

ODC  
323.13  
236.1

# FOLIA FORESTALIA 249

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1975

---

---

PENTTI HAKKILA JA MARKKU MÄKELÄ

PALLARIN VESAKKOHARVESTERI

PALLARI BUSHARVESTER

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

Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä

PALLARIN VESAKKOHARVESTERI

Pallari Busharvester

ALKUSANAT

Suomen Itsenäisyyden Juhlavuoden 1967 Rahasto, SITRA, käynnisti kesällä 1973 Lyhytkiertopuun kasvatusta- ja käyttöprojektin. Sen keskeisiä kysymyksiä ovat markkinakelvottoman pienpuuston ja lyhytkiertoviljelmiltä tulevaisuudessa mahdollisesti saatavan vesakkoraaka-aineen korjuuongelmat. Välittömästi työn käynnistyttyä projekti ryhtyi tukemaan urakoitsija KYÖSTI PALLARIN hanketta jatkuva-toimisen, puun koko maanpäällisen osan talteenottavan vesakonkorjuukoneen rakentamiseksi.

Metsäntutkimuslaitos osallistui Lyhytkiertopuun kasvatusta- ja käyttöprojektin johtajana kehitysohjelmaan alusta alkaen. Kahden vuoden kuluttua, loppukesällä 1975, päästiin vesakkoharvesterin prototyypikoneella suorittamaan käytännön olojen mukaista koesarjaa. Ensimmäiset kokeet tehtiin avohakkuuleimikossa tarkoituksena täydentää koesarjaa myöhemmin toisissa oloissa. Kun Metsäteho kuitenkin välittömästi tämän jälkeen sisällytti vesakkoharvesterin omaan tutkimusohjelmaansa, supisti Metsäntutkimuslaitos päällekkäisyyden välttämiseksi alkuperäistä suunnitelmaansa käytäväharvennusten osalta vastaavasti. Tämän julkaisun käyttökoe-osa selostava osa sisältää niin ollen tuloksia vain avohakkuukokeista.

Urakoitsija Pallarin prototyypikone edustaa periaateratkaisuna täydellisempää koneellistamisastetta kuin mikään muu tunnettu pienpuun korjuumenetelmä. Rakennussuunnitelman syntyminen ja määrätietoinen toteuttaminen aikana, jolloin kokopuunkäyttö vielä oli käsitteenäkin tuntematon useimmille puunkorjuun kehittämisestä vastaaville metsäammattimiehillemme, osoittaa peräänantamatonta yrittäjämieltä.

Prototyypikone on kuitenkin kehitettävä edelleen sarjavalmistaiseksi tuotteeksi. Työ olisi luonnollisesti pyrittävä toteuttamaan kotimaisin voimin. Tämän kirjoituksen eräänä tarkoituksena on saattaa asia metsä- ja konepajateollisuutemme tietoisuuteen.

Piirroksia on laatinut kuvaamataidon opettaja PIRKKO HAKKILA, valokuvat on ottanut valokuvaaja MATTI RUOTSALAINEN ja konekirjoitustyön on tehnyt neiti RAIJA SIEKKINEN. Kiitämme avusta. Lausumme parhaat kiitoksemme myös urakoitsija Kyösti Pallarille luottamuksellisesta yhteistyöstä vesakkoharvesterin prototyypin kehittelyn ja tutkimuksen eri vaiheissa.

Allekirjoittaneista on Markku Mäkelä johtanut kenttätutkimuksen ja Pentti Hakkila laatinut käsikirjoituksen.

Helsingissä lokakuussa 1975

Pentti Hakkila

Markku Mäkelä

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY .....	3
TIIVISTELMÄ .....	4
1. JOHDANTO .....	5
2. VESAKKOHARVESTERI PIENPUUN KORJUUN RATKAISUNA .....	6
21. Jatkuvatoimisuuden periaate pienpuun korjuussa .....	6
22. Esimerkkejä sovellusmahdollisuuksista .....	7
3. PALLARIN VESAKKOHARVESTERI .....	10
31. Kehitystaustaa .....	10
32. Prototyypikoneen rakenne .....	10
33. Prototyypikoneen käyttökoe .....	12
KIRJALLISUUTTA .....	18

## SUMMARY

The mechanization of logging work has not been able to lessen the close dependence between tree size and costs. The output of highly mechanized methods, in contrast, reacts extremely sensitively to the variation in tree size. The difficulties arise from the traditional demand that the raw material of the pulp, paper and wood-based panel board industry must be in the form of cordwood handled by the piece.

The Research Project on the Production and Utilization of Short-Rotation Wood, financed by the Jubileum Fund of Finland's 50th Anniversary, SITRA, and led by the Department of Forest Technology, Finnish Forest Research Institute, has undertaken to solve the problem of harvesting small-sized timber on the basis of the whole-tree utilization process. The whole-tree chipping methods selected for development work are already helping to ease the problems of harvesting and utilizing small-sized timber. However, even with these methods, it is necessary in the felling and bunching phases at least partly to handle trees singly. Hence, the smallest-sized growing stock and bush thicket remain outside the scope of the whole-tree chipping systems that are now evolving.

Harvesting of the smallest-sized growing stock foresees a method in which the raw material is treated from the time of felling

as mass goods. This is the aim of the multi-purpose, continuous operation Pallari Busharvester built with SITRA's financial assistance.

The Pallari Busharvester represents a functionally more complete degree of mechanization than any other harvesting method in use. It supplements the small-timber harvesting systems built around a separate whole-tree chipper in stands where the growing stock is of very small diameter but number of stems per unit of area is high.

The operation of the busharvester is not determined by a single tree. The machine advances without stopping, felling and chipping all the trees out of its way, observing the clear-cutting or row-thinning principle. The structure and operation of the machine are illustrated in the accompanying pictures.

The article describes the first concise experiments conducted with the first prototype of the busharvester (Tables 1 and 2). The working principle of the machine was found to be successful and it is considered to offer an excellent starting point for mechanisation of the harvesting of bush thickets and hardwood less than 10 cm in diameter. Development work on the machine should therefore be continued without delay.

## TIIVISTELMÄ

Koneellistaminen ei ole kyennyt lieventämään puun koon ja korjuukustannusten välistä jyrkkää riippuvuutta. Pitkälle koneellistettujen korjuuketjujen tuotos päinvastoin reagoi äärimmäisen herkästi puun koon vaihteluun. Vaikeudet juontavat juurensa perinteisestä vaatimuksesta, että pienpuustakin tehty kuitu- ja levyteollisuuden raaka-aine on saatettava yksin kapalein käsiteltävän pinotavaran muotoon.

