

ODC
333:
363.7

FOLIA FORESTALIA 374

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1978

HANNU KALAJA

PIENPUUN KORJUU TT 1000 F
PALSTAHAKKURILLA

HARVESTING SMALL-SIZED TREES WITH
TERRAIN CHIPPER TT 1000 F

- 1977 No 307 Kilkki, Pekka, Kuusela, Kullervo & Siitonen, Markku: Puuntuotanto-ohjelmat Etelä-Suomen piirimetsälautakuntien alueille.
Timber production programs for the forestry board districts of Southern Finland.
- No 308 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1974—76.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1974—76.
- No 309 Mäkelä, Markku: Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen.
Changes in the quality of logging residues.
- No 310 Harstela, Pertti, Järvinen, Juhani, Tervo, Leo & Aholainen, Raimo: Tutkimus eräistä harvennushakkuumenetelmistä (Levälle teko ja LEKA-menetelmä).
The study of some short wood methods of cutting in thinnings (Cutting without bunching and SCAPE method).
- No 311 Takalo, Sauli & Sauvala, Kari: Havaintoja metsurin suojainten kestävytydestä ja sen mittaamisesta.
Observations on the durability and testing of protective clothing for chain saw workers.
- No 312 Leikola, Matti, Metsämuuronen, Markku, Räsänen, Pentti K. & Taimisto, Erkki: Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967—1975.
The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967—1975.
- No 313 Kolari, Kimmo, Paavilainen, Eero & Raitio, Hannu: Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella.
Pine root condition and growth disturbances.
- No 314 Anttila, Tuula & Lähde, Erkki: Lannoituksen vaikutus paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien kehitykseen taimitarhassa.
Effect of fertilization on the development of containerized pine seedlings in a nursery.
- No 315 Kanninen, Kaija: Palkkausmuodot ja niiden vaikutus metsätoissa.
Forms of remuneration and their influence on forest work.
- No 316 Mäkelä, Markku: Leimikoittainen metsätähdemäärä.
The amounts of logging residues and stump and root wood at certain work sites.
- No 317 Kaunisto, Seppo: Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla.
Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs.
- No 318 Kinnunen, Kaarlo: Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä.
The survival and initial development of plants in private forests in western Finland.
- No 319 Ferm, Ari & Pohtila, Eljas: Pintakasvillisuuden kehittyminen ja muokkausjäljen tasoittuminen auratuilla metsänuudistusaloilla Lapissa.
Succession of ground vegetation and levelling of ploughed tracks on reforestation areas in Finnish Lapland.
- No 320 Kuusela, Kullervo: Suomen metsien kasvu ja puutavaralajirakenne sekä niiden alueellisuus vuosina 1970—1976.
Increment and timber assortment structure and their regionality of the forests of Finland in 1970—1976.
- No 321 Heikinheimo, Lauri, Jaatinen, Esko, Kellomäki, Seppo, Lovén, Lasse & Saastamoinen, Olli: Metsien virkistyskäyttö Suomessa. Esitutkimusraportti.
Forest recreation in Finland. Pilot study.
- No 322 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1973 (1970).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1973 (1970) by districts.
- No 323 Erkkilä, Pentti, Silander, Soini, Tiuhonen, Paavo & Örn, Jouko: Pystymittaus ja runkojen luku hakkuupalkan laskentaperusteina työvaikeuspalstalla.
Massenermittlung am stehenden Holz und Stamzahl als Unterlage für die Berechnung des Arbeitslohns auf grösseren Schlaglosen mit gleichmässigen Arbeitsbedingungen.
- No 324 Vuokila, Yrjö: Puolukkatyyppi kuusen kasvupaikkana.
Vaccinium type as a spruce site.
- No 325 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun istutustuloksia Lapissa.
Reforestation results with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 326 Paavilainen, Eero: Männyn istutus suopeltojen metsityksessä.
Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields.
- No 327 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia.
Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results.
- No 328 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Moottorisahavintturin käytöstä pienten puiden ja tukkien esijuonnossa.
Preliminary skidding of small trees and sawlogs by power saw winch.
- No 329 Kinnunen, Kaarlo & Linnimäki, Jorma: Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa.
Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia.
- No 330 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1975—77.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1975—77.

FOLIA FORESTALIA 374

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1978

Hannu Kalaja

PIENPUUN KORJUU TT 1000 F PALSTAHAKKURILLA

Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F

ODC 333:363.7
ISBN 951-40-0368-3
ISSN 0015-5543

KALAJA, H. 1978. Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakkurilla. Summary: Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F. *Folia For.* 374:1—27.

Tutkimus kohdistuu männikön ensiharvennuksiin palstahaketusmenetelmän pohjalta. Työssä vertaillaan kolmea vaihtoehtoista palstahaketusketjua sekä yhtä välivarastohaketusketjua, jotka kaikki perustuvat suomalaisen TT 1000 F hakkurin käyttöön.

Hakkurin tuotos vaihtelee leimikko-oloista ja korjuuketjusta riippuen. Kun ajo- matka oli 300 m, tuotos oli palstahaketuksessa 7,7—9,4 m³/h. Välivarastohaketuksessa tuotos oli keskimäärin 13,2 m³/h.

Tulokset sisältävät tietoja myös puun läpimitan, lumen, hakkurin terien kunnan ja muitten tekijäin vaikutuksesta tuotokseen. Pienikokoisella puustolla, jonka tilavuus oksat mukaan luettuna on 30—40 dm³, korjuukustannus on vuoden 1978 lopulla palstahaketusta käytettäessä hakkeena välivarastolla noin 45 mk/m³.

Kun ensiharvennusten määrä Suomen metsien ikäluokkajakauman seurauksena kasvaa voimakkaasti 1980- ja 1990-luvuilla, pienpuun korjuu- ja käyttöongelmat kärjistyvät nykyisestään. Kokopuuna korjuu palstahaketusmenetelmää käyttäen tarjoaa silloin vaihtoehdon, jolla erityisesti männiköitten pienpuu voidaan ottaa talteen taloudellisesti ja tehokkaasti. Parhaiten menetelmä soveltuu leimikoihin, joissa maasto-olot ovat helpot ja kuljetusmatkat lyhyet.

The first thinning of young pine stands by the terrain chipping method was studied. Three alternative terrain chipping schedules and a landing chipping schedule are compared. The Finnish TT 1000 F chipper was used in all of them.

The chipper output varied with the stand conditions and the harvesting schedule. When the hauling distance was 300 m the output was 7.7 — 9.4 m³/h in terrain chipping. In landing chipping it was 13.2 m³/h on average.

The results include data on the effect on output of tree diameter, snow, condition of the chipper knives and other factors. The harvesting costs of small-sized trees, volume 30—40 dm³ including branches, at the end of 1978 when using terrain chipping came to about 45 marks per whole-trees m³ (compact volume) as chips at the landing.

As the amount of first thinnings will grow steeply in the 1980s and 1990s because of the age class distribution of Finnish forests, the problems of harvesting and utilising small-sized wood will require still more attention. It seems that whole-tree harvesting by the terrain chipping method will offer an alternative for economic and effective recovery of especially the small-sized trees of pine stands. The method lends itself best to stands in which terrain conditions are easy and hauling distances short.

ALKUSANAT

Tutkimus kuuluu Suomen Itsenäisyyden Juhlavuoden 1967 Rahaston, SITRA:n, heinäkuussa 1973 alulle panemaan Lyhytkier-topuun kasvatus- ja käyttöprojektiin. Työn tarkoituksena on ollut kehittää palstahaketusmenetelmä pienikokoisen harvennuspuuston korjuuseen. Kokeet on suoritettu Enso-Gutzeit Osakeyhtiön työmailla Imatralla, Kesälähdellä, Parikkalassa, Punkaharjulla, Ruokolähdellä sekä Taipalsaarella.

Enso-Gutzeit Osakeyhtiön puolesta ovat tutkimukseen osallistuneet metsänhoitajat Yrjö Schildt, Ilkka Kallio ja Esko Leinonen, metsätekniikot Jukka Huovinen ja Olli Teittinen sekä työnjohtajat Reijo Riivari ja Markku Vahimaa. Kokopuuhakkurin kehittäjä, urakoitsija Pertti Szepaniak on uhrautuvasti myötävaikuttanut tutkimuksen suorittamiseen. Hakkurin kuljettajina ovat toimineet Toivo Malinen, Jari Päi-

vinen ja Erkki Salmi. Työväline Oy:stä työssä on ollut mukana osastopäällikkö Juhani Mutru.

Aineiston keruuseen ovat Metsäntutkimuslaitoksessa osallistuneet työnjohtaja Erkki Salo sekä tutkimusapulaiset Sami Kalaja ja Tapio Nevalainen. Metsänhoitaja Paavo Valonen ja kenttämestari Kari Sauvala ovat suorittaneet koneen ergonomisia ominaisuuksia koskevat tärinämittaukset. Piirrookset on tehnyt kuvaamataidon opettaja Pirkko Hakki-la. Puhtaaksikirjoituksen ovat suorittaneet Aune Rytönen, Raija Siekinen ja Leena Turunen. Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet professorit Pentti Hakki-la ja Pertti Harstela.

Kiitän kaikkia tutkimuksessa mukana olleita.

Helsingissä marraskuussa 1978

Hannu Kalaja

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	5
2. PALSTAHAKETUS VARASTOHAKETUKSEEN VERRATTUNA	6
3. TT PALSTAHAKKURI 1000 F	7
31. Kehitystaustaa	7
32. Tekniset tiedot	7
4. TUTKIMUSAINEISTO	11
41. Tutkitut korjuuketjut	11
42. Leimikkotiedot	13
5. TULOKSIA KORJUUKOKEISTA	13
51. Työajan menekki ja tuotos ajouralla toimittaessa	13
52. Työajan menekki ja tuotos varastolla toimittaessa	16
521. Haketus hakkurin omaan säiliöön	16
522. Haketus suoraan vaihtolavaan	18
523. Puun koon vaikutus välivarastohaketuksessa	19
6. KORJUUKUSTANNUKSET	21
7. PUUSTON VAURIOITUMINEN	22
8. HAKKEEN OMINAISUUDET	23
9. YHDISTELMÄ	24
10. KIRJALLISUUSLUETTELO	26
11. SUMMARY	27

1. JOHDANTO

Pienikokoisen puun korjuu tulee ihmistyövaltaisina tavaralajimenetelmin kalliiksi, ja samalla tuhhlataan raaka-ainetta, kun pienimmät puut, latvat ja oksat jäävät metsään. Jos karsimisesta ja pölkytyksestä luovutaan, korjuutyö yksinkertaistuu, työn tuottavuus kasvaa, kustannukset alenevat ja talteenotto tehostuu. Tämä johtaa kokopuu-hakemukseen, jossa puun koko maanpäällinen osa pyritään käyttämään raaka- tai polttoaineena. Raaka-ainelisa on suhteellisesti sitä suurempi, mitä pienemmistä puista on kysymys.

Kokopuuhakemukseen perustuvat menetelmät voidaan jakaa haketuspaikan mukaan seuraavasti:

- Palstahaketusketjut
 - Haketus palstalla
 - Haketus ajouralla
- Varastohaketusketjut
 - Haketus välivarastolla
 - Haketus keskusasemalla
 - Haketus käyttöpaikalla

Avohakkuuoloissa palstahakkuri voi

yleensä liikkua vapaasti kaikkialla leimikon alueella, mutta harvenushakkuissa se pysyttelee ajourilla. Järeän palstahakkurin kuljettaja vie puut kourakuormaimella syöttölaitteeseen ja sitä kautta edelleen hakkuriin, josta hake puhalletaan säiliöön. Kuorman täytyttyä palstahakkuri käy tyhjentämässä sen välivarastolla olevaan kuorma-auton vaihtolavaan. Kevyellä ”isännän linjan” palstahakkurilla voidaan haketta suoraan maataloustraktorin peräkärriin tai traktorin kannattamaan erilliseen hakesäiliöön, josta hake kipataan varastolla olevaan peräkärriin.

