

FOLIA FORESTALIA 256

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1976

PENTTI HAKKILA, HANNU KALAJA JA
YRJÖ SCHILDT

BOBCAT M-721 KAATO-KASAUSKONE MÄNNI-
KÖN ENSIHARVENNUKSESSA

BOBCAT M-721 FELLER-BUNCHER IN EARLY
THINNING OF SCOTS PINE

- No 186 Esko Jaatinen: Recriational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta. Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypisistä ja geneettisestä vaihtelusta. Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—
- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytyminen Suomen itäosissa. Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa. On the supply of roundwood in Finland. 4,—
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72. Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä. Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur. 2,—
- 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 kuorivioituksista. On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972. Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed. Kylvösuojan ja kylmästratifioinnin 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 an 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. 2,—
- 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: Harvennussuunnitelman 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

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1976

Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt

BOBCAT M-721 KAATO-KASAUSSKONE MÄNNIKÖN

ENSIHARVENNUKSESSA

Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine

ALKUSANAT

SITRA käynnisti kesällä 1973 Lyhytkiertopuun kasvatus- ja käyttöprojektin, jonka erääksi keskeiseksi tehtäväksi tuli pienpuun korjuumenetelmien kehittäminen. Tavoitteeksi asetettiin puun koko maanpäällisen osan hyväksikäyttö.

Alkuvaiheessa kehitystyön pääpaino kohdistettiin kokopuuhaakkuriin. Niin pian kuin ketjun tähän vaiheeseen alkoi hahmottua käyttökelpoisia koneita, tilalle nousi uusi kitkatekijä, pienpuun kaato ja kasaus.

Vuosien 1974 ja 1975 aikana pienpuun kaadon ja kasauksen ongelmaan on etsitty ratkaisua usealla taholla. Tässä tutkimuksessa kuvataan erästä vaihtoehtoa, joka pohjautuu Bobcat M-721 kuormaajaan asennettuun kaato-kasauslaitteeseen.

Menetelmä ja kaato-kasauslaite on kehitetty Enso-Gutzeit Osakeyhtiön ja SITRAn Lyhytkiertopuun kasvatus- ja käyttöprojektin välillä tehdyn sopimuksen puitteissa. Kaato-kasauslaitteen on rakentanut Työtehosseura r.y Enso-Gutzeit Osakeyhtiön asettamien vaatimusten mukaiseksi. Varsinaisesta tutkimuksesta on vastannut Metsäntutkimuslaitos.

Kaato-kasauslaitteen ovat suunnitelleet metsänhoitaja PAAVO HAATAJA ja teknikko MARTTI INKEROINEN Työtehosseura r.y:stä sekä teknikko EERO NISSINEN ja asentaja JAAKKO PITKÄNEN Enso-Gutzeit Osakeyhtiöstä. Työmenetelmän kehittelyyn ovat osallistuneet metsänhoitaja ILKKA KALLIO, metsätekniikko OLLI TEITTINEN ja työnjohtaja REIJO RIIVARI Enso-Gutzeit Osakeyhtiöstä. Insinööri KALERVO MALINEN on avustanut peruskonetta koskeissa kysymyksissä. Koneen kuljettajana on toiminut HEINO LAAMANEN. Pääosan mittauksista ovat tehneet RITVA ja TAPIO NEVALAINEN sekä HEIKKI LAIHANEN. Metsänhoitaja ANTTI ISOMÄKI on avustanut vaurioitten inventoinnissa. Tietokone-tehtävät on hoitanut metsänhoitaja EERO LEHTONEN ja konekirjoitustyön neiti RAIJA SIEKKINEN.

Lausumme parhaat kiitoksemme kaikille työssä mukana olleille.

Allekirjoittaneitten yhteistyössä on Yrjö Schildt vastannut lähinnä laite- ja menetelmäkehittelystä, Hannu Kalaja tutkimuksen suunnittelusta ja toteuttamisesta sekä Pentti Hakkila käsikirjoituksen laatimisesta.

Helsingissä ja Imatralla helmikuussa 1976

Pentti Hakkila Hannu Kalaja Yrjö Schildt

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY	3
TIIVISTELMÄ	4
1. Ensiharvennus korjuuteknisenä ongelmana	5
2. Kaato-kasauskoneen rakenne	6
21. Bobcat M-721 kuormaaja peruskoneena	6
22. Kaato-kasauslaite	7
3. Työskentelytekniikka	9
4. Koeolot	12
5. Kaato-kasaustyön ajankäytön rakenne	13
6. Kaato-kasaustyön tuotos	14
7. Raaka-ainekertymä	16
8. Puuston vaurioituminen	17
9. Korjuukustannukset	18
10. Yhteenveto	19
KIRJALLISUUSLUETTELO	20

BOBCAT M-721 FELLER-BUNCHER IN EARLY THINNING OF SCOTS PINE

SUMMARY

The aim of the study is a whole-tree harvesting system suitable for early thinning of Scots pine. Development work is concerned with the weakest link of the chain, that is the felling and bunching phase. Parallel goals are improved recovery of wood, increased productivity, reduced work strain, lower costs and avoidance of damage to standing trees.

The first machine in the harvesting schedule is the Bobcat M-721 loader equipped with a felling-bunching device (Figures 1 and 2). Chipping of whole trees is done in terrain (Figure 8) or, after forwarder transport, at the upper landing site. The felling-bunching device was developed by Enso-Gutzeit Osakeyhtiö in cooperation with the Work Efficiency Association, with the financial support of SITRA (Fund for the Jubilee Year 1967 of Finland's Independence). The machine fells and hauls the trees upright to the strip road side (Figures 3-7 and 9).

Improving recovery of wood

Information on the experimental plots is given in Table 1. The raw material yield was measured from an experimental plot with a mean bole size of 30 dm³. Recovery by the short-wood method would have yielded 29 m³ of unbarked bole wood per hectare as 2-m bolts (minimum top diameter 6 cm), whereas whole-tree chipping yielded 58 m³ of whole-tree raw material. Converted to wood without bark, the figures are 24 and 44 m³, respectively. The quantity of biomass harvested increased by 100 %, that of bark-free wood by 83 %.

Increasing the productivity of work

Output and the productivity of work were measured from two experimental plots in which the mean bole size was 30 and 20 dm³ (Tables

2 and 3, Figures 10-12). The corresponding strip road spacing was 30 and 50 m. The output of the machine per effective hour was 3.4 m³ of bolewood, or 4.2 m³ of whole tree.

The productivity figures for the feller-buncher are based on the present study, for chipping on other studies. The figures include transport to the upper landing site.

	Input of human labour, man-days/m ³	
	Bole wood	Whole-tree raw material
Felling and bunching	0.041	0.033
Chipping and forest transport	0.025	0.019
Total	0.066	0.052

The figures in the table must be compared primarily with the traditional short-wood method in which timber is prepared into 2-m bolts alongside strip roads spaced 30 m apart and then moved to the upper landing site by forwarder. The input of human labour according to this alternative is 0.40 man-days per m³ of bole wood.

Decreasing the logging costs

The cost of harvesting whole-tree chips from the stump to the upper landing site was 14 marks/loose m³ or 34 marks/solid m³ (Table 4). For bole wood the costs were 43 marks/solid m³. For a stand in which the mean bole size is 30 dm³ the cost of harvesting to the upper landing site in the conditions of the experiment was 41 marks per m³ of unbarked bole wood when the short-wood method was used.

Damage to growing trees

The report on damage is confined to the felling and bunching phase. Experimental plot

2 concurs better with the practical conditions. In this plot, the machine operator selected the trees for removal without any advance marking. The strip road spacing was 50 m and the number of stems in the growing stock left standing was 1,068 per hectare.

In these conditions, 4.9 % of the boles were damaged. No damage to the roots was seen, but the study was superficial in this respect.

Other observations

The feller-buncher is intended to perform the ergonomically most difficult phase of the

harvesting system, i.e. felling and bunching, by whole-tree harvesting of small-sized Scots pine. It seems to have done this satisfactorily. However, the ergonomical properties of the Bobcat M-721 loader should also be improved, at least as regards noise, vibration and heating.