SITRAn Lyhytkiertopuun kasvatus- ja käyttöprojekti sekä Metsäntutkimuslaitos ovat ryhtyneet ratkaisemaan pienpuun korjuuta kokopuunkäytön pohjalta. Kehitystyön kohteeksi valitut kokopuuhaketusmenetelmät ovatkin jo tuomassa helpotusta pienpuun korjuu- ja käyttöongelmiin. Kun näissäkin menetelmissä joudutaan vielä kaato- ja kasausvaiheessa turvautumaan ainakin osaksi yksin puin käsittelyyn, jää kaikkein pienikokoisin puusto ja pensaikko muotoutumassa olevien kokopuuhaketusketjujen ulottumattomiin.

Pienimmän puuston talteenotto edellyttää menetelmää, jossa raaka-ainetta käsitellään kaatohetkestä alkaen massa-artikkelina. Tähän tähtää SITRAn taloudellisella tuella rakennettu

jatkuvatoiminen vesakkonkorjuukone, Pallarin vesakkoharvesteri.

Pallarin vesakkoharvesterin prototyyppi edustaa toiminnallisesti täydellisempää koneellistamisastetta kuin mikään käytössä oleva korjuumenetelmä. Se täydentää erillisen kokopuuhakkurin ympärille rakennettuja pienpuun korjuuketjuja sellaisissa leimikoissa, joissa kaadettava puusto on läpimitaltaan hyvin pientä mutta runkoluku pinta-alayksikköä kohti korkea.

Vesakkoharvesterin toiminta ei ohjautu yksityisen puun määräämänä, vaan kone etenee pysähtymättä kaataen ja hakettaen tieltään kaiken puuston avohakkuun tai käytäväharvennuksen periaatetta noudattaen. Koneen rakenne ja toiminta selviävät artikkeliin liittyvistä kuvista.

Tässä kirjoituksessa selostetaan vesakkoharvesterin ensimmäisellä prototyyppillä tehtyjä suppeita kokeita (taulukot 1 ja 2). Koneen toimintaperiaate todetaan onnistuneeksi, ja sen katsotaan tarjoavan erinomaisen lähtökohdan vesakkopuun korjuun koneellistamiselle. Koneen kehittäjä tulee niin ollen jatkaa pikaisesti.

## 1. JOHDANTO

Korjuun koneellistaminen on onnistunut tyydyttävästi vain järeissä leimikoissa. Pienikokoisella puustolla perinteiseen pölkkyttäiseen käsittelyyn pohjautuvat koneellistamisyritykset ovat törmänneet vaikeasti ylitettäviin esteisiin.

Kun Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto 1970-luvun alussa ohjasi vähäiset korjuututkimuksiin myönnetty varansatentista keskitetymin pienpuukysymyksiin, tavoitteeksi asetettiin tuottavuuden kohottamisen, kustannusten alentamisen ja työn keventämisen lisäksi rinnakkaislaitosten korjuututkimuksissa siihen saakka yleensä sivuutettu päämäärä, raaka-aineen talteenoton tehostaminen. Miltei huomaamatta alkoi kehitystyö suuntautua kohti kokopuunkäyttöä (HAKKILA 1973).

Oli luotava kokonaan uusi pienpuun käyttö- ja korjuuteknologia, jonka toteutumisen nähtiin edellyttävän paitsi laajapohjaista tutkimus- ja kehitystyötä myös metsätalouden ja -teollisuuden asenteiden muokkaamista. Ongelmakenttä alkoi selkeytyä kesällä 1973, kun SITRA käynnisti Lyhytkiertopuun kasvatus- ja käyttöprojektin, jonka kaksitahoiseksi tavoitteeksi asetettiin toisaalta nykypuunpuuston hyödyntäminen kokopuunkäytön pohjalta sekä toisaalta metsän lyhytkiertoviljelyn edistäminen. Ohjelman alkuvaiheessa kohdistettiin päähuomio korjuututkimuksiin.

Korjuun kehityslinjaksi valittiin kokopuuhaketusmenetelmät. Sen jälkeen kun kokeet oli talvella 1974 saatu alulle urakoitsija Pertti Szepaniakin PH-prototyypihakkurilla, alkoi korjuuteknikka erityisesti haketusvaiheen osalta kehittyä nopeata vauhtia. Palsta- ja väli-varastohaketuksen ollaan jo löytämässä käyttökelpoisia ratkaisuja, mutta samalla ovat korjuuketjun heikoiksi lenkeiksi yhä selvemmin erottautumassa pienpuuston kaato- ja kasaus.

Kehitystyö onkin nyt suuntautumassa yhä voimakkaammin kaato- ja kasausvaiheisiin. Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusohjelmaan sisäl-

lytetyistä prototyyppeasteella olevista ratkaisu- vaihtoehtoista mainittakoon pienpuun kaatoa helpottavat moottorisahan lisälaitteet malli Jaaranen-Rantapuu sekä malli Saarenketo, ketju-sovitteinen raivaussaha malli Takalo, moottorisahasovitteinen vintturi malli Takalo, keräilykouralla varustettu pienpuun kaatokasauslaite malli TTS sekä kokonaisten pienpuitten kasauksen ja lähikuljetukseen tarkoitettu pientraktori malli Laine. Myös metsätraktorin puomin ulottuvuuden pidentäminen, josta esimerkkinä on Marttiin Konepajan liukupuomi, on tuomassa helpotusta kasausongelmaan.

Mutta kehityksestä huolimatta yllä kuvatuille kaato- ja kasausmenetelmille rakentuvilla kokopuunhaketusketjuilla ei voida taloudellisesti ratkaista pienimpien vesakko- ja taimistopuitten talteenottoa, koska ne tiettyssä vaiheessa edellyttävät yksin puin käsittelyä. Tämän puunkorjuun kehitystyön piiristä aikaisemmin unohdettuneen ongelmakentän ratkaisemiseen tähdätään nyt uudentyypillisellä monitoimikoneella, vesakkoharvesterilla.

On painotettava, että vesakkoharvesteri ei vähälukuisia rajatapausleimikoita lukuun ottamatta kilpaile samoista korjuukohteista meillä käytössä tai rakenteilla olevien kokopuuhakkureitten kanssa. Vesakkoharvesteri tulee kuvaan vasta siellä, missä puusto on liian pientä kokopuuhakkuriketjuillakaan talteen otettavaksi.

Käsillä oleva julkaisu kertoo ajatusrakennelmasta ja kehitystaustasta, jonka pohjalta ensimmäinen vesakkoharvesteri on syntynyt. Tekninen kehitys on kuitenkin vasta alullaan ja vesakkoharvesteri prototyypin asteella. Tilapäisluontoisesta peruskoneratkaisusta ja lukuisista jo tiedossa olevista parannusmahdollisuuksista johtuen kokeissa mitatut tuotosluvut ovat tässä vaiheessa vähemmän tärkeitä. Oleellisena on pidettävä vesakkoharvesterin toimintaperiaatteen soveltuvuutta jatkokehittelyn pohjaksi.