Palstahakkuria voidaan käyttää myös välivarastolla, minne puut tuodaan palstalta kokonaisina tai katkaistuina. Hake puhalletaan tuolloin joko hakkurin säiliöön tai suoraan kuorma-autoon tai vaihtolavalle. Välivarastohakemuksen varjopuoli on suuri tilantarve palstahaketusmenetelmään verrattuna. Hakkurilta vaaditaan joustavaa siirreltävyyttä varastolla ja työmaalta toiselle.



Kuva 1. TT 1500 L varastohakkuri hakettamassa suoraan kuorma-auton perävaunuun (Kuva Työväline Oy).
Fig. 1. The TT 1500 L landing chipper chipping directly into the truck trailer (Photo Työväline Oy).

Hakkeen välivarastoinnista tien varrelle ei ole saatu kovinkaan hyviä kokemuksia. Kuormaaminen on vaikeata, ja hakkeen mukana kulkeutuu tehtaalle kiviä, hiekkaa ja muita epäpuhtauksia. Haketta joutuu hukkaan enemmän kuin muissa menetelmissä. Hakkeen alla voidaan tosin käyttää muovivia tai muuta peitettä, mutta niistä aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia, ja sellun keitossa muovinkappaleet ovat haitaksi.

Autokuljetus joudutaan niin ollen sekä palsta- että välivarastohaketuksessa niveltämään välittömästi haketuksen. Haketuksen tapahtuessa suoraan vaihto- tai kiinteälle lavalle (kuva 1) syntyy kuuma ketju, jossa yhden koneen tai työvaiheen häiriintyminen

keskeyttää helposti kaiken toiminnan.

Keskitettyssä haketuksessa karsimattomat puut kuljetetaan kokonaisina tai katkaistuna kuorma-autolla keskusasemalle tai käyttöpaikalle, jolloin vapaudutaan kuuman haketusketjun häiriöherkkyydestä. Nykyisellä kalustolla karsimattomien puitteiden kuljetus tulee kuitenkin vielä suhteellisen kalliiksi kuormatilan tehottoman käytön vuoksi, mutta kaluston kehittäminen on meneillään. Alustavat kokeet osoittavat, että pienkokuoiden autokuljetuksen kannattavuutta voidaan parantaa nykyisestäään. Keskitettyä haketuksia ei ole kuitenkaan sovellettu Suomessa vielä käytännön mitassa.

2. PALSTAHAKETUS VARASTOHAKETUKSEEN VERRATTUNA

Palstalla toimivan hakkurin on oltava rakenteeltaan monimutkaisempi ja siten myös kalliimpi kuin kapasiteetiltaan vastaava välivarastohakkuri. Lumi ja maasto rajoittavat palstahakkurin käyttöä, mutta toisaalta palstahaketuksella on useita huomionarvoisia etuja:

- Pitkiäkään puita ei tarvitse kaikissa korjuuketjuissa välttämättä katkaista, mikä helpottaa tekovaihetta. Välivarastohaketusta edeltävä kuormatraktorikuljetus taas edellyttää yli 7—9 m:n puiden katkaisemista kahteen osaan.
- Kokopuiden kuljetus jää pois. Tällöin välttyään vaurioilta, joita harvennusleimikossa helposti syntyy kuormattaessa kokopuita traktoriin. Toisaalta järeä palstahakkuri vaatii kuitenkin hieman leveämmän ajouran kuin keskiraskas kuormatraktori.
- Puitten syöttö sivulta vetäen hakkuriin voi tapahtua yhtä nopeasti kuin niiden nostaminen traktorin kuormatilaan. Siirtyminen metsätraktorisovitteisella palstahakkurilla käy lähes yhtä hyvin kuin kokopuiden ajo kuormatraktorilla. Hakekuorman purkaminen kippaamalla tapahtuu niinikään suunnilleen samassa ajassa kuin kokopuitteiden purkaminen kuormaajalla. Näistä syistä palstahaketusetju on mahdollista saada toimimaan välivarastohaketukseen perustuvaa korjuuketjua alhaisemmin kustannuk-

sin. Palstahakkuri on kuitenkin kuljetuskoneeksi kallis, minkä vuoksi sen käyttö edellyttää lyhyitä ajomatkoja.

- Palstahakkuri kykenee siirtymään omin voimin työmaalta toiselle. Myös varastohakkureista useimmat pystyvät samaan, mutta ainakin eräät vaativat erillisen vetokoneen siirtoihin.
- Varastojärjestelyt helpottuvat, sillä tilan tarve on pienempi kuin välivarastohaketuksessa, jossa kokopuukat, hakkuri ja kuorma-auto on kaikki sijoitettava samanaikaisesti toistensa läheisyyteen.
- Haketuspaikalle jää aina oksia, neulasia, kuorta ja purua. Välivarastolla tähteet ovat haitallisia, mutta palstahaketuksessa ne jäävät ravinteineen ainakin jossain määrin hajalleen metsään.
- Palstalla hakettaessa puutavaran siirtelyvaiheita on vähemmän kuin varastohaketuksessa, joten kuormaimen kouran mukaan tulevien kivien, hiekan ja muiden epäpuhtauksien osuus jää pienemmäksi. Hakkurin terien leikkuuteho säilyy pitempään, ja hake saadaan talteen puhtaampana.
- Varsinkin syksyn ja kevään kelirikkoaikana varastoalueen kantavuus saattaa olla niin heikko, että välivarastohakkurin ja kuorma-auton liikkuminen tuottaa vaikeuksia. Palstahakkurin parempi maastokelpoisuus sekä mahdollisuus sijoittaa vaihtolavat joustavasti kuorma-

auton kantavaan paikkaan ovat tuolloin merkittäviä etuja.

Edellä mainituista syistä palstahakkurin käyttö on edullista silloin, kun se maasto- ja

lumiolojen sekä kuljetusmatkan pituuden puolesta on tarkoitukseenmukaista. Taloudellisuus tietenkin edellyttää, että tällaisia leimikoita tulee löytyä riittävästi.

3. TT PALSTAHAKKURI 1000 F

31. Kehitystaustaa

Varsinaisten kokopuuhakkureiden kehitys vauhdittui Suomessa vuonna 1973, kun SITRA ja Metsäntutkimuslaitos käynnistivät Lyhytkiertopuun kasvatus- ja käyttöprojektin puitteissa kokopuunkäyttöön tähtäävien korjuumenetelmien tutkimus- ja kehitystyön. Ensimmäinen palstahakkuri, prototyyppinimeltään PH-1, valmistui SITRA:n tuella kevättalvella 1974 urakoitsija Pertti Szepaniakin ja Työväline Oy:n yhteistyönä. Sen peruskoneena oli 65 kW:n moottorilla varustettu Fiat 750 teollisuus-traktori (kuva 2).

Kokopuuhaketuskoheet aloitettiin kevättalvella 1974 Oy W. Rosenlew Ab:n Harvialan työmailla, joilta hake toimitettiin Poriin voimalan polttoaineeksi. Kenttäkoekielten tulosten pohjalta rakennettiin SITRA:n tuella Paakkunaisen konepajan ja Perusyhtymän Hämeenlinnan konepajan toimesta uusi palstahakkuri, PH-2 peruskoneenaan nelipyörävetoinen 66 kW:n Fiat 1000 teollisuus-traktori (kuva 3). Seuraavaan palstahakkuriin, jonka rakensi Perusyhtymän Hämeenlinnan konepaja tyyppimerkinnällä PH 3, tuli peruskoneeksi nelipyörävetoinen 110 kW:n Fiat 1300 teollisuus-traktori. (Kuva 4).

Näitten keskiraskaitten palstahakkureitten rinnalle kehitettiin myöhemmin tehokkaampi ja maastokelpoisempi metsätraktoriin päälle asennettu järeä palstahakkuri. Se valmistui keväällä 1976 tyyppimerkillä TT 1000 F (kuva 5).

TT 1000 F rakennettiin urakoitsija Pertti Szepaniakin, Työväline Oy:n, M. Paakkunaisen konepajan, Perusyhtymä Oy:n Hämeenlinnan konepajan, Rauma-Repola Oy:n Pääskyniemen konepajan ja Enso-Gutzeit Osakeyhtiön yhteistyönä. Prototyypin, jolla tämän tutkimuksen koheet on tehty, peruskoneena on Lokomo 928-kuormatraktori.

Myös muut keskiraskaat kuormatraktorit

soveltuvat samaan tarkoitukseen. Syksyllä 1978 kone on eräin parannuksin asennettu Perusyhtymän Hämeenlinnan konepajalla Valmet 872 K kuormatraktoriin.

32. Tekniset tiedot

TT 1000 F palstahakkuri on tarkoitettu ensisijaisesti kokopuiden tai rankojen paltalla ja ajouralla tapahtuvaan haketukseen. Sivulta tapahtuvan syötön sekä pysty- ja vaakatasossa suunnattavan syöttölaitteen ansiosta kone soveltuu hyvin harvennusoloihin. Sitä voidaan tarvittaessa käyttää luonnollisesti myös välivarastolla, missä se pystyy työskentelemään ahtailla ja verraten vaikeakulkuisillakin paikoilla.

Haketusosa käsittää laikkahakkurin syöttölaitteineen sekä hakkurin viereen asennetun erillisen voimanlähteen. Voimansiirto tapahtuu hakkuriin mekaanisesti ja syöttölaitteeseen hydraulisesti. Puut viedään syöttölaitteeseen peruskoneen kourakuormaimella.

Tässä tutkimuksessa käytetyn prototyypikoneen tekniset tiedot ovat seuraavat:

Peruskone: telillä varustettu järeä Lokomo 928 kuormatraktori

Pituus	9,80 m
Leveys	2,50 m
Korkeus	3,80 m
Peruskoneen paino	11,3 t
Koko yksikön paino	18,5 t

Hakkuri:

Terälaikan halkaisija	980 mm
Pyörimisnopeus	1000 r/min
Terien lukumäärä	2 kpl
Syöttöaukon koko	250x250 mm
Syöttönopeus	50 m/min

Hakkeen pituus säädettävissä
Hydraulisesti käännettävä hakkeenpuhallusputki

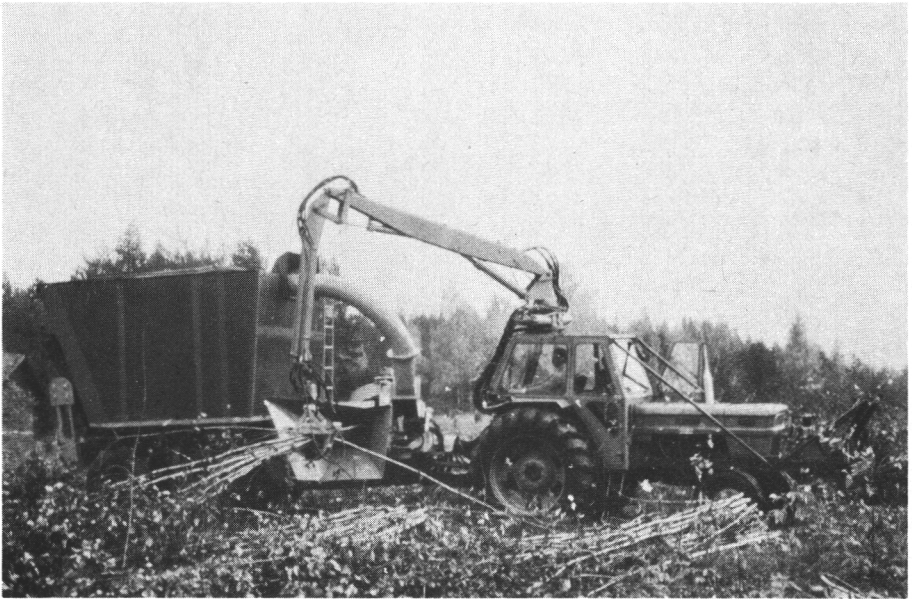
Syöttölaite:

Yläpuolella korkeussuunnassa säädettävä syöttörulla, aukeama	500 mm
Alapuolella ketjukuljetin, pituus	1200 mm
Kääntökulma vaakatasossa	45°
Kääntökulma pystysuunnassa	±15°
Varustettu ylikuormitusojalla	



Kuva 2.
Fig. 2.

