

FOLIA FORESTALIA 237

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1975

MARKKU MÄKELÄ

OKSARAACA-AINEEN KASAUS
JA KULJETUS

BUNCHING AND TRANSPORTATION
OF BRANCH RAW MATERIAL

- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu. The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2, —
- No 165 Metsätalastollinen vuosikirja 1971. Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavaralajitaulukot. Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- 1973 No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom. Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus. Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus. Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa. Estimation of the share of waste bolts in pile measurements. 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutiomistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Päälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967). Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa. The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland. Metsäryömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen. Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen. The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- 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: Vajaasta 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,—
- 1974 No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyyppisestä ja geneettisestä vaihtelusta. Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1975

Markku Mäkelä

OKSARAACA-AINEEN KASAUS JA KULJETUS

Bunching and transportation of branch raw material

Yhteispohjoismaisen hakkuutähdeprojektin alaprojekti

A sub-project of the joint Nordic research programme for the harvesting
of logging residues

ALKUSANAT

Tutkimus kuuluu Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston johtamaan yhteispohjoismaiseen hakkuutähdetutkimukseen sekä toisaalta yhteistyössä Metsätehon kanssa suoritettaviin Suomen Metsäteollisuuden Keskusliiton hakkuutähdeprojektin metsäryhmän tutkimuksiin. Oksaraaka-aineen korjuuta selvittelevien tutkimusten koordinointi ja alustava suunnittelu tapahtuu Suomen Metsäteollisuuden Keskusliiton hakkuutähdeprojektin metsäpään ryhmässä, johon kuuluvat Mh. YRJÖ SCHILDT (pj), Mh. AARNE ELOVAINIO, prof. PENTTI HAKKILA, Mh. JUHANI JÄRVINEN, metsäpäällikkö LEO KARVONEN ja Mh. MARKKU MÄKELÄ.

Kokeet suoritettiin syksyllä 1974 kasauksen ja metsäkuljetuksen osalta Saarijärvellä Enso-Gutzeit Oy:n työmaalla sekä kaukokuljetuksen tiivistämisen osalta Mynämäellä.

Työmaiden suunnittelusta ja valvonnasta vastasivat Saarijärvellä metsäteknikko HANNU KALAJA ja kenttämestari SAULI TAKALO ja Mynämäellä metsäteknikko TAUNO OITINEN. Koalueiden ja tarvittavien koneiden hankintaan ja käyttöön osallistuivat edellisten lisäksi insinööri ERIK FURU, vientipäällikkö

STIG-RAGNAR LANSDORFF ja vientiesittelijä ALBERT SUOMI Autolava Oy:stä, insinööri KALERVO MALINEN ja konetarkastaja ÅKE WECKSTRÖM Osakeyhtiö Ekströmin Koneliikkeestä, metsäteknikot KAUKO KINNUNEN ja OIVA KURONEN Enso-Gutzeit Oy:stä, metsänhoitaja MARKKU MELKKO Metsätehosta, metsäteknikko HEIKKI PARTANEN Rymättylä Yhtymästä sekä myyntipäällikkö ESA KOSKINEN, korjaamopäällikkö KYÖSTI KUIVALA, osastonhoitaja JUHA PARKKONEN ja kenttäasentaja ALPO RUOHOMÄKI Suomen Case Oy:stä.

Tutkimusaineiston keruuseen ja käsittelyyn ovat osallistuneet ylioppilaat ARI JORMAKKA, PAULA LAAKSO ja HEIKKI LAIHANEN. Tämän raportin laatimisessa on lisäksi käytetty apuna MMK ERIC von TROILIN pro gradu-tutkimuksen tuloksia. Konekirjoitustyön ovat suorittaneet neiti RAIJA SIEKKINEN ja ylioppilas HANNU PELTONEN. Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet professorit PENTTI HAKKILA ja VEIJO HEISKANEN. Kaikille tutkimukseen osallistuneille tai sen onnistumiseen myötävaikuttaneille lausun parhaat kiitokseni.

Helsingissä helmikuussa 1975

Markku Mäkelä

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
SUMMARY	3
TIIVISTELMÄ	4
1. JOHDANTO	4
2. HAKKUUTÄHTEIDEN KASAUTUMINEN ERI HAKKUUMENETELMIEN JÄLJILTÄ ..	5
3. OKSARAACA-AINEEN KASAUS	7
31. Tutkimuksen suoritus ja aineisto	7
32. Tutkimustulokset	9
321. Kasaus Davis Scatback 430 -pyöräkuormaajalla	9
322. Kasaus Melroe Bobcat M-610 pyöräkuormaajalla	10
323. Kasaus Tree Farmer juontotraktorilla	11
324. Oksaraaka-ainekertymä ja työn laatu	11
325. Kustannukset	11
33. Päätelmiä	12
4. OKSARAACA-AINEEN METSÄKULJETUS	12
41. Tutkimuksen suoritus ja aineisto	13
42. Tutkimustulokset	14
421. Oksaraaka-aineen kuljetus	14
422. Kuorman koko	14
423. Kuljetustuotos ja kustannukset	14
424. Välivarastokasan tiivistäminen	15
43. Päätelmiä	15
5. OKSARAACA-AINEEN TIIVISTÄMINEN KAUKOKULJETUKSEEN	16
51. Tutkimuksen suoritus ja aineisto	17
52. Oksaraaka-aineen tiivistäminen	17
53. Päätelmiä	18
KIRJALLISUUTTA	19

SUMMARY

The Central Association of Finnish Forest Industries began at the end of 1973 a logging residue project which has as its aim the harvesting and industrial utilization of branch and crown raw material. The purpose of the forest group of the project is to study and develop equipment and methods that lend themselves to the recovery of branch raw material.

8.8 million dry tons of branch raw material is left yearly in the forests in Finland. Three-fourths of this quantity lies less than 100 km from potential utilization sites.

The experiments reported in this paper were studies of the usefulness of small tractors in the bunching of branches, the effect of the enlargement of the load space on the forest haulage of branches, and the possibilities of compressing the branch raw material for long-distance transport.

The branches are left in heaps when harvesting by a multipurpose logging machine. Table 1 and Figs. 1–4 shows the location, quantities and heap area of the branch raw material in the different multipurpose logging machine harvesting schedules. It is necessary after manual harvesting to collect the branch raw material with a separate bunching machine.

Bunching was carried out after manual harvesting in terrain classes 1, 2 and 3 by Davis Scatback 430, Melroe Bobcat M-610 wheel loaders and by Tree Farmer skidder (Figs. 6, 7 and 8). The Scatback and Bobcat wheel loaders managed the bunching work well, but the Tree Farmer collected quantities of mineral soil with the branches. The expenditures of time and the outputs of the machines are given in Table 4. The Bobcat gave the best work performance in all three classes. The output difference between the Scatback and the Bobcat must be attributed largely to the driver of the Scatback who was unfamiliar with

the work. The Tree Farmer achieved the poorest output.

The branch raw material collected from the sample plot was 6.8–18.4 dry tons per hectare. Table 5 shows the amounts of collected and uncollected raw material in the different terrain classes. The cost of bunching with the Melroe Bobcat was 6–10 marks per green ton, depending on the terrain class. The corresponding cost with the Davis Scatback was 10–14 marks and with the Tree Farmer 12–19 marks (Table 5).

The experiment showed that it is possible to bunch branch raw material after manual harvesting with the present small tractors in the first and second terrain class. Bunching is possible also in the third terrain class, but the durability of the small machines will impose limitations.

The forest haulage study was performed with a Volvo SM-868 forwarder with an enlarged load space. This accommodated 50–60 cu.m. of branches at full load. The output over a distance of 300 m was 9.2 green tons per hour (Table 7) at a cost of 8:40 marks per green ton (Table 8). This considerable enlargement of the load space of the tractor resulted in better outputs than in earlier studies using a unit with standard equipment.

Compression of the branch raw material opens up possibilities for the long-distance transport of branches and chipping at the mill. In a preliminary experiment branch raw material was compressed into a transport container of 21 cu.m. by a waste press manufactured by Autolava Oy (Fig. 11). The weight of the compressed branch raw material was 357 kg/cu.m. for pine and 315 kg/cu.m. for spruce. The cu.m. weights were greater than those of branch chips. The compression ratio was 2.6:1 for pine and 2.5:1 for spruce (Table 9).

