

FOLIA FORESTALIA 80

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1970

PERTTI HARSTELA

KASAUSAJAN JA VALTIMONLYÖNTI-
TIHEYDEN SEKÄ TEHOLLISEN SAHAUSAJAN
MÄÄRITTÄMINEN JÄRJESTETTYJEN KOKEI-
DEN, PULSSITUTKIMUKSEN JA FREKVENSSI-
ANALYYSIN AVULLA.

DETERMINATION OF PULCE REPETATION
FREQUENCY AND EFFECTIVE SAWING TIME
WITH SET TESTS, PULCE STUDY AND FRE-
QUENCY ANALYSIS

- N:ot 1—18 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.
 Nrs. 1—18 are listed in the publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- 1966 No 19 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot. 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
 No 20 Seppo Grönlund ja Juhani Kurikka: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät vuosina 1962 ja 1964. Lopulliset tulokset.
 Removals of commercial roundwood in Finland by districts in 1962 and 1964. Final results. 4,—
 No 21 Kullervo Kuusela: Ålands skogar 1963—64. 2,—
 No 22 Eero Paavilainen: Havaintoja kasvuturpeen käytöstä männyn istutuksessa.
 Observations on the use of garden peat in Scots pine planting. 1,—
 No 23 Veikko O. Mäkinen: Metsikön runkoluku keskiläpimitan funktiona pohjapinta-alan yksikköä kohti.
 Number of stems in a stand as function of the mean breast height diameter per unity of basal area. 1,—
 No 24 Pentti Koivisto: Itä- ja Pohjois-Hämeen koivuvarat.
 Birch resources in the Forestry Board Districts of Itä-Häme and Pohjois-Häme. 1,—
 No 25 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1964 ja vuoden 1965 ennakkotiedot.
 Wood utilization in Finland in 1964 and preliminary data for the year 1965. 3,—
 No 26 Sampsä Sivonen ja Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1965/66.
 Expenses of timber production in Finland in the cutting season 1965/66. 2,—
 No 27 Kullervo Kuusela: Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964—65. 3,—
- 1967 No 28 Eero Reinius: Valtakunnan metsien V inventoinnin tuloksia neljän Etelä-Suomen metsänhoitolautakunnan soista ja metsäojitusalueista.
 Results of the fifth national forest inventory concerning the swamps and forest drainage areas of four Forestry Board Districts in southern Finland. 3,—
 No 29 Seppo Ervasti, Esko Salo ja Pekka Tiililä: Kiinteistöjen raakapuun käytön tutkimus vuosina 1964—66.
 Real estates raw wood utilization survey in Finland in 1964—66. 2,—
 No 30 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1965/66.
 Stumpage prices in private forests during the cutting season 1965/66. 1,—
 No 31 Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutus rämemännikön juurisuhteisiin.
 The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands. 2,—
 No 32 Metsätalustoa. I Metsävaranto.
 Forest statistics of Finland. I Forest resources. 3,—
 No 33 Seppo Ervasti ja Esko Salo: Kiinteistöillä lämmön kehittämiseen käytetyt polttoaineet v. 1965.
 Fuels used by real estates for the generation of heat in 1965. 2,—
 No 34 Veikko O. Mäkinen: Viljelykuusikoiden kasvu- ja rakennetunnuksia.
 Growth and structure characteristic of cultivated spruce stands. 2,—
 No 35 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1965 ja ennakkotietoja vuodelta 1966.
 Wood utilization in Finland in 1965 and preliminary data for the year 1966. 4,—
 No 36 Eero Paavilainen — Kyösti Virrankoski: Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa.
 Studies on the capillary rise of water in peat. 1,50
 No 37 Matti Heikinheimo — Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen polttoainevarastot talvella 1965/66.
 Fuel stocks of real estates in Finland in winter 1965/66. 2,—
- 1968 No 38 L. Runeberg: Förhållandet mellan driftsöverskott och beskattad inkomst vid skogsbeskattningen i Finland.
 The relationship between surplus and taxable income in forest taxation in Finland. 2,—
 No 39 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1966/67.
 Costs of timber production in Finland during the cutting season 1966/67. 2,—
 No 40 Jorma Sainio — Pentti Sorrola: Eri polttoaineet teollisuuden lämmön ja voiman sekä kiinteistöjen lämmön kehittämisessä vuonna 1965.
 Different fuels in the generation of industrial heat and power and in the generation of heat by real estates in 1965. 2,—
 No 41 Pentti Rikkinen: Havupaperipuiden kuorimishäviö VK-16 koneella kuorittaessa.
 The barking loss of coniferous pulpwood barked with VK-16 machines. 2,—
 No 42 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966—67.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of E-Sa, E-Ka, I-Sa, P-Ka, P-Sa and K-S in 1966—67. 3,—
 No 43 Eero Paavilainen: Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta.
 On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps. 2,—
 No 44 Lalli Laine: Kuplamörsky, (Rhizina undulata Fr.), uusi metsän tuhosiäni maassamme.
 Rhizina undulata Fr., a new forest disease in Finland. 1,—

FOLIA FORESTALIA 80

Metsäntutkimuslaitos. Institutum forestale Fenniae. Helsinki 1970

Pertti Harstela

KASAUSAJAN JA VALTIMONLYÖNTITIHEYDEN SEKÄ TEHOLLISEN
SAHAUSAJAN MÄÄRITTÄMINEN JÄRJESTETTYJEN KOKEIDEN,
PULSSITUTKIMUKSEN JA FREKVENSSEIANALYYSIN AVULLADetermination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set
tests, pulse study and frequency analysis

Summary:

ALKUSANAT

Tämä tutkimus liittyy metsäteknologian tutkimusosaston ohjelmaan hyväksytyyn työntutkimusmenetelmien kehittämiseen. Kirjoittajan käsityksen mukaan tulokset täydentävät, eräiden erikoiskysymysten osalta, sitä tietoa, mikä on syntynyt metsätyön aikatutkimusten avulla.

Maastotyöt on suoritettu muiden, osaston ohjelmaan kuuluvien tutkimusten yhteydessä. Käsikirjoituksen ovat lukeneet osaston päällikkö, professori VEIJO HEISKANEN, professori OLAVI HUIKARI ja metsänhoitaja KLAUS RANTAPUU ja esittäneet varteenotettavia kor-

jauksia. Suunnitteluvaiheessa on metsänhoitaja MATTI AHONEN asettanut asiantuntemuksensa käytettäväkseni. Maastotöissä ovat auttaneet metsäteknikko HANNU KAJALA, kenttäestari SAULI TAKALO ja kenttäapulainen SAKARI ERHOLTZ. Konekirjoituksesta on huolehtinut rouva AUNE RYTKÖNEN. Kaikille edellä mainituille parhaat kiitokseni.

