

FOLIA FORESTALIA 480

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1981

PEKKA HOVILA

TT 1000 TU JA TT 1000 TS
KOKOPUUHAKKURIT

TT 1000 TU AND TT 1000 TS
WHOLE-TREE CHIPPERS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 480

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1981

Pekka Hovila

TT 1000 TU JA TT 1000 TS KOKOPUUHAKKURIT

TT 1000 TU and TT 1000 TS whole-tree chippers

ODC 363.7
ISBN 951-40-0529-5
ISSN 0015-5543

HOVILA, P. 1981. TT 1000 TU ja TT 1000 TS kokopuuhakkurit. Summary: TT 1000 TU and TT 1000 TS whole-tree chippers. *Folia For.* 480:1—20

Tutkimuksessa selvitettiin TT 1000 TU (peruskoneena Valmet 1102) ja TT 1000 TS (peruskoneena Valmet 1502) kokopuuhakkureiden haketustyön tuotosta ja kustannuksia, muita haketustyöhön läheisesti liittyviä kysymyksiä ja hakkeen ominaisuuksia.

TT 1000 TU hakkurilla haketettiin välivarastolla suoraan traktorin perävaunuun. Tuotos tehotunnissa oli koivukokopuun haketuksessa $7,7 \text{ m}^3$ ja koivurangan haketuksessa $13,9 \text{ m}^3$. Puun koko ja hakkurin terien kunto vaikuttivat voimakkaasti tuotokseen. TT 1000 TU hakkurilla valmistetun hakkeen palakoko kasvoi puun koon mukana.

TT 1000 TS hakkurilla haketettiin kokopuita välivarastolla. Hake puhallettiin hakkurin omaan säiliöön, joka kipattiin välivarastolla odottaviin vaihtolavoihin. Tehotuntuotos oli kokopuuta haketettaessa puulajista riippumatta keskimäärin $10,7 \text{ m}^3$.

Tulokset sisältävät myös haketusyksiköiden laskennalliset käyttötuntikustannukset, hakkurin käyttäjän ajankäytön rakenteen eri puulajien haketuksessa, hakkeen irtotilavuusyksikön massat ennen kuljetusta ja kuljetuksen jälkeen, hakkeen painuman kuljetuksessa, teoreettisen tarkastelun siirtoajomatkan vaikutuksesta TT 1000 TS hakkurin tuotokseen välivarastohaketuksessa sekä seulontänäytteistä saadut hakkeen palakokojakaumat.

The output, cost and other questions closely related to chipping with a TT 1000 TU (with the Valmet 1102 as the power source) and a TT 1000 TS (with the Valmet 1502 as the power source) chippers were studied.

The TT 1000 TU chipper chipped at the landing directly into the tractor trailer. The output per production hour was $7,7 \text{ m}^3$ in chipping birch whole-tree and $13,9 \text{ m}^3$ in chipping tree length birch. Tree size and the condition of the chipper knives affected the output strongly. The particle size of the chips made by the TT 1000 TU chipper increased with tree size.

Whole-trees were chipped by the TT 1000 TS at the landing. The chips were blown into the chipper's own container and tipped into the pallets waiting at the landing. The average output per production hour was $10,7 \text{ m}^3$ in chipping whole-trees for all the tree species.

The results include the estimated operating costs of the chipping units, the structure of the time expenditure by the chipper operator in chipping different tree species, the mass per unit volume of loose chips before and after haulage, the settling of chips during transport, a theoretical analysis of the effect of the moving distance on the output of the TT 1000 TS chipper in landing chipping and the particle size distributions of the chips obtained from screening samples.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. HAKETUSKETJUT	4
3. HAKETUSYKSIKÖN TEKNISET OMINAISUUDET	5
31. Hakkurit	5
311. TT 1000 TU välivarastohakkuri	5
312. TT 1000 TS palstahakkuri	5
32. Traktorit	5
4. HAKETUSTYÖN JÄRJESTELY	6
41. Välivarastohaketus TT 1000 TU hakkurilla	6
42. Palsta- ja välivarastohaketus TT 1000 TS hakkurilla	6
5. TT 1000 TU JA TT 1000 TS HAKKURIEN KÄYTTÖKOHTEET	7
6. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO	7
61. Aineiston keruu	7
62. Tutkimusaineisto	8
7. AIKATUTKIMUSTULOKSET	10
71. TT 1000 TU hakkurin ajanmenekki ja tuotos	10
72. TT 1000 TS hakkurin ajanmenekki ja tuotos	11
73. Puun koon vaikutus TT 1000 TU hakkurin tuotokseen	12
74. Terien kunnon vaikutus tuotokseen	14
75. Siirtoajomatkan vaikutus TT 1000 TS hakkurin tuotokseen	14
8. HAKKEEN OMINAISUUDET	15
81. Palakokojakauma	15
82. Hakkeen painuma kuljetuksessa	15
83. Hakkeen irtotilavuusyksikön massa	17
9. HAKETUSTYÖN KUSTANNUKSET	17
91. TT 1000 TU hakkuriyksikön kustannukset	17
92. TT 1000 TS hakkuriyksikön kustannukset	18
10. KÄYTÄNNÖN JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	19
KIRJALLISUUS	19
SUMMARY	20