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään pien-traktoreiden käyttökelpoisuutta oksien kasauksessa, kuormatilan laajentamisen vaikutusta oksien metsäkuljetukseen sekä oksaraaka-aineen tiivistämismahdollisuuksia kaukokuljetuksessa.

Monitoimikonekorjuussa oksat jäävät valmiiksi kasoihin. Oksakasojen mitat ja sijainti on esitetty taulukossa 1 ja kuvissa 1–4. Moottorisahahakkuussa oksat jäävät sen sijaan levälleen ympäri palstaa.

Oksia kasattiin syksyllä 1974 moottorisahakuuun jälkeen maastoluokissa 1–3 Davis Scatback 430 ja Melroe Bobcat M-610 pyöräkuormaajilla sekä Tree Farmer metsätraktorilla (kuvat 6, 7 ja 8). Scatback ja Bobcat pyöräkuormaajat suoriutuivat hyvin kasaustyöstä. Tree Farmer sen sijaan keräsi oksien joukkoon runsaasti kivennäismaata. Bobcat saavutti tutkituista koneista parhaan kasaustuoksen jokaisessa maastoluokassa. Tree Farmer oli tuotokseltaan huonoin (taulukko 4).

Koalueelta saatiin talteen oksaraaka-ainetta hehtaarilta 6.8–18.4 kuivatonna. Taulukossa 5 on esitetty raaka-ainekertymät sekä keräämättä jääneet oksat eri maastoluokissa.

Oksien kasauksen kustannukset tammikuun 1975 hintatasolla on esitetty taulukossa 6. Melroe Bobcatilla kasaukustannus oli 6–10

mk/tuoretonni maastoluokasta riippuen. Davis Scatbackilla vastaavat kustannukset olivat 10–14 mk ja Tree Farmerilla 12–19 mk.

Kokeilu osoitti, että oksaraaka-aine voidaan kasata 1 ja 2 maastoluokista moottorisahakuuun jäljiltä nykyisellä pienpyöräkuormaajakalustolla. Maastoluokassa 3 asettanee koneiden kestävyys rajoituksia.

Oksaraaka-aineen lähikuljetus suoritettiin kasaukoneiden keräämistä kasoista välivarastolle. Kuljetusyksikkö oli Volvo SM-868 kuormatraktori, jossa oli levennetyt sivupankot. Kuormaan saatiin mahtumaan 50–60 oksakuutiometriä. Tuntituotokseksi 300 m:n matkalla saatiin 9.2 tuoretonnia ja vastaavaksi kustannukseksi 8:40 mk/tuoretonni (taulukko 8).

Oksaraaka-aineen tiivistäminen kaukokuljetukseen avaa mahdollisuudet tehtaalla tapahtuvalle haketukselle. Alustavassa kokeilussa oksaraaka-ainetta tiivistettiin Autolava Oy:n valmistamalla jätepuristimella 21 kuutiometrin kuljetussäilöön (kuva 4). Männyllä saatiin tiivistetyn oksakuutiometrin painoksi 357 ja kuusella 315 kg. Molemmat painot ovat suurempia kuin oksahakkeen paino. Tiivistymissuhde oli männyllä 2.6:1:een ja kuusella 2.5:1:een.

1. JOHDANTO

Suomen Metsäteollisuuden Keskusliiton käynnistämän hakkuutähdeprojektin metsäryhmän tehtävänä on oksaraaka-aineen* korjuuseen soveltuvien menetelmien ja laitteiden kehittäminen ja tutkiminen. Tavoitteena on löytää teknisesti käyttökelpoiset ja taloudelliset menetelmät tämän raaka-aineen korjuuseen.

* Oksaraaka-aineella tarkoitetaan tässä oksia ja niihin korjuutyössä sekoitettavaa tähteeksi jäänyttä runkopuuta, joka koostuu pääasiassa latvuksista.

Oksaraaka-aineen talteenotto- ja käyttötutkimusten taustana ovat metsäteollisuutemme raaka-ainepula sekä tosiasia, että metsiimme jää hakkuissa vuosittain 8.8 miljoonaa kuivatonna oksa- ja latvusraaka-ainetta. Tämä on noin 40 prosenttia metsäteollisuuden nykyisin käyttämästä raaka-ainemäärästä. Siitä on kolme neljänestä vajaan 100 kilometrin päästä sitä potentiaalisesti käyttämään pystyvistä puunjalostusteollisuudesta (HAKKILA 1972b). Tällä hetkellä on lisäksi metsäteollisuudella tietty

valmius korvata nykyisin käytettävä runkopuu osittain uusilla raaka-aineilla.

Korjuumenetelmien kehittäminen aloitettiin ketjun ensimmäisestä lenkistä; oksien kasaamisesta jatkokuljetuksen vaatimaan muotoon (HAKKILA ja KALAJA 1974). Seuraavana oli vuorossa metsäkuljetukseen soveltuvan ka-

luston kartoittaminen ja parantamismahdollisuuksien etsiminen (HARSTELA ja TAKALO 1974). Tässä tutkimuksessa on pyritty laajentamaan tietämystä kasauksen ja metsäkuljetuksen alalta sekä suoritettu alustava kartoitus oksaraaka-aineen tiivistämismahdollisuuksista kaukokuljetuksessa.

2. HAKKUUTÄHTEIDEN KASAUTUMINEN ERI HAKKUUMENETELMIEN JÄLJILTÄ

Moottorisahakuun jäljiltä oksaraaka-aine jää melko tasaisesti jakautuneena koko hakkuualueelle. Talteenotto vaatii tällöin oksaraaka-aineen kasaamisen palstalle jollain erillisellä koneella lähikuljetuksen vaatimaan muotoon.

Monitoimikonekorjuussa oksaraaka-aine jää sensijaan valmiiksi kasoihin. Kasan muodot ja koot riippuvat käytettävästä korjuumenetelmästä, monitoimikoneen rakenteesta sekä koneen kuljettajasta. Seuraavassa esitetään tutkimustuloksia hakkuutähteiden kasautumisesta käytettäessä eri monitoimikonetyyppejä (von TROIL 1975).

Tutkimuksessa seurattiin oksaraaka-aineen kasautumista neljässä eri runkopuun korjuuketjussa, jotka olivat:

1. Kaato moottorisahalla, Pika-50 monitoimikone palstalla, kuormatraktori lähikuljetuksessa (kuva 1).
2. Kaato moottorisahalla, Kockum 78 ATK monitoimikone palstalla, kuormatraktori lähikuljetuksessa (kuva 2).
3. Pika-75 harvesteri palstalla, kuormatraktori lähikuljetuksessa (kuva 3).
4. Valmet 880K kaatojuontokone, Pika-52 monitoimikone varastolla (kuva 4).

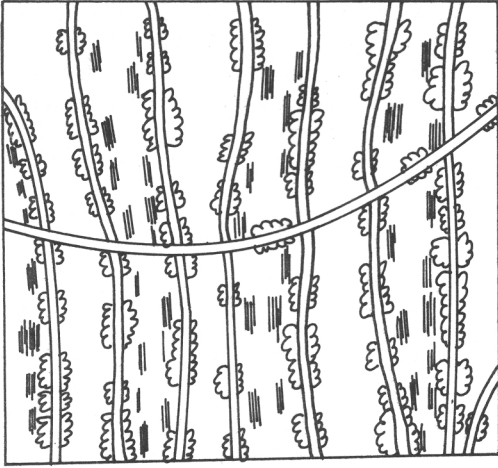
Mittaukset tehtiin huhti-kesäkuussa 1974 Etelä- ja Keski-Suomessa kuusivaltaisissa leimikoissa. Menetelmässä 1 oksat kasautuivat ajouralle, peittäen neljänneksen koko hakkuualueesta. Menetelmässä 2 oksat jäivät erillisiin kasoihin kulku-uran toiselle puolelle. Kasat peittävät alueesta yhden kymmeneksen. Mene-

Taulukko 1. Tietoja tutkimusalueista sekä oksakasojen mitoista ja peittävydestä (von TROIL 1975).
Table 1. Information on the research areas and the measurements and the area of the branch heaps (von TROIL 1975).