Helsingissä 15. 1. 1970.

Pertti Harstela

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	1
1. JOHDANTO	4
2. TUTKIMUSOLOSUHTEET	5
3. JÄRJESTETTY KOE TYÖAJASTA JA VALTIMON LYÖNTITIHEYDESTÄ 2-, 3-, ja 4- METRISEN KUITUPUUN KASAUKSESSA	5
31. Kasauskokeen suoritus	5
32. Kasauskokeen tulokset	6
4. TEHOLLINEN SAHAUSAIKA TYNKÄKARSITUN JA LIKIPITUISEN KUUSIKUITU- PUUN TEOSSA	7
41. Sahausajan mittaaminen	7
42. Tehollisen sahausajan osuus työajasta	7
5. PÄÄTELMIÄ	8
6. TULOSTEN LUOTETTAVUUDESTA	9
KIRJALLISUUSLUETTELO	10
SUMMARY IN ENGLISH	3

SUMMARY

The study dealt with two special questions relating to the rationalization of, and wage scale for logging: the stacking of pulpwood of different lengths and the internal structure of the sawing time required for turning out spruce pulpwood. Our aim was to find out how well PRF, the set test and the frequency method can be used to supplement time studies based on the 0 position method.

Our point of departure was that in heavy manual labour equivalent efforts deserve equivalent compensation and that the work should be rationalized according to the worker and not the reverse. On the basis of the internal structure of the sawing time we ascertained the possibilities of rationalizing the logging work by improving the cutting efficiency of the saw.

Study material

The stacking test was done with trees that had been cross cut into lengths of 2, 3 and 4 metres. The trees were divided into three size classes: trees measuring 10, 13 and 16 cm in diameter at breast height. The bolts were arranged so that the maximum carrying distance was 10 m. The bolts were stacked by diameter class and the work time as well as the worker's PRF on finishing the job were measured. The test

was always repeated on the same trees.

In making stacks of spruce wood the effective sawing time was distinguished from the free spin time using the frequency method. The average size of the trees was 70. .100 litres and their branch class was III. The wood was turned out in about three-metre lengths, reckoned by eye, and so-called rough lopping was permitted.

Results

The results of the stacking test are presented in drawing 1. It can be seen that for small trees under 13 cm. in diameter at breast height the 3 and 4 metre high stacking is quicker than the 2 metre high stacking and does not require any greater exertion. On the other hand, for larger trees the 3 and 4 metre high stacking is quicker than the 2 metre high stacking but the work strain is greatly increased. In the tests the time differential for 2 and 3 metre high stacking more or less corresponds to the expected wage differential, which was based on time studies. This indicates that set tests are well adapted to explaining the problems set forth in this study.

The internal structure of the sawing time is presented in drawing 2 and 3. The work times do not include movement from tree to tree. Effective time means the time when the saw is biting into the wood in felling and cross cutting. In stripping the time studier was not able to determine the actual cutting time but

effective time means the time when the saw was working at high rotation.

The effective time for felling alone was about 25. .30 % of the total time required to complete the job. Stripping with a power saw requires about the same amount of time whereas the effective time for stripping with an axe must be under 8 % of the total time for the job. Due to the increasing sawing time the need for breaks should be taken into account when fixing wage scales, for continuous sawing causes physiological disturbances.

In the traditional method where stripping is done with an axe, an improvement in the cutting efficiency of the saw is virtually insignificant. In felling alone, however, the cutting efficiency is highly significant. The work result for stripping, especially when thin-branched trees are involved, is affected by many other characteristics of the saw and its chain. At present work safety futures should perhaps receive priority in saw development.

1. JOHDANTO

Hakkuutyötä koskevat työntutkimukset ovat meillä olleet viime aikoina pääasiassa 0-asentomenetelmään perustuvia aikatutkimuksia. Kun taas esim. Ruotsissa ja Norjassa on hakkuutöiden yhteydessä suoritettu työfysiologisia mitauksia, jotka lienevät auttaneet aikatutkimustulosten tulkintaa (vrt. AGER 1964, VIK og AALVIK 1969). Myös Suomessa on aiemmin suoritettu sekä psykologisia että fysiologisia kokeita metsätöistä, mutta kysymyksessä ovat olleet kokeiluluontoiset yritykset tai puhtaasti työterveydelliset selvitykset, jotka eivät paljoakaan auta aikatutkimustulosten analysoinnissa, (ARO 1934, RÖNNHOLM 1963, AHO 1969). VÖRY (1954) on esittänyt eräitä perusteita, joiden mukaan metsätöiden palkkaperustetutkimuksissa ei energian kulutuksen mittausta tulisi kysymykseen. Perusteet eivät kirjoittajan mielestä ole täysin perusteltuja eivätkä nykyaikaan vastaavia. Voidaankin kysyä, eikö olisi syytä, nopeasti kehittyvän teknologian aikakautena, käyttää tavanomaista aikatutkimusta täydentävää työntutkimusta aineistojen tulkinnan helpottajana ja pienten aineistojen luotettavuuden lisääjänä (vrt. HARSTELA 1969). Pulssitutkimusta onkin hyvin tuloksin käytetty meillä apuna istutustyön aikatutkimustulosten analysoinnissa (APPELROTH ja HARSTELA 1969).

Vaihtelevassa työssä – kuten puutavaran teossa – esiintyy lyhyitä työkaksoja, joita rationalisoidaessa työponnistuksen määrä suhteessa kuuluaan työaikaan ei pysy vakiona, eikä näkyne kokonaistyöajassa varsinkaan, jos keskeytysprosenttia tuloksia käytäntöön sovellettaessa pidetään vakiona. Myöskään työterveydellisistä näkökohdista aikatutkimus ei sano mitään. Mainittakoon, että Pohjoismaiden Neuvoston aloitteesta toimeenpantuun metsäteknologian yhteistyöhön sisältyy koneen ja ihmisen suhteita metsätaloudessa käsittelevä projekti.

Rationalisoinnilla ymmärretään teollisuuden piirissä niitä järjestelmällisiä toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on tuotantovälineiden entistä parempi hyväksikäyttö ja yrityksen mukauttaminen ympäristössä tapahtuviin muutoksiin (NISKANEN 1969). Rationalisoidaessa on pyrittävä myös työn sovittamiseen työntekijän mukaan, eikä vain päin vastoin. On myös otettava huomioon, että työntekijöiden vaatimustaso oikeutetusti koko ajan nousee, varsinkin kun tuottavuus pitkällä tähtäyksellä on työntekijän kykyjen ja motivaation funktio (vrt. GORPE 1969, HARSTELA 1969). Metsätöissä onkin ongelmaksi muodostumassa työvoiman siirtyminen helpompaan työhön.