The feller-buncher was found to be fully functional in the favourable topographical conditions in which the study was conducted. A separate study must be made to find out how far it can be used in difficult terrain and snow conditions. The future will also show whether it will be possible to mount the felling-bunching device also on other mini-tractors on the market or under construction.

TIIVISTELMÄ

Tutkimus kohdistuu pienpuun korjuumene-
telmään, jossa kaato ja kasaus tehdään Bobcat
M-721 kuormaajaan asennetulla kaato-kasaus-
laitteella ja kokonaiset puut haketetaan palstalla
tai välivarastolla. Tämä raportti selostaa
kaato-kasauskoneella tehtyjä kokeita.

Kaato-kasauskone selviytyi täysin tyydyttä-
västi helpossa maastossa suoritetusta kokeesta,
jossa ajourien väli oli vaihtoehtoisesti 30 tai 50
metriä ja rungon kuorellinen tilavuus vain

20–30 dm³. Tutkimus osoittaa, että menetelmä
tarjoaa teknisesti ja taloudellisesti varteenotetta-
van vaihtoehdon pienikokoisen ensiharvennus-
männyn korjuuseen. Perinteiseen tavaralajimene-
telmään verrattuna raaka-aineen talteenotto
tehostuu, miestyön tuottavuus kohoaa ja kustan-
nukset alentuvat. Seuraavana tavoitteena on
menetelmän sovellutusalueen laajentaminen
myös vaikeampiin maastoihin.

1. ENSIHARVENNUS KORJUUTEKNISENÄ ONGELMANA

Puun korjuun koneellistaminen on rajoittunut toistaiseksi lähes yksinomaan avohakkuuoloihin. Harvennusleimikoissa koneellistaminen on osoittautunut visaiseksi m.m. seuraavista syistä.

- Poistettavat puut ovat kooltaan pieniä
- Raaka-ainekertymä pinta-alayksiköltä jää pieneksi, vaikka runkoluku saattaakin olla korkea

- Kasvamaan jäävien puitten vaurioitumisvaara rajoittaa koneitten kokoa ja toimintoja

Mitä varhaisemmasta hakkuutapahtumasta on kysymys, sitä huonommin soveltuvat avohakkuitten koneellistamisratkaisut kehitystyön lähtökohdaksi. Vaikeudet ovat niin ollen suurimmat metsänhoidollisissa taimistonhoitotöissä ja ensiharvennuksissa.

	1980	1985	Vuosi 1990	1995	2000	Yht. 20 vuodessa
Ensiharvennuksia, ha	100000	250000	350000	400000	300000	6000000
Runkopuuta, milj. m ³	3.0	7.5	10.5	12.0	9.0	180.0

Ensiharvennuspuun talteenotto on lähitulevaisuudessa metsätaloutemme vakavimpia ongelmia. Metsätyövoiman väheneminen ja pienpuun korjuuseen kohdistuva kustannuspaine edellyttävät koneellistamista, mikäli urakasta aiotaan selviytyä. Menetelmiä ja koneita kehitettäessä on tällöin lähdettävä seuraavista tavoitteista:

- Tuottavuuden kohottaminen
- Kustannusten alentaminen
- Ergonomisten olojen ja työviihtyvyyden parantaminen
- Raaka-aineen talteenoton tehostaminen
- Kasvatettavan puuston vaurioitumisen välttäminen.

Nämä rinnakkaiset päämäärät ovat tuoneet eräänä ratkaisuvaihtoehtona kuvaan kokopuunkäytön, jossa karsimisesta ja pölkyttämisestä luovutaan ja puun koko maanpäällinen osa otetaan talteen hakemenetelmää käyttäen.

Kokopuunkäyttöön tähtäävien korjuuketjujen keskeinen vaihe on hakettaminen. Mutta samaan aikaan kun hakkureitten kehitystyö on johtamassa tulokseen ja kokopuuraaka-aineen

Ensiharvennusten määrästä ja tulevasta kehityksestä ei ole käytettävissä tarkkoja tutkimustuloksia. Tiedetään kuitenkin, että viimeksi kuluneiden 30 vuoden aikana on uusia metsiköitä perustettu peräti 7 milj. ha:n alalle. Varttuneimmat niistä ovat jo saavuttamassa ensiharvennusvaiheen, ja kahden seuraavan vuosikymmenen aikana ensiharvennusleimikkoitten määrä moninkertaistuu nykyisestäään. Seuraava summittainen arvio, jossa ensiharvennuksilla käsiteltäväksi pinta-alaksi oletetaan 1980- ja 1900-luvuilla yhteensä 6 milj. ha ja runkopuun hakkukertymäksi 30 m³/ha, on tarkoitettu vain osoittamaan tehtävän suuruusluokkaa ja tärkeyttä (KUUSELA 1975).

metsäkuljetus jo ratkaistu, pienpuuraaka-aineen korjuuketjun heikoksi lenkiksi on yhä selvemmin jäämässä kaato- ja kasausvaihe. Vaikeutena ei ole niinkään kaato vaan pikemminkin siihen kiinteästi liittyvä kasaus, joka käsin tehtynä on ergonomisesti rasittava.

Kaato-kasausmenetelmä riippuu leimikko-tekijöistä ja korjuuketjun kokonaisratkaisuisista. Suomessa kehitystyön kohteina olevista menetelmistä mainittakoon seuraavat:

- Moottorisahakaato ja sitä helpottavat lisälaitteet
- Vintturit
- Kuormatraktorin liuku- tai teleskooppi-puomin käyttö kasaukseen.

SITRAn Lyhytkiertopuun kasvatus- ja käyttöprojektin sekä Enso-Gutzeit Osakeyhtiön yhteistyönä kehitellään edellisten rinnalla uutta korjuumenetelmää, jossa kaato tapahtuu pienetraktorin kaato-kasauslaitteella ja haketus ajo-uralla tai vaihtoehtoisesti välivarastolla. Tässä tutkimuksessa selostetaan kaatoon ja kasaukseen kehitettyä laitetta ja sen ensimmäisellä prototyypillä tehtyjä kokeita. Kysymyksessä on mei-

dän oloissamme uusi ratkaisu, ikäänkuin pelin aeraus, jolla aluksi tähdätään pintamaastoltaan helppokulkuisiin ensiharvennusleimikoihin. Seu-

raavassa vaiheessa tulee ajankohtaiseksi menetelmän sovellutusalueen laajentaminen vaikeampiinkin maastoihin.

2. KAATO-KASAUSKONEEN RAKENNE

21. Bobcat M-721 kuormaaja peruskoneena

Ensiharvennusleimikot asettavat koneelle ankaria ja usein tinkimättömiä rajoituksia. Näin on erityisesti silloin, kun koneen tulee tunkeutua tieuralta myös palstalle. Koska puusto, maasto ja muutkin leimikkotekijät vaihtelevat laajoissa rajoissa, tarvitaan käytännössä itse asiassa usealaisia koneita. Nyt kuvattava kehitystyö kohdistuu alkuvaiheessa lähinnä edullisimman leimikkotyypin eli kuivien kankaitten männiköitten ensiharvennusten koneellistamiseen. Mutta tuolloinkin palstalla liikkuvaan peruskoneeseen kohdistuu monia odotuksia.

– Koneen on oltava kapea, lyhyt ja ketterä kyetäkseen liikkumaan runkoja vaurioittamatta metsässä, jossa jäävän puuston runkoluku saattaa nousta 1300–1400 kappaleeseen hehtaaria kohti

– Koneen pintapaineen tulee olla alhainen ja sen renkaitten tai telojen sellaiset, että maanpinnan rikkoontuminen ja juuriston ja runkojen vaurioituminen jäävät vähäisiksi

– Koneen tulee olla liikkeissään riittävän nopea, jotta sillä kannattaisi ottaa talteen nykyisin pienen kokonsa vuoksi korjuukelvottomina pidetyt puut jopa 10–15 dm³:n tilavuuteen saakka

– Pääoma- ja käyttökustannusten tulee olla alhaiset, sillä puitten pienestä koosta johtuen tuotos ei voi nousta avohakkuualueilla työskentelevien kaato-kasauskoneitten työsaavutusten tasolle

– Tyydyttävän tuotoksen saavuttamiseksi koneen tulee kyetä kokoamaan ja kuljettamaan pystyasennossa useitten pienten puitten muodostamia taakkoja, joitten paino saattaa nousta 200 kiloon

– Koneen tulee kyetä liikkumaan vaivattomasti ainakin kuivan kankaan männikön maasto-oloissa

– Jotta konetta voitaisiin käyttää myös pienillä työmailla, sen tulee olla helposti siirreltävässä leimikosta toiseen.