Ominaisuus – Property	Korjuumenetelmä Harvesting method			
	1	2	3	4
Hakattu puusto, k-m ³ /ha – Stemwood, solid cu.m./ha	124	187	199	215
Oksaraaka-aineen määrä, kuiva tn/ha Branch raw material quantity, dry ton/ha	29.8	35.0	29.6	34.4
Kasan/auman keskimääräiset mitat, m Average measurements of the heaps/stack, m				
– leveys – width	4.4	4.2	4.5	4.9
– pituus – length	1)	4.7	1)	1)
Kasojen väli – Distance between heaps	2)	10.7	2)	2)
Oksien peittävä pinta-ala, % – Area covered by branches	26	11	30	5

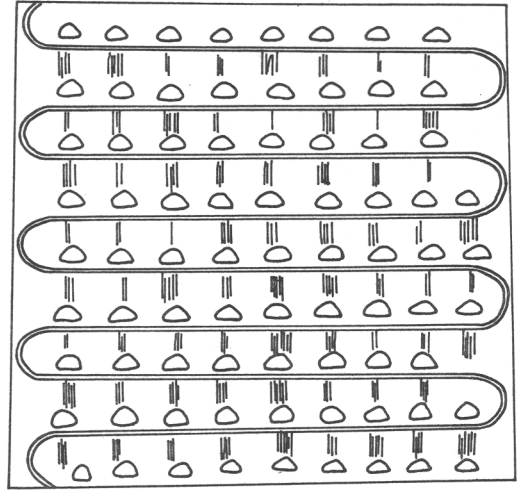
1) Jatkuva kasa ajouran suunnassa – Continuous heap in the direction of the strip road

2) Ei erillisiä kasoja – No separate heaps



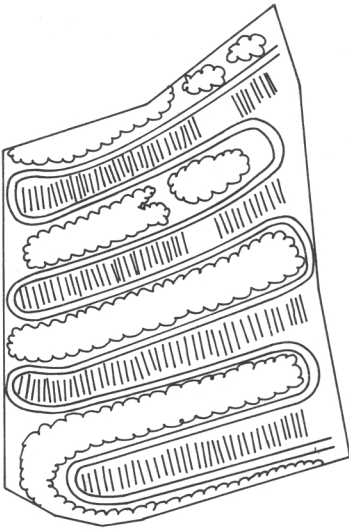
Kuva 1. Oksien sijainti Pika-50 monitoimikoneen jäljiltä (palstalla)

Fig. 1. Branch raw material left by the Pika-50 processor (in the forest)



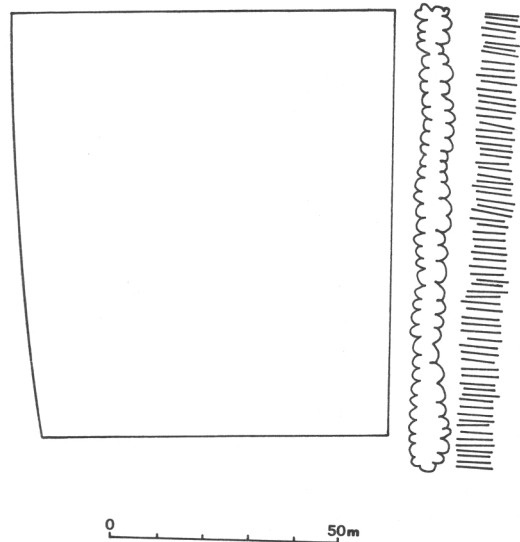
Kuva 2. Oksien sijainti Kockum 78 ATK monitoimikoneen jäljiltä

Fig. 2. Branch raw material left by the Kockum 78 ATK processor



Kuva 3. Oksien sijainti Pika-75 harvesterin jäljiltä

Fig. 3. Branch raw material left by the Pika-75 harvester



Kuva 4. Oksien sijainti Pika-52 monitoimikoneen jäljiltä (välivarastolla)

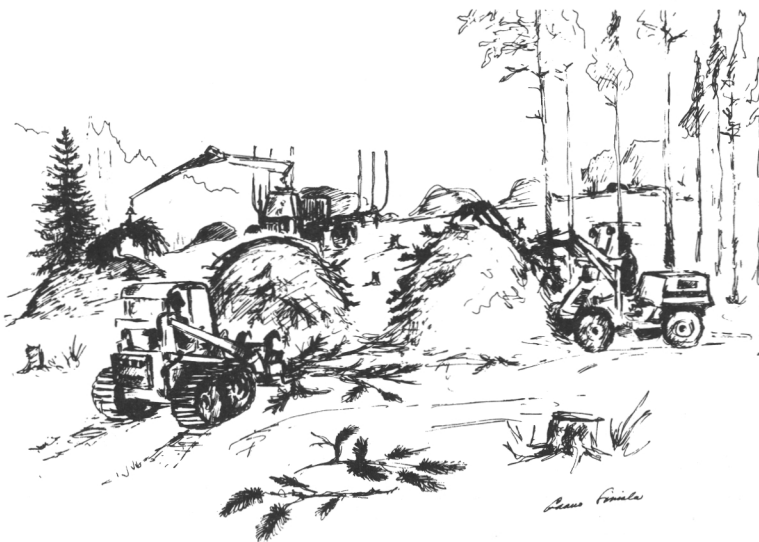
Fig. 4. Branch raw material left by Pika-52 processor (on the landing site)

telmässä 3 oksat muodostivat pitkänomaisen auman koneen kulkusuunnassa. Oksat peittivät lähes kolmanneksen koko hakkuualueesta, Menetelmässä 4 muodostui välivarastolle suuri auma, joka peitti vain yhden kahdeskymmenesosan koko hakkuualueesta. Kuvissa 1–4 on esitetty karkeasti oksien sijainti maastossa eri menetelmien jälkeen.

Kasojen mitoista ja peittävydestä voidaan todeta, ettei oksien lisäkasaus ennen lähi-

kuljetusta ole tarpeen käytettäessä menetelmiä 2 (Kockum palstalla) tai 4 (Pika-52 varastolla). Menetelmissä 1 (Pika-50 palstalla) ja 3 (Pika-75 palstalla) voidaan oksat kasata suurempiin kasoihin erillisellä koneella tai kerätä ne suoraan lähikuljetustraktoriin sen kourakuormaimella. Menetelmissä 1 ja 3 tulisi oksien kerääminen tapahtua välittömästi hakkuun jälkeen, jottei kuormatraktori polje oksakasoja puutavaran ajon aikana.

3. OKSARAACA-AINEEN KASAUS



Kuva 5. Oksaraaka-aineen kasaus ja lähikuljetus
Fig. 5. Bunching and forest haulage of branch raw material

Oksaraaka-aineen korjuun ensimmäinen työvaihe moottorisahalla suoritettun hakkuun jälkeen on oksien ja latvusten kasaaminen jatkokuljetuksen vaatimaan muotoon. Aikaisemmin on jo suoritettu alustavaa kartoitusta pien- traktorin käyttömahdollisuuksista oksien kasaukseen suhteellisen helpoissa maasto-olosuhteissa (HAKKILA ja KALAJA 1974). Tämän tutkimuksen tarkoitus oli laajentaa työhön soveltuvien koneiden joukkoa sekä samalla selvittää maastot, joissa nämä kykenevät työskentelemään.

31. Tutkimuksen suoritus ja aineisto

Tutkimus suoritettiin lokakuussa 1974 Saarijärvellä Enso-Gutzeit Oy:n omistamalla Lakomäen tilalla. Oksia kerättiin kesällä 1974 hakatusta 14,5 hehtaarin aukosta. Runkopuuta oli ollut keskimäärin 139 kuutiometriä hehtaarilla. Siitä oli männyn osuus ollut 26 ja kuusen 74 prosenttia. Korjuualue vaihteli maastoluokaltaan ensimmäisestä kolmanteen. Kutakin konetta pyrittiin kokeilemaan jokaisessa maastoluokassa. Käytännöllisistä vaikeuk-

Taulukko 2. Oksien kasauskoneiden tekniset ominaisuudet.
 Table 2. Technical data on machines used for bunching branches.

