta metsäalan palkkauksen koulutusaineiston mukaiseen normiin. Seuraavassa yhdistetään nämä kaksi näkökulmaa ja etsitään vastausta mm. siihen, esiintyvätkö suuret taksan ylitykset juuri niillä kohteilla, joissa myös ajanmenekkitaso on selvästi ylittynyt.

Metsurin kirjaaman ajanmenekin ja taksan yhteyttä havainnollistetaan poikkeamien välistä riippuvuutta esittävillä kuvaajilla. Niiden tulkinnan helpottamiseksi on syytä tarkastella ensin kuvaa 19. Siinä on esitetty kuinka havaintopisteen sijainti koordinaatistossa voidaan tulkita käytännössä.

Havainnon x-koordinaatti kuvaa taksapoikkeamaa ja y-koordinaatti ajanmenekkipoikkeamaa. Havainnot eli työmaat, joissa sekä ajanmenekki että toteutunut taksataso on seurannut tarkasti normia, asettuvat tiiviisti origon ympärille. Diagonaalien läheisyydessä kaukana origosta sijaitsevat pisteet ovat osoitus siitä, että sekä taksa että toteutunut ajanmenekki ovat poikenneet selvästi normista, mutta metsurin päiväansio on pysynyt samalla tasolla kuin koulutusaineistossa. Mitä kauempana havainto on diagonaalista, sitä selvemmin ansiotaso on poikennut em. tasosta.

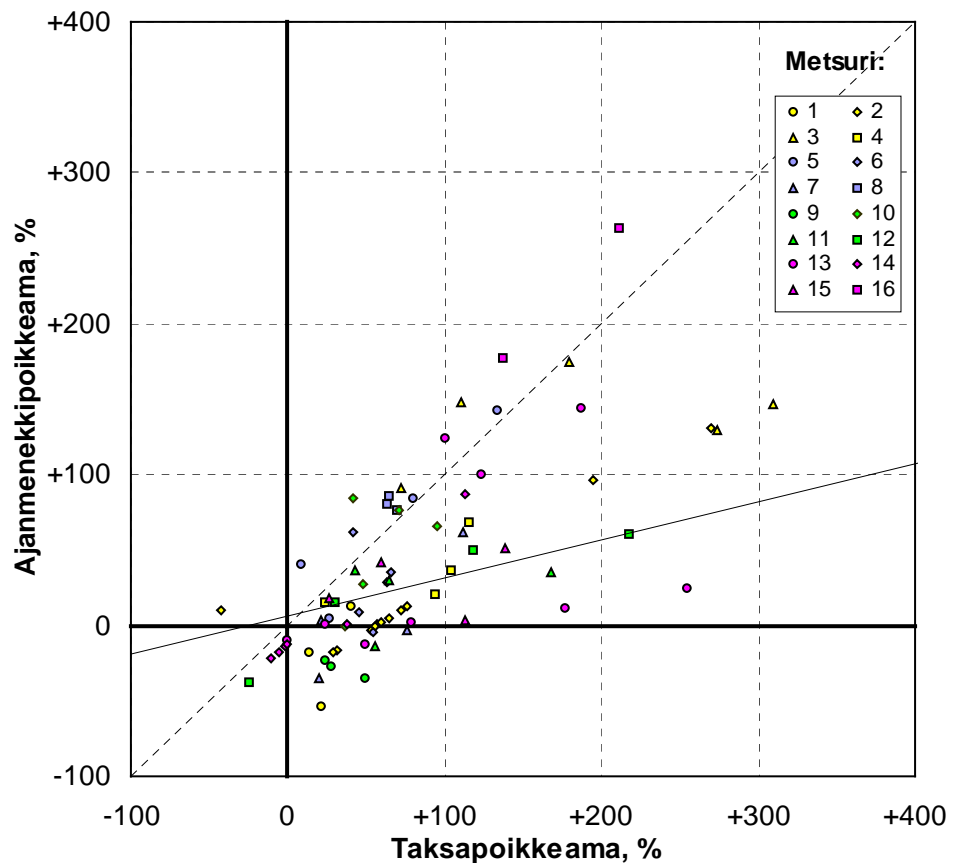


Kuva 19. Kuvien 20 - 21 tulkinta.

*Metsurikohtaisessa aineistossa* ajanmenekki on ollut yleensä normia suurempi ja taksa on vastaavasti ollut lähes poikkeuksetta normia korkeampi. Metsurit ovat saavuttaneet keskimäärin hieman koulutusaineiston tasoa korkeamman päivänsion (kuva 20).

Metsurilta 2 (aikapalkka) kootut havainnot asettuvat muita selvästi tarkemmin optimipisteen (0,0) lähelle ja erityisesti ajanmenekki on noudattanut melko hyvin normia. Muut palkkaustavat eivät erotu selvästi koko aineiston yleiskuvasta.

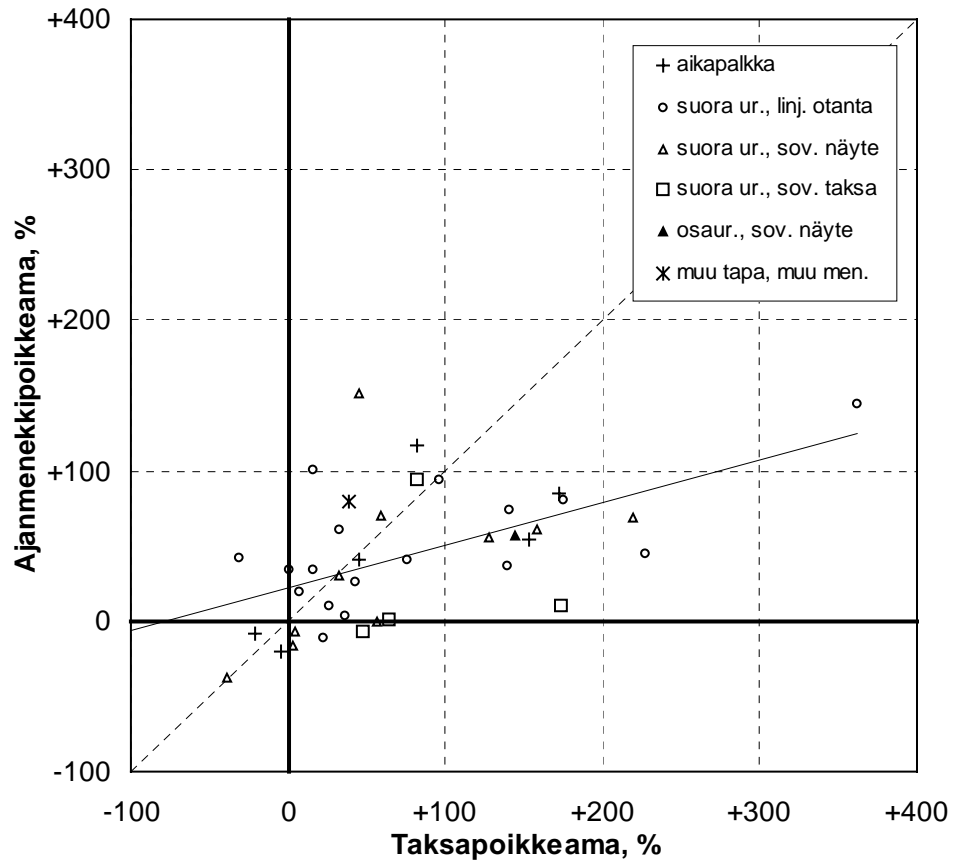
*Arvotussa aineistossa* yleiskuva on täysin sama. Mikään yksittäinen palkkaustapa tai työmittausmenetelmä ei erotu aineistosta edukseen. Suuria poikkeamia esiintyy sovittua taksaa lukuunottamatta kaikilla menetelmillä sekä taksassa että ajanmenekissä. Koulutusaineiston taso ylittyy ehkä hieman selvemmin kuin metsurikohtaisessa aineistossa. 'Alitaksoitetut' kohteet on yhtä poikkeusta lukuunottamatta käsitelty tavanomaista nopeammin, ja päivänsio on näin ollen saavuttanut em. tason.



