

Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus

Mechanized cutting and forest haulage

Pekka-Juhani Kuitto
Sirkka Keskinen
Jarmo Lindroos
Teppo Oijala
Juha Rajamäki
Tapio Räsänen
Jari Terävä

METSÄTEHO

Metsäteollisuus ry:n puunhankinnan ja puuntuottamisen
tutkimus- ja kehitysosasto

*R&D Department for Wood Procurement and Production
of the Finnish Forest Industries Federation*

PUUTAVARAN KONEELLINEN HAKKUU JA METSÄKULJETUS

Mechanized cutting and forest haulage

Pekka-Juhani Kuitto
Sirkka Keskinen
Jarmo Lindroos
Teppo Oijala
Juha Rajamäki
Tapio Räsänen
Jari Terävä

METSÄTEHO

PL 194 (Unioninkatu 17) 00131 HELSINKI
puh. (90) 132 521 faksi (90) 659 202

Metso Oy, Helsinki, Finland

METSO

Metso Oy, Helsinki, Finland
Metso Oy, Helsinki, Finland
Metso Oy, Helsinki, Finland
Metso Oy, Helsinki, Finland

PUTAUKSEN KONEELLINEN HAKKU JA
METSÄKULJETUS

Metso Oy, Helsinki, Finland

Metso Oy, Helsinki, Finland
Metso Oy, Helsinki, Finland
Metso Oy, Helsinki, Finland
Metso Oy, Helsinki, Finland
Metso Oy, Helsinki, Finland
Metso Oy, Helsinki, Finland

ALKUSANAT

Hakkuukoneiden ja metsätraktoreiden tuottavuus- ja ajanmenekkiperusteita käsitteleviä tutkimuksia on Metsätehossa tehty runsaasti, mutta epäsäännöllisin väliajoin. Vuoden 1990 alussa aloitettiin Koneyrittäjien liitto r.y:n ja silloisen Metsäalan Kuljetuksen-antajien aloitteesta koneellista hakkuuta ja metsäkuljetusta koskeva, vuosittain toistuvaksi tarkoitettu, ns. metsäkoneiden jatkuva maksuperustetutkimus. Sen tavoitteena oli tuottaa ajantasaista tietoa korjuumenetelmien, -olosuhteiden ja konekannan sekä niiden kehittymisen vaikutuksista konetyön tuottavuuteen.

Koneyrittäjien ja urakanantajien välisen maksusopimuskäytännön muututtua aineistojen keruu keskeytettiin vuonna 1992. Tässä tiedotuksessa esitetään kooste projektin tuottamista tutkimustuloksista. Ne kuvaavat suhteellisen kattavasti korjuumenetelmien ja olosuhteiden vaikutusta senhetkisen konekannan ajanmenekki- ja tuottavuusrakenteisiin. Sen sijaan olosuhteiden, menetelmien ja konekannan kehittymisen vaikutuksia tuottavuuskehitykseen ei lyhyeksi jääneestä tutkimusajasta johtuen voitu selvittää.

Pekka-Juhani Kuitto toimi projektin vetäjänä ja tutkimusjulkaisun kokoajana. Jarmo Lindroos ja Jari Terävä ovat laatineet hakkuun aikatutkimuksia koskevan osan ja Sirkka Keskinen vastaavan osan metsäkuljetuksesta. Seurantatutkimusta ja sen tuloksia koskevan osuuden on kirjoittanut Tapio Räsänen ja tutkimustulosten käytännön sovelluksia koskevan osan Teppo Oijala ja Juha Rajamäki.

Helsingissä helmikuussa 1994

Erkki Alalammi

TIIVISTELMÄ	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Projektin tausta ja tavoitteet	7
2 PROJEKTIN TOTEUTUS	7
2.1 Tutkimuskaudet ja koneiden valinnat	7
2.2 Tutkimusmenetelmät	8
2.3 Aineistojen keruu	9
2.3.1 Ajanmenekkitiedot	9
2.3.2 Puutavaran mittaukset	9
2.4 Laskentamenetelmät	9
2.4.1 Koneellinen hakkuu	9
2.4.2 Metsäkuljetus	10
3 TUTKIMUSAINEISTOT	11
4 TUTKIMUSTULOKSET: KONEELLINEN HAKKU	14
4.1 Aikatutkimus	14
4.1.1 Siirtyminen	14
4.1.2 Monitoimiosan vienti ja puun kaato	15
4.1.3 Karsinta ja katkenta	15
4.1.4 Järjestelyt ja häiriöt	17
4.1.5 Tehoajanmenekit	17
4.1.6 Alikasvoksen poisto	18
4.1.7 Keskeytykset (alle 15 min)	18
4.2 Seurantatutkimus	19
4.2.1 Seuranta-ajat ja jakaumat	19
4.2.2 Työmaaolosuhteet	19
4.2.3 Käyttöajat ja tuotantoaikojen rakenteet	19
4.2.4 Työajan rakenne	20
4.2.5 Siirrot	20
4.2.6 Työvuorojen pituudet	21
4.2.7 Tuottavuudet	21
4.2.8 Käyttöasteet	22
5 TUTKIMUSTULOKSET: METSÄKULJETUS	23
5.1 Aikatutkimus	23
5.1.1 Työposteestä kuormattava puutavaramäärä	23
5.1.2 Kuorman koko	23
5.1.3 Tyhjänä- ja kuormattuna-ajo	24
5.1.4 Kuormaus ja kuormausajo	25
5.1.5 Purkaminen varastolla	25
5.1.6 Tehoajanmenekit	26
5.1.7 Keskeytykset (alle 15 min)	27

5.2	Seurantatutkimus	27
5.2.1	Seuranta-ajat ja jakaumat	27
5.2.2	Työmaaolosuhteet	27
5.2.3	Käyttöajat ja tuotantoaikojen rakenteet	27
5.2.4	Työajan rakenne	27
5.2.5	Siirrot	28
5.2.6	Työvuorojen pituudet	28
5.2.7	Tuottavuudet	29
5.2.8	Käyttöasteet	30
6	TULOSTEN SOVELTAMINEN	31
6.1	Mihin ajanmenekki- ja tuottavuustietoja tarvitaan?	31
6.2	Koneellinen hakkuu	31
6.3	Metsäkuljetus	33
7	TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT	35
	KIRJALLISUUTTA - References	37
	Summary	38
LIITE 1	Tutkimuskoneet kausittain ja alueittain Tutkimuskoneet urakanantajittain	
LIITE 2	Metsätyöntutkimuksen ajanjaottelu	
LIITE 3	Hakkuukoneiden seurantajaksot ja valmistetut puumäärät koneittain	
LIITE 4	Seurannan työmaaolosuhteet (koneellinen hakkuu)	
LIITE 5	Seurannassa hakatut puutavaralajit koneittain ja yhteensä (koneellinen hakkuu)	
LIITE 6	Työmaiden väliset ja huoltopisteiden siirrot (koneellinen hakkuu)	
LIITE 7	Koneellisen hakkuun käyttötuntituotokset	
LIITE 8	Metsäkuljetuksen tehoajanmenekit	
LIITE 9	Metsäkuljetuksen seurantajaksot	
LIITE 10	Seurannan työmaaolosuhteet (metsäkuljetus)	
LIITE 11	Seurannassa kuljetetut puutavaralajit koneittain ja yhteensä (metsäkuljetus)	
LIITE 12	Työmaiden väliset ja huoltopisteiden siirrot (metsäkuljetus)	
LIITE 13	Metsäkuljetuksen käyttötuntituotokset	

TIIVISTELMÄ

Metsäkoneiden jatkuvan maksuperustetutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa puunkorjuussa käytettävien hakkuukoneiden ja metsätraktoreiden tuottavuuksista ja ajanmenekkirakenteista. Tavoitteena oli edelleen selvittää, miten puunkorjuumenetelmien ja konekannan kehitys vaikuttaa vuosittain konetyön ajanmenekkeihin ja tuottavuuksiin erilaisissa leimikko- ja puunkorjuuoloissa eri puolilla Suomea. Projekti tehtiin yhteistyössä Koneyrittäjien liitto r.y:n (KL) ja Metsäalan Kuljetuksenantajien (MKA) kanssa.

Maan eri puolilta arvottujen hakkuukoneiden ja metsätraktoreiden työ oli jatkuvan seurannan ja aikatutkimusten kohteena. Projektin ensimmäisen tutkimuskauden kenttäaineistojen keruu kesti keväästä 1990 alkukesään 1991, ja tulokset luovutettiin sopijapuolille syyskuussa 1991. Toisen kauden aineistot kerättiin elokuusta 1991 vuodenvaihteeseen 1991/1992, jolloin kenttätyöt keskeytettiin maksusopimuskäytännön muututtua. Molempien tutkimuskausien tuloksia on analysoitu uuden sopimuskäytännön vaatimiin tarpeisiin. Tulokset on luovutettu tutkimuksen tilaajille sekä Metsätehon jäsenyrityksille. Lisäksi tutkimukseen osallistuneille koneyrittäjille toimitettiin tulokset heidän omista koneistaan. Tutkimustuloksia on käytetty hyväksi myös Metsätehon rakentamissa koneellisen hakkuun ja metsäkuljetuksen kustannuslaskentamalleissa sekä Metsätehon muussa tutkimustoiminnassa.

Koneellisen hakkuun tuottavuus oli keskimäärin hieman suurempi kuin aiemmissa maksuperusteselvityksissä. Harvennus- ja päätehakkuiden tuottavuuksien ero oli samoin aiempaa suurempi. Rungon koko vaikutti tuottavuuteen aiempaa enemmän. Puulajien väliset tuottavuuserot olivat pienentyneet. Mäntyjen ja kuusien hakkuu oli lähes yhtä nopeaa, kun rungon koko oli alle 0.400 m^3 . Kun rungon koko oli suurempi, mäntyperäisen hakkuu oli hitaampaa. Lehtipuiden hakkuu oli päätehakkuussa hieman hitaampaa kuin

havupuiden ja harvennushakkuussa yhtä nopeaa tai nopeampaa. Valmistettaessa lyhyttä havukuitupuuta hakkuun tehoajanmenekki oli päätehakkuussa 6 - 12 % ja harvennushakkuussa 4 - 10 % suurempi kuin valmistettaessa pitkää kuitupuuta. Alle 15 minuutin keskeytysten osuus oli 17.2 % käyttöajasta. Koneellisen hakkuun käyttötuntituotos oli keskimäärin 13.9 m^3 . Päätehakkuutömailla tuotos oli Etelä-Suomessa 17.2 m^3 ja Pohjois-Suomessa 11.2 m^3 ja harvennuksissa vastaavasti 10.0 m^3 ja 7.8 m^3 . Hakkuukoneiden tekninen käyttöaste oli 81 % ja toiminnallinen käyttöaste 74 %.

Metsäkuljetuksessa kuormien koot olivat aiempiin tutkimustuloksiin verrattuna hieman suuremmat ja tuottavuus oli parantunut selvästi kaikkien puutavaralajien osalta sekä harvennusta päätehakkuussa. Sahatukkien kuorman koot olivat koneellisen hakkuun jälkeen keskimäärin 12.8 m^3 ja manuaalisen hakkuun jälkeen 11.9 m^3 . Noin 5-metrinen havukuitupuun kuormat olivat vastaavasti 11.6 m^3 ja 10.2 m^3 , ja noin 3-metrinen havukuitupuun 10.0 m^3 ja 8.2 m^3 . Hakkuutapa ei vaikuttanut merkittävästi kuormien kokoihin, mutta kylläkin metsäkuljetuksen tuottavuuteen. Havusahatukkien metsäkuljetus oli koneellisen päätehakkuun jälkeen kesällä 11 - 14 % ja talvella 9 - 17 % nopeampaa kuin manuaalisen hakkuun jälkeen. Talvella noin 5-metrinen havukuitupuun metsäkuljetus koneellisen hakkuun jälkeen vastasi ajanmenekiltään havusahatukkien kuljetuksen ajanmenekkiä manuaalisen päätehakkuun jälkeen. Hitainta oli pitkän kuitupuun kuljetus manuaalisen hakkuun jälkeen. Alle 15 min:n keskeytysten osuus oli kesällä 6.5 % ja talvella 8.6 % käyttöajasta. Metsäkuljetuksen käyttötuntituotos oli päätehakkuissa keskimäärin 17.2 m^3 koneellisen hakkuun jälkeen ja 12.1 m^3 manuaalisen hakkuun jälkeen. Harvennushakkuissa tuotokset olivat vastaavasti 12.5 m^3 ja 10.6 m^3 . Traktoreiden tekninen käyttöaste oli 90 % ja toiminnallinen 82 %.

Asiasanat: puunkorjuu, koneellinen hakkuu, metsäkuljetus, metsätyö

1 JOHDANTO

1.1 Projektin tausta ja tavoitteet

Metsäkoneyrittämisen ja urakanantajien puunhankinnan taloudellisen suunnittelun on perustuttava mahdollisimman ajantasaisiin ja todenmukaisiin tietoihin. Luotettavien perustietojen määrällinen ja laadullinen tarve on entisestään korostunut, kun sekä metsäkoneet ja korjuumenetelmät että puunhankinnan yritys- ja sopimusmuodot ovat kehittyneet voimakkaasti. Lisäksi puunkorjuun koneellistaminen on edennyt nopeasti myös harvennushakkuihin.

Koneyrittäjien liitto r.y (KL), Metsäalan Kuljetusenantajat (MKA) ja Metsäteho käynnistivät talvella 1989 selvitystyön puunkorjuuta koskevien maksuperustetutkimusten kehittämiseksi vastaamaan aiempaa paremmin käyttötarpeita. Uusi, yhteisesti hyväksytty tutkimuskäytäntö aloitettiin helmikuussa 1990, ja se kohdistettiin puutavaran koneelliseen hakkuuseen ja metsäkuljetukseen.

Projektia varten perustettiin osapuolten edustajista johtoryhmä, joka ohjasi projektia, osallistui sen suunnitteluun ja tuki Metsätehoa hankkeen toteuttamisvaiheissa. Ryhmään kuuluivat Simo Jaakkola, Matti Kaaja, Pekka Kauranen, Osmo Koski, Markku Laaksonen, Harri Rumpunen ja Osmo Saarivuori sekä Metsätehosta Mikko Kahala ja Pekka-Juhani Kuitto.

Metsäkoneiden jatkuvan maksuperustetutkimuksen tavoitteena oli pitempiaikaisen koneiden seurannan ja toistuvien aikatutkimusten avulla tuottaa ajantasaista, korjuumenetelmien sekä olosuhteiden muutokset huomioonottavaa tietoa puunkorjuussa käytettävien koneiden tuottavuuksista ja konetyön ajanmenekkirakenteista. Tavoitteena oli edelleen selvittää, miten puunkorjuumenetelmien ja konekannan kehitys vaikuttavat vuosittain koneiden ajanmenekkeihin ja tuottavuuksiin erilaisissa leimikko- ja korjuuoloissa eri puolilla Suomea. Koneyrittämisen liiketoiminnan kustannusrakenteisiin tutkimus ei puuttunut.

2 PROJEKTIN TOTEUTUS

2.1 Tutkimuskaudet ja koneiden valinnat

Tutkimuksen kohteena olleet hakkuukoneet ja kuormatraktorit valittiin vuosittain arpomalla. Ensimmäisen tutkimuskauden (1990/1991) koneet arvottiin maaliskuussa 1990. Kenttätöyt kestivät kevästä 1990 alkukesään 1991. Kauden aikana tutkittiin eri puolella Suomea 16 hakkuukoneen ja 15 kuormatraktorin työskentelyä.

Toisen tutkimuskauden (1991/1992) koneet arvottiin 31.5.1991: 14 hakkuukonetta ja 15 kuormatraktoria. Sopimusmenettelyn muutoksen johdosta elokuussa aloitetut kenttätöyt lopetettiin vuodenvaihteessa 1991/1992.

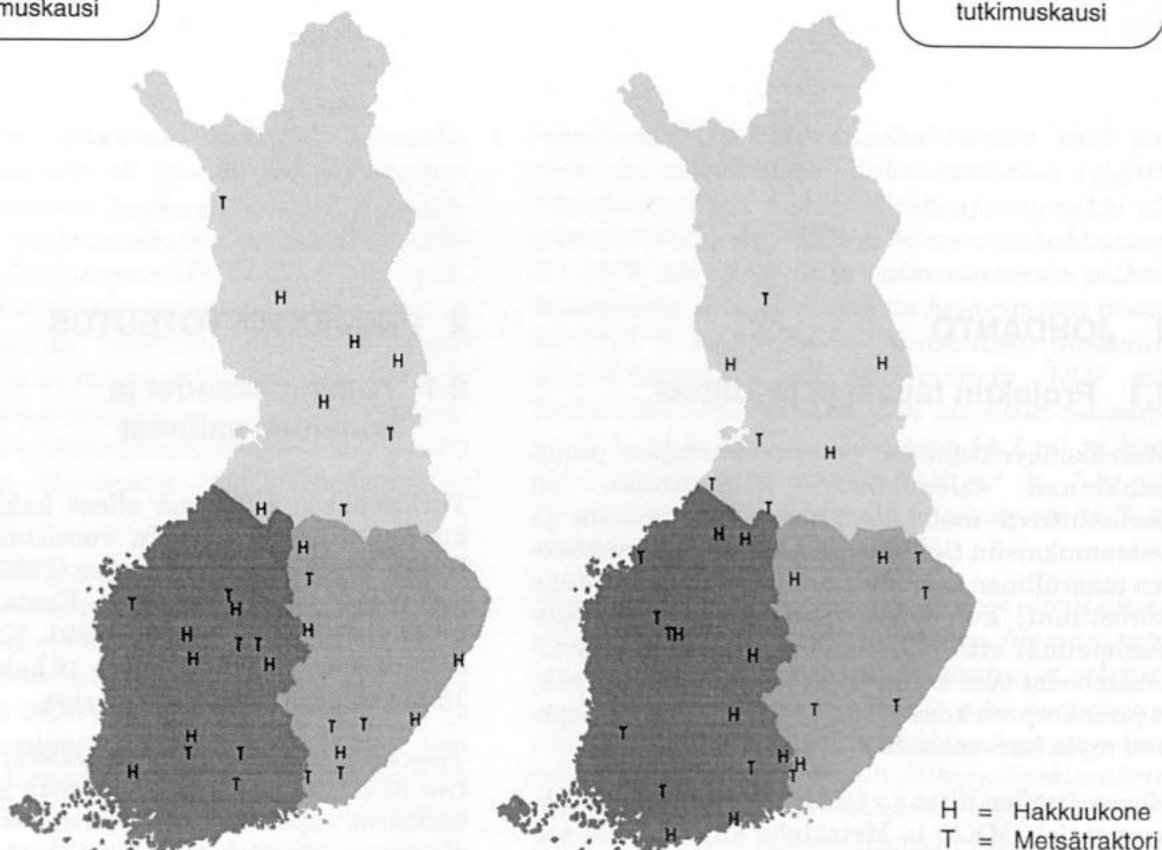
Tutkittavat koneet olivat yrittäjien omistamia ja vuosimalliltaan enintään kolmen vuoden ikäisiä hakkuukoneita ja kuormatraktoreita. Koneet arvottiin arpomisvuotta edeltäneen vuoden viiden eniten Suomessa myydyin konemerkin joukosta niiden myyntimäärien suhteessa. Konemerkkien valinnassa käytettiin perustana Metsätehon vuosittain keräämää "Metsäkoneiden myyntitilastoa". Tilastoa täydennettiin koneenvalmistajilta ja/tai -myyjiltä saaduilla tiedoilla.

Tutkittavien koneiden valinnassa noudatettiin suuralueittaista jakoa, joka painottui alueittain korjatun puumäärän mukaan (kuva 1). Alueet muodostettiin siten, että Itä-Suomeen kuului viisi itäisintä metsälautakuntaa ja Pohjois-Suomeen neljä pohjoisinta. Muut metsälautakunnat kuuluivat Länsi-Suomeen. Yhteensä tutkimuksessa oli 60 konetta.

Kaikki hakkuukoneet olivat kuormainharvestereita. Harvestereista kaksi oli kaivinkonealustaisia. Pienharvestereita ei tutkittu. Tutkittavat traktorit olivat keskikokoisia ja pitkäulotteisella kuormaimella varustettuja kuormatraktoreita (liite 1).

Ensimmäinen
tutkimuskausi

Toinen
tutkimuskausi



Kuva 1. Tutkimuskoneiden sijainti alueittain ja kausittain

2.2 Tutkimusmenetelmät

Kaikki kuormainharvesterit ja kuormatraktorit olivat molempina tutkimuskausina toistuvien aikatutkimusten kohteina. Jatkuvassa seurannassa oli puolestaan ensimmäisenä kautena 14 harvesteria ja 13 traktoria ja toisena kautena 12 harvesteria ja 11 traktoria.

Aikatutkimukset tehtiin vertailevana kelloaikatutkimuksena, johon sisältyi puumäärien ja työmaiden olosuhde- ja työvaikeustekijöiden mittaukset. Jokaista konetta pyrittiin tutkimaan useilla, olosuhteiltaan erilaisilla työmailla. Tutkimuksessa noudatettiin aikatutkimusmenettelyä, jossa yksittäisen koneen työskentelyä seurattiin työnvaiheittain. Aikatutkimusten tavoitteena oli selvittää, miten työmaaolosuhteet ja työvaikeustekijät vaikuttavat konetyön ajanmenekkisuhteisiin ja tehollisen työajan rakenteisiin.

Seurantatutkimukset kohdistuivat koneiden kokonaisajankäytön ja sen rakenteen selvittämiseen työmailla ja niiden ulkopuolella. Tavoitteena oli selvittää koneiden käyttöasteet sekä ajankäyttötasot ja -jakaumat ja tuottavuudet eri hakkuuolosuhteissa. Seurannan yhteydessä selvitettiin myös keskeytysten ja työmaiden välisten siirtojen osuus työajasta. Samoin selvitettiin huolto- ja korjaustoiminnan rakenne ja koneseisokkien määrä ja syyt.

Aika- ja seurantatutkimustuloksissa esitetyt työaikojen määritykset perustuvat yhteispohjoismaiseen metsätyöntutkimuksen käsitteistö- ja termisuositukseen (NSR 1978). Määritykset ja ajanjaottelut on esitetty liitteessä 2.

2.3 Aineistojen keruu

2.3.1 Ajanmenekkitiedot

Aikatutkimusaineistojen keruun ja siihen liittyvän puutavaran mittauksen ohjauksen hoitivat Metsätehon työntutkijat. Työmaiden puusto- ja maastovaikeustekijät luokiteltiin valtakunnallisten luokitusohjeistojen mukaisesti (MKA/KL:n ohjemaksut 1989 - 1991).

Seuranta-aineistot kerättiin työmaittain Metsätehon opastuksella ja valvonnassa. Koneisiin asennettujen tärinäkellojen avulla rekisteröitiin koneiden työajat ja keskeytykset. Kuljettajat kirjaisivat lisäksi erillisille työmaalomakkeille työaikansa ja keskeytykset syineen. Lomakkeille merkittiin myös työmaiden välisten siirtojen tiedot, työvuorojen alkamis- ja päättymisajat, huolto- ja korjausajat sekä koneiden korjaamo- ja seisonta-ajat. Työnjohto täytti työmaakohtaiset hakkuutapa- ja työvaikeustiedot sekä tiedot hakatuista tai kuljetetuista puutavaralajimääristä.

2.3.2 Puutavaran mittaukset

Aikatutkimusten yhteydessä käsitelty puutavaramäärä pyrittiin määrittämään riittävän tarkasti niin, ettei mittaus vaatinut kohtuuttomasti työtä. Mittaukset tehtiin tutkimuspalstoittain ja yleensä urakanantajan toimesta.

Koneellisessa hakkuussa kaikki rinnankorkeusläpimitaltaan yli 13 cm:n puut merkittiin 2 cm:n tassaavan luokituksen mukaan pahvilapuilla runkoihin ennen aikaututkimusta. Niitä pienempien puiden läpimittaluokat työntutkija arvioi silmävaraisesti aikaututkimusta tehdessään. Jotta läpimitan merkitseminen ei vaikuttaisi poistettavien puiden valintaan, merkittiin myös harvennushakkuissa kaikki puut em. tavalla.

Runkojen tilavuuden määrittämisessä käytettiin pystymitatuissa leimikoissa PMP-mittauksen mukaisia läpimittaluokittaisia yksikkötilavuuksia. Jälkimittausleimikoissa runkojen tilavuuksien määrittämistä varten mitattiin koepuuotantana puulajeittain ja rinnankorkeusläpimittaluokittain pituushavaintoja, jotka tasoitettiin Näslundin mallilla. Runkojen käyttöosien tilavuudet laskettiin läpimittojen ja tasoitettujen pituusfunktioiden avulla.