Ominaisuus Property	Kone - Machine		
	Davis Scatback 430	Melroe Bobcat M-610	Tree Farmer
Leveys, cm - Width, cm	150	152	206
Pituus, cm - Length, cm	300	210	455
Paino, kg - Weight, kg	1700	1800	3900
Pyörän koko - Tyre size	12.0x15.0	10.0x16.5	16.9x30.0
Moottorin teho Horsepower of engine	29 hv/2800 rpm	28 hv/2700 rpm	65 hv/2500 rpm

sista johtuen tämä ei kuitenkaan täysin onnistunut.

Kokeilussa käytettiin oksien kasaamiseen Davis Scatback 430 ja Melroe Bobcat M-610 pyöräkuormaajia sekä Tree Farmer juontotraktoria. Kaksi edellämainittua ovat rakennus-, maatalous- yms. töihin tarkoitettuja pienkoneita, joita ei ole suunniteltu metsätöihin. Tämä ilmenee muun muassa vakiomallien riittämättömänä suojaamisena. Puute voidaan kuitenkin poistaa yksinkertaisin keinoin. Tree Farmer juontotraktori sensijaan on tarkoitettu varsinaiseen metsäajoon. Taulukossa 2 on esitetty kasauskoneiden tärkeimmät mitat ja tekniset ominaisuudet.

Scatback ja Bobcat koneiden maavara on varsin pieni, mutta koneet kykenevät toisaalta ketterästi kiertämään reitilleen osuvat kivet ja kannot. Ketteryyys ja hyvä ohjattavuus ovat nimenomaan tärkeitä oksien kasauksessa. Tree Farmer sensijaan ei suuresta koostaan johtuen kierrä reitilleen osuvia esteitä vastaavasti. Tämä lisää koneen heilumista sivusuunnassa, joka puolestaan vaikeuttaa tarkkaa työskentelyä.

Varsinainen tutkimus suoritettiin kullakin koneella neljällä eri maastovaikkeutta edustavalla alueella, jotka valittiin arpomalla. Alueiden koot vaihtelivat 12 ja 25:n aarin välillä. Taulukossa 3 on esitetty koealueiden maastoluokat eri koneilla.



Kuva 6. Melroe Bobcat M-610 pyöräkuormaaja
 Fig. 6. Melroe Bobcat M-610 wheel loader



Kuva 7. Davis Scatback 430 pyöräkuormaaja
 Fig. 7. Davis Scatback 430 wheel loader



Kuva 8. Tree Farmer juontotraktori
 Fig. 8. Tree Farmer skidder

Taulukko 3. Saarijärven koealueiden maastoluokat.

Table 3. Soil classification of Saarijärvi sample plot.

Kone – Machine	Maastoluokat Terrain classes
Davis Scatback 430	1, 1, 2, 3
Melroe Bobcat M-610	1, 1, 2, 3
Tree Farmer	1, 2, 2, 2

32. Tutkimustulokset

321. Kasaus Davis Scatback 430 pyöräkuormaajalla

Scatback pyöräkuormaaja oli varustettu oksien keruuseen kuusipiikkisellä tartuntakouralla. Kouran takaseinässä oli metallilevy, joka esti kuljettajaa näkemästä työn tarkkuuden kannalta tärkeimpään kohtaan, piikkien kärkiin. Koneen kuljettaja oli metsäajoon tottu-

Taulukko 4. Maastoluokan vaikutus kasan kokoon, kasojen lukumääriin, ajanmenekkiin ja tuotokseen oksien kasauksessa Davis Scatbackilla, Melroe Bobcatilla ja Tree Farmerilla.

Table 4. Effect of terrain on heap size, number of heaps, expenditure of time, and output in the bunching of branch raw material by Davis Scatback, Melroe Bobcat and Tree Farmer.

Ominaisuus – Property	Davis Scatback			Melroe Bobcat			Tree Farmer		
	Maastoluokka – Terrain class								
	1	2	3	1	2	3	1	2	
Ajanmenekki, cmin/taakka <i>Expenditure of time, cmin/load</i>	126	164	183	84	115	134	211	326	
Ajanmenekki, min/tuore tonni (neulasineen) <i>Expenditure of time, min/green tons (with needles)</i>	15	18	21	10	13	15	15	23	
Ajanmenekki, min/kuiva tonni (neulasineen) <i>Expenditure of time, min/dry tons (with needles)</i>	31	41	46	21	28	33	32	49	
Ajanmenekki, min/kuiva tonni (ilman neulasia) <i>Expenditure of time, min/dry tons (without needles)</i>	43	56	63	29	39	45	44	67	
Kasojen koko, oksa-m ³ – <i>Heap size, branch cu.m.</i>	7.2	9.4	4.8	6.8	7.6	6.0	17.7	10.2	
Kasojen lukumäärä/ha – <i>Number of heaps/ha</i>	27	20	23	40	36	32	17	13	
Tuotos, tuore tonni (neulasineen)/h <i>Output, green tons (with needles)/h</i>	4.2	3.3	2.8	6.3	4.6	3.9	4.1	2.6	
Tuotos, kuiva tonni (neulasineen)/h <i>Output, dry tons (with needles)/h</i>	1.9	1.5	1.3	2.9	2.1	1.8	1.9	1.2	
Tuotos, kuiva tonni (ilman neulasia)/h <i>Output, dry tons (without needles)/h</i>	1.4	1.1	1.0	2.1	1.5	1.3	1.4	0.9	

maton. Kokeilun aikana hän kehittyi maastoajotaidossa, mikä vaikeuttaa tulosten tulkintaa.

Scatbackin työmenetelmä oli seuraava: Kone kulki eteenpäin tartuntakoura avoimena, piikit vaakasuorassa mahdollisimman vähän maanpinnan yläpuolella. Kun kouraan oli kertynyt riittävästi oksia sen leuka suljettiin. Taakka siirrettiin oksakasaan, joita kertyi hehtaarille 20–29 kappaletta. Taakan keskikoko oli 0.66 oksakuutiometriä. Palstan vaikeudesta riippuen kului oksakuutiometrin kasaamiseen aikaa 166–278 senttiminuuttia. Taulukossa 4 on esitetty tarkemmat tulokset kasaustyöstä.

Ajanmenekin ja tuotoksen erot Scatbackilla eri maastoluokissa eivät täysin vastaa todellisia eroja. Kuljettajan kehittyminen taidoissaan kokeilun aikana paransi tuotosta vaikeiden maastojen eduksi.

Runko-ohjattuna koneena Scatback kykeni liikkumaan melko ketterästi erilaisissa maastoissa. Koneen maastokelpoisuus olisi parantunut, jos sen pyörissä olisi ollut ketjut estämässä liukumista.

322. Kasaus Melroe Bobcat M-610 pyöräkuormaajalla

Bobcat pyöräkuormaajassa oli oksien keruulaitteena kahdeksanpiikkinen tartuntakoura. Koneesta oli hyvä näkyvyys koko työskentelyalueelle. Kuljettajalla oli takanaan lähes kuu-kauden kokemus oksien kasaustyöstä.

Bobcatin työskentelytekniikka oli sama kuin Scatbackilla. Oksakasoja kertyi Bobcatilla 32–42 kappaletta hehtaarille. Taakan keskikoko oli 0.82 oksakuutiometriä. Maastosta riippuen kului oksakuution keräämiseen 82–164 senttiminuuttia. Taulukossa 4 on esitetty tarkemmat tulokset oksaraaka-aineen kasauksesta.

Bobcatin liikkumista maastossa helpotti siinä olleet telat, jotka samalla vaimensivat koneen heiluntaa. Kone kykeni kiertämään varsin ketterästi maastossa olleet kivet ja kannot.

Aikaisemmin suoritettussa oksien kasaustutkimuksessa Bobcat M-600 pyöräkuormaaja kasasi hyvässä maastossa ja edullisissa leimikko-oloissa tunnissa 4.6–10.4 tuoretonna oksatavaraa (HAKKILA ja KALAJA 1974).

323. Kasaus Tree Farmer juontotraktorilla

Tree Farmer juontotraktori oli varustettu oksien kasaukseen tukkien käsittelyyn tarkoitetulla etukuormaajalla. Koneen kuljettaja oli tottunut metsäajoon, mutta oksien kerääminen oli hänelle outoa. Koneesta näkyi huonosti keräilykouraan.