**Kuva 20.** Taksa- ja ajanmenekkipoikkeamien välinen yhteys metsurikohtaisessa aineistossa työmittain. Kuvan tulkinnan helpottamiseksi katso kuvaa 19.

Kuvat 20 ja 21 viittaavat siihen, että alhaista tuottavuutta olisi kompensoitu työmittauksen liukumilla. Tutkittuihin työmittausten menetelmiin perustuva urakkatyö ei yleisesti näytä toimineen tarkoitetulla tavalla.

Tehdyssä lisätarkastelussa taksa- ja ajanmenekkipoikkeamien välinen yhteys todettiin yhdenmukaiseksi työmaan koosta riippumatta.



**Kuva 21.** Taksa- ja ajanmenekkipoikkeamien välinen yhteys arvotussa aineistossa työmaittain. Kuvan tulkinnan helpottamiseksi katso kuvaa 19.



## 4 KEHITTÄMISNÄKÖKOHDAT

### 4.1 Ajankäyttö työmittauksessa

#### 4.1.1 Tutkitut menetelmät

Tutkimuksessa selvitettiin suuntaa-antavasti kelloaikatutkimuksena uuden, tuottavuuden seurantaan soveltuvaksi tarkoitettua mittausvaihtoehtoa ajankäyttöä koehenkilöinä aineiston mittaajat. Otantamenetelmä oli ns. rasteriotanta. Koealojen paikat määritettiin muovikalvolle tulostettujen eri mitta-kaavaisten rasterien avulla, joista valittiin työmaan pinta-alaa ja haluttua koealamäärää vastaava ja asetettiin työmaakartalle satunnaisesti niin monta kertaa, että koealoja saatiin haluttu määrä. Tutkimuksessa koealamäärä oli kuusi koealaa työmaata kohti. Vertailun vuoksi kerättiin aineistoa myös linjoittaisesta koealaotannasta, jossa linja- ja koealaväli oli valittu 20 koealan mukaan työmaata kohti.

Rasterimenetelmässä ajatuksena oli yksinkertaistaa harvan koealaverkoston sijoittamista maastoon objektiivisesti ilman linjoittaisessa koealaotannassa helposti ilmenevää otannan painottumista työmaan keskusta. Koealat paikannettiin mittaamalla bussolin ja lankamittalaitteen avulla. Työmaan reunaosien koealat paikannettiin käyttäen apuna lähellä sijaitsevia maamerkkejä, jolloin työmaan ei aivan tarkasti tarvinnut vastata maaston tilannetta.

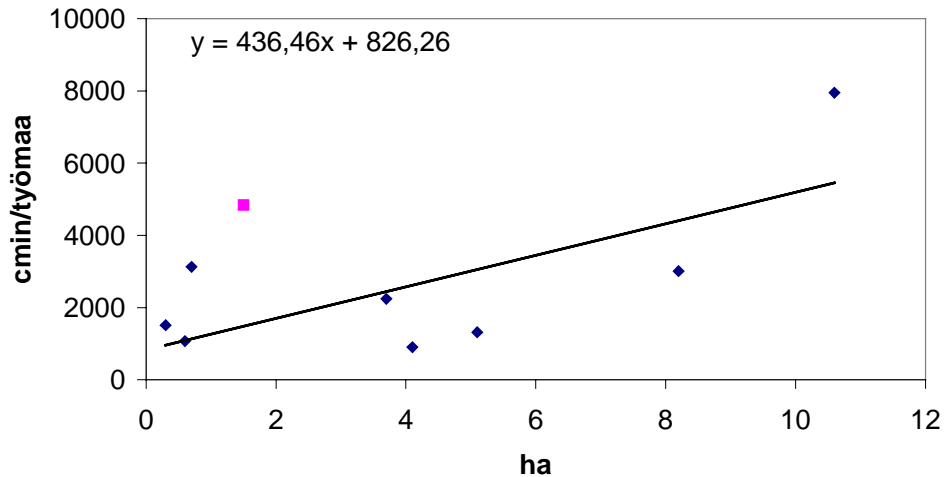
#### 4.1.2 Aineisto ja mittaaminen

Tutkimuksessa oli mukana yhdeksän mittaajaa, joista kahdella oli mukana apulainen. Tavoitteena oli, että kukin mittaisi yhdellä työkohteella ensin linjoittaisella koealaotannalla kahdeksan koealaa ja sen jälkeen rasteriotannalla kuusi koealaa. Rasteriotannan koealoista lisäksi vähintään puolella selvitettiin työn laadun määrittämisen ajanmenekki.

Mittauksissa käytettiin pääasiassa 20 m<sup>2</sup>:n koealoja, kahdella työmaalla linjoittaisen koealaotannan koealakooksi oli valittu 10 m<sup>2</sup>. Koealoilta mitattiin vähintään yhden senttimetrin täyttävien kantojen lukumäärä ja ns. viiden lähimmän puun menetelmän mukaisten kantojen läpimitat. Työn laadun määrittämisessä koealat olivat kooltaan 100 m<sup>2</sup>. Niiltä mitattiin jäävän puuston runkoluku ja todettiin sen mahdollinen virhe sekä arvioitiin mahdolliset virheet jätetyn puuston valinnassa ja vaurioilta välttämiseksi. Yhden mittaajan työmaa jätettiin myöhemmästä analyysistä pois, koska työmaakartta ei lainkaan pitänyt paikkaansa, mikä johti huomattavaan ylimääräiseen ajanmenekkiin.

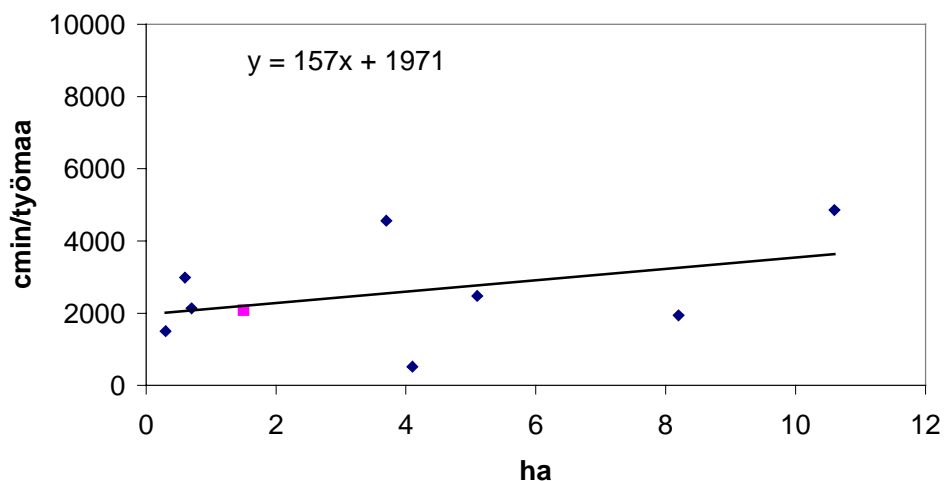
### 4.1.3 Tulokset

Linjoittaisessa otannassa työmaan valmisteluun, keskeytyksiin ja muihin työmaakohtaisiin tehtäviin kului keskimäärin 10 - 60 min työmaan koosta riippuen. Koska linjoittaista otantaa kokeiltiin ensin, ja ajankäyttö sisälsi osittain kokeen selvittämistä mittaajille, kaikessa tulosten laskennassa jäljempänä on käytetty rasterimenetelmän mukaista ajankäyttöä.