Palstahakkurin prototyyppi PH-1.
The PH-1 terrain chipper prototype.



Kuva 3.
Fig. 3.

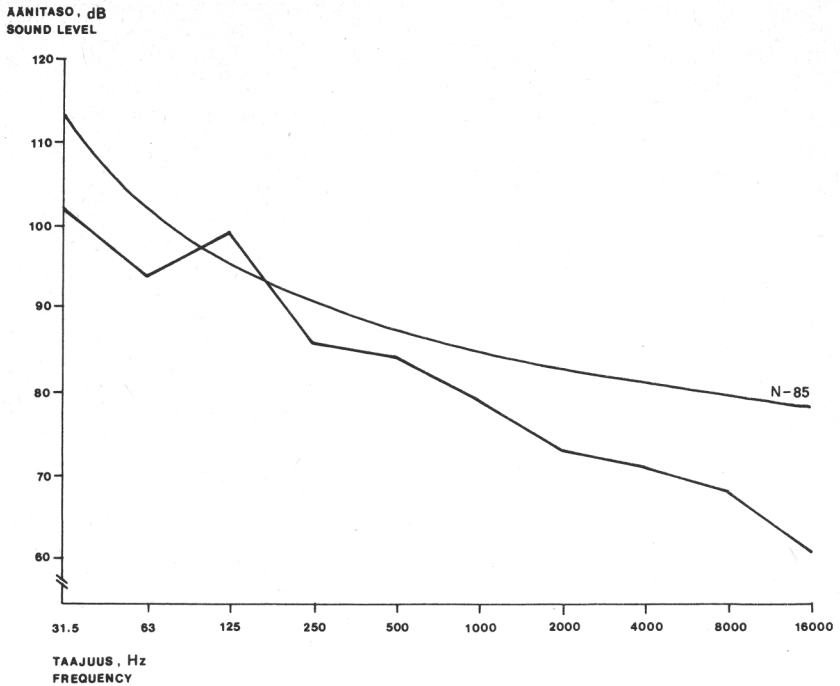
Palstahakkurin prototyyppi PH-2.
The PH-2 terrain chipper prototype.



Kuva 4. Palstahakkurin prototyyppi PH-3.
Fig. 4. The PH-3 terrain chipper prototype.



Kuva 5. TT 1000 F palstahakkuri hakettamassa ensiharvennusmäntyä ajouralla. Peruskoneena Lokomo 928 kuormatraktori.
Fig. 5. The TT 1000 F terrain chipper prototype chipping small-sized pine on the strip road. The basic machine is a Lokomo 928 forwader.



Kuva 6. Ohjaamon äänitason analyysi.
Fig. 6. Analysis of the sound level in the driver's cab.

Hakesäiliö:

Tilavuus 17 m³
Kippauskorkeus 3 m
Hydraulisesti käytettävät tukijalat kippaukseen
Katettu tyhjennettäessä automaattisesti avautuvilla ja sulkeutuvilla verkoilla
Takaosassa tuntoelin, joka syyttää ohjaamossa merkivalon säiliön saavuttaessa kippaus-
etäisyyden täytettävästä lavasta

Voimanlähde:

6-sylinterinen, 4-tahtinen
Valmet 611 CS (37 r/s)
dieselmoottori 103 kW (DIN)

Kuormain:

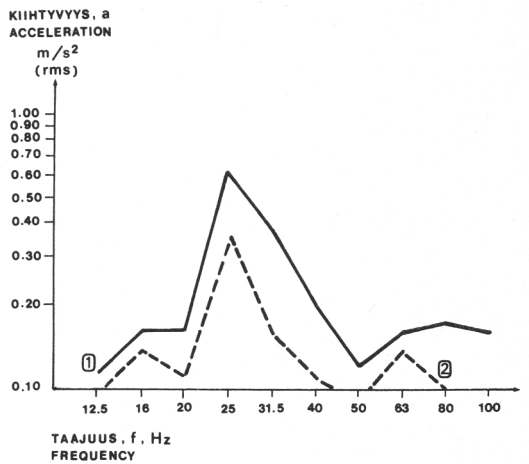
Liukupuomilla varustettu kourakuormain, jonka ulottuvuus maanpinnan tasolla 9 m
Kouran tilalla Pika-proessorin pihti

Ohjaamon äänitaso:

Prototyypilaitteen ohjaamossa yleinen äänitaso oli 78 dB (A) (kuva 6). Peruskone oli ollut käytössä jo usean vuoden ajan, joten äänieristys lienee heikentynyt alkuperäisestä koneen vanhetessa.

Ohjaamon värinä:

Värinä mitattiin kuljettajan istuimesta sekä siirtymisestä haketusvaiheen aikana. Tulokset nähdään kuvasta 7.



Kuva 7. Värinän kiihtyvyyssarvot taajuuden funktiona terssi (1/3-oct) analyysin mukaan. 1) haketus, 2) siirtyminen.

Fig. 7. The acceleration values of vibration as a function of frequency according to the 1/3 octave analysis. 1) chipping, 2) moving.

4. TUTKIMUSAINEISTO

41. Tutkitut korjuuketjut

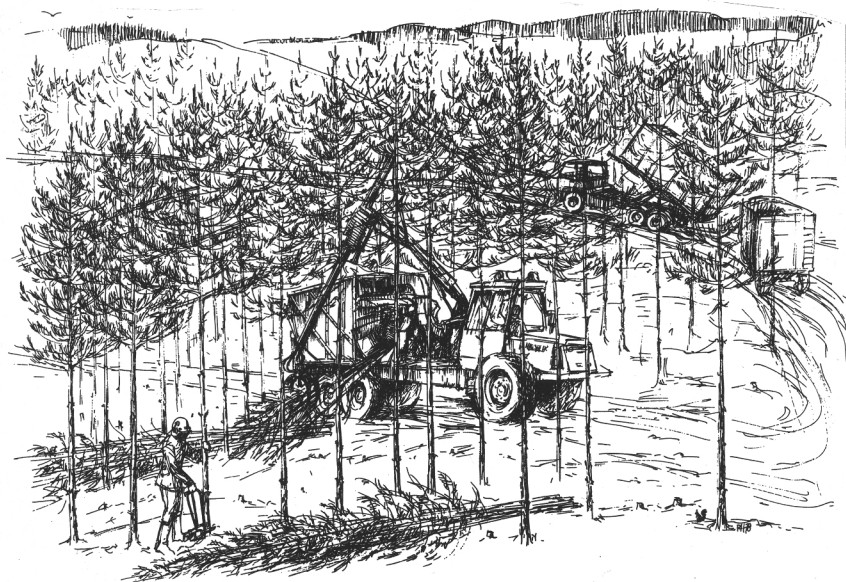
Metsäntutkimuslaitos on ollut mukana kokopuuhakureitten kehitystyössä usean vuoden ajan ohjelman alkuvaiheista lähtien. Varhaisemmista palstahakkureista, joitten peruskoneena on maatalous- tai teollisuusraktori, on julkaistu tuloksia useassa yhteydessä (Hakkila ym. 1975, Harstela ja Tervo 1975, Kalaja 1975). Myös TT 1000 F palstahakkurista, jonka peruskoneena on ensimmäisistä prototyypeistä poiketen kuormatraktori, on tehty työntutkimuksia jo koneen alkukehityksen aikaan (Hakkila ym. 1977, Melkko 1977).

Tässä julkaisussa esitetyt tulokset perustuvat koneen alkukehittelyn jälkeisiin tutkimuksiin, joissa korjuutyö on toteutettu jo verraten vakiintunein menetelmin. Tutkimusten aikana koneen kuljettaja on vaihtunut kahdesti, mikä vaikeuttaa jossain määrin tulosten tulkin-taa. Silmävaraisesti arvioiden se ei kuitenkaan liene oleellisesti vaikuttanut menetelmien välillä mitattuihin eroihin.

Palstahaketusta tutkittiin ensiharvennusmännikössä usealla eri työmaalla, joitten kaikkien kulkuvaikeus edusti ensimmäistä ja toista maastoluokkaa. Palstahaketusta tapahtui enimmäkseen kesäaikaan, mutta lisäksi tehtiin suppea talvihaketuskoe. Välivarastohaketus kohdistui sekä mäntyyn että lehtipuuhun, joista viime-

simainittua haketettiin myös talvella. Tutkitut korjuuketjut olivat seuraavat.

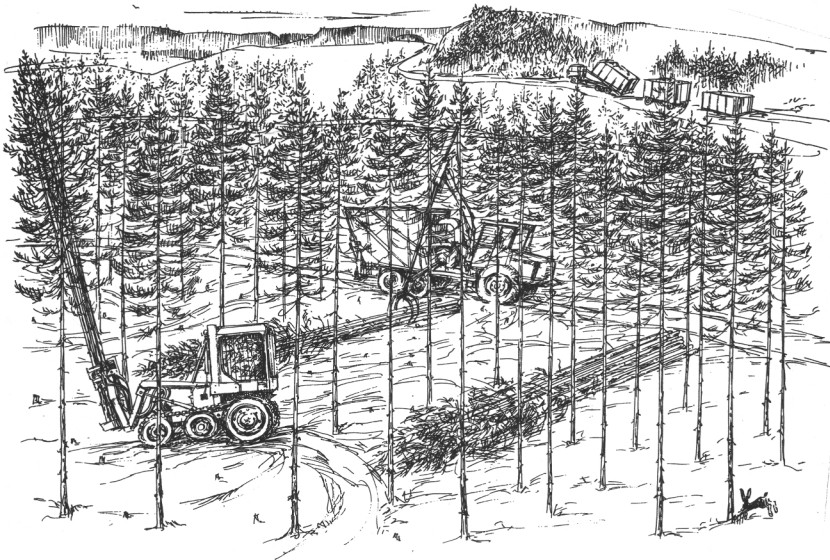
1. Puut kaadetaan kahvakehikolla varustetulla moottorisahalla ja kasataan miesvoimin siirtely-kaatomenettelmällä 1—4 m:n etäisyydelle ajourasta. Lisäksi pitkät puut katkaistaan ennen kasausta. Siirtelymatkan lyhentämiseksi ajouraväli on vain 20 m. Puut haketetaan ajouralla suoraan kaatomiehen tekemistä kasoista. Hake kuljetetaan hakkurin säiliössä varastolla olevaan vaihtolavaan. Kaukokuljetuksessa käytetään Multilift vaihtolavajärjestelmällä varustettua täysperävaunullista kuorma-autoa. Aineiston laajuus tässä menetelmässä oli 117 m³ (kuva 8).
2. Siirtely-kaato tapahtuu muutoin samoin kuin edellä, mutta hakkuumiehen ei tarvitse siirtää puita ajouran varteen vaan ne voidaan jättää esikasattui-na palstalle. Osa taakoista jää kuitenkin jo hakkuumiehen jäljiltä riittävän lähelle ajouraa, ja muut taakat vedetään ajouran varteen erillisellä Normetin kasauslaitteella. Ajouraväli, jonka määrää kasauskoneen ulottuvuus, on 30 metriä. Haketus ja hakeen kuljetus tapahtuvat kuten edellä. Aineiston laajuus oli kesäoloissa 190 m³ ja talviolloissa 131 m³ (kuva 9).
3. Kaato ja kasaus uran varteen tehdään Makeri pienraktorilla. Ajouraväli on 30 metriä. Haketus



Kuva 8. Korjuuketju 1. Kaato ja kasaus siirtelykaatomenettelmällä, haketus ajouralta suoraan hakkuumiehen tekemistä pienistä kasoista, ajouraväli 20 m.
Fig. 8. Harvesting schedule 1. Manual felling and bunching by chain saw, chipping on the strip road directly from small bunches, strip road spacing 20 m.



