

FOLIA FORESTALIA²⁴³

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1975

PAAVO VALONEN

TEKOMIEHEN FYYSINEN KUORMITUS KEHITYNEISSÄ TYÖVALTAISISSA KUITU-PUUN TEKOMENETELMISSÄ

THE PHYSICAL STRAIN ON THE LOGGER IN ADVANCED LABOUR INTENSIVE PULPWOOD PREPARATION METHODS

- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana. Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa. The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikkinen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa. Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50.
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä. The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla. The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50
- No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana. On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50.
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta. Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypisestä ja geneettisestä vaihtelusta. Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—
- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytyminen Suomen itäosissa. Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa. On the supply of roundwood in Finland. 4,—
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72. Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä. Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur. 7,—
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972. The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidiraiteiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista. On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972. Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed. Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruokun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit. Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta. Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista. Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1975

Paavo Valonen

TEKOMIEHEN FYYSINEN KUORMITUS KEHITTYNEISSÄ TYÖ-
VALTAISISSA KUITUPUUN TEKOMENETELMISSÄ

The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood
preparation methods

ALKUSANAT

Käsillä oleva tutkimus liittyy Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston tutkimusohjelmaan kuuluviin selvityksiin tekomieheen kohdistuvista fyysisistä vaikutuksista työvaltaisissa puunkorjuumenetelmissä.

Työmaiden hankinnassa tutkimusaineiston keruuta varten auttoivat auliisti piirimetsänhoitaja SULEVI AALTO ja metsänhoitaja PEKKA PASANEN Enso-Gutzeit Osakeyhtiöstä sekä aluemetsänhoitaja REINO SAARNIO Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueoimistosta.

Aineiston keräsivät metsäteknikko PERTTI LAAKSO, kenttäestari SAULI TAKALO ja

työnjohtaja KARI SAUVALA. Kuvat piirsi rva LEENA MURONRANTA.

Aineiston käsittelyssä avustivat Huk KAIJA KANNINEN ja rouva RAILI VOPIO. Konekirjoituksen suorittivat rouva AUNE RYTKÖNEN ja neiti RAIJA SIEKKINEN.

Käsikirjoituksen lukivat professorit VEIJO HEISKANEN ja PENTTI HAKKILA sekä lisen-siaatti PERTTI HARSTELA esittäen tervetulleita korjausehdotuksia.

Kaikille tutkimukseen osallistuneille parhaat kiitokseni.

Helsinki, heinäkuussa 1975

Paavo Valonen

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY	3
TIIVISTELMÄ	3
1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ	5
21. Tutkitut tekomenetelmät ja työntekijät	5
22. Aineiston keruumenetelmä	5
23. Aineiston määrä ja tutkimusolot	8
3. AINEISTON KÄSITTELY	8
4. TUTKIMUSTULOKSET	9
41. Työajan menekki	9
42. Fyysinen kuormittavuus	12
421. Tekomiesten fyysinen suorituskyky	12
422. Sykintätaajuus	12
423. Kasattavien pölkkyjen koko	15
424. Pölkkyjen kasausmatka	16
425. Sykettä selittävät muuttujat	17
5. PÄÄTELMIÄ	19
KIRJALLISUUSLUETTELO	20
LIITTEET – APPENDICES	23

SUMMARY

The purpose of the study was to establish the effect of increasing the bolt length and work output on the logger's physical load in the preparation of spruce pulpwood.

The following methods, in each of which the timber was prepared in grapple bunches alongside the strip road, were studied:

- 1) preparation of 2-m close-limbed pulpwood
- 2) preparation of 3-m close-limbed pulpwood
- 3) preparation of approx. 3-m rough-limbed pulpwood

The per-stem limbing, marking for cross-cutting and cross-cutting time in the preparation of 3-m pulpwood was 9–18 per cent less than that spent on 2-m pulpwood and 30 per cent less than that for approx. 3-m rough-limbed pulpwood, depending on the logger. The bunching time was 8–26 per cent shorter for 3-m than for 2-m pulpwood.

The per-stem working time, which did not include by-times and interruptions, was 5–20 per cent less in the preparation of 3-m pulpwood than for 2-m pulpwood and 22–27 per cent shorter for approx. 3-m rough-limbed pulpwood. The share of bunching in the working time decreased a little when the logger changed to preparation of 3-m pulpwood, but increased appreciably in the preparation of approx. 3-m rough-limbed pulpwood.

The average heart rate calculated for all

work phases was 124–141 beats per minute in the preparation of 2-m pulpwood and 136–141 per minute in the preparation of 3-m pulpwood (4 loggers). For approx. 3-m pulpwood the corresponding rate was 136–141 beats per minute. The degree of strain, i.e., the difference between the maximal and the resting rate, was 45–54 (4 loggers), 47–60 (4 loggers) and 51–56 per cent (2 loggers) for the respective methods. The differences in the strain involved in the methods were caused mainly by the bunching phase.

The weight of the 2-m spruce bolts over 22 cm in diameter and the 3-m spruce bolts over 17 cm in diameter, defined in the agreement on the terms of working in forestry, was over 65 kg in this marked stand. The International Labour Organisation (ILO) recommended maximum weight of a bunch to be lifted briefly is 55 kg. It was impossible to determine the risk of damage to the back in this study as the heart rate gives no indication of it. However, in general, heavier bunches increase the load on the back.

The physical load on the logger and the risk of back damage should be reduced by decreasing manual pulpwood bunching. A decisive role here will be played by the development of grapple loaders with a longer range which would permit also the application of so-called zone bunching.

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää pölkyn pituuden ja työn tuotoksen suurenemisen vaikutus tekemiehen fyysiseen kuormitukseen kuusikuitupuun teossa.

Tutkittavina olivat seuraavat menetelmät, joissa jokaisessa puutavara tehtiin kourakasoihin palstatiin varteen:

- 1) 2-m, pinnanmyötäisesti karsitun kuitupuun teko
- 2) 3-m, pinnanmyötäisesti karsitun kuitupuun teko
- 3) noin 3-m, tynkäkarsitun kuitupuun teko

Kaksimetrinen kuitupuun tekoon verrattuna pienehen runkokohtainen karsinta-, mittaush ja

katkonta-aika 3-m kuitupuun teossa 9–18 % ja noin 3-m, tynkäkarsitun kuitupuun teossa 30 % tekomiestä riippuen. Kasausaika oli 3-metrisellä kuitupuulla 8–26 % pienempi kuin 2-metrisellä.

Runkokohtainen työaika, jossa apuajat ja keskeytykset eivät ole mukana, aleni 3-m kuitupuun teossa 5–20 % ja n. 3-m, tynkäkarsitun kuitupuun teossa 22–27 % 2-m kuitupuuhun verrattuna. Kasauksen suhteellinen osuus työajasta aleni vastaavasti hieman siirryttäessä 3-m kuitupuun tekoon mutta kasvoi huomattavasti n. 3-m tynkäkarsitun tavaran teossa.

Keskimääräinen, kaikille työvaiheille laskettu sydämen syketaajuus oli 2-m kuitupuun teossa 124–141 ja 3-m kuitupuun teossa 136–141 sykettä/min (4 tekomiestä). Noin 3-metrisellä vastaavat luvut ovat 136–141 sykettä/min. Maksimi- ja leposykkeen välisestä erosta laskettu kuormittumisaste oli menetelmittäin vastaavasti 42–54 (4 tekomiestä), 47–60 (4 tekomiestä).

51–56 % (2 tekomiestä). Menetelmien kuormittavuuserot johtuivat pääosin kasausvaiheesta.

Tutkimusleimikolla painoivat metsäalan työehtosopimuksen määrittelemät yli 22 cm:n läpimittaiset 2-metriset ja yli 17 cm:n läpimittaiset 3-metriset kuusipölkkyt yli 65 kg. Kansainvälisen työjärjestön (ILO) suositus tilapäisesti nostettavan taakan enimmäispainoksi on 55 kg. Tutkimuksessa ei voitu päätellä selän vaurioitumisriskiä, koska sydämen sykkeen mittaus ei anna siitä kuvaa. Yleisesti on kuitenkin todettava nostettavan taakan suurenemisen lisäävän selän kuormitusta.

Tekomiehen fyysistä kuormitusta ja selän vaurioitumisriskiä tulisi alentaa vähentämällä ihmisvoimin suoritettavaa kuitupuun kasausta. Tällöin on ratkaisevassa asemassa ulottuvuudeltaan nykyistä parempien kuormainten kehittäminen, joka mahdollistaa ns. vyöhykekasauksen soveltamisen.

1. JOHDANTO

Puunkorjuun voimakkaasta koneellistamisesta huolimatta ovat ihmistyövaltaiset puutavaran tekomenetelmät edelleen täysin vallitsevia. Näiden taloudellisia käyttöedellytyksiä on onnistuttu parantamaan työmenetelmiä ja kalustoa kehittämällä (ELOVAINIO 1974). Varsinkin harvennushakkuissa ihmistyövaltaisten menetelmien ennustetaan säilyttävän valta-asemansa ainakin vielä 1980-luvun alkupuoliskolla (RYSÄ ym. 1972). Työvoiman niukkuus saattaa tosin kiirehtiä siirtymistä koneellisiin harvennusten menetelmiin pikemmin kuin korjuukustannusten kehitys sinänsä edellyttäisi.

Kuitupuun teossa on ihmistyövaltaisten menetelmien tuottavuutta pyritty kohottamaan tähän mennessä lieventämällä karsinnan laatuvaatimuksia, jättämällä pölkkyjen pituuden mittausta pois sekä suurentamalla valmistettavan puutavaran pituutta. Vajaakarsinnan osuus korjatusta puumäärästä oli hankintavuonna 1973/74

14%. Kuitupuusta valmistettiin 62% 2-, 23% 3-, 1% 4- ja 14% noin 3-metriseksi (SAVOLAINEN 1974).

Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta on tutkimuksissa tarkasteltu vain menetelmien kehityksen vaikutusta työn tuottavuuteen. Työssä tapahtuneilla muutoksilla on kuitenkin vaikutuksensa myös työntekijään, sillä entisiin menetelmiin verrattuna moottorisahan käyttöajan osuus työajasta on lisääntynyt, kasausvaiheessa liikuteltavien pölkkyjen paino kasvanut sekä työpäivän kuluessa kasattavan puutavaran määrä suurentunut kohonneen tuotoksen myötä.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan lähinnä tekomenetelmien kehityksen vaikutusta tekomiehen fyysisen kuormituksen kuusikuitupuun hakkuussa. Fyysisen kuormituksen ilmaisijana käytetään työntekijän sydämen sykintätaajuutta. Kuormittavuusvertailun rinnalla on suoritettu aikatutkimus.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ

21. Tutkitut tekomenetelmät ja työntekijät

Tutkimusaineisto kerättiin 17.11–28.11.1972 Metsäntutkimuslaitoksen Solbölen kokeilualueessa sekä 20.11–14.12.1973 Enso-Gutzeit Oy:n työmaalla Kaavilla.

Siihen sisältyivät seuraavat tekomenetelmät:

1. 2-m, pinnanmyötäisesti karsitun kuitupuun teko kourakasoihin palstatien varteen
2. 3-m, pinnanmyötäisesti karsitun kuitupuun teko kourakasoihin palstatien varteen (apumittana 2-m)
3. n. 3-m, tynkäkarsitun kuitupuun teko kourakasoihin palstatien varteen.