Edellä mainitut seikat huomioon ottaen on tutkimuksen kohteeksi valittu kaksi hakkuuseen liittyvää erikoiskysymystä: ajan menekki ja valtimon lyöntitiheys eripituisen paperipuun kausuksessa sekä työajan sisäisen rakenteen jakautuminen tehollisen sahan käynnin ja tyhjäkäynnin kesken kuusipaperipuun teossa.

Ensimmäisen ongelman yhteydessä selvitetään sitä, missä määrin pulssitutkimuksella voidaan tehdä päätelmiä työn rasittavuudesta. Moottorisahan sisäisen käyntiajan selvittelyssä pyritään frekvenssitutkimuksen käyttöalueen kartoittamiseen, koska 0-asentomenetelmä on aivan liian epätarkka lyhyiden työvaiheiden rekisteröinnissä. Tulosten avulla on mahdollista ennakoita eri työvaiheiden osuutta moottorisahan käynnistä aiheutuvien haittavaikutusten syntymiseen sekä osoittaa ne mahdollisuudet, joita on työn tuotoksen lisäämiseen sahan leikkuutehoa parantamalla. Markkinoillehan ilmaantuu jatkuvasti uusia, entistä tehokkaampia teräketjuja ja sahoja.

2. TUTKIMUSOLOSUHTEET

Tutkimukset suoritettiin kahdella leimikolla, joista toinen sijaitsi Lapinjärvellä ja toinen Puolangalla. Lapinjärvellä tutkittiin moottorisahan käyntiajan jakautumista harvennusmetsikössä, jossa poistuvien puiden keskikoko oli 0.070 k-m^3 , poistuma n. $30 \text{ k-m}^3/\text{ha}$ ja oksaisuusluokka III sekä Puolangalla avohakkuualueella, jossa poistuvien puiden keskikoko oli 0.10 k-m^3 ja poistuma n. $50 \text{ k-m}^3/\text{ha}$. Oksaisuusluokka oli III. Maasto oli molemmissa leimikoissa I:stä luokkaa, ja Puolangalla lunta oli 10. . .40 cm, kun taas Lapinjärvellä maa oli lumeton ja sula.

Lapinjärvellä valmistettiin n. 3 metristä, tynkäsittua kuusikuitupuuta ja Puolangalla n. 2 metristä, tynkäsittua kuusikuitupuuta palsatien varteen ajourien välin ollessa n. 20 metriä. Työntekijät olivat kummallakin työmaalla metsätöihin tottuneita, noin keskitasoisia ja nuoria miehiä.

Kasauskokeet järjestettiin samoissa leimikoissa. Työntekijät 1, 2, 4 ja 5 olivat metsätöihin tottuneita, jatkuvasti ruumiillisessa työssä olleita miehiä. Sen sijaan tekemies 3 oli ollut vain ajoittain ruumiillisessa työssä.

3. JÄRJESTETTY KOE KASAUSAJASTA JA VALTIMON LYÖNTITIHEYDESTÄ 2-, 3- ja 4-METRISEN KUITUPUUN KASAUKSESSA

31. Kasauskokeen suoritus

Metsätöissä työhön tunnetusti vaikuttavat lukuisat, usein kontrolloimattomat olosuhteet jotka häiritsevät vertailevia aikatutkimuksia. Tällaisia tekijöitä ovat maasto-, puusto- ja ilmastotekijät sekä menetelmästä ja työntekijästä aiheutuvat tekijät. Järjestetyn kokeen avulla pyrittiin eliminoimaan tässä tapauksessa vertailua häiritsevät tekijät.

Ensiksi suoritettiin seuraava koe: Etsittiin kolme kokoluokkaa edustavia puita, joiden rinnankorkeusläpimitat olivat 10 cm, 13 cm ja 17 cm. Puut karsittiin ja katkottiin aluksi 4 m:n pitkiä pölkyiksi. Pölkyt järjestettiin siten, että maksimi kantomatka oli 10 metriä, mutta puut oli järjestetty luonnollisen kaatotavan mukaisesti joten lähimmät pölkyt olivat kasan vieressä. Työntekijän valtimonlyöntitiheyden (pulssin) annettiin rauhoittua määrätasoon, jonka jälkeen hän suoritti kasauksen kunkin kokoluokan puilla kerrallaan. Työstä otettiin aika, ja työn jälkeen mitattiin valtimonlyöntitiheys. Pöllit kan-

nettiin takaisin ja koe toistettiin. Sitten pöllit katkaistiin 2-metrisiksi ja koe uusittiin toistoinen.

Koska pienillä alle 13 cm puilla ei pulssissa ollut eroja, suoritettiin toinen vaihe vain rinnankorkeusläpimittaa 16 cm edustavilla puilla. Etsittiin 6 saman kokoista puuta, joista joka toinen katkottiin 2 m ja joka toinen 3 m pitkiksi, siten, että molempia pöllejä tuli sama metrimäärä. Näillä suoritettiin koe edellä esitettyyn tapaan. Työntekijät 2 ja 3 suorittivat kokeen vain 2- ja 3-metrisillä pölleillä.

Työntekijän tendensi ei liene vaikuttanut tuloksiin, koska työsuorituksen tahdin muutokset näkyvät päinvastaisina toisaalta työajassa toisaalta pulssissa, ja täten ne kontrolloivat toisiaan. Valtimonlyöntitiheys kuvaa lähinnä työntekijän energian kulutusta, eikä sen perusteella liene syytä pitkälle menevien ergonomisten päätelmien tekoon. Kuitenkin selvästi liian raskas työ sen avulla pysyttäneen osoittamaan.

32. Kasauskokeen tulokset

Kasauskokeen tulokset on esitetty piirroksessa 1. Siihen on myös merkitty katkoviivalla pohjoismaisen luokituksen (KOSKELA 1969) mukainen raskaan ja erittäin raskaan työn raja 150 lyöntiä/min sekä työvaihetaksoja vastaava työajan ero 2 ja 3 metrisen pinotavaran kasauksessa, johon siis olisi päästävää samalla työponnistuksella.

Kokeissa työajan ero 2- ja 3-metrisen tavaran kasauksessa on yllättävän hyvin vastannut työvaihetaksojen vastaavaa eroa, mikä tukee järjestettyjen kokeiden käytön oikeutusta.