## 2. VESAKKOHARVESTERI PIENPUUN KORJUUN RATKAISUNA

### 21. Jatkuvatoimisuuden periaate pienpuun korjuussa

Useitten paperi-, levy- ja kemiallisten tuotteiden laatu riippuu pohjimmiltaan vain vähän raaka-aineena käytettävien runkojen koosta. Talteen otettavan puun vähimmäiskoko määräytyykin vastaisuudessa korjuutyön tuottavuuden ja kustannusnäkökohtien, ei niinkään lopputuotteen laadun sanelemana.

Korjuun yksikkökustannuksiin vaikuttavista tekijöistä puun koko on tärkein. Koneellistaminenkaan ei ole kyennyt lieventämään puun koon ja kustannusten välistä jyrkkää riippuvuutta. Pitkälle koneellistettujen korjuuketjujen tuotos reagoi päinvastoin äärimmäisen herkästi puun koon vaihteluun.

Puun koon vaikutus perinteellisten menetelmien tuotokseen näkyy seuraavista Metsätehon tutkimuksiin perustuvista lukusarjoista (vrt. VESIKALLIO 1974). Koneitten päivätuotos on laskettu kahdeksan käyttötunnin pohjalta.

	Rungon koko, m <sup>3</sup>		
	0.030	0.180	0.800
	Päivätuotos, m <sup>3</sup>		
Hakkuu tavaralajeiksi	5	9	20
Kuljetus kuormatraktorilla	59	74	95
Kuljetus laahustraktorilla	42	78	135
Kaato-kasauskone	34	133	405
Kaato-juontokone	14	68	205
Karsinta-katkontakone ajouralla	21	87	248

Pienpuuleimikoissa koneellistaminen ei ole onnistunut, kun vaatimukseksi on asetettu yksin kappalein käsiteltävän pinotavaramuotoisen raaka-aineen valmistaminen. Monitoimikoneet, jotka miestyövaltaisten menetelmien esikuvan mukaan tuottavat kahden tai useamman lineaarisen työvaiheen kautta kappaleittain käsiteltäviä pölkkyjä, ovat pieniä puita korjattaessa tehottomia.

Pienpuuleimikoissa nousevat varteen otettaviksi vaihtoehtoiksi kokopuuhaakutusmenetel-

mät, jotka samanaikaisesti tähtäävät toisaalta raaka-aineen talteenoton tehostamiseen sekä toisaalta työn tuottavuuden kohottamiseen ja kustannustason alentamiseen (vrt. HAKKILA, KALAJA ja MÄKELÄ 1975). Karsiminen ja pölkyttäminen, jotka perinteellisissä menetelmissä muodostavat merkittävän osan pinotavaran tekokustannuksista, jäävät kokopuunkäytössä tarpeettomina pois. Niitten sijaan astuu haketus, jossa useita pieniä puita voidaan käsitellä samanaikaisesti. Oksista ja latvakappaleista näin kertyvän lisäraaka-aineen määrä on suhteellisesti ottaen suurin pienillä puilla. Näistä syistä kokopuuhaakutus johtaa kustannustason yleisen alentumisen ohella myös puun koon ja korjuukustannusten välisen riippuvuuden loiventumiseen. Edullisissa oloissa käy jopa 10–20 litran puitten talteenotto kannattavaksi.

Nyt muotoutumassa olevat kokopuun haketusmenetelmät, joissa kaato- ja kasaus vielä pääosiltaan perustuvat yksin puin käsittelyyn, tarjoavat monessa tapauksessa taloudellisen vaihtoehdon pienpuuleimikoitten korjuuongelmien ratkaisemiseksi. Mutta niittenkin ulottumattomiin näyttää väistämättä jäävän joukko hyvin pienikokoisten puitten tai pensaitten muodostamia raivaus- ja korjuukohteita. Kun puuston rinnankorkeusläpimitta alkaa kautta linjan jäädä alle 5 cm:n, käy erilliseen kaatoon ja kasaukseen nojaavan kokopuuhaakutusketjun kannattavuus kyseenalaiseksi. Näin siitäkin huolimatta, että nuo pienistä puista ja pensaista muodostuvat hakkuualat saattavat suuren runkoluvun ansiosta sisältää korkeitakin hehtaarikohtaisia raaka-ainemääriä.

Pienimmän vesakkopuun talteenotto edellyttääkin korjuumenetelmää, jossa raaka-ainetta käsitellään massa-artikkelina ketjun kaikissa vaiheissa. Jo kaadettaessa on päästävänä eron puukohtaisesti suunniteltavasta ja hallittavasta runkojen käsittelystä. Tarvitaan monitoimikone, jonka toiminta ja tuotos yksityisen puun sijasta määräytyvät pikemminkin kohdalle sattuvan puuston pohjapinta-alan tai etenevän koneen ylittämän metsämaan pinta-alan mukaan.

Jatkuvatoiminen vesakonkorjuukone tarjoaa totunnaisiin ratkaisuihin nähden tärkeitä etuja.



Jo etenemisliikkeen jatkuvuus merkitsee voimantarpeen supistumista, mutta ennen kaikkea kysymys on kuljettajan tekemien päätösten ja hallintaliikkeitten määrän jyrkästä supistumisesta. Yksityisen puun käsittelyn vaatimien erillisten päätösten ja toimintojen lukumäärä näet vaikuttaa ratkaisevasti nykyisten monitoimikoneitten potentiaaliseen tuotokseen (vrt. KERRUIH 1975), mistä taas aiheutuu tuotoksen ja puun koon välinen voimakas riippuvuus.

Vesakkoharvesterin toiminta ei ohjaudu kohdalle sattuvan yksityisen puun määräämänä, vaan kone etenee pysähtymättä kaataen puuston tieltään avohakkuun tai systemaattisen käytäväharvennuksen periaatetta noudattaen. Toimintakelpoinen ketju ei salli työn rajoittuvan vain kaatoon, sillä hajalleen kaadettujen pienpuitten jatkokäsittely jouduttaisiin ainakin osittain aloittamaan puita yksittäin keräilemällä. Vesakkoharvesteri suorittaakin esimerkiksi jotain seuraavista toimintayhdistelmistä, joista kolmessa ensimmäisessä vaihtoehdossa tarvitaan erillinen kokopuuhaakuri. Huomattakoon, että karsiminen ei raaka-ainetta tuhlaavana työvaiheena voi tulla kysymykseen.

- Kaato ja aumaus
- Kaato ja niputus
- Kaato ja paalaus
- Kaato ja pilkkominen
- Kaato ja haketus

Kussakin tapauksessa toiminta on kytkettävä jatkokuljetukseen siten, että ketju etenee häiriöttä käsitellen raaka-ainetta loppuun saakka massa-artikkelina. Vesakkoharvesteri voi jättää raaka-aineen palstalle muulla ajoneuvolla edelleen kuljetettavaksi, tai vaihtoehtoisesti se voi tuoda tavaran välivarastolle saakka (kuva 1).