Kuva 9. Korjuuketju 2. Kaato ja kasaus siirtelykaatomenetelmällä, lisäksi erillinen kasaus ajouran varteen Normetin kasausslaitteella. Haketus ajouralta. Ajouraväli 30 metriä.
 Fig. 9. Harvesting schedule 2. Manual felling and bunching by chain saw, in addition mechanised bunching alongside the strip road by the Normet buncher. Chipping on the strip road. Strip road spacing 30 m.



Kuva 10. Korjuuketju 3. Kaato ja kasaus Makeri pienetraktorilla. Haketus uran varteen kasatuista suurista kasoista. Ajouraväli 30 m.
 Fig. 10. Harvesting schedule 3. Felling and bunching by a small forest tractor. Chipping from large bunches collected alongside the strip road. Strip road spacing 30 m.

tapahtuu ajouran varteen kasatuista suurehkoista kasoista. Hake kuljetetaan kuten edellisissä menetelmissä. Tällä menetelmällä korjattiin kaikkiaan 220 m³ kokopuuta (kuva 10).

4. Siirtely-kaato ja erillinen kasaus tehdään kuten kohdassa kaksi. Puut kuljetetaan välivarastolle kuormatraktorilla, mitä ennen pitkät puut katkaistaan moottorisahalla. Haketus tapahtuu välivaras-

tolla. Kaukokuljetuksessa käytetään edellä mainittua vaihtolavajärjestelmää. Mäntykokopuuta haketettiin kesäoloissa 416 m³, lehtikokopuuta syksyllä 48 m³ ja talvella 383 m³.

Lisäksi suoritettiin välivarastolla erillinen haketuskoee, jonka tarkoituksena oli selvittää puun koon vaikutus työn tuotokseen. Puut oli lajiteltu rinnan- korkeusläpimitan mukaan seuraaviin kokoluokkiin: 2—6 cm, 7—9 cm, 10—13 cm ja yli 13 cm.

42. Leimikkotiedot

Palstahaketuskoee tehtiin ensiharvennuskokos- sä. Käytännön syistä kaikkia korjuumenetelmävaihto- ehtoja ei ollut mahdollista tutkia samalla työmaalla. Leimikot pyrittiin kuitenkin valitsemaan mahdollisim- man tasalaatuisiksi. Leimikoihin jäi kuitenkin pientä vaihtelua, mikä on saattanut vaikuttaa menetelmien vä- lisiin tuotoseroihin.

Leimikkotiedot nähdään seuraavasta asetelmasta, jossa kaikki tilavuustiedot edustavat kokopuuta oksii- neen kiintokuutiometreinä (m³). Puun keskikoko oli pienin metsätyövaltaisessa korjuuketjussa, joka lienee muihin verrattuna kilpailukyysisin nimenomaan pienil- lä puilla. Järeintä puusto oli kaato-kasauskoneeseen pe- rustunutta korjuuketjua 3 käytettäessä, jonka kilpailu- kyky muitten ketjujen rinnalla kasvaa ensiharvennuslei- mikon järeytymisen myötä.

Ensiharvennuskokos- palstahaketus

	Ketju 1	Ketju 2	Ketju 3
Puun koko, dm ³	38	34	46
Haketustaakan koko, dm ³	97	95	127
Kasan koko, dm ³	185	197	369
Puita, kpl/taakka	2,6	2,8	2,8
Poistuma, m ³ /ha	24	28	31
Jäävä puusto, kpl/ha	961	1052	1101

Välivarastohaketuksessa, johon ensiharvennuskokos- nän lisäksi sisältyi myös leppävaltaista lehtipuuta, puit- ten koko oli lähes sama kuin palstahaketuksessa. Poik- keuksen muodosti kuitenkin lehtipuun talvihaketuskoee, jossa puut olivat varsin pieniä. Tämän seurauksena puitten lukumäärä hakkurin kouraisutaakassa oli vas- taavasti suurempi kuin muissa kokeissa. Lehtipuun kes- sähaketusaineistossa puut taas olivat keskimääräistä oksikkaampia sekä usein haaraisia ja mutkaisia, mikä vaikeutti haketusta. Välivarastohaketuskoeeen puusto- tiedot nähdään seuraavasta asetelmasta.

Välivarastohaketus

	Mänty kesällä	Lehtipuukesällä	Lehtipuutalvella
Puun koko, dm ³	38	44	24
Taakan koko, dm ³	105	123	93
Puita, kpl/taakka	2,8	2,8	3,9

5. TULOKSIA KORJUUKOKEISTA

51. Työajan menekki ja tuotos ajouralla toi- mittaessa

Palstahakkurin ajankäytön jakauma ensi- harvennuskokos- ajouralla hakettaessa nähdään taulukosta 1. Keskimäärin 85 % tehoajasta on kulunut varsinaiseen haketuks- een, joka sisältää myös haketusvaiheen siir-

tymiset ajouralla.

Siirtyminen tyhjänä haketuspaikalle ja kuormattuna takaisin vaihtolavan luo sekä purkamisaika on esitetty kaikissa palstaha- ketusmenetelmissä samoiksi käyttämällä eri työmaiden tulosten keskiarvoja, koska näit- ten vaiheitten ajanmenekki on menetelmästä riippumaton. Näin voidaan helpommin ver-

Taulukko 1. Palstahakkurin ajanmenekki mäntykokopuuta ajouralla hakettaessa.

Table 1. Time consumption of the terrain chipper when chipping whole-tree pine on the strip road.

Työvaihe Work phase	Ketju 1 Schedule 1		Ketju 2 Schedule 2		Ketju 3 Schedule 3	
	cmin/m ³	%	cmin/m ³	%	cmin/m ³	%
Siirtyminen haketuspaikalle (100 m) Moving to the chipping site (100 m)	25	3,4	25	3,9	25	4,3
Haketus ajouralla Chipping on the strip road	638	86,7	540	84,7	483	83,1
Siirtyminen vaihtolavan luo (100 m) Moving to the changeable pallet (100 m)	30	4,1	30	4,7	30	5,2
Kuorman purkaminen Unloading	43	5,8	43	6,7	43	7,4
Teho aika yhteensä Total productive time	736	100,0	638	100,0	581	100,0
Keskeytykset 20 % Interruptions 20 %	147		128		116	
Yhteensä Total	883		766		697	

rata eri korjuuketjuja keskenään.

Siirtymisnopeus oli kaikkien työmaiden keskiarvona tyhjänä 56 m/min ja kuormattuna 52 m/min. Osa siirtymisistä tapahtui ajouralla ja osa metsäautotiellä, missä liikkuminen oli vaivatonta. Nopeus pelkästään ajouralla oli tyhjänä 48 m/min ja kuormattuna vastaavasti 46 m/min. Eräessä aikaisemmassa tutkimuksessa on todettu nopeudeksi ajouralla 43 ja 41 m/min (Melkkonen 1977) ja metsäautotiellä sekä tyhjänä että kuormattuna 136 m/min.

Taulukko 2 osoittaa kuljettajan ajankäytön jakauman varsinaisessa haketusvaiheessa. Runsaat 60 % kuljettajan ajasta on kulunut kourakuormaimen käsittelyyn, vajaa 10 % hakkurin syöttöaukon tyhjenemisen odottamiseen sekä 20–30 % siirtymiseen ajouralla kasalta toiselle.

Siirtymisen suhteellinen osuus palstahaketuksen tehotyöajasta oli ketjuissa 2 ja 3 suurempi kuin ketjussa 1, mikä johtui osaksi koeleimikoitten epäyhtenäisyydestä. Muutoinhan siirtymisajan tulee olla suurin ketjussa 1, koska puut jäävät siinä pienemmille kasoille ja ajouraväli on kapeampi.

Taulukon 3 mukaan palstahakkurin tuotos oli suurin, kun haketus tapahtui kaato-kasauskoneen tekemistä kasoista. Tässä

korjuuketjussa kasat näet työtökniikasta johtuen tulevat suuremmiksi kuin muissa, mikä nostaa palstahakkurin tuotosta. Kaato-kasauskoneella on myös mahdollista jättää harvassa leimikossa kaikki kasat samalle puolelle ajouraa hakkurin työskentelyn nopeuttamiseksi, mutta tässä yhteydessä ei menetelty näin. Osaltaan mitatut tuotoserot ovat saattaneet toisaalta aiheuttaa myös puun koosta, joka oli pientraktorimenetelmässä suurin.

Todettakoon, että palstahakkurin ensimmäisen prototyypin tuotos oli vuoden 1974 kokeissa 300 m:n ajomatalla vain 3,0 m³/h (Hakkila ym. 1975). Koneen kehityksessä tuotos on siis kohonnut 2–3 kertaiseksi.

Haketuksen yhteydessä hakkuri joutuu siirtymään ajouralla kasalta kasalle. Siirtymiseen kuluu aikaa sitä enemmän, mitä harvempi leimikko on kysymyksessä ja mitä pienemmille muodostelmille puut on kasattu. Näistä syistä siirtymiseen käytettiin eniten aikaa miesvoimin tapahtuvaan kasaukseen perustuvassa siirtelykaatomenetyksessä ja vähiten vastaavasti kaato-kasauskoneeseen perustuvassa menetelmässä.

Miesvoimin tapahtuvaan siirtely-kaatoon perustuvaan menetelmään verrattuna pals-

Taulukko 2. Palstahakkurin kuljettajan ajankäytön jakauma ajouralla tapahtuvassa haketuksessa varsinaisen haketusvaiheen aikana.

Table 2. Distribution of the time consumed by the terrain chipper operator in chipping on the strip road during the chipping phase proper.

Työvaihe Work phase	Ketju 1 Schedule 1	Ketju 2 Schedule 2	Ketju 3 Schedule 3
Valmistautuminen haketukseen <i>Preparing for chipping</i>	2,3	2,3	0,4
Kouran siirto tyhjänä <i>Moving the grapple empty</i>	17,5	14,7	14,2
Kouraisu <i>Grappling</i>	4,8	10,4	11,0
Kouran siirto kuormattuna <i>Moving the grapple loaded</i>	24,8	21,4	19,0
Puiden asettelu syöttölaitteeseen <i>Placing the trees in the feeding device</i>	10,5	12,7	11,4
Syötön auttaminen <i>Assisting the feeding</i>	5,8	2,5	5,4
Odotus syötössä <i>Waiting while feeding</i>	11,7	7,2	6,8
Puiden irrotus kasasta <i>Separating the trees from the bunch</i>	—	—	1,7
Siirtyminen haketuksessa <i>Moving while chipping</i>	20,1	27,5	28,9
Siirtymisen valmistelu haketuksen jälkeen <i>Preparing for moving after chipping</i>	2,5	1,3	1,2
Yhteensä <i>Total</i>	100,0	100,0	100,0

Taulukko 3. Palstahakkurin tuotos haketettaessa mäntykokopuuta ajouralla kaikki työvaiheet mukaan luettuina.
Table 3. Output of the terrain chipper when chipping whole-tree pine on the strip road with all work phases included.

