

ODC

333-
302

FOLIA FORESTALIA 294

METSÄNTUTKIMUSLAITOS·INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE·HELSINKI 1977

PERTTI HARSTELA JA LEO TERVO

MÄNNYN TAIMIKON JA RIUKU-
ASTEEN METSIKÖN KORJUUN
TUOTOS JA ERGONOMIA

WORK OUTPUT AND ERGONOMICAL
ASPECTS IN HARVESTING OF
SAPLING AND POLE-STAGE
STANDS (SCOTS PINE)

- 1975 No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972.
- No 222 Veli-Pekka Järveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland.
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel.
- 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.
- No 225 Metsätalostollinen vuosikirja 1973.
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae).
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausmenetelmä ("pölkky-menetelmä")
A wage-payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method).
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.
Revolving Sprinkler.
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs.
- 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.
- 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.
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäköymät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000.
- 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.
- 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.
- 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.
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittästä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuu, järeä kuitupuu sekä likipituinen havukuitupuu.
Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length.
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material.
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvissa.
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature.
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat.
- 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.
- No 241 Victor Ipatiev ja Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarämeen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cuttongrass pine swamp.
- 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.

FOLIA FORESTALIA 294

Metsäntutkimuslaitos, Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1977

Pertti Harstela ja Leo Tervo

MÄNNYN TAIMIKON JA RIUKUASTEEN METSIKÖN KORJUUN
TUOTOS JA ERGONOMIA

Kaato ja kasaus käsityövälineillä ja kokopuuhaketus

Work output and ergonomical aspects in harvesting
of sapling and pole-stage stands (Scots pine)

Manual felling and bunching and whole-tree chipping

ODC 333-302
ISBN 951-40-0255-5
ISSN 0015-5543

HARSTELA, P. & TERVO, L. 1977. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia. Kaato ja kasaus käsityövälineillä ja kokopuuhaketus. Summary: Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine). Manual felling and bunching and whole-tree chipping. *Folia For.* 294: 1–23.

Tutkittiin männyn taimikon ja riukuasteen metsikön harvennuspuun korjuuta JR-kahvoilla varustetulla moottorisahalla, kokopuiden kuormajuontoa ja kokopuuhaketusta PH-3 hakkurilla sekä palstalla että välivarastolla.

Puiden tekotuotokset olivat 1,2–3,8 m³/h hakkeen irtotilavuutena ilmaisten, kuormajuonnon 14,4–17,6 m³/h ja haketuksen palstalla 11,4–27,3 m³/h ja välivarastolla 20,2 m³/h. Puuston koon pienetessä korjuukustannukset lisääntyivät jyrkästi. Palstahaketus oli välivarastohaketusta halvempi vaihtoehto, mutta sen käyttöä rajoittaa hakkurin maastokelpoisuus.

Teko palstalle oli fyysisesti vähemmän työntekijää kuormittavaa kuin teko ajouran varteen. Rinnankorkeudelta yli 9 cm läpimittainen puu katsottiin liian raskaaksi ihmisvoimin suoritettavaan kasaukseen. Koneen kuljettajan kannalta palstahaketus katsottiin ergonomisesti välivarastohaketusta edullisemmäksi. Jäljelle jäävän puuston vaurioituminen vaihteli 0,7–5,0 % runkoluvusta. Eniten vaurioita syntyi puiden lähikuljetuksessa.

It was studied the harvesting of thinning wood from sapling and pole-stage stand. Logging methods were felling with a power saw equipped with felling handless, forwarding of trees and whole-tree chipping either in the cutting area or at the landing.

The felling and bunching output was 1,2 to 3,8 m³/h measured as chips, the forwarding output was 14,4 to 17,6 m³/h and the chipping output in the cutting area was 11,4 to 27,3 m³/h and at the landing 20,2 m³/h. Logging costs increased sharply when the size of the trees decreased. Chipping in the cutting-area was cheaper alternative than at the landing, but only in conditions where the terrain-worthiness of a chipper is adequate.

The strain on the worker was smallest when bunching in the cutting area. Trees over 9 cm in breast height diameter were too heavy to carry by human labour. Chipping in the cutting area is ergonomically better than chipping at the landing for the machine driver. Damaged trees accounted for 0,7 to 5,0 % of the number of stems. Damage was greatest with forwarding the trees.

ISBN 951-40-0255-5
ISSN 0015-5543

Helsinki 1977. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Työ liittyy NSR:n yhteispohjoismaiseen "Röjnings och gallringens mekanisering"-projektin tutkimuksiin. Koe suoritettiin yhteistyössä SAASTAMOINEN YHTYMÄN metsäosaston kanssa. Metsäpääll. ESA ROUHIAINEN, kenttäpääll. JUSSI NYKÄNEN, mt. MATTI KOPONEN, aluetj. PENTTI ROSSINEN ja urakoitsija EERO ISOTALO avustivat auliisti tutkimuksen järjestelyissä. Osa kokeista tehtiin mv. JOUKO KEKKOSEN mailla. Käsikirjoituksen ovat lukeneet prof. PENTTI HAKKILA ja vs. prof. MATTI KÄRKKÄINEN esittäen varteenotettavia huomautuksia.

Allekirjoittaneiden kesken työ jakaantui siten, että Harstela johti tutkimuksen kaikkia

vaiheita ja Tervo osallistui tutkimuksen suunnitteluun, laitteiden kehittelyyn, aineiston keruuseen ja käsikirjoituksen laadintaan sekä johti kenttätöryhmää. Tutkimuksen eri vaiheissa ovat avustaneet kenttämestarit KARI SAUVALA ja SAULI TAKALO sekä tutkimusapulaiset ANTERO HARSTELA, JUSSI KORHONEN, HEIKKI LAIHANEN ja URPO PAA-NANEN. Työterveyslaitos suoritti tekn. KALEVI NIEMISEN johdolla sydämen sykintäaineiston tulostuksen. Käännöstyön suoritti maist. PÄIVIKKI OJANSUU ja konekirjoitustyön apul. kansl. HILKKA RYTH.

Kiitämme kaikkia tutkimukseen osallistuneita.

Suonenjoella 7.12.1976

Pertti Harstela

Leo Tervo

SISÄLLYS

ALKUSANAT	3
1. JOHDANTO	5
2. TYÖMENETELMÄT JA AINEISTO	5
3. KAATOVÄLINEET	7
4. TYÖNTUTKIMUSTULOKSET	8
41. Työajan menekki puiden teossa	8
42. Työntekijän kuormittuminen	9
43. Puiden lähikuljetus	10
44. Haketus	11
Haketus ajouralla ja hakkeen lähikuljetus	11
Haketus välivarastolla	13
45. Korjuuketjujen kustannukset	13
5. HAKKEEN LAATU	15
6. JÄLJELLE JÄÄVÄN PUUSTON VAURIOITUMINEN	17
7. TARKASTELUA	18
8. YHDISTELMÄ	19
KIRJALLISUUS	20
SUMMARY	21
LIITTEET	22

1. JOHDANTO

Taimikoiden ja riukuasteen metsiköiden hoidossa maahan kaadettava puu on tuotu esiin eräänä metsäteollisuuden potentiaalisena raaka-ainereservinä. Erään arvion mukaan kyseinen, teknis-taloudellisesti korjuukelpoinen, raaka-ainereservi on 0,8–1,5 milj. m³:n luokkaa (HARSTELA ja TERVO 1975). Määrä vastaa vain n. 10 %:a oksina metsään jäävästä puusta (HAKKILA 1972). Kuitenkin määrä on niin suuri, että kannattanee kokeilla muun pienpuuston korjuuseen kehitettyä korjuutekniikkaa myös tämän raaka-ainereservin talteen ottoon, varsinkin kun taimikoita ja riukuasteen metsiköitä joudutaan joka tapauksessa harventamaan ja kaatokustannukset voidaan laskea metsänhoitokustannuksiksi.

Tämän tutkimuksen lähtökohdaksi otettiin valikoiva harvennus, koska erilaisten systemaattisten harvennusten vaikutusta puun tuotokseen ei riittävästi tunneta. Valikoivassa harvenuksessa puita joudutaan ainakin kaatovaiheessa käsittelemään yksitellen. On oletettavaa, että pienien puiden yksitellen tapahtuva koneellinen kaato on verraten kallista. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa selvitetään erilaisia ihmistyövaltaisia kaato- ja kasausmenetelmiä. Lisäksi koneellista kaatoa parhaillaan kokeillaan muiden tutkimusten yhteydessä.

Toisaalta ihmisvoimin suoritettava kasaus

saattaa muodostua erittäin raskaaksi, jos taakan paino on suuri. Eräänä ergonomisena tutkimustehtävänä tarkastellaan puuston koon vaikutusta työntekijän kuormittumiseen. Lopullisena tavoitteena on määrittää käsityönä suoritettavaan kasaukseen soveltuvan puuston koon yläraja. Myös kaatoasentoon kiinnitetään huomiota ergonomisena ongelmana.

Pienen puuston karsinta on suhteellisesti erittäin aikaa vievä työvaihe. Esimerkiksi metsäpalkkojen taulukoiden mukaan tynkäkarsinta lisää tekokustannuksia alle 0,012 m³ rungon koolla n. 63 % pelkkään kaatoon ja kasaukseen verrattuna, kun työvaihetaksan mukainen pituus- ja tiheysluokka on 2. Oksien on arvioitu lisäävän raaka-ainemäärää pienpuustossa 20–40 % (esim. BYGREN ym. 1975). Näistä syistä tutkimuksessa jatkokäsittelymenetelmäksi valittiin kokopuuhaketus. Sen sijaan pelkän latvan katkaisun kustannukset muodostunevat pieniksi. Latvan katkaisu voi tulla kyseeseen, jos osa oksa-aineksesta halutaan jättää lannoitusvaikutuksen aikaan saamiseksi metsään ja täten myös parantaa hakkeen laatua. Ergonomiset ongelmat lienevät haketuksessa samat kuin metsäkuljetus- ja monitoimikonetyöskentelyssä. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan niistä vain ajoajan suhdetta kokonaistyöaikaan heilunnan altistusaihana.

2. TYÖMENETELMÄT JA AINEISTO

Suunnatun kaadon jälkeisen kasauksen ajanmekki on riippuvainen kasausmatkasta. Kuitupuun kasauksesta suoritettut tutkimukset viittaavat siihen, että myös työntekijän verenkiertoelimistön kuormittuminen korreloi kasausmatkan kanssa (esim. HARSTELA 1975a). Tämä johtunee ns. rasiushuipun syntymisestä yhtäjaksoisen kantamisponnistuksen aikana ja suhteellisen kasausajan vähentymisestä kasausmatkan lyhetessä. Tämän vuoksi kokeiltiin palstatiien varteen kasauksen lisäksi palstalle kasautta. Kuormaus-

ja haketuustuotoksen taas oletettiin riippuvan kasan asennosta ja sijainnista sekä kuormausuran esteettömyydestä (vrt. HARSTELA 1975b), jonka vuoksi tutkittiin myös apu-urien käyttöä palstalle kasauksessa.