Työskentely tapahtui samoin kuin pienkoneilla, paitsi ettei Tree Farmer voinut suuren kokonsa vuoksi väistää samassa määrin reitilleen osuvia kiviä ja kantoja. Tästä oli seurauksena maan laikuttuminen ja kivennäismaan mukaantulo oksakasoihin. Tree Farmer keräsi hehtaarille 8–16 oksakasa. Taakan keskikoko oli 1.1 oksakuutiometriä. Aikaa oksakuutiometriin kasaamiseen kului 192–354 senttiminuttia. Taulukossa 4 on esitetty tarkemmat tulokset oksien kasaamisesta.

Tree Farmer oli tutkituista koneista ehdottomasti maastokelpoisin. Sen oksien joukkoon keräämä kivennäismaa estää kuitenkin koneen käytön hakettavaksi tulevan oksaraaka-aineen keruussa.

324. Oksaraaka-ainekertymä ja työn laatu

Koko hakkuualueella oli keskimäärin 139 kuutiometriä runkopuuta hehtaarilla. Käyttämällä aikaisemmissa mittauksissa saatuja keskimääräisiä oksaprosentteja männyllä 25 ja kuusella 50 (vrt. HAKKILA 1972a) saadaan alueen teoreettiseksi oksaraaka-ainemääräksi hehtaarille keskimäärin 22.8 kuivatonna. Kaikkien koalojen keskimääräiseksi oksamääräksi saatiin punnituksissa 21.1 kuivatonna hehtaarilla.

Tutkimuksessa eri koaloilta saatiin kerättyä hehtaaria kohti 6.8–18.4 kuivatonna oksaa. Kaikkea maastossa olevaa oksaraaka-ainetta ei kuitenkaan ole mahdollista saada talteen ko-

neellisilla keräilymenetelmillä. Kasauksen jälkeen mitattiin eri koalueille jäänyt oksaraaka-aine, joka vaihteli 5.0–12.8 kuivatonnin välillä hehtaarilla. Taulukossa 5 on esitetty eri koneiden keräämät sekä alueille jääneet oksamäärät.

Keräämättä jääneiden oksien määrä lisääntyy maastoluokan huonontuessa. Eri koalueille jäi kuitenkin 23–61 prosenttia oksaraaka-aineesta keräämättä. Tämä on prosentuaalisesti huomattavasti enemmän kuin aikaisemmassa tutkimuksessa, mutta määrällisesti vain hieman suurempi. Tulos osoittaa, että pinta-alaysikköä kohti keräämättä jäävä oksamäärä on lähes riippumaton alueella olleesta kokonaisoksamäärästä.

Tärkeintä oksien kasaustyön laadussa on raaka-aineen kivettömyys, sillä oksatavaraa, jossa on mineraalimaata, ei voida hakettaa terähakkureilla. Saarijärven työmaalla Bobcatin keräämä oksaraaka-aine oli käytännöllisesti katsoen kivetöntä. Scatbackin kasaamien oksien joukossa oli alussa jonkin verran maata, mutta kuljettajan kokemuksen lisääntyessä ei maata enää tullut mukaan. Sensijaan Tree Farmerilla ei kyetty keräämään oksia siten, ettei kunta olisi paikoitellen tullut mukaan oksakasoihin. Kivennäismaata oli Tree Farmerin kasoissa niin paljon, ettei oksien hakettaminen olisi tullut kysymykseen,

Oksaraaka-aine oli suhteellisen tuoretta, johon tuen suurimalta osalta kosteasta syksystä. Keskimääräinen kosteusprosentti oli tuorepainosta laskettuna 51. Neulasten osuus koko oksaraaka-aineen kuivapainosta oli 27 prosenttia.

325. Kustannukset

Kustannuslaskelmissa on käytetty tammi-kuun 1975 hintatasoa. Tree Farmer juontotraktorin tuntikustannuksena on pidetty 48

Taulukko 5. Raaka-ainekertymät ja alueille jääneet oksat eri maastoluokissa.

Table 5. The amount of collected and uncollected branch raw material in different terrain classes.

Maastoluokka Terrain class	Davis Scatback		Melroe Bobcat		Tree Farmer	
	Oksaraaka-ainetta neulasineen, kuivatonna/ha – Branch raw material with needles, dry tons/ha					
	Kerätty Collected	Jäänyt Uncollected	Kerätty Collected	Jäänyt Uncollected	Kerätty Collected	Jäänyt Uncollected
1	12.0	5.6	16.9	5.0	18.4	7.5
2	11.7	7.2	17.1	8.1	8.1	12.8
3	6.8	9.9	12.0	9.9

Taulukko 6. Oksien kasauskustannukset maastoluokittain.
 Table 6. Cost of bunching branch raw material by terrain classes.

Kone Machine	Maastoluokka – Terrain class								
	1			2			3		
	Kasauskustannus mk/tonni – Bunching costs, marks/ton								
	Tuore (neula- sineen) Green (with needles)	Kuiva (neula- sineen) Dry (with needles)	Kuiva (ilman neulasia) Dry (without needles)	Tuore (neula- sineen) Green (with needles)	Kuiva (neula- sineen) Dry (with needles)	Kuiva (ilman neulasia) Dry (without needles)	Tuore (neula- sineen) Green (with needles)	Kuiva (neula- sineen) Dry (with needles)	Kuiva (ilman neulasia) Dry (without needles)
Davis Scatback	10	21	29	12	27	36	14	31	40
Melroe Bobcat	6	14	19	9	19	27	10	22	31
Tree Farmer	12	25	34	19	40	53

markkaa (Metsätraktoreilla... 1974). Scatback ja Bobcat pyöräkuormaajia ei ole toistaiseksi ollut käytännön työssä metsässä. Näin ollen niiden tuntikustannuksista ei ole olemassa tarkkoja tietoja. Laskelmissa on kustannukseksi oletettu 40 markkaa. Taulukossa 6 on esitetty edellä mainituilla perusteilla lasketut kasauskustannukset maastoluokittain.

Kustannuksia vertaillaessa on muistettava, että Scatbackilla oli oksien kasaustyöhön tottumaton kuljettaja ja että Tree Farmerin kasaamaa oksatavaraa ei olisi voitu hakettaa mukana olevan kivennäismaan takia.

33. Päätelmiä

Kasauskokeet osoittivat, että nykyisellä pienpyöräkuormaajakalustolla pystytään oksaraaka-ainetta kasaamaan moottorisahahakkuun jäljiltä kolmessa helpoimmassa maastoluokassa. Käytännön mittakaavaisessa työssä tullee kuitenkin kyseeseen vain maastoluokat 1 ja 2, sillä kyseiset pienkoneet tuskin kestävät jatkuvaa työs-

kentelyä kolmannessa maastoluokassa. Monitoimikonekorjuussa ei oksien kasaukseen todennäköisesti tarvita erillisiä koneita (vrt. luku 2). Tämä ei kuitenkaan laajenna oksien korjuuseen soveltuvien alueiden määrää, sillä nykyiset monitoimikoneet toimivat etupäässä 1 ja 2 maastoluokassa.

Kokeilun aikana havaittiin, ettei metsätraktoreille tehty maastoluokitus sellaisenaan soveltu käytettäväksi määriteltäessä pientraktoreiden maastovaikeustekijöitä. Pientraktoreiden hyvästä ohjailtavuudesta johtuu, etteivät kivet, kannot ja kaltevuudet vaikeuta niiden liikkumista samassa määrin kuin metsätraktoreilla. Sensijaan pienestä maavarasta johtuen ne ovat arkoja louhikoille.

Talvella tapahtuva oksien kasaaminen vaatii koneilta varsin pientä pintapainetta. Suoritetuissa jatkotutkimuksissa Bobcat selviytyi hyvin oksaraaka-aineen kasauksesta 50–60 cm:n lumessa. Kasauustuokset olivat huonommat kuin tässä tutkimuksessa. Tämä johtuu koneen hitaammasta liikkumisesta lumessa (KALAJA ja MÄKELÄ 1975).