Kuljetusmatka, m Hauling distance, m	Ketju 1 Schedule 1		Ketju 2 Schedule 2		Ketju 3 Schedule 3	
	m ³	t	m ³	t	m ³	t
100	8,8	3,3	10,1	3,9	11,2	4,2
300	7,7	2,9	8,6	3,2	9,4	3,5
500	6,8	2,6	7,5	2,8	8,1	3,1

x Tuotos ilmoitettu kokopuun kiintotilavuutena (m³) ja kuivana massana (t).
x Output is denoted as whole-tree m³ (compact volume) and dry tons.

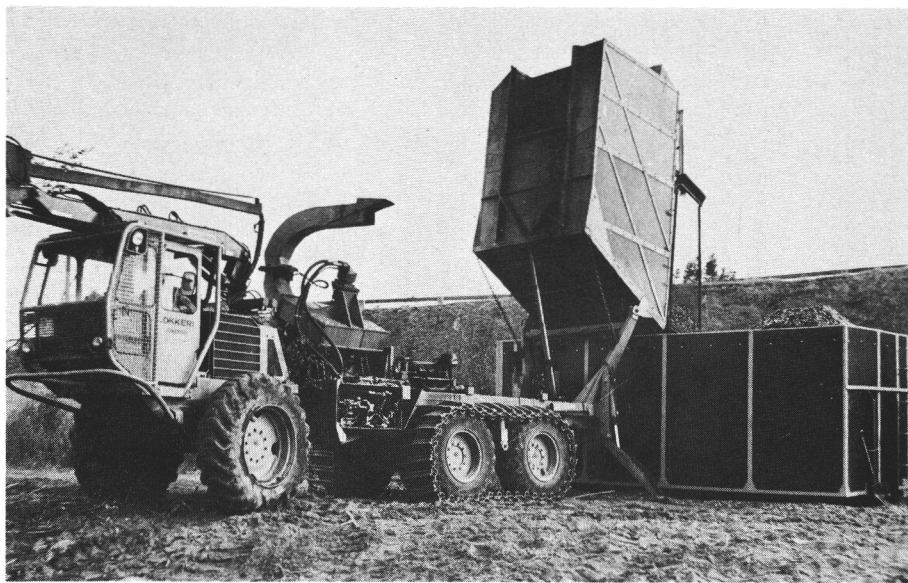
tahakkurin tuotos oli kaato-kasauskoneen jäljiltä ajomatka riippuen yli 20 % suurempi. Tämä johtui siis osaksi edullisemmasta kasakoosta ja kasojen sijainnista sekä osaksi suuremmasta raaka-ainekertymästä ajouralla kuljettua metriä kohti. Uravälillä oli pientraktorimenetelmässä 30 metriä mutta mieskaadossa vain 20 metriä.

Erillisen kasauskoneen jälkeen tapahtuneessa haketuksessa tuotos oli 300 m:n ajomatalla leimikko-olojen samankaltaisuudesta huolimatta 12 % suurempi kuin pelkän siirtely-kaadon jäljiltä mutta toisaalta taas 9 % pienempi kuin kaato-kasauskoneen jäljiltä. Kuljetusmatkan kasvaessa 300 metristä 500 metriin tuotos laski 12–14 % ja

samalla menetelmien väliset tuotoserot hieinan supistuivat. Ajomatkan lyhentyessä muutos on päinvastainen.

Edellä kuvatun kesähaketuksen lisäksi kerättiin talvihaketuksesta suppea vertailuaineisto, jolla pyrittiin selvittämään lumen vaikutusta työn tuotokseen. Lumen vahvuus vaihteli työmaalla 36 cm:stä 43 cm:iin. Puut oli kaadettu ja kasattu kesällä ajouran varteen. Lumen alle jääneitä kasoja ei oltu merkitty etukäteen. Puun koko oli 30,5 dm³ ja kasan koko 183 dm³ kokopuuta. Puita oli taakassa 2,6 kpl. Hakkurin kouraisutaakan koko oli 81 dm³.

Tuotos oli ilman keskeytyksiä 100 m:n matkalla 7,3 m³/h, 300 m:n matkalla 6,5



Kuva 11. TT 1000 F palstahakkuri kippaamassa kuormaa vaihtolavalle.
Fig. 11. The TT 1000 F chipper tipping its load onto a changeable pallet.



Kuva 12. Multilift ML-14 vaihtolavajärjestelmä.
Fig. 12. The multilift ML-14 changeable pallet system.

m³/h ja 500 m:n matkalla 5,8 m³/h. Kesähaketukseen verrattuna tuotos oli talvella siten ajomatkasta riippuen 23—28 % pienempi, vaikka puusto oli kummassakin tapauksessa samanlaista. Talvella työtä hidasti myös purkamisen kannalta välttämätön auton lavojen suolaus, mihin kului lavaa kohden 4—6 min. lisäaikaa. Hakkurin tyhjänäpyörimis aika nousi kesähaketuksen vajaan 10 %:sta talvella vähän yli 30 %:iin, mikä johtui puiden etsimisestä ja kaivamisesta lumesta.

Kuljettajan työajan jakauma poikkesi kesähaketuksesta seuraavissa työvaiheissa. Taakan kouraisu vaati lumen vuoksi kokonaisajasta 2 % enemmän. Syöttö ja puiden asettelu taas veivät talvella kokonaisajasta 2 % vähemmän. Syötön auttamiseen kouralla kului 4 % enemmän. Siirtyminen haketuksessa vei talvihaketuksessa kokonaisajasta lähes 10 % vähemmän. Talvella tulee uutena työvaiheena kasan etsiminen. Kun pieniä kasoja ei varmuudella voi aina erottaa lumen alta, niitä pitää tunnustella kouraisemalla lumesta. Tähän työvaiheeseen kuljettajalta kului 5 % työajasta.

Mäntykokopuun haketuksessa talvella tylien terien vaihto teräviin kohotti tuotosta 13,7 %. Kesäoloissa tuotos nousi terien vaihdon ansiosta vastaavasti 11,3 %.

52. Työajan menekki ja tuotos varastolla toimittaessa

521. Haketus hakkurin omaan säiliöön

Palstahakkuria voidaan käyttää myös varastohaketukseen. Suurilla yhtenäisillä varastoilla palstahakkuri ei tosin ole aina kilpailukykyinen saman hintaluokan välivarastohakkurin kanssa, mutta joustavuutensa ansiosta sitä voidaan pitää varastohaketuksessa tarkoituksenmukaisena esimerkiksi ahtailla varastoilla ja kelirikko-oloissa, kun raskaitten välivarastohakkureitten ja kuorma-autojen liikkuminen on riittämättömän maastokelpoisuuden vuoksi vaikeata.

Taulukossa 4 esitetään välivarastohaketuksen ajanmenekki. Matka haketuspaikalta vaihtolavalle on oletettu 100 metriksi. Kussakin tapauksessa on käytetty samoja keskimääräisiä siirtymis-, purkamis- ja valmisteluajoja. Männyn ja lehtipuun kesäaikaisessa haketuksessa työajan menekki on lähes sama. Lehtipuun talvihaketuksessa aika on kulunut hieman enemmän.

Hakkurin tyhjänäpyörimis aika oli suurin mäntyä hakettaessa. Tämä johtunee siitä, että puut olivat varastokasassa oksistaan kiinni toisissaan taakan ottamista hidastaen. Pienin tyhjänäpyörimis aika taas oli lehti-

Taulukko 4. Palstahakkurin ajanmenekki varastohaketuksessa.
Table 4. Time consumption of the terrain chipper in landing chipping.

Työvaihe Work phase	Mänty kesällä Pine summer		Lehtipuu kesällä Hardwoods summer		Lehtipuu talvella Hardwoods winter	
	cmin/m ³	%	cmin/m ³	%	cmin/m ³	%
Siirtyminen työmaalle (100 m) Moving to the work site (100 m)	25	5,2	25	5,0	25	4,4
Haketus Chipping	385	79,7	400	80,4	473	82,8
Siirtyminen vaihtolavan luo (100 m) Moving to the changeable pallet (100 m)	30	6,2	30	6,0	30	5,3
Kuorman purkaminen Unloading	43	8,9	43	8,6	43	7,5
Tehoaika yhteensä Total productive time	483	100,0	498	100,0	571	100,0
Keskeytykset 20 % Interruptions 20 %	97		100		114	
Yhteensä Total	580		598		685	

Taulukko 5. Palstahakkurin kuljettajan ajankäytön jakauma varsinaisessa haketuksessa väliavarastolla.
Table 5. Distribution of the time consumed by the terrain chipper operator in chipping proper at the landing.

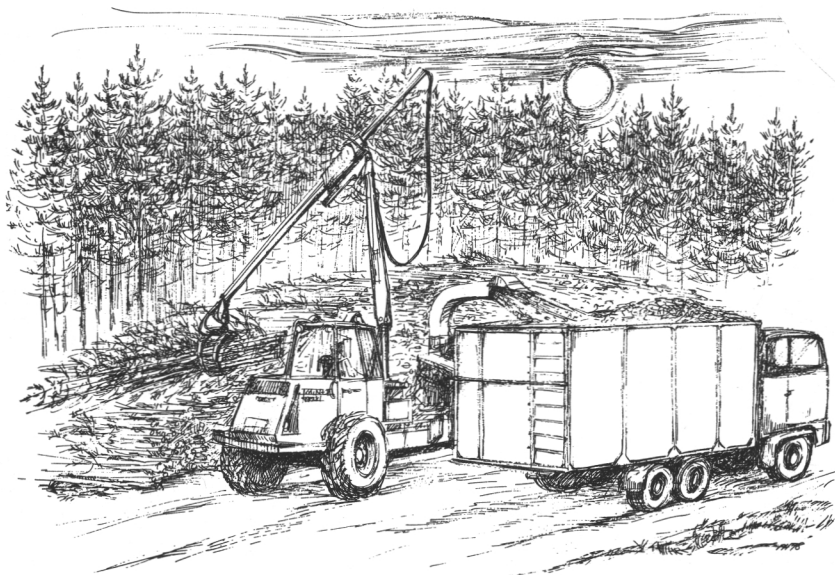
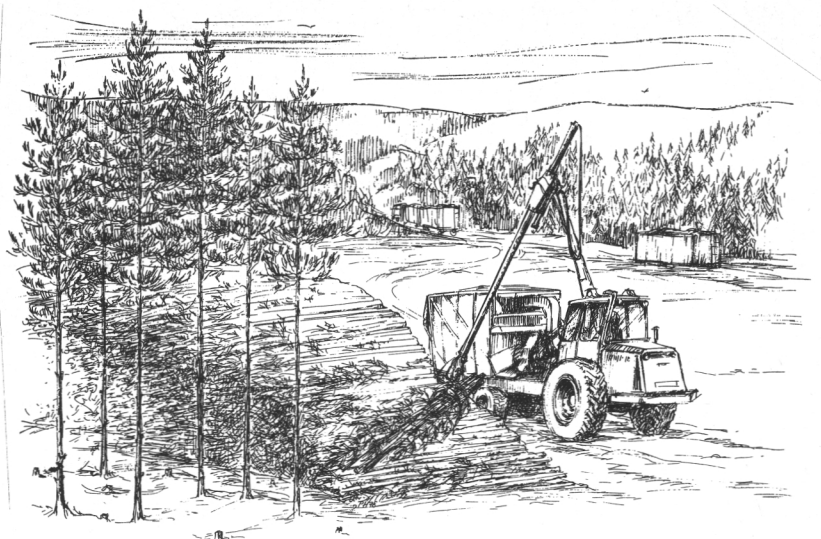
Työvaihe Work phase	Mänty kesällä Pine summer	Lehtipuu kesällä Hardwoods summer	Lehtipuu talvella Hardwoods winter
	%	%	%
Valmistautuminen haketukseen Preparing for chipping	2,7	1,4	0,5
Kouran siirto tyhjänä Moving the grapple empty	18,1	17,9	23,4
Kouraisu Grappling	15,4	15,3	15,4
Kouran siirto kuormattuna Moving the grapple loaded	29,8	29,7	30,4
Puiden asettelu syöttölaitteeseen Placing the trees in the feeding device	16,1	14,2	13,7
Syötön auttaminen kouralla Assisting the feeding by grapple	6,0	8,4	4,5
Odotus syötössä Waiting while feeding	7,3	10,4	6,4
Puiden irrotus kasasta Separating the trees from the bunch	3,6	1,8	5,2
Siirtyminen haketuksessa Moving while chipping	—	—	—
Siirtymisen valmistelu haketuksen jälkeen Preparing for moving after chipping	1,0	0,9	0,5
Yhteensä Total	100,0	100,0	100,0

puun kesähaketuksessa. Puitten keskikoko oli tuolloin suurempi kuin männyllä, niin että puut kuljivat syöttölaitteen läpi hitaammin.