## 22. Esimerkkejä sovellutusmahdollisuuksista

Vesakkoharvesterin periaate soveltuu parhaiten tiheässä asennossa kasvavan pienpuuston korjuuseen. Mitä pienempi puusto on kysymyksessä, sitä kilpailukykyisempi vesakkoharvesteri on muihin korjuumenetelmävaihtoehtoihin verrattuna. Kun kaadettavien puitten kantoläpimitta lähestyy 10 cm, alkaa jatkuvan etenemisliikkeen ylläpitäminen käydä vaikeaksi. Koska pienikokoisenkin puuston joukossa on usein myös paksampia pinotavararunkoja, tulee koneen kuitenkin tilapäisesti kyetä selviytymään kohdalle sattuvista suuremmistakin puista jopa 15 cm:n kantoläpimittään saakka. Tällöin voi-

daan toisaalta jo hyväksyä, että kone jää suuria puita työstäessään hetkeksi paikalleen.

Vesakkoharvesterin tulisi kaataa puut tieltään koneen koko leveydeltä. Vain tällä edellytyksellä sitä voidaan käyttää myös käytäväharvennuksissa. Leveä kaatoura asettaa kuitenkin verraten ankarat vaatimukset maastolle. Epätasaisuuksista johtuva koneen heiluminen näet vaikeuttaa puun katkaisemista ja suunnattua kaatoa. Se saattaa aiheuttaa myös leikkuuterien joutumisen kosketuksiin maanpinnan kanssa, minkä välttämiseksi taas joudutaan nostamaan kannon korkeutta. Peruskoneen tulisi kyetä ylittämään esteet heilumisliikkeeseen joutumatta.

Myös kivet ja aikaisemmista hakkuista jäljelle jääneet kannot vaikuttavat leikkuukorkeuteen, jonka tulisikin olla joustavasti säädeltävissä työn kestäessä. Maaston kaltevuus ja maanpinnan kantavuus taas eivät sinänsä vaikuta vesakkoharvesterin periaatteen käyttökelpoisuuteen, vaan niitten asettamat rajoitukset riippuvat ennen kaikkea peruskoneratkaisusta.

Vesakkoharvesterin sovellutusalue määrytyy edellä esitettyjen rajoitusten tuloksena. Puustoltaan ja maaston laadun suhteen kysymykseen tulevia korjuukohteita ovat Suomen oloissa lähinnä seuraavat, joista useimmissa puuraaka-aineen talteenotto on nykyisin kannattamatonta ja metsänhoidollisista syistä tapahtuva raivaustyö pelkästään kustannuksia aiheuttavaa.

– Havupuutaimistojen käytäväharvennus, jossa vesakkoharvesterin jättämä jälki viimeistellään esimerkiksi vesurilla tai raivaussahalla. Koneen tulee olla verraten kapea. Talteen saatavan raaka-aineen puupitoisuuden, jäävän puuston runko- ja juurivauriovaaran sekä maaston tasaisuuden asettamien rajoitusten vuoksi näyttävät lähinnä kuivien kankaitten ja – peruskoneesta riippuen – myös ojitettujen soitten männyntaimistot soveltuvan vesakkoharvesterilla käsiteltäviksi. Nuorten taimistojen käytäväharvennuksessa voidaan hakettavaa vesakkoharvesteria käyttää silloinkin, kun raaka-ainetta ei syystä tai toisesta voida ottaa talteen.

– Pienikokoisen lehtipuuvesakon avohakkuu alueen valmistamiseksi metsänviljelylle, rai-vaamiseksi muuhun kuin metsätaloudelliseen käyttöön tai pelkästään vain pensaskasvillisuudesta vapaana pitämiseksi. Usein on eduksi, jos kannot rikkoutuvat leikattaessa niin, että vesominen hidastuu. Monet tässä kysymykseen tulevista kohteista sijaitsevat



Kuva 1. Esimerkkejä vesakkoharvesterin sovellusmahdollisuuksista.

- a.) Kaato ja aumaus lehtipuuvesakon avohakkuussa
- b.) Kaato ja haketus lehtipuuvesakon avohakkuussa. Hakkeen talteenotto erilliseen ajoneuvoon
- c.) Kaato ja haketus lehtipuuvesakon avohakkuussa. Hakkeen talteenotto harvesterin säiliöön
- d.) Kaato ja haketus mäntyntaimiston käytäväharvennuksessa. Hakkeen talteenotto verkkosäkkeihin



*Figure 1. Examples of application possibilities of bush harvesting machines.*

- a.) Felling and bunching in clear-cutting of small-sized hardwood*
- b.) Felling and chipping in clear-cutting of small-sized hardwood. Recovery of chips onto a separate trailer*
- c.) Felling and chipping in clear-cutting of small-sized hardwood. Recovery of chips into the container of the bush-harvester*
- d.) Felling and chipping in corridor thinning of a young pine plantation*

heikosti kantavilla mailla, joilla koneelta edellytetään pientä pintapainetta. Kysymyksen tulevia leimikkotyypppejä ovat esimerkiksi seuraavat:

- Soitten hieskoivikot
- Hakamaitten harmaalepiköt
- Heitteille jääneet, vesottuneet pelto- ja laidunmaat
- Voimalinjat y.m. avoimna pidettävät alueet

- Tulva- ja vesijättömaitten pensasmetsät
- Tulevaisuudessa mahdollisesti perustettavat lyhytkiertoviljelmät, joilta puusato korjataan esimerkiksi 10 vuoden välein toistuvien avohakkuuin. Uusi kasvu saadaan aikaan kanto- tai juurivesoista, ja tämä taas asettaa lisävaatimuksia leikkuutyön laadulle. Jotta vesominen tapahtuisi voimakkaana, kannot eivät saisi repeillä tai kuoriutua.

### 3. PALLARIN VESAKKOHARVESTERI

#### 31. Kehitystustaa

Pallarin vesakkoharvesterin suunnittelu käynnistyi aikana, jolloin ei vielä ollut varmuutta kokopuuraaka-aineen kelvollisuudesta metsäteollisuudessa. Vesakkopuun tulevien käyttömahdollisuuksien tiedettiin kuitenkin riippuvan ratkaisevasti korjuukustannuksista. Kehitystyön tavoitteeksi asetettiin näin ollen menetelmä, jossa kustannusten tuli olla alhaiset saatavan raaka-aineen laatuunkin nähden. Rinnakkaisena vaatimuksena oli korkea tuottavuus.