Huomataan, että rinnankorkeusläpimitaltaan alle 13 cm puilla mainitut työaikojen ero saavutetaan pulssin pysyessä samana. Sen sijaan puiden koon kasvaessa 3- ja 4-metrisen tavaran kasaus muuttuu erittäin raskaaksi. Jopa niin raskaaksi, että se menee yli luokituksen ylärajan 175 lyöntiä/min. On vielä mainittava, ettei pulssi kerro mitään mahdollisista haittavaikutuksista, joita voi syntyä esim. niveliin liian raskaiden pölliin kantamisesta.

On siis todettava, ettei suurehkojen puiden teossa samalla työponnistuksella saavuteta sitä eroa 2- ja 3-metrisen kasausajassa, joka on saatu palkkaperusteisiin pelkkiin aikatutkimuksiin turvautumalla. Miesten työkuoron arvostelemiseksi seuraava asetelma kuvaa pulssin palautumista eri työntekijöillä.

	Tekomies		
	1	2	3
Pulssi työn jälkeen	190	140	165
1/2 min — ” —	•	120	140
1 min — ” —	95	100	125
2 min — ” —	80	80	90

Huomataan työntekijöiden 1 ja 2 olleen hyvässä kunnossa. Sen sijaan 3 oli edellisiin verrattuna huonommassa kunnossa.

Vertailun vuoksi esitetään eri tekovaiheiden valtimon lyöntitiheydet kahdella tekomiehellä.

Taulukko 1. Valtimonlyöntitiheys eri työvaiheiden jälkeen.
Table 1. Pulse repetition frequency (PRF) after different phases of work

	Valtimon lyöntitiheys, kertaa/min Pulse repetition frequency			
	kaato <i>felling</i>	katkonta <i>cross cutting</i>	karsiminen <i>celimbing</i>	varastointi <i>stacking</i>
Tekomies 1 <i>Worker 1</i>	110 ... 115	110 ... 130	110 ... 120	110 ... 150
Tekomies 5 <i>Worker 5</i>	110 ... 125	120 ... 125	125	130 ... 145

Luvut ovat n. 2-metrisen, silmävaraisesti katkotun ja tynkäkarsitun kuusipinotavaran teosta. Pulssi on mitattu työvaiheen jälkeen, ja pienempi luku kuvaa rinnankorkeusläpimitaltaan alle

13 cm ja suurempi yli 20 cm puiden tekoa. Varastointi on ollut muita työvaiheita raskaampaa suurehkoilla puilla. Sen sijaan muiden työvaiheiden kohdalla ei ole selvää eroa.

4. TEHOLLINEN SAHAUSAIKA TYNKÄKARSITUN JA LIKIPITUISEN KUUSIKUITUPUUN TEOSSA

41. Sahausajan mittaaminen

Frekvenssi- eli havainnointimenetelmällä on eräitä etuja 0-asentomenetelmään verrattuna, joista tärkeimpiä on lyhyiden työvaiheiden mittaamisen helppous (vrt. NISULA 1962, AHO-NEN 1969). Tämän vuoksi se soveltuu esim. työn sisäisen rakenteen analysointiin. Hakkuutyön vaihtelevan luonteen vuoksi resonanssiin joutumisen vaara lienee vähäinen, joten tässä tutkimuksessa käytettiin tasavälijärjestelmää.

Havaintojen määrä laskettiin kaavasta: HOVI-LEHMUSKOSKI ja OJANEN .. 1967).

$$N = \frac{8000}{p \cdot S} \sqrt{k},$$

jossa p = pienimmän runko-kohtaisenajan osuus kokonaistyöajasta, S = suhteellinen virhemaksimi, k = runkojen lukumäärä/luokkien lukumäärä. Lyhyestä tutkimusajasta johtuen jouduttiin suhteellisenä virhemaksimina käyttämään 20 %. Tämä suhteellinen virhe koskee vain lyhintä mitattavaa työvaihetta, katkonnan sahausaikaa. Sen sijaan esim. karsinnan sahausajan määrittämisessä suhteellinen virhe on alle 5 %.

Puolangalla tekomiehen 1 työaika mitattiin kolmessa runkosuuruusluokassa: rinnankorkeus-

läpimitaltaan alle 13 cm, 13 . . .18 cm ja yli 18 cm. Lapinjärvellä tekemies 2:n työaikaa ei jaoteltu runkosuuruusluokkien osalle. Tehollisella sahan käyntiajalla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa kaadossa ja katkonnassa sitä aikaa, jolloin terä leikkaa puuta ja karsinnassa sitä aikaa, jolloin saha käy suurilla kierrosluvuilla. Tarkoituksena oli erottaa myös karsinnasta leikkausaika, mutta ohuiden oksien katkaisu on niin nopea ja huomaamaton työsuoritus, ettei aikatutkija pystynyt sitä erottamaan. Sen selvittämiseen lienee mahdollisuuksia filmianalyysin avulla.

Todellinen tehokäyntiaika on vaikeasti mitattavissa 0-asentomenetelmällä. Ensinnäkin osajat ovat lyhyitä ja lisäksi karsinnassa esiintyy tehokäynnin "aaltomaisuutta" sahaajan pienentäessä kaasua esimerkiksi vaihtaessaan terälaippaa puun toiselle sivulle. Frekvenssikellon äänimerkin kuullessa aikatutkija sahan äänestä päätteli kävisikö moottori "täysillä kierroksilla" ja vain lähes suurimmat kierrosnopeudet laskettiin teholliseen käyntiaikaan.

42. Tehollisen sahausajan osuus työajasta

Piirroksissa 2 ja 3 on esitetty eri työvaiheissa työajan jakautuminen teholliseen sahaus aikaan ja muuhun aikaan. Työaikoihin ei sisälly siirtymistä puulta puulle.

Kaadossa ja katkonnassa tehollisen sahausajan osuus näyttää lisääntyvän rungon koon kasvaessa, mikä on luonnollista. Kaadossa tekomiellä 1 tyhjäkäynnin verraten suuri osuus johtuu lumesta, jonka poistoon kului osa työajasta. Siirtymiset mukaan lukien pelkässä kaatotyössä sahausajan osuus on noin 25 . . .30 % työmaa-ajasta.

Moottorisahakarsinnassa (tässä tynkäkarsin-

ta) sahausajan osuus myös lisääntyy rungon koon kasvaessa. On lisäksi huomattava, että myös kuvan viivoittamaton osa on pääasiassa sahan käyntiaikaa (tyhjäkäynti). Tämän tutkimuksen mukaan sahan tehollinen käyntiaika on valmistettaessa silmävaraisesti katkottua, tynkäkarsittua, n. 2-metristä kuusikuitupuuta ksm. 25 . . .30 % työmaa-ajasta. Kun sen perinteellisessä kirveskarsintaan perustuvassa työmenetelmässä täytyy olla alle 8 %:a. Runkomenetelmässä ja milloin esim. kasausta ei suoriteta palstatiin varteen tehollisen sahausajan osuus on tässä esitettyjä lukuja suurempi.