– Koneen tulee täyttää ergonomiset vaatimukset heilunnan ja muitten tekijäin suhteen

– On eduksi, jos peruskone soveltuu kaato-kasaustyön ohella myös muihin tehtäviin.

Vaatimukset rajaavat peruskonevaihtoehdot pientraktoreihin. Markkinoilla olevia koneita vertaillaessa päädyttiin Bobcat M-721 kuormaajaan. Sen soveltuvuudesta metsätöihin ei tosin ole käytännön kokemuksia, mutta aikaisemmissa selvityksissä oli saatu rohkaisevia tuloksia hieman kevyemmän Bobcat M-600 kuormaajan käytöstä oksaraaka-aineen kasaukseen (HAKKILA ja KALAJA 1974, MÄKELÄ 1975). Raskeimmat Bobcat M-1074/5 mallin koneet taas ovat Yhdysvalloissa yleisesti käytössä harvennusleimikoitten kaato-kasaustyössä.

Bobcat M-721 kuormaajan valintaan vaikutti ratkaisevasti sen ketteryys puitten välissä pujoeltaessa. Koneen mitat – 152 cm:n leveys ja 222 cm:n pituus ilman lisälaitteita – ja kyky kääntyä ympäri paikallaan mahdollistavat liikumisen metsässä, jossa jäävien puitten runkoluku saattaa nousta jopa 1400 hehtaarilla. Hyvä näkyvyys eteen ja taakse vähentää runkojen vaurioitumista.

Vähäisestä maavarasta huolimatta kone kykenee liikkumaan keskinkertaisissa maastoissa, kunhan pintamaasto on helppokulkuinen. Tämä selittyy seuraavien ominaisuuksien perusteella:

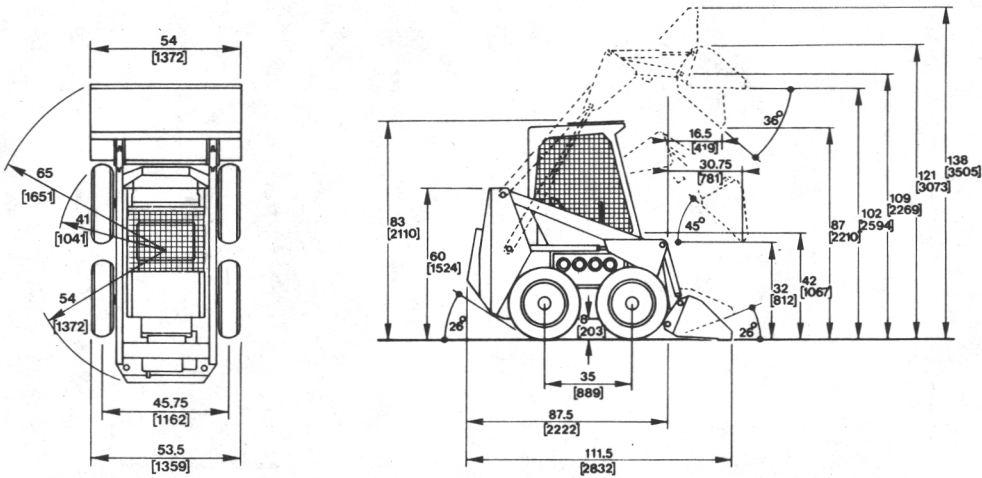
– Hydrostaattinen portaaton voimansiirto ja nelipyöräveto ilman tasauspyörästä lisäävät maastokelpoisuutta

– Lyhyt 89 cm:n akseliväli helpottaa esteitten ylittämistä ja kääntymistä

– Koneen kapeus ja ketteryys sekä sauvaohjauksen nopeus mahdollistavat esteitten kiertämisen

– Alhaalle asettava painopiste parantaa koneen vakavuutta

– Koneen juutuessa kiinni se voi käyttää irrottautumisessa apunaan etuvarsien nostoliikettä



Kuva 1. Bobcat M-721 kuormaajan mitat.
 Figure 1. The measurements of the Bobcat M-721 loader.

- Koneen peruuttaminen omia jälkiään seuraten on yksikertaista ja nopeata
- Kone voidaan pintapaineen alentamiseksi varustaa teloilla
- Alusta on tasainen ja pohjapanssarilla suojattu.

Bobcat M-721 kuormaajaan on saatavissa monipuolinen lisälaittevalikoima. Tämä helpottaa työllistämistä talvella, jolloin paksu lumi- peite tekee sen käytön pienpuun kaato-kasaus- työssä epätarkoituksenmukaiseksi ja jopa mahdottomaksi.

Siirto työmaalta toiselle tapahtuu vaikkapa pakettiautolla, jonka lavalle kuormaaja voidaan ajaa siltalevyjä pitkin.

Koneen tärkeimmät perusmitat ja suoritus- arvot selviävät seuraavasta (vrt. kuva 1):

- Työpaino ilman lisälaitteita 1850 kg
- Leveys maastorenkailta 152 cm
- Pituus ilman lisälaitteita 222 cm
- Korkeus hytin yläreunaan 212 cm
- Akseliväli 89 cm
- Renkaat 10.0" x 16.5" – 6PR
- Moottori kaksisynterinen, ilmajäähdyt- teinen Deutz F2L-411D diesel, teho 26 hv/ 2400 r/min

- Hydraulilaitteiston hammasrataspumpun teho 39 ltr/min ja paine 143 ATMS
- Nelipyöräveto. Ajo eteen ja taakse kahdella käsivivulla portaattomasti säädeltävissä. Paikallaan kääntyminen ristiin vedettävällä
- Ajonopeus eteen ja taakse 0–6.7 km/h, erityisjärjestelyin 0–9.7 km/h
- Suurin bruttokuorma etuvarsiin kiinnit- tetty lisälaitte mukaan luettuna noin 1000 kg.

22. Kaato-kasauslaite

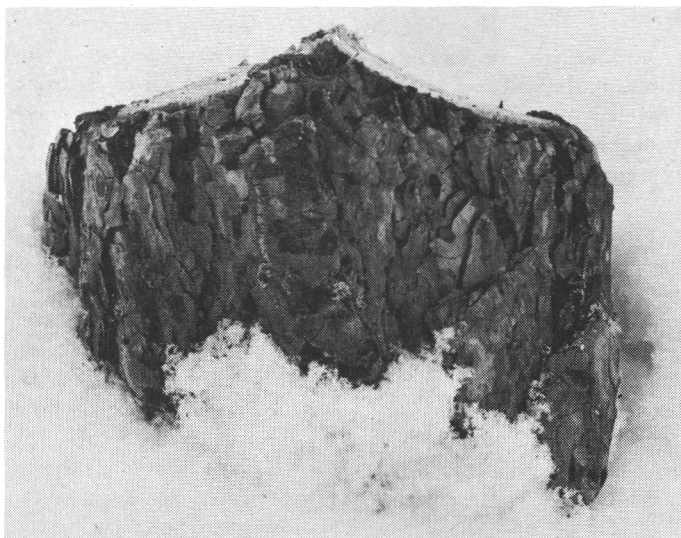
Kaato-kasauslaite liitetään kuormaajan etu- varsiin pikakiinnityksellä. Korkeutta säädellään varsia nostamalla ja laskemalla.

Prototyypilaitteen paino on noin 400 kg, leveys 109 cm ja korkeus 130 cm. Kuormaaja- aan kiinnitettynä laite lisää sen pituutta 63 cm. Kun peruskoneena on Bobcat M-721, yksikön kokonaispituus on 285 cm.