Tekomiehille annettiin ohjeeksi tauottaa työssä tavalliseen tapansa ja työskennellä normaalisti käyttämällään työtahdilla. Kaadettu puu piti välittömästi karsia, katkoa ja kasata. Useita puita

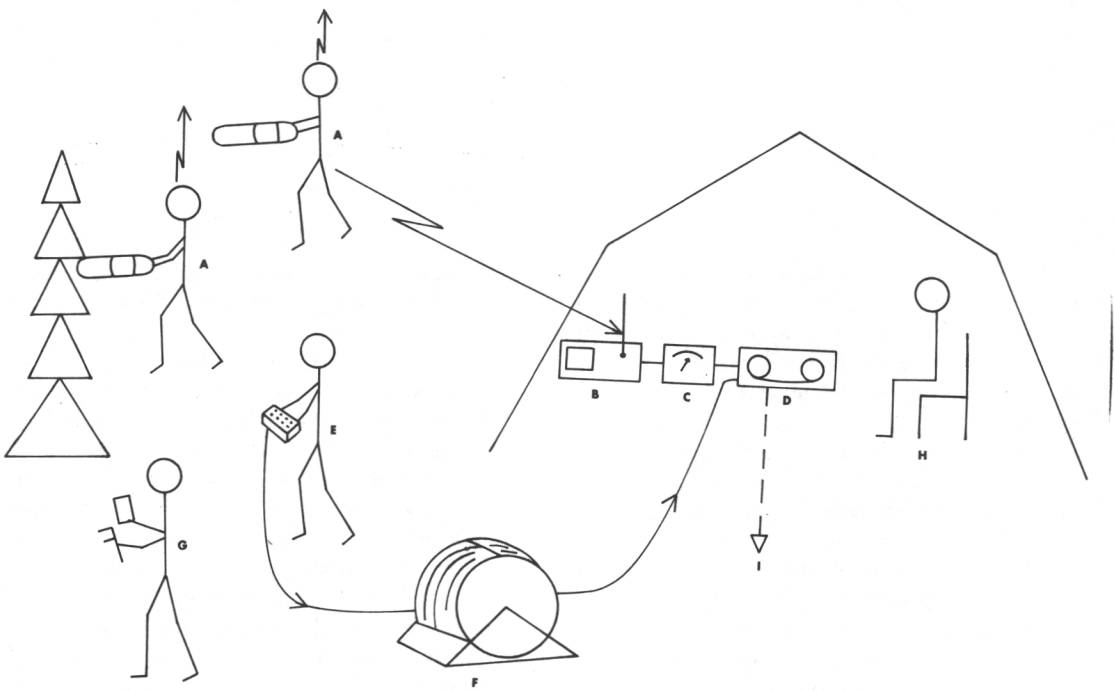
ei siis saanut kaataa, karsia ja kasata samanaikaisesti.

Koehenkilöinä oli neljä tekomiestä. Heistä kahdelta kerättiin aineistoa vain menetelmistä 1 ja 2, toiset kaksi miestä työskentelivät kaikilla kolmella menetelmällä. Tutkituista tekomiehistä kaksi oli Metsäntutkimuslaitoksen palveluksessa, toinen vakainaisena metsätyöntekijänä ja toinen metsäharjoittelijana. Muut kaksi olivat Enso-Gutzeit Oy:n vakainaisia metsätyöntekijöitä.

Työtekniikka arvioitiin subjektiivisesti käyttäen asteikkoa tyydyttävä, keskinkertainen, hyvä, erittäin hyvä.

22. Aineiston keruumenetelmä

Aineistoa kerätessä suoritettiin aikatutkimus ja sydämen sykintätaajuuden mittausta saman-



Kuva 1. Aineiston keruussa käytetty laitteisto (tekomiehillä 2 ja 3)

- a) Tutkittavat tekomiehet. Sydänlihaksen toiminnan aiheuttamat ihon sähköisten kenttien muutokset rekisteröidään kolmella koehenkilön rintaan liimatulla elektrodilla, jotka on yhdistetty taskuun sijoitettuun, n. 120 gr:n painoiseen radiolähettimeen.
- b) Radiovastaanotin ja sen yhteyteen rakennettu oskilloskooppi.
- c) Vastaanottimeen liitetty kardiotakometri, joka näyttää syketaajuuden sykettä/min arvoina.
- d) Nauhuri, jonka nauhan ensimmäiselle raidalle talletetaan vastaanottimesta tulevat sykesignaalit.
- e) Aikatutkija ja koodauslaite. Tietylle työvaiheelle varattua näppäintä painettaessa muuttuu ääni-oscillaattoreilla synnytetyn signaalin taajuus. Signaalit johdetaan kaapelia pitkin nauhuriin, jonka nauhan toiselle raidalle ne talletetaan samanaikaisesti ensimmäiselle raidalle talletettujen sykesignaalien kanssa.
- f) Kaapeliyhteys koodauslaitteesta nauhuriin.
- g) Mittamies, joka mittasi rungoista tarvittavat tunnuksat.
- h) Mittauslaitteiston hoitaja.
- i) Nauhojen tulostus Työterveyslaitoksella.

Fig.1. Equipment used in the collection of the material (for loggers 2 and 3).

- a) The loggers tested. The changes produced by myocardial function in the electric fields of the skin are registered with three electrodes glued to the test subject's chest and connected to a radio transmitter weighing c. 120 g, in the logger's pocket.
- b) The radio receiving set and the oscilloscope constructed to connect with it.
- c) The cardi tachometer connected with the receiving set, showing the heart rate in beats per minute.
- d) The tape recorder which registers the beat signals from the receiving set onto the first band.
- e) Time study and coding equipment. When the button for a certain phase of work is pushed the frequency of the signal produced by sound oscillator changes. The signals are led along the cable to the tape recorder and are recorded on the second band of its tape simultaneously with the beat signal recorded on the first band.
- f) Cable connection from the coding equipment to the tape recorder.
- g) The measurer who measured the necessary characteristics of the stems.
- h) The manager of the measuring equipment.
- i) Output of the tapes to the Institute of Occupational Health.

Taulukko 1. Tutkimuksen koehenkilöt.
Table 1. The logger studied.

Tekomies Logger	Ikä, v Age, years	Tehnyt metsätöitä, v Working years in forest	Työtekniikka Working skill
1	53	30	keskinkertainen, <i>average</i>
2	18	2	hyvä, <i>good</i>
3	29	11	erittäin hyvä, <i>very good</i>
4	32	10	erittäin hyvä, <i>very good</i>

aikaisesti. Työn tuotoksen selvittämiseksi mitattiin jokaisesta rungosta kuutioimista varten tarvittavat tunnuksat. Tekomiehille 1 ja 2 tutkimus suoritettiin aikatutkimuskelloa käyttäen, miehillä 2 ja 3 käytetty mittauslaitteisto on esitetty kuvassa 1.

Aineiston keruun maastovaiheessa äänitetyt nauhakelat tulostettiin Työterveyslaitoksen laitteistolla numeromuodossa paperinauhalle. Sykintätaajuus tulostettiin sykettä/min -arvoina säännöllisesti puolen minuutin välein sekä aina työvaiheen vaihtuessa. Jokaisen syketulostuksen kohtaan tulostettiin myös työn aloitushetkestä kulunut aika senttiminuutin tarkkuudella.

Työvaiheen vaihtuessa tulosti laitteisto päättyneen vaiheen kestoajan, sekä työn alkuhetkestä kuluneen ajan.

Aikatutkija merkitsi uuden rungon teon alussa lomakkeelle rungon juoksevan numeron. Hän arvioi myös siirtymis- ja pölkkykohtaiset kasaumatkat rungoittain. Koodauslaitteella erotettiin seuraavat runkokohtaiset työvaiheet.

- siirtyminen
- kaato
- karsinta
- kasaus

Suraavat ajat erotettiin yleisinä, ei runkokohtaisina:

- hukkatyö
- huolto ja lepo
- muu siirtyminen

Näiden aikojen jakoperusteena oli ko. toiminnan fyysinen kuormittavuus, ja niiden mittauksen tarkoituksena oli tukea varsinaisen työn kuormittavuuden analysointia. Hukkatyöhön luettiin esim. konkelon kaato, huoltoon ja lepoon taas sahan huolto ja korjaus sekä lepo ja ruokailu. Muu siirtyminen käsitti siirtymisen palstalta esim. ruokailupaikalle tai bensiini- ja öljyastioiden luo.

Mittamies määrittä rungoittain seuraavat tunnuksat:

- rinnankorkeusläpimitta
- pölkkyjen lukumäärä
- pölkkyjen pituudet (menetelmä 3)
- pölkkyjen keskusläpimitat
- lumen syvyys

Pölkkyjen painon selvittämiseksi punnittiin tekomiesten 1 ja 2 pölkkyistä n. 10 kpl kutakin 1 cm:n läpimittaluokkaa kohden. Tekomiesten 3 ja 4 pölkkyistä otettiin vastaavasti näytekiekkoja, joista laboratorioissa määritettiin tuoretilavuuspainot.

Kummankin tekomiiehen annettiin työskennellä normaaliin tapaansa. Aikatutkija ja mittamies seurasivat vuorotellen kumpaakin koehenkilöä tunnin pituisissa jaksoissa. Koehenkilön vaihto ei aiheuttanut työhön keskeytystä, koska kummallakin elektrodit olivat kiinnitettyinä ja radiolähetin jatkuvasti mukanaan. Näin ollen yhtä tekomiestä seurattiin suunnilleen puolet työmaa-ajasta. Mittauslaitteiston hoitaja merkitsi lomakkeelle ajat, jolloin seurattava työntekijä vaihtui. Myös ulkoilman lämpötila merkittiin muistiin tunnin väliajoin.

Aikatutkijan ja mittamiehen lomakkeiden mukaan numeroitiin rungot juoksevasti syke- ja aikatutkimustulostuksen paperinauhalle. Näin sidottiin aika-, syke- ja puustotiedot toisiinsa runkokohtaisina.

Tekomiesten 1 ja 2 aineiston keruu oli varsinaisesti esikoe, jonka aikana kokeiltiin ja kehitettiin mittauslaitteita ja tutkimusryhmän organisaatiota. Koska laitteisto tällöin ei vielä ollut edellä kuvatussa muodossa käytössä, suoritettiin tutkimus aikatutkimuskelloa jatkuvan ajanmittauksen menetelmää soveltaen. Miehet työskentelivät samanaikaisesti omilla palstoillaan ja kummankin työtä seurasi oma aikatutkija, joka mittasi tai arvioi myös puustotunnuksat ja siirtymismatkat. Sykintätaajuus mitattiin puolen tunnin jaksoina vuorotellen kummaltakin työntekijältä käyttäen edellä kuvattua välineistöä ilman koodauslaitetta.

23. Aineiston määrä ja tutkimusolot

Tekomiesten 1 ja 2 aineisto kerättiin ajalla 16.11.–28.11.1972 Metsäntutkimuslaitoksen

Solbölen kokeilualueessa ja tekomiesten 3 ja 4 aineisto Enso-Gutzeit Oy:n työmaalta Kaavilla ajalla 20.11.–14.12.1973. Kaikissa tapauksissa oli kysymyksessä harvennushakkuu.

Taulukko 2. Tietoja tutkimusleimikoista.
Table 2. Data on the experimental stands.

Leimikkotunnus Marked stand characteristic	Tekomies – Logger			
	1	2	3	4
Maastoluokka – Terrain class	I	I	I	I
Tiheysluokka – Density class of the marked stand	II	II	I	I
Oksaisuusluokka (kuusi) – Limbing class (spruce)	III	III	III	III
Palstatieväli, m – Strip road spacing, m	30	30	15	15
Puulaji, % kuutiomäärästä, kuusi – Tree species, % of volume, spruce	84	79	96	97
mänty – pine	16	21	4	3
Rinnankorkeusläpimitta, cm – $D_{1,3}$, cm	12.6	12.4	14.0	13.7
Rungon tilavuus, litraa – Volume of stem, l	86	85	105	99
Tutkittuja runkoja, kpl – Stems, units	172	176	431	391
Lumen syvyys, cm – Snow depth, cm	–	–	30	27
Lämpötila, °C – Temperature, °C	–2	–2	–8	–11
Työpäiviä, kpl – Working days, units	8	8	13	13

3. AINEISTON KÄSITTELY

Tekomiehillä 1 ja 2 aika- ja puustotiedot lävistettiin normaaliin tapaan maastolomakkeilta reikäkortteille. Rungot kuutioitiin lomakkeille ILVESSALON taulukoiden avulla. Sykehavainnot, sekä tekomiellä 3 ja 4 myös aikahavainnot poimittiin ensin tulosnauhalla lomakkeille, joilta ne sitten lävistettiin. Laaditulla tietokoneohjelmalla laskettiin sykehavainnoista keskiarvot ja standardipoikkeamat sekä kullekin runko-kohtaiselle työvaiheelle erikseen että kaikille työvaiheille yhdessä jokaista tekomiestä ja menetelmää kohden. Tekomenetelmien sykeskiarvoja verrattiin tekomieltäin t-testillä.