Metsäkuljetuksessa kuormassa kuljetetun puutavaran tilavuus määritettiin pölkkyjen lukumäärän ja keskimääräisen tilavuuden perusteella. Pölkkyjen lukumäärä luettiin puutavaralajeittain

kuormauksen yhteydessä jokaisesta kuormaustaa-kasta. Pölkkyjen tilavuudet määritettiin koepuupölkkyjen otantamittauksina kuormittain varastopinoista. Otannan tavoitteena oli selvittää työmaalta kuljetettu puumäärä tavaralajeittain 90 %:n tilastollisella varmuudella.

Otanta kohdistettiin määräväliotantana niihin pinnon päällä oleviin pölkkyihin, joiden mittaaminen oli mahdollista pinoa hajoittamatta. Otospölkkyjen määrä riippui aikaututkimusjakson aikana ajettujen pölkkyjen lukumäärästä ja niiden tilavuuksien vaihtelusta. Pölkkyjen pituus mitattiin 1 cm:n tarkkuudella. Tukkien latvaläpimita mitattiin kuoren päältä vaakasuoraan enintään 3 cm:n päästä latvaleikkauksesta 1 cm:n tarkkuudella. Kuitupuun keskusläpimita mitattiin samoin kuoren päältä vaakasuoraan 1 cm:n tarkkuudella. Myös tyvipölkkyt kirjattiin.

Sahapuupölkkyt kuutioitiin Mittausneuvoston hyväksymän järeiden puutavarapölkkyjen kiintomittausohjeen mukaan. Kuitupuupölkkyt kuutioitiin keskusläpimitan, pituuden ja keskusmuotoluvun mukaan. Laskennassa käytettiin keskusmuotolukuja, joiden arvoon vaikuttavat puulaji, keskipituus ja tyvipölkkyjen osuus pölkkyjen lukumäärästä (Kärkkäinen 1982). Aikatutkitun puuerän kokonaistilavuus puutavaralajeittain määritettiin kertomalla kuljetettujen pölkkyjen lukumäärä koepuupölkkyjen keskitilavuudella.

Seurantatutkimuksessa mittaus-tiedot kirjattiin työmaittain. Työnjohto merkitsi puutavaralajien tunnistetiedot ja toteutuneet kuutiomäärät lomakkeelle aina työmaan valmistuksen tai ajon päättyttyä.

2.4 Laskentamenetelmät

2.4.1 Koneellinen hakkuu

Aikatutkimustulosten laskennassa keskityttiin oleellisten hakkuun ajanmenekkiin vaikuttavien tekijöiden analysointiin. Koneellisessa hakkuussa ne olivat hakkuutapa, puulaji, poistettavien puiden tiheys ja runkojen koko, maastoluokka, lumen määrä ja vuodenaika. Lisäksi tarkasteluissa oli mukana puutavaran mittausmenetelmä, koneen käyttämä kasausmenetelmä, mahdollinen puuston kaksijaksoisuus, alikasvoksen määrä ja harvennuksissa poistettavien puiden valintatapa sekä jäävän puuston tiheys.

Koska toinen tutkimuskausi jäi lyhyeksi, eri olosuhteiden vaikutukset konetyön ajanmenekkeihin määritettiin pääosin vertailukelpoisuudeltaan ja

määrältään huomattavasti laajemman ensimmäisen kauden aineistojen perusteella. Toisen tutkimuskauden aikatutkimusaineistoa käytettiin tarkistusaineistona mm. määritettäessä rungonkoon ja puulajin vaikutuksia hakkuun ajanmenekkiin.

Aikatutkimustulokset analysoitiin vertailevan aikatutkimuksen periaatteen mukaisesti eli tarkasteltiin saman kuljettajan ja koneen työajanmenekkejä eri olosuhteissa. "Perusolosuhde", johon muita olosuhteita verrattiin, määritettiin kullekin työnvaiheelle yleisimmän hakkuuolosuhteen mukaisesti.

Konetyöhön vaikuttavien muuttujien vertailuja tehtiin sekä saman työmaan sisällä että työmaiden välillä. Työvaikeustekijöiden kuten maaston, puulajin ja rungonkoon vaikutukset analysoitiin työmaittain, jolloin vertailut voitiin tehdä jokaisesta aikatutkimuksessa mukana olleesta työmaasta, jossa esiintyi ko. työvaikeustekijöiden vaihtelua. Muiden tekijöiden kuten hakkuutavan, kuitupuun pituuden, tiheyden ja lumen vaikutukset analysoitiin puolestaan saman kuljettajan työskentelystä erilaisilla työmailla. Poikkeuksena oli hakkuutavan vaikutus työpisteittäisiin siirtymisiin, mikä laskettiin yhteisenä kullekin hakkuutavalle.

Aineistojen hyödyntämiseksi tehokkaammin eri olosuhteita vertailtiin työnvaiheittain. Työnvaiheittaisen vertailun tehokkuus perustuu siihen, että tarkastelu voidaan keskittää niihin olosuhdetekijöihin, joilla on merkitystä tarkasteltavan työnvaiheen ajanmenekkiin. Esimerkiksi rungonkoko ei vaikuta siirtymisen ajanmenekkiin, mutta karsinnan ja katkonnan ajanmenekkiin se vaikuttaa merkittävästi. Koneellisen hakkuun työnvaiheet jaoteltiin seuraavasti:

- Hakkuukoneen siirtyminen työpisteestä toiseen
- Monitoimiosan vienti puulle ja puun kaato
- Rungon karsinta ja katkonta
- Järjestely ja häiriöt
- Alikasvoksen poisto
- Keskeytykset (alle 15 min)

Laskennassa suojus- ja siemenpuuasentoon hakkuu sekä avohakkuu yhdistettiin päätehakkuuksi ja ensiharvennus muihin harvennuksiin.

Seurantaosan laskenta toteutettiin ensin konekohtaisesti työmaittain, minkä jälkeen ajanmenekki- ja tuottavuustiedot yhdistettiin koneen seurantatulokseksi. Seuraavaksi ryhmiteltiin tulokset työmaaolosuhde- ja työvaikeustekijöiden

sekä alueiden perusteella. Näistä laskettiin tarvittavien muuttujien suhteessa ryhmittäiset tulokset. Tulokset eriteltiin lisäksi työmaiden lukumäärällä, puumäärällä ja työaikajakaumilla painotettuina.

Länsi- ja Itä-Suomen tulokset yhdistettiin (= Etelä-Suomi). Seuranta-aineistot laskettiin tutkimuskausittain erikseen. Tulokset esitetään kuitenkin erikseen vain niissä tapauksissa, joissa ajanmenekki- tai tuottavuustulokset poikkesivat kausittain merkittävästi toisistaan.

2.4.2 Metsäkuljetus

Metsäkuljetuksessa aikatutkimus rajattiin karsitun puutavaran kuljetuksen tutkimiseen. Olennaiset ajanmenekkiin vaikuttavat tekijät ovat hakkuutapa, hakkuumenetelmä (koneellinen/ihmistyövaltainen), ajomatka, kuljetetut puutavaralajit, tiheys, maastoluokka, lumen määrä ja vuodenaika (sula maa, lumi/routa, kelirikko).

Laskenta perustui työnvaiheittaisiin ajanmenekkitarkasteluihin. Metsäkuljetuksen työnvaiheet jaoteltiin seuraavasti:

- Ajo tyhjänä
- Kuormaus
- Kuormausajo (siirtyminen työpisteestä toiseen)
- Ajo kuormattuna
- Purkaminen varastolla
- Keskeytykset (alle 15 min)

Tulosten vertailuja tehtäessä laskettiin ensin kuorma- ja menetelmäkohtaiset tulokset kullekin työmaalle. Tämän jälkeen tehtiin olosuhteiden väliset työnvaiheittaiset ajanmenekkitarkastelut. Eri työnvaiheiden tarkasteluissa olivat mukana vain ne olosuhdetekijät, joilla oli merkitystä vaiheen ajanmenekkiin. Kokonaisajanmenekit saatiin laskemalla yhteen toisiinsa suhteutetut työnvaiheittaiset ajat.

Aineistojen laskennassa kuormat luokiteltiin kuormassa enemmistönä olleen puutavaralajin mukaisesti. Lyhyen ja pitkän kuitupuun rajana oli 3.6 m. Mänty ja kuusi yhdistettiin havupuutavaraksi tavaralajeittain.

Metsäkuljetuksessa seuranta-aineiston laskentamenetelmät ja ryhmittelyjen periaatteet olivat samat kuin koneellisessa hakkuussa.

3 TUTKIMUSAINEISTOT

Koneellisen hakkuun aikatutkimusaineisto käsitti ensimmäisenä kautena 103 ja toisena kautena 29 työmaata, joilta kerättiin aikatutkimustietoa yhteensä 34 669 rungon valmistuksesta eli 10 756 m³. Työmaista 46 tehtiin talvikautena, 84 sulan maan kautena ja kaksi työmaata kelirikkoaikana (taulukko 1).

Toisen tutkimuskauden aikatutkimusaineistossa oli kaksi "puistomaista" harvennushakkuutyömaata, joissa rungon järeys ja poistuman tiheys

poikkesivat merkittävästi tavanomaisista harvennushakkuista. Nämä työmaat käsiteltiin laskennassa erikseen.

Seuranta-aineistoa saatiin yhteensä 585 työmaalta, joista ensimmäisellä kaudella oli 430 ja toisella kaudella 155 työmaata (taulukko 2). Seurattu puumäärä oli yhteensä 368 532 m³. Päätehakkuutyömaita oli 84 % lukumäärästä ja 90 % puumäärästä. Harvennushakkuutyömaiden osuus oli vastaavasti 12 % ja 8 %. Loput työmaista olivat ylispuiden poistoa tai muuta hakkuuta.

TAULUKKO 1 Koneellisen hakkuun aikatutkimusaineistot kausittain

Tutkimus- kausi	Hakkuu- tapa	Työmaita	Runkoja	Rungon koko keskimäärin	Yhteensä
		kpl		m ³	
1	Ensiharvennus	2	557	0.096	52
	Muu harvennus	15	3 628	0.194	704
	Suojuspuuhakkuu	20	4 655	0.623	2 106
	Päätehakkuu	66	16 964	0.305	5 174
	Yhteensä	103	25 804	0.311	8 036
2	Ensiharvennus	–	–	–	–
	Muu harvennus	3	618	0.502	310
	Suojuspuuhakkuu	6	1 034	0.496	513
	Päätehakkuu	20	7 213	0.263	1 897
	Yhteensä	29	8 865	0.307	2 720

TAULUKKO 2

Koneellisen hakkuun seuranta-aineistot

Alue	Tutkimus- kausi	Koneita	Työmaita	Seurattu puumäärä	Rungon koko keskimäärin	Työmaan koko
		kpl		m³		
Etelä-Suomi	1	10	316	191 418	0.353	592
	2	9	114	63 175	0.315	
	Yhteensä/keskimäärin		19	430	254 593	
Pohjois-Suomi	1	4	114	78 088	0.145	735
	2	3	41	35 852	0.136	
	Yhteensä/keskimäärin		7	155	113 940	
Koko maa yhteensä / keskimäärin		26	585	368 532	0.290	630

Metsäkuljetuksesta kerättiin aikatutkimusaineistoa 935 traktorikuorman ajosta 117 työmaalta, yhteensä 9 724 m³. Ensimmäisen kauden aineisto oli 758 traktorikuormaa 99 tutkimustyömaalta ja toisen kauden 177 kuormaa 18 työmaalta (taulukko 3). Aineistosta 67 % kerättiin sulan maan aikana, 30 % talvella ja 3 % kelirikon aikana. Aineiston kokonaismäärästä lehtipuun ajoa oli 8 %. Kokonaismäärään sisältyi myös 128 m³ osa-ainespuiden ajoa.

Seuranta-aineistoa oli yhteensä 495 työmaalta. Näistä ensimmäisenä tutkimuskautena oli 345 ja toisena 150 työmaata, yhteensä 253 596 m³ (taulukko 4). Koneellisesti hakattuja työmaita oli työmaiden lukumäärästä 51 % ja manuaalisesti hakattuja 49 %. Kuljetetusta puumäärästä koneellisesti hakattuja työmaita oli 61 % ja manuaalisesti hakattuja 39 %. Päätehakkuutyömaita oli työmaiden lukumäärästä 53 % ja kuljetetusta puumäärästä 66 %. Harvennushakkuutyömaiden osuus oli vastaavasti 39 % ja 27 %. Loput työmaista olivat ylispuiden poistoa tai muuta hakkuuta.

TAULUKKO 3

Metsäkuljetuksen aikatutkimusaineistot kausittain

Tutkimus- kausi	Hakkuu- tapa	Manuaalinen hakkuu		Koneellinen hakkuu		Yhteensä	
		Työmaita	m ³	Työmaita	m ³	Työmaita	m ³
1	Ensiharvennus	10	439	2	77	12	516
	Muu harvennus	21	1 298	7	453	28	1 751
	Suojuspuuhakkuu	9	568	11	1 030	20	1 598
	Ylispuiden poisto	3	136	–	–	3	136
	Päätehakkuu	11	974	25	3 141	36	4 115
	Yhteensä	54	3 415	45	4 701	99	8 116
2	Ensiharvennus	3	195	1	62	4	257
	Muu harvennus	3	260	1	80	4	340
	Suojuspuuhakkuu	1	68	–	–	1	68
	Ylispuiden poisto	3	221	–	–	3	221
	Päätehakkuu	–	–	5	624	5	624
	Muu hakkuu	1	98	–	–	1	98
	Yhteensä	11	842	7	766	18	1 608

TAULUKKO 4

Metsäkuljetuksen seuranta-aineistot

Alue	Tutkimus- kausi	Koneita	Työmaita	Seurattu puumäärä	Kuorman koko	Maasto- ajomatka keskimäärin, m	Työmaan koko, m³
		kpl		m³			
Etelä-Suomi	1	10	293	139 672	11.9	257	453
	2	9	134	53 825	10.4	209	
Yhteensä/keskimäärin		19	427	193 497	11.5	242	
Pohjois-Suomi	1	3	52	53 204	9.7	225	884
	2	2	16	6 895	7.9	169	
Yhteensä/keskimäärin		5	68	60 099	9.5	212	
Koko maa yhteensä / keskimäärin		24	495	253 596	11.0	238	512



Havusahatukkien kuormausta koneellisen hakkuun jälkeen.
 Valok. Timberjack Sales Oy
 Forest haulage after mechanized cutting. Photo Timberjack Sales Oy



FMG 990 oli tutkimusaineiston yleisin kuormainharvesteri.
 Valok. Metsäteho
 FMG 990 was the most common single-grip harvester in the study.
 Photo Metsäteho

4 TUTKIMUSTULOKSET: KONEELLINEN HAKKU

4.1 Aikatutkimus

4.1.1 Siirtyminen

Siirtymisellä tarkoitetaan hakkuukoneen siirtymistä työpisteestä toiseen. Työnvaihe alkaa, kun kone lähtee liikkeelle ja päättyy, kun monitoimiosan siirto kaadettavalle puulle alkaa. Työnvaihe sisältää siten myös työnsuunnittelua, poistettavien puiden valintaa ja osin pystypuun apteerausta. Alle kahdenkymmenen metrin siirtymiset tulkittiin hakkuukoneen tavanomaiseksi siirtymiseksi työpisteestä toiseen; pidemmät siirtymiset kirjattiin keskeytyksiin. Siirtymisten ajanmenekit laskettiin työpisteittäin. Siirtymisajanmenekki jaettuna työpisteen runkojen määrällä on siirtymisaika runkoa kohti. Työnvaiheen ajanmenekkiin vaikuttavat hakkuutapa, puuston tiheys, maaston laatu, lumi ja vuodenaika.

Ajonopeus työpisteestä toiseen oli sulan maan aikana maastoluokan 1 harvennushakkuutyömailla keskimäärin 13 m/min ja päätehakkuutyömailla 20 m/min. Ajonopeus oli ensiharvennuksissa hie- man pienempi kuin myöhemmissä harvennuksissa. Ensimmäisenä tutkimuskautena ajonopeus oli harvennushakkuutyömailla 35 % hitaampi kuin päätehakkuussa. Toisen kauden aineistossa (elokuusta joulukuun loppuun) ajonopeusero pieneni 32 %:iin.

Lumen vaikutus ajonopeuteen selvitettiin vertaamalla sulan maan aikaista ajonopeutta saman kuljettajan käyttämään ajonopeuteen vastaavissa oloissa lumisena aikana. Lumi nopeutti ajoa 0 - 15 %, kun sen paksuus oli alle 80 cm. Kun lunta oli enemmän, ajonopeus oli 10 % pienempi kuin sulan maan aikana.

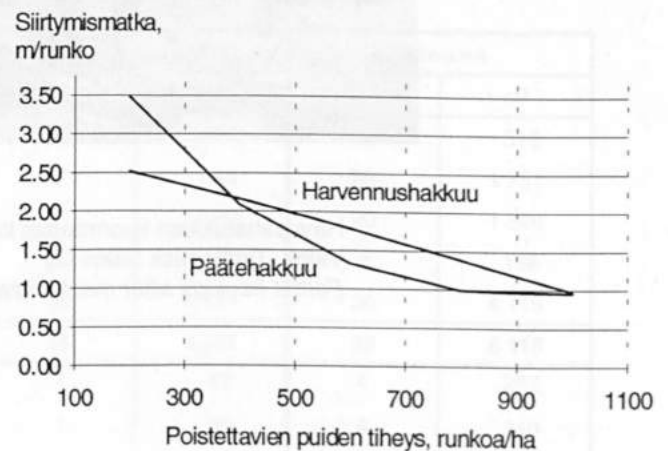
Maastoluokkien suhteelliset vaikutukset määritettiin vertaamalla maastoluokan 1 ajonopeutta ajonopeuksiin muissa maastoluokissa samalla työmaalla (taulukko 5).

TAULUKKO 5 Suhteelliset ajonopeudet maastoluokittain, sulan maan kausi (koneellinen hakkuu)

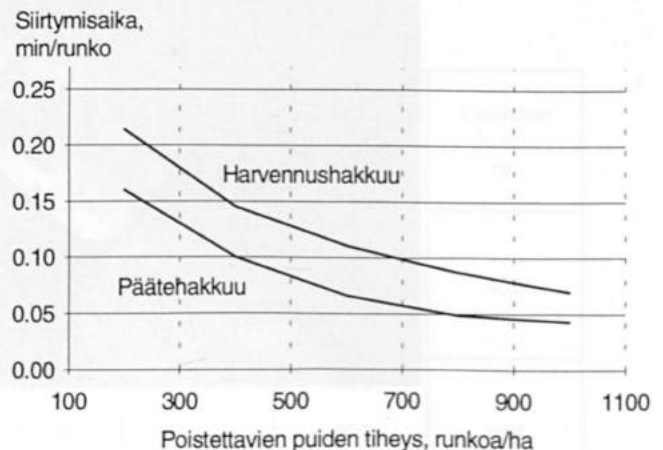
Maasto- luokka	Suhteellinen ajonopeus
1	1.00
2	0.76
3	0.64
4	0.67

Poistettavien puiden tiheyden (runkoa/ha) suure-
neminen lyhensi siirtymismatkaa työpisteiden vä-
lillä. Vaikutus oli harvennushakkuussa pienempi
kuin päätehakkuussa (kuva 2). Tutkimushavainto-
jen määrä oli hyvin alhaisissa puuston tiheyksissä
pieni. Harvennushakkuussa 20 metrin ajouravaliä
käytettiin 70 %:lla ja 30 metrin ajouravaliä 30 %:lla
työmaista.

Keskimäärin siirtymisen ajanmenekki runkoa
kohti oli harvennushakkuussa lähes puolitoista-
kertainen päätehakkuuseen verrattuna (kuva 3).
Ero johtui alhaisemmasta ajonopeudesta ja erilai-
sesta siirtymismatkasta.



Kuva 2. Hakkuutavan ja poistettavien puiden tiheyden vaikutus runkokohtaiseen siirtymismatkaan



Kuva 3. Hakkuutavan ja poistettavien puiden tiheyden vaikutus runkokohtaiseen siirtymisaikaan

4.1.2 Monitoimiosan vienti ja puun kaato

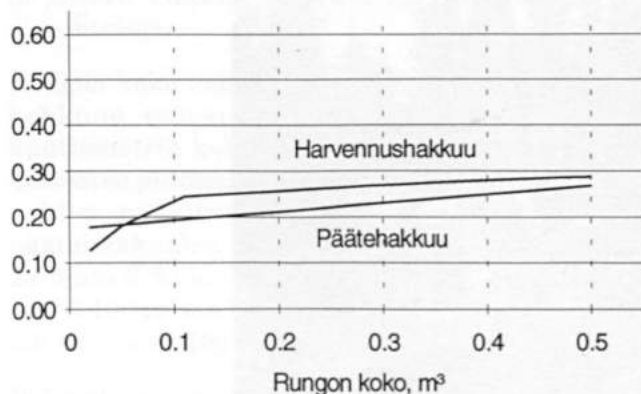
Työnvaihe tarkoittaa monitoimiosan siirtoa kaadettavalle rungolle, runkoon tarttumista, kaatosahauksen tekemistä ja rungon hallittua kaatamista. Myös kaadettavan puun valinta ja pysty-puun alustava apteeraus sisältyvät tähän työnvaiheeseen. Työnvaihe päättyy, kun monitoimiosan syöttörullat alkavat syöttää puuta karsintaa varten.

Kullekin työmaalle laskettiin puulajeittain ei-lineaarinen regressiomalli kuvaamaan työnvaiheen ajanmenekkiä. Selittävänä tekijänä oli rungon koko, dm^3/runko . Puulajien väliset ajanmenekierot olivat pienet. Harvennushakkuussa koivun kaato oli nopeinta ja kuusen hitainta. Päätehakkuussa männyn kaato oli nopeinta ja koivun kaato hitainta. Pienillä rungoilla erot olivat alle 5 %, suurilla eroja ei ollut.

Lähinnä pystyyn jäävien puiden varomisesta johtuen monitoimiosan vienti ja puun kaato olivat harvennuksessa, pieniä puita lukuun ottamatta, 10 - 25 % hitaampia kuin päätehakkuussa (kuva 4).

Päätehakkuussa poistettavien puiden tiheyden suureneminen pienensi viennin ja kaadon ajanmenekkiä. Suurissa tiheyksissä (yli 900 runkoa/ha) suurten puiden hakkuu oli hankalampaa, mikä näkyi myös viennin ja kaadon hidastumisena.

Vienti- ja kaatoaika,
min/runko



Kuva 4. Hakkuutavan ja rungon koon vaikutus viennin ja kaadon ajanmenekkiin

4.1.3 Karsinta ja katkonta

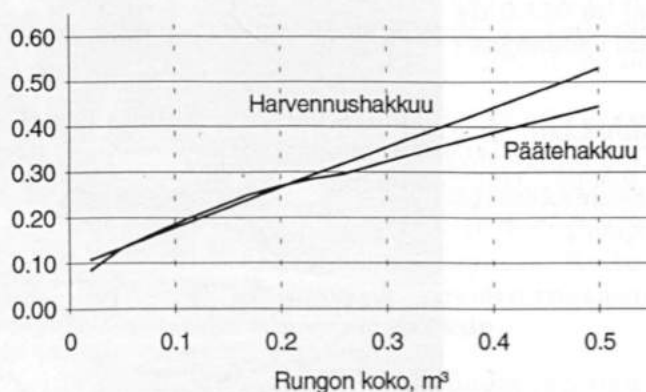
Karsinta ja katkonta -työnvaihe sisältää rungon karsinnan, katkonnan, koneellisen mittauksen ja pölkkyjen tavanomaisen kasauksen. Myös lopulliset apteerauspäätökset sisältyvät tähän työnvaiheeseen. Työnvaihe päättyy, kun kone aloittaa monitoimiosan viennin seuraavalle rungolle tai siirtymisen seuraavaan työpisteeseen.

Työnvaiheen ajanmenekkiä kuvaamaan laadittiin jokaiselle työmaalle puulajeittain ei-lineaarinen regressiomalli. Selittävänä tekijänä käytettiin rungon kokoa.

Työnvaiheen ajanmenekki oli harvennushakkuussa pienempi kuin päätehakkuussa, kun rungon koko oli yli 0.200 m^3 . Ensiharvennuksessa ajanmenekki oli pienempi kuin muissa harvennuksissa ja avohakkuussa (kuva 5). Lehtipuiden karsinnan ja katkonnan ajanmenekki oli vuorostaan hakkuutavasta riippumatta 4 - 9 % suurempi kuin havupuiden.