Tutkitut tekomenetelmät olivat seuraavat (kuva 1):

1. Teko palstatiien varteen

Puut koottiin kourakasioihin kohtisuoraan ajouraa vastaan käyttäen yhtä aluspuuta. Kasan pään tuli sijaita n. 1,0 metrin päässä ajouran reunasta.

2. Teko palstalle

Kourakasat sai sijoittaa kohtisuoraan palstatietä vastaan n. 0,5–9,0 metrin levyiselle vyöhykkeelle (kuormaimen oletettu ulottuvuus). Taakan vetoa haittaavia esteitä ei kuitenkaan saanut jäädä kasan ja ajouran väliin.

3. Teko apu-urille

Kasat sijoitettiin kohtisuoraan palstatietä vastaan n. 1,5 metriä leveille apu-urille.

Kasan tavoite koko kaikissa menetelmissä oli yksi kouraisutaakka. Pienen vertailuaineiston lisäksi tutkittiin vain yhtä miestä, joten tulokset ovat ainoastaan suuntaa-antavia.

Jokaisen tekomenetelmän yhteydessä tutkittiin yhdessä koemetsikössä kahta korjuuketjua, jotka olivat:

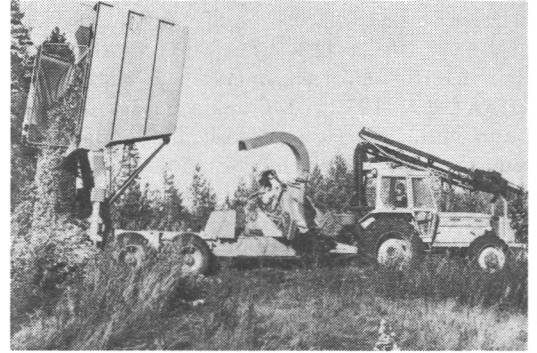
- I. Teko ihmistyövaltaisain menetelmin + haketus palstalla
- II. Teko ihmistyövaltaisain menetelmin + kuormatraktorikuljetus + haketus väliavarastolla

Hakkuri oli 6,5 m ulottuvuuden omaavalla liuku-puomikuormaimella varustettu PH-3 yksikkö (kuva 2) (ks. MELKKO 1976) ja metsätraktorikuljetus suoritettiin VOLVO-HEMEK metsätraktorilla (MIKKONEN ja TAIPALE 1975). Osa palstalle ja apu-urille kasatuista kasoista jouduttiin ennen kokeen alkua siirtämään n. 6 m päähän ajouran reunasta, koska

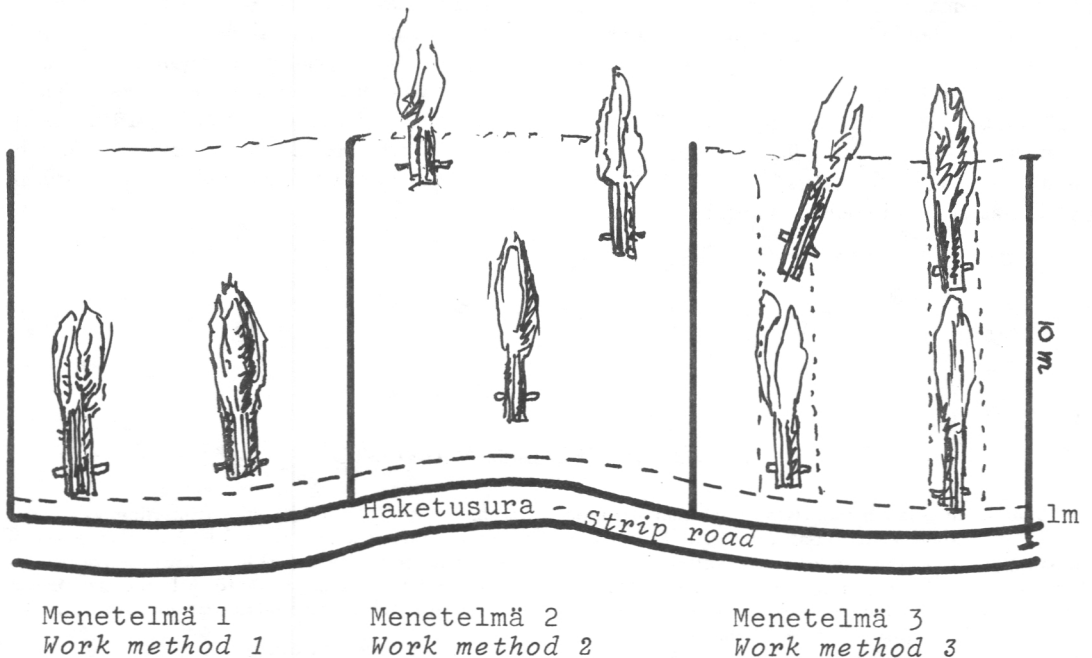
kuormaimen ulottuvuus oli ennakkotietoja pienempi. Työmenetelmiä kokeiltiin kahdessa puustoltaan erikokoisessa taimikossa ja riukuasteen metsikössä.

Riukuasteen metsikön maasto oli erittäin tasaista ja kantavaa. Taimikkoalueiden pintamaasto oli maasto-luokaltaan I–II, mutta alueella oli upottavuutta. Jäävän puuston runkoluku hehtaarilla oli n. 1 700.

Aineisto käsiteltiin osittain Monroe 1860 lasku-konetta varten kehitetyllä 4 muuttujan regressio-analyysi-ohjelmalla (kaatoajat), osittain VTKK:n vali-



Kuva 2. PH-3 hakkuri.
Fig. 2. PH-3 chipper.



Kuva 1. Kourakasojen sijoittelu eri tekomenetelmissä.
Fig. 1. Placing grapple bunches in the different work methods.

TAULUKKO 1. Aineisto.
TABLE 1. Material.

Koealue Sample stand	Työn- tekijä Worker	Poistettu puusto Growing stock removed			Jäävä puusto Residual growing stock		Korjatun puumäärän irtotilavuus m ³ Quantity of wood harvested, m ³ , loose	
		Pituus, Height, m, \bar{x}	d 1,3, cm, \bar{x}	Runkoa/ha Stems/ hectare	Pituus, Height m, \bar{x}	d 1,3, cm, \bar{x}	Korjuuketju Logging system I II	
Taimikko I Sapling stand I	1	2,8	2,2	3 100	3,5	4,8	10,0	
	2	2,7	3,2	4 800	4,1	5,3	12,0	
Taimikko II Sapling stand II	1	4,0	2,9	3 600	4,5	5,9	9,5	20,5
Riukuaste Pole-stage stand	1	6,0	4,8	4 300	9,2	9,2	101,0	

TAULUKKO 2. Koehenkilöiden ominaisuuksia.
TABLE 2. Some properties of the workers.

Työn- tekijä Worker	Ikä, v Age, years	Pituus, cm Height, cm	Paino, kg Weight, kg	Hapenotto- kyky Oxygen intake capacity ml/kg/min	Terveysden tila State of health	Veren- paine Blood pressure mm Hg
1	38	169	72	36,8	hyvä — good	102/64
2	28	172	74	..	hyvä — good	..

koivan regressioanalyysin kirjasto-ohjelmalla ja osittain käsin laskien. Puiden kuutiointi suoritettiin LAASA-SENAHOn toistaiseksi julkaisemattomilla kuutiointifunktioilla.

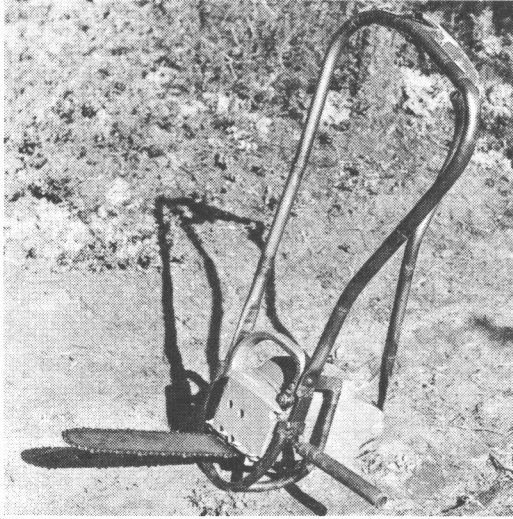
Hakkeen irtotilavuus mitattiin hakkurin kontissa ja pinotilavuus teon jälkeen kasoittain. Seulontäytettä otettiin 4 kpl a 20 l, joka kuormasta kuorman eri puolilta.

3. KAATOVÄLINEET

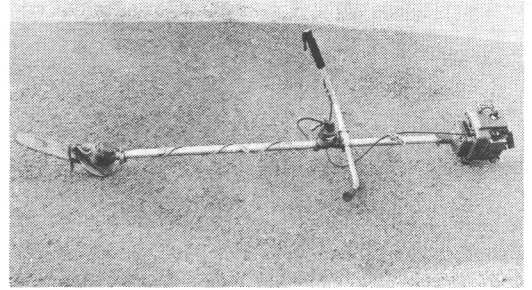
Pienpuuston kaadossa on aikaisemmin käytetty mm. vakiovarusteista moottorisaha. Kumaran työasennon vuoksi työskentely sillä on ergonomisesti epäedullista, koska pienpuuston teossa kaadon osuus on suuri (HAKKILA ym. 1975). Viistoon sahaus selkää suorana vaikuttaa taas tapaturma-alttiilta työltä. Tämän vuoksi esikokeisiin valittiin JR-kahvoilla varustettu HUSKY 35 moottorisaha ja ketjuterällä m/Takalo varustettu raivaussaha (kuva 3).

Esikokeen perusteella valittiin JR-kahvojen prototyypillä varustettu saha varsinaiseen tutkimukseen, mutta sitä ennen kahvoihin tehtiin parannuksia. Muun

muassa sahan alle asennettiin kaareva suojarauta, jonka varassa kaatosaha voidaan suorittaa (HARSTELA ja TERVO 1975). KUBIAK (1974) on todennut pitkäkahvaisen moottorisahan pienikokoisen männikön harvennuksessa parhaaksi kaatovälineeksi vasta rinnankorkeudelta yli 9 cm puilla. Pienemmillä puilla kirves ja raivaussaha olivat nopeimpia työvälineitä. Lepikon avohakkuussa LEHTONEN (1976) sen sijaan on todennut kaadossa (ilman siirtymistä) JR-kahvoilla varustetun moottorisahan raivaussahavaihtoehtoja nopeammaksi.