Tietokoneohjelma laski edelleen sykkeelle työvaihettaiset ja kokonaiskeskiarvot rungoittain. Koska työvaikeustekijöiden vaihtelu eri menetelmien välillä oli mahdollista, pyrittiin sykeskiarvojen riippuvuutta niistä selvittämään regressioanalyysillä. Subjektiiivisesti harkiten valittiin joukko mahdollisia sykettä selittäviä

muuttujia mm. korrelaatiomatriisiin pohjalta. Muuttujista laskettiin mallit Valtion Tietokonekeskuksen Univac-1108 -tietokoneen HYLPS-ohjelmiston valikoivalla regressioanalyysillä.

Tutkimusaineisto ei ole edustava näyte mistään tunnetusta populaatiosta vaan edustaa lähinnä vain itseään. Sen perusteella ei ole pyritty laatimaan ennustemalleja, vaan tyydytään syysuhteiden tarkasteluun ja riippuvuuk-sien selvittämiseen tässä aineistossa. Siksi F-testin kriteeriarvoksi muuttujia malleihin valittaessa otettiin suhteellisen alhainen, 90 %:n luotettavuustaso. Myös regressioerrointen tuli vähintään 90 %:n luotettavuudella poiketa nolasta.

Aikahavainnoista laadittiin valikoivalla regressioanalyysillä mallit sekä runko-kohtaisille työvaiheittaisille että kokonaisajoille.

Tekomiehille 3 ja 4 laskettiin pölkkyjen prosenttijakautumat läpimittaluokkiin miehit-

täin ja menetelmittään. Jakautumia verrattiin silmävaraisesti Pinomittauksen kehittämistutkimuksen alueilta 2 ja 3 (HEISKANEN 1973) poimittujen 2- ja 3-metrinen kuusipinojen pölkkyjen läpimittajakautumiin.

Tekomiesten 3 ja 4 pölkkyt kuutioitiin keskiläpimitan perusteella. Näytekiekoista määritettyjen tuoretilavuuspainojen keskiarvon avulla laskettiin pölkkyjen painot

4. TUTKIMUSTULOKSET

41. Työajan menekki

Kuten luvussa 3 mainittiin, tarkoitetaan tässä tutkimuksessa runkokohtaisella työajalla siirtymis-, kaato-, karsinta-, mittaus-, katkontaja kasausvaiheiden yhteenlaskettua aikaa. Valikoivalla regressioanalyysillä laaditut, runkokohtaisia työaikoja kuvaavat mallit on esitetty liitteissä 1–4.

Runkokohtainen työaika oli tekomiehestä riippuen menetelmässä 2 5–20 % ja menetelmässä 3 22–27 % pienempi menetelmään 1 verrattuna (taulukko 3).

KAHALAN (1969) palkkaperustetutkimuksen mukaan on 0.1 m³:n rungoilla tuotosyksikköä kohden laskettu työmaa-aika 3-metrinen kuusikuitupuun teossa 12 % pienempi kuin 2-metrinen teossa. Noin 3-metrinen tynkäkarsitun kuusikuitupuun teon tuotoksen on todettu

olevan vastaavasti 40 % korkeampi kuin 2-metrinen, pinnanmyötäisesti karsitun tavaranteossa (KAHALA 1968). JOHANSSONIN (1969) tutkimuksen mukaan on pelkkä tynkäkarsinta pienentänyt rinnankorkeusläpimitaltaan 20 cm:n kuusirunkojen teon ajanmenekkiä 8–11 % oksaisuusluokasta riippuen.

Kun otetaan huomioon, että taulukon 3 työaikoihin on lisättävä apuajat ja keskeytykset, jotta päästäisiin työmaa-aikoihin, muodostuu 2- ja 3-metrinen tavaranteon ero suunnilleen samaksi kuin KAHALAN (1969) esittämä tulos. Sen sijaan 2-metrinen pinnanmyötäisesti karsitun ja n. 3-metrinen tynkäkarsitun kuitupuun teon erotus jää pienemmäksi kuin KAHALAN (1968) ilmoittama.

Yhteenlaskettu karsinta-, mittaus- ja katkonta-aika 0.1 m³:n rungoilla oli menetelmässä

Taulukko 3. Runkokohtaiset työajat ja niiden suhteet tutkituissa tekomenetelmissä (rungon tilavuus 0.1 m³)

Table 3. Per-stem working times and their relations in different working methods (0.1 solid cu.m./stem)

Tekomies Logger	Tekomenetelmä Method	Työaika, cm ³ /runko Working time, cm ³ /stem	Suhteellinen tekoaika Relative expenditure of time
1	1	542	100
	2	436	80
2	1	465	100
	2	444	95
3	1	368	100
	2	317	86
	3	269	73
4	1	346	100
	2	285	82
	3	269	78

Taulukko 4. Yhteenlasketut karsinta-, mittaus- ja katkonta-ajat sekä kasausaika ja niiden suhteet tutkituissa tekomenetelmissä (rungon tilavuus 0.1 m³)

Table 4. Combined limbing, marking for cross-cutting and cross-cutting times and bunching time and their relations in the preparation methods studied (stem volume 0.1 m³)

Tekomies Logger	Menetelmä Method	Karsinta, mittaus ja katkonta Limbing, marking for cross-cutting and cross-cutting		Kasaus Bunching	
		cmin/runko cmin/stem	%	cmin/runko cmin/stem	%
1	1	301	100	134	100
	2	272	90	114	85
2	1	245	100	130	100
	2	224	91	119	92
3	1	209	100	99	100
	2	182	87	72	74
	3	147	70	79	80
4	1	211	100	74	100
	2	175	83	55	74
	3	148	70	74	100

2 9–17 % ja menetelmässä 3 30 % pienempi menetelmään 1 verrattuna (taulukko 4). KAHALAN (1969) mukaan on pölkyn piteneminen kahdesta kolmeen metriin pienentänyt pelkkää katkonta-aikaa kuusikuitupuun teossa 7 %. JOHANSSON (1969) on todennut tynkäkarsinnan ajanmenekin olleen rinnankorkeusläpimitaltaan 20 cm:n kuusella oksaisuusluokasta riippuen 71–79 %, ja KAHALA (1968) 74 % 0.1 m³ n kuusella pinnanmyötäisen karsinnan ajanmenekistä. Taulukossa 4 esitetyt karsinnan, mittauksen ja katkonnan suhteelliset ajanmenekit vastaavat siten melko hyvin aiempia tutkimustuloksia.

Siirtyminen menetelmästä 1 menetelmään 2 on pienentänyt kasauksen ajanmenekkiä 8–26 % (taulukko 4). KAHALAN (1969) tutkimuksessa ero on ollut vain 11 %. Tekomiehellä 1 suurensi tynkäkarsinta hieman kasausaikaa, mutta miehellä 4 oli menetelmän 3 kasausaika samaa luokkaa kuin menetelmässä 1.

Menetelmissä 1 ja 2 yhteenlasketun karsinnan, mittauksen, katkonnan ja kasauksen suhteellinen osuus suurenee rungon koon mukana (taulukko 5.) Menetelmässä 3 karsinnan osuus pienenee, mutta kasauksen osuus kasvaa jyrkemmin kuin menetelmissä 1 ja 2. KAHALAN

(1969) mukaan sekä 2- että 3-m kuusikuitupuun teossa karsinnan ja katkonnan osuus aluksi hieman suurentuu rungon koon mukana, mutta yli 0.1 m³ n rungoilla se jo pienentyy. Samalla kasauksen osuus koko ajan kasvaa.

Siirryttäessä menetelmästä 1 menetelmään 2 on karsinta-ajan suhteellinen osuus muuttunut ainoastaan suurilla (0.140 m³) rungoilla. Muilla paitsi tekomiehellä 1 on suhteellinen karsinta-aika vähentynyt. Kasauksen suhteellinen osuus on yleensä pienentynyt. KAHALA (1969) on saanut samanlaisen tuloksen, mutta erot ovat sangen pieniä.

Tekomenetelmän 3 käyttö pienentää karsinnan, mutta suurentaa hieman kasauksen osuutta menetelmiin 1 ja 2 verrattuna. Erot suurentuvat rungon koon mukana.

Työmaa-ajan jakautumista keskeytyksiin ja teko aikaan haluttiin tämän työn puitteissa selvittää lähinnä tekomenetelmien kuormittavuusvertailun tueksi. Siksi ei aikojen jaottelu ollut kovin yksityiskohtainen, ja lisäksi ruokailutuot luettiin mukaan työmaa-aikaan. Tekomiehillä 1 ja 2 muiden kuin runkokohtaisten työaikojen osuus laskettiin työmaa-ajasta, tekomiehillä 3 ja 4 vain siitä ajasta, jolta aika- ja sykehavainnotkin kerättiin.

Taulukko 5. Suhteellisen runkokohtaisen tekoajan jakautuminen työvaiheittaisiin aikoihin
 Table 5. Distribution of relative per-stem working time between per work-phase times.

Teko- mies Logger	Työvaihe Phase of work	Rungon tilavuus, litraa Volume of stem, litres								
		60			100			140		
		Tekomenetelmä Method								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
		Ajan jakautuma, % Distribution of time, %								
1	Siirtyminen – Moving	11	13		8	9		6	7	–
	Kaato – Felling	7	8		7	8		7	9	–
	Karsinta ja katkonta – Limbing and cross-cutting	55	59		56	63		56	62	–
	Kasaus – Bunching	28	20		30	20		31	22	–
	Yht. – Total	100	100		100	100		100	100	
2	Siirtyminen – Moving	16	15		11	12		9	10	–
	Kaato – Felling	12	11		10	10		9	10	–
	Karsinta ja katkonta – Limbing and cross-cutting	48	47		53	51		55	54	–
	Kasaus – Bunching	24	27		26	27		27	26	–
	Yht. – Total	100	100		100	100		100	100	
3	Siirtyminen – Moving	11	10	12	7	7	8	5	5	6
	Kaato – Felling	13	15	16	11	13	13	11	12	11
	Karsinta ja katkonta – Limbing and cross-cutting	53	54	48	57	57	52	65	58	48
	Kasaus – Bunching	23	21	24	25	23	27	29	25	35
	Yht. – Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	Siirtyminen – Moving	8	10	12	6	7	8	5	5	6
	Kaato – Felling	11	14	14	11	13	13	11	12	11
	Karsinta ja katkonta – Limbing and cross-cutting	55	57	57	58	57	52	65	58	48
	Kasaus – Bunching	36	19	17	25	23	27	29	25	35
	Yht. – Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Taulukko 6. Muiden kuin runkokohtaisten työ-
 aikojen osuus työmaa-ajasta
 Table 6.

Teko- mies Logger	Teko mene- telmä Met- hod	Apuaikojen ja keskeytysten osuus työmaa-ajasta, % Share of by-times and inter- ruptions in work-site time, %
1	1	20
	2	17

2	1	11
	2	15
3	1	24
	2	23
	3	15
4	1	33
	2	25
	3	30

42. Fyysinen kuormittavuus

421. Tekomiesten suorituskyky

Tekomiesten fyysinen suorituskyky mitattiin polkupyöräergometritestillä. Jotta olisi voitu verrata koehenkilöiden suorituskykyä suomalaisten metsätyöntekijöiden suorituskykyyn yleensä (LEHTINEN 1972), määritettiin testissä ns. PWC-arvo (physical working capacity). Se ilmaisee tehon, jonka koehenkilö saavutti tietyllä syketaajuuden tasolla. Käytetty syketaaso riippuu koehenkilön iästä seuraavan aselman mukaisesti (Mälkiä 1973):

20 – 29 v	170 sykettä/min
30 – 39 v	160 –”–
40 – 49 v	150 –”–
50 – 59 v	140 –”–
60 – 69 v	130 –”–

Saatu PWC-arvo luokiteltiin seuraavasti (LEHTINEN 1972):

PWC 900 kpm/min	hyvä
PWC 600–899 kpm/min	kohtalainen
PWC 600 kpm/min	heikko

Käytetyn luokituksen mukaan osoittautui kaikkien tekomiesten suorituskyky ikään nähden hyväksi (taulukko 7).