Lyhyttä kuitupuuta (alle 3.6 m) valmistettaessa karsinnan ja katkonnan ajanmenekki oli keskimäärin 20 % suurempi kuin pitkää kuitupuuta valmistettaessa.

Karsinta- ja katkonta-aika,
min/runko



Kuva 5. Hakkuutavan ja rungon koon vaikutus kuusen karsinnan ja katkonnan ajanmenekkiin



Valmet 901 soveltuu sekä harvennus- että päätehakkuihin.
 Valok. Metsäteho
The Valmet 901 is suited for both thinning and final cuttings.
 Photo Metsäteho



Tutkimuksessa oli mukana kuusi Ponsse S15-sarjan kuormatraktoria.
 Valok. Ponsse Oy
Six Ponsse S15 forwarders were studied. Photo Ponsse Oy

4.1.4 Järjestelyt ja häiriöt

Järjestelyillä ja häiriöillä tarkoitetaan puiden normaalista käsittelystä poikkeavia tilanteita. Tyypillinen järjestely on kasojen kohentaminen hakkuun yhteydessä ja häiriö esim. hakkuukoneen syöttölaitteen tukkeutuminen, joka edellyttää karsittavan rungon laskemista maahan.

Koska järjestelyitä ja häiriöitä esiintyi sattumanvaraisesti, määritettiin niiden ajanmenekki keskimääräisenä ajanmenekkinä koko aineistosta rungonkokuukittain (min/runko). Aineiston perusteella suurilla rungoilla oli järjestelyjä ja häiriöitä enemmän kuin pienillä rungoilla. Työnvaiheen ajanmenekki oli keskimäärin 0.02 minuuttia runkoa kohti. Havupuilla järjestely- ja häiriöaika oli 0 - 37 % pienempi kuin vastaava aika lehtipuilla.

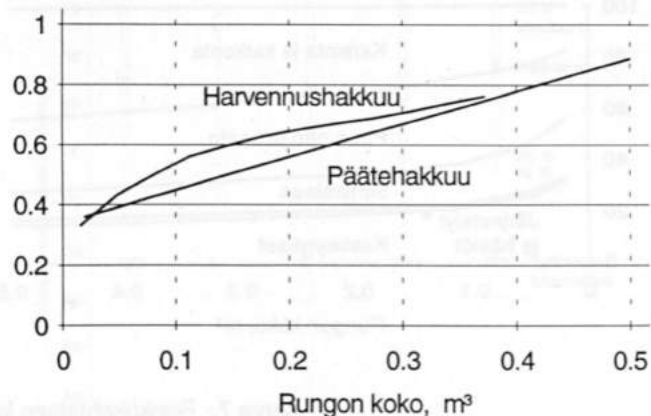
4.1.5 Tehoajanmenekit

Kunkin työnvaiheen ajanmenekkitaso määriteltiin kuljettajittain yleisimmän hakkuuolosuhteen perusteella. Tällöin jokaisen tutkimuksessa mukana olleen kuljettajan työskentelyn nopeus on tuotostasossa mukana yhtä suurella painolla. Tarkasteltavan työnvaiheen ajanmenekki muissa olosuhteissa laskettiin kuljettajakohtaisesti määriteltujen suhdelukujen perusteella. Näin varmistettiin, että olosuhteittain verrattiin saman kuljettajan tuotosta ja että jokaisella kuljettajalla oli yhtä suuri painoarvo eri olosuhteiden välistä tuotoseroa määritettäessä. Työnvaiheittaiset ajanmenekit yhdistettiin kokonaistehoajanmenekiksi laskemalla yhteen kunkin työnvaiheen ajanmenekki eri olosuhteissa.

Rungon koko vaikuttaa merkittävästi koneellisen hakkuun tehoajanmenekkiin. Ajanmenekki oli kuutiometriä kohden viisinkertainen 0.045 m³:n kokoisten puiden hakkuussa verrattuna 0.500 m³:n puiden hakkuuseen (kuva 6). Harvennus- ja päätehakkuiden tehoajanmenekkien ero pieneni 22 %:sta 6 %:iin, kun havupuun rungon koko suureni 0.100 m³:stä 0.300 m³:iin ja poistettavan puuston tiheys oli 600 runkoa/ha.

Poistettavien puiden tiheys vaikutti pienten runkojen hakkuun tehoajanmenekkiin enemmän kuin suurten runkojen. Kun tiheys oli 200 runkoa/ha, tehoajanmenekki oli 10 - 23 % suurempi ja kun tiheys oli 1 000 runkoa/ha, 3 - 6 % pienempi kuin tiheyden ollessa 600 runkoa/ha. Tiheyden muutoksen vaikutus oli yhtä suuri eri hakkuutavoissa.

Teho aika,
min/runko



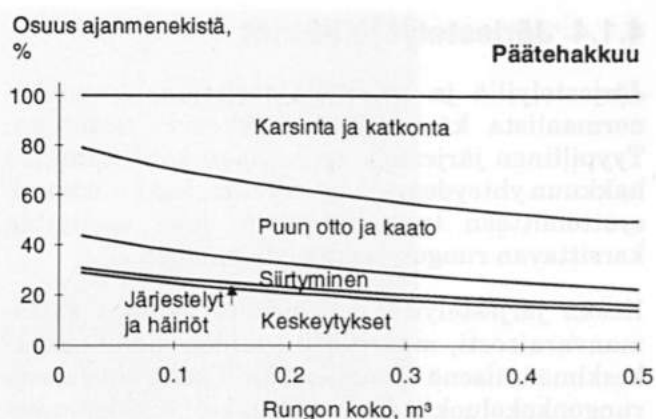
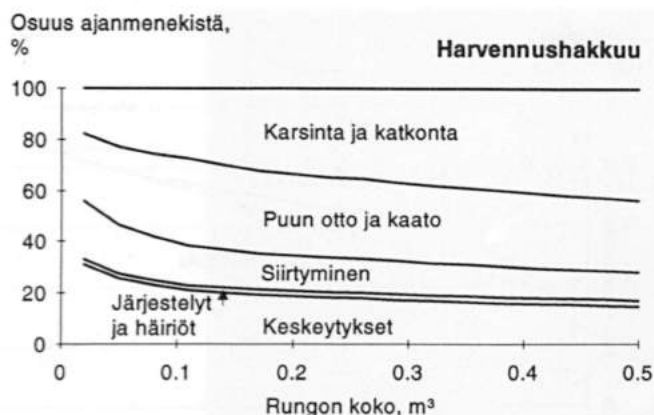
Kuva 6. Runkokohtainen tehoajanmenekki kuusi-runkojen hakkuussa (poistettavien puiden tiheys 600 runkoa/ha)

Maastoluokka vaikutti hakkuun tehoajanmenekkiin. Esimerkiksi avohakkuussa, kun rungonkoko oli 0.400 m³, hakkuun tehoajanmenekki maastoluokassa 3 oli 4.7 % korkeampi kuin maastoluokassa 1. Harvennushakkuussa vastaava ero oli 10.6 %, kun rungonkoko oli 0.150 m³.

Mäntyjen ja kuusien hakkuu oli lähes yhtä nopeaa, kun runkojen koko oli alle 0.400 m³. Havu- ja lehtipuiden hakkuun ajanmenekkiero oli myös pienentynyt aiempien tutkimusten tuloksiin verrattuna. Päätehakkauksessa lehtipuiden hakkuun ajanmenekki oli keskimäärin 4 - 8 % suurempi kuin havupuiden. Harvennuksissa ajanmenekki oli suurempi, kun rungonkoko oli yli 0.150 m³ ja yhtä suuri kuin havupuiden, kun rungonkoko oli alle 0.150 m³.

Myös kuitupuun pituus vaikutti hakkuun tehoajanmenekkiin. Lyhyttä havukuitupuuta valmistettaessa tehoajanmenekki oli päätehakkauksessa 6 - 12 % ja harvennushakkuussa 4 - 10 % suurempi kuin valmistettaessa pitkää kuitupuuta. Kuitupuun pituus vaikutti enemmän järeiden runkojen kuin pienten runkojen ajanmenekkiin.

Eri työnvaiheiden suhteelliset osuudet ja vaikutukset hakkuun käyttöajanmenekkiin riippuvat hakkuutavasta ja käsiteltävän rungon koosta (kuva 7). Käyttöajanmenekit saadaan, kun olosuhteittaisiin tehoajanmenekkeihin lisätään alle 15 minuutin keskeytysajat.



Kuva 7. Runkokohtaisen käyttöajanmenekin suhteelliset jakaumat harvennus- ja päätehakkuissa

4.1.6 Alikasvoksen poisto

Alikasvoksen poistolla tarkoitetaan kaatoa haittaavan alikasvoksen poistoa hakkuukoneen monitoimiosalla. Työnvaiheen ajanmenekki-vaikutuksen selvittämiseksi jokaisella työmaalla mitattiin "alikasvospuiden" lukumäärä hehtaaria kohti. Alikasvokseen luettiin alle ainespuunkokoiset, mutta 10 cm:n korkeudelta läpimitaltaan yli 2 cm:n puut.

Alikasvoksen poiston vaikutusta hakkuun tehoajanmenekkiin tarkasteltiin alikasvosluokittain. Kun puiden kaatoa hidastavaa alikasvosta joudutaan poistamaan, hakkuun tehoajanmenekki suurenee 2 - 7 % verrattuna siihen, että alikasvosta ei ole (taulukko 6).

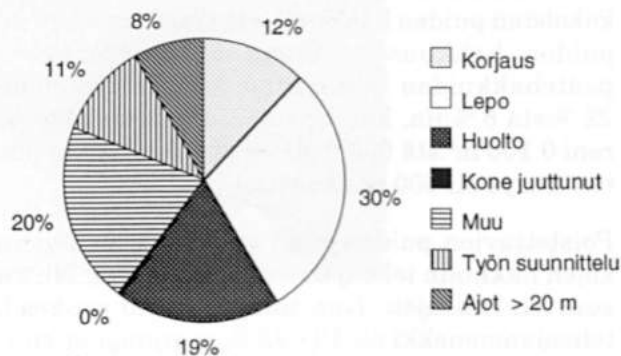
TAULUKKO 6 Koneellisen hakkuun tehoajanmenekkitiedot alikasvosluokittain

Alikasvoksen määrä, kpl/ha	Kerroin
alle 2 000	1.018
2 000 - 4 000	1.047
yli 4 000	1.070

4.1.7 Keskeytykset (alle 15 min)

Alle 15 minuutin keskeytykset johtuivat esim. lyhyistä korjauksista tai koneen juuttumisesta kiinni, työnsuunnittelusta tai kuljettajan levosta. Myös yli 20 metrin, mutta alle 15 minuutin työmaalla-ajot luettiin keskeytyksiin.

Koska keskeytyksiä esiintyi sattumanvaraisesti, aineistosta laskettiin keskeytyksille yhteinen ajanmenekki. Alle 15 min:n keskeytyksiin kului aikaa keskimäärin 0.15 minuuttia runkoa kohti. Keskeytysten jakaumat ja syyt on esitetty kuvassa 8. Alle 15 minuutin keskeytysten osuus oli sekä kesällä että talvella keskimäärin 17.2 % käyttöajasta. Osuus on suurentunut aiempien tutkimusten tuloksiin verrattuna, ja se on huomattavasti suurempi kuin vastaava osuus metsäkuljetuksessa. Lyhyiden keskeytysten suuri osuus aiheutuu osittain mittalaitteen kalibroinneista sekä teräketjun ja laipan usein toistuvista lyhyistä huolloista.



Kuva 8. Alle 15 minuutin keskeytysten syyt ja jakaumat

4.2 Seurantatutkimus

4.2.1 Seuranta-ajat ja jakaumat

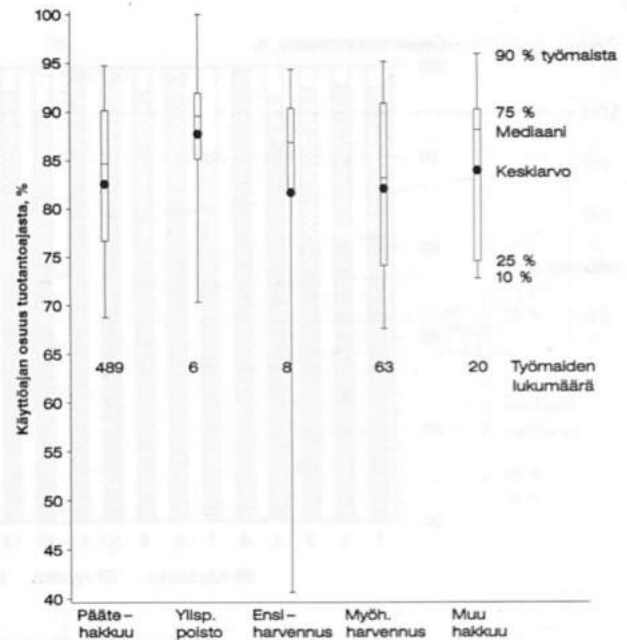
Seurannassa oli mukana yhteensä 26 hakkuukonetta: ensimmäisellä tutkimuskaudella 14 ja toisella 12. Koneista 19 työskenteli Etelä-Suomessa ja 7 Pohjois-Suomessa. Ensimmäisen tutkimuskauden seuranta-aika oli keskimäärin 302 vrk. Seuranta alkoi valtaosalla koneista huhti-toukokuussa 1990 ja päättyi toukokuun lopussa 1991. Useilla koneilla oli keväällä 1991 1 - 2 kk:n seison-tajakso, joka johtui pääosin työn puutteesta. Toisen kauden koneiden seuranta-aika oli keskimäärin 88 vrk. Seuranta alkoi elo-syyskuussa 1991. Seurannan päättymisajankohdat vaihtelivat toisella kaudella huomattavasti. Yleisimmin seuranta päättyi marras-joulukuussa, joten varsinaista talvikauden aineistoa ei tutkimuskaudelta juurikaan saatu. Pitempiäaikaisia koneiden seisontajaksoja ei toisella kaudella ollut. Koneittaiset seuranta-ajat on esitetty liitteessä 3.

4.2.2 Työmaaolosuhteet

Työmaista oli 62 % lumettoman ajan työmaita. Puiden kaatoa haittaavaa alikasvosta ei ollut lainkaan 56 %:lla työmaista, 36 %:lla sitä oli hieman ja 6 %:lla runsaasti. Tietoa ei saatu 2 %:lta työmaista. Hakkuukoneet kasasivat puutavaran kasoihin ajouran varteen 64 %:lla, palstalle 22 %:lla, vyöhykkeelle 3 %:lla ja muulla tavalla 11 %:lla työmaista. Kaikissa harvestereissa oli kuutioiva mitalaite. Hakkuukonemittaus oli käytössä työmittauksena 55 %:lla työmaista. Harvennushakkuissa ennakkoleimauksen osuus oli 1/4 ja kuljettajavalinnan 3/4. Työmaan keskikoko oli 630 m³ (Etelä-Suomessa 590 m³ ja Pohjois-Suomessa 735 m³). Rungon keskikoko oli päätehakkuissa 0.309 m³ ja harvennushakkuissa 0.183 m³. Työmaatiedot ja hakatut puutavaralajien määrät koneittain on esitetty liitteissä 4 ja 5.

4.2.3 Käyttöajat ja tuotantoaikojen rakenteet

Käyttöajan, johon sisältyy tehoajan lisäksi alle 15 min:n keskeytykset, osuus tuotantoajasta oli 82 %. Käyttöajan osuus oli suurin ylispuiden poistossa (88 %) ja pienin ensiharvennuksissa (81 %). Päätehakkuissa osuus oli 83 % ja myöhemmissä harvennuksissa 82 % (kuva 9). Käyttöajan osuus

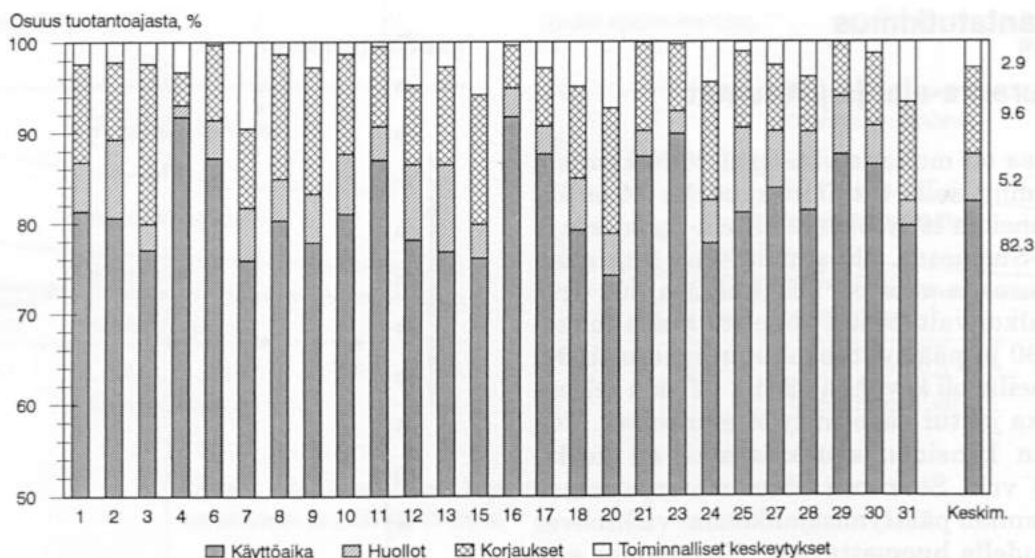


Kuva 9. Käyttöajan osuus tuotantoajasta hakkuutavoittain

tuotantoajasta oli suurempi kuin vuosina 1987 - 1988 kerätystä seuranta-aineistossa, jossa se oli avohakkuissa 79 % ja harvennuksissa 78 % (Lilleberg 1990).

Tuotantoajan (sisältää käyttöajan ja myös yli 15 minuutin työmaakeskeytykset) jakautumista käyttöaikaan sekä työmaalla tapahtuvista korjauksista, huolloista ja toiminnallisista syistä johtuviin keskeytyksiin tarkasteltiin koneittain (kuva 10). Konekohtainen tarkastelu tehtiin laskemalla yhteen tuotantoajan osa-ajat koneen koko seuranta-ajalta. Täten saatiin huoltojen ja korjausten osuus koneen pitkäaikaisesta tuotantoajasta luotettavimmin selville. Yli 15 min:n työmaakeskeytysten osuus tuotantoajasta oli 18 %. Käyttöajan osuus koneittain vaihteli välillä 74.1 - 91.8 %. Verrattuna aiempiin selvityksiin työmaakeskeytysten osuus tuotantoajasta on hieman pienentynyt ollen kuitenkin vielä huomattavasti suurempi kuin metsäkuljetuksessa. Keskeytyksistä korjauksiin työmailla käytettiin 54 %, huoltoihin 30 % ja organisatorisiin ja henkilökohtaisiin keskeytyksiin 16 %.

Työmaata kohti mitaten tuotantoaika vaihteli alueittain selvästi, koska Pohjois-Suomen työmaat olivat huomattavasti Etelä-Suomen työmaita suurempia. Tuotantoaika oli Etelä-Suomessa keskimäärin 46.5 tuntia (mediaani 34.5 h) ja Pohjois-Suomessa 82.5 tuntia työmaata kohti (mediaani 60.5 h). Vaihteluväli oli laaja: koko aineistossa 2 - 411 tuntia.



Kuva 10. Tuotantoajan jakaumat koneittain

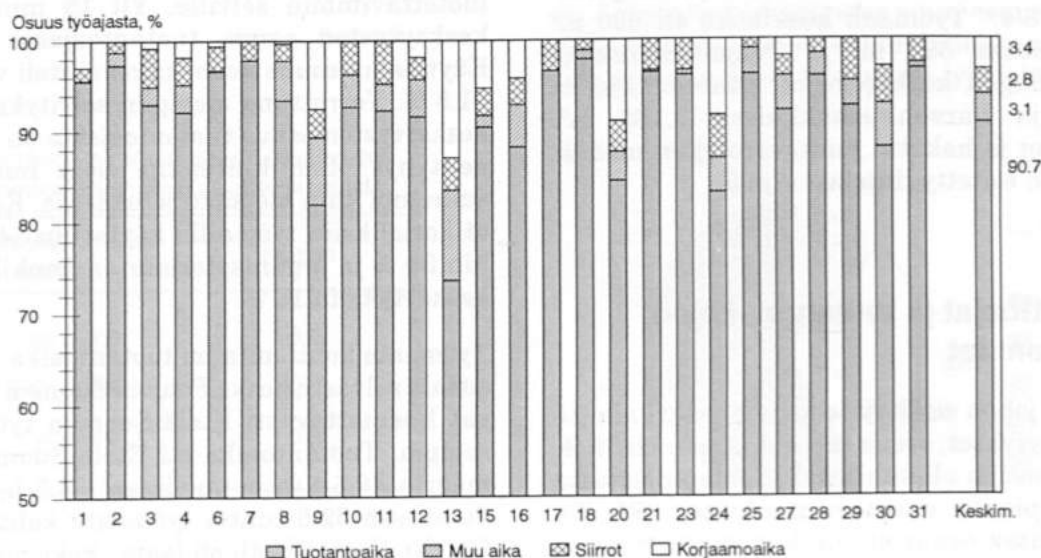
4.2.4 Työajan rakenne

Koneiden työaika sisältää tuotantoajan lisäksi työmailla käytetyn muun ajan, koneiden siirtoaajan työmaalta toiselle sekä korjaamoajan siirtoineen. Korjaamoaikaa ei ollut lainkaan 12 koneella. Tuotantoajan osuus työajasta oli keskimäärin 91 %, muun ajan 3 %, siirtoaajan 3 % ja korjaamoajan 3 %. Tuotantoajan osuus työajasta vaihteli koneittain 73.6 %:sta 97.9 %:iin (kuva 11).

4.2.5 Siirrot

Työmaiden välisten siirtojen osuus valmisteluineen oli 3 % hakkuukoneiden työajasta. Työmaiden välinen siirtoaika oli keskimäärin 1.7 tuntia ja -matka 28 km (Etelä-Suomessa 25 km ja Pohjois-Suomessa 36 km). Lavettisiirtojen osuus siirroista oli keskimäärin 69.5 %. Lavettiauton ajoaika siirtokertaa kohti oli 2.6 tuntia ja ajomatka 106 km.

Työmaiden huoltopisteiden siirtokerrat on määritetty siten, että yksi siirtokerta syntyy jo konetta työmaalle vietäessä. Keskimäärin koneen huoltopistettä siirrettiin 1.3 kertaa työmaata kohti. Työmaiden välisiin siirtoihin liittyvät tulokset alueittain ja koko aineistoa koskien on esitetty liitteessä 6.



Kuva 11. Työajan jakaumat koneittain

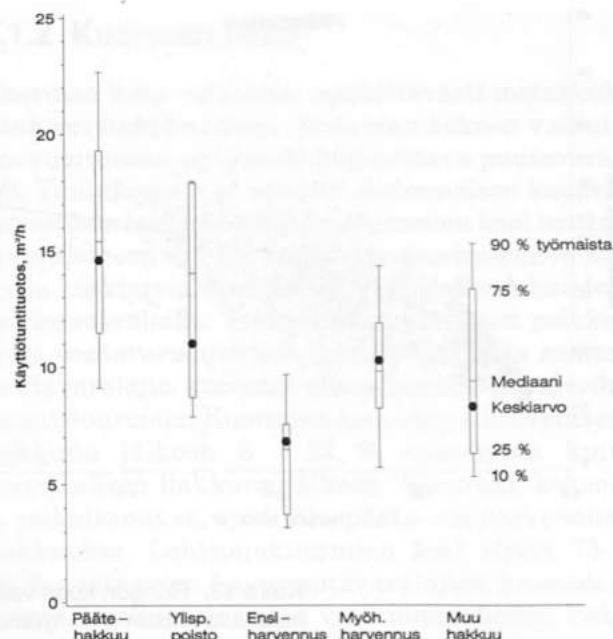
4.2.6 Työvuorojen pituudet

Kuljettajien työvuoron pituus työmaalla oli keskimäärin 8.4 tuntia ja se vaihteli koneittain välillä 6.3 - 11.2 tuntia. Työvuorojen pituudessa ei ollut merkittävää eroa kesä- ja talvikausien eikä Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä. Pääosin kahdessa tai useammassa työvuorossa työskenteli 19 % hakkuukoneista. Ne työskentelivät yhdessä vuorossa keskimäärin 73 % kaikista työpäivistä ja kahdessa tai useammassa vuorossa 27 % työpäivistä. 38 %:lla koneista työskenteli vain yksi kuljettaja työmaata kohti koko seurannan aikana. Työmaata kohti työskenteli keskimäärin 1.3 kuljettajaa. Työvuoroja tehtiin keskimäärin 7.7 työmaata kohti (Etelä-Suomessa 6.4 ja Pohjois-Suomessa 10.9).