Kaato-kasauslaite koostuu alhaalla olevasta katkaisuterästästä sylintereineen, sen yläpuolelle sijoitetusta puristusvarsiosta sylintereineen sekä näitä yhdistävästä rungosta, jonka avulla laite kiinnitetään kuormaajaan (kuva 2). Kone kerää puristusvarsiinsa usean pystyasennossa



Kuva 2. Kaato-kasauslaite Bobcat M-721 kuormaajaan kiinnitettynä. Peruskone teloilla varustettuna.
Figure 2. The felling-bunching device mounted on the Bobcat M-721 loader. The basic machine is equipped with tracks.



Kuva 3. TTS kaatolaitteen jättämä kantoleikkaus.
Figure 3. A stump cross-section made by the TTS felling head.

olevan puun muodostaman taakan. Ylempänä on jäykkä varsipari, alempana erillinen nivelellä varustettu n.s. polvivarssi.

Katkaisuun valmistautuessaan kone ajaa puun tyvelle ja kietoo puristusvariston rungon ympärille. Tämän jälkeen TTS katkaisuterät leikkaavat puun poikki. Rungon vastakkaisilta sivuilta puuhun tunkeutuvien terien suunta kääntyy ydintä kohti edettäessä lievään nousuun (kuva 3). Leikkuukulman ansiosta voiman tarve ja rungon halkeileminen supistuvat kohtisuoraan katkaisuun verrattuna. Työtä helpottaakseen kuljettaja voi samanaikaisesti kohottaa kaatolaitetta varovasti ylöspäin.

Uudelle puulle siirryttyään kone aukaisee jäykät puristusvarret mutta pitää nivelellä varustetun polvivarren edelleen äsken katkaisemansa puun ympärillä. Seuraavassa vaiheessa jäykät varret kietoutuvat uuden puun ympärille, jolloin kaiken aikaa otteensa säilyttänyt polvivarssi jää ensimmäisen ja toisen puun väliin. Otteen lujituttua kuljettaja vapauttaa puristukseen jääneen polvivarren nivelestä laukaisemalla. Seuraavaksi polvivarssikin kietoutuu koko taakan

ympäri. Tämän jälkeen kone katkaisee puun. Keräily jatkuu, kunnes taakka on täynnä.

Kaato-kasauskoneen hallintalaitteet toimivat seuraavasti:

- Ohjaussauvat
 - Kone liikkuu eteenpäin sauvoja eteen työntämällä
 - Kone liikkuu taaksepäin sauvoja taakse vetämällä
 - Kääntyminen saadaan aikaan edellisten yhteisvaikutuksena ristiin vedättämällä
- Polkimet
 - Kaato-kasauslaitetta nostetaan ja laske-
taan vasemmalla polkimella
 - Kaato-kasauslaitetta kallistetaan eteen
ja taakse oikealla polkimella
- Ohjaussauvojen painonapit
 - Katkaisuterästä hallitaan sauvojen päi-
hin sijoitetuilla napeilla
 - Jäykät varret hallitaan sauvojen etu-
puolella ylempänä olevilla napeilla
 - Polvivarret hallitaan sauvojen etupuolella
alempana olevilla napeilla.

3. TYÖSKENTELYTEKNIikka

Ensiharvennuspuun kaato ja kasaus voivat perustua joko etukäteen tapahtuneeseen leimaukseen tai kuljettajan harkinnan mukaiseen puitten valintaan. Viimeksi mainitun tärkeimmät edut ja haitat ovat seuraavat:

Edut:

- Säästytään leimaukskustannuksilta
- Kuljettaja voi kaadettavia puita valitessaan ottaa huomioon koneen esteettömän liikkumisen asettamat vaatimukset. Juurivaurioita aiheuttavien paikallaan tapahtuvien käännösten määrä vähenee. Työ nopeutuu.
- Mahdollisuus poistettavien puitten yksilöintiin parantane kuljettajan työmotiivatiota.

Haitat:

- Kuljettajalta edellytetään leimauksen hallintaa

- Menetelmä edellyttää hyvää näkyvyyttä kuljettajan paikalta puitten latvoihin, mikä vuoksi työ käy vaikeaksi lumen aikana
- Valvonnan tarve lisääntyy

Kaato-kasaustyö alkaa ajouran avaamisella noin kymmenen metrin matkalta, minkä jälkeen kone ryhtyy suorittamaan varsinaista harvennusta ajourien välimaastossa. Uran leveys, joka riippuu ketjun seuraavasta koneesta, oli tässä tutkimuksessa 4.1 m.

Harvennus etenee puolen palstan syvyydellä uran molemmilla puolilla samanaikaisesti. Kone kerää taakkaansa niin monta puuta kuin varsien otteeseen mahtuu, koetyömailla koosta riippuen 1-6 puuta (kuva 5). Taakan suuruutta rajoittavat käytännössä varsien välinen tila ja kuljettajan näkyvyys, ei niinkään puitten paino. Taakan optimikoko on 3-5 puuta. Taakan täytyttyä kone siirtää sen ajouran varteen joko peruuttaen tai ensin paikoillaan ympäri käännettyään. Viimeksi mainittua pyritään välttämään työn



Kuva 4. Koemetsikkö ennen harvennusta.
Figures 4. The experimental stand before the thinning.



Kuva 5. Taakan kokoaminen.
Figure 5. Collecting the trees.

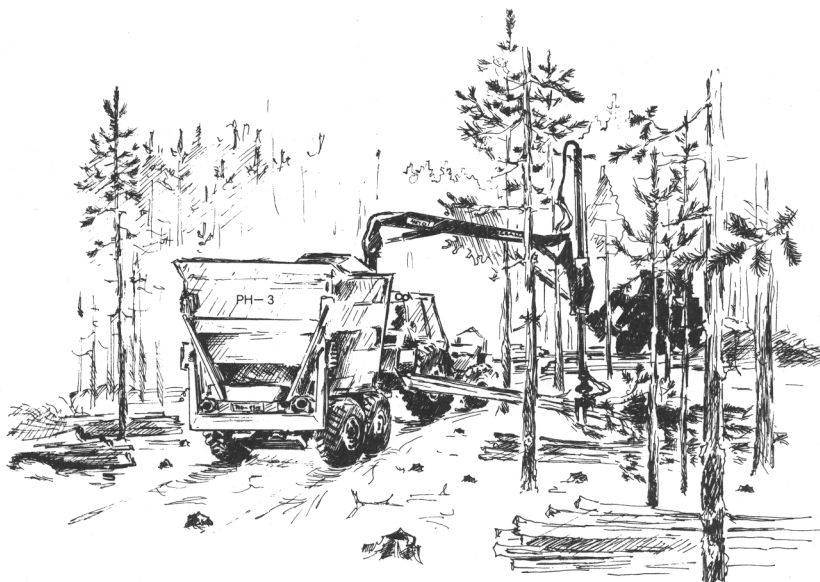


Kuva 6. Taakan pudottaminen ajouran varteen.
Figure 6. Unloading the trees alongside a strip road.



Kuva 7. Taakkoja ajouran varressa. Keskikoko 0.64 m^3 runkopuuta.

Figure 7. Bunches alongside a strip road. Average volume 0.64 m^3 of bole wood.



Kuva 8. Esimerkki palstahaketuksesta. PH 3 hakkuri.

Figure 8. An example of whole-tree chipping on the strip road. The PH 3 chipper.

tarkalla suunnittelulla, sillä kääntyminen saattaa aiheuttaa juurivaurioita.

Taakat jätetään ajouran varteen ketjun seuraavan koneen toiminnan kannalta mahdollisimman edulliseen asentoon (kuvat 6 ja 7). Useita taakkoja ladotaan päällekkäin. Halutessa kaikki puut voidaan kasata samalle puolen tietä.

Menetelmä sopii toiminnallisesti edullisimmin palstahaketusketjuun (kuva 8). Jos käytetään välivarastohaketusta ja sen vaatimaa kuormatraktorikuljetusta, pitkät puut joudutaan katkaisemaan ennen kuljetusta.