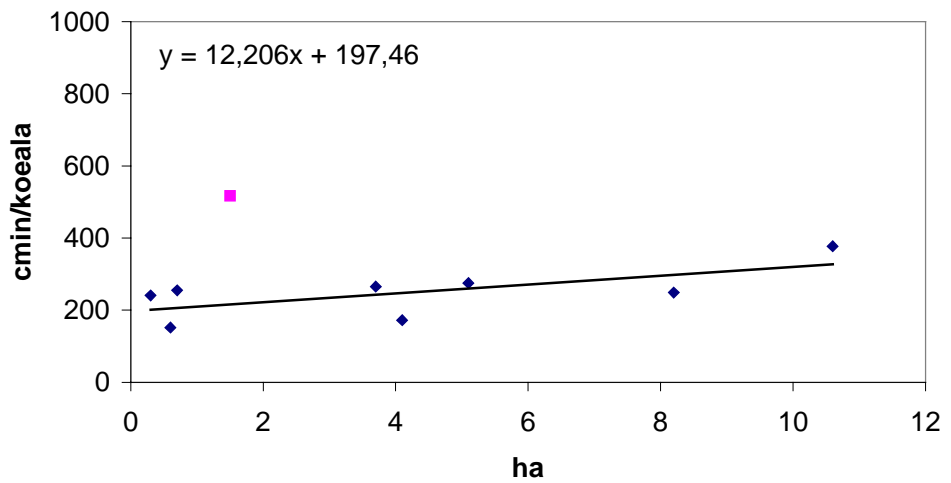
**Kuva 22.** Valmistelun, keskeytysten ym. mittaaja- ja työmaakohtainen ajankäyttö linjoittaisessa otannassa. Poikkeava työmaa neliöllä.

Rasteriotannassa työmaan valmisteluun, keskeytyksiin ja muihin työmaakohtaisiin tehtäviin kului keskimäärin 20 - 40 min. On oletettavissa, että käytännössä ajankäyttö voisi vähentyä sitä mukaa kuin mittaajat tottuivat työhön.



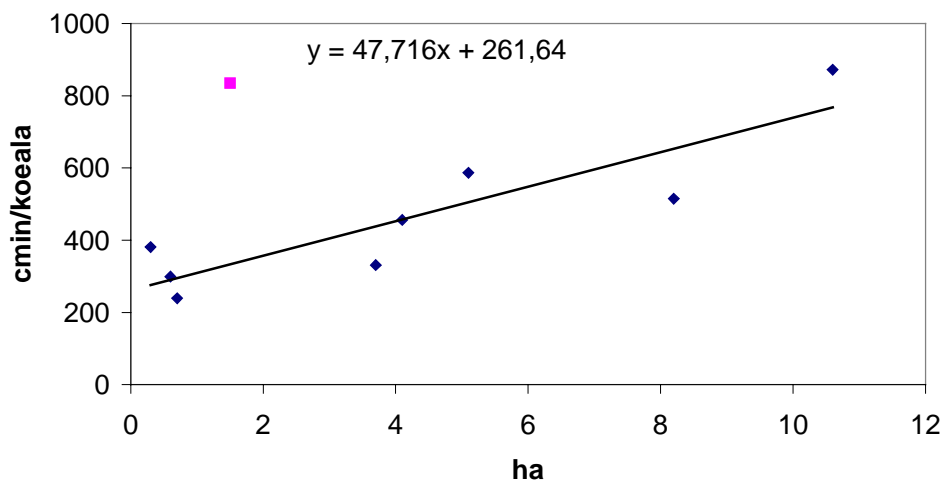
**Kuva 23.** Valmistelun, keskeytysten ym. mittaaja- ja työmaakohtainen ajankäyttö rasterimenetelmässä. Poikkeava työmaa neliöllä.

Linjoittaisessa otannassa siirtymiseen kului koealaa kohti keskimäärin 2 - 4 min työmaan koosta riippuen.



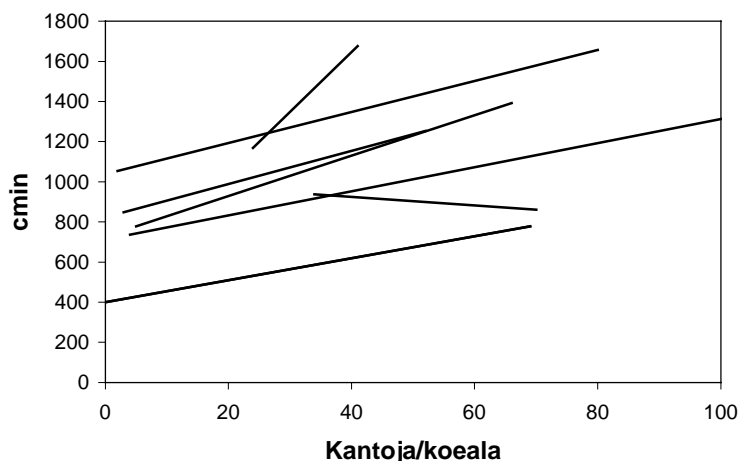
**Kuva 24.** Koealakohtainen siirtymisen ajankäyttö linjoittaisessa otannassa. Poikkeava työmaa neliöllä.

Rasterimenetelmässä siirtymiseen kului koealaa kohti enemmän aikaa varsinkin suurilla työmailla. Tämä oli odotettua, koska linjoittaisessa otannassa 20 koealan linja- ja koealavälin mukainen siirtymismatka oli lyhyt verrattuna rasterimenetelmän kuuden koealan vaatimaan siirtymismatkaan.



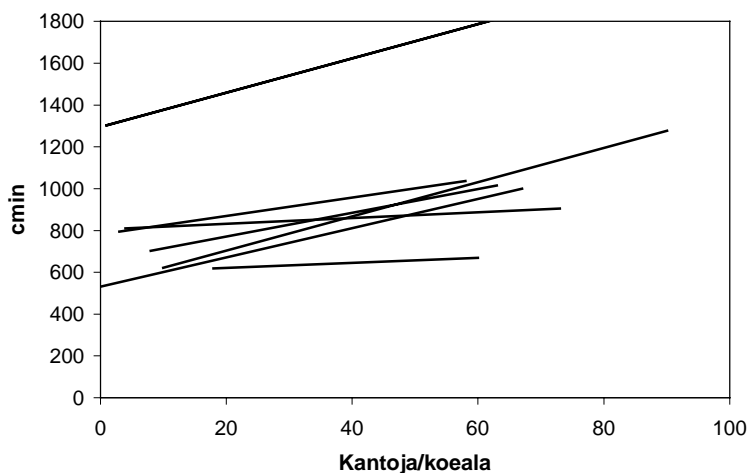
**Kuva 25.** Koealakohtainen siirtymisen ajankäyttö rasterimenetelmässä. Poikkeava työmaa neliöllä.

Linjoittaisessa koelaoitannassa mittaajien ajankäyttö itse mittauksessa vaihteli suuresti.



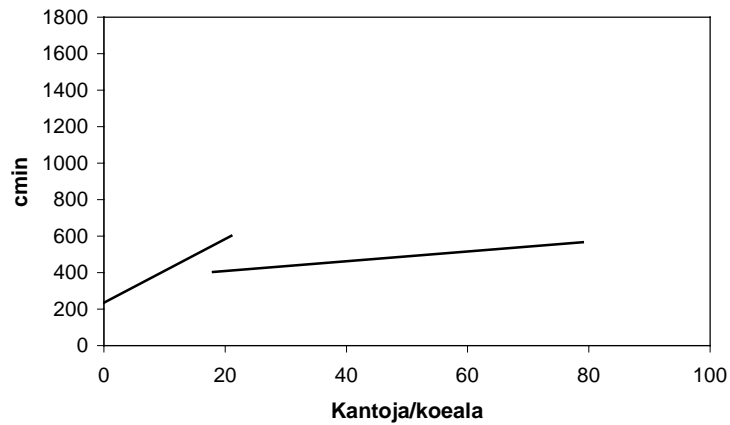
**Kuva 26.** Koealakohtainen mittauksen ajankäyttö linjoittaisessa koelaoitannassa kun työmittaaja toimii yksin.