4.2.7 Tuottavuudet

Tuottavuudet esitetään hakkuutavoittain ja alueittain. Tuottavuudet laskettiin seurantajakson mukaisina pitkän ajan tuottavuuksina erikseen koneittain ja kaikille koneille yhteensä.

Koneellisen hakkuun käyttötuntituotos oli keskimäärin 13.9 m³ (vaihteluväli koneittain oli 7.7 - 22.2 m³). Päätehakkuissa käyttötuntituotos oli 14.6 m³ ja harvennushakkuissa 9.6 m³ (taulukko 7 ja kuva 12). Hakkuutavoittain Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä oli selvät tuottavuuserot; ne johtuivat osaltaan käsiteltävien runkojen kokoeroista.



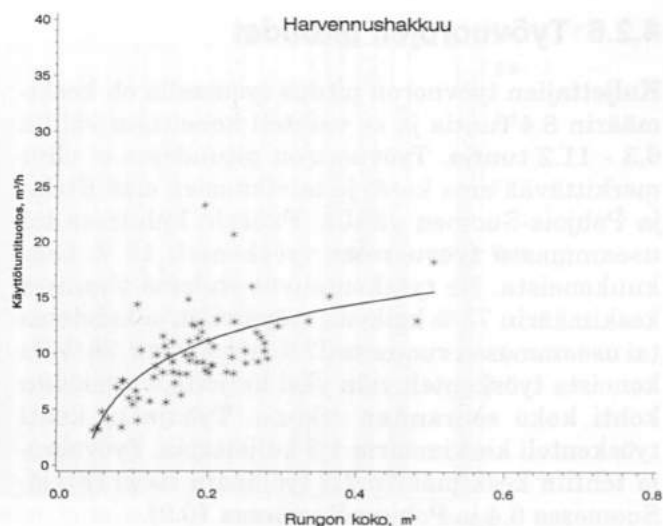
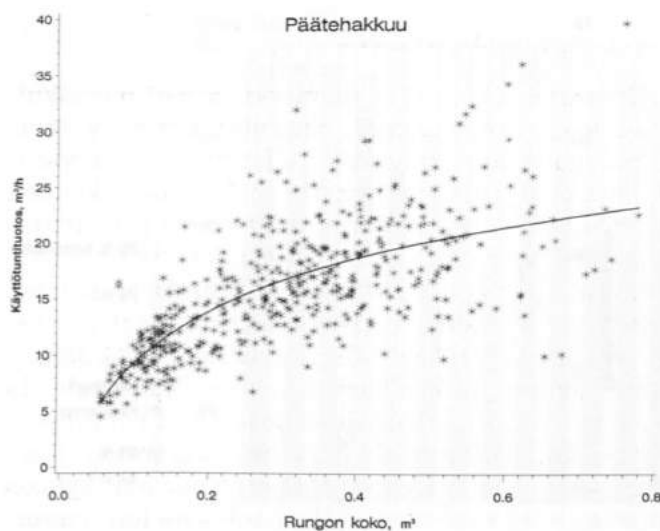
Kuva 12. Käyttötuntituotokset hakkuutavoittain

Koneellisen hakkuun tuottavuuteen vaikuttavat erityisesti hakkuutapa, rungon koko, poistuman tiheys (runkoa/ha) ja puulajivaltaisuus. Seuranta-työmaista lähes kaikki olivat havupuuvaltaisista. Työmaat ryhmiteltiin em. tekijöiden mukaisiin luokkiin, joille laskettiin keskimääräiset tuottavuudet sekä niiden taustatiedoksi hakatut puutavaralajijakaumat (liite 7). Rungon koon vaikutusta käyttötuntituotokseen pääte- ja harvennushakkuissa tarkasteltiin ei-lineaarisella regressiolla (kuva 13).

TAULUKKO 7

Koneellisen hakkuun tuottavuudet

Hakkuutapa ja -alue	Keskimääräinen rungon koko, dm ³	Tuottavuudet		
		Käyttötuntituotos	Tuotantoaika-tuotos	Työaika-tuotos
		m ³ /tunti		
Hakkuut keskimäärin				
Etelä-Suomi	343	15.8	12.8	11.9
Pohjois-Suomi	142	10.9	8.9	8.5
Koko maa	290	13.9	11.3	10.6
Päätehakkuut				
Etelä-Suomi	374	17.2	13.9	12.8
Pohjois-Suomi	147	11.2	9.2	8.8
Koko maa	309	14.6	11.9	11.2
Harvennushakkuut				
Etelä-Suomi	192	10.0	8.1	7.7
Pohjois-Suomi	115	7.8	6.4	6.2
Koko maa	183	9.6	7.9	7.5



Kuva 13. Rungon koon vaikutus hakkuun käyttötuntituotokseen hakkuutavoittain (* = työmaa)

4.2.8 Käyttöasteet

Hakkuukoneiden tekninen käyttöaste tehdyllä työajalla painottaen oli keskimäärin 81 %. Toiminnallinen käyttöaste, johon vaikuttavat työmaalla tapahtuneiden keskeytysten lisäksi työmaiden

väliset siirrot ja korjaamoajat siirtoineen, oli keskimäärin 74 % (taulukko 8). Käyttöasteet olivat koneellisessa hakkuussa huomattavasti pienemmät kuin metsäkuljetuksessa.

TAULUKKO 8

Koneellisen hakkuun käyttöasteet

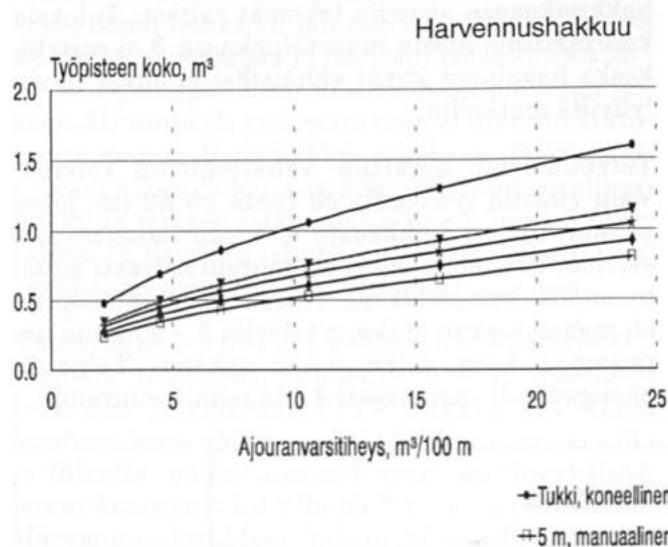
Tutkimus- kausi	Kone, nro	Käyttöaste, %		Tutkimus- kausi	Kone, nro	Käyttöaste, %	
		Tekninen	Toiminnallinen			Tekninen	Toiminnallinen
1	1	81.0	77.7	2	17	90.2	84.7
	2	82.4	78.5		18	83.3	77.5
	3	78.6	71.7		20	74.0	62.6
	4	93.2	84.5		21	87.3	84.1
	6	87.0	84.3		23	90.1	86.2
	7	83.9	74.3		24	73.9	64.6
	8	81.1	75.0		25	82.0	77.9
	9	74.4	63.8		27	84.7	77.2
	10	82.2	75.1		28	84.6	78.0
	11	87.5	80.3		29	87.5	81.0
	12	80.6	71.6		30	84.7	76.0
	13	69.8	56.5		31	85.4	77.0
	15	76.6	68.8				
	16	89.3	80.9				
Työajalla painotettu keskiarvo		80.3	73.0	Työajalla painotettu keskiarvo		82.6	75.5
Etelä-Suomi		79.2	71.0	Etelä-Suomi		81.7	74.2
Pohjois-Suomi		82.2	76.5	Pohjois-Suomi		83.7	77.4
Molemmat kaudet							
Tekninen				80.9			
Toiminnallinen				73.7			

5 TUTKIMUSTULOKSET: METSÄKULJETUS

5.1 Aikatutkimus

5.1.1 Työpisteestä kuormattava puutavaramäärä

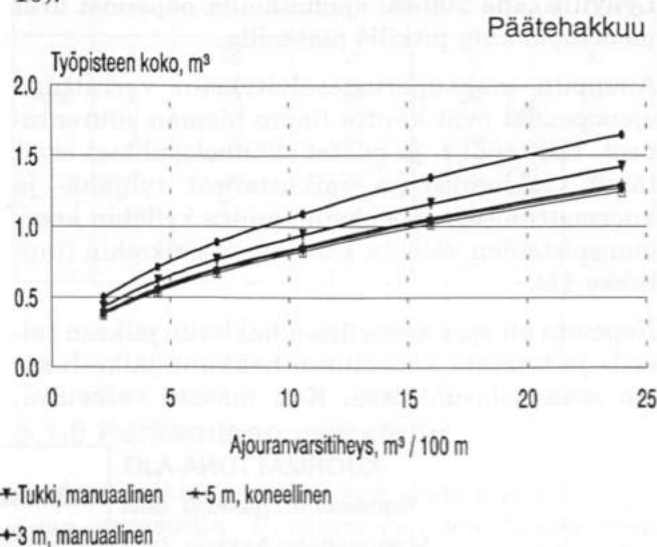
Samalta paikalta kuormattavissa oleva puutavaramäärä vaikuttaa kuormauksen tuottavuuteen. Työpisteen puumäärään vaikuttavat vuorostaan hakkuutapa, hakkuumenetelmä (koneellinen hakkuu / manuaalinen hakkuu) sekä kuormassa ajettavat tavaralajit ja niiden kuutiomäärä ajouran pituusyksikköä kohti (tiheys $\text{m}^3/100 \text{ m}$). Samalta paikalta kuormattua puutavaramäärää tarkasteltiin tiheyden funktiona hakkuutavoitain, -menetelmittain ja tavaralajeittain (kuva 14). Koneellisen hakkuun jälkeen työpisteestä kuormattavissa oleva puumäärä oli suurempi kuin manuaalisen hakkuun jälkeen. Päätehakkuleimikoissa työpisteet olivat suurempia kuin harvennushakkuun jälkeen ajettaessa.



5.1.2 Kuorman koko

Kuorman koko vaikuttaa merkittävästi metsäkuljetuksen tuottavuuteen. Kuorman kokoon vaikuttaa vuorostaan erityisesti kuljetettava puutavaralaji. Taulukossa 9 on esitetty ensimmäisen kauden aineistosta lasketut havupuukuormien koot luottamusväleineen (90 %). Toisen kauden kuormien koot keskiarvot sijoittuivat ensimmäisen kauden luottamusväleille. Traktorikuormien koot poikkesivat puutavaralajeittain toisistaan, mutta saman puutavaralajin kuormat olivat kesällä ja talvella samansuuruisia. Kuormien koot olivat koneellisen hakkuun jälkeen 8 - 22 % suurempia kuin manuaalisen hakkuun jälkeen. Kuorman kokoon ei vaikuttanut se, ajettiinkö pääte- vai harvennushakkuussa. Lehtipuukuormien koot olivat 75 - 80 % vastaavien havupuutavaralajien kuormien koosta (vertailuaineistoa vain manuaalisen hakkuun jälkeisestä ajosta).

Havupuutavaralajien kuormien keskikoot ovat suurentuneet verrattuna vuosien 1978 ja 1985 maksuperusteaineistoihin ja vuonna 1989 tehtyyn koneellisen ja manuaalisen hakkuun jälkeisen metsäkuljetuksen erillistutkimukseen (taulukko 10).



Kuva 14. Kuormauspisteittäiset puutavaramäärät harvennus- ja päätehakkuissa

TAULUKKO 9 Kuormien keskimääräiset koot
(90 %:n luottamusväli)

Puutavaralaji	Manuaalinen hakkuu	Koneellinen hakkuu
	m^3	
Havusahatukit	11.9 (10.8 - 13.0)	12.8 (12.0 - 13.5)
5 m havukuitupuu	10.2 (8.5 - 11.9)	11.6 (10.6 - 12.5)
3 m havukuitupuu	8.2 (7.7 - 8.8)	10.0 (7.7 - 12.3)

TAULUKKO 10 Kuormien keskimääräiset koot
vuosina 1978, 1985, 1989 ja 1991

Puutavaralaji	Manuaalisen hakkuun jälkeen				Koneellisen hakkuun jälkeen	
	1978	1985	1989	1991	1989	1991
	m^3				m^3	
Havusahatukit	10.2	10.4	11.0	11.9	12.3	12.8
5 m havukuitupuu	9.4	8.4	9.1	10.2	8.6	11.6
3 m havukuitupuu	6.4	5.6	6.7	8.2	8.0	10.0

5.1.3 Tyhjänä- ja kuormattuna-ajo

Tyhjänäajo sisältää traktorin siirtymisen varastolta kuormauksen aloittamispisteeseen ja kuormattuna-ajo siirtymisen kuormauksen lopettamispisteestä varastolle. Ajon valmistelua on traktorin ajokuntoon saattaminen ja ajon päättämistä ovat ne toimenpiteet, jotka suoritetaan tyhjänä-ajon jälkeen, jotta kuormaus voisi alkaa ja kuormattuna-ajon jälkeen, jotta kuorman purkaminen voisi alkaa.

Olosuhteiden muutokset eivät vaikuta systemaattisesti ajojen valmisteluun ja päättämiseen kuluvaan aikaan. Siksi aika laskettiin keskimääräisenä ajokertaa kohti (min/kuorma) työmaan kuormien yhdistelmistä. Tyhjänäajon valmisteluun ja päättämiseen kului yhteensä keskimäärin 0.27 min/kuorma ja kuormattuna-ajon valmisteluun ja päättämiseen 0.19 min/kuorma.

Ajonopeuteen vaikuttavat traktorin ajotekniset ominaisuudet, maastoluokka ja vuodenaika (kesä on sulan maan kausi ja talvi lumen/roudan kausi). Ajoon kuluvaan aikaan vaikuttavat lisäksi ajomatta ja hakkuumenetelmä. Sekä tyhjänä- että kuormattuna-ajon nopeus vakiintuu matkan pidentessä. Lyhyillä (alle 200 m) ajomatkoilla nopeudet ovat pienempiä kuin pitkällä matkoilla.

Aiempiin maksuperusteselvityksiin verrattuna ajonopeudet ovat kautta linjan hieman suurentuneet. Harvennus- ja päätehakkuuolosuhteet eivät tässä tutkimuksessa vaikuttaneet tyhjänä- ja kuormattuna-ajonopeuksiin, mutta kylläkin kuormauspisteiden välisiin kuormausajoaikoihin (taulukko 11).

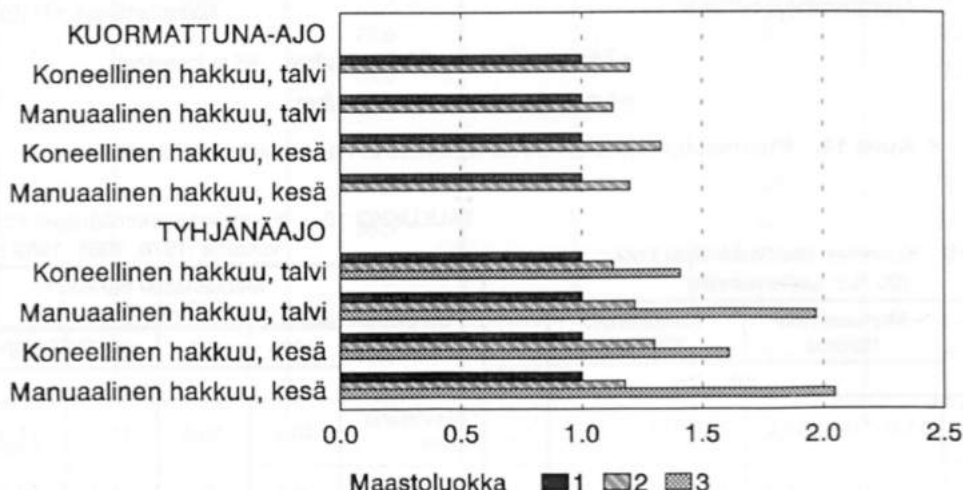
Nopeinta oli ajaa koneellisen hakkuun jälkeen talvella ja hitainta koneellisen hakkuun jälkeen sulan maan olosuhteissa. Kun maasto vaikeutui,

TAULUKKO 11 Tyhjänä- ja kuormattuna-ajonopeudet vuoden-ajoittain. Ajomatta 250 m ja maastoluokka 1

Vuoden-aika	Tyhjänäajo		Kuormattuna-ajo	
	Koneellisen hakkuun jälkeen	Manuaalisen jälkeen	Koneellisen hakkuun jälkeen	Manuaalisen jälkeen
	m/min			
Kesä	56	57	46	49
Talvi	64	62	52	52

kuormattuna-ajonopeus hidastui enemmän koneellisen hakkuun kuin manuaalisen hakkuun jälkeisessä ajossa (kuva 15). Maastoluokassa 2 kului 250 metrin matkaan noin 20 % enemmän aikaa kuin maastoluokassa 1. Maastoluokan vaikutus korostui koneellisen hakkuun jälkeen kesällä. Silloin 250 metrin matkaan kului 30 % enemmän aikaa maastoluokassa 2 kuin samaan matkaan maastoluokassa 1. Koneellisilla työmailla kuormat olivat suuremmat ja lisäksi vaikeissa maastoluokissa kesällä - varsinkin upottavilla ajourilla - ajonopeutta lisäsivät hakkuukoneen ajouralle karsimat hakkuutähteet, mutta sitä pienensivät hakkuukoneen ajouriin tekemät raiteet. Tuloksia kuormattuna-ajosta maastoluokassa 3 ei esitetä, koska havainnot jäivät vähäisiksi ja olivat hyvin lyhyiltä matkoilta.

Talviaineistot kerättiin vähälumisina talvina. Vain viidellä työmaalla oli lunta yli 50 cm, joten paksun lumen vaikutusta ei saatu luotettavasti selville. Talvella ajonopeus suureni selvästi sulan maan aikaan verrattuna. Kuormattuna-ajonopeus oli maastoluokan mukaan talvella 3 - 9 m/min nopeampaa kuin sulan maan aikana. Tyhjänä-ajonopeus oli vastaavasti 3 - 14 m/min suurempi.



Kuva 15. Maastoluokan ja hakkuutavan vaikutukset tyhjänä- ja kuormattuna-ajoaikaan 250 m:n matkalla. Maastoluokka 1 = 1.0

5.1.4 Kuormaus ja kuormausajo

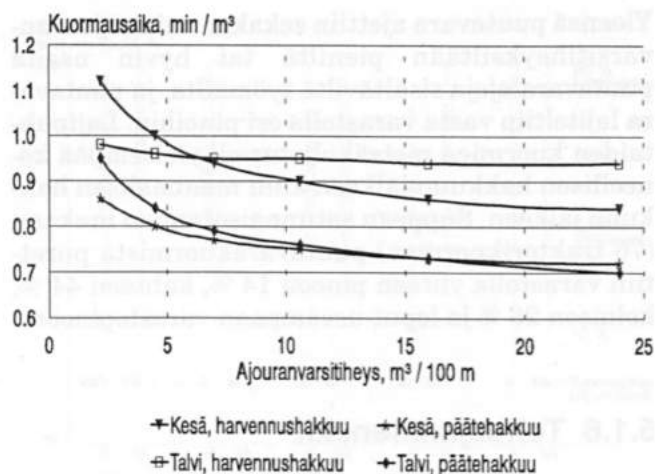
Kuormausvaihe sisältää tyhjänäjon päättämisen ja kuormattuna-ajon valmistelun välisen ajan. Vaihe jakaantuu puutavaran kuormaamiseen työpisteissä (kuormausaika) ja siirtymisiin työpisteiden välillä (kuormausajoaika) valmisteluineen ja päättämisineen. Työpisteessä kuluvaan kuormausaikaan vaikuttavat työpisteen koko, kuormattava puutavaralaji, hakkuutapa ja vuodenaika. Lisäksi kuormausaikaan vaikuttaa se, onko kyseessä metsäkuljetus koneellisen vai manuaalisen hakkuun jälkeen.

Työpisteajkaan saattaa kuormausajan lisäksi sisältyä työn suunnittelusta, muusta työstä tai järjestelystä johtuvaa aikaa. Tavanomaiseen työn suunnitteluun sisältyy esimerkiksi ajourien valinta-aika. Muuta työtä on esim. ajouralla olevan esteen poisto; järjestelyä on pölkkyjen järjestelyt maastossa tai kuormassa. Työn suunnitteluun ja muuhun työhön kului aikaa keskimäärin 0.11 min/m³.

Kuormaus koneellisen hakkuun jälkeen oli selvästi nopeampaa kuin manuaalisen hakkuun jälkeen kaikkia puutavaralajeja ajettaessa ja kaikilla hakkuutavoilla. Havusahatukkien kuormaus koneellisen hakkuun jälkeen oli päätehakkuussa 22 - 37 % nopeampaa ja harvennushakkuussa 28 - 39 % nopeampaa kuin manuaalisen hakkuun jälkeen. Hitainta oli kuormata noin 5-metristä kuitupuuta manuaalisen hakkuun jälkeen. Pitkän kuitupuun kuormauksen ajanmenekki oli koneellisen hakkuun jälkeen päätehakkuussa 1.35 - 1.55-kertainen ja harvennushakkuussa noin 2-kertainen verrattuna havusahatukkien kuormaukseen.

Vuodenaika ei vaikuta koneellisen hakkuun jälkeiseen kuormaukseen niin paljon kuin manuaalisen hakkuun jälkeiseen. Päätehakkuussa tukkien kuormauksen ajanmenekki oli yhtä suuri kesällä ja talvella, paitsi pienissä uranvarsitiheyksissä, joissa kuormaus talvella oli hitaampaa (kuva 16). Harvennusolosuhteet hidastivat koneellisen hakkuun jälkeistä kuormasta kesällä 15 - 27 % ja talvella 3 - 25 % sekä manuaalisen hakkuun jälkeistä kesällä 22 - 37 % ja talvella 17 - 29 %.

Kuormausajonopeuteen vaikuttavat koneen ajotekniset ominaisuudet, hakkuutapa, vuodenaika ja maastoluokka. Kuormausajon valmisteluun ja päättämiseen kului aikaa 0.04 min työpisteiden välistä siirtymiskertaa kohti. Kuormausajonopeus oli maastoluokan 1 työmailla samaa tasoa sekä manuaalisilla että koneellisilla työmailla (taulukko 12). Kun maasto vaikeutui, kuormausajonopeus pieneni jyrkemmin manuaalisen hakkuun jälkeisessä puutavaran ajossa. Ajonopeus oli kesällä hie- man suurempi kuin talvella.



Kuva 16. Havusahatukkien kuormausaika koneellisen hakkuun jälkeen pääte- ja harvennushakkuissa

TAULUKKO 12 Kuormausajonopeus vuodenajoin ja maastoluokittain

Vuoden- aika	Maasto- luokka	Päätehakkuu		Harvennushakkuu	
		Manuaalisen hakkuun jälkeen	Koneellisen hakkuun jälkeen	Manuaalisen hakkuun jälkeen	Koneellisen hakkuun jälkeen
		m/min			
Kesä	1	30	31	30	30
	2	23	26	24	24
	3	18	20	20	11
Talvi	1	29	29	29	40
	2	21	24	24	32
	3	16	22	21	25

5.1.5 Purkaminen varastolla

Purkamisaikaa on taakkojen nosto kuormasta pi- noon varastolla. Purkamiseen voi liittyä työn suunnittelua ja puutavarapölkkyjen järjestelyä kuten kuormaamiseenkin. Siirtyminen varastopaikalla erotetaan omaksi ajakseen: pur- kamisajojaksi.