4. KOEOLOT

Kokeet tehtiin syksyllä 1975 Ruokolahden pitäjässä Enso-Gutzeit Osakeyhtiön omistamassa VT-kankaan männikössä, joka oli noussut vuonna 1934 suoritetusta kylvöstä (kuva 4). Alueella oli aikaisemmin suoritettu varovainen taimiston harvennus. Maaperä oli hiekkaa, metsätraktoreiden maastoluokituksessa ensimmäistä luokkaa.

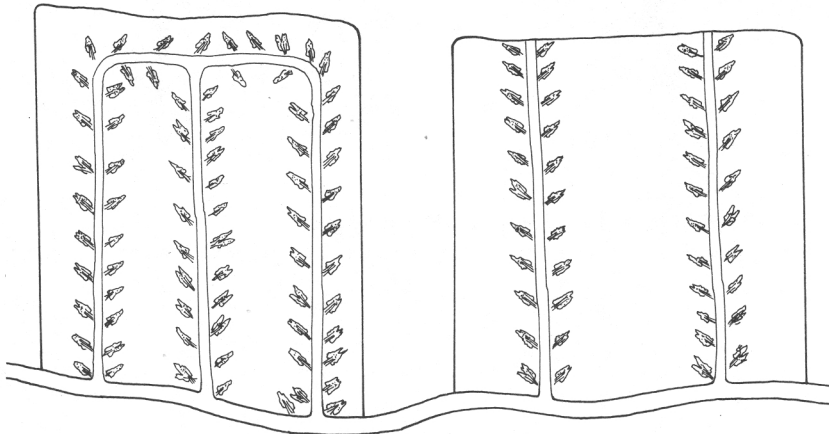
Tutkimusalueelta erotettiin kaksi koealaa. Koeala 1 leimattiin kirveellä perinteiseen tapaan ennen korjuun aloittamista. Ajourien väli oli

30 m. Koealalla 2 etukäteisleimausta ei tehty, vaan poistettava puusto määräytyi kuljettajan harkinnan mukaan. Ajourien väli oli nyt 50 m (kuva 10).

Koealoittaiset puustotiedot on esitetty taulukossa 1. Suuri osa poistettavan puuston runkoluvusta ja kuutiomäärästäkin oli tavaralajimennelmän puitteissa korjuukelvotonta. Kasvatettavan puuston runkoluku jäi ensimmäisellä koealalla ohjearvoja suuremmaksi, mikä on saattanut heikentää työn tuotosta.

Kuva 9. Kasojen sijainti koealoilta 1 ja 2.

Figure 9. Location of the whole-tree bunches on experimental plots 1 and 2.



Taulukko 1. Tietoja koealoista.

Table 1. Information on the experimental plots. On plot 1 the marking of trees to be removed was done beforehand. On plot 2 the selection was done by the machine operator.

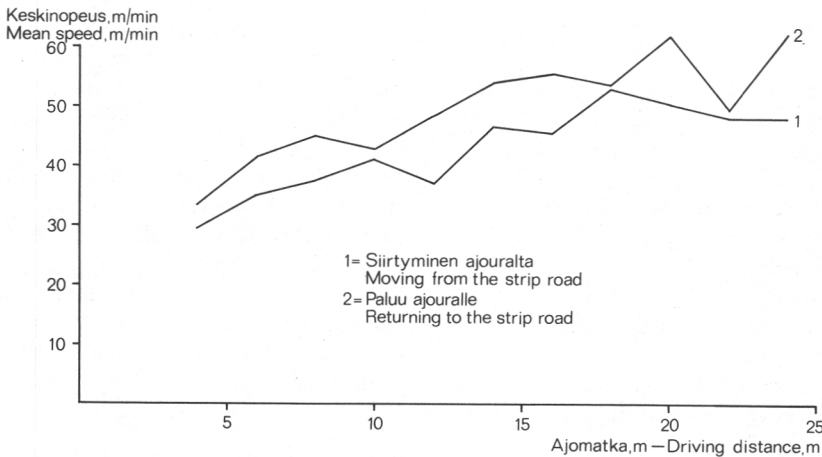
Muuttuja – Variable	Koeala – Experimental plot	
	1	2
Pinta-ala, ha – Area, ha	0.98	0.77
Palstatieväli, m – Distance between strip roads, m	30	50
Kasvatettavia puita, kpl/ha Number of trees left per ha	1428	1068
Poistettuja puita, kpl/ha Number of trees removed per ha	1520	1431
Runkopuuta poistettu, m ³ /ha Stemwood removed, m ³ /ha	46	29
Poistettujen puitten keskipituus, dm ³ Average volume of removed stems, dm ³	30	20

5. KAATO-KASAUSTYÖN AJANKÄYTÖN RAKENNE

Kaato-kasaustyön tehollinen ajankäyttö voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen: siirtyminen ajouralta kaadettavien puitten luo, kaato ja

taakan keräys siirtymisineen sekä taakan kuljetaminen ja purkaminen ajouran varteen. Kaikissa päätyövaiheissa kone käyttää huomattavan

Kuva 10. Kaato-kasauskoneen keskimääräinen kulkunopeus siirtymismatkasta riippuen.
Figure 10. The average speed of the feller-buncher as a function of the moving distance.



osan ajastaan siirtymiseen, minkä vuoksi peruskoneen liikkumisnopeus vaikuttaa ajankäytön rakenteeseen oleellisesti. Kone liikkui koetyömaalla keskimäärin seuraavilla nopeuksilla.

Siirtymisvaihe	Palsta 1 (väli 30 m)	Palsta 2 (väli 50 m)
	Nopeus, m/min	
Ajouralta tyhjänä Ajouralle taakan kanssa	23 25	38 45

Kulkunopeus oli jälkimmäisellä palstalla suurempi. Tämä johtui osittain leveämmästä ajouravälisestä, sillä etäisyyksien kasvaessa koneen keskinopeus lisääntyy (kuva 10). Osittain oli kysymyksessä myös kasvamaan jätettyjen puitten pienempi runkoluku sekä kuljettajalle uskottu poistettavien puitten valinta, mikä antoi paremmat mahdollisuudet reitin suunnitteluun.

Siirtymisten osuus oli yli 60 % kokonaisyöajasta. Varsinainen katkaisu valmisteluineen ja taakan kouraisuineen vei vain 25–30 % ajasta, joten pelkästään niiden nopeuttamisella tuotosta ei voida suurestikaan lisätä.

Taulukon 2 perusteella voidaan teoreettisesti laskea, miten paljon kaato-kasauskoneen työskentely nopeutuu, jos taakat jätetään palstalle eikä niitä kuljeteta tässä noudatettua

Taulukko 2. Kaato-kasauskoneen työajan rakenne.
Table 2. The structure of the working time of the feller-buncher.

Työvaihe – Work phase	Palsta 1 Plot 1	Palsta 2 Plot 2
	%	
Siirtyminen ajouralta <i>Moving from the strip road</i>	20.7	21.8
Katkaisu – <i>Felling</i>		
Valmistelu – <i>Preparation</i>	11.0	9.8
Katkaisu – <i>Shearing</i>	14.2	11.0
Kouraisu – <i>Grabbing</i>	4.5	5.2
Siirtyminen puulta toiselle <i>Moving from tree to tree</i>	18.0	21.0
Taakan tuonti ajouralle <i>Taking the trees to the strip road side</i>	22.2	24.0
Taakan purku – <i>Unloading the trees</i>	6.4	6.3
Suunnittelu – <i>Planning</i>	1.4	0.9
Keskeytykset – <i>Interruptions</i>	1.6	0.0
Yhteensä – <i>Total</i>	100.0	100.0

menettelyä käyttäen ajouran varteen. Koealalla 1 työaika olisi supistunut 43 ja koealalla 2 vastaavasti 46 %.