422. Sykintätaajuus

Kaikkien työvaiheitten keskimääräinen sykintätaajuus oli miehellä 1 128–131, miehellä 2 124–127, miehellä 3 125–136 ja miehellä 4 141–142 sykettä/min (taulukko 8). Siten sykkeen perusteella arvostellen on puutavaran teko ollut kaikille tekomiehille raskasta työtä (LUNDGREN 1969).

Menetelmään 1 verrattuna ovat sykekeskiarvot olleet korkeampia menetelmässä 2. Kaikki erot osoittautuivat t-testissä vähintään 95 % luotettavuudella tilastollisesti merkitseviksi. Tekomiehellä 3 ovat menetelmän 3 sykekeskiarvot menetelmän 2 arvoja korkeammat. Myös nämä erot olivat merkitseviä 95 % luotettavuudella. Sen sijaan tekomiehellä 4 olivat sykekeskiarvot menetelmässä 2 ja 3 suunnilleen samat. Tämä johtunee työtaahdin erilaisuudesta varsinkin kasausvaiheessa. Keskimääräinen kasausaika oli menetelmässä 3 hieman suurempi kuin menetelmässä 2, eikä ero kokonaan selity rungon koon tai kasausmatkan erilaisuudella (taulukko 9).

Syke on menetelmän sisällä tarkastellen selvästi korkein kasausvaiheessa miehellä 1 molemmissa menetelmissä sekä miehellä 2 menetelmässä 3. Tekomiehellä 3 ja 4 aiheutti kasausvaiheen lyhempi kesto sen, että syke saavutti

Taulukko 7. Koehenkilöiden suorituskyky
Table 7. Physical working capacity of the test subjects.

	Tekomics Logger			
	1	2	3	4
ikä, v – age, years	53	18	32	29
paino, kg weight, kg	83	75	70	72
pituus, cm height, cm	185	181	172	174
maksimaalinen hapenottokyky, ml/kg/min max oxygen, ml/kg/min	30	43	49	44
maksimisyke max heart rate	170	200	191	195
leposyke (istuen) rest heart rate (sitting)	72	60	78	73
PWC	900	1050	1200	1200
suorituskyky ikään nähden physical working capacity in relation to age	hyvä good	hyvä good	hyvä good	hyvä good

huipputasonsa vasta siirtymisvaiheessa. Tällöin kasauksessa syntynyttä happivelkaa korvattiin kuormittavuudeltaan alhaisempien siirtymis- ja kaatovaiheiden aikana. Tähän vaikuttaa myös tasavälinen sykkeen analysointi. Jos sykearvona käytettäisiin vain työvaiheen lopun sykettä, se olisi ehkä parhaiten työvaihetta kuvaavalla tasolla. Sykekeskiarvojen suhteuttamiseksi tekomiesten suorituskykyyn laskettiin kuormittumisasteet seuraavan kaavan mukaan (MÄLKIÄ 1973):

$$\frac{\text{työsyke} - \text{leposyke}}{\text{maksimisyke} - \text{leposyke}} \times 100$$

Kaikilla tekomiehillä on kuormittuneisuusaste ollut yli 40 % (taulukko 10), jota on suositeltu ylärajaksi jatkuvassa työssä (LUNDGREN 1969). Menetelmässä 2 on kuormittuneisuusaste ollut 2–5 ja menetelmässä 3 2–9 %-yksikköä korkeampi tekomenetelmään 1 verrattuna.

Taulukko 8. Keskimääräiset sykintätaajuudet työvaiheittain tutkituissa tekomenetelmissä (sulussa) standardipoikkeamat).

Table 8. Average heart rates by phases of work in the preparation methods studies (standard deviations in brackets)

Tekomies Logger	Tekomenetelmä Method	Työvaihe Phase of work						
		Siirtyminen Moving	Kaato Felling	Karsinta Limbing	Kasaus Bunching	Kokonais Total	Hukkatyö Delay times	Apuajat By-times and inter- ruptions
		Sykintätaajuus, sykettä/min Heart rate, beats/min						
1	1	127 (13)	128 (13)	128 (24)	131 (17)	128 (25)	113	105
	2	130 (13)	132 (10)	131 (7)	136 (11)	131 (9)	133	92
2	1	124 (17)	124 (17)	125 (12)	124 (17)	124 (15)	109	101
	2	126 (18)	128 (16)	127 (17)	132 (16)	127 (17)	124	96
3	1	133 (16)	127 (14)	122 (11)	130 (11)	125 (12)	133	86
	2	136 (12)	136 (12)	128 (11)	135 (11)	131 (12)	141	94
	3	141 (12)	139 (12)	132 (11)	137 (9)	136 (11)	127	102
4	1	146 (14)	144 (11)	137 (10)	147 (12)	141 (12)	118	100
	2	149 (13)	146 (13)	138 (12)	148 (12)	142 (13)	127	90
	3	145 (19)	144 (12)	139 (10)	146 (11)	141 (10)	121	99

Taulukko 9. Työvaiheitten keskimääräiset kestot sekä eräitä ajanmenekkiin vaikuttaneita tekijöitä tutkimusaineistossa (suluissa standardipoikkeamat)
 Table 9. Average durations of the phases of work and some factors that affect the consumption of time in the investigation material (standard deviations in brackets)

Tekojen Logger	Menetelmä Method	Siirtyminen Moving	Kaato Felling	Karsinta ja katkonta Limbing and cross-cutting	Kasaus Bunching	Kokonais Total	m ³ /runko Solid cu. m. per stem	Keskim. kasaus- matka m, Average bunching distance, m	Painotettu kasausmatka m, Weighted bunch- ing distance, m
cmin/runko — cmin per stem									
1	1	32	41	217	100	390	0.08	7.8	—
	2	36	47	230	112	425	0.10	7.2	—
2	1	43	47	184	108	382	0.09	5.4	—
	2	29	49	179	110	367	0.08	4.6	—
3	1	27 (17)	43 (26)	253 (117)	109 (56)	432 (169)	0.14	4.6	4.2
	2	21 (15)	38 (23)	164 (101)	70 (51)	272 (154)	0.10	4.7	4.4
	3	23 (18)	35 (17)	138 (87)	69 (44)	265 (131)	0.10	4.6	4.4
4	1	17 (12)	34 (20)	182 (82)	62 (37)	295 (120)	0.09	4.5	4.5
	2	15 (13)	36 (21)	173 (89)	55 (36)	279 (122)	0.10	4.6	4.5
	3	19 (14)	32 (22)	135 (70)	68 (57)	254 (113)	0.11	4.2	4.0

HARSTELA (1971), KLEN (1973) ja WUOLIJOKI (1974) ovat järjestettyjen kokeiden avulla tutkineet pölkyn pituuden vaikutusta tekomiehen kuormitukseen. HARSTELAN (1970) mukaan rinnankorkeusläpimitaltaan yli 13 cm:n puista tehtyjen pölkkyjen kasaus oli 3-metrisenä huomattavasti kuormittavampaa kuin 2-metrisenä. KLENIN (1973) tutkimuksessa sykekeskiarvot olivat 3-m pinotavaran kasauksessa 124–174 ja 2-m tavaran kasauksessa 113–157 sykettä/min. WUOLIJOKI (1974) on kahdella koehenkilöllä todennut 3-metrisen kuusikuitupuun kasauksessa hapenkulutuksen kasattua puutavaramäärää kohden 14–30 % korkeammaksi kuin 2-m tavaran kasauksessa. Aikayksikköä kohden laskettuna oli toisella koehenkilöllä hapenkulutus suurempi kasattaessa 2-m kuitupuuta. JOHANSSON (1969) on tutkinut tynkäkarsinnan vaikutusta työn tuotokseen ja tekomiehen sydämen sykintätaajuuden kautta määritettyyn hapenkulutukseen. Kun rinnankorkeusläpimita oli 20 cm, oli puuta kohden laskettu hapenkulutus alhaisempi tynkäkarsintaa käytettäessä sekä karsintaja kasausvaiheille että koko puutavaran teolle laskettuna. Työn aiheuttamia vaikutuksia tekomiehen elimistölle kuvaa kuitenkin paremmin aikayksikköä kohden (1/min) laskettu hapenkulutus, ja se oli JOHANSSONIN (1969) tutkimuksessa viidestä koehenkilöstä neljällä tynkäkarsintaa käytettäessä suurempi kuin pinnanmyötäisesti karsittaessa.

423. Kasattavien pölkkyjen koko

Tekomiehillä 3 ja 4 oli 2-metrinen pölkkyjen keskiläpimita 12.9 cm, 3-metrinen 12.9 cm ja n. 3-metrinen 12.2 cm. Tekomiehillä 1 ja 2 ei mittauksia suoritettu pölkkykohtaisina. Pinomittauksen kehittämistutkimuksen koepinoissa alueella 3 oli kuusella kahdentoista 2-m runkopinotavaran pölkkyjen keskiläpimita 10.2 cm. Alueiden 2 ja 3, jotka vastasivat Päijänteen ja Saimaan vesistöalueita (HEISKANEN 1972) kaikkien 3-m kuusipinojen pölkkyjen keskiläpimita oli 10.8 cm. Keskiarvo laskettiin kaikista 3-m kuusipinoista puhtaiden runkopinotavaran pölkkyjen pienen lukumäärän vuoksi. Tällöin tosin pölkkyjen kokojakautuma ja keskiläpimita muodostuvat erilaisiksi kuin pelkällä runkopinotavaran (vrt. MAKKONEN 1959). HAKKILA (1968) on saanut Etelä-Suomessa kuusipaperipuun kuorettomaksi keskiläpimitaksi 11.8 cm. Näin ollen olivat tekomiesten 3 ja 4 sekä 2- että 3-m pölkkyt hieman järempiä kuin ko alueella keskimäärin (liite 5).

HAKKILA (1971) toteaa havupuutavaran painon riippuvan ennen kaikkea sydänpuuprosentista. Sen määrästä, vuodenajasta ja muista tekijöistä riippuen havukuitupuun paino tuoreena on 750–1000 kg/m³. Tekomiesten 3 ja 4 kuusipölkkyjen tilavuuspainoksi saatiin 922 kg/m³.

Käytettyyn painomäärittämismenetelmään sisältyy systemaattinen virhe, koska käytettiin

Taulukko 10. Tekomiesten kuormittumisasteet työvaiheittain tutkituissa tekomenetelmissä.
Table 10. Loggers' strain levels by phases of work in the preparation methods studied.

Tekomies Logger	Menetelmä Method	Työvaihe – Phase of work				
		Siirtyminen Moving	Kaato Felling	Karsinta Limbing	Kasaus Bunching	Kokonais Total
		Kuormittunisuusaste, % Strain level, per cent of max. capacity				
1	1	56	57	57	60	57
	2	59	61	60	65	60
2	1	45	45	46	45	45
	2	46	48	47	50	47
3	1	49	43	39	46	42
	2	51	51	44	50	47
	3	56	54	48	52	51
4	1	60	58	52	61	54
	2	62	60	53	61	57
	3	59	58	54	60	56

erisuuruksille pölkyille samaa tilavuuspainoa. Tällöin pienten pölkkyjen paino on tullut hieman liian pieneksi ja suurten liian korkeaksi (vrt. KAHALA 1969).

Metsäalan työehtosopimuksen mukaan (Metsäalan työehtosopimus 1974) ei tekomiehen tarvitse kasata palstien varteen latvaläpimitaltaan yli 22 cm:n 2-metrisiä eikä yli 17 cm:n kolmi-metrisiä pölkkyjä. Keskilämpömitaltaan 22 cm:n 2-m kuusipölkkyt painoivat tutkimusaineistossa 65–70 kg ja 17 cm:n 3-m pölkkyt n. 63 kg.