Rasterimenetelmässä ajankäyttö mittaukseen vaihteli paljon vähemmän eikä ollut yhtä suuri. Rasterimenetelmässä aikaa näyttää kuluvan vähemmän mittauksen ja siirtymisen aloitus- ja lopetustoimiin, koska linjan mittausta loppuun asti uuden linjan aloitusta varten ei tarvita, vaan seuraavan linjan ja koealan sijainti voidaan mitata lähimmästä maamerkistä.



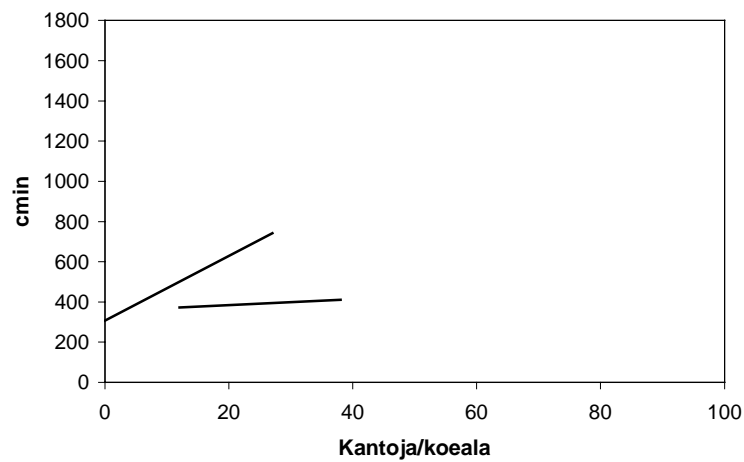
**Kuva 27.** Koealakohtainen mittauksen ajankäyttö rasteri-menetelmässä kun työmittaaja toimii yksin.

Kahden mittaajan tapauksessa linjoittainen koelaoitanta sujui erittäin ripeästi toisen paikantaessa ja merkittäessä koealat ja toisen keskittyessä kantojen mittaukseen.



**Kuva 28.** Koealakohtainen mittauksen ajankäyttö linjoittaisessa koealaotannassa kun työmittaus tehdään työparina.

Kahden mittajaan tapauksessa myös rasteriotanta sujui erittäin ripeästi. Mittaajien työnjako oli samanlainen kuin edellä, mutta molemmat mittajat osallistuivat laadun määrittämiseen.



**Kuva 29.** Koealakohtainen mittauksen ajankäyttö rasteri-menetelmässä kun työmittaus tehdään työparina.

Työn laadun määrittämisen ajanmenekki vaihteli mittaajien välillä kaksinkolminkertaisesti. Se ei riippunut poistuman eikä jätettyjen puiden määrästä. Ajanmenekki oli eri mittaajilla seuraavan asetelman mukainen:

Mittaaja	Aika, cmin
1	694
2	858
3	407
4	849
5	970
6	436
7	743
8	301
9	586
Keskimäärin	649

Poistettujen puiden määrän ja kantoläpimitan mittaukseen verrattuna työn laadun määrittäminen oli nopeampaa, muttei niin paljon kuin olisi odotettu: poistuman keskimääräisten 30 puun lukeminen kantoläpimitan mittaamiseen vaati aikaa keskimäärin hieman alle 9 min.

## 4.2 Raivaussahatyön ajanmenekin ja taksan funktiointi

### 4.2.1 Funktio

Raivaussahatyöhön liittyvissä tutkimuksissa on toistuvasti tullut esiin tarve ajanmenekin ja sen myötä taksoituksen mallintamisesta funktiomuotoon. Sitä on perusteltu mm. seuraavasti:

- taulukoiden harva luokitus lisää tarpeettomasti koelajien ja työmaiden välistä taksahajontaa ja aiheuttaa siten epävarmuutta työmittaukseen
- luokkarajan lähellä esiintyy helposti tahatonta tai tahallista 'vedätystä' suuntaan taikka toiseen
- funktioihin perustuvat sovellukset ovat helpommin liitettävissä yritysten tietojärjestelmiin

Tämän tutkimuksen sivutuotteena syntyi em. tarkoitukseen soveltuva matemaattinen malli. Laadinta-aineistona oli vuonna 1983 toteutetun ajanmenekkitutkimuksen tuloksena julkaistu perkaus-harvennuksen ajanmenekkitaulukko havu-lehtisekapuustolle. Muun muassa metsäalan työehtosopijapuolten toimittaman metsäalan palkkauksen koulutusaineiston raivaussahatyön yksikköpalkkataulukot ja tuotosluvut on laadittu tämän alkuperäisen tiheän (8 läpimittaluokkaa, 25 tiheysluokkaa) taulukon pohjalta, ja sitä voidaan näin ollen pitää yleisesti hyväksyttynä lähtökohtana myös ajanmenekki- ja taksafunktioille.

Kyseinen taulukko on aikanaan laadittu graafista tasoitusta käyttäen. Niinpä sen jäljittelemiseksi tarvitaan verrattain monimutkainen yhtälö:

$$f(\bar{d}_k, T) = a_0 + a_1 \cdot \bar{d}_k + \frac{a_2 + a_3 \cdot \bar{d}_k^{a_4} + a_5 \cdot e^{\bar{d}_k \cdot a_6}}{10000} \cdot T^{a_7 + a_8 \cdot \ln(\bar{d}_k)},$$

missä  $f(\bar{d}_k, T)$  = ajanmenekki, pv/ha  
 $\bar{d}_k$  = kantojen keskiläpimitta, cm  
 $T$  = tiheys (poistuma), r/ha  
 $a_0 \dots a_8$  = muotoparametrit

Edellä esitetyssä muodossa funktio tuottaa mahdollisimman tarkan, 8-portaista taulukkoa vastaavan ajanmenekin. Kun funktiota sovelletaan käytännön taksoituksessa, se tuottaa keskimäärin hieman 5-portaista taulukkotaksaa alemman taksan. Tämä johtuu siitä, että raivatun puuston keskitunnukset eivät jakaudu tasaisesti taulukon luokkien sisällä vaan painottuvat systemaattisesti kohti luokkien äärilaitoja. Esimerkiksi 3 cm:n tasaavaan luokkaan osuvien koalojen todellinen keskiläpimitta oli tämän tutkimuksen aineistossa 2,84 cm. Kun tällaiset koalat taksoitetaan funktiolla, niille saadaan juuri kyseistä läpimittaa vastaava ajanmenekki ja taksa, kun taulukko tuottaa sitä vastoin luokkakeskusta vastaavan taksan.

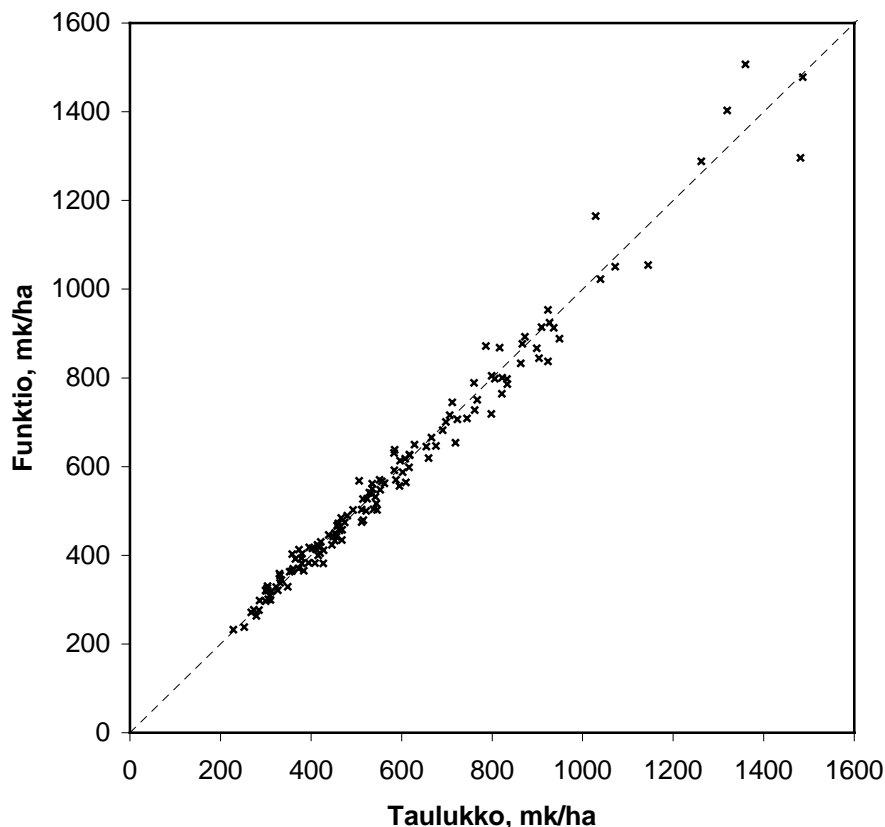
Työehtosopijapuolten välisissä neuvotteluissa sovittiin, että Metsäteho määrittää korjaustekijän, jolla varmistetaan, ettei uusi käytäntö johda keskimääräisen taksatason muutoksiin. Korjaustekijä määritettiin arvotun aineiston perusteella. Näin ajanmenekki funktio sai lopulliseksi muodokseen:

$$\boxed{Ajanmenekki(pv / ha) = 0,084 + 0,97 \cdot f(\bar{d}_k, T)}$$

#### 4.2.2 Testaus

Funktiota testattiin tämän tutkimuksen aineistossa. Testauksen kohteena oli lähinnä se, millaisia työmaakohtaisia taksaeroja syntyy siirryttäessä yleisesti käytössä olevasta 5-portaisesta taulukosta funktion käyttöön. Vertailutaksat laskettiin määrittämällä molemmilla menetelmillä taksa *koaloittain*.

Arvotussa aineistossa esiintyi yli 100 mk:n taksaeroja vain kolmessa prosentissa työmaista. Suurimmat poikkeamat olivat +284 mk ja -185 mk. Funktio tuotti korkeampia taksoja lähinnä erittäin tiheissä kohteissa, joissa taulukoiden tiheysluokat ikään kuin loppuivat kesken. Kaksi kolmasosaa eroista asettui selvästi alle 50 mk:n. Funktiolla päädyttiin keskimäärin samaan taksaan kuin taulukoita käyttäen. Liitteessä 2 on esitetty työmaittaiset vertailutaksat ja puuston keskitunnukset.



**Kuva 30.** Työmaakohtaiset poikkeamat 5-portaiseen taulukkoon ja funktioon perustuvan taksoituksen välillä.

### 4.2.3 Soveltaminen

Funktiota sovellettaessa on syytä ottaa huomioon seuraavat seikat:

- funktio perustuu havu-lehtisekapuuston perkaus-harvennuksen ajanmenekkiin. Mäntyvaltaisten kohteiden ajanmenekkiin päästään kertoimella 0,79. Kuusivaltaisten kohteiden ajanmenekki saadaan soveltamalla alle 2,5 cm:n keskiläpimitoissa kerrointa 1,23 ja yli 2,5 cm:n läpimitoissa kerrointa 1,17. Kuusivaltaisia kohteita ei käytännössä esiinny lainkaan.<sup>5</sup>
- funktio tuottaa loogisia arvoja jopa yli 100 000 rungon tiheyksissä. Keskiläpimitan suhteen soveltamisalueen maksimi on 4,5 cm. Tätä suurempia läpimittoja voi esiintyä vain yksittäisillä koealoilla. Näissä tapauksissa on keskiläpimitta leikattava 4,5 cm:iin.<sup>6</sup>
- funktio tuottaa ajanmenekin työpäivinä. Tämä voidaan muuttaa työtunneiksi kertoimella 7 (h/pv)

<sup>5</sup> Jälleen kerran on syytä korostaa, että 1 cm:n ylenevää luokitusta (kantokaulain) käytettäessä on läpimitasta tehtävä 0,5 cm:n vähennys ennen taksan määrittystä.

<sup>6</sup> Tässä on huomattava, että ns. viiden lähimmän puun menetelmä läpimitan mittaamisessa on valittu mittaamisen toimivuutta ajatellen, eikä tulos aina tarkasti vastaa koealalta poistettavien puiden todellista keskikantoläpimittaa.



- ajanmenekistä johdetaan taksa esim. em. koulutusaineistossa (mm. luvut 2.3 ja 3) esitetyllä tavalla
- Korjaustekijä (vakio 0,084 ja kerroin 0,97) on jätettävä pois sovellettaessa funktiota esimerkiksi uusien taulukoiden luontiin tai jos keskiläpimitta ilmoitetaan 1 cm:n tasaavin luokin.

Työehtosopijapuolet ovat käsitelleet asian toukokuussa 1998 ja hyväksyneet funktion käytön palkanmaksun perusteena perkaus-harvennuksessa. Metsäteho on päivittänyt raivaussahatyön taksalaskentaohjelmat funktiopohjaisiksi.

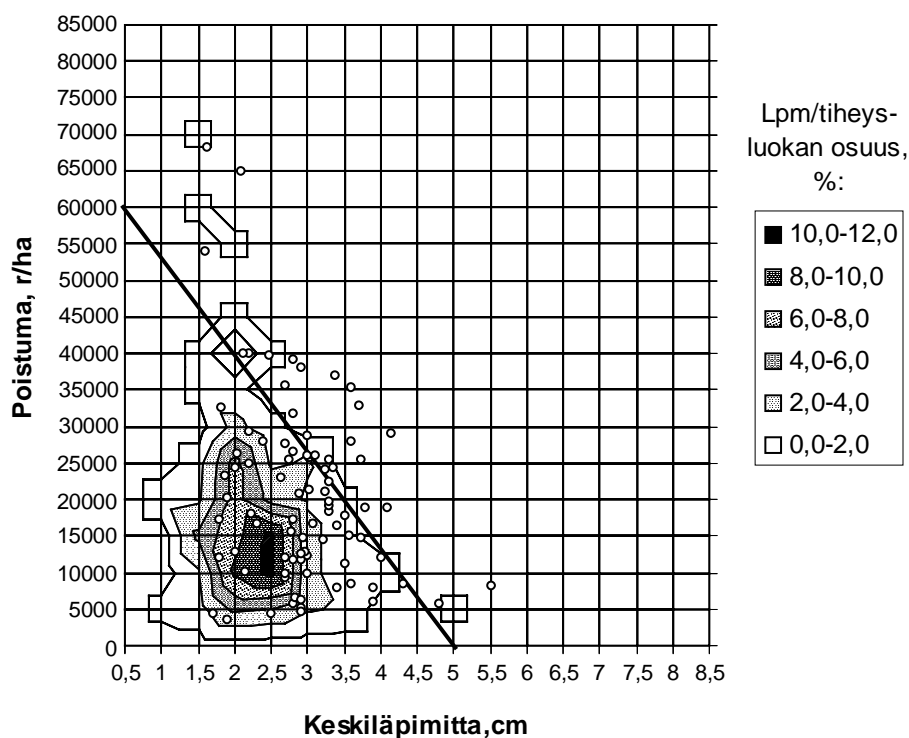
### 4.3 Keskitunnusten kontrollointi

Tämän tutkimuksen työmaiden toteutuneissa taksaperusteissa esiintyi jonkin verran epäloogisia keskiläpimitta-tiheyskombinaatioita. Esimerkiksi yli 4 cm:n keskiläpimittaa 30 000 poistetun puun tiheydessä voitaneen pitää käytännössä mahdottomana koko työmaata kuvaavana keskitunnuksena. Tällaiset keskitunnukset esiintyvät harvoin yhdessä edes yksittäisellä koealalla ja ovat mitä ilmeisimmin kirjaus- tai tallennusvirheiden tulosta.