6. KAATO-KASAUSTYÖN TUOTOS

Korjuukoneitten tuotos reagoi herkästi puunkoon muutoksiin. Bobcat M-721 kuormaajasta tehty kaato-kasauskone ei tee tässä suhteessa poikkeusta. Mutta kun avohakkuualojen järeillä kaato-kasauskoneilla kannattavuuden alaraja on ehkä 150–200 dm³m rungossa, niin tällä koneella tuo kriittinen koko on ratkaisevasti pienempi. Vasta kun rungon tilavuus putoaa alle 25 dm³m, alkavat kustannukset nousta todella jyrkästi (kuvat 11 ja 12).

Taulukossa 3 on esitetty työajan menekkiä ja työn tuotosta kuvaavia tunnuslukuja. Ajouran

varteen kasattaessa tuntituotos oli keskeytyksiä huomioon ottamatta kummallakin koealalla 3.4 m³ runkopuuta. Keskeytyksiä sattui koetyömailla varsin vähän. Koealalla 2 tulos on suhteellisesti parempi, sillä siellä puut olivat pienempiä ja ajourien väli suurempi. Tämä lienee aiheuttanut kokemuksen karttumisesta, kuljettajalle jätetyn puitten valinnan mahdollistamasta ajoreitin tehokkaasta suunnittelusta sekä siitä, että kasvatettavien puitten runkoluku jäi koealalla 2 neljänneksen pienemmäksi.

Taulukko 3. Tuloksia kaato-kasauskokeesta.

Table 3. Results of the felling-bunching experiment.

Muuttuja – Variable	Koe- ala 1 Plot 1	Koe- ala 2 Plot 2
Puita takassa, kpl <i>Trees per load</i>	2.8	3.7
Runkopuuta takassa, dm ³ <i>Bole wood per load, dm³</i>	85	75
Ajankäyttö, cmin/puu <i>Time consumption, cmin/tree</i>		
Kasaus palstalle – Bunching in the terrain	26	20
Kasaus ajouran varteen – Bunching to the strip road side	53	36
Ajan käyttö, cmin/taakka <i>Time consumption, cmin/load</i>		
Kasaus palstalle – Bunching in the terrain	73	74
Kasaus ajouran varteen – Bunching to the strip road side	149	133
Tuotos, m ³ /h * – Output, m ³ /h *		
Kasaus palstalle – Bunching in the terrain	6.9	6.2
Kasaus ajouran varteen – Bunching to the strip road side	3.4	3.4

* Runkopuun m³/h, ilman keskeytyksiä
* Bole wood m³/h, without interruptions

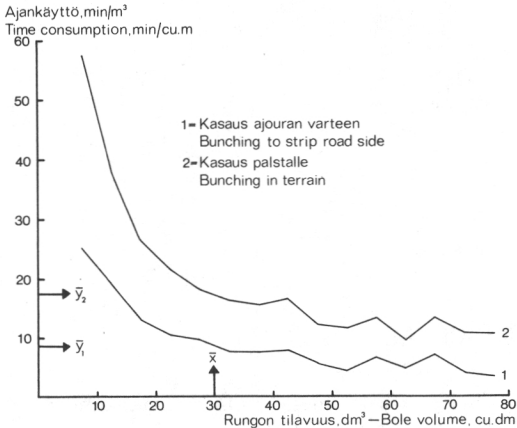
Kone kasasi palsttien varteen ensimmäisellä koealalla 113 ja toisella 167 puuta tunnissa. Tällöin puut tulivat kuvien 7 ja 8 osoittamiin muodostelmiin, joissa kussakin oli keskimäärin 0.64 m³ runkopuuta.

Jos taulukon 3 tuotosluvut, jotka tarkoittavat pelkkää runkopuuta, halutaan ilmoittaa kokopuuraaka-aineeksi muunnettuina, niihin on lisättävä 26.7 % oksista kertynyttä lisäraaka-ainetta. Ajouran varteen kasattaessa tehotunnin tuotos oli kummallakin koealalla viherainekin mukaan lukien silloin 4.2 m³ kokopuuta, viherainetta huomioon ottamatta 3.9 m³.

Samassa leimikossa tutkittiin n.s. siirtely-kaatomenetelmää, jossa kaato tapahtui erikoiskahvoilla M/Jaaranen-Rantapuu varustetulla moottorisahalla (kuva 13). Kaatomies ohjasi kaatuvat puut 3–10 rungon kasoille, jotka sitten vedettiin traktorisovitteisella vintturilla 30 metrin välein sijainneitten ajourien varteen. Vintturijuonnon osalta on huomattava, että juonnon varsinainen tuntituotos oli vain 3.2 m³ runkopuuta. Asetelmassa siihen on kuitenkin lisätty myös kaatomiehen jäljiltä suoraan palsttien varteen valmiiksi jääneet kasat, yli 40 % puumäärästä. Tuotosluvut olivat tuolloin seuraavat.

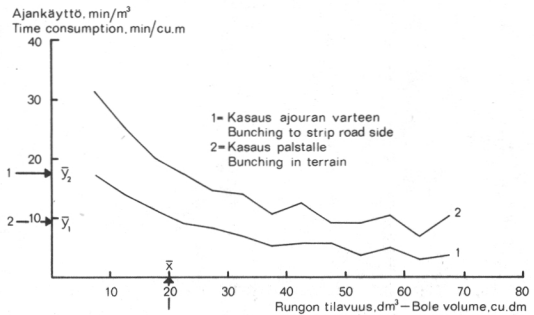
	Runkopuuta m ³ /h	Kokopuuta m ³ /h
Siirtely-kaato palstalla *	3.5	4.4
Vinssaus palsttien varteen **	5.4	6.9

* Keskeytykset 25 %, ** Keskeytykset 10 %



Kuva 11. Kaato-kasauustyön ajankäyttö (min/m³ runkopuuta) rungon keskikoosta riippuen Koeala 1.

Figure 11. Time consumption in felling and bunching work (min/m³ of bole wood) as a function of bole volume. Experimental plot 1.



Kuva 12. Kaato-kasauustyön ajankäyttö (min/m³ runkopuuta) rungon keskikoosta riippuen. Koeala 2.

Figure 12. Time consumption in felling and bunching work (min/m³ of bole wood) as a function of bole volume. Experimental plot 2.



Kuva 13. Puitten siirtely-kaato M/Jaaranen-Rantapuu kahvoilla varustetulla moottorisahalla. Vertailuaineisto.

Figure 13. Felling the trees with a chain saw equipped with special handels designed by Jaaranen and Rantapuu. The comparison material.

Seuraavassa vertaillaan vaihtoehtoisesti korjuumenetelmien tuotosta miestuntia kohti ennen metsäkuljetus- tai palstahaketusvaihetta. Kussakin tapauksessa on siis kysymyksessä ketjun se osa, joka sisältää kaikki asianomaisen menetelmän edellyttämät työvaiheet kaadosta ajouran varteen tapahtuvaan kasaukseen saakka. Tavaralajimenetelmässä (vrt. KAHALA 1969) puut on työstetty 2-metrisiksi pölkyiksi, mutta kokopuumenetelmissä karsiminen ja pölkyttäminen on jätetty tekemättä. Rungon keskikooksi on oletettu 30 dm^3 ja ajourien väliksi 30 m.

Tuotos palstatienvarteen kasattaessa, $\text{m}^3/\text{miestyötunti}$

	Runkopuuta	Kokopuuta
Tavaralajimenetelmä	0.4	—
Kokopuumenetelmät:		
Moottorisahakaato + vintturi *	2.1	2.7
Kaato-kasauskone **	3.1	3.9

* Keskeytykset 25 %, ** Keskeytykset 10 %

Vertailu osoittaa kaato-kasauskoneen edullisuuden perinteisen tavaralajimenetelmän rinnalla työn tuottavuuden suhteen. Miestyöpanoksen tarkastelua ei pidä kuitenkaan rajoittaa vain ketjun tiettyyn osaan, vaan ratkaisevaa on lopulta ketjun kokonaistyöpanos. Tätä koskeva vertailu on luvussa 10.

7. RAAKA-AINEKERTYMÄ

Poistettavan runkopuun määrä oli ensimmäisellä koealalla 46 ja toisella 29 m^3/ha . Kun puut olivat kuitenkin pieniä, markkinakelvoton latvaosakin mukaan luettuna keskimäärin vastaavasti vain 30 ja 20 litraa, huomattava osa runkopuusta ei täyttänyt perinteisen tavaralajimenetelmän edellyttämiä kuitupuun vähimmäismittoja.