5. PÄÄTELMIÄ

Aikatutkimukset eivät yksin selvittäne työn rasittavuutta silloin, kun rasitus ei ole yhtäjaksoista. Lepoajoista rasitusta voi mahdollisesti päätellä, mutta tällöin palkkaperustetutkimuksissa ei voi käyttää vakiokeskeytysprosenttia.

Kolmi- ja nelimetrisen paperipuun kasaus on rinnankorkeusläpimitaltaan alle 13 cm puilla nopeampaa kuin 2-metrisen eikä rasita työntekijää 2-metrisen kasausta enempää. Pienillä puilla 3-metristen pölliin kasaus näyttäisi energian kulutukseen nähden jopa 2-metrisiä edullisemmalta. Sen sijaan 16 cm puilla kasaus 3-metrisenä on 2-metristä nopeampaa, mutta ajan meneekin eron vastatessa työvaihetaksojen mukaista eroa 3-metrisen kasaus rasittaa työntekijää enemmän. Noin 16 cm puilla 4-metrisenä kasauksessa valtimonlyöntitiheys ei aina mahdu edes pohjoismaissa käytetyn luokituksen suurimpaan luokkaan erittäin raskas työ.

Suurien pölkkyjen kantaminen ei ole rationalisointia sanan nykyaikaisessa merkityksessä. Liian raskaan kantotyön eliminoiminen onkin suurelta osin työmaan järjestelyllinen kysymys, johon vaikuttavat mm. vaadittava kasakoko ja palstatieväli.

Frekvenssimenetelmä soveltuu hyvin lyhyiden työaikojen mittaamiseen, milloin työvaiheet ovat selvästi erotettavissa. Tässä tutkimuksessa karsinnassa ei todellista terän leikkausaikaa saatu selville, koska ohuiden oksien katkaisu on verraten huomaamaton työvaihe.

Pelkässä kaatotyössä ja moottorisahakarsintaan perustuvissa työmenetelmissä sahausaika lisääntyy huomattavasti perinteellisiin työmenetelmiin verrattuna. Samalla lisääntyvät sahan käynnistä johtuvat fysiologiset haittavaikutukset. Haittavaikutusten kompensoimiseen tarvitaan entistä pidemmät lepoajat (vrt. KAHALA

1969), mikä on palkkaperusteita laadittaessa otettava huomioon. Toisaalta sahat kehittyvät koko ajan työterveyden kannalta edullisemmiksi, joskaan haittavaikutuksia ei voi nykyisen tietämyksen mukaan jättää ilman huomiota (vrt. AHO 1969).

Hakkuun rationalisointiin sahan leikkuutehoa parantamalla on pinotavaran valmistusmenetelmässä, jossa karsinta suoritetaan kirveellä, pienehköt mahdollisuudet. Ainoastaan alle 8 %:iin työmaa-ajasta voidaan täten vaikuttaa. Näin ollen 10 % leikkuutehon parannus vastaa vajaata 0.8 % työtuloksen nousua. LEVANNON (1969) mukaan hyväkuntoisen teräketjun leikkuuteho voi olla lähes 4-kertainen huonoon verrattuna. Tällainen tehon parannus tuntuu myös ns. perinteellisessä työmenetelmässä. Lisäksi huonokuntoinen teräketju lisää melkoisesti konekustannuksia (LEVANTO 1969). Hyväkuntoisella teräketjulla voi siis saavuttaa noin 5 % suuremman tuotoksen kuin huonokuntoisella. Toisaalta ketjun alituinen kunnostaminen lisää sahan huoltoaikoja, joten ero käytännössä ei ole näin suuri.

Pelkässä kaatotyössä sahan kunnolla on suuri merkitys, koska 25. . . 30 % työmaa-ajasta voidaan täten vaikuttaa. Tämän tutkimuksen perusteella ei voida sanoa, mikä sahan leikkuutehon merkitys on kuusikuitupuun moottorisahakarsinnassa, koska todellista leikkuaikaa ei saatu selville. Karsintaan vaikuttavat lisäksi esim. ketjun muut karsintaominaisuudet muun muassa se, ”potkaiseeko” ketju takaisin. Ylärajana moottorisahakarsintaan perustuvassa pinotavaran valmistusmenetelmässä voidaan pitää sitä, että korkeintaan 30 %:n työmaa-ajasta voidaan leikkuutehoa muuttamalla vaikuttaa.

6. TULOSTEN LUOTETTAVUUDESTA

Tulokset eivät perustu tilasto-matemaattisessa mielessä edustavaan näytteeseen niin kuin palkkaperuste – ja menetelmätutkimukset yleensäkin eivät meillä ole perustuneet. Työntekijöitä on kuitenkin ollut useita, ja kun tulokset lähes kaikilla ovat saman suuntaisia, lienee niillä yleistä ennustearvoa.

Kasauskokeita ei ole tehty luonnollisissa olosuhteissa, mikä kirjoittajan mielestä ei kuitenkaan estä tässä tehtyjen päätelmien oikeutusta, koska työ järjestettiin luonnollisia olosuhteita vastaavaksi ja esim. työajan ero on vastannut työvaihetaksojen vastaavaa eroa. Järjestetyllä kokeella pyrittiinkin häiritsevien tekijöiden eliminointiin. Tulosten luotettavuutta kuvastanee se, että suoritetuissa toistoissa päädyttiin melko tarkasti aikaisempiin tuloksiin.

Rinnankorkeudelta 16 cm puilla, joilla ero pulssissa vasta havaittiin, pitempien pölliin kantaminen oli aina raskaampaa kuin lyhyiden.

Tulkitsemalla rinnankorkeudelta 16 cm puil-

la, joilla ero pulssissa havaittiin, määrättyjen tavaran pulssilukema stokastiseksi muuttujaksi X ja havainnot diskreetiksi jakautumaksi, jonka odotusarvo on μ ja laskemalla X :n varianssi σ^2 voidaan Tsebysevin epäyhtälöä (VEILAHTI 1969): $P(|X - \mu| \geq k) \leq \frac{\sigma^2}{k^2}$, soveltamalla laskea

millä todennäköisyydellä vähintäänkin puun kasauspulssi pidempänä tavarana on suurempi kuin lähinnä lyhyempänä. Todennäköisyydet ovat ≥ 0.96 . Vastaavasti lasketut todennäköisyydet sille, että pidempänä tavarana tapahtunut rungon kasaus on nopeampaa kuin lähinnä lyhyempänä, ovat ≥ 0.98 .