Hakkurin kuljettajan ajankäytön jakauma varastohaketuksessa nähdään taulukosta 5, jossa ei ole mukana siirtymis- ja purkamisai-

koja. Noin 90 % kuljettajan ajasta kuluu kouran käsittelyyn. Loppuaika on pääasiassa hakkurin syöttöaukon tyhjenemisen odoteltua.

Kesällä 1974 PH-1 prototyyppihakkurin tuotos oli mäntykokopuuta varastolla haketettaessa 5,8 m³/h (H a k k i l a ym.



Kuva 13. TT 1000 F palstahakkuri välivarastolla. Haketus omaan säiliöön (yllä) tai suoraan vaihtolavalle (alalla).

Fig. 13. The TT 1000 F terrain chipper at the landing. Chipping into its own container (above) or directly onto a changeable pallet (below)

1975). Sitä seuranneella PH-3 hakkurilla tuotos on vastaavasti 8,9 m³/h (Hars-tela ja Tervo 1977). TT 1000 F hakkurin tuotos on siis välivarasto-oloissa yli kaksinkertainen ensimmäiseen prototyyppiin verrattuna.

Männyn ja runkomuodoltaan huonon lehtipuun haketuksessa kuutiometreinä mitattu tuotos oli lähes sama. Talvella lehtipuun haketuksen tuotos laski 14 %, mutta puut oli-

vat tuolloin pienempiä.

Tyhsien terien vaihto teräviin nosti tuotosta lehtipuun talvihaketuksessa 15,1 %. Pimeän aikaan keinovalossa haketettaessa tuotos oli 12,4 % pienempi päivähaketukseen verrattuna.

522. Haketus suoraan vaihtolavaan

TT 1000 F hakkuria on tapana käyttää

Taulukko 6. Palstahakkurin tuotos tehoaikaa kohti varastohaketuksessa.
 Table 6. The output of the terrain chipper when working at the landing site. Interruptions not included.

	Mänty kesällä <i>Pine summer</i>	Lehtipuu kesällä <i>Hardwoods summer</i>	Lehtipuu talvella <i>Hardwoods winter</i>
Tuotos, m ³ /h <i>Output, m³/h</i>	13,2	13,0	11,4
Tuotos, t/h* <i>Output, t/h*</i>	5,0	4,5	4,5
Hakkurin tyhjänäpyörimisaika, % haketusajasta <i>Chipper indling time, % of chipping time</i>	14,0	2,3	6,8

* Kuivana massana — *Dry weight*

varastollakin siten, että hake puhalletaan omaan säiliöön, josta se kipataan edelleen vaihtolavalle. Säiliön tyhjennys vie purkamismatkan pituudesta riippuen kuitenkin 10—20 % tehotyöajasta. Koska palstahakkuria käytetään tilapäisesti varastolla myös sellaisissa oloissa, joissa vaihtolava voidaan sijoittaa välittömästi hakkurin viereen, tähän tutkimussarjaan liitettiin suoraan vaihtolavalle tapahtuvan haketuksen vaihtoehto (kuva 13).

Kuormatraktorilla välivarastolle tuodut ensiharvennuskokopuukat olivat tien toisella puolella ja vaihtolava toisella. Hakkuri toimi tiellä näiden välissä. Haketusta jatkettiin tavanomaisesta vajaan kahdella metrillä, niin että se yletti puhaltamaan suoraan vaihtolavaan. Haketus tapahtui muutoin totuttuun tapaan. Menetelmää voidaan käyttää vain tilavilla varastopaikoilla.

Koetyömaa jakaantui kahteen osaan. Toinen puoli oli ajettu tammikuussa välivarastoon. Päälle satanut lumi oli jo osin sulanut, valunut kasan sisälle ja jäänyt siellä uudelleen. Puut olivat työtä hidastaen lujasti toisissaan kiinni. Toinen osa aineistosta oli ajettu välivarastolle vasta keväällä, joten siinä ei tätä vaikeutta ollut.

Jäisillä mäntykokopuilla pelkän haketuksen tuotos oli 14,9 m³/h. Mukaan lukien varsinaisen haketuksen lisäksi valmistelun, siirtymisen haketuksessa ja haketorven suuntauksen, tuotos oli 14,5 m³/h ilman keskeytyksiä.

Sulilla mäntykokopuilla tuotos oli 19,3 m³/h pelkässä haketuksessa. Vastaavasti kaikki työvaiheet mukaan lukien tuotos oli 18,5 m³/h ilman keskeytyksiä. Jäisien kasojen ja sulien kasojen haketuksessa ero oli 4,4 m³/h eli 22 %. Tavanomaisessa varas-

tohaketuksessa, jossa hake puhallettiin hakkurin omaan säiliöön, tuotos oli edellisen luvun mukaan vain 13,2 m³/h.

Kahdeksantuntisen työpäivän aikana näitten varastohaketusmenetelmien tuotoksen ero on 40 m³. Irtotilavuudeksi muunnettuna tämä on lähes 100 i-m³. Työpäivässä saattaa syntyä siis jopa täysperävau-nullinen kuorma-autollinen enemmän haketta, mikäli hake voidaan ohjata suoraan vaihtolavalle. Tällöin luonnollisesti edellytetään, että autokuljetus toimii kitkatta ilman, että hakkuri joutuu odottelemaan ja että olosuhteet sallivat suoraan kuorma-autoon tapahtuvan hakettamisen.

523. Puun koon vaikutus varastohaketuksessa

Puun koon vaikutusta tuotokseen ja hakkeen laatuun varastohaketuksessa selvitettiin järjestetyllä kokeella, jossa puut jaettiin seuraaviin rinnankorkeusläpimittaluokkiin: 2—6 cm, 7—9 cm, 10—13 cm ja yli 13 cm.

Koepuut oli eroteltu männyn ensiharvennusleimikosta, jonka oksaisuusluokka oli III ja puut suhteellisen lyhyitä. Taulukossa 7 on esitetty kokeen puusto- ja tuotostietoja.

Ohuimmassa läpimittaluokassa, missä kokopuun tilavuus oli vain 8 dm³, tuotos jäi lähes 20 % pienemmäksi kuin 6—13 cm:n puilla. Puun läpimitan kasvaessa edelleen yli 13 cm:n tuotos putosi jyrkästi.

On kuitenkin otettava huomioon, että puut olivat keskimääräistä oksikkaampia. Hieno-oksaisilla puilla koon vaikutus ei vammaakaan ole niin suuri kuin taulukossa 7. Paksut oksat näet ottavat syöttölaitteen reunoihin kiinni estäen rullia vetämästä puuta hakkuriin.

Hakkurin voima ei täysin riittänyt järeim-

Taulukko 7. Lämpimitan vaikutusta selvitelleen kokeen puusto- ja tuotostietoja.

Table 7. Tree and output data of the experiment with the effect of diameter.

Puusto- ja tuotostiedot <i>Tree and output data</i>	D 1,3, mm — Dbh, cm			
	2—6	7—9	10—13	13+
D1,3, mm — <i>D1,3, mm</i>	48	75	106	168
Pituus, dm — <i>Height, dm</i>	43	62	71	93
Puun koko, dm ³ — <i>Tree volume, dm³</i>	8	20	38	91
Taakan koko, dm ³ — <i>Bunch volume, dm³</i>	46	56	61	91
Puita kpl/taakka — <i>Number of trees/bunch</i>	5,4	2,8	1,6	1,0
Tuotos, m ³ /h — <i>Output, m³/h</i>	13,3	15,6	16,6	10,6

mille oksikkaille puille. Kierrosluku pääsi usein laskemaan hidastaen työtä ja johtaen joskus haketorven tukkeutumiseenkin.

Taulukossa 8 esitetään kuljettajan työajan jakaantuminen hakettaessa eri läpimittaluokan puita varastolla. Mitä pienempi on rungon koko, sitä vaikeampi on saattaa taakka syöttölaitteeseen. Suurien puitten ohjaaminen syöttölaitteeseen sen sijaan oli helppoa. Puun koon kasvaessa suureni toi-

saalta syötön auttamiseen kulunut aika. Suurilla puilla varsinaiseen haketukseen liittyvästä kuljettajan työajasta kului yli 40 % puiden auttamiseen syöttölaitteeseen. Auttamisen tarve ei johtunut yksinomaan rungon suuresta koosta vaan myös paksuista oksista. Syötön yhteydessä tapahtuvaa odotusta ei esiintynyt pienillä puilla. Puun koon kasvaessa myöskin odotus syötössä kasvoi.

Taulukko 8. Kuljettajan työajan jakauma hakettaessa eri läpimittaluokan mäntykokopuita välivarastolla.

Table 8. Distribution of the operator's working time when chipping whole-tree pines of different diameter classes at the landing.

Työvaihe <i>Work phase</i>	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm <i>Breast height diameter class, cm</i>			
	2—6	7—9	10—13	13+
Kouran siirto tyhjänä <i>Moving the grapple empty</i>	16,7	17,9	26,2	10,9
Kouraisu <i>Grappling</i>	25,0	28,5	21,7	13,0
Kouran siirto kuormattuna <i>Moving the grapple loaded</i>	33,3	23,9	21,7	15,2
Puiden asettelu syöttölaitteeseen ja syöttö <i>Placing the trees in the feeding device and feeding</i>	25,0	23,9	19,6	13,0
Syötön auttaminen kouralla <i>Assisting the feeding by grapple</i>	—	5,8	6,5	41,4
Odotus syötössä <i>Waiting while feeding</i>	—	—	4,3	6,5
Yhteensä <i>Total</i>	100,0	100,0	100,0	100,0

kät puut on katkaistava moottorisahalla. Tälle työvaiheelle on laskelmissa käytetty 2,50 mk/m³ kokopuuta kohden.

Haketus: TT 1000 F hakkurin tuntikustannuksena on käytetty 190 mk. Tällöin hakkuri on varustettu liukupuomikuormaimella. Tuotokset on laskettu 20 %:n keskeytyksellä 300 metrin ajomatkalle.

Varastokustannus: Varastokustannukseksi on oletettu palstahaketuksessa 1,00 mk/m³ ja välivarastohaketuksessa 3,00 mk/m³.

Yleiskustannukset: Työmaitten välisiä siirtoja, työnjohtoa, mittauksia ja muita yleiskustannuksia ei ole laskettu mukaan.