Selvitys eri menetelmien raaka-ainekertymästä rajoitettiin koealalle 1. Kokopuumenetelmää verrattiin tavaralajimenetelmään, jossa pölkyn mitat olivat joko 2 m:n pituus ja 6 cm:n vähimmäisläpimitta tai vaihtoehtoisesti 3 m:n pituus ja samoin 6 cm:n vähimmäisläpimitta. Asetelma, jossa raaka-aineen puupitoisuus on arvioitu erään aikaisemman tutkimuksen pohjal-

ta (GISLERUD 1974), osoittaa teoreettisen raaka-ainekertymän eri vaihtoehtoja käytettäessä.

Tavaralajimenetelmällä (6 cm/3 m)	
Kuorellista runkopuuta, m ³ /ha	26
Puupitoisuus, %	85
Kuoretonta puuainetta, m ³ /ha	22
Tavaralajimenetelmällä (6 cm/2 m)	
Kuorellista runkopuuta, m ³ /ha	29
Puupitoisuus, %	85
Kuoretonta puuainetta, m ³ /ha	24
Kokopuuahaketusta käyttäen	
Kokopuuraaka-ainetta, m ³ /ha	58
Puupitoisuus, %	75
Kuoretonta puuainetta, m ³ /ha	44

Kokopuuahaketusta käyttäen teoreettinen raaka-ainekertymä kaksinkertaistui tavaralajimenetelmään verrattuna. Varsinaisen puuaineen lisäys jäi suhteellisesti hieman pienemmäksi, vaihtoehdosta riippuen 80–100 %iin. On syytä korostaa, että lisäraaka-aineen kertymä riippuu voimakkaasti korjattavan puuston koosta. Koetyömaa edustaa leimikkoo, jossa kokopuuahaketuksen kautta saatavan lisäraaka-aineen suhteellinen määrä lienee keskimääräistä suurempi. Pieniä puita korjattaessa raaka-ainekertymä riippuu myös kantoleikkauksen korkeudesta. Tässä suhteessa kaato-kasauskone on tasavertainen moottorisahamiehen kanssa. Sen jättämä kannon keskimääräinen korkeus oli koetyömaalla tosin 4.5 cm, kun moottorisahalla tehtyjen kantojen korkeus oli vastaavasti vain 3.1 cm, mutta kokemuksen karttuessa ero tasoittune olemattomiin.

8. PUUSTON VAURIOITUMINEN

Bobcat M-721 kuormaajan tehokas työskentely edellyttää helpohkoa maastoa. Tästä syystä sille soveltuvat ensiharvennustyömaat ovat pääasiassa männiköitä. Niissä vaurioitten merkitys on oleellisesti pienempi kuin muilla puulajeilamme. Kuusikossa vaurioituminen on juuriston pinnallisuudesta, maaperän heikommasta kantavuudesta ja puulajin lahonalttiudesta johtuen vakavampi ongelma.

Vaurioita ei kuitenkaan pidä väheksyä männiköissäkään. Juuriston vahingoittuminen aiheuttaa kasvutappiota, ja runkovauriot jättävät jälkeensä sahapuun arvoa alentavia vikaisuuksia, vaikka ne eivät yleensä johdakaan lahoon.

Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston toimesta tarkastettiin pistokokeen luontoisesti kymmeneltä yhden aarin

alalta juurakot, joitten vierestä kaato-kasauskone oli kulkenut. Juurissa todettiin vain vähäisiä vaurioita, mutta suppea aineisto ei oikeuta pitkälle meneviin johtopäätöksiin.

Tutkimuksen aikana kuormaaja toimi ilman teloja. Milloin niitä joudutaan käyttämään, juuriston vaurioitumisvaara on suurempi. Myös ajotavalla on merkitystä, sillä paikoillaan kääntyminen johtaa maan pinnan rikkoutumiseen lisäten juuriston vahingoittumisen mahdollisuutta.

Runkovauriot luettiin tarkoin. Ensimmäisellä koelalla, jolla puusto jäi tiheämpään asentoon, vaurioita syntyi enemmän. Suuren vauriomäärän syynä olivat paljolta kylvöruudussa vierekään sijainneet puut, joista toista poistettaessa toinenkin usein vahingoittui. Koala 2 kuvanee paremmin käytännön olosuhteita.

	Kasvatettavia puita, kpl/ha	Vaurioituneita puita, kpl/ha	Vaurioituneita puita, %
Koala 1	1428	103	7.2
Koala 2	1068	52	4.9

Pääosa runkovaurioista oli pinnallisia. Ne syntyivät lähinnä katkaisuvaiheessa kaato-kasauslaitteen aiheuttamina tai kuormaajan ren-

kaitten kolhaisuista taakkaa palstatielle kuljettessa.

Vaurion aiheuttaja	Ajo tyhjänä	Katkaisu- valmiste- luineen	Ajo kuormatuna %	Yhteensä
Kaatolaite	2	38	8	48
Kuormaajan takaosa	3	1	6	10
Kuormaajan hytti	—	1	1	2
Kuormaajan rengas	5	1	35	40
Yhteensä	10	41	50	100

9. KORJUUKUSTANNUKSET

Korjuuketju rakentuu kaato-kasauskoneen ja palstahakkurin varaan. Kuljettajien lisäksi muita miehistöä ei tarvita.

Kaato-kasauslaitteella varustetun Bobcat M-721 kuormaajan hinnaksi on seuraavassa oletettu 100000 mk ja tuntikustannukseksi 60 mk. Kustannuslaskelmissa on tuotokseksi arvioitu 3.9 m³ kokopuuraaka-ainetta eli 3.1 m³ kuorellista runkopuuta käyttötuntia kohti.

Esimerkkilaskelmassa haketus tapahtuu PH3 palstahakkurilla, jonka hinnaksi on oletettu 300000 mk ja tuntikustannukseksi 150 mk.

Tuntituotokseksi on arvioitu 20 i-m³ kokopuu-haketta (vrt. HARSTELA ja TERVO 1975). Se vastaa 8.0 m³ kokopuuraaka-ainetta eli oksia lukuun ottamatta 6.3 m³ kuorellista runkopuuta. Tuotos sisältää myös hakkeen kuljetuksen välivarastolle.

Taulukko 4 osoittaa ensiharvennuskannan korjuukustannukset kannolta välivarastolle kokopuuhakkeena ilman yleiskustannuksia. Kustannuksia arvosteltaessa on otettava huomioon toisaalta rungon pieni keskikoko, 20–30 dm³, sekä toisaalta edullinen ensimmäisen vai-

Taulukko 4. Korjuukustannukset ilman yleiskustannuksia.
Table 4. Logging costs without overheads.

Työvaihe — Work phase	Mk/runkopuun k-m ³ -Mk/solid m ³ of bole wood	Mk/kokopuun k-m ³ -Mk/solid m ³ of whole tree	Mk/kokopuun i-m ³ -Mk/loose m ³ of whole- tree chips
Kaato ja kasaus <i>Felling and bunching</i>	19.40	15.40	6.20
Palstahaketus (PH 3) <i>Chipping in the terrain (PH 3)</i>	23.80	18.75	7.50
Yhteensä — Total	43.20	34.15	13.70

keusluokan maasto. Yleiskustannusten osalta todettakoon, että käyttökelpoiseksi osoittautunut menetelmä, jossa poistettavien puitten valinta oli kaato-kasauskoneen kuljettajan tehtävänä, merkitsee leimauskustannusten säästymistä.

Kaato-kasauskoneen ja palstahakkurin pohjalle rakentuva korjuuketju johtaa perinteiseen

tavaralajimenetelmään verrattuna merkittäviin säästöihin. Vuoden 1975 lopussa noudatettujen taksojen mukaiset korjuukustannukset olisivat vallinneissa leimikko-oloissa olleet hakkuussa 33 ja metsäkuljetuksessa 300 metrin matkalla 8 eli yhteensä 41 mk/m³ sosiaalikuljettamiseksi.