Tämän tyyppisiä poikkeamia voitaisiin kontrolloida useassa eri vaiheessa. Jo itse työmittausvaiheessa voidaan hyödyntää käsillä olevassa tutkimuksessa koottuja havaintoja eri läpimitta-tiheyskombinaatioiden esiintymistodennäköisyyksistä yksittäisellä koealalla ja työmaalla keskimäärin. Kuvien 2 - 4 tyyppisten kuvaajien liittäminen mittausohjeisiin antaisi työmittaajalle viitteitä siitä, kuinka tyyppillisiin tai harvinaisiin keskitunnuksiin hän yleensä päätyy. Sama kontrolli voitaisiin ulottaa tallennusvaiheeseen asti, jolloin rutiini olisi mahdollista toteuttaa ohjelmallisesti. Taksanlaskentaohjelma laskisi jokaiselle koealalle ja/tai työmaalle esiintymistodennäköisyyttä kuvaavan indeksin. Tämä toteutustapa saisi esiin tallennusvirheet.

Todellisissa keskitunnuksissa on alueellisia ja metsurikohtaisia eroavaisuuksia. Yksittäinen metsuri saattaa erikoistua hyvinkin poikkeuksellisiin työmaihin. Tutkimuksessa todetuista todennäköisyysjakaumista ei näin ollen voida eikä pidä tehdä normia, johon keskitunnusten tulee asettua tietyllä tarkastelujaksolla. Ne palvelevat parhaiten työmittausta vain ja ainoastaan kuvauksena siitä, millaisia perkaus-harvennuskohdeet ovat tyyppillisesti. Työmittauksessa voitaisiin edelleen päätyä perustellusti poikkeuksellisiin keskitunnuksiin mutta kenties hieman aiempaa tarkemman 'punnituksen' jälkeen.

Kuvassa 31 on yhdistetty tutkimuksessa mitattujen keskitunnusten todennäköisyysjakauma (ks. s. 7) ja taksoituksessa toteutuneet työnjohdon ilmoittamat keskitunnukset lehtipuuvaltaisilla työmailla. Kuvaan on hahmoteltu myös 'hälytysraja', jonka sisään jäi yli 95 % tutkimuksessa mitatuista havainnoista. Tässä tutkimuksessa tämä raja ylittyi 30 %:lla työmaista.



**Kuva 31.** Tutkimuksessa määritettyjen keskitunnusten todennäköisyysjakauma ja työnjohdon ilmoittamat keskitunnukset (o) lehtipuuvaltaisilla työmailla.

## 4.4 Pistokokein kontrolloitu aikapalkka ja tuottavuuden ja työn laadun seuranta

### 4.4.1 Perusteet

Ajanmenekin ja taksan yhteyttä kuvaava tarkastelu (luku 3.3) osoitti, että metsurin kirjaama ajanmenekki oli keskimäärin lähes puolitoistakertainen koealamittausten ja metsäalan työehtosopijapuolien toimittaman metsäalan palkkauksen koulutusaineiston mukaiseen ajanmenekkiin verrattuna. Työntekijöiden väliset erot olivat kuitenkin suuria. Kolme metsuria kuudesta toista suoriutui työstä kyseistä ajanmenekkitasoa nopeammin, kun taas kahdella se ylittyi yli kaksinkertaisesti. Työmäärän yksikäsittelyn määrittämisen sijaan työmittausten menettelyt näyttivät usein toimivan eräänlaisena valtakirjana korkeamman taksatason käytölle tavoitellun päiväansion saavuttamiseksi.

Työmittaukseen panostus ei siten palvele alkuperäistä tarkoitusta vaan aiheuttaa ainoastaan lisäkustannuksia. Tilanne tiedostetaan yleisesti, mutta työmittaukseen ei näytä olevan kehitettävissä yksinkertaista ja toimivaa kontrollimenettelyä. Työmittauksesta voi syntyä epäilyjä silloinkin, kun objektiivisuuteen pyritään, mikä aiheuttaa paineita työnjohdon ja työntekijän välille ja huonontaa työilmapiiriä.

Urakkatyön ja työmittauksen vaihtoehtona voisi olla tuottavuustavoitteeseen perustuva palkka, jonka tasosta ja ehtona olevasta tuottavuustavoitteesta on sovittu työntekijäkohtaisesti. Tuottavuustavoite on haluttaessa määritettävissä myös osaurakkaperiaatteen tyyppisesti, ja mukaan on liitettävissä myös työn laatua koskevia tavoitteita. Tuottavuuden seuranta tällaista palkkausta käytettäessä edellyttää työpäiväkirjaa, jossa työntekijä ilmoittaa kunkin työmaan keston.

Tavoitteiden toteutumista voidaan seurata pistokokein, so. esimerkiksi arvoituilla työmailla mitataan poistuma ja verrataan koulutusaineiston mukaista ajanmenekkiä toteutuneeseen ajankäyttöön. Samalla voidaan inventoida työn laatu koealoilta. Koealamäärä on tarpeen mitoittaa sellaiseksi, että haluttu tarkkuus kyseisillä työmailla saavutetaan. Koealoilta voidaan myös laskea juuri kyseisen näytteen mukainen tarkkuustaso, ja tarvittaessa niitä voidaan mitata lisää tarkkuuden parantamiseksi.

Seuraavassa esitetään tällaisessa otannassa mahdollista menetelmää, ajanmenekkiä ja saavutettavissa olevaa tarkkuutta pitäen lähtökohtana 15 koealan mittaamista pistokokeena yhdeltä työmaalta tai hajauttaen koealamäärä 2 - 3 työmaalle. Esitys perustuu tutkimuksen tuloksiin.

#### 4.4.2 Mittausmenetelmä ja ajankäyttö

Työntekijäkohtaisen tuottavuustavoitteen pistokokein kontrolloitavaan seurantaan tulee vähien koealojen objektiivisen sijoittamisen ongelmien vuoksi kysymykseen ns. rasterimenetelmä, jota tutkimuksessa kokeiltiin. Tehdyn aikatutkimuksen tulosten perusteella laadittiin keskimääräinen ajanmenekkimalli, jolla rasteriotannan ajanmenekkiä voidaan tarkastella työmaan koon, koealojen lukumäärän ja poistetun puuston tiheyden pohjalta. Otantamenetelmää kuvataan lähemmin jäljempänä.

Kun työmaan koko on yksi hehtaari, mittaajia on yksi ja mitataan 20 m<sup>2</sup>:n koealoja, ajankäyttö on seuraava:

TAULUKKO 2. Rasteriotannan ajanmenekki.

Kantoja/koeala (poistuma/ha)	Koealoja työmaalla 5		Koealoja työmaalla 10	
	Poistetun puuston mittaus	Lisäksi työn laadun arviointi	Poistetun puuston mittaus	Lisäksi työn laadun arviointi
	Ajanmenekki, tuntia			
5 (2 500)	1.2	1,8	2.1	3.2
30 (15 000)	1.4	1.9	2.4	3.4
100 (50 000)	1.7	2.2	3.0	4.1

Jos työmaan koko kasvaa 10 hehtaariin, ajanmenekki kasvaa 35 minuutilla. Kahden mittaajan käyttö voi olla kannattavaa suurilla työmailla, jos koealoja otetaan paljon. Yhden ja kahden mittaajan välinen ajanmenekkiero on yhden hehtaarin työmaalla melko vähäinen, mutta työmaan koon suuretessa ero suurenee. Kymmenen hehtaarin työmaalla, jolla mitataan kymmenen koealaa, ajanmenekkiero on noin viidennes.

Mikäli tuottavuuden seurantaan liitetään työn laadun seuranta, ajanmenekki kasvaa viiden koealan mittauksessa puolisen tuntia ja kymmenen koealan mittauksessa noin yhden tunnin. On kuitenkin otettava huomioon, että pelkkä työn laadun seuranta vastaavalla koealaotannalla veisi aikaa miltei yhtä paljon kuin tuottavuuden seuranta.

Kun molemmat seurannat yhdistetään, työskentelymalliksi sopii kahden hengen ryhmä, jossa on mittaajan lisäksi mukana raivaussahatyöntekijä. Tutkimuksessa mittaajat kokeilivat menetelmää ensimmäistä kertaa, ja mm. valmistelu saattaisi nopeutua rutinoitumisen myötä. Toisaalta mittausmenetelmän läpikäyminen ja työn laadun määrittäminen raivaussahatyöntekijän kanssa yhdessä ei liene omiaan nopeuttamaan työskentelyä.