Kuva 3. JR-kahvoilla varustettu moottorisaha (A) ja ketjuterällä m/Takalo varustettu raivaussaha (B).
Fig. 3. Power saw with JR handles (A) and a clearing saw with a m/Takalo chain blade (B).



4. TYÖNTUTKIMUSTULOKSET

41. Työajan menekki puiden teossa

Tehotyöajoista laskettiin valikoivan regressioanalyysin tekniikalla liitteessä 1. esitetyt mallit, joista laskettiin menetelmittain taulukon 3 työajan menekit. Kasausaikaa selittivät merkittävästi puuston tiheyttä ja taakan kokoa kuvaavat muuttujat sekä suuressa taimikossa jäävän puuston tiheys. Kasausaikaa kuvaavissa

malleissa dikotomisilla muuttujilla kuvattiin kolmea työmenetelmää. Eräissä tapauksissa ne olivat tilastollisesti merkitseviä.

Taulukossa 3 on vertailukohteenä myös työntekijän 2 työajanmenekin keskiarvot. Palsalle kasaus oli nopeinta kaikissa tutkituissa tapauksissa. Apu-urille kasaus oli riukuasteen metsikössä nopeampaa. Ero saattaa johtua siitä, että riukuasteen metsikössä on jo puustossa

TAULUKKO 3. Tekotyöajan menekki irtotilavuusyksikköä kohti kunkin koalueen keskimääräisissä olosuhteissa.
TABLE 3. Expenditure of working time in the average conditions of each experimental area.

Työmenetelmä Working method	Puusto – Growing stock											
	Taimikko I Sapling stand			Taimikko II Sapling stand						Riukuaste Pole-stage stand		
	Työntekijä 1 Worker			Työntekijä 1 Worker			Työntekijä 2 Worker			Työntekijä 1 Worker		
	Työajan menekki, min/m ³ – Expenditure of working time, min/m ³ , loose											
Kaato Felling	Kasaus Bunching	Yht. ^{x)} Total	Kaato Felling	Kasaus Bunching	Yht. ^{x)} Total	Kaato Felling	Kasaus Bunching	Yht. ^{x)} Total	Kaato Felling	Kasaus Bunching	Yht. ^{x)} Total	
1	17,2	15,0	38,6	14,5	10,8	30,4	20,5	18,3	46,6	6,6	7,8	17,3
2				9,4	10,7	24,1				6,9	6,6	16,2
3	24,3	15,1	47,3	15,3	11,6	32,3				7,5	7,4	17,2

^{x)} Apuaika- ja keskeytysprosentti 20 – Auxiliary time percentage and interruption percentage 20

m³ tarkoittaa hakkeen irtotilavuutta – measured as chips

aukkoisuutta, jota voi käyttää apu-urina, mutta taimikossa apu-urat joudutaan varta vasten tekemään. Pitemmässä puustossa voidaan myös suunnattua kaatoa käyttää tehokkaammin hyväksi puiden siirtämiseen apu-urille. Työajan menekistä voidaan päätellä, että työntekijän 2 joutuisuus oli huomattavasti työntekijän 1 joutuisuutta pienempi.

Kuvassa 4 on esitetty graafisesti regressiomalleista laskettujen tehotyöajan menekkien riippuvuus poistettavan puuston tiheydestä. Pienessä taimikossa kasausajan menekki pienen puiden lukumäärän lisääntyessä pinta-alayksikköä kohti, mutta riukuasteen metsikössä suuren. Pienessä taimikossa keskimääräinen kasausmatka voi lyhentyä kasojen lukumäärän lisääntyessä tiheässä puustossa. Sen sijaan riukuasteen metsikössä puuston tiheneminen saattaa haitata kaadon suuntausta ja vaikeuttaa kasauksessa puiden kääntelyä.

Kuvassa 5 on tehotyöaikojen menekkiä tarkasteltu puuston koon funktiona siten, että havaintona on käytetty kunkin koalueen keskimääräisissä olosuhteissa saatua tehotyöajan menekkiä, joten kunkin havainnon osalta muut

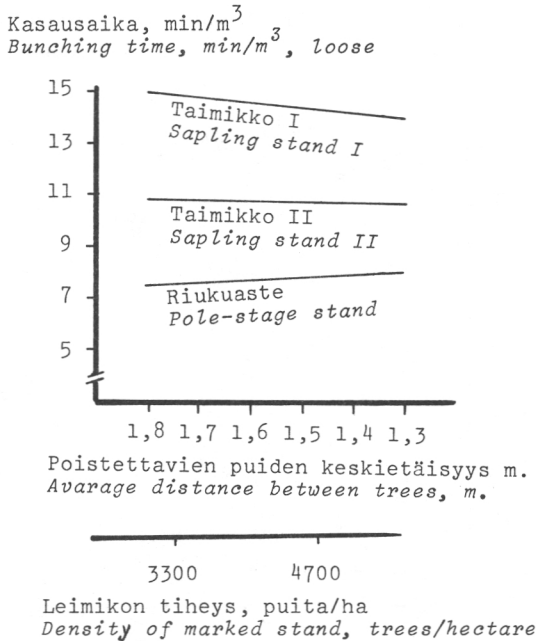
puustotunnukset, kuten leimikon tiheys, ovat hyvin erilaiset.

Työntekijän 1 tekotuotokset olivat samaa suuruusluokkaa kuin HAKKILAN ym. (1975) hieskoivikon avohakkuussa kaadon ja suorinnan tuotos. Kaatotuotos oli suurempi kuin LEHTOSEN (1976) vastaava lehtipuuston avohakkuussa. Näin ollen joutuisuus lienee ollut suuri.

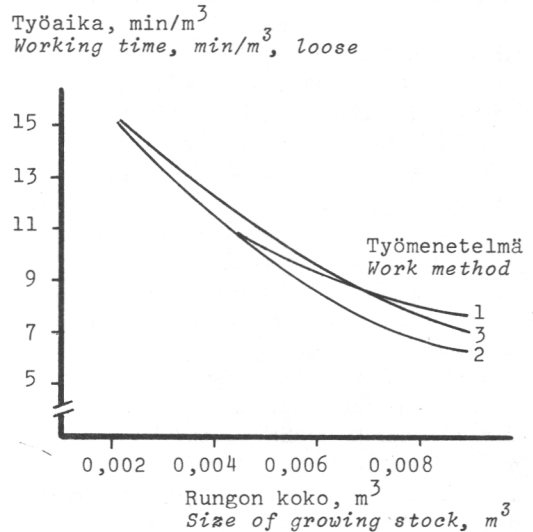
42. Työntekijän kuormittuminen

Työntekijän sydämen sykintää kasauksessa selittävät regressioyhtälöt on esitetty liitteessä 2. Merkitsevinä selittäjinä malleissa ovat taakan koko, kaadettavien puiden keskimääräinen etäisyys, jäävän ja poistettavan puuston tiheys, puiden lukumäärä taakassa ja taakan suurin pituus. Taulukossa 4 esitetyt tulokset ovat kaadon osalta keskiarvotuloksia, koska regressioyhtälöiden selitysaste jäi hyvin alhaiseksi.

Taimikoiden kaadossa sykintä oli lähes sama eri tekomenetelmissä. Riukuasteen metsikössä kuitenkin menetelmässä 1 oli alhaisin sykintä. Tämä selittyy sillä, että kaadon suuntaus on



Kuva 4. Kasauksen ajanmenekin riippuvuus irtotilavuusyksikköä kohti leimikon tiheydestä.
Fig. 4. Dependence of the expenditure of bunching time on the density of the marked stand.



Kuva 5. Tehotyöajan menekin riippuvuus irtotilavuusyksikköä kohti leimikon puuston keskikoosta.
Fig. 5. Dependence of the expenditure of productive working time on the average size of the growing stock of the stand.

TAULUKKO 4. Syketaajuudet kaato- ja kasaustyössä.
TABLE 4. Heart rate in felling and bunching.

Työ menetelmä Working method	Puusto – Growing stock											
	Taimikko I Sapling stand I			Taimikko II Sapling stand II						Riukuaste Pole-stage stand		
	Työntekijä 1 Worker 1			Työntekijä 1 Worker 1			Työntekijä 2 Worker 2			Työntekijä 1 Worker 1		
	Sydämen sykintä kertaa/min – Heart rate, beats/min											
Kaato Felling	Kasaus Bunching	\bar{x}	Kaato Felling	Kasaus Bunching	\bar{x}	Kaato Felling	Kasaus Bunching	\bar{x}	Kaato Felling	Kasaus Bunching	\bar{x}	
1	127	136	131,2	137	152	143,4	138*	153*	145,1	116	145	131,7
2				136	148	142,4				119	136	127,3
3	127	135	130,1	140	126	134,0				122	149	135,4

* Työntekijän 2 osalta molemmat arvot ovat keskimääräisiä – Both values are the averages for worker 2

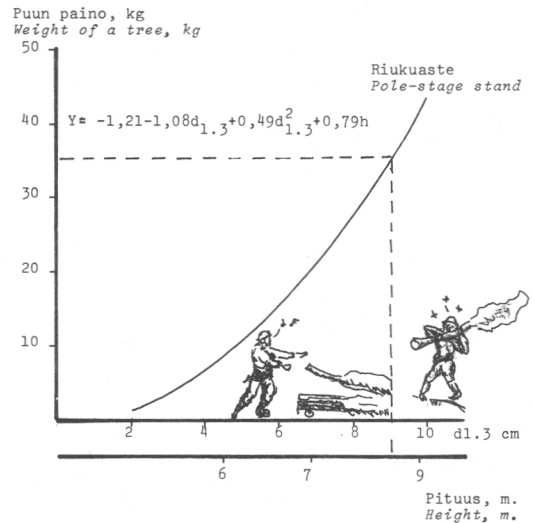
ollut muissa menetelmissä tarkempi, koska tällöin on jo kaatovaiheessa suunniteltu muodostettavan kasan paikka. Pienemmässä taimikossa on kaatosuunnan virhe helpommin korjattavissa kuin riukuasteen metsikössä. Kasauksessa suu-remmassa taimikossa oli koehenkilöllä 1 menetelmässä 3 alhainen sykintä. Tämä johtunee ainakin osittain työskentelyn nopeudesta. Menetelmässä 3 oli alhaisin kasaustuotos. Molempia työvaiheiden painotettuja keskiarvoja verrattaessa ei ole eroja eri menetelmien välillä pienessä taimikossa. Suuressa taimikossa keskiarvot ovat oletetun suuntaisia eli palstalle teko oli vähemmän kuormittavaa kuin palstalien varteen teko. Sama tulos saatiin riukuasteen metsikössä menetelmien 1 ja 2 osalta. Sen sijaan apu-urille teko oli riukuasteen metsikössä kaikkein kuormittavinta. Tulos voi johtua siitä, että kaadon suuntaus apu-urille ei ole onnistunut toivotulla tavalla. Sykintäarvot vastaavat n. 35–60 % kuormittumisastetta. Kuormittumisprosentit ovat yllättävän suuria. Osittain tämä johtunee varsinkin työntekijän 1 osalta suuresta joutuisuudesta.