7. PUUSTON VAURIOITUMINEN

Pystyyn jäävän puuston runkoluvun kasvassa lisääntyvät myös vauriot. Jäljelle jäävän puuston runkoluku oli seuraava: siirtely-kaatomenetelmä 960 kpl/ha, siirtely-kaatoon ja kasauskoneeseen perustuva menetelmä 1 050 kpl/ha ja kaato-kasauskoneeseen perustuva menetelmä 1 100 kpl/ha.

Palstahakkuri aiheutti pinta-alayksikköä kohden menetelmittain seuraavat määrät runkovaurioita. On huomattava, että siirtely-kaatomenetelmässä ajouraväli oli vain 20 m, muissa menetelmissä 30 m.

	Vaurioita, kpl/ha	Vaurioituneita puita, %
Siirtely-kaatomenetelmä	14	1,4
Siirtely-kaatoon ja kasauskoneeseen perustuva menetelmä	15	1,4
Kaato-kasauskoneeseen perustuva menetelmä	5	0,5

Luvut tarkoittavat vain haketuksen yhteydessä tulleita runkovaurioita. Hakkurin lisäksi myös kaato-kasaustyössä toimiva pienraktori ja erillinen kasauskone vahingoittavat puita. Jäävän runkoluvun ollessa 700—1 600 kpl/ha pienraktorin jäljiltä vaurioitui 2,6—6,7 % rungoista. Kasauskone vaurioitti

vastaavasti 4,7 % rungoista jäävän runkoluvun ollessa 1 052 kpl/ha. Tämän lisäksi syntyy kesäajan korjuussa myös juurivaurioita.

Palstahakkurin aiheuttamat runkovauriot syntyivät korjuumenetelmittain taulukon 10 mukaisesti.

Kuormaimen aiheuttamat vauriot olivat suurimmat siirtely-kaatoon perustuvissa ketjuissa. Näissä menetelmissä puut näet joudutaan useasti kasaamaan hyvinkin kapeisiin väleihin, joista hakkurin kouralla on vaikea ottaa taakkaa vaurioittamatta jäljelle jäävää puustoa. Myöskin kasoja on enemmän, joten tässä työvaiheessa vaurioitumiselle alttiina olevia puitakin on enemmän.

Kun haketus tapahtui uran varteen kasauskoneella vedetyiltä kasoilta, kourataan puut aiheuttivat neljänneksen vaurioista. Kun hakettiin suoraan kaatomiehen kasoista, taakat aiheuttivat yli kolmanneksen vaurioista. Pienraktorin jäljiltä kourassa olevat puut sen sijaan eivät aiheuttaneet tässä tutkimuksessa vaurioita. Pienraktori näet voi yleensä jättää taakan uran varteen paikkaan, mistä se on helppo ottaa hakku-

Taulukko 10. Palstahakkurin kasvatettavalle puustolle aiheuttamat runkovauriot.
Table 10. Stem damage caused by the terrain chipper to the remaining trees.

Vaurion aiheuttaja Cause of damage	Ketju 1 Schedule 1	Ketju 2 Schedule 2 %	Ketju 3 Schedule 3
Kuormain Loader	54	54	30
Kourassa olevat puut Trees in the grapple	35	26	—
Hakkurin hakesäiliö Chip container of the chipper	7	10	57
Peruskone Basic machine	4	7	13
Syöttölaite Feeding device	—	3	—
Yhteensä Total	100	100	100

rin kouralla vaurioittamatta jäljelle jäävää puustoa.

Hakkurin säiliön ja peruskoneen tekemät vauriot olivat suurimmat pienetraktorimene- telmässä. Tämä taas johtui siitä, että mene- telmässä käytettiin kapeinta ajouraa.

Runkovauriot yksinään eivät anna täyt- tä kuvaa puuston vaurioista. Kun myös juuri-

vauriot otetaan huomioon, menetelmien vä- liltä löydetään todennäköisesti suurempia eroja. Tässä tutkimuksessa ei ole kuiten- kaan ollut mahdollista selvittää juurivauri- oitten laajuutta. On ilmeistä, että ajourien välillä liikkuva kaato-kasauskone aiheuttaa sulan maan aikaan muita vaihtoehtoja enemmän juurivaurioita.

8. HAKKEEN OMINAISUUDET

Kultakin työmaalta otettiin hakenäytteitä useasta kuormasta eri kohdista lavaa. Tau- lukossa 11 on esitetty näytteistä mitattuja seulontatuloksia. Pituusjakauma on määri- tetty reikäseulalla ja paksuusjakauma rako- seulalla tuorepaimon pohjalta.

Taulukko 12 antaa kuvan läpimitan vai- kutuksesta männyn hakkeen palakokoja- kaumaan. Läpimitaluokkien väliset erot ovat verraten vähäisiä. Voidaan kuitenkin havaita, että pienistä puista tehdyssä koko- puuhakkeessa on runsaasti purumaista hie- noainesta.

TT 1000 F:n syöttölaite kohottaa koko- puuraaka-aineen puupitoisuutta irrottamal- la huomattavan osan pienoksista ja neulasis- ta. Kesähaketuksessa, jossa puiden oksien massa oli alunperin 27 % runkopuun mas- sasta, hakkurin syöttölaite irrotti oksa- aineesta viidenneksen (22 %). Talteen saatuun hakkeeseen verrattuna syöttölaitteen irrotta- ma oksamäärä oli 6,0 %. Jäätäneistä puista oksia irtoaa enemmän.

Mittauksessa otettiin huomioon vain hak- kurin syöttölaitteen irrottamat oksat. Tä- män lisäksi ajouran ulkopuolelle jäi muissa työvaiheissa irronneita oksia ja neulasia, joi- den määrää ei mitattu.

Taulukko 11. Mäntykokopuuhakkeen seulontatulok- sia.

Table 11. Screening results for whole-tree pine chips.

Reikäseulonta Slot screening		Rakoseulonta Hole screening	
Jaekoko Fraction mm	Pituus- jakauma Length distribution %	Jaekoko Fraction mm	Paksuus- jakauma Thickness distribution %
> 32	3,2	>10	5,7
32—25	14,0	10—8	7,7
25—19	23,4	8—6	21,9
19—13	31,5	6—4	33,1
13—6	22,6	4—2	23,3
6—3	3,8	< 2	8,3
< 3	1,5		
Yhteensä Total	100,0		100,0

Hake punnittiin kuorma-autossa auto- vaa'alla. Lehtipuulla, joka oli pääasiassa harmaaleppää, irtotilavuusyksikön tuoreeksi massaksi mitattiin syksyllä 264 kg/i-m³ ja kuivaksi massaksi vastaavasti 148 kg/i-m³. Männyn kokopuuhakkeen tuoremassa oli keskimäärin 334 kg/i-m³ ja kuivamassa vastaavasti 162 kg/i-m³. Männyn vaihtelu- rajat kuormien välillä olivat tuoreena massa- na 300—358 kg/i-m³ ja kuivana massana 148—175 kg/i-m³.

Taulukko 12. Männyn kokopuuhakkeen palakokojakauma puun rinnankorkeusläpimitasta riippuen.

Table 12. Distribution of the particle size of whole-tree pine chips according to the DBH of the tree.

Jaekoko Fraction mm	Pituusjakauma Length distribution D1,3, cm				Jaekoko Fraction mm	Paksuusjakauma Thickness distribution D1,3, cm			
	2—6	7—9	10—13	13+		2—6	7—9	10—13	13+
> 32	4	7	8	5	>10	15	18	17	13
32—25	11	17	17	15	10—8	20	18	18	19
25—19	16	25	17	24	8—6	21	24	23	22
19—13	42	24	29	26	6—4	18	20	23	23
13—6	13	17	19	20	4—2	8	8	9	12
6—3	8	6	7	8	< 2	18	12	10	11
< 3	6	4	3	2					
Yhteensä Total	100	100	100	100	Yhteensä Total	100	100	100	100

9. YHDISTELMÄ

Tutkimuksessa vertailtiin kokopuunakoruuseen pohjautuvia männikön ensiharvenuksen kolmea palstahaketuksen ja yhtä varastohaketuksen ketjua, jotka kaikki perustuvat raskaan Lokomo 928 kuormatraktorin päälle rakennetun TT 1000 F palstahakkurin käyttöön. Syksyllä 1978 on TT 1000 F palstahakkuri asennettu myös Valmet 872 K kuormatraktoriin (kuva 14), mutta uusi kone ei ole ollut mukana tässä tutkimuksessa.

Ketjussa 1 puut kaadettiin ja kasattiin käsityönä siirtelykaatoa käyttäen 20 m:n ajouravälillä. Ketjussa 2 siirtelykaaton jälkeen suoritettiin lisäksi erillinen kasaus ajouran varteen Normetin kasauskoneella. Ketjussa 3 kaato ja kasaus tehtiin pientraktorilla. Kummassakin koneellisessa menetelmässä ajouraväli oli 30 metriä. Puun keskikoko oli oksat mukaan luettuina eri ketjuissa vastavasti 38, 34 ja 46 dm³.

Palstahaketusta tutkittiin ensisijaisesti kesäoloissa. Lisäksi suoritettiin palstahakkurilla männyn ja lehtipuun välivarastohaketusta

sekä kesällä että talvella.

Pientraktorin kasaamien puiden jäljiltä palstahakkurin tuotos oli 100 m:n ajomatkalla ilman keskeytyksiä 11,2 m³/h. Normetin kasauslaitteeseen perustuvassa ketjussa tuotos jäi 10 % pienemmäksi. Mieskaaton jälkeen tuotos jäi pientraktoriin verrattuna 20 % pienemmäksi. Kuljetusmatkan kasvaessa 300 m:iin tuotos laski menetelmästä riippuen 12–16 %. Hakkeen kuljetusmatkan kasvaessa edelleen 500 m:iin tuotos laski alkuperäisestä vastaavasti 23–28 %, ja samalla menetelmien väliset erot taasoittuivat jonkin verran. Tuotoserot aiheutuivat ajouran tuntumaan tehtyjen kokopuukasojen erilaisesta sijainnista ja koosta, osaksi myös puitten kokoeroista.

Normetin kasauslaitteella ajouran viereen kesällä vedettyjä puita talvella haketettaessa tuotos oli 7,3 m³/h eli miltei 30 % pienempi kuin vastaavasti kesäoloissa. Puut olivat tuolloin jääneet 40 cm:n paksuisen lumipeitteen alle.



Kuva 14.
Fig. 14.

Uusi TT 1000 F palstahakkuri peruskoneena Valmet 872 K. (Kuva Valmet Oy)
The new TT 1000 F terrain chipper with the Valmet 872 K as the basic machine. (Photo Valmet Oy)

Välivarastolla toimittaessa palstahakkurin tuotos oli männyllä 13,2 m³/h ja lehtipuulla 13,0 m³/h. Haketettaessa lehtipuuta varastolla talviolioissa puun koko oli huomattavasti pienempi, ja myös tuotos jäi alhaisemmaksi eli 11,4 m³:iin/h.

Haketettaessa jäisiä mäntykokopuita varastolla tavanomaisesta menetelmästä poiketen suoraan vaihtolavaan tuotos oli 14,9 m³/h. Sulien puitten haketuksessa tuotos oli 18,5 m³/h ilman keskeytyksiä. Jäisien ja sulien kasojen haketuksessa ero oli 22 %. Tavanomaisessa haketuksessa, jossa hake puhallettiin hakkurin omaan säiliöön ja tyhjennettiin vaihtolavalle erillisenä toimenpiteenä, tuotos oli 13,3 m³/h.

Tylsien terien vaihto teräviin nosti hake-

tuksen tuotosta eri yhteyksissä 11—15 %. Kun haketus tapahtui pimeänä aikana keinovalossa, tuotos oli 12 % pienempi kuin päivänvalossa.