Tekomiesten 3 ja 4 keskimääräinen 2-m kuusipölkky painoi 24 kg ja 3-m pölkky vastaavasti 36 kg (taulukko 11). Työterveyslaitoksen suositus miespuolisille työntekijöille jatkuvasti siirrettävän taakan enimmäispainoksi on 35 kg (KARVONEN 1970). Tämä vastaisi tutkimusaineistossa 15–17 cm:n läpimittaista, 2-m:n pituista ja 12–13 cm:n läpimittaista

3-m:n pituista kuusipölkkyä. Kansainvälisen työjärjestön (ILO) suosituksen mukaan tilapäisesti siirrettävä taakka ei miehillä saisi ylittää 55 kg:a. Tämä vastaisi tutkimusaineistossa n. 20 cm:n 2-metristä ja n. 16 cm:n 3-metristä kuusipölkkyä keskeltä mitattuna.

424. Pölkkyjen kasausmatka

Kuitupuun teossa vaikuttavat kasausmatkan pituuteen seuraavat yleiset tekijät (PUTKISTO 1959b):

- keräysalueen suuruus
- keräysalueen muoto
- varastomuodostelman sijainti leimattuihin runkoihin nähden
- käytetty kaatosuunta
- pölkkyjen siirtelyreitit mutkittelu.

Tekomiehillä 1 ja 2 oli keskimääräinen

Taulukko 11. Tutkimusleimikoiden kuusipölkkyjen painot
Table 11. Weights of the spruce bolts of the marked stands.

Pölkyn läpimitta keskeltä, cm <i>Middle diameter of the bolt, cm</i>	Tekomiehet 1 ja 2 <i>Loggers 1 and 2</i>		Tekomiehet 3 ja 4 <i>Loggers 3 and 4</i>	
	2-m	3-m	2-m	3-m
	Pölkyn paino, kg <i>Bolt weight, kg</i>			
6	5	8	5	8
7	7	11	7	11
8	9	13	9	14
9	10	16	12	18
10	14	21	15	22
11	16	25	18	27
12	20	28	21	31
13	23	34	25	37
14	26	39	29	42
15	29	44	32	48
16	33	47	37	55
17	39	58	42	63
18	42	64	47	70
19	49		53	
20	54		58	
21	59		64	
22	65		70	
23	72		77	

Taulukko 12. Kasausmatkat tutkituissa tekomenetelmissä ja eräitä kasausmatkaan vaikuttaneita tekijöitä

Table 12. Bunching distance in the preparation methods studied and some factors affecting the bunching distance.

Tekomies Logger	Menetelmä Method	Ajouraväli, m Strip-road spacing, m	Rungon käyttö- osan pi- tuus, m Length of utili- zable part of stem, m	Leimikon tiheys lk Stand density class	Keskimääräinen kasausmatka, m Average bunching distance, m	
					Painottamaton Unweighted	Painotettu Weighted
1	1	30	7.6	II	7.8	—
	2	30	7.4	II	7.2	—
2	1	30	7.6	II	5.4	—
	2	30	7.5	II	4.6	—
3	1	15	9.9	I	4.8	4.3
	2	15	7.4	I	4.7	4.4
	3	15	7.6	I	4.6	4.4
4	1	15	7.3	I	4.5	4.5
	2	15	7.6	I	4.6	4.5
	3	15	8.2	I	4.2	4.0

pölkkykohtainen kasausmatka hieman suurempi kuin miehillä 3 ja 4 leveämmän ajouravälin vuoksi (taulukko 12).

Tekomiehellä 3 on painottamaton kasausmatka ollut 5–7 % ja miehellä 4 0–5 % pitempi kuin painotettu kasausmatka. Todettakoon, että KÄRKKÄINEN (1973) on teoreettisessa simulointitutkimuksessa päättänyt, tulokseen, että painotettu kasausmatka on keskimäärin alle 10 % painottamatonta pitempi. Tämän tutkimuksen päinvastainen tulos johtuu siitä, että työmenetelmä on käytännössä poikennut KÄRKKÄISEN (1973) esittäimestä. Tekomiehet näet pyrkivät sijoittamaan kourakasat mm. sijoituspaikkavaatimuksista joustuen siten, että painavia tyvipölkkyjä joudutaan siirtämään mahdollisimman vähän.

HAAJA (1970) on todennut n. 3-metrinen pölkkyjen kuutiomäärällä painotetun kasausmatkan olleen 15 m:n ajouravälillä 3.1 m ja 30 m:n ajouravälillä 3.6 m. Siirtelemällä tai kantamalla kasatuiksi on HAAJA (1970) todennut n. 3-m pölkkyistä 84 % 15 m:n ajouravälillä ja 94 % 30 m:n ajouravälillä, kun rungon koko oli 0.1–0.2 m³.

Tekomiesten pyrkimystä sijoittaa varastomuodostelmat mahdollisimman lähelle suuria pölkkyjä kuvaa se, että painottamaton kasaus-

matka on hieman pienentynyt pölkyn koon suuressa (taulukko 13). PUTKISTO (1959a) ja HAAJA (1970) ovat todenneet kasausmatkan riippumattomaksi pölkyn koosta.

Myös suurten pölkkyjen kasausmatka poikesei nolasta. Siten niitäkin on ainakin jonkin verran liikuteltu alkuperäiseltä paikalta joko kourakasoihin tai maastokohtaan, josta ne on mahdollista ottaa kuljetuksen yhteydessä.

425. Sykettä selittävät muuttujat

Karsinnan aikana mitattua sykettä kuvaaviin malleihin tulivat F-arvon 90 % luotettavuudella mukaan, hieman tekomiehestä ja menetelmästä riippuen seuraavat muuttujat:

- rungon tilavuus
- aika työpäivän alusta laskettuna
- lumen syvyys
- ulkoilman lämpötila
- sykintätaajuus siirtymistä edeltäneen vaiheen lopussa
- lumen syvyyden ja rungon tilavuuden tulo

Mallien selitysasteet vaihtelivat välillä 48–79 % (liitteet 6 ja 7). Yksittäisistä muuttujista syke siirtymistä edeltäneen vaiheen lopussa selittää selvästi parhaiten sykkeen vaihtelun karsinnan

Taulukko 13. Keskimääräiset kasaumatkat pölkyn suuruusluokittain tekomiehillä 3 ja 4.
 Table 13. Average bunching distances by bolt size classes for loggers 3 and 4.

Pölkyn tilavuus, litraa Bolt volume, litres	Tekomies 3 Logger 3		Tekomies 4 Logger 4	
	Keskimääräinen kasaumatka Average bunching distance			
	m/pölkky m/bolt	%	m/pölkky m/bolt	%
0–9	5.9	100	5.0	100
10–19	5.4	92	4.7	94
20–29	4.6	78	4.3	86
30–39	4.5	76	4.2	84
40–49	4.1	69	3.9	78
50–59	3.9	66	3.8	76
60–69	2.8	47	3.6	72
70–79	2.9	49	3.8	76
80–89	2.3	39	4.6	92
90–99	2.7	45	2.4	48

aikana. Sen poistaminen malleista pienentää selitysstetta 16–41 %-yksikköä.

Työpäivän kuluessa karsintasyke saatujen mallien mukaan suurenee, tosin melko hitaasti. Myös karsinta-ajat korreloivat negatiivisesti työpäivän alusta lasketun ajan kanssa. Tämä voitaneen tulkita merkiksi työtahdin kiristymisestä työpäivän kuluessa. Riippuvuus ei kuitenkaan liene suoraviivainen, sillä suurilla koehenkilöjoukoilla on työn tuotoksessa yleensä havaittu kaksi maksimia, yksi aamu- ja toinen iltapäivällä.

Rungon koon kasvaessa syke alentuu lievästi. Edellisen rungon kasaustavaiheen jälkeen ei syke ole ehtinyt siirtymisen ja kaadon aikana asettua niiden kuormituksen määrittämälle tasolle. Siten sykkeen aleneminen jatkuu myös kuormitavuudeltaan kasausta alhaisemmassa karsintavaiheessa.

Aineiston keruun aikana lisääntyi lumen syvyys leimikolla 2 samalla kun rungon koko jonkin verran pieneni. Lisäksi ulkoilman lämpötila korreloi lumen syvyyden kanssa, joten muuttujien keskinäiset riippuvuudet tekevät mallien tulkinnan tältä osin epäluotettavaksi.

Kasausten aikana mitattua sykettä kuvaavissa malleissa esiintyvät seuraavat muuttujat:

- rungon tilavuus
- aika työpäivän alusta laskettuna
- lumen syvyys
- ulkoilman lämpötila

– syke siirtymistä edeltäneen vaiheen lopussa

– pölkyn koolla painotettu keskimääräinen kasaumatka

– rungon koon ja lumen syvyyden tulo

Mallien selitysstteet ovat 30–64 %. Edellisen rungon teon lopussa havaitun sykearvon jättäminen pois pienentää selitysstteita 5–21, rungon koon 2–19, lumen syvyyden 5–11 sekä kasaumatkan jättäminen pois 0–4 %-yksikköä. Myös kasaussykkeen mallien tulkinta on epävarmaa rungon koon, lumen syvyyden ja lämpötilan korreloitumisen vuoksi.

Kaikille työvaiheille laskettua sykekeskiarvoa selittävät:

- rungon koko
- aika työpäivän alusta
- lumen syvyys
- ilman lämpötila
- kasaumatka
- rungon koon ja lumen syvyyden tulo
- syke ennen siirtymistä

Selitysstteet vaihtelevat välillä 52–81 %. Paras yksittäinen selittäjä on sykintätaajuus ennen siirtymisvaiheen alkua. Sen poistaminen mallista alentaa selitysstetta 22–43 %-yksikköä. Tämäkin johtunee tasavälisestä analysointitekniiikasta (vrt. sivu 19).

Rungon koko ja kasaumatka eivät regressioanalyysissä selittäneet kovinkaan suurta osaa

sykkeen vaihteluista. Sen sijaan regressioker-
toimet poikkesivat nollasta tilastollisesti mer-
kitsevästi. Ihmisen liikkeillä on havaittu olevan
yksilöllinen liikenoisuus (OKSALA 1970). Siten
myös työliikkeillä on energian kulutuksen
(kcal/min) ja tarvittavan voiman suhteen tietty
henkilöstä riippuva optiminopeus. LEVANTO
(1969) on todennut kuitupuun teossa ns. nor-
maalin työtahdin vastanneen koehenkilöillä
noin 40 %:n kuormittumisastetta, jonka on
todettu pitkäkestoisessa työssä olevan erään-
laisena miellyttävyyssrajana.

Raskaiden pölkkyjen kasauksessa ei kuiten-
kaan ainakaan kantamisvaiheen aikana ole mah-
dollista alentaa kuormitusta työtahdia säätele-
mällä lähinnä pölkyn kannattelusta aiheutuvan
staattisen lihastyön vuoksi. Siten on selvää,
että rungon koon ja kasausmatkan kasvu suu-
rentavat myös työntekijän kuormitusta.

Se, ettei käytetyllä analyysimenetelmällä
saatu selvästi esille sykkeen riippuvuutta run-

gon koosta ja kasausmatkasta, johtunee useista
eri seikoista. Tulos olisi todennäköisesti toinen,
jos analyysit suoritettaisiin rungonkokoluokit-
tain ja/tai painotettaisiin sykekeskiarvot sen
mukaan, kuinka monesta alkuperäisestä syke-
havainnosta ko. sykekeskiarvo on muodostunut
(vrt. KÄRKKÄINEN 1973). Silloin painottuisi
sykekeskiarvo työvaiheen pituuden mukaan.
Sykkeen viiveestä johtuen ei lyhyillä työvaiheilla
saada selvästi esiin juuri ao. vaiheen aikana
sykkeeseen vaikuttavia tekijöitä.