10. YHTEENVETO

Tässä raportissa kuvatulla tutkimuksella tähdätään männikön ensiharvennukseen soveltuvaan kokopuun korjuuketjuun. Kehitystyön kohteena on ketjun heikoin lenkki, kaato- ja kasausvaihe. Rinnakkaisina tavoitteina ovat raaka-aineen talteenoton tehostaminen, tuottavuuden kohottaminen, työn rasittavuuden vähentäminen, kustannusten alentaminen sekä kasvaamaan jäävän puuston vaurioitumisen välttäminen.

On päädytty menetelmään, jossa ensimmäisenä koneena on kaato-kasauslaitteella varustettu Bobcat M-721 kuormaja. Kokonaisten puitten haketus tapahtuu palstalla tai katkottujen puitten kuormatraktorikuljetuksen jälkeen välivarastolla. Asetetut tavoitteet on saavutettu seuraavasti.

Talteenoton tehostuminen

Raaka-ainekertymä mitattiin koealalta, jolla rungon keskikoko oli 30 dm³. Kun tavaralajimenetelmällä olisi 2-metrisinä pölkkyinä saatu talteen 29 m³ kuorellista runkokuuta hehtaarialta, saatiin kokopuuhaketusta käytettäessä 58 m³ kokopuuraaka-ainetta. Kuorettomaksi puuaineksi muunnettuna vastaavat luvut olisivat 24 ja 44 m³. Talteen saadun biomassan määrä lisääntyi 100 %, kuorettoman puuaineen vastaavasti 83 %.

Työn tuottavuuden kohoaminen

Työn tuottavuus mitattiin kahdelta koealalta, joilla rungon keskikoko oli 30 ja 20 dm³.

Ajourien väli oli vastaavasti 30 ja 50 metriä. Tuottavuutta kuvaavat luvut perustuvat kaato-kasauskoneen osalta käsillä olevaan selvitykseen, haketuksen osalta muihin tutkimuksiin ja olettaen keskeytysten osuudeksi 20 % tehotyöajasta. Luvut sisältävät myös kuljetuksen välivarastolle.

	Miestyön menekki, pv/m ³	
	Runkopuuta kohti	Kokopuuraaka-ainetta kohti
Kaato-kasausvaihe	0.041	0.033
Palstahaketusvaihe	0.025	0.019
Yhteensä	0.066	0.052

Asetelman lukuja tulee verrata lähinnä perinteiseen menetelmään, jossa puutavara tehdään 2-metrisiksi pölkkyiksi 30 metrin välein sijaitsevien ajourien varteen ja ajetaan edelleen välivarastolle kuormatraktorilla. Tämän vaihtoehdon mukainen miestyön menekki on vallinneissa leimikko-oloissa 0.40 pv/m³.

Osoituksena teknisestä kehityksestä kokopuuraaka-aineen korjuussa mainittakoon vuonna 1974 tehty aikaisempi ensiharvennuskoe, jossa rungon keskikoko oli 29 dm³ ja ajourien väli vain 15 m. Kun kasaus tehtiin käsin ja haketus PH 1 prototyyppikoneella, kokopuuraaka-aineen kuutiometriä kohti kului palstahaketusketjussa 0.082 ja välivarastohaketusketjussa 0.101 miestyöpäivää (HAKKILA, KALAJA ja MÄKELÄ 1975).

Korjuukustannusten alentuminen

Kokopuuhakkeen korjuukustannukset kanolta välivarastolle olivat 14 mk/i-m³ eli 34 mk/

k-m³. Runkopuuta kohti laskettuina kustannukset olivat 43 mk/k-m³. Puitten pienen koon huomioon ottaen tulosta on pidettävä täysin tyydyttävänä. Leimikossa, jossa rungon keskikoko on 30 litraa, korjuukustannukset välivarastolle ovat tavaralajimenetelmällä vuoden 1975 päättyessä kokeessa vallineissa olosuhteissa 41 mk/m³.

Kasvatettavan puuston vaurioituminen

Vaurioitumista koskeva selvitys rajoittuu kaato-kasauskoneeseen. Käytännön olosuhteita vastaa paremmin koeala 2, jolla kuljettaja valitsi poistettavat puut ilman etukäteisleimausta. Palstateitten väli oli 50 m ja jäävän puuston runkoluku 1068 kpl/ha.

Näissä oloissa vaurioitui 4.9 % rungoista. Juurivaurioita ei todettu, mutta tältä osin selvitys jäi pintapuoliseksi.

Muita havaintoja

Kaato-kasauskone on tarkoitettu suorittamaan kokopuuhakettukseen pohjautuvan ensiharvennuskoneen korjuuketjun ergonomisesti vaikeimman vaiheen; kaadon ja kasauksen. Tässä näyttää onnistutun täysin tyydyttävästi. Kuitenkin on todettava, että myös Bobcat M-721 kuormaajan ergonomisia ominaisuuksia tulisi parantaa ainakin melun, tärinän, ja lämmittävyyden osalta.

Kaato-kasauslaite osoittautui täysin toimintakelpoiseksi niissä edullisissa maasto-oloissa, joissa tutkimus suoritettiin. Prototyypikone todettiin yllättävän valmiiksi käytännön korjuutyöhön. Erillisellä tutkimuksella on selvitettävä, miten vaikeisiin maasto- ja lumioloihin toiminta voidaan ulottaa. Tulevaisuus tulee niinkään osoittamaan, voidaanko laite asentaa myös muihin markkinoilla tai rakenteilla oleviin pien-traktoreihin.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- GISLERUD, OLAV. 1974. Heltreutnyttelse IV. Biomasse og biomasse-egenskaper hos tynningsvirke av gran, furu, bjork og or. Summary: Biomass and biomass properties of trees from thinnings of spruce, pine, birch and alder. Norsk Institutt for Skogsforskning. Skogteknologisk avdelning. Rapport 6/74.
- HAKKILA, PENTTI ja KALAJA, HANNU. 1974. Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla. Summary: Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader. Folia Forestalia 204.
- HAKKILA, PENTTI, KALAJA, HANNU ja MÄKELÄ, MARKKU. 1975. Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna. Summary: Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. Folia Forestalia 240.
- HARSTELA, PERTTI ja TERVO, LEO. 1975. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuoton ja ergonomian. Moniste.
- KAHALA, MIKKO. 1969. Tutkimus puutavaran valmistukseen vaikuttavista tekijöistä. Summary: A study of the factors influencing the cutting of timber. Metsätalon julkaisu n:o 44.
- KUUSELA, KULLERVO. 1975. Kokopuumenetelmällä korjattavissa olevan puuraaka-aineen määrä. SITRAn Lyhytkiertopuun kasvatus- ja käyttöprojektin tiedotustilaisuus konepajateollisuudelle 25.11.1975. Moniste.
- MÄKELÄ, MARKKU. 1975. Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus. Summary: Bunching and transportation of branch raw material. Folia Forestalia 237.

- 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 Wilhelmssen: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikkinen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaite.
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 Järveläinen: 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 asetoni uut-
teitten 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 Rikkinen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittä-
mismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsä-
maan 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 voinituksen 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 metsä-
teollisuuden raaka-ainenäykymät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until
2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan
katkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-
logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadun-
määrittäminen Suomessa.
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in
Finland. 3,—

- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat greenhouse experiments. 1,50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittästä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuun, järeä kuitupuun sekä likipituinen havukuitupuun. Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature. 2,50
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna.
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillärämeen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä.
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. 2,—
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. 4,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading. 4,—
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher. 3,—
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. 2,—
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana.
Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. 2,50
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesien (*Lophophacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa.
Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophophacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland. 1,—.
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.
Pallari Bushharvester. 2,—
- 1976 No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikutus.
No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975.
Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975. 7,—.
tavat tekijät.
Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. 7,—
- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla.
Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. 1,50
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta.
Work Study of the Lamu Seeding Machine. 2,50
- No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukkien kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä.
A control method for the measurement of pine and spruce logs. 2,—
- No 256 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa.
Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine. 2,—.
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973.
Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973. 5,—.