Ensimmäisen prototyyppikoneen rakentamisella pyrittiin osoittamaan jatkuvatoimisen, kokopuuhaketta tuottavan vesakkoharvesterin periaatteen käyttökelpoisuus pienpuuraaka-aineen korjuussa. Peruskoneen valinta jouduttiin kustannussyistä tekemään saatavilla olleitten vanhojen alustojen pohjalta ilman, että olisi ollut mahdollista asettaa erityisiä vähimmäisvaatimuksia yksikön maastokelpoisuudelle. Kysymyksessä oli lähinnä vesakkoharvesterin toisiinsa kytkeytyvien toimintojen testaus eikä vielä niinkään prototyyppikoneen käyttökelpoisuuden tai kapasiteetin selvittäminen.

Ensimmäisessä vaiheessa ei myöskään pyritty lopullisesti ratkaisemaan vesakkoharvesterin valmistaman kokopuuhakkeen talteenottoa. Toistaiseksi hake puhalletaan harvesterin rinnalla kulkevan traktorin perävaunuun, mikä rajoittaa tuotosselvitykset avohakkuuleimikoihin. Peruskoneratkaisusta johtuu niinkään, että prototyyppikone lienee vielä liian leveä havupuutaimistojen käytävähavennuksiin. Mutta hakeen talteenkeruu muodostanee sittenkin pienemmän ongelman kuin jatkuvatoimisen leik-

kuun ja haketuksen toisiinsa niveltäminen. Todennäköisimpinä ratkaisuna tulevat kysymykseen kulku-uralle pudotettavat verkkokanaiset hakesäkit tai koneen perässä oleva hakesäiliö, joka tyhjennetään välivarastolle tai palstalla odottavaan ajoneuvoon.

Koska kysymyksessä on kehitystyön alaisena oleva prototyyppikone, ei tässä yhteydessä kiinnitetä huomiota sen rakenteen yksityiskohtiin. Tarkoitus on lähinnä tuoda ajatus vesakkoharvesterista yleiseen tietouteen ja sitä tietä herättää puun korjuusta ja metsäkoneitten rakentamisesta vastuussa olevien ammattimiesten kiinnostus asiaan.

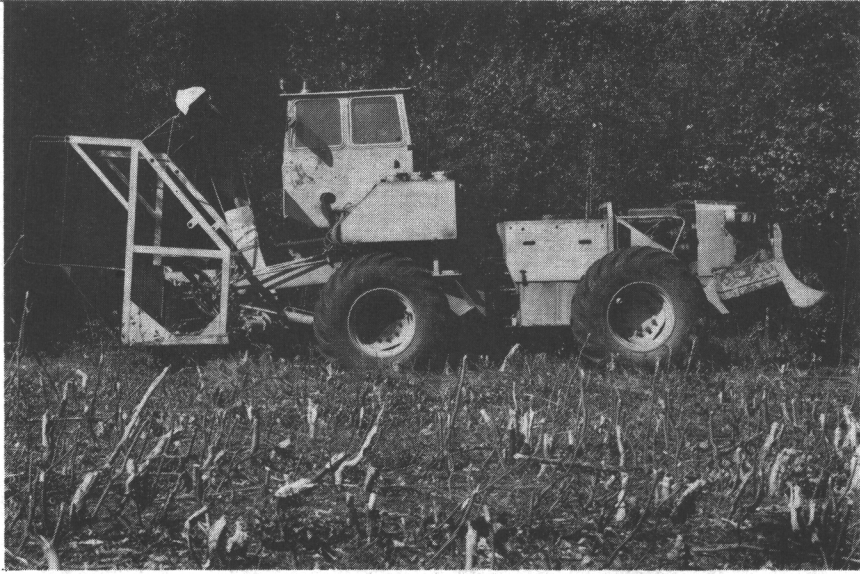
#### 32. Prototyyppikoneen rakenne

Pallarin vesakkoharvesterin prototyyppi koostuu vakiovalmisteisesta peruskoneesta sekä sen eteen kiinnitettävästä harvesteriosasta (kuva 2). Koneen suurin leveys on 2.4 m ja pituus 7.8 m. Kokonaispaino on 9.7 tn, josta peruskoneen osuus on 6.8 tn ja harvesteriosan 2.9 tn.

Peruskoneena on aikaisemmin PIKA 50-moitoimikoneen alustana ollut Valmet 880 S-traktori, jonka kulkusuunta on muutettu alkuperäisestä päinvastaiseksi. Sen tärkeimmät tekniset ominaisuudet ovat seuraavat:

Moottori:

- Nelisylinterinen Valmet 411 SP suorasiuhkutusdiesel
- Teho 81 kW (110 hv) SAE/2300 r/min
- Vääntömomentti 363 Nm (37 kpm) SAE /1500 r/min



Kuva 2. Pallarin vesakkoharvesterin prototyyppi.  
*Figure 2. The prototype of the Pallari Busharvester.*

**Vaihteisto:**

- Kaksoisturbiinityyppinen momentinmuunnin ja power shift planeettavaihteisto
- Kaksi vaihdetta eteen (0–28 km/h) ja yksi taakse (0–10 km/h)

**Renkaat:**

- 18.4 – 26/12

Varsinainen harvesteriosa käsittää puitten suuntauspuskurin, katkaisuterästäön, edellisen takana olevan hakkurin apusyöttölaitteiston, hakkeenpuhallusputken sekä käyttömoottorin (kuva 3). Harvesteriosan korkeus maanpinnasta on säädettävissä.

Vesakkoharvesterin kulkiessa suuntauspuskuri kallistaa puuta noin 2.5 metrin korkeudelta työntäen. Samalla puskurin sivukehikot estävät puun luistamisen sivulle, mikä varmistaa puitten kaatumisen eteenpäin.