Eräs tuloksiin vaikuttanut seikka on mahdol-
lisesti sydämen sykintätaajuuteen vaikuttavien
tekijöiden runsaus. Siihen vaikuttavat mm.
emotionaaliset tekijät, staattisen ja dynaamisen
lihastyön suhteet, ulkoilman lämpötila, ilman
kosteus, säteily jne. On mahdollista, että jokin
tutkimuksen aineiston keruussa mitaamatta
jäänyt tekijä on aiheuttanut sykkeeseen vaih-
telua, joka ei kokonaan ole selittynyt mitatuilla
muuttujilla.

5. PÄÄTELMIÄ

Tämän tutkimuksen koehenkilöillä on sydä-
men sykintätaajuudella mitattu fyysinen kuor-
mitus suurentunut siirryttäessä perinteisestä
kuitupuun tekomenetelmästä kehittyneempään,
yksinkertaistettuun menetelmään. Tämä on joh-
tunut pääosin kasausvaiheen kuormituksen ko-
hoamisesta. Myös tynkäkarsinta ja silmävarainen
katkenta ovat hieman lisänneet kuormittavuutta
(taulukko 8).

Sydämen sykintätaajuus ei kuitenkaan anna
kuvaa tekomiehen tukirangan eikä selkälihasten
kuormituksesta tai sen muutoksista. Esimerkiksi
selkävikojen syntymisriskiä ei sykkeen mittauk-
sella voida selvittää. Pölkyn painojen suuren-
tuessa lisääntyy muun muassa selkänikamien
välilevyihin taakkaa nostettaessa kohdistuva
paine (KARVONEN 1970).

Tilapäisesti nostettavien enimmäistaakkojen
painoksi on suositeltu 55 kg (KARVONEN
1970). Järeimmät 2- ja 3-metriset havukuitu-
puupölkkyt saattavat painaa jopa yli 70 kg puun
kosteudesta ja muista tuoretilavuuspainoon vai-
kuttavista seikoista riippuen. Metsätyössä ovat

olosuhteet useimmiten raskaiden taakkojen nos-
tamiselle epäedulliset muun muassa liukastumis-
ja kompastumisvaarojen vuoksi. Jotta saataisiin
selville, kuinka usein kuitupuupölkkyt ylittävät
suosituksen tilapäisesti nostettavan taakan enim-
mäispainoksi, tulisi pölkkyjen painojakautumat
selvittää edustavan näytteen avulla.

Nykyisin mittauslaittein on mahdollista jous-
tavasti mitata työskentelevän ihmisen kuormi-
tusta maasto-olosuhteissakin esimerkiksi juuri
sydämen syketaajuuden kautta. Kerätyn tiedon
tilastolliset analysointimenetelmät kaipaavat
kuitenkin kehittelyä, jotta kuormituksen riip-
puvuutta erilaisista tekijöistä voitaisiin nykyistä
paremmin selvittää.

Tekomiehen fyysistä kuormitusta kuitupuun
teossa voidaan luonnollisestikin alentaa vähentä-
mällä ihmisvoimin suoritettavaa kasausta. Mah-
dollisuuksia tähän luo esimerkiksi entistä ulottu-
vampien kuormainten kehittäminen, joka mahdolli-
staa kasausmatkan lyhentämisen ns. vyöhyke-
kasausta soveltamalla (HARSTELA ja VALO-
NEN 1974).

KIRJALLISUUSLUETTELO

- ELOVAINIO, A. 1974. Kasvatusmetsien puunkorjuun kehittämisedellytykset. Conditions for the development of harvesting. Metsätehon tiedotus 327.
- HAAJA, R. 1970. Tutkimus hakkuumiehen suorittamasta kuitupuun kasauksesta. Study of manual pulpwood bunching. Metsätehon tiedotus 299.
- HAKKILA, P. 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 66.8.
- HAKKILA, P. 1971. Puun paino. Tapion taskukirja. Tapiola.
- HARSTELA, P. 1970. Kasausajan ja valtimonlyöntitiheyden sekä tehollisen sahausajan määrittäminen järjestettyjen kokeiden, pulsitutkimuksen ja frekvenssianalyysin avulla. Determination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set tests, pulse study and frequency analysis. Folia Forestalia 80
- HARSTELA, P. 1971. Työjärjestyksen vaikutus tynkäkarsitun ja likipituksen kuusikuitupuun teossa. The effect of the sequence of work on the preparation of approximately 3-m, roughlimbed spruce pulpwood. Folia Forestalia 105.
- HARSTELA, P. & VALONEN, P. 1974. ”Vyöhykekasauksen” ja palstalle kasauksen ergonomiataututkimus. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- HEISKANEN, V. 1972. Pinomittauksen kehittämistutkimus II. Pinomittauksen tarkkuus ja parantamismahdollisuudet. Tutkimusmenetelmä ja -aineisto. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- JOHANSSON, G. 1969. Kvistningsnoggrannhetens inverkan på tidsåtgången vid huggning av sortiment med motorsåg. Jämgörande fältstudier 1968. Skogsarbeten. Redogörelse nr 3.
- KAHALA, M. 1968. Pituuden mittauksen poisjättämisen ja karsinnan laadun vaikutuksesta mänty-, kuusi- ja koivupaperipuun hakkuuseen. Jatkotutkimus, Effect of the omission of length measurement and influence of the limbing quality on the cutting of pine, spruce and birch pulpwood. Continuation study. Metsätehon tiedotus 281.
- KAHALA, M. 1969. Tutkimus puutavaran valmistukseen vaikuttavista tekijöistä. Palkka-perustetutkimus. A study of the factors influencing the cutting of timber. Wage base study. Metsäteho, julkaisu n:o 44.
- KARVONEN, M. J. 1970. Raskaan työn rationalisointi. Teoksessa Noro, L., Häkkinen, S., Karvonen, M. J., Koskela, A., Oksala, O., Ahmavaara, P., Kuorinka, J. ja Saari, J. (toim.). Ergonomia. Ihminen – Työ – Tekniikka. Porvoo.
- KLEN, T. 1973. Tutkimus 2- ja 3-metrisen kuusikuitupuun kasauksesta. Koneviesti 21.
- KÄRKKÄINEN, M. 1973. Näkökohta kuitupuupölkkyjen siirtelymatkasta. A note on the mowing distance of pulpwood bolts. Silva Fennica 7 (3): 153–162.
- LEHTINEN, M. 1972. Terveys. Teoksessa Suomalainen metsätyömiehen. Porvoo.
- LEVANTO, S. 1970. Työtahdin vaikutus metsätyöntekijän kuormittumiseen. The effect of work pace on logger stress. Työtehoseuran julkaisuja n:o 148.
- LUNDGREN, N. 1969. Fysiologisk arbetsmätning. Teoksessa Luthman, Åberg, Lundgren (toim.). Handbok i ergonomi. Uppsala.
- MAKKONEN, O. 1959. Pinotiheys mäntypaperipuun laaturyhmän tunnuksena. Pine density as a characteristic of the quality group of pine pulpwood. Metsätehon julkaisuja 155.
- Metsäalan työehtosopimus, 1974.
- MÄLKIÄ, E. 1973. Puutavaran teon fyysisistä kuormitustekijöistä. On the physical factors of stress in making timber. Työtehoseuran julkaisuja n:o 165.
- OKSALA, O. 1970. Työliikkeiden psykologiaa. Teoksessa Noro, L., Häkkinen, S., Karvonen, M. J., Koskela, A., Oksala, O., Ahmavaara, P., Kuorinka, J. ja Saari, J. (toim.). Ergonomia. Ihminen – Työ – Tekniikka. Porvoo.

- PUTKISTO, K. 1956. Tutkimuksia pyörätraktoreiden käytöstä puutavaran metsäkuljetuksessa. Teknillis-taloudellinen selvittely. Investigations of the use of wheel tractors for the forest transport of time. Techno-economic analysis. Metsäteho, julkaisu 36.
- PUTKISTO, K. 1959a. Pinotavaran tekijäin työskentelyjärjestelmän analysointia. Analysis of the working method of cordwood loggers. Metsätehon tiedotuksia 162.
- PUTKISTO, K. 1959b. Työpanoksen ero pinotavaran palstatienvarteen teon ja hajamuodostelmiin teon välillä ja sen huomioon ottaminen palkkaperusteissa. The difference between the work inputs to making cordwood alongside the strip road and to making it in dispersed formations, and the observance of this difference in wage bases. Metsätehon tiedotuksia 164.
- RYSÄ, M., SAVOLAINEN, R. & VÄISÄNEN, U. 1972. Puunkorjuun kehityssennuste 1970-luvulle. Forecast of the development of timber harvesting in the 1970s. Metsätehon tiedotuksia 314.
- SAVOLAINEN, R. 1974. Puunkorjuumenetelmät ja korjuutekniset olosuhteet hankintavuonna 1973/1974. Metsätehon katsaus 23/1974.
- WUOLIJOKI, E. 1974. Tutkimuksia 2- ja 3-metrinen kuitupuun kasauksesta. Teho 1.

Työajan menekkiä kuvaavat regressiomallit tekomiehellä 1. R^2 = selitysaste, symbolit y_1 ja y_2 runkokohtaisia aikoja menetelmissä 1 ja 2 ilmaistuna cmin/runko. Riippumattomien muuttujien tunnuksat on selitetty liitteessä 7. – *Regression models describing the expenditure of working time by logger 1. R^2 = degree of explanation, symbols y_1 and y_2 = per-stem times in methods 1 and 2 expressed in cmin./stem. The symbols for the independent variables are explained in Appendix 7.*

Siirtyminen – *Moving*

$$y = -1.61 + 3.50x_2 - 0.02x_2^2 \quad R^2 = 0.368$$

Kaato – *Felling*

$$y = 7.46 + 0.30x_1 + 12.50x_9 \quad R^2 = 0.368$$

Karsinta – *Limbing*

$$y_1 = 26.84 + 3.45x_1 - 0.007x_1^2 - 54.49x_{10} \quad R^2 = 0.778$$

$$y_2 = -130.26 + 1.23x_1 + 60.58\ln x_1 - 94.54x_{10} \quad R^2 = 0.923$$

Kasaus – *Bunching*

$$y = 12.58 + 1.51x_1 - 0.003x_1^2 \quad R^2 = 0.551$$

$$y_2 = 51.09 + 0.63x_1 \quad R^2 = 0.282$$

Kokonaisaika (ilman siirtymistä) – *Total time (excluding moving)*

$$y_1 = 44.71 + 5.56x_1 - 0.01x_1^2 - 52.49x_{10} \quad R^2 = 0.802$$

$$y_2 = 58.80 + 2.87x_1 + 9.86x_3 - 138.69x_{10} \quad R^2 = 0.879$$

Työajan menekkiä kuvaavat regressiomallit tekomiehellä 2. R^2 = selitysaste, symbolit y_1 ja y_2 runkokohtaisia aikoja menetelmissä 1 ja 2 ilmaistuna cmin/runko. Riippumattomien muuttujien tunnuksat on selitetty liitteessä 7. – *Regression models describing the expenditure of working time by logger 2. R^2 = degree of explanation, symbols y_1 and y_2 = per-stem times in methods 1 and 2 expressed in cmin./stem, The symbols for the independent variables are explained in Appendix 7.*