#### 4.4.3 Ajankäytön seurannan tarkkuus näytetyömailla

Metsurikohtaisesta aineistosta analysoitiin koealoittaisen vaihtelevuuden pohjalta, millaisiin hehtaaritaksan tarkkuuksiin näytetyömailla voidaan päästä pistokoeluonteisessa tuottavuuden seurannassa eri koealamääriä soveltamalla. Tarkastelussa olivat mukana neljän pisimmän työmaaketjun tehneen metsurin tai metsuriparin työmaat.

Jos tuottavuuden seuranta kohdistuu vain yhteen työmaahan, ja tämä osoitetaan epätasaiseksi, saadaan huono tarkkuus. Aineistosta selvitettiin myös tätä riskiä sekä miten sitä voidaan tasoittaa hajauttamalla pistokoe kahdelle tai kolmelle työmaalle.

Työmaan vaihtelevuuden mittalukuna käytettiin variaatiokerrointa, eli työmaan koealakohtaisen hehtaaritaksan hajonnan suhdetta sen keskitaksaan. Aiemmissa koeala-aineistoissa variaatiokertoimet ovat tavallisesti vaihdelleet välillä 60 - 90 %.

**Eniten työmaita** tehneen metsurin aineistossa (1) oli 12 työmaata, joiden pinta-ala oli yhteensä 11 ha. Koealoilta hinnoitellun taksan variaatiokerroin (hajonta/keskiarvo) vaihteli työmaittain 148 prosentista 40 prosenttiin. Ensin mainittua työmaata voidaan pitää sangen epätasaisena ja viimeainittua varsin tasaisena.

**Toiseksi pisin** työmaaketju (2) työmaita oli työparina työskennelleellä kahdella metsurilla, joilla oli yhdeksän työmaata, pinta-alaltaan yhteensä 26 ha. Heidän työmaillaan taksan variaatiokerroimet olivat 90 - 49 prosenttia.

Aineiston **kolmanneksi pisimmässä** työmaaketjussa (3) oli 7 työmaata. Työmaat olivat vaihtelevuudeltaan tasaisia ja melko samankaltaisia. Taksan variaatiokerroin vaihteli työmaittain 66 prosentista 47 prosenttiin.

**Neljänneksi pisimmän** työmaaketjun (4) tehneen metsurin aineiston 6 työmaalla taksan variaatiokerroin oli 101 - 51 prosenttia.

Jos otanta voitaisiin kohdistaa pinta-alojen suhteessa työmaaketjuille, säävutettaisiin yllä mainituissa tapauksissa seuraavat kokonaisajanmenekin tarkkuudet eri koealamäärillä.

TAULUKKO 3. Täysin hajautetun näytteen mukainen, laskennallinen kokonaisajanmenekin tarkkuus työmaaketjuissa

Työmaaketjut	Näytteen koealamäärä yhteensä		
	5	10	15
	Maksimivirhe % kahden kolmasosan luotettavuudella		
1	29	21	17
2	33	23	19
3	27	19	16
4	37	26	21

Viiden koealan otannan tarkkuus jäisi sangen karkeaksi näinkin vaatimattomalla, kuin kahden kolmasosan luotettavuustasolla. Viidentoista koealan otannalla lähes kaikista työmaaketjusta saataisiin vastaavasti parempi kuin 20 %:n tarkkuus. Koealojen hajauttaminen kaikille työmaille kohtaisi käytännöllisiä vaikeuksia, ja olisi mahdoton koealojen pienen määrän vuoksi.

Pistokoeluonteisessa otannassa tulokset koskevat työmaaketjujen kokonaisajanmenekin sijaan kyseisen työmaan tai työmaiden ajankäyttöä, ja yhden, kahden tai kolmen pistokoetyömaan tulosten tarkkuus riippuu siitä, missä määrin työketjun vaihtelevimmat tai tasaisimmat työmaat sattuvat otantaan.

Edellä kuvatuista työmaaketjuista pisimmässä (1), missä työmaaketjuun sisältyi jokunen erittäin vaihteleva työmaa, tarkkuusrajojen vaihtelu olisi ollut taulukon 4 mukainen.

TAULUKKO 4. Yhden, kahden ja kolmen pistokoetyömaan mukainen ajanmenekin tarkkuus pisimmässä työmaaketjussa.

Pistokoe- otannan näyte- työmaita	Näytteen koelamäärä yhteensä		
	5	10	15
	Maksimivirhe-% kahden kolmasosan luotettavuudella (riippuen näytetyömaan / työmaiden vaihtelevuudesta)		
Yksi	17.7 - 66.1	12.5 - 46.8	10.2 - 38.2
Kaksi	(19.3 - 53.2)	13.6 - 37.6	11.1 - 30.7
Kolme	(20.2 - 47.8)	14.3 - 33.8	11.7 - 27.6

Yhden työmaan pistokoeotokseen joutuessaan vaihtelevin työmaa olisi tuottanut melko epäluotettavan tuloksen vielä 15 koelalla. Kahden ja kolmen työmaan epäsuotuisimmatkin yhdistelmät olisivat tasoittaneet riskiä selvästi.

Aineiston kolmanneksi pisimmässä työmaaketjussa (3), missä työmaat olivat vaihtelevuudeltaan tasaisimpia ja eniten samankaltaisia, tarkkuusrajojen vaihtelu pistokoeluonteisessa otannassa olisi ollut selvästi vähäisempi:

TAULUKKO 5. Yhden, kahden ja kolmen pistokoetyömaan mukainen ajanmenekin tarkkuus kolmanneksi pisimmässä työmaaketjussa.

Pistokoe- otannan näytetyö- maita	Näytteen koelamäärä yhteensä		
	5	10	15
	Maksimivirhe-% kahden kolmasosan luotettavuudella (riippuen näytetyömaan / työmaiden vaihtelevuudesta)		
Yksi	20,9 - 29,4	14,8 - 20,8	12,1 - 17,0
Kaksi	(21,6 - 29,3)	15,3 - 20,7	12,5 - 16,9
Kolme	(22,5 - 29,3)	15,9 - 20,7	13,0 - 16,9

Pistokoeotoksessa epäsuotuisimmatkin työmaayhdistelmät olisivat tässä tapauksessa antaneet työmaiden samankaltaisen vaihtelevuuden takia hyviä tarkkuuksia. Otannan hajauttaminen olisi tasoittanut vaihtelevien työmaiden riskiä tuskin lainkaan. Kahden muun työmaaketjun tilanne muistutti enemmän tämän työmaaketjun (3) kuin ensin mainitun (1) tilannetta.

Pistokoeluonteisessa otannassa nyt esimerkkinä olleilla neljällä todellisella työmaaketjulla olisi kaikkiaan päästy esimerkiksi 15 koelalla keskimäärin viidenneksen–kuudenneksen tarkkuuteen kahden kolmasosan luotettavuudella eli tämän suuruiseen keskivirheeseen. Jos 15 koelan näytteeseen olisi osunut ketjun suurimman mahdollisen vaihtelun omaava työmaa tai työmaayhdistelmä, keskivirheet olisivat kasvaneet yleensä noin neljännekseen. Ainoastaan yhdessä esimerkkityömaaketjussa näytteen hajauttaminen kahdelle

tai kolmelle työmaalle olisi pienentänyt tästä aiheutuvaa riskiä. Riskin aleneminen olisi kuitenkin ollut tässä tapauksessa tuntuva.

Pienemmillä koealamäärillä seurannan tarkkuustaso vaikuttaa jäävän vaatimattomaksi. Näytteestä laskettavan keskiarvon keskivirheen perusteella olisi myös kuitenkin mahdollista ryhtyä työmaalla lisämittaukseen, jos sillä saavutettu tarkkuustaso todettaisiin liian karkeaksi. Eri näytetyömailla tehtäviä lisämittauksia taas saatettaisiin tarvita, jos esimerkiksi työn aikaiset sääolot tai työmaa muutoin todetaan poikkeuksellisiksi.