Frekvenssimenetelmässä pienestä aineistosta johtuen suhteellinen virhe lyhyissä työvaiheissa, kaadossa ja katkonnassa, on suuri (20 %), mutta karsinnassa jo tyydyttävä. Tästä syystä tuloksiin on suhtauduttava tietyin varauksin. Toisaalta ei tutkimuksessa olekaan tehty muita kuin yleisiä, suuntaa-antavia päätelmiä.

KORJAUS

Sivulla 9 Tsebysevin epäyhtälö on muotoa

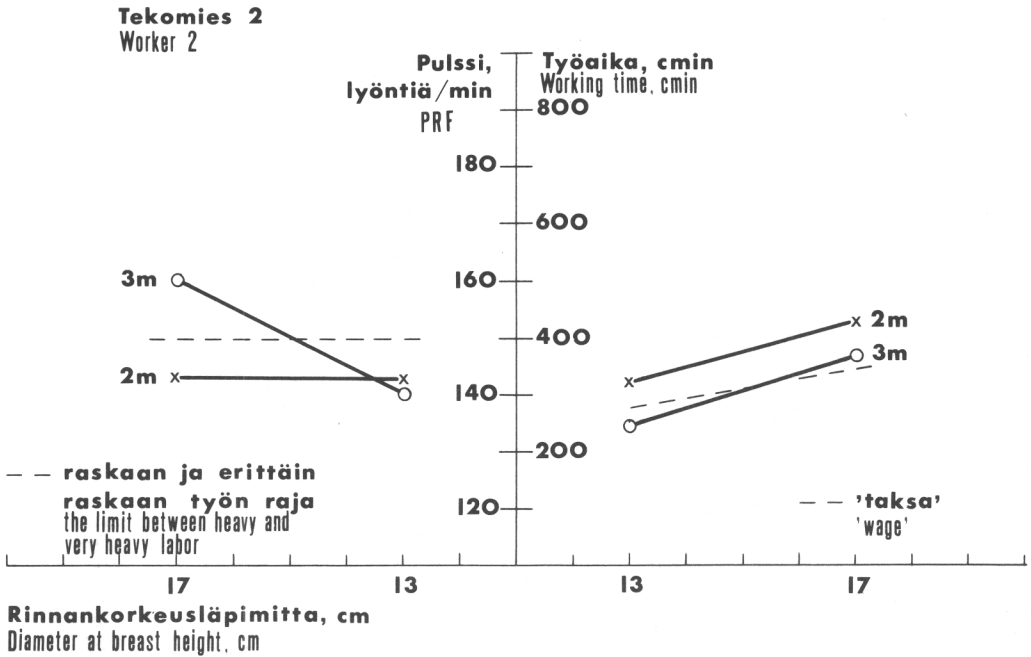
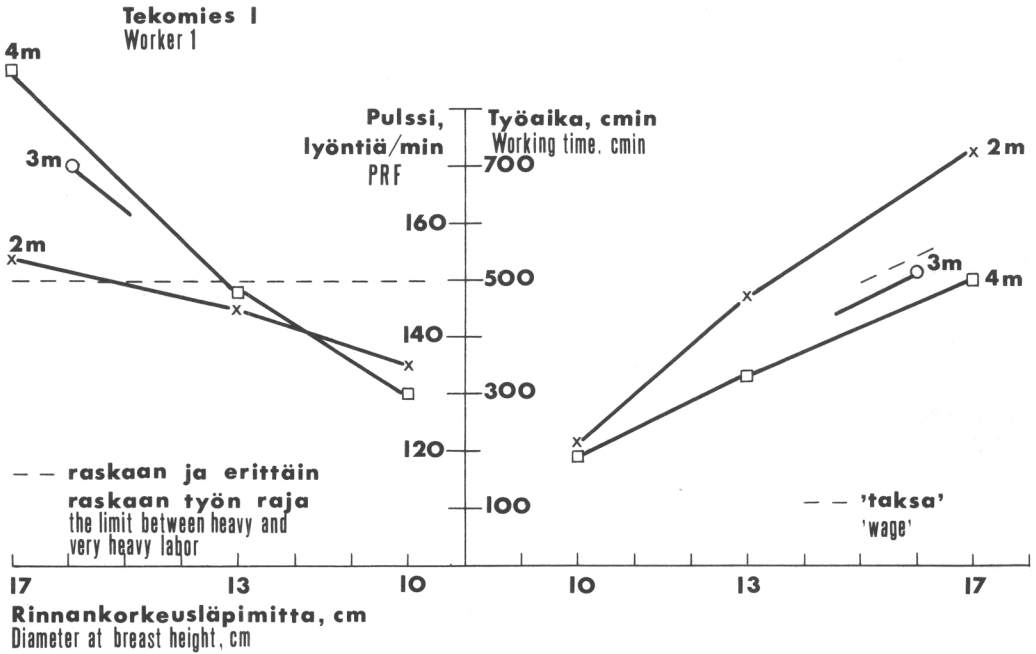
$$P(|X - \mu| \geq k) \leq \frac{\sigma^2}{k^2}$$