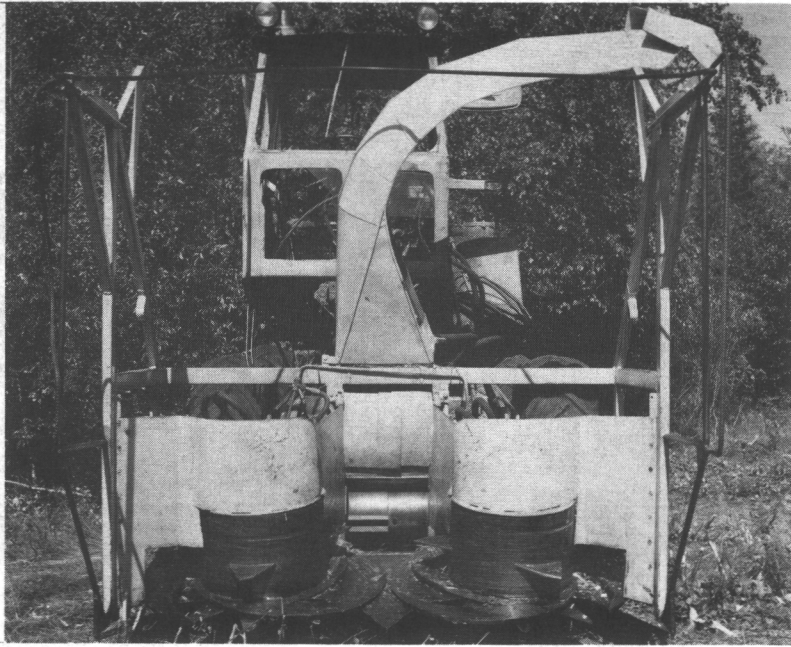
Katkaisuterästäö koostuu kahdesta vastakkaisiin suuntiin pyörivästä kolmekyrtisestä laikasta, jotka leikkaavat puun alapuolellaan olevaa, etureunastaan tähtimäistä vastaterälevyä vasten. Teräkynnet iskeytyvät hieman kallistuneeseen runkoon alapuolelta käsin, mikä lisää voimankulutusta mutta mahdollistaa samalla tyven tempautumisen terien takana pyörivän rumpuhakkurin ulottuville. Leikkuusuunta johtaa

myös vesomista jarruttavaan kannon repeytymiseen. Vastaterä suojaa teräkynsiä joutumasta maan pintaan ja kiviin.

Kitkattoman toiminnan kannalta kriittisin vaihe on katkaistujen puitten tyvien ahtautuminen syöttöaukosta hakkurin rumpuun. Syöttö tapahtuu seuraavien tekijäin yhteisvaikutuksena:

- Hakkuria kohti pyörivät teräkynnet heittävät katkaisemansa puun tyven syöttöaukkoon.
- Etenevä kone pakottaa katkaistun puun työntymään syöttöaukon nielusta, kun edessä oleva pystypuusto estää puun liukumisen.
- Teräkiekkojen mukana pyörivien sivulieriöitten kyljestä ulos työntyvät kolmiomaiset sakarat vetävät puuta hakkuria kohti niin ikään.
- Rumpuhakkurin terät vetävät puuta.
- Teräkynsien alapuolella oleva vastaterälevy muodostaa rummun eteen syöttöpöydän, jota pitkin puitten tyvet voivat liukua hakkuriin.

Leikkuukynsien vastaterän takaosa toimii myös rumpuhakkurin vastateränä. Hakkeen puhallus tapahtuu prototyyppikoneessa yksinomaan rummun pyörimisliikkeen synnyttämän ilmapvirran turvin.



Kuva 3. Pallarin vesakkoharvesterin kaato-haketuslaitteisto.  
*Figure 3. The felling-chipping device of the Pallari Busharvester.*

Hakkeen talteenotto on ensimmäisessä prototyyppikoneessa jätetty ratkaisematta. Todennäköisimpinä vaihtoehtoina tulevat toisen vaiheen prototyyppissä kysymykseen koneen perään sijoitettu hakesäiliö tai säkitys, jolloin säkit saattavat olla rakenteeltaan esimerkiksi noin 20 mm:n silmäkoolla kudottua verkkoa.

Prototyyppikoneen harvesteriosan tärkeimmät tekniset tiedot ovat seuraavat:

#### Moottori:

- 6-sylinterinen Volvo TD 67 C
- teho 110 kW (150 hv) 2400 r/min
- vääntömomentti 490 Nm (50 kpm) 1400 r/min

#### Leikkuuterästä:

- Kaksi vastakkaisiin suuntiin pyörivää, läpimitaltaan 1100 mm:n leikkuukiekkoa, joita kumpaakin käyttää SISU-hydraulimoottori (malli 30, tilavuus 2,0 l)
- Terien pyörimisnopeus 60–70 r/min
- Terien paksuus 18 mm

#### Hakkuri:

- Kaksi rinnakkain asetettua 2-teräistä Lokomon rumpuhakkuria. Kummankin hakkurin leveys 220 mm
- Hakkurin moottorina Volvo F 11 C-78 hydraulikone
- Syöttöaukon mitat 440 mm x 400 mm
- Rummun pyörimisnopeus 2000 r/min

#### Hydrauliikka:

- Pumppuina 3 kpl Volvo F 11 C-78 hydraulikoneita
- teho 78 l/min, 1000 r/min
- hydraulisäiliön tilavuus 280 l

### 33. Prototyyppikoneen käyttökoe

Pallarin vesakkoharvesterin pääasialliset käyttökohteet koostuvat lehtipuuvesakoitten ja lyhytkiertoviljelmien avohakkuista sekä havupuutaimistojen käytäväharvennuksista. Koska prototyyppikone on leveydeltään 242 cm ja siten

liian suuri nykyisen käytännön mukaiseen taimiston harvennukseen, ensimmäinen tuotostutkimus tehtiin lehtipuuvesakon avohakkuu-oloissa. Näin myös siksi, että hakkeen talteenotto oli tässä vaiheessa järjestettävissä vain

vierellä kulkevan maataloustraktorin lavalle (kuva 4).

Kokeitten pääasiallisena tarkoituksena oli testata koneen harvesteriosan toimintaperiaate sekä saada kuva työn jäljestä jatkokehittelyä



Kuva 4. Hakkeen keruu traktorin perävaunuun.  
*Figure 4. Recovering the chips onto a tractor trailer.*



Kuva 5. Koealue 1  
*Figure 5. Experimental plot 1.*

silmällä pitäen. Koska kysymyksessä oli prototyyppi, ei tässä selostuksessa kiinnitetä huomiota sen eri osien mitoitukseen ja kestävyys-teen eikä myöskään maastokelpoisuuteen, jonka lopullisen peruskoneen valinta ratkaisee.

Ensimmäinen koe suoritettiin Tornion kaupungin alueella olevalla lehtipuuston valtaamalla entisellä hakamaalla heinäkuussa 1975 (kuva 5). Puusto korjattiin kokonaisuudessaan lukuun ottamatta muutamia sekapuuna kasvaneita kuusia, jotka jätettiin pystyyn. Maasto oli kantava ja tasainen edustaen ensimmäistä vaikeusluokkaa. Leikkuuta vaikeuttavia kiviä oli vähän. Pienikokoinen, tiheä puusto koostui pääasiassa hieskoivusta, pajusta ja harmaalepystä.

Toinen koe suoritettiin Porin läheisyydessä yhteistyössä Oy W. Rosenlew Ab:n kanssa marraskuussa 1975 sen jälkeen, kun prototyyppikoneeseen oli tehty pieniä muutoksia. Koeala oli hieskoivua kasvava kivetön mutta mättäinen korpi, joka hakattiin pelloksi raivaamista varten aukeaksi. Puusto oli huomattavasti järeämpää kuin ensimmäisellä koealalla (taulukko 1).