Kuvassa 6 on puiden paino esitetty rinnankorkeusläpimitan ja pituuden funktiona. Työterveyslaitoksen normin mukaan jatkuvassa nostotyössä ei taakan enimmäispaino tasaisellakaan alustalla saisi ylittää 35 kg, joten riukuasteen metsikön edustamissa olosuhteissa ei rinnankorkeusläpimitaltaan yli 9 cm ja n. 8 m pituisia puita tulisi ihmisvoimin kasata. Yksittäiset puut voidaan tarvittaessa katkaista osiin. Katkaisuun kokeessa käytetty JR-kahvoilla varustettu moottorisaha soveltuu hyvin (LEH-

TONEN 1976). Mikäli 35 kg:n normin ylittäviä puita on paljon lienee taloudellisinta pyrkiä koneelliseen kasaukseen.

43. Puiden lähikuljetus

Kokonaisten puiden lähikuljetusta tutkittiin vain yhdessä puustossa, taimikko II. Regressiomalleista lasketut ja osittain keskimääräiset



Kuva 6. Puiden paino rinnankorkeusläpimitan ja pituuden funktiona.
Fig. 6. Weight of the trees as a function of d 1.3 and height.

TAULUKKO 5. Tehotyöajan menekit ja lähikuljetustuotokset taimikossa II irtotilavuusyksikköä kohti.
TABLE 5. Expenditure of productive working time and forwarding output in sapling stand II.

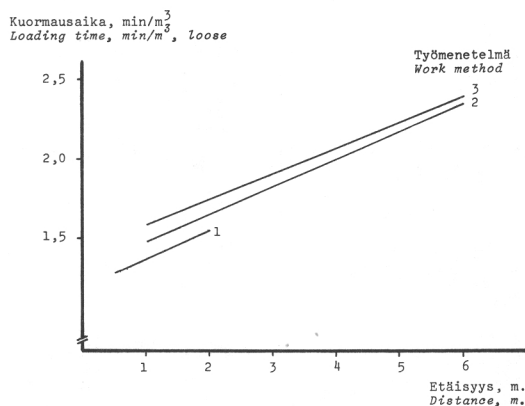
Työmenetelmä Working method	Työajan menekki, min/m ³ Expenditure of working time, min/m ³ loose			Tuotos m ³ /h ¹⁾ Output m ³ , loose/h	Suht. tuotos Relative output
	Kuormaus Loading	Kuormausajo Loading- driving	Ajo + purka- minen Forwarding+ unloading		
1. Palstatienvarteen Bunching alongside the strip road	1,5	0,3	1,3	17,6	100
2. Palstalle Bunching in the cutting area	1,9	0,6	1,3	14,4	82
3. Apu-urille Bunching on auxiliary strip road	1,9	0,6	1,3	14,4	82

1) 10 % keskeytyksiä, h = käyttötunti – 10 % interruptions, h = hours in use

työn tuotokset olivat 100 m keskikuljetusmatkalla taulukon 5 mukaiset.

Palstatienvarresta kuormauksessa jäi erityisesti kuormausajo vähäisemmäksi kuin muissa menetelmissä, mutta myös muu kuormaus oli nopeampaa. Tuotosta alensi jonkin verran se, että tutkimusteknisistä syistä kuormaus voitiin tehdä vain toiselta puolelta palstatietä, ja lisäksi kuljettaja oli tottumaton. Tuotos ajouran varresta oli suurempi kuin KAHALAN (1975) jätepuuston ajosta saamat tuotokset, mutta palstalta huonompi. Tuotos ajouran varresta oli samaa suuruusluokkaa kuin HAKKILAN ym. (1975) mukaan ensiharvennuskannan ajossa, kun otetaan huomioon eripituinen kuljetus-

matka. Ruotsissa esim. LIDBERG (1975) on saanut ensiharvennuspuun ajotuotoksen n. 10 % suuremmaksi, mikä on luonnollista suuremman puun koon vuoksi. Tuotos oli aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna melko suuri, mutta kuten kuvasta 7 nähdään, palstalta kuormaus on verraten paljon hidastanut työtä. Kasan etäisyyden ja kuormausajan välillä oli lineaarinen, mutta verraten jyrkkä regressio. Ajoaika on kokonaistehotyöajasta ollut n. 37 %, mikä on lyhyen ajomatkan huomioon ottaen normaaliin puutavaran ajoon verrattuna suhteellisen suuri. Täten heilunnan altistus aika on myös verraten suuri. Tämä johtuu kuormaus- ja purkamistaakkojen suuresta tilavuudesta painoon verrattuna ja kuormatilan pienuudesta ko. kuljetustehtävää ajatellen.



Kuva 7. Kuormausajan riippuvuus irtotilavuusyksikköä kohti kasan etäisyydestä ajourasta.
Fig. 7. Dependence of the loading time on the distance of the stack from the strip road.

44. Haketus

Haketus ajouralla ja hakkeen lähikuljetus

Taulukossa 6 on esitetty regressiomalleista ja osittain keskiarvoina lasketut ajan menekit ja työn tuotokset.

Taimikossa haketus palstatienvarresta oli nopeampaa kuin apu-urilta. Riukuasteen metsikössä tilanne oli päinvastainen. Hitainta oli haketus palstalta. Apu-urilta haketus riukuasteen metsikössä on voinut olla edullista sen tähden, että kasojen koko on paremmin vastannut yhtä syöttötaakkaa. Liian suurilla taakoilla syöttö johtaa helposti tukkeutumiin ja hakkurin kierrosten laskuun. Toinen syy voi olla se,

TAULUKKO 6. Tehotyöajan menekit ja tuotokset ajouralla haketuksessa.

TABLE 6. Expenditure of productive working time and output in chipping on the strip road.

Työajan menekit ja tuotokset Expenditures of working time and outputs	Taimikko I Sampling stand I			Taimikko II Sampling stand II			Riukuaste Pole stage stand		
	Työmenetelmä – Working method								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Haketusajo, min/m ³ Chipping-driving, min./m ³	1,1	–	1,4	0,7	–	0,9	0,3	0,3	0,3
Haketus, min/m ³ Chipping, min/m ³	2,4	–	2,7	1,9	–	2,2	1,6	1,7	1,3
Ajo + purkaminen, min/m ³ Haulage + unloading, min/m ³	0,7	–	0,7	0,7	–	0,7	0,4	0,4	0,4
Yhteensä, min/m ³ Total, min/m ³	4,2	–	4,8	3,3	–	3,8	2,3	2,4	2,0
Tuotos, m ³ /h ¹⁾ Output, m ³ /h	13,0	–	11,4	16,5	–	14,4	23,7	22,7	27,3
Suht. tuotos Relative output	79	–	69	100	–	87	144	138	165

1) Keskeytysprosentti 10, h = käyttötunti – Interruption percentage 10, h = hours in use

että yleensä taakan on ehtinyt hakea ennen kuin edellinen on loppuun asti haketettu ja siten taakkojen etäisyydellä ajourasta ei ole suurta merkitystä, jos taakan syöttöalue on esteetön.

Tuotokset ovat kaksin-kolminkertaiset HAKKILAN ym. (1975) suurempikokoisen, mutta kasaamattoman mäntytuuston ja esikasatun lepän haketukseen PH-hakkurin prototyypillä saamiin tuloksiin verrattuna ja samaa suuruusluokkaa kuin BYGRENIN ym. (1973) saamat tuotokset vinssaamalla esikasatun vähän tämän tutkimuksen puustoa järeämmän riukuasteen metsikön haketuksessa metsätraktorin päälle rakennetulla ja erillisellä moottorilla varustetulla Bruks 1500 M hakkurilla. Tuotos on myös samaa suuruusluokkaa kuin KALAJAN (1975) saamat eri tavoin esikasatun lepikön haketus-tuotokset. Haketustuotos riippuu hakkurin ominaisuuksista, mutta myös kuljettajan taidosta ja työtahdista. Ajanmenekin riippuvuus kasan etäisyydestä (kuva 8) oli riukuasteen metsikössä käyräviivainen. Näin ollen 3–4 m etäisyys ajourasta ei vielä juuri hidastanut työtä, mutta sitä suuremmilla etäisyyksillä haketustuotos oli selvästi pienempi kuin ajouran varresta.

Ajoaika on ollut tehotyöajasta 8–34 %. Haketuksen ajoaika ja siten heilunta-altistus oli pienempi kuin puutavaran ajossa yleensä

TAULUKKO 7. Haketusajan prosenttijakautumat.

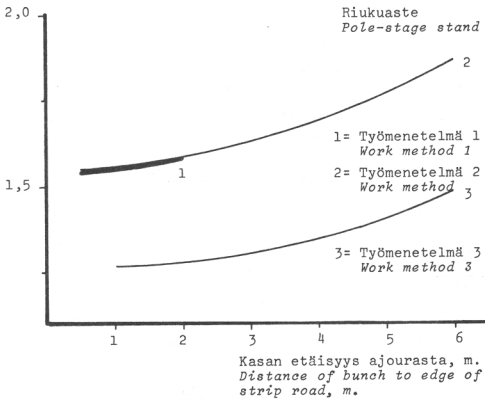
TABLE 7. Per cent distribution of the chipping time.

Työvaihe Work phase	Puusto – Growing stock			
	Taimikko I ¹⁾ Sampling stand I	Taimikko II ¹⁾ Sampling stand II	Taimikko II ²⁾ Sampling stand II	Riukuaste ¹⁾ Pole-stage stand
Haketus Chipping	38,2	36,1	57,0	49,8
Kierrosten nosto Increasing the revolutions of motor	4,5	7,3	22,6	16,7
Ensimmäisen taakan odotus Waiting for the first bunch	25,8	28,9		16,3
Muu odotus Other waiting	31,5	27,7	20,4	17,2
Yhteensä Total	100	100	100	100

1) Ajouralla – On the strip road

2) Välivarastolla – At the landing

Haketusaika, min/m³
Chipping time, min/m³, loose



Kuva 8. Haketusajan riippuvuus irtotilavuusyksikköä kohti kasan etäisyydestä ajourasta.
Fig. 8. Dependence of chipping time on the distance of the stack from the strip road.

on. Tehollisesta haketusajasta saatiin havainnointimenetelmällä taulukon 7 jakautumat.