4. OKSARAACA-AINEEN METSÄKULJETUS

Oksaraaka-aineen korjuussa lähikuljetus on kasausta seuraava työvaihe. Aikaisemmissa oksaraaka-aineen metsäkuljetustutkimuksissa on selvitetty kuormaamiseen parhaiten soveltuvaa kouratyyppejä sekä suoritettu alustavia tuotosselvi-

tyksiä vakiovarusteisella metsätraktorilla (HARSTELA ja TAKALO 1974). Tässä tutkimuksessa on pyritty alustavasti selvittämään metsäkuljetuksen tuotos ja kustannukset yksiköllä, jossa on edellisissä kokeissa parhaimmaksi havaittu kuor-

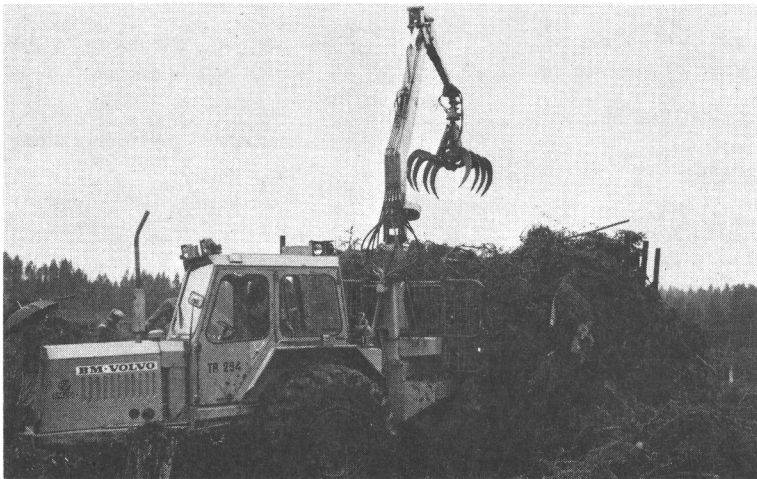
mauskoura sekä suurennettu kuormatila. Samalla on selvitelty oksien välivarastokasan tiivistämistä metsätraktorilla.

41. Tutkimuksen suoritus ja aineisto

Metsäkuljetustutkimuksessa kuljetettiin yhteensä 320 kuutiometriä oksaa välivarastolle. Tutkimus suoritettiin lokakuussa 1974 Saarijärvellä samalla hakkuualueella kuin oksien kasaustutkimus. Oksakat oli kerätty Davis

Scatback, Melroe Bobcat ja Tree Farmer koneilla. Maasto oli keskimäärin toista luokkaa.

Tutkittu kuljetusyksikkö oli Volvo SM-868, jossa oli Ösa-350 kuormain. Kourana siinä oli aikaisemmissa tutkimuksissa oksapuun kuormaamiseen sopivaksi osoittautunut levennetty pystysylinterinen puutavarakoura. Koneen kuormatila oli suurennettu 5.3 metriä leveäksi ja 1.9 metriä korkeaksi erikoisleveillä pankkoilla. Kokeessa olleessa muodossa kone kykeni kuljettamaan 50–60 kuutiometrin oksakuorman.



Kuva 9 ja 10. Oksaraaka-aineen kuljetusta kuormatraktorilla
Fig. 9 and 10. Forest haulage of branch raw material with a forwarder

42. Tutkimustulokset

421. Oksaraaka-aineen kuljetus

Aikatutkimuksessa työ jaettiin seuraaviin työvaiheisiin: kuormaus, kuormausajo, kuormattuna ajo, purkaminen ja tyhjänä ajo.

Kuormaus käsitti oksatavaran siirtämisen maasta kuormatilaan. Oksat olivat palstalla kasauskoneiden keräämissä 6.6–17.7 m³:n kasoissa. Kasan pohjalle jäi kuormaamattakeskimäärin 10 kiloa oksia. Yksittäisen kasan kuormaamiseen kului aikaa 174–467 cmin. Oksakuutiometriä kohti kului aikaa keskimäärin 26.4 cmin.

Kuormausajo käsitti siirtymiset, jotka kuljetusyksikkö joutui suorittamaan kerätessään kuormaa. Ajomatka oli keskimäärin 150 metriä kuormaa kohti. Matka muodostui tutkimuksen järjestelyyn liittyvien tekijäin vuoksi pitemmäksi kuin se olisi ollut normaalissa ajossa. Ajonopeus oli keskimäärin 33 m/min.

Kuormattuna ajo sisälsi täyden kuorman siirtämisen viimeiseltä kuormauspaikalta välivarastolle. Keskimääräinen ajomatka oli 165 metriä ja ajonopeus 38 m/min.

Purkaminen sisälsi kuorman purkamisen välivarastolla. Yhteen kouraisuun kului aikaa keskimäärin 14 cmin.

Tyhjänä ajossa kone siirtyi välivarastolta ensimmäiselle kuormauspaikalle. Keskimääräinen ajomatka oli 196 metriä ja ajonopeus 43 m/min.

Taulukossa 7 on esitetty ajanmenekki oksien metsäkuljetuksessa 300 metrin matkalla. Kuor-

man kooksi on oletettu 50 m³. Tyhjänä ajossa on mitatuista tuloksista poiketen nopeutena 50 metriä minuutissa, joka on 8 tuntista työpäivää sovellettaessa ISO:n heilunnan vaararajan alapuolella ja on hieman pienempi kuin KAHALAn (1974) mittaama kuormatraktorin keskimääräinen tyhjänäajonopeus.

422. Kuorman koko

Oksien kasaustutkimuksen yhteydessä punnittiin osa kasoista. Kuljetuksessa nämä kasat kerättiin erillisiksi kuormiksi, joista siis saatiin myös painotiedot. Kuorman tilavuus mitattiin välivarastolla. Samalla yritettiin kuormaa tiivistää vetämällä vajeri kuorman ympäri ja kiristämällä sitä taljalla, jonka maksimivoima oli 1.5 tonnia. Tiivistämisellä ei saatu kuitenkaan aikaan sanottavaa vaikutusta, joten siitä luovuttiin.

Kuormien koko vaihteli 39–60 oksakuutiometrin välillä keskiarvon ollessa 50 m³. Punnittujen kuormien keskikoko oli 7.3 tuoretonnia ja vaihteluväli 5.4:stä 9.5:een. Oksakuutiometri painoi kuormassa keskimäärin 151 kg/m³.

423. Kuljetustuotos ja kustannukset

Taulukossa 8 on esitetty oksatavaran metsäkuljetuksen tuotokset ja kustannukset eri kuljetusmatkoilla. Metsäkuljetuksen tuotos oli 300

Taulukko 7. Ajanmenekki oksaraaka-aineen metsäkuljetuksessa 300 metrin kuljetusmatkalla.
Table 7. Expenditure of time in the forest haulage of branch raw material over a haulage distance of 300 m.

Työvaihe – Element	Ajanmenekki – Expenditure of time		
	cmin/kuorma cmin/load	cmin/oksakuutiometri cmin/branch cu.m.	%
Tyhjänä ajo (300 m) – Driving empty (300 m)	600	12	16
Kuormaus – Loading	1320	26	35
Kuormausajo (100 m) – Collecting driving (100 m)	300	6	8
Kuormattuna ajo (300 m) – Hauling loaded (300 m)	780	16	22
Purkaminen – Unloading	715	14	19
Tehotyöaika – Productive working time	3715	74	100
Keskeytykset (10 %) – Interruptions (10 %)	372	7	10
Yhteensä – Total	4087	81	110

Taulukko 8. Oksaraaka-aineen metsäkuljetuksen tuotos ja kustannukset kuljetusmatkasta riippuen.
 Table 8. Output and costs of forest haulage of branch raw material in ratio to the haulage distance.

Kuljetus- matka, m Haulage distance, m	Tuotos – Output		Kuljetuskustannus – Haulage costs	
	tuoreton- nia/tunti green ton/h	kuivatonna/ tunti dry ton/h	markkaa/ tuoretonni marks/green ton	markkaa/ kuivatonna marks/dry ton
100	12.1	6.1	6:40	12:70
200	10.3	5.2	7:50	14:90
300	9.2	4.6	8:40	16:80
400	7.9	4.0	9:80	19:40
500	7.1	3.6	10:90	21:50

metrin matkalla 73.5 m³ eli 9.3 tuoretonnia tunnissa. Volvo SM-868 kuormatraktorin tunti-kustannuksena on käytetty 77.40 markkaa (Metsätraktoreilla. . . 1974).