Osa raaka-aineesta jäi korkeisiin kantoihin tai putosi hakkeena vesakkoharvesterin ja maataloustraktorin peräkärryn väliin maahan. Näitä menetettyjä määriä lukuun ottamatta kertyi raaka-ainetta ensimmäiseltä koealalta 18.1 ja toiselta 38.5 kuivatonna hehtaarilta. Varsinaisen puuaineen osuus oli vastaavasti 12.5 ja 32.0 kuivatonna.

Koe osoitti koneen periaatteen rakentuvan kestäväälle pohjalle ja täyttävän jatkuvatoimisuuden vaatimukset. Vesakkoharvesteri kykenee puimaan vesakkoa 220 cm:n leveydeltä jatku-

vassa, hitaasti etenevässä liikkeessä. Kuitenkin se joutuu aika ajoin peruuttamaan edestakaisin syöttöä auttaakseen. Välttämätöntä on, että peruskone kykenee liikkumaan erittäin alhaisilla nopeuksilla.

Terät katkaisevat hyvin kantoläpimitaltaan alle 10 cm:n paksuiset puut ainakin niiden ollessa sulana. Jos kuitenkin useampia näin paksuja puita sattuu kohdalle peräkkäin, prototyyppikoneen leikkuuteho käy riittämättömäksi. Silloin se joutuu pysähtymään voidakseen suunnata useamman iskun samaan tyveen.

Vesakkoharvesterin kehitystyön ehkä vaikein ongelma on ollut puitten kitkaton ohjaaminen leikkuuterästä syöttökululun läpi hakkuriin. Useitten muutosten jälkeen tämä toimintavaihe on onnistuttu ratkaisemaan siten, että puut pakotetaan hakkuriin leikkuuterien, hakkuria kohti pyörievien ja kolmella kolmio-sakaralla varustettujen pystylieriöitten, pohjalevyn muodostaman syöttöalustan sekä koneen etenemisliikkeen ja pystyvesakon muodostaman esteen samanaikaisena yhteisvaikutuksena. Vaikeissa oloissa puu saattaa kuitenkin katkaisun jälkeen pudota syöttöalustan sijasta maahan, minkä jälkeen sen saaminen hakkuriin on hankalaa. Työn onnistuminen riippune myös kuljettajan kokemuksesta, joka oli luonnollisesti vielä vähäinen.

Näkyvyys ohjaamosta leikkuuteriin on prototyyppikoneessa täysin tyydyttävä. Pienikoiset, pensasmaiset puut saattavat kuitenkin ainakin lehdessä ollessaan ajoittain peittää terät kuljettajan näkyvistä, jolloin työ vaikeutuu.

Rumpuhakkurin puhallusvoima oli ilman

Taulukko 1. Puuston rinnankorkeusläpimittajakautuma koealoilla 1 ja 2.

Table 1. The breast height diameter distribution of trees in the experimental areas 1 and 2.

D <sub>1.3</sub> , cm Dbh, cm	Koeala - Experimental area			
	1		2	
	Puita, kpl/ha Trees per ha	%	Puita, kpl/ha Trees per ha	%
- 2	35 000	81	1 800	20
2 - 4	7 500	17	2 400	27
4 - 6	1 000	2	2 300	26
6 - 8	Δ	0	1 700	19
8 - 10	-	-	600	7
10+	-	-	100	1
Yhteensä	43 500	100	8 900	100





Kuva 6. Vesakko korjuun päätyttyä.  
*Figure 6. The test area after harvesting.*



Kuva 7. Harvesterin jäljiltä repeytynyt ja osittain kuoriutunut kanto.  
*Figure 7. Broken and partly debarked stump.*

erillisjärjestelyjä riittämätön. Tästä syystä putkea ei voitu rakentaa hakkeen talteenoton kannalta halutun pituiseksi, ja arviolta 20 % hakkeesta putosi vesakkoharvesterin ja traktorin peräkärryn väliin. Tämä määrä puuttuu myös tuotosluvuista.

Leikkuulaitteen rakenne antaa tasaisessa maastossa mahdollisuuden puun katkaisemiseksi lyhyeen, teräkynsien alapuolella sijaitsevan vastalevyn paksuuden määräämään kantoon. Maaston epätasaisuuden aiheuttama heiluminen sekä kivet ja muut esteet pakottavat kuitenkin nostamaan katkaisukorkeutta, mikä pienikokoisen puuston kysymyksessä ollessa vaikuttaa herkästi raaka-ainekertymää vähentävästi ja sen koostumusta heikentävästi. Maaston vähäkivisydestä huolimatta kannon korkeus vaihteli 10–46 cm:n välillä olleen ensimmäisessä kokeessa keskimäärin 26 ja jälkimmäisessä 29 cm (kuva 6).

Kantoleikkaus on vesurin ja raivaussahan jättämään jälkeen verrattuna epätasainen ja repeytynyt (kuva 7). Kanto kuoriutuu taivutetun puun alapuolelta iskeytyvien leikkuukynsien ja kannon yli kulkevan vastaterän hankauksesta ainakin kesäkorjuussa usein varsin perusteellisesti. Milloin uuden vesakon syntyä halutaan välttää, kantojen vahingoittuminen on merkittävä etu (vrt. ETHOLEN 1974). Korkeat, leikkuupinnaltaan rosoiset ja osan kuorestaan menettäneet kannot näet vesovat huonosti (MIKOLA 1942). Varsinaisessa lyhytkiertoviljelyssä, jossa uusi puusukupolvi pyritään kasvattamaan nimenomaan vesasyntyisesti, kantojen repeytyminen ja kuoriutuminen on luonnollisesti haitaksi.

Vesakkoharvesterin tuotos on esitetty taulukossa 2. Keskeytykset on oletettu vain 10 %:ksi tehotyöajasta, mutta harvesterin ja peräkärryn väliin pudonnutta haketta ei ole toisaalta voitu

Taulukko 2. Pallarin vesakkoharvesterin prototyypin tuotostuloksia.

Table 2. The output of the Pallari Busharvester prototype.

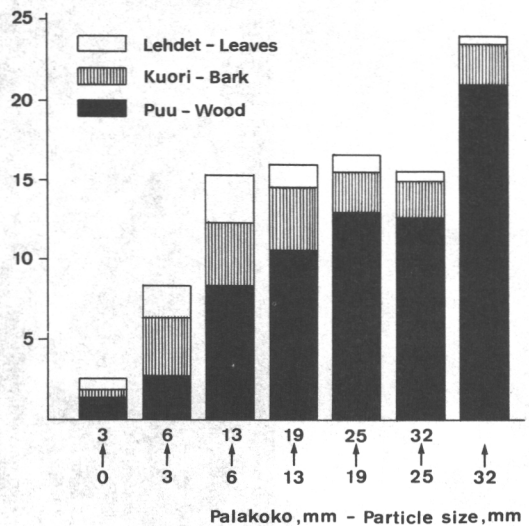
Alue Plot	Tuntituotos – Output per hour				
	i-m <sup>3</sup> Loose cu.m.	k-m <sup>3</sup> Solid cu.m.	Tuore- tonnia Green tons	Kuiva- tonnia Dry tons	Hehtaaria Hec- tares
1	11.8	3.4	2.6	1.3	0.07
2	17.3	6.4	3.9	2.1	0.05

ottaa tuotoksessa huomioon. Luvut edellyttävät koneen työskentelevän ilman hakkeen kuljetuksen aiheuttamia katkoksia.