Erityisesti riukuasteen metsikössä ja väli-varastohaketuksessa on hakkurin kierrosten nostamiseen kulunut aikaa verraten paljon. Myös odotusajat ovat huomattavat. Koska traktorin kierrosluku ei haketuksen aikana juuri laskenut kannattanee tutkia, tapahtuiko haketuksen automaattinen katkaisu liian aikaisin. Odotusaikojen välttämiseksi on työtapaan syytä kiinnittää huomiota niin, että seuraava taakka haetaan mahdollisimman aikaisin odottamaan syöttöä. Tukkeutumisen ja kierrosten laskun estämiseksi kannattaa välttää liian suuria syöttötaakkoja.

Haketus väli-varastolla

Väli-varastohaketusta tutkittiin vain suurem-
massa taimikossa ja tulokset olivat seuraavan
taulukon mukaiset.

Väli-varastohaketuksen tuotos oli 23 % suu-
rempi kuin vastaavan puuston haketus ajouran
varresta. Tuotos oli huomattavasti suurempi
kuin HAKKILAN ym. (1974) PH-hakkurin
prototyypin haketuksesta saamat tuotokset
männyllä, mutta samaa suuruusluokkaa kuin
myöhempi tuotostulos lepän väli-varastohake-

TAULUKKO 8. Tehotyöajan menekki ja tuotos väli-
varastohaketuksessa irtotilavuusyksikköä kohti.

TABLE 8. Expenditure of productive working time
and output in chipping at the landing (sapling stand II).

Työvaihe Work phase	Tehotyöajan menekki, min/m ³ Expenditure of productive working time	Tuotos, m ³ /h Output, m ³ , loose/h
Haketus Chipping	2,38	
Siirtyminen Moving	0,02	
Purkamisajo + purkamisen Unloading-driving + unloading	0,24	
Apuajat Auxiliary times	0,06	
Yhteensä Total	2,70	20,2 ¹⁾

1) Keskeytysaika 10 %, h = käyttötunti
Interruption time 10 %, h = hours in use

tuksesta (KALAJA 1975). Ruotsissa on kuor-
ma-auton alustalle rakennetulla Bruks 1200 C
hakkurilla päästy ensiharvennuspuun haketuk-
sessa huomattavasti korkeampiin tuloksiin, mut-
ta vertailussa on huomioitava puuston suurempi
koko (LIDBERG 1975).

45. Korjuuketjujen kustannukset

Väli-varasto- ja ajouran varressa haketusta
vertailtiin vain taimikossa II. Kustannukset
olivat taulukon 8 mukaiset, kun moottorisaha-
miehen tuntikustannuksena käytettiin 24,00
mk, lähikuljetuskoneen 95,00 mk ja hakkuri-
yksikön 170,00 mk.

Ajouralla tapahtuvaan haketukseen perus-
tuva korjuuketju oli yli 10 % halvempi vaihto-
ehto kuin väli-varastohaketukseen perustuva
(kuva 9). Ajourahaketuksen käyttöä rajoittaa
kuitenkin hakkuriyksikön huono maastokel-
poisuus.

Korjuuketjua 1 käytettäessä muodostuivat
korjuukustannukset taulukon 10 mukaisiksi eri
tekomenetelmien yhteydessä.

Riukuasteen metsikössä teko apu-urille oli
halvin vaihtoehto, ja teko palstalle kallein.
Taimikoissa sen sijaan teko palstatien varteen
oli halvempi vaihtoehto kuin teko apu-urille.

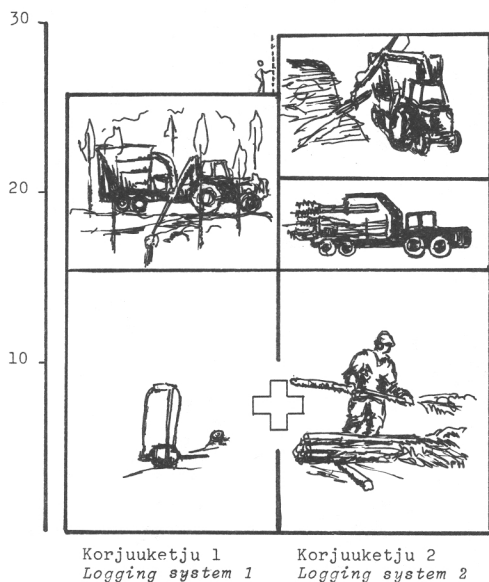
TAULUKKO 9. Eri korjuuketjujen työkustannukset taimikossa II irtotilavuusyksikköä kohti.
TABLE 9. Work costs of the different logging systems in sapling stand II.

Työn osa Part of work	Korjuuketju 1 Logging system 1			Korjuuketju 2 Logging system 2		
	Työmenetelmä – Working method					
	1	2	3	1	2	3
	mk/m ³ – mk/m ³ loose					
Teko, työntekijä 1 Felling, worker 1	12,16	9,64	12,92	12,16	9,64	12,92
Teko, työntekijä 2 Felling, worker 2	18,64			18,64		
Lähikuljetus Forwarding				5,40	6,60	6,60
Haketus Chipping	10,30		11,81	8,42	8,42	8,42
Yht. työntekijä 1 Total, worker 1	22,46		24,73	25,98	24,66	27,94
Yht. työntekijä 2 Total, worker 2	28,94			32,46		

TAULUKKO 10. Korjuukustannukset eri tekomenetelmiä käytettäessä irtotilavuusyksikköä kohti.
TABLE 10. Harvesting costs of different logging methods.

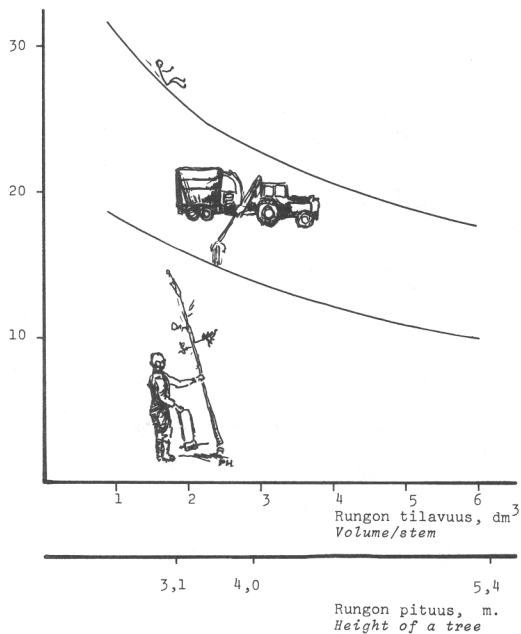
Työn osa Part of work	Taimikko I Sapling stand I			Taimikko II Sapling stand II			Riukuaste Pole-stage stand		
	Työmenetelmä – Working method								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	mk/m ³ – mk/m ³ , loose								
Teko, työntekijä 1 Felling, worker 1	15,44		18,92	12,16	9,64	12,92	6,92	6,48	6,88
Teko, työntekijä 2 Felling, worker 2				18,64					
Haketus Chipping	13,08		14,91	10,30		11,81	7,17	7,49	6,23
Yht. työntekijä 1 Total, worker 1	28,52		33,83	22,46		24,73	13,65	13,97	13,11
Yht. työntekijä 2 Total, worker 2				28,94					
mk/t (kuiva raaka-ainetta) – mk/t (dry material)									
Yht. työntekijä 1 Total, worker 1	288,08		341,72	215,96		237,79	92,86	95,03	89,18
Yht. työntekijä 2 Total, worker 2				278,27					

Korjuukustannus, mk/dm³
Logging costs, mk/m³, loose



Kuva 9. Korjuuketjujen kustannukset irtotilavuusyksikköä kohti taimikossa II.
Fig. 9. Costs of the harvesting systems in sapling stand II.

Korjuukustannus, mk/dm³
Logging costs, mk/m³, loose



Kuva 10. Korjuukustannusten riippuvuus irtotilavuusyksikköä kohti leimikon puuston keskikoosta.
Fig. 10. Dependence of the harvesting costs on the average size of the growing stock of the stand.

Erot eri tekomenetelmien välillä ovat kuitenkin verraten pienet. Sen sijaan puuston koko vaikuttaa hyvin paljon korjuukustannuksiin, kuten kuvasta 10 nähdään. Siinä kustannushavaintona on käytetty kunkin koalueen keskimääräisiä

olosuhteita vastaavia kustannuslukuja. Kustannusten kulminaatio on 2 dm³ (3,5 m) keskikokoisen puuston kohdalla. Kuivatonna kohti laskettuna kulminaatiopiste sijoittuu kuitenkin huomattavasti suurempaan puustoon.

5. HAKKEEN LAATU

Tutkimusaineistosta laskettiin taulukossa 11 esitetyt muuntoluvut, jotka siis edustavat vain tutkimusolosuhteita. Seulontanäytteiden pienestä lukumäärästä johtuen tuore- ja kuivapainolukuja sekä kokojakaamaa voidaan tutkimusolosuhteidenkin osalta pitää vain suunta-antavina.

Hakenäytteiden seulontatulokset on esitetty kuvassa 11. Jaekokojakauma oli kokopuuhaakeeksi verraten hyvä. Sen sijaan varsinaisissa taimikoissa neulasten, kuoren ja oksanpätkien osuus oli tuorepainosta suuri, 26–34 %. Vastaava luku riukuasteen metsikössä oli 15 %.

TAULUKKO 11. Hakemäärän muuntoluvut tutkimusaineistossa.

TABLE 11. Conversion factors for the chip quantity in the investigation material.

Puusto Growing stock	Muuntoluvut Conversion factors
Taimikko I Sapling stand I	1 Vh = 0,200 Vr = 3,58 Vp = 230 m _t = 99 m _k
Taimikko II Sapling stand II	1 " = 0,244 " = 4,52 " = 228 " = 104 "
Riukuaste Pole-stage stand	1 " = 0,298 " = 2,22 " = 335 " = 147 "

Vh = hakkeen irtotilavuus, m³ – loose measure of chips

Vp = kasattujen puiden pinomitta, m³ – loose measure of bunched trees

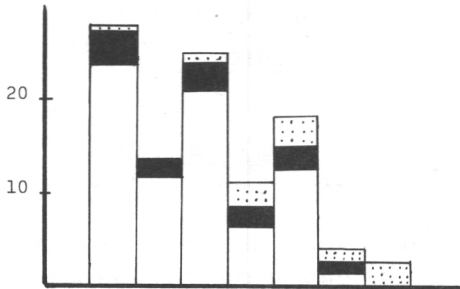
m_t = hakkeen tuorepaino, kg – green weight of chips, kg

Vr = runkopuun kiintotilavuus, m³ – fast measure of stems

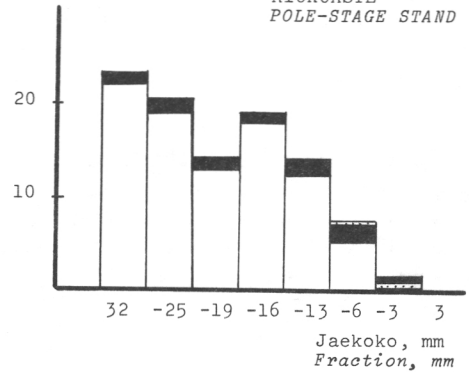
m_k = hakkeen kuivapaino, kg – dry weight of chips, kg

Osuus kuivapainosta, %
Share-in dry weight, %

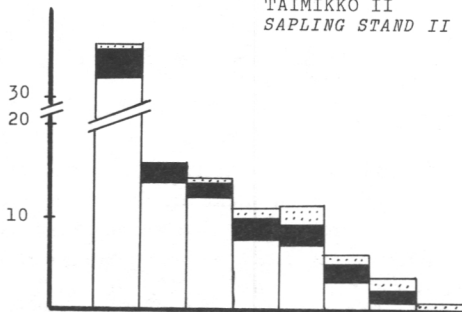
TAIMIKKO I
SAPLING STAND I



RIUKUASTE
POLE-STAGE STAND



TAIMIKKO II
SAPLING STAND II



Neulaset
Needles

Kuori
Bark

Puu
Wood

Kuva 11. Hakenäytteiden pituusjakaantuma.
Fig. 11. Distribution of the fraction size of the chip samples.