**LIITE 1**

Metsuri	Palkkaustapa, työmittausmenetelmä
Metsuri 1	Urakkapalkka, linjoittainen koealaotanta
Metsuri 2	Aikapalkka
Metsuri 3	Urakkapalkka, linjoittainen koealaotanta
Metsuri 4	Urakkapalkka, sovittu koealanäyte
Metsuri 5	Osaurakkapalkka, linjoittainen koealaotanta
Metsuri 6	Urakkapalkka, sovittu koealanäyte
Metsuri 7	Urakkapalkka, sovittu taksa
Metsuri 8	Urakkapalkka, sovittu koealanäyte
Metsuri 9	Urakkapalkka, sovittu koealanäyte
Metsuri 10	Urakkapalkka, sovittu taksa
Metsuri 11	Urakkapalkka, linjoittainen koealaotanta
Metsuri 12	Urakkapalkka, linjoittainen koealaotanta
Metsuri 13	Urakkapalkka, sovittu koealanäyte
Metsuri 14	Aikapalkka
Metsuri 15	Urakkapalkka, sovittu taksa
Metsuri 16	Aikapalkka



## TYÖMAAKOHTAISET TAKSAT VERTAILUMENETELMILLÄ

Huom! Koealoittaisten taksojen keskiarvot työmaittain

Työmaan nro	Keski-tiheys, runkoa/ha	Keski-järeys, cm	5-portainen taulukko, mk/ha	Funktio, mk/ha	Erotus, mk/ha
1	27 390	2,1	760	789	29
2	2 932	5,0	427	382	-46
3	9 189	2,4	332	338	6
4	8 567	2,2	335	344	10
5	14 378	2,4	533	540	7
6	18 870	2,1	666	665	0
7	11 485	1,6	330	359	28
8	25 053	2,1	798	719	-79
9	13 748	3,7	719	654	-65
10	6 674	2,5	357	365	7
11	17 636	2,6	833	797	-35
12	7 805	2,4	384	365	-19
13	8 216	1,9	304	321	16
14	24 837	2,1	380	382	3
15	11 696	2,7	515	527	12
16	13 415	2,7	609	564	-45
17	13 416	2,7	535	561	26
18	12 941	2,3	458	466	8
19	13 701	1,6	411	414	3
20	7 550	2,6	456	441	-15
21	5 962	2,8	323	328	5
22	6 538	2,6	286	298	12
23	3 814	2,7	228	232	4
24	9 000	2,0	312	318	6
25	12 642	2,2	535	550	15
26	9 760	1,9	403	416	12
27	17 596	1,6	617	627	10
28	18 780	1,7	583	631	47
29	10 711	2,7	474	474	0
30	7 797	2,3	380	403	23
31	3 951	3,3	299	296	-3
32	6 910	2,3	422	430	9
33	10 556	2,0	469	458	-11
34	8 065	2,4	453	433	-20
35	25 858	1,8	936	913	-23
36	9 962	2,9	515	479	-36
37	15 351	2,1	542	532	-10
38	38 472	2,5	1319	1403	84
39	27 942	2,1	923	953	30
40	7 794	2,3	372	370	-2
41	5 926	2,7	349	329	-20
42	4 631	2,0	279	263	-16
43	22 782	3,0	1072	1051	-21
44	14 905	2,6	628	650	21
45	11 478	2,2	304	331	27
46	57 551	1,7	1317	1601	284
47	9 989	2,8	467	484	18
48	15 008	2,8	698	701	3

Työmaan nro	Keski-tiheys, runkoa/ha	Keski-järeys, cm	5-portainen taulukko, mk/ha	Funktio, mk/ha	Erotus, mk/ha
49	7 964	3,4	395	383	-12
50	13 394	1,9	463	456	-7
51	12 859	1,7	361	370	9
52	14 928	2,9	723	706	-17
53	6 516	1,9	306	301	-4
54	10 368	2,0	416	400	-16
55	12 874	2,2	446	424	-22
56	4 957	2,7	252	238	-14
57	10 613	2,3	373	413	40
58	11 696	1,9	358	402	44
59	16 923	1,9	588	570	-18
60	32 915	2,1	1040	1023	-17
61	43 051	2,2	1486	1478	-8
62	26 120	2,6	1262	1288	26
63	10 594	2,4	480	490	10
64	17 042	2,3	512	503	-8
65	6 466	3,1	311	299	-11
66	14 595	2,0	546	502	-43
67	8 927	2,4	409	383	-26
68	18 992	2,0	691	682	-9
69	3 954	2,7	285	276	-9
70	16 566	1,5	458	467	9
71	19 230	1,8	553	548	-4
72	68 702	1,6	1359	1507	147
73	11 051	2,7	538	504	-35
74	25 416	2,4	1145	1054	-91
75	20 920	2,0	821	765	-57
76	14 511	2,4	551	570	19
77	8 785	2,9	512	475	-37
78	16 837	2,3	767	750	-17
79	7 184	1,9	304	327	23
80	8 549	2,6	453	450	-3
81	16 659	2,3	833	786	-48
82	8 484	1,6	608	618	10
83	8 688	1,6	353	363	10
84	5 936	3,5	366	392	26
85	21 609	2,4	904	845	-59
86	23 308	2,2	806	798	-8
87	14 208	2,2	676	647	-29
88	17 697	2,5	909	914	5
89	7 651	1,9	326	321	-5
90	6 466	2,2	300	321	21
91	27 589	2,4	1029	1165	136
92	6 579	2,2	301	321	20
93	11 218	1,9	468	434	-34
94	9 444	2,4	414	423	9
95	16 677	3,0	873	893	20
96	21 491	2,0	762	728	-34
97	21 100	2,2	712	745	33
98	26 470	1,5	585	638	53
99	40 377	1,5	816	868	51
100	31 244	1,9	863	833	-30

Työmaan nro	Keski- tiheys, runkoa/ha	Keski- järeys, cm	5-portainen taulukko, mk/ha	Funktio, mk/ha	Erotus, mk/ha
101	5 764	3,7	449	442	-7
102	14 837	2,4	597	613	16
103	7 047	3,2	522	500	-21
104	6 841	2,8	379	393	14
105	6 655	2,6	310	308	-2
106	25 355	2,0	822	800	-22
107	9 261	2,2	396	418	21
108	13 068	2,7	584	592	8
109	16 133	1,4	439	446	7
110	5 303	2,3	268	271	3
111	12 913	1,7	460	472	12
112	24 461	1,7	706	716	10
113	19 153	2,5	506	568	61
114	22 998	2,1	660	619	-41
115	16 158	2,9	602	588	-15
116	13 258	2,2	524	527	3
117	21 637	1,4	529	541	12
118	16 903	2,2	616	598	-18
119	18 774	1,2	421	420	-1
120	20 325	2,2	618	625	8
121	20 304	1,8	654	645	-9
122	8 310	2,2	332	354	23
123	9 022	2,2	415	420	5
124	29 287	1,8	799	805	6
125	13 921	2,1	493	503	10
126	17 079	2,2	595	556	-39
127	22 411	2,2	744	708	-36
128	6 161	1,9	274	277	4
129	18 915	1,8	557	566	10
130	24 461	2,1	867	877	10
131	15 163	2,5	562	562	0
132	7 819	2,4	420	405	-15
133	37 060	1,7	927	925	-3
134	25 057	3,2	1481	1297	-185
135	20 930	2,8	949	888	-61
136	13 589	2,7	545	517	-28
137	26 077	2,0	924	837	-87
138	31 574	2,1	786	872	85
139	9 955	4,0	899	867	-32
140	9 173	2,7	428	411	-17
<b>Keskim.</b>	<b>15 705</b>	<b>2,3</b>	<b>584</b>	<b>584</b>	<b>0</b>