Siirtyminen – *Moving*

$$y = 18.70 + 2.60x_2 \quad R^2 = 0.419$$

Kaato – *Felling*

$$Y = 36.62 + 0.0009x_1^2 \quad R^2 = 0.487$$

Karsinta – *Limbing*

$$y_1 = 3.97 + 2.91x_1 - 0.005x_1^2 - 85.32x_{10} \quad R^2 = 0.634$$

$$y_2 = 157.78 + 0.74x_1 + 66.94\ln x_1 \quad R^2 = 0.768$$

Kasaus – *Bunching*

$$y_1 = 13.60 + 1.56x_1 - 0.004x_1^2 \quad R^2 = 0.284$$

$$y_2 = -59.47 - 0.02x_1 + 39.24\ln x_1 \quad R^2 = 0.126$$

Kokonaisaika (ilman siirtymistä) – *Total time (excluding moving)*

$$y_1 = -33.49 + 4.59x_1 - 0.008x_1^2 + 13.39x_2 - 115.75x_{10} \quad R^2 = 0.694$$

$$y_2 = -211.87 + 1.17x_1 + 92.15\ln x_1 + 12.24x_3 \quad R^2 = 0.771$$

Työajan menekkiä kuvaavat regressiomallit tekomiehellä 3. R^2 = selitysaste, symbolit y_1 , y_2 ja y_3 runkokohtaisia aikoja menetelmissä 1, 2 ja 3, ilmaistuna cmin/runko. Riippumattomien muuttujien tunnuksat on selitetty liitteessä 7. – *Regression models describing the expenditure of working time by logger 3. R^2 = degree of explanation, symbols y_1 , y_2 and y_3 = per-stem times in methods 1, 2 and 3 expressed in cmin./stem. The symbols for the independent variables are explained in Appendix 7.*

Siirtyminen – *Moving*

$$y_1 = 19.38 + 1.08x_2 \quad R^2 = 0.201$$

$$y_2 = 11.48 + 1.50x_2 \quad R^2 = 0.204$$

$$y_3 = 11.56 + 1.54x_2 \quad R^2 = 0.376$$

Kaato – *Felling*

$$y_1 = 29.97 + 0.09x_1 \quad R^2 = 0.067$$

$$y_2 = 23.72 + 0.15x_1 \quad R^2 = 0.193$$

$$y_3 = 17.89 + 0.20x_1 - 0.0003x_1^2 \quad R^2 = 0.276$$

Karsinta – *Limbing*

$$y_1 = -262.27 + 0.77x_1 + 85.51\ln x_1 \quad R^2 = 0.820$$

$$y_2 = -149.79 + 0.66x_1 + 57.64\ln x_1 \quad R^2 = 0.735$$

$$y_3 = -113.97 + 0.66x_1 + 42.26\ln x_1 \quad R^2 = 0.823$$

Kasaus – *Bunching*

$$y_1 = -167.70 + 38.3\ln x_1 + 7.60x_4 + 0.02x_1 \cdot x_6 \quad R^2 = 0.730$$

$$y_2 = -8.78 + 0.65x_1 + 3.54x_4 \quad R^2 = 0.679$$

$$y_3 = -166.92 + 47.90\ln x_1 + 5.80x_3 \quad R^2 = 0.662$$

Kokonaisaika (ilman siirtymisaikaa) – *Total time (excluding moving)*

$$y_1 = -21.20 + 2.92x_1 - 0.005x_1^2 + 0.04x_1 \cdot x_6 \quad R^2 = 0.896$$

$$y_2 = 8.26 + 3.16x_1 - 0.004x_1^2 + 4.38x_3 \quad R^2 = 0.807$$

$$y_3 = -15.81 + 2.42x_1 - 0.002x_1^2 + 9.34x_3 \quad R^2 = 0.861$$

Liite 4 – Appendix 4

Työajan menekkiä kuvaavat regressiomallit tekomiehellä 4. R^2 = selitysaste, y_1 , y_2 ja y_3 runko-kohtaisia aikoja menetelmissä 1, 2 ja 3, ilmaistuna cmin/runko. Riippumattomien muuttujien tunnuksset on selitetty liitteessä 7. – *Regression models describing the expenditure of working time by logger 4. R^2 = degree of explanation, symbols y_1 , y_2 and y_3 = per-stem times in methods 1, 2 and 3 expressed in cmin./stem. The symbols for the independent variables are explained in Appendix 7.*

Siirtyminen – Moving

$$y_1 = 5.69 + 1.70x_2 \quad R^2 = 0.208$$

$$y_2 = 5.94 + 6.18\ln x_2 \quad R^2 = 0.121$$

$$y_3 = 2.42 + 10.26\ln x_2 \quad R^2 = 0.181$$

Kaato – Felling

$$y_1 = 14.27 - 0.01x_1 + 0.008x_1 \cdot x_6 \quad R^2 = 0.398$$

$$y_2 = 31.77 - 0.09x_1 + 0.001x_1 \quad R^2 = 0.189$$

$$y_3 = 18.18 + 0.13x_1 \quad R^2 = 0.138$$

Karsinta – Limbing

$$y_1 = -221.70 + 0.37x_1 + 86.01\ln x_1 \quad R^2 = 0.820$$

$$y_2 = 50.17 + 1.25x_1 \quad R^2 = 0.673$$

$$y_3 = -235.17 + 83.15\ln x_1 \quad R^2 = 0.669$$

Kasaus – Bunching

$$y_1 = -129.61 + 41.50\ln x_1 + 2.94x_4 \quad R^2 = 0.541$$

$$y_2 = 19.39 + 0.59x_1 - 0.008x_1 \cdot x_6 \quad R^2 = 0.444$$

$$y_3 = -116.00 + 0.29x_1 + 27.11\ln x_1 + 8.35x_4 \quad R^2 = 0.379$$

Kokonaisaika – Total time

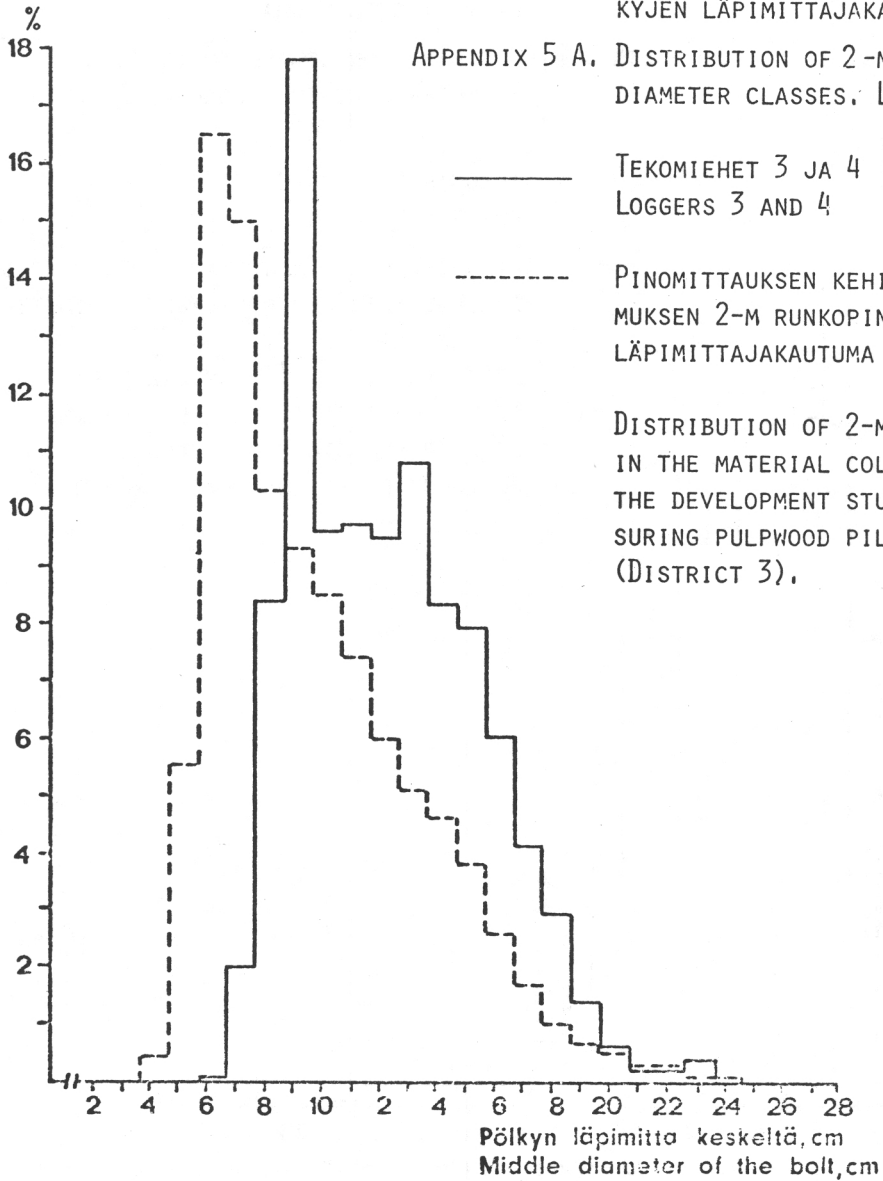
$$y_1 = -276.86 + 0.40x_1 + 112.57\ln x_1 + 0.01x_1 \cdot x_6 \quad R^2 = 0.864$$

$$y_2 = 93.40 + 2.07x_1 - 0.01x_1 \cdot x_6 \quad R^2 = 0.723$$

$$y_3 = -29.25 + 2.69x_1 - 0.004x_1^2 + 11.42x_4 \quad R^2 = 0.776$$

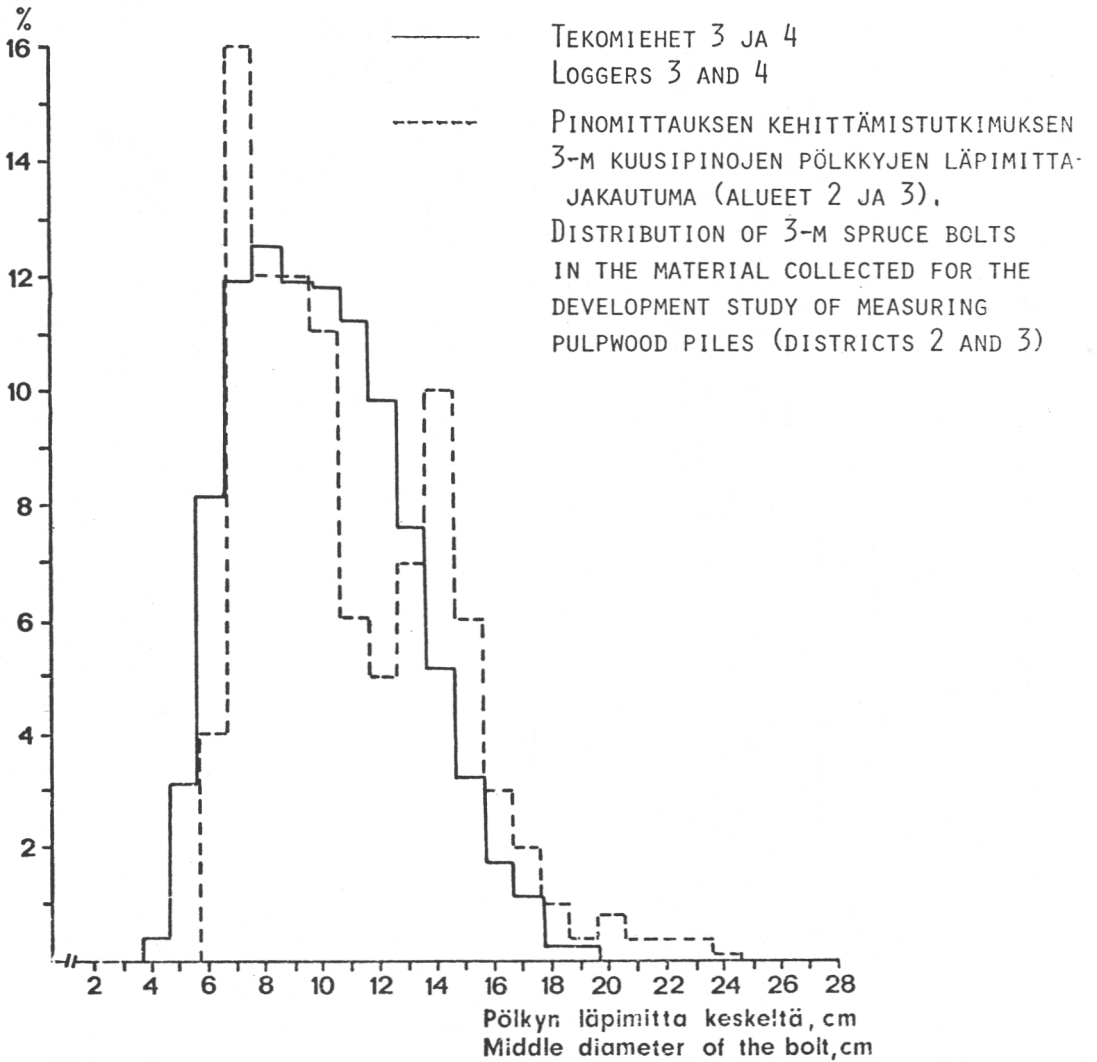
LIITE 5 A. TEKOMIESTEN 3 JA 4 2-M PÖLK-
KYJEN LÄPIMITTAJAKAUTUMA

APPENDIX 5 A. DISTRIBUTION OF 2-M BOLTS INTO
DIAMETER CLASSES. LOGGERS 3 AND 4.