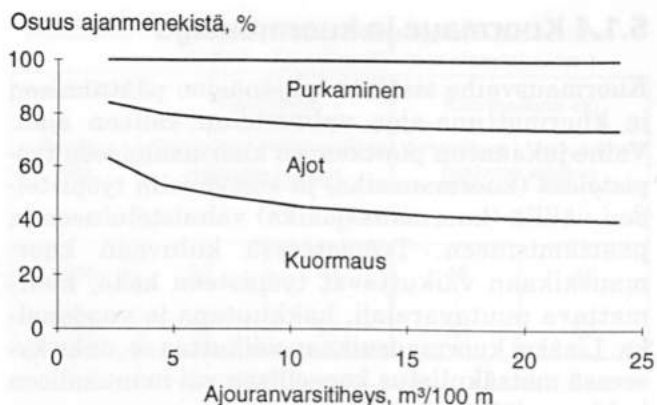
Puutavaran purkaminen varastolla on nopeutunut verrattuna aiempiin selvityksiin. Nyt havusaha- tukkien purkamisaika oli koko aineistossa keski- määrin 0.57 min/m³, pitkän havukuitupuun 0.56 min/m³, lyhyen havukuitupuun 0.82 min/m³, pit- kän lehtikuitupuun 0.62 min/m³ ja lyhyen lehtikuitupuun 0.92 min/m³. Purkamisen suunnit- teluun ja järjestelyyn kului lisäksi aikaa 0.01 min/ m³ ja purkamisajokaan varastolla 0.30 min/ kuorma.

Yleensä puutavara ajettiin sekakuormina ajouranvarsitiheyksiltään pieniltä tai hyvin useita puutavaralajeja sisältäviltä työmailta, ja puutavara lajiteltiin vasta varastolla eri pinoihin. Lajipuh-taiden kuormien metsäkuljetus oli yleisempää koneellisen hakkuun jälkeen kuin manuaalisen hakkuun jälkeen. Suppean satunnaisotannan mukaan (76 traktorikuormaa) puutavarakuormista purettiin varastolla yhteen pinoon 14 %, kahteen 44 %, kolmeen 26 % ja loput useampaan varastopinoon.

5.1.6 Tehoajanmenekit

Tehoajanmenekit laskettiin työvaiheittaisten ajanmenekkien summana olosuhteittain. Kullekin osavaiheelle määritettiin siihen vaikuttaneet tekijät kuten hakkuun suorittaja, hakkuutapa, vuodenaika, puutavaralaji, puutavaran ajouranvarsitiheys, maastoluokka ja maastokuljetusmatka. Taulukossa 13 on esitetty metsäkuljetuksen tehoajanmenekkien laskentakaavio, jossa on eritelty työvaiheittaiset ajanmenekkiin vaikuttavat päätekijät.

Havusahatukkien metsäkuljetus oli nopeinta (kuva 17 ja liite 8). Koneellisen päätehakkuun jälkeen se oli kesällä 11 - 14 % ja talvella 9 - 17 % nopeampaa kuin manuaalisen hakkuun jälkeen.



Kuva 17. Metsäkuljetuksen tehoajanmenekin jakauma päätehakkuussa (havusahatukin kuljetus koneellisen hakkuun jälkeen)

Noin 5-metrinen havukuitupuun metsäkuljetus koneellisen harvennushakkuun jälkeen talvella vastasi ajanmenekiltään havusahatukkien metsäkuljetuksen ajanmenekkiä manuaalisen päätehakkuun jälkeen. Hitainta oli 5-metrinen havukuitupuun kuljetus manuaalisen hakkuun jälkeen. Talviolosuhteet nopeuttivat hieman metsäkuljetusta sekä harvennus- että päätehakkuissa.

TAULUKKO 13

Metsäkuljetuksen tehoajanmenekin rakennejakauma

Ryhmä	Työnvaihe	Vaikuttavat päätekijät	Yksikkö
Ajot	Tyhjääajon valmistelu ja päättäminen	Tekniset ja kuljettajasta johtuvat tekijät	min/kuorma
	Tyhjääajon aika	Vuodenaika, hakkuun suorittaja, maastoluokka	min / 100 m
	Kuormattuna-ajon valmistelu ja päättäminen	Tekniset ja kuljettajasta johtuvat tekijät	min/kuorma
	Kuormattuna-ajon aika	Vuodenaika, hakkuun suorittaja, maastoluokka	min / 100 m
Kuormaus	Kuormauksen valmistelu	Tekniset ja kuljettajasta johtuvat tekijät	min/m³
	Kuormausaika	Työpisteen koko, vuodenaika, puutavaralaji, ajouranvarsitiheys, hakkuun suorittaja, hakkuutapa	min/työpiste
	Kuormausajon valmistelu ja päättäminen	Tekniset ja kuljettajasta johtuvat tekijät	min/siirtymiskerta
	Kuormattuna-ajon aika	Vuodenaika, hakkuun suorittaja, hakkuutapa, maastoluokka	min/siirtymiskerta
Purkaminen	Purkamisen valmistelu	Tekniset ja kuljettajasta johtuvat tekijät	min/m³
	Purkamisaika	Puutavaralaji, lajittelu	min/m³
	Purkamisajon aika	Varasto-olot, lajittelu	min/kuorma

5.1.7 Keskeytykset (alle 15 min)

Alle 15 min:n keskeytysten osuus oli lumettomana aikana 6.5 % käyttöajasta (vaihteluväli 0 - 29.9 %). Talvella osuus oli suurempi, 8.6 % (0 - 31.3 %).

5.2 Seurantatutkimus

5.2.1 Seuranta-ajat ja jakaumat

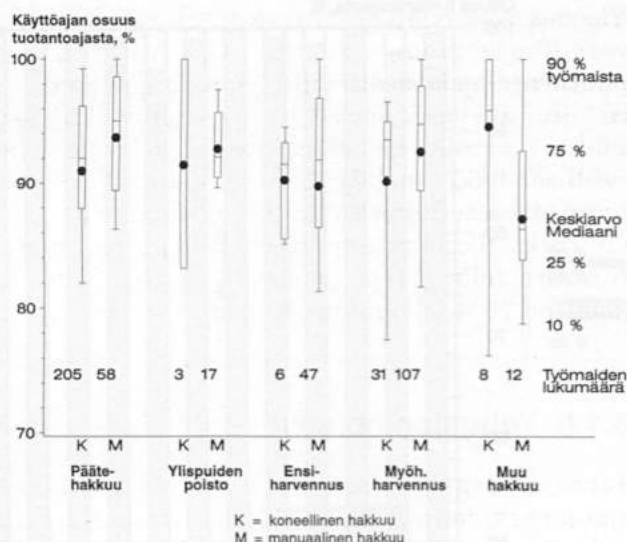
Seurannassa oli mukana 24 kuormatraktoria: ensimmäisellä tutkimuskaudella 13 ja toisella 11. Koneista 19 työskenteli Etelä-Suomessa ja 5 Pohjois-Suomessa. Ensimmäisen kauden koneiden seuranta-aika oli keskimäärin 282 vrk. Seuranta alkoi useimmilla koneilla toukokuussa 1990 ja päättyi toukokuun lopussa 1991. Kevään 1991 aikana usealla koneella oli 1 - 2 kk:n seisonajakso lähinnä työn puutteesta johtuen. Toisen kauden koneiden seuranta-aika oli keskimäärin 81 vrk. Toisella kaudella seuranta alkoi elo-syyskuussa 1991 ja päättyi marras-joulukuussa. Pitempiä seisonajaksoja ei toisella kaudella ollut. Koneittaiset seuranta-ajat on esitetty liitteessä 9.

5.2.2 Työmaaolosuhteet

62 %:lla seurantatyömaista metsäkuljetus tehtiin lumettomana aikana. Yleisimmin kuitupuu oli kasattu palstalle (36 %) tai ajouran varteen (34 %); vyöhykkeelle kasattiin 18 %. Työmittausmenetelmistä yleisin oli hakkuukonemittaus: 41 % kuljetusta puumäärästä. Työmaan keskikoko oli 512 m³ (Etelä-Suomessa 453 m³ ja Pohjois-Suomessa 884 m³). Kuorman keskikoko oli 11.0 m³ ja maastoajomatka keskimäärin 240 m. Metsäkuljetuksen olosuhdetiedot on esitetty liitteessä 10 ja seurannassa kuljetetut puutavaralajikohtaiset määrät koneittain liitteessä 11.

5.2.3 Käyttöajat ja tuotantoaikojen rakenteet

Käyttöajan osuutta tuotantoajasta tarkasteltiin hakkuutavoittain ja -menetelmittain. Kaikkien työmaiden keskiarvona laskettuna käyttöajan osuus tuotantoajasta oli koneellisen hakkuun jälkeen 91 %. Manuaalisen hakkuun jälkeen käyttöajan osuus oli keskimäärin 92 %. Eri hakkutapojen välillä oli myös eroja. Keskiarvolla mitaten käyttöajan osuus oli suurin pätehakkuissa ja ylispuiden poistoissa ja pienin ensiharvennuksissa (kuva 18).



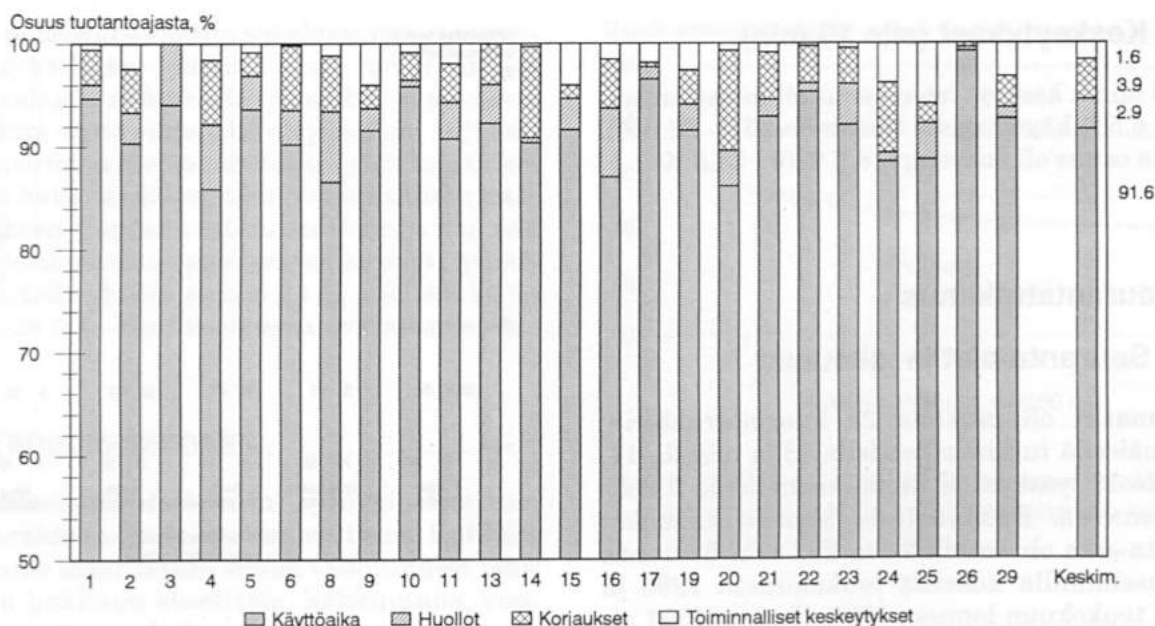
Kuva 18. Käyttöajan osuus tuotantoajasta hakkuutavoittain

Tuotantoajan jakautumista käyttöaikaan sekä työmaalla tapahtuvista korjauksista, huolloista ja toiminnallisista syistä johtuviin keskeytyksiin tarkasteltiin koneittain (kuva 19). Konekohtainen tarkastelu tehtiin laskemalla yhteen tuotantoajan osa-ajat koneen koko seuranta-ajalta (vrt. koneellinen hakkuu). Näin laskien koneiden keskimääräinen käyttöajan osuus tuotantoajasta oli 91 % ja keskeytysten 9 %. Käyttöajan osuus tuotantoajasta vaihteli koneittain välillä 85.9 - 99.2 %. Keskeytysajasta 46 % oli korjauksia, 35 % huoltoja ja 19 % toiminnallisia keskeytyksiä.

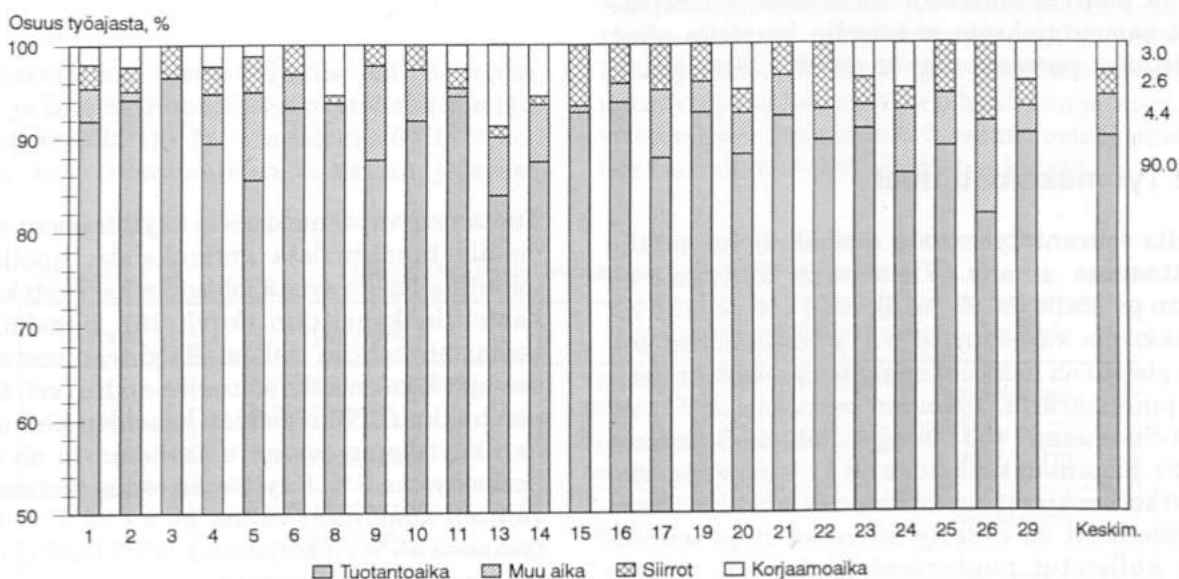
Tuotantoaika vaihteli työmaittain ja alueittain selvästi. Tuotantoaika oli Etelä-Suomessa keskimäärin 35.9 tuntia ja Pohjois-Suomessa 70.4 tuntia työmaata kohti.

5.2.4 Työajan rakenne

Tuotantoajan osuus työajasta oli metsäkuljetuksessa keskimäärin 90 %, muun ajan osuus 4 %, siirtoajan osuus 3 % ja korjaamoajan osuus 3 %. Tuotantoajan osuus työajasta vaihteli koneittain välillä 81.7 - 96.6 %. Korjaamoaikaa ei ollut lainkaan 12 koneella (kuva 20).



Kuva 19. Tuotantoajan jakaumat koneittain



Kuva 20. Työajan jakaumat koneittain

5.2.5 Siirrot

Työmaiden välinen siirtoaika oli keskimäärin 1.2 tuntia. Työmaiden välinen siirtomatka oli keskimäärin 22.5 km (Etelä-Suomessa 26 km ja Pohjois-Suomessa 15 km). Lavettisiirtojen osuus siirroista oli keskimäärin 65 %, lavettiauton ajoaika siirtokertaa kohti 1.9 tuntia ja ajomatka 85 km. Työmaiden huoltopisteen siirtokertoja oli keskimäärin 1.3 työmaata kohti (liite 12).

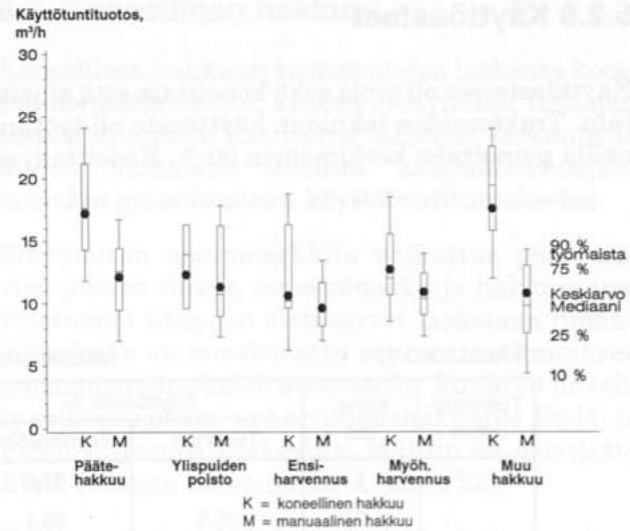
5.2.6 Työvuorojen pituudet

Kuljettajien työvuoron pituus oli keskimäärin 7.4 tuntia ja vaihteli koneittain välillä 5.1 - 10.8 tuntia. Työvuoron pituudessa ei ollut eroa Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä. Työvuoroja tehtiin keskimäärin 7.2 työmaata kohti (Etelä-Suomessa 5.6 ja Pohjois-Suomessa 11.4). Kuormatraktorit työskentelivät yhdessä vuorossa 83 % kaikista työpäivistä ja kahdessa tai useammassa vuorossa 17 % työpäivistä. 38 %:lla koneista työskenteli vain yksi kuljettaja työmaata kohden. Keskimäärin kuljettajia työskenteli 1.2 työmaata kohti.

5.2.7 Tuottavuudet

Metsäkuljetuksen käyttötuntituotoksissa oli selvä ero eri hakkuutapojen ja koneellisesti ja manuaalisesti hakattujen työmaiden välillä (taulukko 14 ja kuva 21). Päätehakkuissa keskimääräinen käyttötuntituotos oli 15.8 m³ (koneellinen hakkuu 17.2 m³ ja manuaalinen hakkuu 12.1 m³). Harvennushakkuissa tuotos oli keskimäärin 11.0 m³ (koneellinen hakkuu 12.5 m³ ja manuaalinen hakkuu 10.6 m³).

Metsäkuljetuksen tuottavuuteen vaikuttavat erityisesti hakkuutapa, hakkuumenetelmä, keskimääräinen maastoajomatka sekä kuljetettavan puutavaran ajouranvarsitiheys (m³ / 100 m ajouraa). Seurantatyömaat ryhmiteltiin em. tekijöiden mukaisesti luokkiin, joille laskettiin keskimääräiset käyttötuntituotokset sekä taustatiedoksi kuljetettujen puutavaralajien osuudet luokissa (liite 13).



Kuva 21. Käyttötuntituotokset hakkuutavoittain

TAULUKKO 14 Metsäkuljetuksen tuottavuudet

Hakkuutapa ja -alue	Keski- määräinen maastoajo- matka, m	Tuottavuudet		
		Käyttötunti- tuotos	Tuotantoaika- tuotos	Työaika- tuotos
PÄÄTEHAKKUUT				
Koneelliset				
Etelä-Suomi	244	17.1	15.5	14.5
Pohjois-Suomi	214	17.4	15.7	14.6
Koko maa	238	17.2	15.6	14.5
Manuaaliset				
Etelä-Suomi	342	11.3	10.2	9.3
Pohjois-Suomi	180	13.1	11.9	11.2
Koko maa	264	12.1	11.0	10.2
Molemmat hakkuumenetelmät				
Etelä-Suomi	264	16.0	14.5	13.4
Pohjois-Suomi	197	15.3	13.9	13.0
Koko maa	246	15.8	14.3	13.3
HARVENNUSHAKKUUT				
Koneelliset				
Etelä-Suomi	229	12.5	11.3	10.6
Pohjois-Suomi	-	-	-	-
Koko maa	229	12.5	11.3	10.6
Manuaaliset				
Etelä-Suomi	242	10.4	9.6	8.8
Pohjois-Suomi	210	11.2	10.1	9.3
Koko maa	237	10.6	9.7	8.9
Molemmat hakkuumenetelmät				
Etelä-Suomi	239	10.9	10.0	9.3
Pohjois-Suomi	210	11.2	10.1	9.3
Koko maa	235	11.0	10.0	9.3

5.2.8 Käyttöasteet

Käyttöasteissa oli eroja sekä koneittain että alueittain. Traktoreiden tekninen käyttöaste oli työtunneilla painottaen keskimäärin 90 %. Koneittain se

vaihteli välillä 82.6 - 99.2 %. Toiminnallinen käyttöaste oli keskimäärin 82 % (taulukko 15).

TAULUKKO 15

Metsäkuljetuksen käyttöasteet

Tutkimus- kausi	Kone, nro	Käyttöaste, %		Tutkimus- kausi	Kone, nro	Käyttöaste, %	
		Tekninen	Toiminnallinen			Tekninen	Toiminnallinen
1	1	93.8	87.0	2	16	88.4	81.7
	2	90.5	85.1		17	98.4	84.8
	3	94.1	90.9		19	94.0	84.8
	4	85.3	76.9		20	82.6	75.8
	5	93.5	80.1		21	93.7	85.7
	6	90.4	84.2		22	95.6	85.3
	8	83.0	81.2		23	89.5	83.6
	9	95.4	80.3		24	87.8	76.1
	10	96.7	88.1		25	94.2	78.9
	11	90.5	85.8		26	99.2	81.0
	13	86.1	77.4		29	92.1	83.7
	14	85.7	79.1				
	15	95.5	85.0				
Työajalla painotettu keskiarvo		89.5	82.0	Työajalla painotettu keskiarvo		91.1	81.6
Etelä-Suomi		91.1	83.1	Etelä-Suomi		90.7	81.0
Pohjois-Suomi		85.2	78.9	Pohjois-Suomi		93.8	85.4
Molemmat kaudet							
Tekninen		89.9					
Toiminnallinen		81.9					

6 TULOSTEN SOVELTAMINEN

6.1 Mihin ajanmenekki- ja tuottavuustietoja tarvitaan?

Vuoden 1991 loppuun asti puutavaran koneellisen hakkuun ja metsäkuljetuksen urakoinnissa olivat voimassa valtakunnalliset ohjemaksut. Ohjemaksuista sovittaessa käytettiin hyväksi mm. tutkimus-, tilasto- ja indeksitietoja kustannusten ja tuottavuuksien muutoksista. Tuottavuustiedot perustuivat paljolti Metsätehon maksuperuste-tutkimuksiin.

Vaikka maksuista sopiminen on siirtynyt yritys- ja yrittäjäkohtaiseksi, siinä tarvitaan edelleen tietoa kustannuksista ja tuottavuuksista. Tarkimmat tiedot saadaan konekohtaisesta kustannus- ja tuottavuuksiseurannasta. Mikäli näitä tietoja ei ole käytettävissä tai urakoinnissa tapahtuu selviä muutoksia (esim. konekaluston ja urakointiolosuhteiden muutokset), tarvittavaa tietoa on mahdollista saada tutkimuksista ja tilastoista.

Maksujen määrittämistä varten on arvioitava työn tuottavuus koneen käyttötuntia kohden erilaisissa olosuhteissa. Sen lisäksi on laskettava koneen kustannukset käyttötuntia kohden. Tämän jälkeen yksikkömaksu voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$\text{Yksikkö-} \quad \text{maksu, mk/m}^3 = \frac{\text{Tuntikustannukset, mk/käyttötunti}}{\text{Tuottavuus, m}^3/\text{käyttötunti}}$$

Ajanmenekki- ja tuottavuustietoja tarvitaan lisäksi puunkorjuun suunnittelussa ja kehittämisessä, korjuukaluston kehittämisessä sekä erilaisissa resurssitarvelaskelmissa. Metsätehossa maksuperustetutkimusten tuloksia on käytetty useissa sovelluksissa. Sellaisia ovat mm. ensisijaisesti Metsätehon sisäiseen tutkimuskäyttöön laaditut metsäalan urakoinnin kustannuslaskentamallit, puunkorjuun kustannusvertailut sekä erilaiset optimointimallit.

Seuraavassa esitetään tämän tutkimuksen tulokset muunnettuina sellaiseen muotoon, että niitä voidaan soveltaa em. tarkoituksissa. Tuottavuudet perustuvat rakenteeltaan aikatutkimustuloksiin ja tasoltaan seurannan tuloksiin. Ne on päivitetty esitetyssä muodossa metsäalan urakoinnin kustannuslaskentamalleihin.

6.2 Koneellinen hakkuu

Koneellisen hakkuun tuottavuuden laskenta koostuu kolmesta osasta: koneen siirtymisen tehoajan laskenta, puiden käsittelyn tehoajan laskenta ja niiden summana saadun kokonaistehoajan menekin muuntaminen käyttötuntituotokseksi.

Siirtymisen ajanmenekkiin vaikuttaa poistettavien puiden tiheys, maastoluokka ja hakkuutapa. Poistuman tiheyden oletusarvot lasketaan funktioidella, jotka on muodostettu seurantalutkimuksen työmaiden tiheyksien perusteella. Funktiot on tehty erikseen pääte- ja harvennushakkuille Etelä- ja Pohjois-Suomea koskevana. Malliin on päivitetty Etelä-Suomen tiheysfunktiot (kuva 22).