6. JÄLJELLE JÄÄVÄN PUUSTON VAURIOITUMINEN

Työmailta inventoitiin korjuun aiheuttamat vauriot oheisen taulukon osoittamin luokituksin. Yleistävien johtopäätösten tekoon yhden työmaan aineisto on pieni, mutta seuraavat oletukset testattiin. Niiden lopullinen vahvistaminen jää tulevien tutkimusten varaan.

Oletettiin palstalle kasauksen lisäävän ajo-vaurioita, koska useimmat puut voivat näin joutua kuormausvaiheessa kone-elimien vahingoittamiksi. Toisaalta apu-urien käytön oletettiin vähentävän vaurioita palstalle tekoon verrattuna, koska puut kootaan harvojen veto-urien varteen, joissa kuormaimen puomia varten on paremmin tilaa. Lähikuljetuksen oletettiin

vaurioittavan puustoa enemmän kuin haketuksen, koska puiden kääntö ajouran suuntaiseksi edellyttää verraten paljon tilaa. Tulokset on esitetty taulukossa 12.

Kokonaisuutena vaurioituminen oli vähäistä. Verraten suuret vaurioitumisprosentit olivat palstalle teossa riukuasteen metsikössä ja lähikuljetuksessa taimikossa II. Edellä esitetyt hypoteesit saavat tukea muilta osin, paitsi taimikossa II lähikuljetuksessa apu-urien käyttö ei ole vähentänyt vaurioitumista.

Lähikuljetuksessa puuston suuri vaurioituminen saattoi johtua osittain kuljettajan tot-

TAULUKKO 12. Puuston vaurioituminen.
TABLE 12. Damage to the growing stock.

Työmenetelmä Working method	Vaurioita % runkoluvusta % of stems damaged	Runkovauriot – Stem damages					Ajouran leveys, m Width of strip road, m
		Pintavaurio ¹⁾ Surface damage		Syvä vaurio ¹⁾ Deep damage		Katkeama, % Break of tree top, %	
		%	Pinta-ala, cm ² Area, cm ²	%	Pinta-ala, cm ² Area, cm ²		
Riukuaste, haketus – Pole-stage stand, chipping							
1	0,8			100	18,0		4,0
2	3,3			100	40,8		4,0
3	1,8			100	10,7		4,1
Taimikko II, haketus – Sapling stand II, chipping							
1	0,7			100	1,0		3,8
2							
3	2,1					100	4,2
Taimikko II, lähikuljetus – Sapling stand II, forwarding of trees							
1	2,1	20	8,0	40	70,5	40	4,1
2	3,1			80	84,0	20	4,6
3	5,0			43	7,7	57	4,0
Taimikko I, haketus – Sapling stand I, chipping							
1	0,8			50	8,0	50	4,0
3	1,1			100	33,3		4,0

¹⁾ Pinta- ja syvävaurion määrittämisen raja-kohtana pidettiin puuaineksen rikkoutumista.
The breakage of the wood was regarded as the limit for determination of surface damage and deep damage.

tumattomuudesta ja liian suuren tuotoksen tavoittelusta. Varsinkin suuremmissa puustossa puiden kääntäminen kuormatilaan aiheuttanee enemmän vaurioita kuin palstahaketus, koska tällöin puut ovat jo kasauksen jäljiltä tarkoituk-

sen mukaisessa asennossa hakkuriin syöttämistä varten (vrt. RUOTSALAINEN 1976). Puiden kääntäminen lienee aiheuttanut vaurioita myös tässä tutkimuksessa, koska taimien katkeamisia oli verraten paljon.

7. TARKASTELUA

Koska aineisto suurimmalta osin on yhden työntekijän työskentelystä, on se liian suppea arvojen yleistämiseen ja vertailevilta osiltaan vain suuntaa-antava.

Tekomenetelmistä ei voida selvästi osoittaa parasta vaihtoehtoa, vaan tulokset ovat erilaiset tavoitteet huomioon ottaen jonkin verran risti-riitaiset. Palstalle kasaus oli ergonomisesti jonkin verran uran varteen tekoa edullisempi. Ero ei ollut kovin suuri ja apu-urille teko ei enää ollut vähemmän kuormittavaa. Tämä johtunee siitä, että puiden paino kaikissa tapauksissa oli keskimäärin niin alhainen, ettei kasauksessa syntynyt suurta räsitusluippua. Mitä suuremmasta puustosta on kysymys sitä edullisemmaksi palstalle tai apu-urille teko tulee ajouran varteen tekoon verrattuna sekä ergonomian että kustannusten kannalta. Toisaalta puuston vaurioituminen on yleensä sitä vähäisempää mitä enemmän puita kasataan. Suuremmissa puustossa ns. räsitusluippu syntyy selvemmin kasauksessa, joten kasauksen keston lyhentäminen vähentää kuormittumista. Suurien puiden haketuksessa yhden taakan haketus kestää kauemmin. Tällöin uusi taakka ehditään hakea kauempaa ilman odotusta. Yhden kouraisu-taakan kasan palstalle saa myös suuremmissa puustossa syntymään vähemmistä puista kuin pienessä puustossa. Siten suhteellinen kasausmatka lyhenee enemmän suuressa puustossa kuin pienessä palstalle tekoon siirryttäessä.

Vähäoksaisessa männikössä juuri perinteellisen käyttöpuun mitat saavuttanut puusto on jo ergonomisesti liian raskasta käsin kasattavaksi ilman puiden katkaisua. Eräänä kasausvaihtoehtona voi kuitenkin tulla kysymykseen tämän tutkimuksen suorittamisen jälkeen kehitetty siirtelykaato.

Koneen kuljettajan heilunta-altistuksen kannalta ajouralla suoritettavaan haketukseseen pe-

rustuva korjuuketju on välivarastohaketusta edullisempi. Päätelmä perustuu kuitenkin oletukseen, ettei hakkurin työheilunta ole metsätraktorin ajoheiluntaa suurempaa. Ajouralla suoritettu haketus on myös työnä vaihtelevampaa.

Ihmistyöpanos koko korjuuketjussa oli hakeen irtotilavuusyksikköä kohti tehotunteina mitaten 0,3–0,8 h/m³. Riukuasteen metsikössä ihmistyöpanoksen tarve on kuitupuun ihmistyövaltaisen teon kanssa samaa suuruusluokkaa. Teko palstalle vähensi ihmistyön tarvetta noin 5 %.

Kustannuslaskelmat on tehty keskimääräisten työvaikeustekijöiden mukaisiksi, eikä työvaikeustekijöiden jakaumia ja leimikkojakaumia ole otettu huomioon. Laskelmat ovat näin ollen esimerkinomaisia.

Ajouralla tapahtuneeseen haketukseseen perustunut korjuuketju oli välivarastohaketukseen perustunutta taloudellisempi. Kyseisen hakkurin palstalla käyttöä rajoittaa kuitenkin huono maastokelpoisuus. Koska varsinainen haketus on ajouralla samalla puutavaran lastausta, siirtymisajo ja ajo vastaavat suunnilleen puiden lähikuljetuksen siirtymisajoa ja hakekuorman purkaminen on nopeampaa kuin puukuorman. Väli-varastohaketukseen perustuva korjuuketju on aina vähemmän tuottava kuin ajourahaketus samalla hakkuriyksiköllä, jos hakkuriyksikön maastokelpoisuus on riittävä. Puut joudutaan tällöin vain kerran ”syöttämään” koneeseen. Sen sijaan em. korjuuketjujen kannattavuus yleensä riippuu työvaikeus- ja leimikkokajakamien lisäksi kuormatraktoreiden palsta- ja väli-varastohakkureiden hinta- ja tuotossuhteista. Joka tapauksessa palstahakkuri-korjuuketju on organisatoorisesti helpompi käsitellä. Riukuasteen metsikössä ihmistyövaltaista korjuuketjua voidaan käyttää kohtuullisin kustannuksin,

mutta alle 4 m pituisessa taimikossa kustannukset ovat suuret.

Puuaineen määrään nähden kokopuuhaketus on selvästi tavaralajimenetelmää halvempi korjuutapa riukuasteen metsikössä ja sitä pienemmissä puustoissa. Korjuukustannukset kuutioryksikköä ja vielä suuremmassa määrin kuiva-ainetonna kohti nousevat hyvin jyrkästi siirryttäessä pienikokoiseen taimikkoon. Samalla raaka-aineen laatu heikkenee, jos neulasat ja

kuori katsotaan raaka-ainetta heikentäviksi osiksi. Latvojen katkaisu, hakkuriin liitetty esikarsinta tai latvusten ”syלקäisy” syöttölaitteilla haketuksen aikana palstalle parantaisivat hakkeen laatua ja pienentäisivät metsikön ravinteiden poiskulkeutumista. Koska haketuksen aikana osa neulasista ja oksista karisee, on palstahaketus välivarastohaketusta edullisempi metsikön ravinnetalouden kannalta.

8. YHDISTELMÄ

Tutkittiin kahden taimikon ja riukuasteen metsikön harvennuspuun tekoa JR-kahvoilla varustetulla moottorisahalla ja kokopuuhaketausta. Puiden kasaus suoritettiin palstatienvarten, palstalle ja apu-urille. Suuremmassa taimikossa tutkittiin sekä palsta- että välivarastohaketusta PH-3 hakkurilla ja puiden lähikuljetusta VOLVO-HEMEK kuormatraktorilla. Muisa metsiköissä tutkittiin vain palstahaketausta. Tulokset perustuvat pääosin yhden koehenkilön työskentelyyn ja ovat siten vain suuntaa-antavia.