Käytetyllä yksiköllä kuljetuskustannukset olivat 300 metrin matkalla yli 14 markkaa alhaisemmat tuoretonnilta kuin normaalivarusteisella kuormatraktorilla aikaisemmassa tutkimuksessa (HARSTELA ja TAKALO 1974).

424. Väliavarastokasan tiivistäminen

Oksaraaka-aineen korjuussa väliavarastokasojen vaatima suuri tila saattaa monessa tapauksessa muodostua vaikeaksi ongelmaksi. Tämän helpottamiseksi olisi oksatavara saatava varastoiduiksi mahdollisimman tiiviisiin kasoihin.

Metsäkuljetuksen yhteydessä suoritettiin alustava kokeilu väliavarastokasan tiivistämisestä ajamalla sen päällä metsätraktorilla. Kokeessa tiivistetty kasa oli 10 metriä pitkä ja 8.5 metriä leveä ja sen korkeus alussa oli 2.5 metriä. Kun metsätraktorilla oli ajettu kasan päällä noin 10 minuuttia oli korkeus alentunut 1.1 metriin, samalla pituus oli lisääntynyt 0.5 metrillä. Näin ollen kasan tilavuus oli pienentynyt 54 prosenttia alkuperäisestä.

43. Päätelmiä

Tutkitulla yksiköllä päästiin huomattavasti parempaan tuotokseen kuin aikaisemmissa tutkimuksissa normaalivarusteisella kuormatraktorilla. Tuotoksen kohoaminen aiheutui pääasiassa kuormatilan laajentamisesta, mutta osuutensa on varmasti myös oksien kuormaamiseen hyvin sopivalla kouralla ja kuljettajan ammattitaidolla. Toisaalta oksaraaka-aineen kuljetuksessa eivät kuljettajien erot muodostune yhtä suuriksi kuin runkopuulla, johtuen oksien kuormaamisen ja purkamisen helppoudesta. Mikäli tutkitulla kuljetusyksiköllä olisi kuljetettu 60:n kuutiometrin kuormia 50:n sijasta, olisi tuntituotos parantunut vielä 12 prosenttia. Kun nykyiset raskaat metsätraktorit kykenevät kuljettamaan 12 tonnin kuormaa, voisi oksakuorman koko olla painon puolesta lähes 80 kuutiometriä.

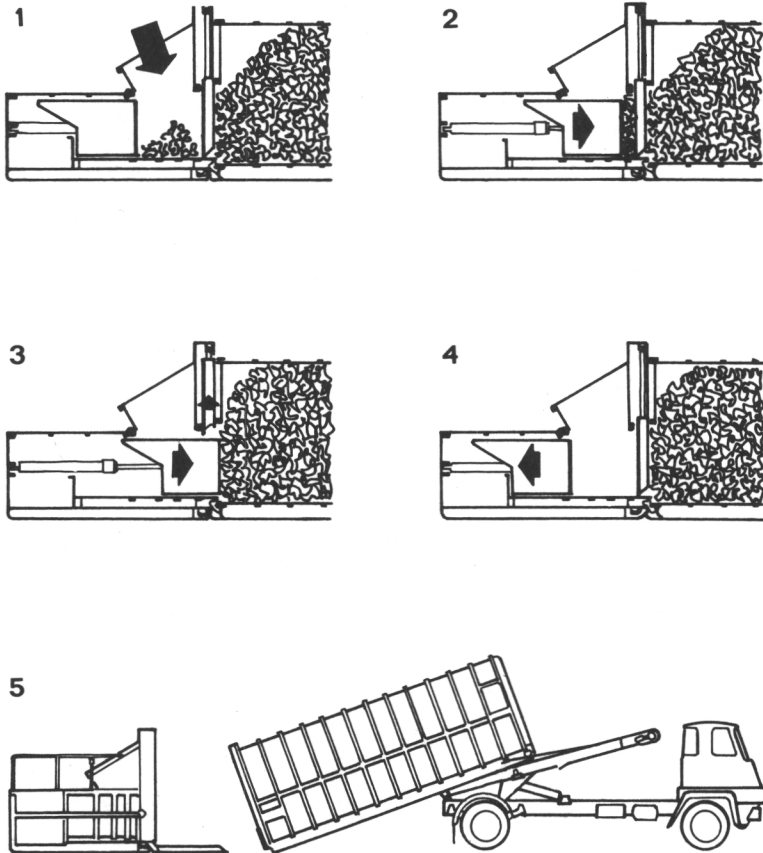
Oksakuorman tiivistämisellä voidaan tarvittavaa kuormatilaa pienentää. Tällöin kuitenkin joudutaan traktoriin asentamaan lisälaitteita, jotka puolestaan saattavat rajoittaa yksikön käyttöä runkopuun kuljetuksessa. Kun tarkastellaan tutkimuksessa saatuja kuljetuskustannuksia on tiivistämisellä mahdollisesti saavutettava hyöty tuskin metsäkuljetuksessa merkittävä. Enemmän lienee voitettavissa suurentamalla kuormatilan kokoa entisestään. Väliavarastokasan tiivistäminen metsätraktorilla päällä ajamalla osoittautui sensijaan varsin käyttökelpoiseksi menetelmäksi.

5. OKSARAACA-AINEEN TIIVISTÄMINEN KAUKOKULJETUKSEEN

Oksaraaka-aineen korjuukoneita suunniteltaessa on oltava kuva koneiden sijainnista korjuuketjussa. Tärkein kehitettävistä koneista tulee olemaan oksahakkuri. Se voi sijaita palstalla, välivarastolla tai tehtaalla. Palstahaketus ei muodostune merkittäväksi menetelmäksi, johtuen sekä pienistä oksa- ja latvuspuumääristä pinta-alayksiköllä että oksahakkurin suuresta koosta, joka tekee sen liikkumisen maastossa vaikeaksi tai peräti mahdottomaksi. Niin kauan kuin oksaraaka-aineen kaukokuljetus tehtaalle ei ole kannattavaa, muodostaa välivarastohaketus ainoan varteen otettavan vaihtoehdon.

Tämän tutkimussarjan eräänä osana on pyrittävä selvittämään, onko mahdollista tiivistää oksaraaka-ainetta kaukokuljetusvaiheessa siksi paljon, että sen kuljettaminen tehtaalle on taloudellisesti kannattavaa. Mikäli tässä onnistutaan tulisi tehtaalla tapahtuva haketus varteen otettavaksi vaihtoehdoksi. Tehdashaketuksen etuina olisivat muun muassa mahdollisuus riittävän järeään hakkurirakenteeseen, sähkön käyttö voimanlähteenä, hakkeen varastointiajan lyhentymisen sekä mahdollisuus säädellä paremmin hakkeen laatua.

Ruotsissa suoritetaan parhaillaan oksaraaka-



Kuva 11. Jätepuristimen toimintaperiaate
 Fig.11. The working method of waste press

aineen tiivistämiskokeita, joissa oksat ja latvukset puristetaan noin puolen kuutiometrin paa-
leiksi kaukokuljetusta ja hakkuriin syöttämistä
varten. Tarkoituksena on jatkossa löytää paalin
sitomiseen sopiva materiaali sekä aloittaa paa-
lien haketuskoheet (WERNIUS 1975).

51. Tutkimuksen suoritus ja aineisto

Oksa- ja latvuspuun tiivistämiskokeilu suori-
tettiin marraskuussa 1974 Mynämäellä. Tiivistä-
miseen käytettiin Autolava Oy:n valmistamaa
kiinteistöjätteiden käsittelyyn tarkoitettua
DC 1200 jätepuristinta. Sen toimintaperiaate
on esitetty kuvassa 11. Laitteen puristuskam-
mion tilavuus on 1.2 m³, pituus 1.00 m, leveys
1.35 m ja korkeus 90 cm. Puristumäntää lii-
kuttava 150 mm:n paksuinen sylinteri saa 28
tonnin työntövoiman 7.5 kW/380 V:n sähkö-
moottorista. Puristusvoima on tällöin 2.3
kp/cm². Työjakson kesto-aika on 42 sekuntia.
Jätepuristimeen oli liitetty 21 kuutiometrin
säiliö, johon esipuristettu tavara tiivistettiin.