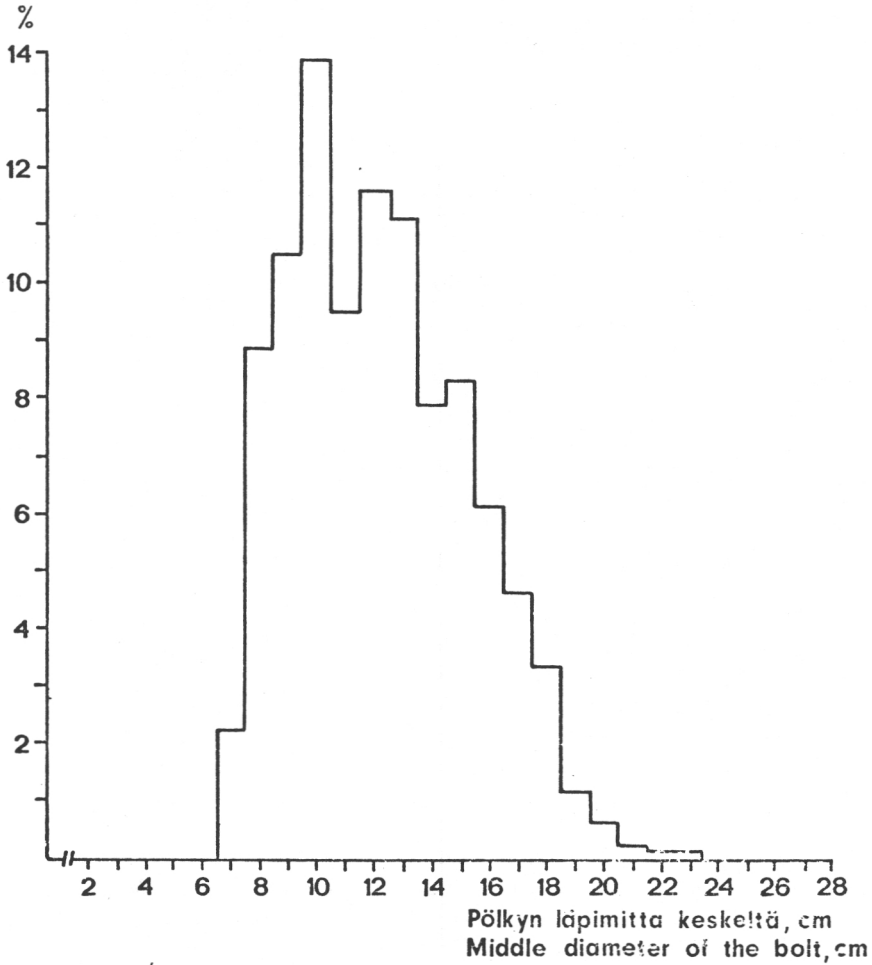
LIITE 5 B. TEKOMIESTEN 3 JA 4 3-M PÖLKKYJEN
LÄPIMITTAJAKAUTUMA

APPENDIX 5 B. DISTRIBUTION OF 3-M BOLTS INTO
DIAMETER CLASSES, LOGGERS 3 AND 4.



LIITE 5 C. TEKOMIESTEN 3 JA 4 N. 3-M PÖLK-
KYJEN LÄPIMITTAJAKAUTUMA.

APPENDIX 5 C. DISTRIBUTION OF APPROXIMATELY
3-M BOLTS INTO DIAMETER CLASSES.
LOGGERS 3 AND 4,



Sykekeskiarvoja kuvaavat regressiomallit tekemiehellä 3. R^2 = selityssaste, merkintä esim. $x_{31} = 0.02$ ilmaisee selityssasteen pienenemisen, jos muuttuja poistetaan mallista. Symbolit y_1 , y_2 ja y_3 tarkoittavat sykearvoja menetelmissä 1, 2 ja 3 (kts. liite 7). – *Regression models describing the average heart beat values of logger 3. R^2 = degree of explanation, the annotation, e.g. $x_{31} = 0.02$, expresses the decreasing of the degree of explanation if the variable is eliminated from the model. Symbols y_1, y_2 and y_3 refer to heart beat values in methods 1, 2 and 3 (see Appendix 7).*

Karsinta – *Limbing*

$$y_1 = 138.00 - 0.20x_1 + 0.01x_5 - 2.59x_6 - 1.39x_7 + 0.25x_8 + 0.01x_1 \cdot x_6$$

$$R^2 = 0.790, x_8 = 0.16, x_6 = 0.11, x_7 = 0.04$$

$$y_2 = 63.05 + 0.07x_1 + 0.02x_5 + 0.41x_6 + 0.58x_7 + 0.44x_8 - 0.004x_1 \cdot x_6$$

$$R^2 = 0.564, x_8 = 0.23, x_7 = 0.06, x_6 = 0.05$$

$$y_3 = 54.95 + 0.02x_1 + 0.02x_5 + 0.65x_6 + 0.43x_8 - 0.001x_1 \cdot x_6$$

$$R^2 = 0.672, x_8 = 0.24, x_5 = 0.06, x_7 = 0.05$$

Kasaus – *Bunching*

$$y_1 = 106.16 + 0.03x_1 + 0.02x_5 - 1.45x_6 - 2.23x_7 + 0.14x_8 + 1.51x_4$$

$$R^2 = 0.63, x_6 = 0.10, x_7 = 0.09, x_8 = 0.05$$

$$y_2 = 85.48 + 0.07x_1 + 0.02x_5 + 0.61x_7 + 0.33x_8 + 0.79x_4 - 0.002x_1 \cdot x_6$$

$$R^2 = 0.424, x_8 = 0.15, x_1 = 0.07, x_8 = 0.06$$

$$y_3 = 70.05 + 0.06x_1 + 0.01x_5 + 0.54x_6 + 0.31x_8 + 0.81x_4 - 0.001x_1 \cdot x_6$$

$$R^2 = 0.577, x_8 = 0.16, x_6 = 0.11, x_4 = 0.04$$

Kokonais – *Total*

$$y_1 = 133.21 - 0.18x_1 + 0.01x_5 - 2.49x_6 - 1.29x_7 + 0.29x_8 + 0.01x_1 \cdot x_6$$

$$R^2 = 0.813, x_8 = 0.22, x_6 = 0.10, x_7 = 0.03$$

$$y_2 = 60.41 + 0.08x_1 + 0.02x_5 + 0.35x_6 + 0.48x_7 + 0.46x_8 + 0.41x_4 - 0.004x_1 \cdot x_6$$

$$R^2 = 0.617, x_8 = 0.32, x_1 \cdot x_6 = 0.05, x_7 = 0.04$$

$$y_3 = 54.77 - 0.0003x_1 + 0.01x_5 + 0.43x_6 + 0.46x_8 + 0.82x_4$$

$$R^2 = 0.731, x_8 = 0.26, x_6 = 0.11, x_4 = 0.03$$

Sykekeskiarvoja kuvaavat regressiomallit tekemiehellä 4 (kts. liite 6). – *Regression models describing the average heart beat values of logger 4 (see Appendix 6).*

Karsinta – *Limbing*

$$y_1 = 88.42 + 0.03x_1 + 0.02x_5 + 0.34x_8 - 0.002x_1 \cdot x_6$$

$$R^2 = 0.651, x_8 = 0.30, x_5 = 0.06, x_1 \cdot x_6 = 0.05$$

$$y_2 = 82.47 - 0.04x_1 + 0.04x_5 + 0.37x_6 + 0.98x_7 + 0.36x_8$$

$$R^2 = 0.769, x_8 = 0.18, x_5 = 0.13, x_1 = 0.03$$

$$y_3 = 66.48 - 0.03x_1 + 0.01x_5 + 0.50x_8 + 0.33x_{11}$$

$$R^2 = 0.477, x_8 = 0.41, x_1 = 0.03, x_5 = 0.02$$

Kasaus – *Bunching*

$$y_1 = 105.35 + 0.08x_1 + 0.02x_5 - 0.29x_6 + 0.23x_8 + 0.94x_4$$

$$R^2 = 0.640, x_1 = 0.19, x_8 = 0.10, x_6 = 0.05$$

$$y_2 = 65.13 + 0.06x_1 + 0.03x_5 + 0.39x_6 + 0.41x_8$$

$$R^2 = 0.473, x_8 = 0.18, x_1 = 0.06, x_5 = 0.04$$

$$y_3 = 75.26 + 0.03x_1 + 0.02x_5 + 0.43x_8$$

$$R^2 = 0.296, x_8 = 0.21, x_5 = 0.02, x_1 = 0.02$$

Kokonais – *Total*

$$y_1 = 82.30 + 0.05x_1 + 0.02x_5 + 0.40x_8 - 0.002x_1 \cdot x_6 - 0.30x_{11}$$

$$R^2 = 0.750, x_8 = 0.41, x_1 \cdot x_6 = 0.03, x_5 = 0.03$$

$$y_2 = 77.71 - 0.02x_1 + 0.04x_5 + 0.29x_6 + 0.87x_7 + 0.42x_8$$

$$R^2 = 0.784, x_8 = 0.27, x_5 = 0.10, x_6 = 0.02$$

$$y_3 = 67.96 - 0.01x_1 + 0.01x_5 + 0.51x_8$$

$$R^2 = 0.523, x_8 = 0.50, x_5 = 0.01, x_1 = 0.01$$

Liitteissä 1–4 ja 6–7 esiintyvät muuttujat – *The variables in appendices 1–4 and 6–7 are:*

x_1 = rungon tilavuus, litraa – *stem volume, litres*

x_2 = siirtymismatka, m – *moving distance, m*

x_3 = keskimääräinen kasausmatka, m – *average bunching distance, m*

x_4 = pölkyn koolla painotettu kasausmatka, m – *bunching distance weighted with the bolt size, m*

x_5 = aika työpäivän alusta – *time from the beginning of the working day*

x_6 = lumen syvyys, cm – *depth of snow, cm*

x_7 = lämpötila °C – *temperature, °C*

x_8 = syke ennen siirtymisvaiheen alkua, sykettä/min – *beat before the beginning of the moving phase, beats/min.*

x_9 = puulajivalmuuttuja, saa arvon yksi, kun puulaji on kuusi – *the tree species pseudovariate, receives the value 1 when the species is spruce*

x_{10} = puulajivalmuuttuja, saa arvon yksi, kun puulaji on mänty – *the tree species pseudovariate, receives the value 1 when the species is pine*

- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen.
Zur kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.
Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla.
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta.
Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Allj Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973. 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennusemetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa.
The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.
By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.
Eine Kubierungsmethode für Kiefernmastholz 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennonaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa.
The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—
- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta.
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmson: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikonen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaitte.
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- 1975 No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Järveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 2,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuutteitten määrä.
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. 1,50
- No 225 Metsätalostollinen vuosikirja 1973.
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausmenetelmä ("pölkky-menetelmä").
A wage-payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method). 4,—

- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löyttyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäykymät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa.
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. 3,—
- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat greenhouse experiments 1.50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittästä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuu, järea kuitupuu sekä likipituinen havukuitupuu.
Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvissa. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
The behaviour of leaf — applied fenox — herbicides in plants. A study based on literature. 2,50
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna.
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized tress. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarámeen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausten menetelmää käytettäessä.
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. 2,—
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. 4,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading. 4,—
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher. 3,—
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. 2,—