Vesakkoharvesteri joutui lyhyin väliajoin keskeyttämään etenemistään ja peruuttamaan yrittäessään ohjata syöttöaukon nieluun ruuhkautuneen puurykelmän kitaansa. Kone oli todellisessa etenemisliikkeessä itse asiassa vain 35 % tehotyöajasta. Suunnitteilla olevat parannukset tulevat kuitenkin helpottamaan syöttöongelmia, jolloin myös koneen jatkuvaa etenemistä voidaan pitää yllä. Työn tuotos kohonnee tuolloin ratkaisevasti.

Vesakkoharvesterin pienikokoisesta puustosta valmistama hake poikkesi tavanomaisesta runkopuuhakkeesta monin tavoin. Pienoksista, lehdistä ja palakokojakautumasta johtuen hakkeen kuutiometripaino jäi alhaiseksi. Ensimmäisellä koealalla se oli vain 215 kg tuoreena ja 106 kg kuivana. Toisella koealalla oli kysymyksessä järeämpi ja lehdetön puu, jolloin vastaavat painot olivat 224 ja 121 kg/i-m<sup>3</sup>. Ensimmäisessä tapauksessa puuaineen osuus oli 69 %, kuoren 23 % ja lehtien 8 % talteen saadun raaka-aineen tuorepainosta. Toisessa kokeessa oli raaka-aineesta 83 % puuta ja 17 % kuorta.

Osuus, % – Proportion, %



Kuva 8. Hakkeen palakokojakautuma ja jakeitteen koostumus reikäselunnassa ensimmäisessä kokeessa. Kesäaika.

Figure 8. The particle size distribution and the composition of chips in the first experiment. Summer season.

Kuva 8 osoittaa ensimmäisen koealan hakkeen palakokajakautuman ja eri jakeitten koostumuksen reikäseulontaa käytettäessä. Ylipitkän jakeen osuus on laatuvaatimuksissa edellytettyä paljon suurempi. Tämä aiheutuu osaksi raaka-aineen suuresta oksamäärästä sekä osaksi siitä, että puut kulkevat väljän syöttöaukon läpi rummun suhteen usein vinossa kulmassa. Eräs mahdollisuus pitkien jakeitten välttämiseksi on lastulevyteollisuudessa yleinen menetelmä, rumpuhakkurin varustaminen seulaverkolla. Vesakkoharvesterin kehittelyn tässä vaiheessa hakkeen palakokajakautumaan ei ole pyritty vaikuttamaan.

Tässä kuvatut Pallarin vesakkoharvesterin käyttökoeket sekä myöhemmin suoritettu männyntaimiston käytäväharvennus ovat osoitta-

neet koneen toimintaperiaatteen käyttökelpoisuuden. Pienpuuleimikoita, jotka nykyisin ovat taloudellisen toiminnan ulottumattomissa mutta jotka kysymyksessä olevalla leikkuupuimurimenetelmällä olisivat aivan ilmeisesti saatavissa teollisen käytön piiriin, on paitsi kotimaassa monin verroin enemmän muualla Euroopassa, Neuvostoliitossa ja Amerikassa. Tästä syystä on mitä suotavinta, että konekehittely jatkuu edelleen. Ajatuksia vastaanlaisten monitoimikoneitten rakentamisesta on herännyt muissakin maissa, m.m. Neuvostoliitossa (vrt. LAUBGAN 1972), Australiassa (vrt. KERRUISH 1975), Ranskassa ja Yhdysvalloissa. Metsätalouden yleinen asennoituminen näyttää olevan nopeasti kypsymässä vastaanottavaksi vesakkoharvesterin periaatteelle.

## KIRJALLISUUTTA

- ETHOLEN, KULLERVO. 1974. Kaatoajan-  
kohdan vaikutus koivun ja haavan vesomi-  
seen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa.  
Summary: The effect of felling time on the  
sprouting of *Betula pubescens* and *Populus  
tremula* in the seedling stands in northern  
Finland. Folia Forestalia 213.
- HAKKILA, PENTTI. 1973. Kohti kokopuun  
käyttöä. Metsä ja Puu n:o 12.
- HAKKILA, PENTTI, KALAJA, HANNU ja  
MÄKELÄ, MARKKU. 1975. Kokopuun-  
käyttö pienpuuongelman ratkaisuna. Sum-  
mary: Full-tree utilization as a solution to  
the problem of small-sized trees. Folia Fores-  
talia 240.
- KERRUISH, C.M. 1975. Developments in  
harvesting technology relevant to short  
rotation crops. Moniste.
- LAUBGAN, A.A. 1972. Rezultaty proizvodst-  
vennyh ispytanij kustoreznogo kombajna  
KIM-2. Lesnoje hozjaistvo 8.
- MIKOLA, PEITSA. 1942. Koivun vesomisesta  
ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä.  
Referat: Über die Ausschlagbildung bei der  
Birke und ihre forstliche Bedeutung. Acta  
Forestalia Fennica 50.3.
- VESIKALLIO, HEIKKI. 1974. Retkeilymetsän  
metsänkäyttörajoitusten aiheuttamat puun-  
korjuun lisäkustannukset. Summary: The  
increase in timber harvesting cost as a  
result of forest utilization limitations in  
a forest used for recreational purposes.  
Helsingin Yliopiston maankäytön ekonomian  
laitos. Julkaisuja n:o 1.





- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.  
Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla.  
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingsstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennusemetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa.  
The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.  
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.  
By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiuhonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.  
Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennontaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.  
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Eholén: 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 Wilhelmsen: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikkonen: 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: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.  
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Järveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.  
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuutteitten määrä.  
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. 1,50
- No 225 Metsätalastollinen vuosikirja 1973.  
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hyllobius abietis* L. (Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.  
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hyllobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausten menetelmä ("pölkky-menetelmä").  
A wage- payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method). 4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.  
Revolving Sprinkler. 3,—

- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.  
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.  
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löyttyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon. Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäköymät 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 laadunmäärittäminen 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 kasvissa. 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 pienpuuengelman ratkaisuna.  
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized tress. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarämeen 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 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.  
Pallari Bushharvester. 2,—