KIRJALLISUUSLUETTELO

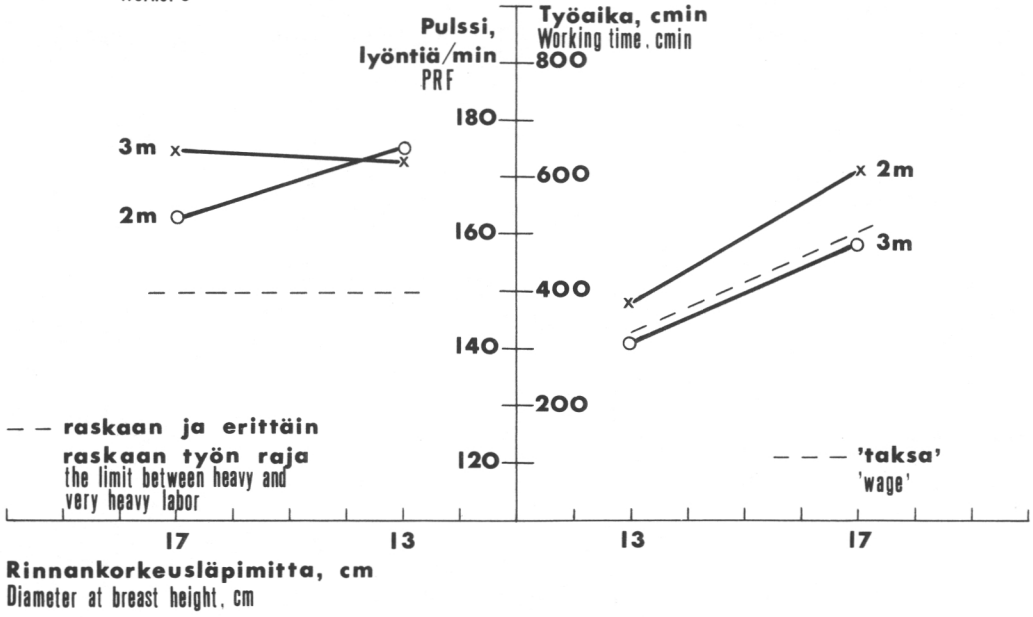
- AGER, B. H:son 1964. Huggning av stammar. Fältstudie. Forskningsstiftelsen skogsarbeten redogörelse nr. 3. Stockholm.
- AHO, K. 1969. Moottorisajohen kädensijojen joustavan kiinnityksen vaikutus sahaajan tunteen tärinä. Työterveys uutiset 3.
- AHONEN, M. 1969. Frekvenssimenetelmän käyttömahdollisuudet metsätyöntutkimuksissa. Lyhennelmä jatko-seminaarilustuksesta. (Moniste).
- APPELROTH, S.-E. & HARSTELA, P. 1969. Työmenetelmät viljelysmaan metsityksessä. Metsä ja Puu 10.
- ARO, P. 1934. Psykoteknilliset kokeet metsäammattimiesten valinnassa. Acta Forestalia Fennica 40.2.
- GORPE, N. 1969. Tämän päivän liikkeenjohtoa. Helsinki.
- HARSTELA, P. 1969. Metsätöiden aikatuksia täydentäviä huomioita. Yritystalous 12.
- HARSTELA, P. 1969. Vintturilla tapahtuvan esikasauksen rationalisointi erilaisia rationalisointikeinoja käyttäen. (Käsikirjoitus).
- HOVI & LEHMUSKOSKI & OJANEN. 1967. Havainnointimenetelmä työntutkimuksessa. Tietomies.
- KAHALA, M. 1969. Moottorisahan aiheuttama melu ja tärinä. Metsätehon katsaus 8. Helsinki.
- KOSKELA, A. 1969. Suullinen lausunto. Työterveyslaitos.
- LEVANTO, S. 1966. Työaika ja moottorisaha-aika muuttuvassa hakkuutekniikassa. Teho n:o 1-2.
- LEVANTO, S. 1969. Moottorisahan käyttökustannuksista III. Teho n:o 5.
- NISKANEN, V. 1969. Teollisuuden työntutkimus. (Moniste).
- NISULA, P. 1962. Aikakello- ja pistokoemennetelmän vertailu. Silva Fennica 112.
- RÖNNHOLM, N. – HEINONEN, A.O. – KARVONEN M.J. 1963. Tutkimus hakkuumiehen kalorinkulutuksesta ja sydämen toiminnasta koivupaperipuun siirrossa sekä sydämen toiminnasta koivupaperipuun hakkuun eri työvaiheissa. Pienpuualan toimikunnan tiedotus n:o 88.
- VEILAHTI, J. 1969. Matematiikan peruskurssi yhteiskuntatieteilijöille. Ylioppilastuki ry.
- VIK og AALVIK. 1969. Arbeidstungden vid hogst og stammelunning. Fidsskriff for Skogbruk. 77. Årgang-Hefte I.
- VÖRY, J. 1954. Eräiden metsätöiden aikatuksineistojen analyysiä. Metsätehon julkaisu n:o 31. Helsinki.

Piirros. 1. Työajan menekki ja valtimonlyöntitiheys eripituisten pölkkyjen kasauksessa rinnankorkeusläpimitan funktiona.

Drawing 1. Expended work time and PRF in stacking logs of different length as a function of the diameter at breast height.

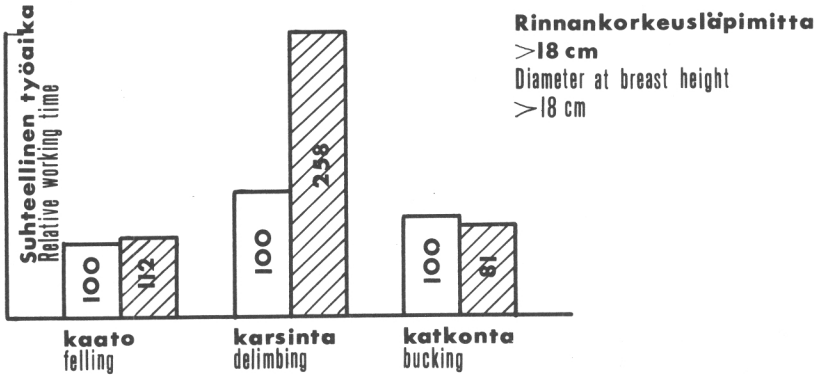
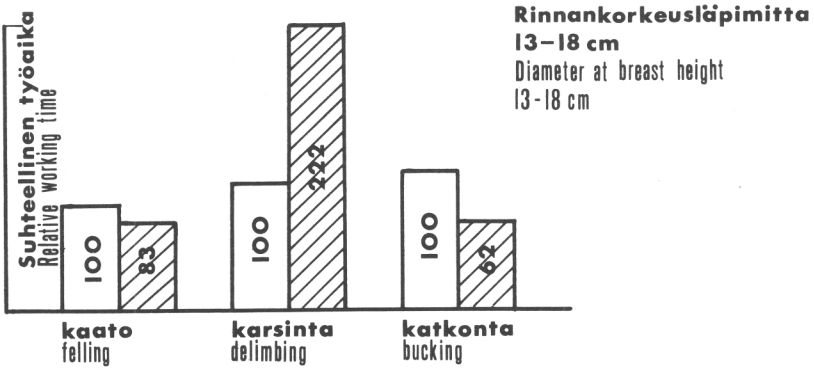
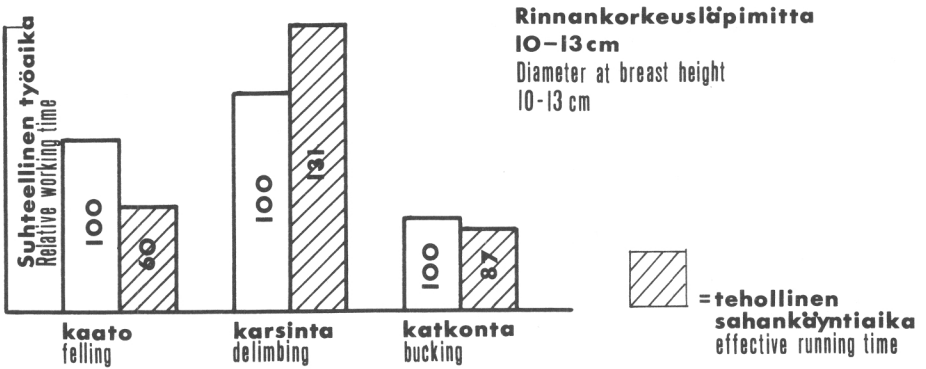


Tekomies 3
Worker 3



Piirros 2. Kaato-, karsinta- ja katkonta-ajan jakaantuminen teholliseen sahausaikaan ja sahan tyhjäkäyntiaikaan tekomiehellä 1.