Poistuman tiheyden oletusarvon laskennassa käytettävän funktion muoto on seuraava:

$$y = b_1 + b_2 \cdot x \cdot 1000 + \frac{b_3}{x \cdot 1000 - b_4}$$

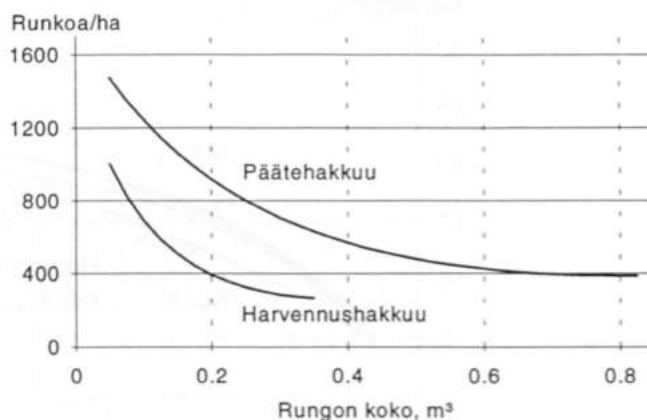
y = poistuman tiheys, runkoa/ha

x = rungon koko, m³

Kertoimet b₁, b₂, b₃ ja b₄ esitetään taulukossa 16.

TAULUKKO 16 Poistuman tiheysfunktion kertoimien arvot (koneellinen hakkuu)

Kerroin	Etelä-Suomi		Pohjois-Suomi	
	Pääte-hakkuu	Harvennus-hakkuu	Pääte-hakkuu	Harvennus-hakkuu
b ₁	-1 495	-846.03	-32.774	-6 927
b ₂	0.92132	1.1802	0.22999	-9.8853
b ₃	1 409 742	342 707	214 308	-10 332 359
b ₄	-432.48	-141.6	-112.21	1 318



Kuva 22. Koneellisen hakkuun poistuman tiheys, Etelä-Suomi

Siirtymisaika (min/runko) lasketaan joko tunnettujen tai em. funktioilla saatujen tiheyksien avulla seuraavasti:

Päätehakkuu:

$$z = -0.6347 + 0.000219 \cdot y + \frac{945.36}{y + 1060}$$

Harvennushakkuu:

$$z = -0.07255 \cdot [\ln(0.000414 \cdot y - 0.03039)]$$

z = siirtymisaika, min/runko

y = poistuman tiheys, runkoa/ha

Puun käsittelyaikoihin vaikuttavat hakkuutapa, puulaji ja rungon koko. Funktion muoto on seuraava:

$$k = b_1 + b_2 \cdot x \cdot 1000 + \frac{b_3}{x \cdot 1000 - b_4}$$

k = käsittelyajat, min/runko

x = rungon koko, m³

Kertoimet b_1 , b_2 , b_3 ja b_4 esitetään taulukossa 17.

Tuottavuus (m³/käyttötunti) lasketaan kaavalla:

$$t = \frac{x \cdot 60}{\left(\frac{z}{m} + k\right) \cdot 1.197 \cdot 1.276}$$

t = tuottavuus, m³/käyttötunti

x = rungon koko, m³

z = siirtymisaika, min/runko

m = maastoluokkakerroin;

$m = 1$, kun maastoluokka on 1

$m = 0.765$, kun maastoluokka on 2

$m = 0.643$, kun maastoluokka on 3

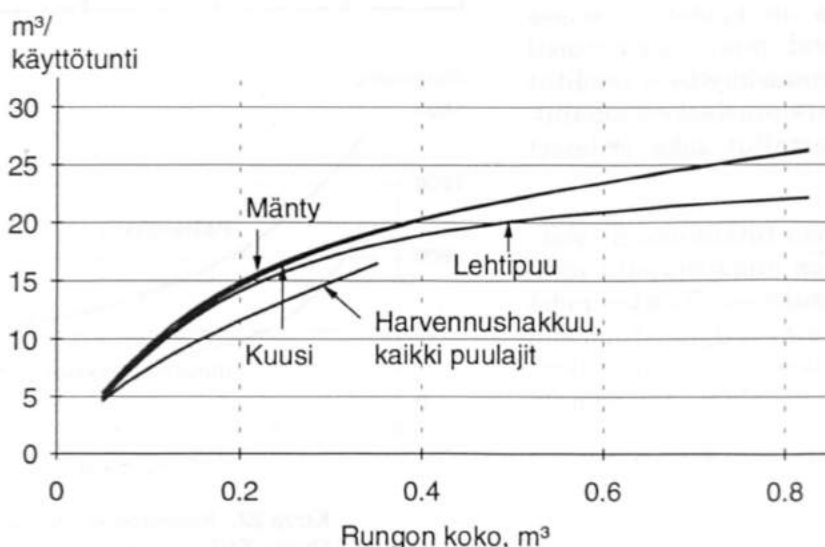
k = käsittelyajat, min/runko

Kertoimella 1.197 muunnetaan tehoaika käyttöajaksi lisäämällä siihen alle 15 minuutin keskeytysten osuus. Aikatutkimuksen käyttöajanmenekki muunnetaan vastaamaan seurannan ajanmenekkiä kertoimella 1.276, koska seurannan ajanmenekki oli 27.6 % suurempi kuin aikatutkimusten perusteella saatu ajanmenekki.

Kuvassa 23 esitetään em. mukaiset tuottavuudet maastoluokassa 1. Puulajien välisillä tuottavuuksilla ei harvennushakkuussa ollut merkittävää eroa, joten ne esitetään yhdistettyinä.

TAULUKKO 17 Puun käsittelyaikafunktion kertoimien arvot (koneellinen hakkuu)

Kerroin	Päätehakkuu			Harvennushakkuu		
	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Mänty	Kuusi	Lehtipuu
b_1	0.52967	0.44472	-16.966	0.65739	0.50001	0.45624
b_2	0.00089	0.00094	-0.00099	0.00041	0.00059	0.00064
b_3	-205.89	-146.17	-143.905	-85.413	-22.386	-17.078
b_4	-719.45	-862.05	8341	-201.34	-85.621	-73.34



Kuva 23.

Koneellisen hakkuun tuottavuudet kuvan 22 tiheyksillä maastoluokassa 1. Päätehakkuu puulajeittain ja harvennushakkuu keskimäärin

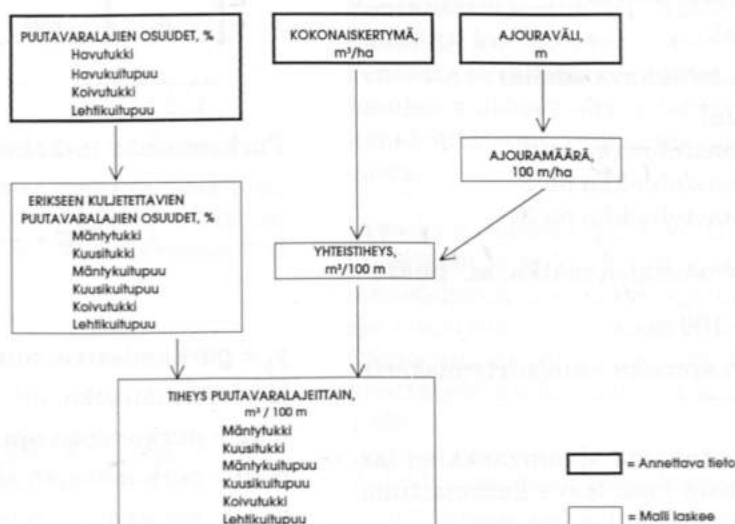
6.3 Metsäkuljetus

Metsäkuljetuksessa tuottavuuden laskenta koostuu seuraavista osista: kuormauksen, kuormausajon, kuormattuna- ja tyhjänäajon sekä purkamisen tehoaikojen laskenta ja niiden summana saadun kokonaistehoajanmenekin muuntaminen käyttötuntituotokseksi.

Laskentamallissa kesä- ja talvikauden tutkimustulokset on yhdistetty painottamalla kesäkauden tuloksia 40 %:lla ja talvikauden tuloksia 60 %:lla. Mallin tuottavuuksien oletusarvot koskevat vain koneellisen hakkuun jälkeen tehtävää metsäkuljetusta. Manuaalisen hakkuun jälkeen tehtävän metsäkuljetuksen tuottavuudet ovat 10 - 15 % niitä pienemmät.

Puutavaralajitiheys vaikuttaa paljon metsäkuljetuksen tuottavuuteen. Puutavaralajeittaiset ajo-uranvarsitiheydet lasketaan puutavaralajiosuuksien, kokonaiskertymän, ajouravälin ja erikseen kuljetettavien puutavaralajien määrän perusteella. Mikäli puutavaralajin kertymä on hyvin pieni, se kuljetetaan yleensä muiden puutavaralajien yhteydessä sekakuormana. Laskentamallissa tiheydet lasketaan kaavion (kuva 24) mukaisesti.

Kuva 24.
Puutavaralajeittaisen ajo-uranvarsitiheyden laskenta metsäkuljetuksen kustannuslaskentamallin mukaan



TAULUKKO 18 Kuormausaikafunktion kertoimien arvot (metsäkuljetus)

Kerroin	Päätehakkuu			Harvennushakkuu		
	Tukki	Pitkä kuitupuu	Lyhyt kuitupuu	Tukki	Pitkä kuitupuu	Lyhyt kuitupuu
b_1	0.1504	0.1596	0.312	0.0942	0.1642	0.277
b_2	0.616	0.894	1.178	0.839	1.1838	0.944
b_3	0.33599	0.26415	0.26002	0.32428	0.21249	0.18711

Myös kuormankoko vaikuttaa paljon tuottavuuteen. Mallissa käytetään tämän tutkimuksen mukaisia kuormankokoja. Ne olivat koneellisen hakkuun jälkeen keskimäärin seuraavat:

Havusahatukki	12.8 m³
Pitkä havukuitupuu	11.6 m³
Lyhyt havukuitupuu	10.0 m³
Koivusahatukki	10.2 m³
Pitkä lehtikuitupuu	9.3 m³
Lyhyt lehtikuitupuu	8.0 m³

Kuormaukseen käytettävä aika (min/m³) lasketaan kaavalla:

$$y_1 = 0.11 + \frac{b_1 + b_2 \cdot b_3 \sqrt{x}}{b_3 \sqrt{x}}$$

y_1 = kuormausaika, min/m³

$b_3 \sqrt{x}$ = työpisteen koko, m³, jossa

x = tiheys, m³/100 m

0.11 = kuormauksen apuaika, min/m³

Kertoimet b_1 , b_2 ja b_3 esitetään taulukossa 18.

Lehtipuun ajanmenekin laskennassa käytetään kuormausajan osalta edellisen, vuoden 1985, maksuperustetutkimuksen tuloksia, koska tämän tutkimuksen aineisto jäi siltä osin puutteelliseksi. Lehtipuun kuormauksen ajanmenekki saadaan kertomalla em. tavalla saatu havupuun kuormauksen ajanmenekki seuraavilla kertoimilla:

Päätehakkuu

- pitkä kuitupuu ja tukki 1.14
- lyhyt kuitupuu 1.23

Harvennushakkuu

- pitkä kuitupuu ja tukki 1.08
- lyhyt kuitupuu 1.16

Lyhyen havukuitupuun kuormauksen ajanmenekkinä käytetään tämän tutkimuksen manuaalisen hakkuun jälkeisen metsäkuljetuksen ajanmenekkiä, koska koneellisen hakkuun jälkeisen lyhyen kuitupuun kuljetuksen tutkimusaineisto jäi pie-neksi.

Kuormausajan ajanmenekki (min/m³) lasketaan seuraavasti:

$$y_2 = \frac{\frac{k}{z} \cdot 0.04 + \frac{s}{b_1}}{k}$$

y_2 = kuormausajan aika, min/m³

k = kuormankoko, m³

z = työpisteen koko, m³ (kaava edellä)

b_1 = ajonopeus, m/min;

$b_1 = 29$, kun maastoluokka on 1

$b_1 = 24$, kun maastoluokka on 2

$b_1 = 21$, kun maastoluokka on 3

$s = \frac{k}{x/100}$ = kuormausajan matka, m, missä
 x = tiheys, m³/100 m

0.04 = kuormausajan apuaika, min/siirtymiskerta

Kuormattuna- ja tyhjänäajon ajanmenekkien las-kemista varten on ensin laskettava kuormattuna- ja tyhjänäajon kuljetusmatkat seuraavasti:

$$\text{Kuormattuna-ajomatka} = \frac{\text{Keskikuljetus- matka} \cdot \text{Kuormausajomatka}}{2}$$

$$\text{Tyhjänä-ajomatka} = 2 \cdot \text{Keskikuljetus- matka} - \text{Kuormattuna-ajomatka}$$

Lyhyillä kuljetusmatkoilla ja pienillä puutavara-lajitiheyksillä kaava voi antaa kuormattuna-ajo-matkan hyvin lyhyeksi tai jopa negatiiviseksi. Sik-si kuormattuna-ajomatkan minimiksi malliin on asetettu 50 m.

Kuormattuna- ja tyhjänäajon ajanmenekit (min/m³) lasketaan seuraavilla kaavoilla:

$$y_3 = \frac{0.19 + (m_1 / 100) \cdot [b_1 - 0.346 \cdot \ln(m_1 / 100)]}{k}$$

$$y_4 = \frac{0.27 + (m_2 / 100) \cdot [b_2 - 0.389 \cdot \ln(m_2 / 100)]}{k}$$

y_3 = kuormattuna-ajon aika, min/m³

y_4 = tyhjänäajon aika, min/m³

m_1 = kuormattuna-ajomatka, m

m_2 = tyhjänäajomatka, m

k = kuormankoko, m³

0.19 = kuormattuna-ajon apuaika, min/kuorma

0.27 = tyhjänäajon apuaika, min/kuorma

Kertoimet b_1 ja b_2 esitetään taulukossa 19.

TAULUKKO 19 Kuormattuna- ja tyhjänäajon ajanmenekifunktioiden kertoimien arvot (metsäkuljetus)

Kerroin	Maastoluokka		
	1	2	3
b_1	2.37	2.88	3.48
b_2	2.01	2.34	2.83

Purkamisaika lasketaan seuraavasti:

$$y_5 = 0.02 + \frac{0.30}{k} + b_1$$

y_5 = purkamisaika, min/m³

k = kuormankoko, m³

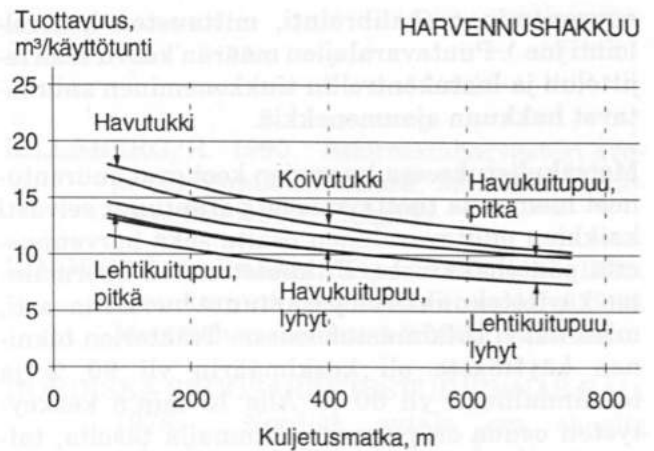
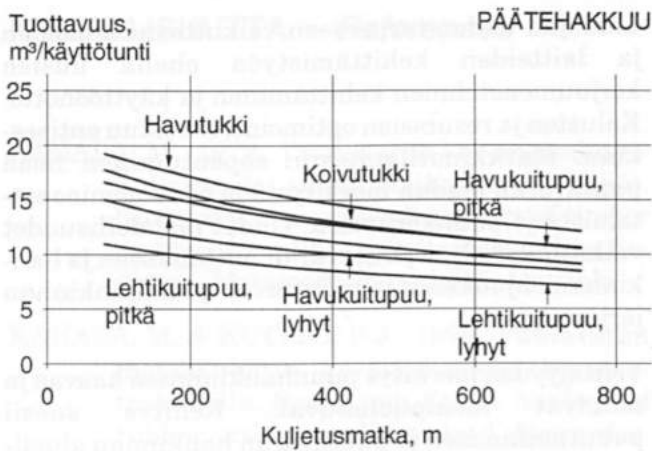
0.02 = purkamisen apuaika, min/m³

0.30 = purkamisajan aika, min/kuorma

b_1 = varsinainen purkamisaika, min/m³;
kertoimen arvot esitetään taulukossa 20

TAULUKKO 20 Purkamisaikafunktion kertoimen arvot (metsäkuljetus)

Kerroin	Havupuu			Lehtipuu		
	Tukki	Pitkä kuitupuu	Lyhyt kuitupuu	Tukki	Pitkä kuitupuu	Lyhyt kuitupuu
b_1	0.57	0.56	0.80	0.57	0.60	0.90



Kuva 26. Metsäkuljetuksen tuottavuudet koneellisen päätehakkuun ja harvennushakkuun jälkeen. Ajouranvarsitiheys $7.0 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}$, maastoluokka 1

Puutavaran metsäkuljetuksen käyttöajanmenekki saadaan laskemalla kuormauksen, kuormausajon, kuormattuna- ja tyhjänäajon sekä purkamisen tehoajat yhteen ja lisäämällä niihin kertoimella 1.084 alle 15 minuutin keskeytysten osuus. Seurannassa ajanmenekki oli 22.4 % suurempi kuin aikatutkimuksessa, joten aikatutkimuksen ajanmenekki muunnetaan vastaamaan seurannan ajanmenekkiä kertoimella 1.224. Tuottavuus ($\text{m}^3/\text{käyttötunti}$) lasketaan kaavalla:

$$t = \frac{60}{(y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5) \cdot 1.084 \cdot 1.224}$$

Kuvassa 26 on esitetty tämän kaavan mukaiset metsäkuljetuksen tuottavuudet hakkuutavoittain maastoluokassa 1 ja ajouranvarsitiheydessä $7.0 \text{ m}^3/100 \text{ m}$.

7 TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT

Tutkimus tuotti ajantasaista tietoa puutavaran koneellisesta hakkuusta ja metsäkuljetuksesta. Tulokset perustuvat tavanomaisimpiin korjuuolosuhteisiin ja korjuumenetelmiin. Aikatutkimustulokset rungon koon ja puuston tiheyden vaikutuksista koneelliseen hakkuuseen ja tulokset havupuutavaran metsäkuljetuksesta päätehakkuissa ja manuaalisen hakkuun jälkeen harvennuksissa ovat suhteellisen kattavia. Sitä vastoin aineistot jäivät puutteellisiksi luotettavien tulosanalysointien tekoon ensiharvennusten hakkuusta ja lehtipuiden metsäkuljetuksesta. Myös

paksun lumen vaikutusten selvittäminen jäi vaillinaiseksi vähälumisten talvikausien vuoksi. Erilaisten määrä- ja laatumittausmenetelmien ja koneketjujen vaikutukset konetyön tuottavuuksiin sekä puutavaran lajittelun ja sen ylläpidon vaikutukset hakkuun ja metsäkuljetuksen yhteisajanmenekkeihin vaatisivat myös lisäselvityksiä.

Seurantatutkimuksen tulokset ensimmäiseltä kaudelta kuvannevat varsin hyvin konetyön rakennetta ja toimintaympäristöä. Toisen tutkimuskauden tulokset olivat lähinnä suuntaa antavia konekohtaisten seuranta-aikojen lyhyiden johdosta.

Projektin toisena päätavoitteena oli analysoida vuosittain ja pidemmällä aikavälillä puunkorjuumenetelmien ja konekannan kehityksen vaikutuksia konetyön ajanmenekkeihin ja tuottavuuksiin. Tämä tavoite jäi saavuttamatta, koska projektin kenttätöitä keskeytettiin vuodenvaihteessa 1991/1992.

Tulosten mukaan sekä koneellisen hakkuun että metsäkuljetuksen tuottavuudet ovat suurentuneet verrattuna aiempiin 1980-luvulla tehtyihin maksuperusteseselvityksiin. Samoin tekniset ja toiminnalliset käyttöasteet ovat parantuneet. Muutokset johtuvat sekä konetekniikan, korjuumenetelmien ja koulutuksen kehittymisestä että osaltaan myös urakointiketjujen yleistymisestä.

Koneellisessa hakkuussa rungon koko vaikuttaa tuottavuuteen aiempaa enemmän. Puulajien väliset tuotoserot ovat pienentyneet ja hakkuutapojen väliset tuotoserot suurentuneet. Hakkuukonemittaus on yleistymässä, mistä johtuneen osaltaan lyhyiden, alle 15 min:n keskeytysten osuuden

suureneminen (kalibrointi, mittausten kontrollointi jne.). Puutavaralajien määrän kasvu sekä lajittelun ja laatuksikontrollin tiukkeneminen suurentavat hakkuun ajanmenekkiä.

Metsäkuljetuksessa kuormien koot ovat suurentuneet hieman ja tuottavuus on parantunut selvästi kaikkien puutavaralajien osalta sekä harvennukset päätehakkuissa. Pitkäulotteisten kuormainten käyttötekniikka on parantunut huomattavasti, mikä näkyi tutkimustuloksissa. Traktorien tekninen käyttöaste oli keskimäärin yli 90 % ja toiminnallinen yli 80 %. Alle 15 min:n keskeytysten osuus on pysynyt aiemmalla tasolla, talviolioissa se oli kuitenkin pari prosenttiyksikköä suurempi kuin kesällä.

Käyttöastetulosten perusteella leimikkoketjutukset ja konesiirtojen ennakkoinnit on otettu työmaasuunnittelussa huomioon aiempaa paremmin. Toiminnallista käyttöastetta voidaan kuitenkin eräiden koneistaisten tulosten perusteella vielä parantaa mm. työmaasiirtoja edelleen tehostetusti optimoimalla sekä koneiden kaksi- ja kolmivuorotyötä lisäämällä.

Metsäkoneiden jatkuvan maksuperustetutkimuksen ansiosta puutavaran koneellisen hakkuun ja metsäkuljetuksen tuottavuustiedot perusolosuhteiden osalta saatiin ajantasaisiksi. Tieto kuitenkin vanhenee nopeasti. Metsäkonetyössä ja puutavaran autokuljetuksessa on siirrytty yritys-kohtaisiin sopimusjärjestelyihin. Lisäksi puunkorjuun koneellistamisen ennustetaan edelleen kasvavan sekä metsäyhtiöiden, Metsähallituksen että yksityismetsätalouden sektoreilla. Koneellistamisen painopiste kohdistuu erityisesti harvennushakkuisiin. Muutos lisää paikallisissa sopimusneuvotteluissa käyttökelpoisen tiedon tarvetta.

Lähiajan tiedon tarpeeseen vaikuttavat koneiden ja laitteiden kehittämistyön ohella uusien korjuumenetelmien kehittäminen ja käyttöönotto. Kaluston ja resurssien optimointi korostuu entisestään. Markkinatilanteisiin sopeutuminen lisää puutavaran laadun merkitystä ja sen huomioonottamista jo puunkorjuussa. Uudet mahdollisuudet vaikuttavat myös puutavaran mittaukseen ja hankinnan ohjaukseen ja muuttavat puunhankinnan järjestelyjä.

Yrittäjyyden merkitys puunhankinnassa kasvaa ja tehtävät monipuolistuvat. Kehitys suosii puuntuottamisen ja puutavaran hankinnan alueilla itsenäisesti toimivia työryhmiä ja toisaalta kokonaisurakointia, joka sisältää sekä metsäkonetyöt, manuaaliset metsätyöt että autokuljetuksen. Hakkuumies- ja konetyön leimikoittainen yhteiskäyttö ja töiden lomittaminen ovat uusia haasteita ja ne vaikuttavat osaltaan korjuumenetelmien kehitykseen ja konetyön tuottavuuksiin. Koneellisessa harvennushakkuussa käyttöönotettava joukkokäsittelytekniikka vaikuttaa olennaisesti tuottavuusperusteisiin. Kun lisäksi energiapuun korjuu yhdistettynä teollisuuden ainespuun korjuuseen yleistyy, konetyön ajanmenekki- ja tuottavuusperusteet muuttunevat vastaisuudessa voimakkaasti. Samaan aikaan konetyöhön vaikuttavat korjuujäljen parantamistavoitteet yhdessä ympäristökysymysten ja metsien moninaiskäyttövaateiden kanssa. Myös lainsäädäntö aiheuttaa mitä todennäköisimmin muutoksia nykyiseen puunhankintaan, konekalustoon ja hankinnan operatiiviseen suunnitteluun.