Puiden teon tuotos oli hakkeen irtotilavuutena ilmaisten 1,2–3,8 m³/h puuston koosta riippuen. Teko palstalle oli nopeinta, mutta apu-urille teko ei selvästi nopeuttanut työtä. Työntekijän kuormittumista kuvaava sydämen sykintä oli pienintä palstalle teossa, mutta apu-urille teossa saatiin ristiriitaisia tuloksia. Työterveyslaitoksen normin liian suuresta nostotaakasta ylitti vähäoksaissa männikössä rinnankorkeusläpimitaltaan n. 9 cm ja 8 m pituinen puu.

Lähikuljetustuotos käyttötuntia kohti oli suuremmassa taimikossa irtotilavuutena ilmaisten 14,4–17,6 m³/h. Palstahaketuksen tuotokset olivat 11,4–27,3 m³/h puuston koosta riippuen ja välivarastohaketuksen suuremmassa taimikossa 20,2 m³/h. Korjuukustannukset

olivat irtotilavuusyksikköä kohti 33,83–13,11 mk/m³ menetelmästä ja puuston koosta riippuen. Ihmistyöpanos oli 0,3–0,8 h/m³. Taimikon koon pienetessä korjuukustannukset nousevat jyrkästi. Pienehköjen keskipituudeltaan alle 4 m taimikoiden korjuuseen ei näytä tällä hetkellä olevan taloudellista korjuumenetelmää. Jäljelle jäävän puuston vaurioituminen vaihteli 0,7–5,0 % runkoluvusta. Eniten vaurioita syntyi puiden lähikuljetuksessa ja seuraavaksi eniten palstalla haketuksessa.

Palstalle kasaus tulee ilmeisesti sitä edullisemmaksi mitä suuremmasta puustosta on kysymys sekä ergonomisesti että kustannusten suhteen, mutta vaurioituminen lisääntyy kasauksen vähetessä. Jos hakkurin maastokelpoisuus on riittävä, on palstahaketuksen työn tuotos samalla hakkurilla välivarastohaketuksen tuotosta suurempi. Palstahaketus on myös ergonomisesti ja metsikön ravinnetalouden kannalta sekä vaurioitumisen suhteen edullisempi vaihtoehto. Tuotoksen suuremmuus johtuu siitä, että puita käsitellään vain kerran ja muut palstahaketuksen työvaiheet vastaavat ajanmenekiltään suunnilleen lähikuljetuksen vastaavia vaiheita. Yleisemmin taloudellisuus riippuu palsta- ja välivarastohakkureiden sekä kuormatraktorin hinta- ja tuotossuhteista.

KIRJALLISUUS

- BYGREN, K.-G. & LIDBERG, B. 1973. Studier av grönflisning. Ekon. ForsknStift. Skogsarb. 13: 1-4.
- BYGREN, K.-G. & LIDBERG, B. 1975. Produktion av grönflisen — en översikt. Summary: Production of full-tree chips — a review. Redog. ForsknStift. Skogsarb. 2: 1-23.
- HAKKILA, P. 1972. Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa. Summary: Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. Folia For. 159: 1-19.
- HAKKILA, P. KALAJA, H. & MÄKELÄ, M. 1975. Kokopuun käyttö pienpuuongelman ratkaisuna. Summary: Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. Folia For. 240: 1-78.
- HARSTELA, P. 1975a. Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä. Summary: The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. Folia For. 242: 1-19.
- HARSTELA, P. 1975b. Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen sekä kasausmenetelmän vaikutus metsäkuljetukseen tehtäessä kuitupuuta liukupuomia varten. Summary: Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading. Folia For. 260: 1-23.
- HARSTELA, P. & TERVO, L. 1975. Arvio taimikon ja riukuasteen metsiköiden käsittelyssä poistettavista puumääristä. Metsäntutkimuslaitos. Suonenjoen metsänviljelyn koeasema. Moniste.
- HARSTELA, P., TERVO, L. & TAKALO, S. 1975. Raivaussaha m/Takalo ja kaatolaite m/Jaaranen & Rantapuu männyn taimikon korjuussa. Metsäntutkimuslaitos. Suonenjoen metsänviljelyn koeasema. Moniste.
- KAHALA, M. 1975. Puutavaran hakkuu ja metsäkuljetus kokopuina Kemihaaran allasalueelta. Metsätehon seloste 1: 1-11.
- KALAJA, H. 1975. Kokopuuohaketus PH-2, Imatra, Kuokkalampi 18.6.-9.7.1975. Metsäntutkimuslaitos. Metsäteknologian tutkimusosasto. Konekirjoite.
- KUBIAK, M. 1974. Effect of the tools used on performance in tending young scots pine stand. In das VIII. Internationale Symposium über die Mechanisierung bei der Forstnutzung. University of Helsinki. Department of Forest Technology.
- LEHTONEN, E. 1976. Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla. Summary: Felling of small-sized trees with felling devices based on the chain saw and clearing saw. Folia For. 261: 1-27.
- LIDBERG, B. 1975. Hyggesavfall och virke ur förstagallring-tillvaratagande och flisning. Ekon. ForsknStift. Skogsarb. 5: 1-6.
- MELKKO, M. 1976. PH-3 kokopuuohakuri. Summary: PH-3 whole-tree chipper. Metsätehon katsaus 14: 1-8.
- MIKKONEN, E. & TAIPALE, J. 1975. Hemek 650-metsätraktori. Summary: Hemek 650 forwarder. Metsätehon katsaus 17: 1-5.
- RUOTSALAINEN, M. 1976. Korjuu kokopuina viljelymännikön ensimmäisessä harvennuksessa. Summary: Whole-tree harvesting in the thinning of pine plantations. Metsätehon katsaus 3: 1-4.

SUMMARY

The thinning yield of harvestable sapling stands and pole-stage stands in Finland has been estimated to be 0,8 to 1,5 million m^3 /year. For the harvesting of this raw material reserve, it was decided to experiment with techniques developed for the harvesting of other small-sized timber. The methods selected were selective thinning, felling with a power saw equipped with felling handles, bunching by human labour, and whole-tree chipping either in the cutting area or at the landing. The trees were bunched alongside the strip road, in the cutting area and in the auxiliary strips. The felling device was selected after a preliminary test on ergonomic and work productivity grounds. The results are based chiefly on the work of one worker.

The expenditure of working time, outputs and costs are given in tables 3 and 5 to 10. The felling and bunching output was 1,2 to 3,8 chip m^3 /h. The strain on the worker was smallest when bunching in the cutting area. This is because when the bunching distance is shortened the strain peaks are lower and the relative share of bunching activity decreases. The validity of this conclusion increases with the size of the growing stock in question. The economics of bunching in the cutting area probably improves when the size of the growing stock increases. Trees over 9 cm in breast height diameter were too heavy to carry by human labour in a pine stand with few branches. Bunching in the cutting area reduced the human labour input by about 5 % compared with bunching alongside the strip road.

The forwarding output in a fairly large sapling stand was 14 to 17 chip m^3 /hour of operation, the chipping output at the landing was 20 chip m^3 /hour of operation and the chipping output in the cutting area inclusive of forest transport was 14 to 17 chip m^3 /hour of operation. The corresponding cutting-area chipping output in a pole-stage stand was 23 to 24 chip m^3 /hour of operation. The output decreased

and the costs rose sharply when the size of the trees in the sapling stand decreased. At the same time, the share of needles and bark in the chips increased appreciably. On the other hand, the costs of the harvesting system in an over 4-m high sapling stand were acceptable.

In conditions where the terrain-worthiness of the chipper is adequate, cutting-area chipping with a PH-3 chipper is a cheaper alternative than chipping at the landing. Chipping the trees in the cutting area takes only a little more time than loading the timber into a tractor, and the other work phases correspond to those of forwarding of trees. Moreover, the chipping unit is fairly cheap. The comparative economics of these harvesting systems is more generally dependent on the extent to which the terrain-worthiness raises the price of the chipper and how much more effective the landing chipper can be made in relation to price than the terrain chipper.

Chipping in the cutting area is ergonomically sounder than chipping at the landing as exposure to rocking is probably smaller than in the forwarding of timber and the work has more variety than in landing chipping. A one-machine harvesting schedule is also easier to organise than a system requiring two machine units. Needles and branches are shed to some extent during chipping, and chipping in the cutting area is also better for the nutrient balance of the stand.

Damage to the residual growing stock was greatest with forwarding, as forwarders found difficulties in turning parallel to the strip road. Chipping in the cutting area was second as regards damages. This was because the more scattered bunches exposed a greater number of residual trees to the risk of damage when the felled trees were moved mechanically. Damaged trees accounted for 0,7 to 5,0 % of the number of stems.

LIITTEET

LIITE 1. Tehotyöajan menekkiä kuvaavat regressiomallit.
APP. 1. Regression models describing the effective work time.

	R ²
Y kas, I = $7,54 - 0,17X_1 + 7,16X_{15}^{***} + 0,11X_7 \cdot X_{10}^{***}$	42,2 %
Y kas, II = $11,1 - 1,9X_1^* - 2,3X_2^* + 0,001X_7X_{12}^{***} + 3,96X_{15}^{***}$	31,5 %
Y kas, r = $5,2 + 5,9X_{15}^{***} - 0,64X_2 + 5,26X_{15}^{***} + 0,20X_7X_3^{***} + 0,74X_{17}^{***} + 0,0007X_{13}^*$	20,7 %
Y kuor, II = $52,37 - 12,74X_1^{**} - 7,94X_2 + 0,58X_{21}^{***}$	39,2 %
Y hak, I = $16,58 - 4,34X_1 + 18,73X_{18}^{***} + 0,0034X_{19}X_{20}^{**}$	78,5 %
Y hak, II = $10,92 - 10,56X_1 + 10,82X_2 + 20,53X_{18}^{***} + 0,76X_{20}^* - 0,0036X_{21}^2 - 0,1332X_1X_{19}$	75,1 %
Y hak, r = $8,63 + 17,55X_1^* - 4,32X_2 + 22,47X_{18}^{***} + 0,0049X_{19}X_{20}^{***} + 0,0054X_{21}^{2*}$	69,4 %

Y kas = kasusaika, cmin/taakka
bunching time, cmin/burden

Y, I = taimikko I
sapling stand I

Y kuor = kuormausaika, cmin/kasa
loading time, cmin/bunch

Y, II = taimikko II
sapling stand II

Y hak = haketus aika, cmin/kasa
chipping time, cmin/bunch

Y, r = riukuaste
pole-stage stand

X₁ = dikotominen muuttuja, työmenetelmä 1=1, 2=0, 3=0
dikotomic variable, work method

X₂ = " " " " 1=0, 2=1, 3=0

X₃ = " " " " 1=0, 2=0, 3=1

X₇ = taakan koko, 0,001 r-m³ - size of the bunch

X₉ = lämpötila - temperature - -20°C = 0, -19°C = 1, -18°C = 2...