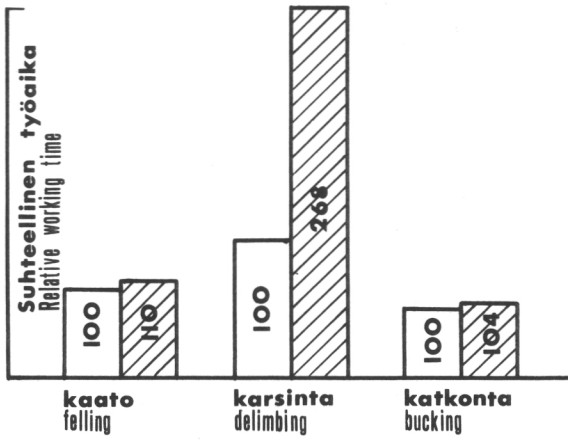
Drawing 2. Breakdown of the effective and noneffective sawing time for worker 1 into time of felling, stipping and cross cutting.



Kaikki työajat ilman siirtymistä puulta puulle
All working times without moving from tree to tree

Piirros 3. Kaato-, karsinta- ja katkonta-ajan jakaantuminen teholliseen sahausaikaan ja sahan tyhjäkäyntiaikaan tekomiellä 2.

Drawing 3. Breakdown of the effective and noneffective sawing time for worker 2 into time of felling, stripping and cross cutting.



- No 45 Pentti Koivisto: Etelä- ja Pohjois-Karjalan, Itä-, Etelä- ja Pohjois-Savon sekä Keski-Suomen koivuvarat.
Birch resources in Forestry Board Districts of Etelä- and Pohjois-Karjala, Itä-, Etelä- and Pohjois-Savo and Keski-Suomi. 2,—
- No 46 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1966, ennakkotietoja vuodelta 1967 ja ennuste vuodelle 1968.
Wood utilization in Finland in 1966, preliminary data for 1967 and forecast for 1968. 3,—
- No 47 Metsätilastoa 1950—67.
Forest Statistics of Finland 1950—67. 4,—
- No 48 Tarmo Peltomäki ja Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen käyttämän lämpöenergian ominaiskulutus.
Specific consumption of thermal energy utilized by real estates. 2,50
- No 49 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1953—66.
Forest balance of Finland in 1953—66. 2,—
- No 50 Kalevi Asikainen: Tasausvara ja sahatavaran taseus.
On the trimming allowance and trimming. 2,—
- No 51 Teuri J. Salminen: Havusahatukkien kuutiointi kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.
On cubing coniferous saw logs on the basis of measurements taken on the bark. 2,—
- No 52 Olli Makkonen: Paperipuiden pituuden vaikutuksesta runkojen hyväksikäyttöön minimiläpimitan ollessa 5 cm.
On the influence of the length of pulpwood bolts on the degree of utilization of tree stems when the minimum diameter is 5 cm. 2,—
- No 53 Simo Poso, Christian Keil and Tapani Honkanen: Comparison of film-scale combinations in examining some stand characteristics from aerial photographs.
Eri filmi-mittakaavayhdistelmät eräiden metsikkötunnusten ilmakuvatulkinnassa. 2,50
- No 54 Pertti Veckman: Suomen piensahat vuosina 1965 ja 1967.
Small sawmills in Finland in 1965 and 1967. 2,50
- No 55 Kimmo Paarlahti ja Kalevi Karsisto: Koetuloksia kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa.
On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, rock phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests. 1,50
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukkien koko ja laatu vuonna 1966.
The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966. 1,50
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista.
Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning. 28,80
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu. 2,50
- No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3. Männy ja kuusen uudet paperipuutaulukot. 2,50
- No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
- No 61 Matti Aitolahdi ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu. Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators. 1,—
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsävarat vuonna 1968.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. 3,—
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.
Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65. 2,50
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteeseen esiintymisestä Lapissa.
Leaf rust on aspen in Finnish Lapland. 1,—
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.
Dimensioning of forest main ditches. 1,50
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots.
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69. 2,50
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and Finland in the felling seasons 1958/59—1968/69 and 1969/70. 2,50
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.
A new brush-killing tool and its use. 1,—
- No 70 Metsätilastollinen vuosikirja 1968.
Yearbook of forest statistics 1968. 6,—
- No 71 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat puutavaralajitaulukot. 1,—
- No 72 Olli Makkonen ja Pertti Harstela: Kirves- ja moottorisahakarsinta pinotavaran teossa.
Delimiting by axe and power saw in making of cordwood. 2,50
- No 73 Pentti Koivulehto: Juurakoiden maasta irrottamisesta.
On the extraction of stumps and roots. 1,50

- No 74 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa.
Proportion of wastewood in the total cut in southern Finland. 1,50
- No 75 Eero Paavilainen: Tutkimuksia levityssajankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä.
Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat. 2,—
- 1970 No 76 Ukko Rummukainen: Tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L., ennakkotorjunnasta taimitarhassa.
On the prevention of *Hylobius abietis* L. in the nursery. 1,50
- No 77 Eero Paavilainen: Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä.
Experimental results of the afforestation of swampy fields. 2,—
- No 78 Veikko Koskela: Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä.
On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. 2,—
- No 79 Olavi Huikari—Pertti Juvonen: Työmenekki metsäojituksessa.
On the work input in forest draining operations.
- No 80 Pertti Harstela: Kasausajan ja valtimonlyöntitiheyden sekä tehollisen sahausajan määrittäminen järjestettyjen kokeiden, pulssitutkimuksen ja frekvenssianalyysin avulla.
Determination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set tests, pulse study and frequency analysis.
- No 81 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1968—69.
Stumpage prices in private forests during cutting season 1968—69.