Ajantasaisten ja luotettavien perustietojen määrällinen ja laadullinen tarve puunkorjuussa ja kuljetuksessa korostuu siis entisestään. Sekä metsäkoneyritysten että urakanantajien yhteinen etu puoltaa myös jatkossa konetyön tuottavuuteen vaikuttavien tekijöiden selvittämistä ja mahdollisten seurantajärjestelmien kehittämistä.

KIRJALLISUUTTA - References

- KAHALA, M. 1979. Puutavaran kuormatraktori-kuljetus ja siihen vaikuttavat tekijät. Summary: Forwarder transport of timber and factors influencing it. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 355. Helsinki
- KAHALA, M. & KUITTO, P.-J. 1986. Puutavaran metsäkuljetus keskikokoisella kuormatraktorilla. Summary: Forest haulage of timber using medium-sized forwarder. Metsätehon katsaus - Metsäteho Review 10/1986. Helsinki
- KUITTO, P.-J. 1990. Metsäkuljetus harvesterin jälkeen. Summary: Forest haulage after mechanized cutting. Metsätehon katsaus - Metsäteho Review 17/1990. Helsinki
- KUITTO, P.-J. 1992. Koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus - Maksuperusteeselvitys 1990 - 1991. Summary: Mechanized cutting and forest haulage. Metsätehon katsaus - Metsäteho Review 9/1992. Helsinki
- KÄRKKÄINEN, M. 1982. Pölkyttäinen kuitupuunmittaus. Summary: Measurement of pulpwood by the bolt. Folia Forestalia 501. Metsäntutkimuslaitos - The Finnish Forest Research Institute. Helsinki
- LAASASENAHO, J. & SNELLMAN, C.-G. 1983. Männyn, kuusen ja koivun tilavuustaulukot - Volymtabeller för tall, gran och björk. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 113. Metsäntutkimuslaitos, metsänarvioimisen tutkimusosasto. Helsinki
- LILLEBERG, R. 1990. Kuormainharvesteri avo- ja harvennushakkuissa. Metsätehon moniste 28.3.1990. Helsinki
- LINDROOS, J., RAJAMÄKI, J. & ÖRN, J. 1993. Puunkorjuukustannusten vertailu 1993. Metsätehon moniste 1.2.1993. Helsinki
- NORDISKA SKOGSARBETSSTUDIERNAS RÅD. 1978. Nordisk avtale om skoglig arbeidsstudienomenklatur. Ås. Norge
- OIJALA, T. & RAJAMÄKI, J. 1992. Metsäalan urakoinnin kustannuslaskentamallit. Käyttöohjeita. Metsätehon moniste 15.4.1992. Helsinki
- OIJALA, T. & RAJAMÄKI, J. 1992. Uudet apuvälineet metsäalan urakoinnin kustannuslaskentaan. Summary: New equipment for cost calculation of forest contracting. Metsätehon katsaus - Metsäteho Review 5/1992. Helsinki
- SÄTERI, L. 1990. Metsäkoneiden myyntilasto 1989. Metsätehon moniste 1990. Helsinki
- SÄTERI, L. 1991. Metsäkoneiden myyntilasto 1990. Metsätehon moniste 6.2.1991. Helsinki

MECHANIZED CUTTING AND FOREST HAULAGE

By Pekka-Juhani Kuitto, Sirkka Keskinen, Jarmo Lindroos,
Teppo Oijala, Juha Rajamäki, Tapio Räsänen, Jari Terävä

Summary

The study was conducted by Metsäteho during the years 1990 - 1992. The purpose of the study was to determine the bases of payment for mechanized cutting and forest haulage. The study delved into the productivities of various logging machines and forwarders used in timber harvesting and into the time consumption structures of machine work in various harvesting conditions.

The machines to be studied were selected year by year by means of a lottery from among the five top selling forest machine makes in Finland (Fig. 1). The machines thus selected and operating in different parts of the country were then made the subjects of repeated time studies and continuous monitoring. All in all, 30 single-grip harvesters and 30 medium-sized forwarders were studied on a total of 1 329 work sites (material processed consisted of 642 608 solid m³).

Mechanized cutting, when cutting softwood timber with an average merchantable stem size of 0.045 m³, resulted in an effective time consumption five times as great as when cutting timber with an average stem size of 0.500 m³ (Fig. 6). The difference in effective time consumption between thinning and final cutting was reduced from 22 % to 6 % when the size of the softwood stems rose from 0.100 m³ to 0.300 m³ and when the density of the timber to be removed was 600 stems/ha. The cutting of pine and spruce stands consumed almost or just as much time as long as the average size of the stems cut remained below 0.400 m³. When the stem size rose above this value, time consumption for cutting pine exceeded that of spruce. The effective time consumption in the final cuttings of hardwood timber was 4 - 8 % higher than in cutting softwood timber and in thinning cuttings as high or lower. In final cutting the effective time consumption in the cutting of short softwood pulpwood (length < 3.6 m) as compared to the cutting of long softwood pulpwood was 6 - 12 % higher. In thinning, the corresponding difference was 4 - 10 % higher. Delays of less than 15 minutes accounted for 17.2 % of the gross effective time. Harvesters were operated in

single shift during 73 % of all work days and in two or more shifts during 27 % of the work days. The output per gross effective hour in mechanized cutting was an average of 13.9 m³. Output on softwood-dominated final cutting operations in southern Finland was 17.2 m³ and in northern Finland 11.2 m³. The corresponding figures for thinnings were 10.0 m³ and 7.8 m³. The mechanical availability was an average of 81 % and the machine utilization 74 %.

Forest haulage of saw logs following mechanized cutting resulted in an average load of 12.8 m³; the corresponding figure following motor-manual cutting was 11.9 m³. In the case of softwood pulpwood cut to approx. 5 m lengths the corresponding average loads were 11.6 m³ and 10.2 m³, and for softwood pulpwood cut to approx. 3 m lengths the figures were 10.0 m³ and 8.2 m³. While the cutting method did not have a statistically significant effect on load sizes, its influence on the output of forest haulage was statistically significant. Forest haulage of softwood saw logs following mechanized cutting was 11 - 14 % faster than following motor-manual cutting in the summer. The corresponding figure for winter was 9 - 17 %. The time consumption for forest haulage in the winter of softwood pulpwood cut to approx. 5 m lengths following mechanized cutting equalled that of forest haulage of softwood logs following motor-manual final cutting. The highest time consumption was recorded for forest haulage of long pulpwood following motor-manual cutting. Delays of less than 15 minutes accounted for 6.5 % in the summer and 8.6 % in the winter (% of gross effective time). Forwarders were operated in single shift during 83 % of all work days and in two or more shifts during 17 % of the work days. The output per gross effective hour in forest haulage in softwood-dominated final cuttings was on average 17.2 m³ following mechanized cutting and 12.1 m³ following motor-manual cutting. The corresponding figures for thinning cuttings were 12.5 m³ and 10.6 m³. The mechanical availability of the forwarders was 90 % and the machine utilization was 82 %.

Keywords: harvesting, mechanized cutting, forest haulage, forest work

TUTKIMUSKONEET KAUSITTAIN JA ALUEITTAIN

KUORMAINHARVESTERIT:

<u>Ensimmäinen kausi (1990/1991)</u>			<u>Toinen kausi (1991/1992)</u>		
Kone- nro	Alue	Kuormainharvesteri (vuosimalli)	Kone- nro	Alue	Kuormainharvesteri (vuosimalli)
1	Länsi-Suomi	FMG 990 / 746 (89)	17	Länsi-Suomi	FMG 990 / 746 (90)
2	Länsi-Suomi	FMG 990 / 762 (89)	18	Länsi-Suomi	FMG 990 / 762 (89)
3	Länsi-Suomi	FMG 990 / 762 (88)	19	Länsi-Suomi	FMG 990 / 750 (90)
4	Itä-Suomi	FMG 990 / 750 (89)	20	Länsi-Suomi	FMG 990 / 750 (88)
5	Itä-Suomi	FMG 990 / 750 (89)	21	Länsi-Suomi	Norcar / Ponsse H40 (89)
6	Pohjois-Suomi	FMG 990 / 750 (88)	22	Itä-Suomi	Norcar / Ponsse H60 (90)
7	Länsi-Suomi	Valmet 901 / 948 (90)	23	Länsi-Suomi	Norcar / Ponsse H60 (90)
8	Länsi-Suomi	Valmet 901 / Keto 150 (90)	24	Itä-Suomi	Norcar / Ponsse H60 (89)
9	Itä-Suomi	Valmet 901 / 955 (88)	25	Pohjois-Suomi	Ponsse HS15e / 600H (90)
10	Pohjois-Suomi	Valmet 901 / 955 (89)	26	Itä-Suomi	Ponsse HS15e / 600H (90)
11	Länsi-Suomi	Valmet 862 / 948 (88)	27	Pohjois-Suomi	Kockums 84-31 / H60 (90)
12	Itä-Suomi	Ponsse HS15e / 600H (89)	28	Länsi-Suomi	Valmet 901 / 942 (90)
13	Itä-Suomi	Ponsse HS15e / 600H (88)	29	Länsi-Suomi	Valmet 901 / 948 (88)
14	Pohjois-Suomi	Åkerman H7C / AFM 60 (90)	30	Itä-Suomi	Valmet 901 / 955 (89)
15	Pohjois-Suomi	Norcar 490 / 600H (89)	31	Pohjois-Suomi	Valmet 862 / 955 (89)
16	Pohjois-Suomi	Åkerman H7C / AFM 60 (89)			

TUTKIMUSKONEET KAUSITTAIN JA ALUEITTAIN

KUORMATRAKTORIT:

<u>Ensimmäinen kausi (1990/1991)</u>			<u>Toinen kausi (1991/1992)</u>		
Kone- nro	Alue	Kuormatraktori (vuosimalli)	Kone- nro	Alue	Kuormatraktori (vuosimalli)
1	Itä-Suomi	FMG 910 (89)	16	Itä-Suomi	FMG 910 (90)
2	Länsi-Suomi	FMG 910 (89)	17	Länsi-Suomi	FMG 910 (90)
3	Itä-Suomi	FMG 910 (87)	18	Länsi-Suomi	FMG 910 (89)
4	Itä-Suomi	FMG 910 (89)	19	Pohjois-Suomi	FMG 910 (88)
5	Itä-Suomi	FMG 910 (88)	20	Itä-Suomi	FMG 910 (88)
6	Länsi-Suomi	Valmet 836 (88)	21	Pohjois-Suomi	FMG 910 (88)
7	Länsi-Suomi	Valmet 836 (89)	22	Itä-Suomi	Ponsse S15e (89)
8	Pohjois-Suomi	Valmet 836 (88)	23	Länsi-Suomi	Ponsse S15e (90)
9	Länsi-Suomi	FMG 678 Mini (89)	24	Itä-Suomi	Ponsse S15e (90)
10	Länsi-Suomi	FMG 678 Mini (88)	25	Länsi-Suomi	FMG 678 Mini (89)
11	Itä-Suomi	Ponsse S15e (89)	26	Länsi-Suomi	FMG 678 Mini (89)
12	Länsi-Suomi	Ponsse S15 (88)	27	Pohjois-Suomi	Valmet 836 (88)
13	Pohjois-Suomi	Ponsse S15 (87)	28	Itä-Suomi	Valmet 836 (90)
14	Pohjois-Suomi	Valmet 838 (89)	29	Länsi-Suomi	Valmet 828 (90)
15	Länsi-Suomi	Valmet 838 (90)	30	Pohjois-Suomi	Valmet 838 (89)

TUTKIMUSKONEET URAKANANTAJITTAIN

<u>Urakanantaja</u>	<u>Tutkimuskausi 1</u>		<u>Tutkimuskausi 2</u>	
	Harves- terit	Trak- torit	Harves- terit	Trak- torit
Enso-Gutzeit Oy	2	4	2	-
Keiteleen Teollisuussaha Oy	-	-	1	-
Metsähallitus	2	3	-	1
Metsänhoitoyhdistykset	-	1	-	-
Osk. Metsäliitto	3	5	4	5
Myllykoski Oy	-	-	1	-
Pohjanmaan Puu Oy	-	-	1	1
Pölkky Oy	1	-	-	-
Tehdaspuu Oy	2	1	2	4
Veitsiluoto Oy	3	-	2	2
Yhtyneet Paperitehtaat Oy	3	1	2	2
YHTEENSÄ	16	15	15	15

LIITE 2

1 (2)

METSÄTYÖNTUTKIMUKSEN AJANJAOTTELU

Kokonaisaika	on laskentakauden koko aikamäärä (esim. koneen bruttoseurantajakso).
Työaika	on koko se aika, joka kuluu tietyn työtehtävän suorittamiseen. Työaika = kokonaisaika - vapaa-aika.
Vapaa-aika	on kaikki se aika, jota ei voida lukea työaikaan (sisältää mm. työn puutteen tai loman aiheuttaman koneen <u>seisonta-ajan</u> , joka kuitenkin esitetään tässä tiedotuksessa eriteltynä vapaa-ajasta).
Tuotantoaika	on aika, joka kuluu yksittäisellä työmaalla työtehtävän suorittamiseen (aika sisältää käyttöajan ohella myös työmaalla tapahtuvat yli 15 min:n keskeytykset).
Käyttöaika	on aika, joka välittömästi tai välillisesti kuluu työn suorittamiseen työmaalla ja sisältää tehoajan lisäksi alle 15 minuutin keskeytykset.
Tehoaika	on suoranaisesti työn suorittamiseen kuluva aika. Tehoaika ei sisällä mitään työn keskeytyksiä.
Siirtoaika	on koneen siirtymiseen työmaalta toiselle kuluva aika ja se sisältää myös siirron valmistelut ja odotukset.
Valmisteluaika	on aika koneen saattamiseksi työmaalla valmiiksi työtehtävään ja työtehtävän päättymisen jälkeen takaisin alkutilaan.
Korjaamo aika	on aika, joka kuluu sellaisiin korjaus- ja huoltotöihin, joita ei tavanomaisena työnä voida tehdä työmaalla. Korjaamo aikaan sisältyy koneen siirtoaika korjaamolle ja siellä varsinaiseen korjaukseen, huoltoon ja varaosien odotuksiin kulunut aika.
Keskeytyksiin	luetaan ne ajat, jotka eivät suoraan kuulu johonkin tiettyyn työnosaan. Tällaisia ovat mm. koneiden huoltoon ja korjaukseen työmaalla tai työnsuunnitteluun ja lepoon kuluvat ajat. Keskeytykset jaetaan työntutkimuksessa alle ja yli 15 minuutin keskeytyksiin.

Koneen käytön tehokkuutta ja koneen teknistä kestävyyttä kuvataan erilaisilla aikasuhteilla.

Käyttöasteet määritetään seuraavasti:

1. **Tekninen käyttöaste (MA)** kuvaa koneen teknistä käyttövarmuutta. Se on riippuvainen koneen korjausten määrästä ja huoltotarpeesta, mutta riippumaton käytön toiminnallisista olosuhdetekijöistä. Se lasketaan kaavalla:

$$MA = \frac{\text{käyttöaika}}{\text{käyttöaika} + \text{korjaamo aika} + \text{konekeskeytysaika}}$$

Konekeskeytysaika sisältää koneen vioista, tarkastuksista ja huolloista työmailla aiheutuneet keskeytykset.

2. **Toiminnallisessa käyttöasteessa (MU)** otetaan lisäksi huomioon työorganisaation aiheuttamat, esim. työnjohdosta ja työn suunnittelusta, johtuvat keskeytykset. Käyttöaste kuvaa koneen valmiutta käytännön toiminnassa. Se on riippuvainen koneen teknisestä käyttövarmuudesta ja käytön toiminnallisista olosuhdetekijöistä, kuten korjuuorganisaation tehokkuudesta ja kuljettajan työajan keskeytyksistä.

Maksuperustelaskelmissa käytetään käyttöastetta, jossa jakajana on myös koneen siirrot valmisteluineen. Tämä käyttöaste esitetään tuloksissa.

$$MU = \frac{\text{käyttöaika}}{\text{käyttöaika} + \text{korjaamo aika} + \text{konekeskeytysaika} + \text{organisaation aiheuttamat sekä muut keskeytykset työmaalla} + \text{siirrot}}$$

Hakkuukoneiden seurantajaksot ja valmistetut puumäärät koneittain

Tutki- mus- kausi	Kone- nro	S e u r a n n a n alkamis- päivä	päättymis- päivä	Seurannan kesto, vrk	Seisontapäivien osuus kokonais- seuranta-ajasta, %	Seurattu puumäärä, m ³	Rungon koko, dm ³
1	1	090590	310591	388	9.2	40 837	323
	2	050990	310591	269	63.7	11 723	372
	3	250690	310591	341	36.9	15 440	375
	4	140590	310591	383	7.2	25 056	393
	6	280590	310591	369	24.3	37 407	131
	7	100590	060291	273	0.0	3 409	174
	8	170590	310591	380	15.7	20 163	308
	9	190790	310591	317	22.8	21 379	310
	10	010890	310591	304	28.6	17 176	193
	11	140291	310591	107	71.6	1 652	131
	12	200490	291190	224	28.9	20 057	308
	13	250490	310591	402	17.8	31 702	465
	15	110590	310591	386	16.1	21 731	136
	16	070391	310591	86	12.5	1 774	106
2	17	030991	120991	10	0.0	1 552	360
	18	160991	191091	34	0.0	5 576	417
	20	160891	070192	145	12.0	16 371	393
	21	190891	211291	125	0.0	8 808	201
	23	170991	111191	56	0.0	3 569	346
	24	290891	211091	54	9.3	6 045	328
	25	140891	160192	156	0.0	15 759	164
	27	170991	100192	116	1.9	8 782	127
	28	190891	061191	80	0.0	6 604	269
	29	080991	121191	66	0.0	8 853	330
	30	240991	311291	99	1.8	5 798	269
	31	280891	201291	115	0.0	11 311	119

Seurannan työmaaolosuhteet (koneellinen hakkuu)

HAKKUUTAPA	Päätehakkuu	Ylispuiden poisto	Ensiharvennus	Myöh. harvennus	Muu hakkuu	Yhteensä
Osuus työ- maista, %	83.8	0.9	1.5	10.8	3.0	100.0
Osuus puu- määristä, %	89.8	0.4	1.0	7.2	1.6	100.0

LUMEN VAHVUUS	0 cm	1 - 20 cm	21 - 40 cm	41 - 60 cm	YLI 60 cm	Ei tietoa	Yhteensä
Osuus työ- maista, %	61.5	14.5	4.3	0.9	2.0	16.8	100.0

ALIKASVOKSEN MÄÄRÄ	Ei lainkaan	Hieman	Runsaasti	Ei tietoa	Yhteensä
Osuus työmaista, %	56.4	35.4	6.2	2.0	100.0

KUITUPUUN TYÖMENETELMÄ	Kasoissa ajo- uran varressa	Vyöhykkeelle- kasa	Kasa palstalle	Suorinta, ajoura auki	Suorinta, ajoura ei auki	Ei tietoa	Yhteensä
Osuus työ- maista, %	64.1	2.7	22.1	0.5	0.2	10.4	100.0
Osuus puu- määristä, %	67.2	1.7	21.5	0.4	0.1	9.1	100.0

TYÖMITTAUSMENETELMÄ	Pystymittaus	Hakkuukone- mittaus	Metsurimittaus	Jälkimittaus	Muu	Ei tietoa	Yhteensä
Osuus työmaista, %	13.3	54.6	0.0	31.5	0.3	0.3	100.0
Osuus puumääristä, %	16.8	55.9	0.0	26.5	0.5	0.3	100.0

PUUSTON JAKSOISUUS	1-jaksoinen	2-jaksoinen	Ei tietoa	Yhteensä
Osuus työmaista, %	75.0	18.0	7.0	100.0

PUIDEN VALINTATAPA, HARVENNUKSET	Ennakkoleimaus	Kuljettajavalinta	Ei tietoa	Yhteensä
Osuus työmaista, %	22.2	75.0	2.8	100.0

Seurannassa hakatut puutavaralajit koneittain ja yhteensä (koneellinen hakkuu)

Tutkimus- kausi	Kone- nro	Mänty- s a h a t u k k i a	Kuusi- s a h a t u k k i a	Koivu- s a h a t u k k i a	TUKKIA, Yhteensä	Mänty- k u i t u p u u t a	Kuusi- k u i t u p u u t a	Lehti- k u i t u p u u t a	KUITU- PUUTA, Yhteensä	Erikois- puutavara	YHTEENSÄ, m ³
		%									
1	1	7.9	50.1	0.4	58.4	7.0	26.1	5.8	38.9	2.7	40 836
	2	37.5	38.6	0.4	76.5	7.8	10.4	2.4	20.5	3.0	11 723
	3	23.8	37.7	0.9	62.3	11.6	20.2	4.4	36.1	1.6	15 440
	5	31.5	19.0	0.5	51.0	17.3	18.7	4.7	40.6	8.4	25 056
	6	7.6	17.8	0.0	25.4	16.5	39.4	18.8	74.6	0.0	37 407
	7	8.2	21.9	0.0	30.1	7.3	50.1	3.0	60.5	9.4	3 409
	8	23.8	35.0	0.5	59.2	12.9	25.8	2.0	40.8	0.0	20 163
	9	27.2	36.0	1.6	64.8	10.0	18.4	5.7	34.1	1.1	21 379
	10	39.4	14.3	0.0	53.6	27.3	7.9	6.1	41.2	5.2	17 176
	11	16.9	9.5	0.7	27.1	40.2	14.8	15.0	70.0	3.0	1 652
	12	4.0	53.7	1.6	59.3	5.4	29.8	5.5	40.7	0.0	20 057
	13	35.3	18.7	1.1	55.1	10.4	16.2	4.4	31.0	13.9	31 702
	15	18.5	17.7	0.1	36.4	24.7	26.7	12.2	63.6	0.0	21 731
	16	0.3	17.7	0.0	18.0	30.0	44.9	7.0	82.0	0.0	1 774
2	17	9.9	45.7	0.3	55.9	6.0	20.6	2.8	29.4	14.7	1 552
	18	4.7	55.9	1.1	61.6	5.8	21.9	5.8	33.5	4.9	5 576
	20	40.6	24.7	0.9	66.2	13.9	13.8	4.8	32.6	1.2	16 371
	21	29.4	14.5	2.2	46.1	22.6	14.4	11.1	48.1	5.8	8 807
	23	0.8	56.1	0.4	57.3	5.0	27.6	3.1	35.6	7.1	3 569
	24	22.6	45.9	1.8	70.3	6.0	17.8	4.1	27.9	1.8	6 045
	25	13.0	21.9	1.4	36.3	11.1	38.8	8.6	58.6	5.2	15 759
	27	5.8	21.4	0.0	27.2	6.7	51.3	14.8	72.8	0.0	8 782
	28	27.9	16.4	0.2	44.1	23.7	20.6	5.0	49.3	6.6	6 604
	29	46.5	15.7	2.3	64.5	19.6	14.2	1.6	35.5	0.1	8 853
	30	8.6	38.0	1.1	47.7	7.2	42.0	3.0	52.3	0.0	5 798
	31	8.4	15.6	0.0	24.0	22.0	34.8	19.1	76.0	0.0	11 311
YHTEENSÄ		20.9	28.9	0.7	50.5	13.7	24.8	7.6	46.1	3.4	368 532

Työmaiden väliset ja huoltopisteiden siirrot (koneellinen hakkuu)

Erittely	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi	Koko maa
Siirtoaika työmaata kohti, tuntia	1.5	2.4	1.7
Siirtoajan osuus työajasta, %	3.0	2.6	2.8
Odotuksen osuus siirtoajasta, %	7.1	5.7	6.6
Koneen siirtomatka, km/työmaa	24.7	35.8	27.7
Lavettisiirtojen osuus siirroista, %	72.4	61.3	69.5
Lavettiauton ajoaika, tuntia	2.4	3.1	2.6
Lavettiauton kokonaiajomatka, km/siirtokerta	98	127	106
Siirtoon osallistuneiden henkilöiden määrä keskim.	1.5	1.8	1.6
Huoltopisteiden siirtokerrat/työmaa	1.3	1.3	1.3