Kokeessa tiivistettiin yksi 21 m³:n säiliö
männyn ja kuusen oksia, sillä tarkoitus oli vain
alustavasti selvittää menetelmän käyttökelpoi-
suus.

52. Oksaraaka-aineen tiivistäminen

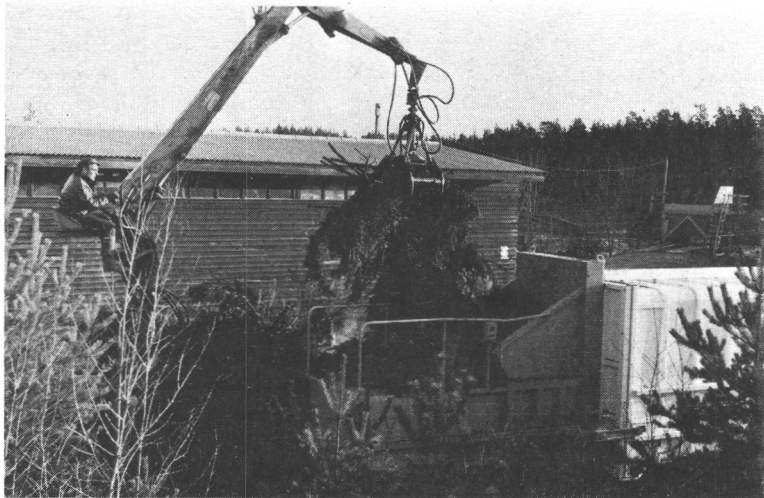
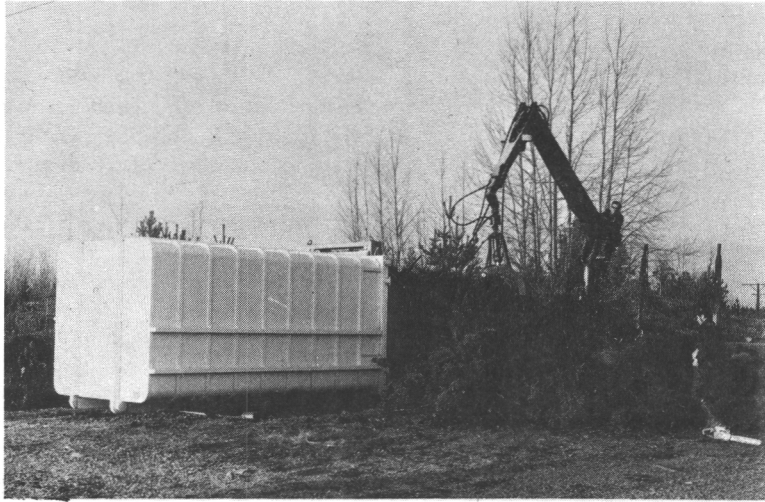
Oksaraaka-aine oli kerätty hakkuualueen
laitaan Scatback pyöräkuormaajalla. Tästä se
ensin kuormattiin kourakuormaimella 19 m³:n
vertailulaatikkoon, jolla oksatavara sitten kulje-
tettiin tiivistyspaikalle. Kaikki kuormat punnit-
tiin poliisien käyttämällä autovaa'oilla.

Syöttö jätepuristimeen tapahtui kourakuor-
maimella. Siinä oli lieviä vaikeuksia pitkien
oksien ja latvusten asettelemisessa kiinteistö-
jätteitä varten suunniteltuun syöttöaukkoon.
Suurempi puristuskammioisen jätepuristimen
käyttäminen tai oksien katkaiseminen syöttö-
kouralla kahteen tai kolmeen osaan olisi helpot-
tanut syöttöä. Puristumännän voima riitti kat-
kaisemaan säiliöön työnnettäessä tiellä olevat
oksat. Kun säiliö oli täynnä se punnittiin ja
tyhjennettiin kippaamalla. Oksatavara purkau-
tui kipattaessa helposti säiliöstä.

Taulukosta 9 voidaan todeta, että oksa-
tavarahan tiivistämisellä päästään suhteellisen kor-
keaan kuutiometripainoon. Sekä männyllä että
kuusella kuutiometripaino on suurempi kuin
okсахakkeen paino, joka on noin 260 kg/m³
(vrt. ELOVAINIO, HAKKILA, RUOSTE ja
SCHILDT 1973). Kokeessa käytetyn 21 kuutio-
metrin säiliön täyttämiseksi tarvittiin keskimää-

Taulukko 9. Tärkeimmät tulokset Autolava Oy:n jätepuristimella suoritetusta oksien tiivistämisestä.
Table 9. The most important results of compression of branch raw material of the Autolava Oy
waste press.

Ominaisuus – Property	Puulaji – Species	
	Mänty Pine	Kuusi Spruce
Tuorepaino tiivistämättömänä, kg/m ³ – Green weight uncompressed, kg/cu.m. – neulasineen – with needles	138	124
Kuivapaino tiivistämättömänä, kg/m ³ – Dry weight uncompressed, kg/cu.m. – neulasineen – with needles	69	62
– kuorellista puuta ilman neulasia – unbarked timber without needles	55	48
Tuorepaino tiivistettynä, kg/m ³ – Green weight compressed, kg/cu.m. – neulasineen – with needles	357	315
Kuivapaino tiivistettynä, kg/m ³ – Dry weight compressed, kg/cu.m. – neulasineen – with needles	179	158
– kuorellista puuta ilman neulasia – unbarked timber without needles	144	122
Tiivistymissuhde, tiivistämättä/tiivistettynä – Compression ratio, compressed/ uncompressed	2.6:1	2.5:1



Kuva 12 ja 13. Oksaraaka-aineen tiivistämistä
Fig. 12 and 13. Compression of branch raw material

rin 110 puristusta. Tehollista työaikaa tähän kului noin 1.5 tuntia.

53. Päätelmiä

Koe osoitti, että oksa- ja latvustavara voidaan

puristaa kaukokuljetusta varten varsin tiheäksi. Puristuslaitteiston ja syöttökoneen kustannukset ovat kuitenkin varsin korkeat työn tuotokseen nähden. Tuotoksen kohottaminen edellyttää lähinnä suuremmalla syöttökammiolla varustettua puristinta sekä toisaalta oksia katkaisevaa kouraa.

KIRJALLISUUTTA

- ELOVAINIO, A., HAKKILA, P., RUOSTE, T. ja SCHILDT, Y. 1973. Oksaraaka-aineen korjuu. Projektisuunnitelma. Hakkuutähdetutkimuksen metsäpään projektiryhmä. Moniste. Helsinki.
- HAKKILA, P. 1972a. Coniferous branches as a raw material source. Tiivistelmä: Havupuun oksat raaka-ainelähteenä. Metsäntutk. lait. Julk. 75.1
- HAKKILA, P. 1972b. Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa. Summary: Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. Folia Forestalia 159.
- HAKKILA, P. ja KALAJA, H. 1974. Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla. Summary: Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader. Folia Forestalia 204.
- HARSTELA, P. ja TAKALO, S. 1974. Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta. Summary: Experiments of loading and transportation of branch raw material. Folia Forestalia 215.
- KAHALA, M. 1974. Erikokoisten kuorma-traktoreiden tuotostaso. Summary: The output level of forwarders of different sizes. Metsätehon tiedotus 334.
- KALAJA, H. ja MÄKELÄ, M. 1975. Oksaraaka-aineen kasaus talviolosuhteissa Bobcat M-700 pyöräkuormaajalla. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- Metsätraktoreilla tapahtuvan puutavarankuljetuksen ohjemaksut Etelä-Suomessa 1974-02-01 - 1975-01-31. Helsinki 1974.
- TROIL, E. von 1975. Hakkuutähteiden määrä ja kasautuminen käytettäessä eri monitoimikonetyyppejä. Metsäteknologian pro gradu -työ. Helsinki,
- WERNIUS, S. 1975. Komprimering av skogsavfall. Moniste.

- 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.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972.
The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidirakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorioitoksista
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 turveruukun 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,—
- 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 kuberingsstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Alli 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: Harvennusmetsien 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 Kiefernastholz. 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennotaimien 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 Rikkonen: Korvuvaneritukkien 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: Päiväänsio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Jarveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- 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 Metsätalastollinen 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-ainenäkyvät 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 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 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—