X₁₀ = kaadettavien puiden keskietäisyys, dm - average distance of the trees to be felled, dm

X₁₂ = jäävän puuston tiheys, kpl/ha - density of the residual growing stock, units/hectare

X₁₃ = poistettavan puuston tiheys, kpl/ha - density of the growing stock to be removed, units/hectare

X₁₅ = puita taakassa, kpl - number of trees in the burden, units

X₁₇ = taakan suurin pituus, m - maximum length of the burden, m

X₁₈ = taakkojen lukumäärä/kasa - number of burdens bunch

X₁₉ = kasan pinotilavuus, m³ - loose measure of bunch, m³

X₂₀ = puiden lukumäärä - number of trees, units

X₂₁ = etäisyys ajourasta, dm - distance from strip road, dm

R² = selitysaste, % - degree of explanation

LIITE 2. Sydämen sykintää kuvaavat regressiomallit.
 APP. 2. Regression models describing the heart rate.

	R^2
Y, syk, I = $61,5 + 1,12X_1 + 1,92X_9 + 0,046X_7X_{10}$	17,8 %
Y, syk, II = $65,8 + 32,0X_1 + 24,6X_2 + 0,11X_{10}^2 + 1,31X_{14} + 0,42X_7X_3$	18,8 %
Y, syk, r = $106,2 - 3,45X_1 - 13,04X_2 + 0,0000001X_{11}^3 + 0,13X_{10}^2 + 0,16X_{14}$	42,1 %

Y, syk = sydämen sykintä, kertaa /min – heart rate, beats/min

Y, I = taimikko I – sapling stand I

Y, II = taimikko II – sapling stand II

Y, r = riukuaste – pole-stage stand

X_1 = dikotominen muuttuja, työmenetelmä 1=1, 2=0, 3=0
 dikotomic variable, work method

X_2 = –”– –”– 1=0, 2=1, 3=0

X_3 = –”– –”– 1=0, 2=0, 3=1

X_7 = taakan koko, runkojen kiintotilavuutena mitaten dm^3 – size of the burden, fast measure of stems dm^3

X_9 = lämpötila – temperature – $-20^\circ C = 0, -19^\circ C = 1, -18^\circ C = 2. . .$

X_{10} = kaadettavien puiden keskietäisyys, dm – average distance between trees

X_{11} = aika työpäivän alusta, 0,01 tuntia – time from the beginning of the working day, 0,01 hours

X_{14} = poistettavan puuston tiheys, m^3/ha – density of removed trees, $m^3/hectare$

V_r = runkopuun kiintotilavuus m^3 – fast measure of stems m^3

R^2 = selityssaste, % – degree of explanation, %

ODC 333-302

ISBN 951-40-0255-5

ISSN 0015-5543

HARSTELA, P. & TERVO, L. 1977. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia. Kaato ja kasaus käsityövälineillä ja kokopuuhaetus. Summary: Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine). Manual felling and bunching and whole-tree chipping. *Folia For.* 294: 1-23

The paper deals with the harvesting of sapling and pole-stage stands by power saw equipped with felling handles and by whole-tree chipper PH-3. Felling and bunching outputs were 1,2 to 3,8 m³, loose/h and chipping outputs 11,4 to 27,3 m³, loose/h depending on working conditions and method. Some ergonomical variables and damages to the residual growing stock were measured and discussed.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experiment Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.

ODC 333-320

ISBN 951-40-0255-5

ISSN 0015-5543

HARSTELA, P. & TERVO, L. 1977. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia. Kaato ja kasaus käsityövälineillä ja kokopuuhaetus. Summary: Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine). Manual felling and bunching and whole-tree chipping. *Folia For.* 294: 1-23

The paper deals with the harvesting of sapling and pole-stage stands by power saw equipped with felling handles and by whole-tree chipper PH-3. Felling and bunching outputs were 1,2 to 3,8 m³, loose/h and chipping outputs 11,4 to 27,3 m³, loose/h depending on working conditions and method. Some ergonomical variables and damages to the residual growing stock were measured and discussed.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experiment Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.

ODC 333-320

ISBN 951-40-0255-5

ISSN 0015-5543

HARSTELA, P. & TERVO, L. 1977. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia. Kaato ja kasaus käsityövälineillä ja kokopuuhaetus. Summary: Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine). Manual felling and bunching and whole-tree chipping. *Folia For.* 294: 1-23

The paper deals with the harvesting of sapling and pole-stage stands by power saw equipped with felling handles and by whole-tree chipper PH-3. Felling and bunching outputs were 1,2 to 3,8 m³, loose/h and chipping outputs 11,4 to 27,3 m³, loose/h depending on working conditions and method. Some ergonomical variables and damages to the residual growing stock were measured and discussed.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experiment Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.

ODC 333-320

ISBN 951-40-0255-5

ISSN 0015-5543

HARSTELA, P. & TERVO, L. 1977. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia. Kaato ja kasaus käsityövälineillä ja kokopuuhaetus. Summary: Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine). Manual felling and bunching and whole-tree chipping. *Folia For.* 294: 1-23

The paper deals with the harvesting of sapling and pole-stage stands by power saw equipped with felling handles and by whole-tree chipper PH-3. Felling and bunching outputs were 1,2 to 3,8 m³, loose/h and chipping outputs 11,4 to 27,3 m³, loose/h depending on working conditions and method. Some ergonomical variables and damages to the residual growing stock were measured and discussed.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experiment Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.

- 1975 No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods.
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading.
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher.
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response.
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana.
Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production.
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesien (*Lophobacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa.
Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophobacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland.
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.
Pallari Bushharvester.
- No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it.
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975.
Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975.
- 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.
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta.
Work Study of the Lamu Seeding Machine.
- 1976 No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukkien kiintomittausten seurantajärjestelmä.
A control method for the measurement of pine and spruce logs.
- No 255 Metsätalastollinen vuosikirja 1974.
Yearbook of forest statistics 1974.
- 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.
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta.
The wood basic density variation of pine and spruce provenances.
- No 258 Pentti Nisula: Muovihuoneen sadetuskone.
A sprinkler for a plastic greenhouse.
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973.
Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973.
- No 260 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liuku-puomikuormausta varten.
Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading.
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla.
Felling of small-size trees with felling devices based on the chain saw and clearing saw.
- No 262 Olli Saikku ja Pentti Rikkonen: Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount of pulpwood and factors affecting it.
- No 263 Reino Saarnio: Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa.
The quality and development of cultivated curly-birch (*Betula verrucosa* f. *carelica* Sok.) stands in southern Finland.
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä.
Yield from the first thinning.
- No 265 Olavi Huuri: Kallistusilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia.
Tilting of planted pines; survey results.
- No 266 Proposed tree breeding programme in Finland 1976—1985.
Abbreviation of the report issued by the Tree Breeding Committee (Committee Report 1975:25).
- No 267 Jari Parviainen: Taimien juurten leikkaaminen kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Root pruning in the nursery and at planting. A study based on literature.
- No 268 Jari Parviainen: Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys.
Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine.
- No 269 Heikki Seppälä: Metsäsektorin alueellinen merkitys Suomessa.
Regional importance of the forest sector in Finland.
- No 270 Jaakko Virtanen: Metsänomistaja tienrakennuttajana.
The role of the forest owners in logging roads construction.
- No 271 Pertti Elovirta: Metsätalouden työvoiman tarjonta Suomessa 1945—1974 ja ennuste vuosille 1975—1985.
Forest labour supply in Finland 1945—1974 and a forecast to years 1975—1985.

- 1976 No 272 Eero Paavilainen: Typpilannoitus ohutturpeisilla piensararämeillä.
Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps.
- No 273 Paavo Simola ja Markku Mäkelä: Rasiinkaato kokopuiden korjuussa.
Leaf-seasoning method in whole-tree logging.
- No 274 Kullervo Kuusela ja Sakari Salminen: Pohjois-Karjalan metsävarat vuosina 1973—74, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan vuonna 1974 sekä Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan vuonna 1975.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala in 1973—74, Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1974, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1975.
- No 275 L. Runeberg: Driftsresultat från Skogsforskningsinstitutets företagsekonomiska forskningsskogar åren 1945—74.
The business economics result from the Forest Research Institute's research forests 1945—74.
- No 276 Pentti Iisalo, Jukka Sorsa ja Paavo Tiihonen: Suomen metsien rakenteen seuranta-menetelmä.
Eine methode zur laufenden Überprüfung der Struktur der Wälder Finnlands.
- No 277 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1973—75.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1973—75.
- No 278 Heikki Juslin: Metsäalan toimihenkilöiden täydennyskoulutustarve.
The need for future education in forestry.
- No 279 Jyrki Raulo ja Erkki Lähde: Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa.
Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 280 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kuorelliset keskusmuotoluvut.
Middle form factors of pine and spruce sawlogs.
- No 281 Yrjö Vuokila: Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan.
Effect of green pruning on the health of pine and birch.
- No 282 Yrjö Vuokila: Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana.
The boring of standing trees as a source of defects.
- No 283 Leevi Pajunen: Metsurin työvälinekustannukset 1975—1976.
Forest worker's equipment costs 1975—1976.
- No 284 Paavo Juutinen, Timo Kurkela ja Sakari Lilja: Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.), lehtipuun vioittajana sekä vioitusten sienisaastunta.
Cicadella viridis (L.) as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi.
- No 285 Timo Nyrhinen: Kaksivaiheisen metsän inventoinnin koe Lounais-Suomessa.
A test of two-step forest inventory in South-West Finland.
- No 286 Matti Kärkkäinen: Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia.
Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland.
- No 287 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Koivutukkien latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot.
Top form factors and unit volumes of birch logs.
- No 288 Matti Leikola: Taimitarhamaan lämpöolot muovihuoneessa ja avomaalla.
Soil temperature conditions in plastic greenhouse and in open nursery.
- No 289 Lehikoinen, Tapio: Pohjois- ja Etelä-Suomen väliset kantohintaerot.
Stumpage price differences between Northern and Southern Finland.
- No 290 Heiskanen, Veijo: Tarkistetut havusahatukkien kuorelliset yksikkökuutioluvut.
The checked unit volumes for pine and spruce sawlogs.
- 1977 No 291 Uusitalo, Matti: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972—74.
Costs of timber production in Finland in 1972—74.
- No 292 Hakkila, Pentti: Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.
Stumpwood as industrial raw material.
- No 293 Lehtonen, Irja: Puu polttoaineena. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Wood as a fuel. A study based on literature.
- No 294 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia.
Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine).
- No 295 Metsätalastollinen vuosikirja 1975.
Yearbook of Forest Statistics 1975.
- No 296 Heiskanen, Veijo: Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen puutavaran laatuerot.
Quality differences of timber between Southern and Northern Finland.