Koneellisen hakkuun käyttötuntituotokset

Hakkuutapa	Puulaji- valtaisuus	Rungon koko, dm ³	Poistuvan puuston tiheys, r/ha	Työmaita	Käyttö- tunti- tuotos, m ³ /h	Puutavaralajiosuus, %				
						Tukit	Pitkä kuitu	Lyhyt kuitu	Sekal. kuitu	Erikois- puutavara
Pääte- hakkuut	Havupuu- valtaiset	< 150	< 450	3	9.7	38	13	49	0	0
			450 - 599	6	9.8	26	37	32	6	0
			600 - 699	14	9.6	27	22	39	12	1
			700 - 849	24	10.4	28	42	20	10	1
			850 +	58	10.3	26	47	23	3	1
		150 - 249	< 450	8	10.8	44	21	17	12	7
			450 - 599	9	13.5	56	13	20	7	4
			600 - 699	12	11.1	50	25	14	6	6
			700 - 849	26	12.9	47	36	8	6	2
			850 +	30	14.2	42	43	9	5	1
		250 - 349	< 450	16	16.3	67	21	3	8	1
			450 - 599	24	16.1	60	24	8	5	2
			600 - 699	30	20.5	58	37	1	2	3
			700 - 849	25	15.7	51	33	4	6	6
			850 +	17	15.9	57	26	1	7	8
		350 - 449	< 450	24	19.2	71	22	3	2	3
			450 - 599	28	17.3	65	26	3	1	5
			600 - 699	27	19.3	58	25	5	4	8
			700 - 849	10	19.1	69	26	2	3	1
			850 +	6	20.5	65	25	1	0	9
		450 +	< 450	50	17.8	68	19	2	5	6
			450 - 599	26	22.5	69	22	0	2	6
			600 - 699	11	21.2	71	18	2	5	3
			700 - 849	3	21.6	65	32	3	0	0
			850 +	1	9.9	24	0	76	0	0
	Lehtipuuvalt.	150 - 249	< 450	1	9.9	24	0	76	0	0
			450 - 599	1	9.9	24	0	76	0	0
			600 - 699	1	9.9	24	0	76	0	0
			700 - 849	1	9.9	24	0	76	0	0
Ensi- harvennukset	Havupuu- valtaiset	< 100	< 350	1	7.6	1	76	0	0	23
		100 +	350 - 549	4	5.7	11	71	19	0	0
	Lehtipuuvalt.	100 +	< 350	2	9.3	37	63	0	0	0
		100 +	350 - 549	1	6.0	3	97	0	0	0
Myöhemmät harven- nukset	Havupuu- valtaiset	< 100	500 +	6	4.8	18	10	6	66	0
		100 - 149	< 500	7	9.7	29	48	0	17	6
		150 - 199	500 +	5	7.7	27	16	0	56	1
		200 - 249	< 500	13	10.0	35	39	7	17	2
		250 +	500 +	8	10.9	43	23	31	4	0
		300 - 349	< 500	6	13.5	46	48	6	0	0
		350 - 399	500 +	4	9.4	41	12	41	0	5
		400 - 449	< 500	13	12.3	53	32	6	1	8
		450 - 499	500 +	1	16.0	70	30	0	0	0
		500 +	500 +	1	16.0	70	30	0	0	0

Havusahatukin metsäkuljetus koneellisen päätehakkuun jälkeen. Sulan maan kausi

Matka, m	Maastoluokka											
	1						2					
	Tiheys, m³ / 100 m											
	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2
	Tehoaika, min/m³											
50	1.82	1.90	2.03	2.21	2.50	3.32	1.89	1.99	2.13	2.34	2.67	3.64
150	2.13	2.21	2.34	2.52	2.81	3.63	2.30	2.40	2.54	2.75	3.08	4.05
250	2.40	2.48	2.60	2.78	3.07	3.89	2.67	2.76	2.90	3.11	3.45	4.41
350	2.64	2.72	2.84	3.03	3.31	4.13	3.01	3.10	3.24	3.45	3.79	4.75
450	2.86	2.95	3.07	3.25	3.54	4.36	3.33	3.42	3.56	3.77	4.11	5.07
550	3.07	3.16	3.28	3.46	3.75	4.57	3.64	3.73	3.87	4.08	4.42	5.38
650	3.27	3.35	3.48	3.66	3.95	4.77	3.93	4.03	4.17	4.38	4.72	5.68
750	3.46	3.54	3.67	3.85	4.14	4.96	4.22	4.32	4.46	4.67	5.01	5.97

Havusahatukin metsäkuljetus koneellisen päätehakkuun jälkeen. Talvi

Matka, m	Maastoluokka											
	1						2					
	Tiheys, m³ / 100 m											
	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2
	Tehoaika, min/m³											
50	1.79	1.89	2.03	2.23	2.56	3.48	1.84	1.95	2.11	2.35	2.73	3.81
150	2.06	2.16	2.30	2.51	2.83	3.75	2.15	2.26	2.43	2.67	3.05	4.13
250	2.29	2.39	2.53	2.74	3.06	3.98	2.43	2.54	2.70	2.94	3.33	4.41
350	2.50	2.59	2.74	2.94	3.27	4.19	2.68	2.79	2.96	3.20	3.58	4.66
450	2.69	2.79	2.93	3.14	3.46	4.38	2.92	3.03	3.19	3.44	3.82	4.90
550	2.87	2.97	3.11	3.32	3.64	4.56	3.14	3.26	3.42	3.66	4.04	5.12
650	3.04	3.14	3.28	3.48	3.81	4.73	3.36	3.47	3.63	3.87	4.26	5.33
750	3.20	3.30	3.44	3.65	3.97	4.89	3.56	3.68	3.84	4.08	4.46	5.54

Havusahatukin metsäkuljetus manuaalisen hakkuun jälkeen. Sulan maan kausi. Maastoluokka 1

Matka, m	Harvennushakkuu						Päätehakkuu					
	Tiheys, m³ / 100 m											
	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2
	Tehoaika, min/m³											
50	2.51	2.62	2.78	3.01	3.36	4.33	2.08	2.20	2.37	2.60	2.97	3.95
150	2.83	2.94	3.10	3.33	3.68	4.65	2.40	2.52	2.69	2.92	3.29	4.27
250	3.10	3.22	3.38	3.60	3.96	4.92	2.68	2.80	2.96	3.20	3.56	4.55
350	3.35	3.47	3.63	3.86	4.21	5.17	2.93	3.05	3.21	3.45	3.81	4.80
450	3.59	3.70	3.86	4.09	4.44	5.41	3.16	3.28	3.45	3.68	4.04	5.03
550	3.81	3.92	4.08	4.31	4.66	5.62	3.38	3.50	3.67	3.90	4.26	5.25
650	4.02	4.13	4.29	4.52	4.87	5.83	3.59	3.71	3.87	4.11	4.47	5.46
750	4.21	4.33	4.49	4.72	5.07	6.03	3.79	3.91	4.07	4.31	4.67	5.66

Havusahatukin metsäkuljetus koneellisen hakkuun jälkeen. Sulan maan kausi. Maastoluokka 1

Matka, m	Harvennushakkuu						Päätehakkuu					
	Tiheys, m³ / 100 m											
	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2
	Tehoaika, min/m³											
50	1.95	2.04	2.19	2.39	2.72	3.62	1.82	1.90	2.03	2.21	2.50	3.32
150	2.26	2.35	2.50	2.70	3.03	3.93	2.13	2.21	2.34	2.52	2.81	3.63
250	2.52	2.62	2.76	2.97	3.29	4.20	2.40	2.48	2.60	2.78	3.07	3.89
350	2.76	2.86	3.00	3.21	3.53	4.44	2.64	2.72	2.84	3.03	3.31	4.13
450	2.99	3.09	3.23	3.43	3.76	4.66	2.86	2.95	3.07	3.25	3.54	4.36
550	3.20	3.30	3.44	3.65	3.97	4.87	3.07	3.16	3.28	3.46	3.75	4.57
650	3.40	3.50	3.64	3.84	4.17	5.07	3.27	3.35	3.48	3.66	3.95	4.77
750	3.59	3.69	3.83	4.03	4.36	5.26	3.46	3.54	3.67	3.85	4.14	4.96

Pitkän havukuitupuun metsäkuljetus manuaalisen hakkuun jälkeen.
Sulan maan kausi. Maastoluokka 1

Matka, m	Harvennushakkuu					
	Tiheys, m ³ / 100 m					
	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2
	Tehoaika, min/m ³					
50	3.17	3.31	3.51	3.79	4.21	5.33
150	3.54	3.69	3.89	4.17	4.59	5.70
250	3.86	4.01	4.21	4.49	4.91	6.02
350	4.15	4.30	4.50	4.78	5.20	6.31
450	4.43	4.57	4.77	5.05	5.47	6.59
550	4.68	4.83	5.03	5.31	5.73	6.84
650	4.93	5.07	5.27	5.55	5.97	7.09
750	5.16	5.30	5.50	5.78	6.21	7.32

Pitkän havukuitupuun metsäkuljetus koneellisen hakkuun jälkeen. Sulan maan kausi. Maastoluokka 1

Matka, m	Harvennushakkuu						Päätehakkuu					
	Tiheys, m³ / 100 m											
	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2
	Tehoaika, min/m³											
50	2.63	2.75	2.91	3.15	3.51	4.48	2.12	2.23	2.38	2.60	2.94	3.86
150	2.98	3.09	3.26	3.49	3.85	4.83	2.47	2.57	2.73	2.94	3.28	4.21
250	3.27	3.39	3.55	3.78	4.14	5.12	2.76	2.87	3.02	3.24	3.58	4.50
350	3.54	3.65	3.82	4.05	4.41	5.39	3.03	3.13	3.29	3.50	3.84	4.77
450	3.78	3.90	4.06	4.30	4.66	5.63	3.27	3.38	3.53	3.75	4.09	5.01
550	4.02	4.13	4.30	4.53	4.89	5.87	3.50	3.61	3.76	3.98	4.32	5.25
650	4.24	4.35	4.52	4.75	5.11	6.09	3.72	3.83	3.98	4.20	4.54	5.47
750	4.45	4.56	4.73	4.96	5.32	6.30	3.93	4.04	4.19	4.41	4.75	5.68

Lyhyen havukuitupuun metsäkuljetus manuaalisen hakkuun jälkeen. Sulan maan kausi. Maastoluokka 1

Matka, m	Harvennushakkuu						Päätehakkuu					
	Tiheys, m³ / 100 m											
	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2	24.0	16.0	10.6	7.0	4.5	2.2
	Tehoaika, min/m³											
50	2.81	2.94	3.12	3.37	3.76	4.80	2.90	3.03	3.22	3.48	3.87	4.93
150	3.27	3.40	3.58	3.84	4.22	5.27	3.36	3.49	3.68	3.94	4.34	5.39
250	3.67	3.80	3.98	4.24	4.62	5.67	3.76	3.89	4.08	4.34	4.74	5.79
350	4.04	4.16	4.35	4.60	4.99	6.03	4.12	4.26	4.44	4.70	5.10	6.16
450	4.37	4.50	4.68	4.94	5.33	6.37	4.46	4.60	4.78	5.04	5.44	6.50
550	4.69	4.82	5.00	5.26	5.65	6.69	4.78	4.91	5.10	5.36	5.76	6.81
650	4.99	5.12	5.31	5.56	5.95	6.99	5.08	5.22	5.40	5.66	6.06	7.12
750	5.28	5.41	5.59	5.85	6.24	7.28	5.37	5.51	5.69	5.95	6.35	7.41

Metsäkuljetuksen seurantajaksot

Tutki- mus- kausi	Kone- nro	S e u r a n n a n alkamis- päivä	päättymis- päivä	Seurannan kesto, vrk	Seisontapäivien osuus kokonais- seuranta-ajasta, %
1	1	140590	310591	383	24.4
	2	250490	310591	402	8.7
	3	110590	290590	19	0.0
	4	080590	310591	389	9.4
	5	290590	310591	368	29.3
	6	250590	241090	153	41.9
	8	280590	310591	369	38.4
	9	110590	270690	48	11.8
	10	180590	310591	379	52.3
	11	300590	310591	367	37.7
	13	110590	310591	386	41.6
	14	170590	310591	380	22.1
	15	300590	190690	21	0.0
2	16	100991	251091	46	0.0
	17	130891	211191	101	33.7
	19	030991	061191	65	0.0
	20	190891	101291	114	0.0
	21	160991	031291	79	0.0
	22	290891	241091	57	0.0
	23	210891	121191	84	0.0
	24	200891	091191	82	0.8
	25	220891	161191	87	7.6
	26	200991	241091	35	0.0
	29	190891	030192	138	0.0

Seurannan työmaaolosuhteet (metsäkuljetus)

Hakkuutapa	Päätehakkuu	Ylispuiden poisto	Ensiharvennus	Myöh. harvennus	Muu hakkuu	Yhteensä
Hakkuumenetelmä						
MANUAALINEN						
Osuus:						
Työmaista, %	11.7	3.4	9.5	21.7	2.4	48.8
Puumääristä, %	13.8	3.6	4.9	15.5	1.2	38.9
KONEELLINEN						
Osuus:						
Työmaista, %	41.5	0.6	1.2	6.3	1.6	51.2
Puumääristä, %	52.6	1.0	0.6	5.8	1.1	61.1
YHTEENSÄ						
Osuus:						
Työmaista, %	53.2	4.1	10.7	27.9	4.1	100.0
Puumääristä, %	66.3	4.6	5.5	21.3	2.3	100.0

LUMEN VAHVUUS	0 cm	1 - 20 cm	21 - 40 cm	41 - 60 cm	YLI 60 cm	Ei tietoa	Yhteensä
Osuus työ- maista, %	61.6	12.9	8.1	1.4	0.4	15.6	100.0

ALIKASVOKSEN MÄÄRÄ	Ei lainkaan	Hieman	Runsaasti	Ei tietoa	Yhteensä
Osuus työmaista, %	42.5	41.6	4.0	11.9	100.0

KUITUPUUN TYÖMENETELMÄ	Kasoissa ajo- uran varressa	Vyöhykkeelle- kasa	Kasa	Suorinta, ajoura auki	Suorinta, ajoura ei auki	Muu kasa	Ei tietoa	Yhteensä
Osuus työ- maista, %	27.9	25.1	41.0	0.8	0	0.6	4.6	100.0
Osuus puu- määristä, %	33.9	17.5	35.8	0.9	0	1.1	10.8	100.0

TYÖMITTAUSMENETELMÄ	Pystymittaus	Hakkuukone- mittaus	Metsurimittaus	Jälkimittaus	Muu	Ei tietoa	Yhteensä
Osuus työmaista, %	22.6	32.1	5.3	37.0	0.2	2.8	100.0
Osuus puumääristä, %	27.3	40.8	3.4	25.7	0.2	2.6	100.0

Seurannassa kuljetetut puutavaralajit koneittain ja yhteensä (metsäkuljetus)

Tutki- mus- kausi	Kone- nro	Mänty- s a h a t u k k i a	Kuusi- s a h a t u k k i a	Koivu- s a h a t u k k i a	TUKKIA, Yhteensä	Mänty- k u i t u p u u t a	Kuusi- k u i t u p u u t a	Lehti- k u i t u p u u t a	KUITU- PUUTA, Yhteensä	Erikois- puutavara	YHTEENSÄ, m ³
		%									
1	1	31.2	19.0	1.6	51.8	17.2	18.0	5.4	40.5	7.7	25 099
	2	7.2	43.0	1.2	51.4	8.3	30.1	6.8	45.1	3.4	22 453
	3	0.0	58.7	0.0	58.7	12.3	21.2	2.4	35.9	5.4	1 369
	4	14.5	42.8	1.8	59.1	9.4	25.6	5.7	40.6	0.3	30 548
	5	17.7	23.8	6.4	47.9	9.9	18.7	13.6	42.2	9.8	20 001
	6	34.7	32.8	0.0	67.5	7.3	22.1	3.1	32.5	0.0	8 443
	8	32.4	0.0	0.0	32.4	53.2	0.0	8.9	62.1	5.6	12 488
	9	14.1	25.9	1.8	41.9	18.1	33.2	6.8	58.1	0.0	1 342
	10	12.7	6.5	0.4	19.6	44.8	16.5	17.0	78.2	2.2	7 644
	11	9.9	30.0	2.4	42.3	12.2	32.5	13.1	57.8	0.0	21 606
	13	15.1	42.9	0.5	58.5	7.5	24.8	8.6	41.0	0.5	22 377
2	14	25.0	7.3	0.1	32.4	28.9	19.5	12.3	60.7	6.9	18 340
	15	18.6	14.8	0.1	33.5	28.2	24.5	11.8	64.4	2.1	1 166
	16	27.6	6.4	0.1	34.1	37.0	19.0	2.4	58.4	7.5	3 881
	17	8.6	43.7	0.8	53.1	13.7	20.2	4.8	38.6	8.3	6 663
	19	7.5	1.8	0.0	9.3	37.5	25.7	27.6	90.7	0.0	2 356
	20	50.3	3.0	2.1	55.5	35.6	3.9	5.0	44.5	0.0	6 788
	21	28.8	0.2	0.0	29.0	39.6	13.2	3.9	56.6	14.4	4 539
	22	47.6	0.4	4.1	52.1	30.5	7.8	9.7	47.9	0.0	4 603
	23	22.4	35.8	1.9	60.2	12.4	19.6	4.1	36.1	3.8	10 042
	24	15.9	25.0	4.3	45.1	18.4	23.1	7.1	48.6	6.3	9 968
	25	12.9	8.1	0.0	20.9	31.7	24.3	18.3	74.3	4.8	3 168
	26	35.7	14.3	2.3	52.3	25.1	13.9	7.9	46.9	0.8	824
	29	20.1	6.6	1.2	27.9	40.6	12.5	18.4	71.4	0.6	7 887
YHTEENSÄ		20.0	25.5	1.7	47.2	19.1	21.0	8.9	48.9	3.9	253 595

Työmaiden väliset ja huoltopisteiden siirrot (metsäkuljetus)

E r i t t e l y	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi	Koko maa
Siirtoaika työmaata kohti, tuntia	1.2	1.1	1.2
Siirtoaajan osuus työajasta, %	2.9	1.4	2.6
Odotuksen osuus siirtoaajasta, %	6.5	0.9	5.2
Koneen siirtomatka, km/työmaa	25.8	14.8	22.5
Lavettisiirtojen osuus siirroista, %	68.9	51.5	64.8
Lavettiauton ajoaika, tuntia	2.0	1.7	1.9
Lavettiauton kokonaisajomatka, km/siirtokerta	85	88	85
Siirtoon osallistuneiden henkilöiden määrä keskim.	1.4	1.4	1.4
Huoltopisteiden siirtokerrat/työmaa	1.3	1.4	1.3

Metsäkuljetuksen käyttötuntituotokset

Hakkuutapa ja -menetelmä	Puulaji- valtaisuus	Maastoajo- matka, m	Tiheys, m³/ha	Työ- maita	Käyttö- tunti- tuotos, m³/h	Puutavaralajiosuus, %				
						Tukit	Pitkä kuitu	Lyhyt kuitu	Sekal. kuitu	Erikois- puutavara
Päätehakkuu koneellinen	Havupuuvalt.	< 100	< 150	9	19.1	71	11	1	10	6
			150 - 199	12	17.9	47	49	2	1	1
			200 - 249	20	21.0	59	34	0	3	4
		100 - 199	=> 250	12	21.2	61	27	0	6	7
			< 150	19	17.5	48	38	1	2	11
			150 - 199	16	19.2	55	41	1	2	1
		200 - 299	200 - 249	21	18.5	59	31	1	7	2
			=> 250	16	18.9	58	29	1	0	12
			< 150	5	14.1	36	10	1	45	8
		300 +	150 - 199	5	18.0	54	41	0	0	4
			200 - 249	14	16.8	69	22	0	7	1
			=> 250	7	19.3	69	5	0	26	0
	Lehtipuuvalt.	< 100	< 150	7	13.3	51	31	0	6	11
			150 - 199	12	13.4	60	27	2	8	2
			200 - 249	7	10.7	61	38	0	0	0
		100 - 199	=> 250	9	13.1	64	30	1	1	4
			< 150	1	17.7	86	14	0	0	0
		200 - 299	< 100	2	21.4	62	34	0	4	0
			100 - 149	3	13.5	61	0	3	35	0
			150 - 199	1	15.5	76	24	0	0	0
		300 +	=> 200	2	20.3	65	33	0	2	0
			< 100	10	11.5	29	3	54	10	4
Manuaalinen	Havupuuvalt.	< 100	100 - 149	6	14.2	43	24	26	0	6
			150 - 199	3	13.5	34	30	32	0	4
			=> 200	2	15.8	70	30	0	0	0
		100 - 199	< 100	1	5.9	19	0	81	0	0
			100 - 149	4	11.2	38	0	10	52	0
			150 - 199	2	13.0	49	31	16	0	4
		200 - 299	=> 200	2	15.8	70	30	0	0	0
			< 100	5	9.8	21	0	18	61	0
			100 - 149	7	10.4	54	42	3	0	1
		300 +	100 - 149	2	15.2	31	13	56	0	0
			150 - 199	1	5.2	18	0	82	0	0
			=> 200	1	13.1	45	55	0	0	0
	Lehtipuuvalt.	< 100	< 100	3	7.6	48	0	0	52	0
			100 - 149	1	9.3	62	0	0	38	0
			100 - 149	1	9.3	62	0	0	38	0
		100 - 199	< 100	3	7.6	48	0	0	52	0
			100 - 149	1	9.3	62	0	0	38	0
			100 - 149	1	9.3	62	0	0	38	0

Hakkuutapa ja -menetelmä	Puulajival- taisuus	Maastoajo- matka, m	Tiheys m ³ /ha	Työ- maita	Käyttö- tunti- tuotos, m ³ /h	Puutavaralajiosuus, %				
						Tukit	Pitkä kuitu	Lyhyt kuitu	Sekal. kuitu	Erikois- puutavara
Harvennus- hakkuu Koneellinen	Havupuuvalt.	< 100	< 40	1	10.0	1	0	79	0	19
			40 - 79	5	9.7	33	38	23	0	5
			=> 120	2	21.6	33	53	11	0	3
		100 - 199	< 40	3	5.9	12	82	0	5	0
			40 - 79	6	12.6	43	54	0	3	0
			80 - 119	4	12.1	41	57	2	0	0
		200 - 299	=> 120	1	17.0	51	44	0	0	5
			40 - 79	1	11.4	29	69	2	0	0
			80 - 119	1	14.4	19	57	2	0	22
		300 +	=> 120	2	16.2	53	41	5	0	1
			40 - 79	1	8.4	18	78	1	0	3
			80 - 119	4	12.1	41	14	39	4	3
			=> 120	4	14.9	37	0	0	63	0
Manuaalinen	Havupuuvalt.	< 100	< 40	5	9.0	4	11	85	0	0
			40 - 59	11	10.1	12	70	15	3	0
			60 - 79	12	11.4	37	5	25	31	2
		100 - 199	=> 80	10	12.9	45	11	29	10	4
			< 40	9	9.4	16	30	7	0	48
			40 - 59	13	8.6	27	63	3	7	0
		200 - 299	60 - 79	15	11.3	21	28	33	15	4
			=> 80	10	11.6	40	11	34	6	9
			< 40	7	11.9	29	20	47	1	3
		300 +	40 - 59	5	10.3	7	37	39	16	0
			60 - 79	5	10.1	13	8	39	39	0
			=> 80	12	10.9	32	10	48	0	10
			< 40	4	8.8	16	75	5	2	3
			40 - 59	11	9.9	8	59	32	1	0
			60 - 79	3	8.5	14	79	0	7	0
			=> 80	4	10.3	27	51	0	17	4
			=> 120	2	21.6	33	53	11	0	3

HAKKUUTAPA JA -MENETELMÄ	Puulaji- valtaisuus	Maastoajo- matka, m	Tiheys, m ³ /ha	Työ- maita	Käyttö- tunti- tuotos, m ³ /h	Puutavaralajiosuus, %				
						Tukit	Pitkä kuitu	Lyhyt kuitu	Sekal. kuitu	Erikois- puutavara
Harvennus- hakkuu Manuaalinen	Lehtipuuvalt.	< 100	< 40	2	12.2	1	92	7	0	0
			40 - 59	1	11.8	16	0	84	0	0
			60 - 79	1	10.5	2	0	50	0	48
		100 - 199	< 40	1	11.3	0	100	0	0	0
			40 - 59	3	10.0	17	0	83	0	0
		200 - 299	40 - 59	2	9.1	34	0	3	63	0
			60 - 79	2	10.6	17	0	0	83	0
		300 +	< 40	1	6.1	0	0	100	0	0
			40 - 59	2	7.9	2	0	98	0	0
			60 - 79	1	15.3	18	82	0	0	0



METSÄTEHO

PL 194 (Unioninkatu 17) 00131 HELSINKI
Puhelin: (90) 132 521 Faksi: (90) 659 202

ISBN 951-673-139-2
ISSN 0356-7257