Nuorista ensiharvennusmetsistä saatavan puumäärän on arvioitu olevan tällä hetkellä 2 milj. ja kohoavan vuosisadan vaihteeseen mennessä 7 milj. kokopuukuutiometriin. Huomattava osa siitä on hyvissä tai keskinertaisissa maasto-oloissa, joissa palstahaketus on teknisesti mahdollista. Erityisesti ensiharvennusmänniköissä tulee olemaan runsaasti korjuukohteita, joissa järeä palstahakkuri tarjoaa kilpailukykyisen vaihtoehdon pienpuun tehokkaalle talteenotolle jalostus- tai energiakäyttöön.

10. KIRJALLISUUSLUETTELO

- 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.
- , KALAJA, H., SALAKARI, M., VALONEN, P. 1977. Whole-tree harvesting in the early thinning of pine. Seloste: Kokopuuna korjuu männikön ensiharvennuksessa. *Folia For.* 333:1—58.
- HARSTELA, P., TERVO, L. 1977. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun työn tuotos ja ergonomia. Summary: Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine). *Folia For.* 294:1—23.
- KALAJA, H. 1975. PH-2 palstahakkuri harmaalepikon avohakuussa. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste:1—16.
- MELKKO, M. 1977. TT-Palstahakkuri 1000 F. Metsätehon katsaus 5/1977:1—16.

11. SUMMARY

Harvesting schedules for the first thinning of pine young stands based on whole-tree logging are compared. Three schedules for terrain chipping and for landing chipping, all based on the use of the Finnish TT 1000 F terrain chipper, were studied. The prototype machine studied was mounted on the heavy Lokomo 928 forwarder (Figure 5 and 11). TT 1000 F has been mounted later also on Valmet 872 K forwarder (Figure 14).

In schedule 1, the trees were felled and bunched manually and the strip road spacing was 20 m (Figure 8). In schedule 2, separate bunching alongside the strip road was performed in addition to manual felling and prebunching with a Normet boom-type buncher (Figure 9). In schedule 3, felling and bunching were done with a small forest tractor (Figure 10). The strip road spacing in both mechanised methods was 30 m. The average volume of tree, including the branches, was respectively in different methods 38, 34 and 46 dm³.

Terrain chipping was studied primarily in summer conditions. In addition, landing site chipping of pine and hardwoods was performed by the terrain chipper both in summer and in winter (Figure 13).

The output of the terrain chipper when the trees were bunched by a small forest tractor was 11,2 m³/h over a hauling distance of 100 m without interruptions. In the schedule based on the Normet buncher the output was 10 % smaller. In the manual method the output was 20 % smaller than that of schedule 3. The differences in the chipping output between the methods were due to different location and size of whole-tree bunches alongside the strip road and partly the size differences of trees in the research material.

When the hauling distance grew to 300 m the output diminished by 12—16 %, depending on the method employed. When the chip hauling distance increased to

500 m the output declined by 23—28 % compared with the original figure.

When trees pulled alongside the strip road by the Normet buncher in summer were chipped in the winter the output was 7,3 m³/h which was nearly 30 % less than in summer conditions. The depth of the snow cover was 40 cm.

At the landing the output of the terrain chipper was 13.2 m³/h for pine and 13.0 m³/h for hardwoods. When hardwoods were chipped at the landing in winter conditions the tree size was considerably smaller and the output also smaller, i.e., 11.4 m³/h.

When frozen whole trees were chipped at the landing directly into a changeable pallet the output was 14.9 m³/h. It was 18.5 m³/h without interruptions in the chipping of unfrozen trees. The difference in the chipping of frozen and unfrozen trees was 22 %. In conventional chipping in which the chips were first blown into the chipper's own container and then tipped into pallet as a separate measure the output was 13.3 m³/h.

Exchanging blunt knives with sharp ones increased the chipping output by 11—15 % in different connections. When chipping was done by artificial light during the dark period the output was 12 % smaller than in daylight.

The quantity of wood obtained at present from young first-thinning forests of Finland has been estimated to be 2 million whole-tree m³, and this is expected to rise by the turn of the century to 7 million whole-tree m³. Most of the timber is in easy or medium terrain conditions in which terrain chipping is technically feasible. There will be numerous logging operations in which the TT 1000 F terrain chipper offers a competitive alternative for effective recovery of small-sized wood for processing and energy utilization.

ODC 333:363.7
ISBN 951-40-0368-3
ISSN 0015-5543

KALAJA, H. 1978. Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakkurilla. Summary: Harvesting small-sized trees with the TT 1000 F terrain chipper. *Folia For.* 374:1—27.

The paper deals with the use of the Finnish heavy TT 1000 F terrain chipper in the first thinning of young Scots pine stands. Three different terrain chipping schedules and one landing chipping schedule are compared. It is concluded that the TT 1000 F is a competitive alternative for harvesting small-sized trees from thinning forests in easy and medium terrain conditions.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 333:363.7
ISBN 951-40-0368-3
ISSN 0015-5543

KALAJA, H. 1978. Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakkurilla. Summary: Harvesting small-sized trees with the TT 1000 F terrain chipper. *Folia For.* 374:1—27.

The paper deals with the use of the Finnish heavy TT 1000 F terrain chipper in the first thinning of young Scots pine stands. Three different terrain chipping schedules and one landing chipping schedule are compared. It is concluded that the TT 1000 F is a competitive alternative for harvesting small-sized trees from thinning forests in easy and medium terrain conditions.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 333:363.7
ISBN 951-40-0368-3
ISSN 0015-5543

KALAJA, H. 1978. Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakkurilla. Summary: Harvesting small-sized trees with the TT 1000 F terrain chipper. *Folia For.* 374:1—27.

The paper deals with the use of the Finnish heavy TT 1000 F terrain chipper in the first thinning of young Scots pine stands. Three different terrain chipping schedules and one landing chipping schedule are compared. It is concluded that the TT 1000 F is a competitive alternative for harvesting small-sized trees from thinning forests in easy and medium terrain conditions.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 333:363.7
ISBN 951-40-0368-3
ISSN 0015-5543

KALAJA, H. 1978. Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakkurilla. Summary: Harvesting small-sized trees with the TT 1000 F terrain chipper. *Folia For.* 374:1—27.

The paper deals with the use of the Finnish heavy TT 1000 F terrain chipper in the first thinning of young Scots pine stands. Three different terrain chipping schedules and one landing chipping schedule are compared. It is concluded that the TT 1000 F is a competitive alternative for harvesting small-sized trees from thinning forests in easy and medium terrain conditions.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

- No 331 Gustavsen, Hans G.: Valtakunnalliset kuutiokasvuyhtälöt. Finnish volume increment functions.
- No 332 Helander, Matti & Simula, Anna-Leena: Metsäalan toimihenkilöiden kysyntä ja tarjontaa vuoteen 1985. Demand and supply of professional forestry staff by 1985.
- No 333 Hakkila, Pentti, Kalaja, Hannu, Salakari, Martti & Valonen, Paavo: Whole-tree harvesting in the early thinning of pine. Kokopuun korjuu männikön ensiharvennuksessa.
- No 334 Järveläinen, Veli-Pekka: Mielipiteet yksityismetsätaloudessa. Metsänomistajien ja metsäammatteisten käsityksiä metsätaloudesta ja sen edistämisestä. Opinions in Finnish private forestry. On the opinions of the private forest owners and the forestry experts concerning forestry and its promotion.
- 1978 No 335 Jutinen, Paavo: Kuitupuupinot pystynävertäjän (*Tomicus piniperda* L.) lisääntymispaikkoina Pohjois-Suomessa. Pulpwood stacks as breeding sites for pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* L.) in northern Finland.
- No 336 Kärkkäinen, Matti: Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi. Methods for measuring the average length of pulpwood bolts estimated during logging by eye.
- No 337 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974—76. Forest resources in the Forestry Board Districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974—76.
- No 338 Lähde, Erkki: Väliavarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen. Effect of intermediate storage of containerized Scots pine planting stock on reforestation success.
- No 339 Teivainen, Terttu: Eräiden poppelikloonien myyrätuhoalttius ruokintakokeiden mukaan. Resistance of some poplar clones to vole damage through feeding experiments.
- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua. Comparison of clearing saws equipped with stump spraying devices.
- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus. Weight scaling of industrial chips and sawdust.
- No 342 Hakkila, Pentti: Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Harvesting small-sized wood for fuel.
- No 343 Paavilainen, Eero: PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia. PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 344 Lehtonen, Irja, Pekkala, Osmo & Uusvaara, Olli: Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia. Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great sallow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätalostollinen vuosikirja 1976. Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus. Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittaushämmätykset. Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Löytyniemi, Kari: Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimenävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae). Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa. First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.
- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoealojen edustavuus. Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pystynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa. Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus. Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle. Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Järveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu. Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings.

- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista.
Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.
- No 356 Hyppönen, Mikko & Roiko-Jokela, Pentti: Koepuiden mittauksen tarkkuus ja tehokkuus.
On the accuracy and effectivity of measuring sample trees.
- No 357 Uusitalo, Matti: Alueittaiset kantorahatulot vuosina 1970—75.
Regional gross stumpage earnings in Finland in 1970—75.
- No 358 Mattila, Eero & Helle, Timo: Keskisen poronhoitoalueen talvilaidunten inventointi.
Inventory of winter ranges of semi-domestic reindeer in Finnish Central Lapland.
- No 359 Hannelius, Simo: Istutuskuusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelu.
Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability.
- No 360 Jakkila, Jouko & Pohtila, Eljas: Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa.
Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland.
- No 361 Kytälä, Timo: Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa.
Aspects of work organizing in logging.
- No 362 Kukkola, Mikko: Lannoituksen vaikutus eri latvuserosten puiden kasvuun mustikkatyyppien kuusikossa.
Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site.
- No 363 Mielikäinen, Kari: Puun kasvun ennustettavuus.
Predictability of tree growth.
- No 364 Koski, Veikko & Tallqvist, Raili: Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla.
Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees.
- No 365 Tervo, Mikko: Metsänomistajaryhmittäiset hakkuut ja niiden suhdanneherkkyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 1955—1975.
The cut of roundwood and its business cycles in Southern and Northern Finland by forest ownership groups, 1955—1975.
- No 366 Rynnänen, Leena: Kotimaisten lehtipuiden siitepölyn laadunmäärittämisestä.
Determination of quality of pollen from Finnish deciduous tree species.
- No 367 Uusitalo, Matti: Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965—75. Tilastoihin perustuva tarkastelu.
Finnish forestry during the MERA Programme period 1965—75. A review based on statistics.
- No 368 Kärkkäinen, Matti: Käytännön tuloksia koivuviilun saannosta.
Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalysillä.
Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittaus.
Measurement of small spruce logs.
- No 371 Jalkanen, Risto: Maanpinnan rikkomisen vaikutus korvasienen satoisuuteen.
Effect of breaking soil surface on the yield of *Gyromitra esculenta*.
- No 372 Laitinen, Jorma: Kuormatraktorin tekninen käyttöaste.
Mechanical availability of forwarders.
- No 373 Petäistö, Raija-Liisa: *Phlebia gigantea* ja *Heterobasidion annosum* männyn kannoissa hakkuualoilla Suomensniemen ja Savitaipaleen kunnissa.
Phlebia gigantea and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomensniemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakurilla.
Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- 1979 No 375 Metsätilastollinen vuosikirja 1977—1978.
Yearbook of Forest Statistics 1977—1978.
- No 376 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1976—78.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1976—78.
- No 377 Kärkkäinen, Matti: Koivutukkien tarkistusmittauksia.
Control measurements of birch logs.
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa.
Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.