1. JOHDANTO

Pienikokoinen puu on korjattu Suomessa perinteisesti tavaralajimenetelmällä. Puun koon pienentyessä työn tuottavuus laskee ja kustannukset kohoavat, joten korjuu ihmis-työvaltaisella menetelmällä on puun käyttö-arvoon nähden liian kallista useissa leimikoissa. Pienikokoisen puuston korjuussa on myös tähteiden osuus suuri. Esimerkiksi energiakäyttöön soveltuvaa puuraaka-ainetta jää käytön ulkopuolelle.

Kun pienpuun korjuussa luovutaan karsimisesta ja pölkyttämisestä ja pyritään puuraaka-aineen joukkokäsittelyyn, työn tuottavuus kasvaa, korjuukustannukset alenevat ja raaka-aineen talteenotto tehostuu. Tällöin on kysymys kokopuukorjuusta hakemenetelmällä.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää TT 1000 TU ja TT 1000 TS kokopuuhaakureiden tuotos ja siihen vaikuttavat tekijät, hakkeen ominaisuudet sekä eräitä haketustyön järjestelyyn liittyviä kysymyksiä hankittaessa haketta aluelämpölaitoksille. Nämä kokopuuhaakurit on suunniteltu energiakäyttöön tulevan pienpuuraaka-aineen haketukseen ensisijaisesti keskisuurten alueellisten lämpölaitosten tarpeisiin. Tämän kokoluokan käyttöasteitten määrä on nopeasti kasva-

massa, ja siitä syystä on todettu tarpeelliseksi kehittää niitä varten aivan uutta korjuukalustoa. Pelkästään isännänlinjan koneilla näet ei pystytä turvaamaan tasaista polttohakkeen toimitusta, ja metsäteollisuuden käyttöön mitoitettu kalusto taas on aluekäyttökohteissa usein liian raskasta ja kallista.

Tutkimus kuuluu Metsäntutkimuslaitoksen vuonna 1978 käynnistämään "Puu energian raaka-aineena"-projektiin. Työn tarkoituksena on selvittää TT 1000 TU ja TT 1000 TS kokopuuhaakureiden soveltuvuutta polttohakkeen valmistukseen hankittaessa haketta keskisuurille alueellisille lämpölaitoksille. Samasta aiheesta on valmistunut metsäteknologian laudaturtyö (Hovila 1980), jossa tutkimuksen tuloksia on käsitelty yksityiskohtaisemmin.

Tutkimuksen suorittamiseen ovat myötävaikuttaneet urakoitsijat Keijo ja Oiva Pöyskö Ruukista sekä Metsäsavotta Oy Mikkelin maalaiskunnasta. Työväline Oy:stä työssä on ollut mukana apulaisosastopäällikkö Unto Vilja.

Aikatutkimukseen ovat Metsäntutkimuslaitoksessa osallistuneet metsätyönjohtajat Erkki Salo ja Tapio Nevalainen sekä tutkimusapulainen Jukka Hakki. Puhtaaksikirjoituksen ovat suorittaneet Aune Rytkönen, Raija Siekinen ja Leena Turunen.

Käsikirjoituksen on tarkastanut professori Pentti Hakki.

Kiitän kaikkia tutkimuksessa mukana olleita.

2. HAKETUSKETJUT

Kokopuuraaka-aineen korjuuketjussa on keskeisessä asemassa hakkuri, sillä ketjun muiden vaiheiden kalusto määräytyy pitkälti hakkurin teknisten ominaisuuksien, kapasiteetin ja liikutelavuuden perusteella. Kokopuuhaetusmenetelmät voidaan jakaa haketuspaikan mukaan seuraavasti:

Palstahaketusketjut

— haketus palstalla

— haketus ajouralla

Varastohaketusketjut

— haketus välivarastolla

— haketus keskusasemalla

— haketus käyttöpaikalla.

Haketus palstalla, jossa puut syötetään hakkuriin suoraan kannolta, soveltuu nykyisin vain avohakkuu-

oloihin. Ajouralla tapahtuva kokopuuhaetus, joka soveltuu myös harvennusleimikoihin, on käytössä Suomessa ja Ruotsissa. Menetelmää käytetään esimerkiksi isännänlinjan kalustolla tapahtuvassa polttohakkeen korjuussa.

Yleisin haketuspaikka on välivarasto. Välivarastohaetus on useissa maissa ainoa käytössä oleva vaihtoehto, ja Suomessakin sen käyttö on palstahaketukseen verrattuna huomattavasti yleisempi. Sitä voidaan pitää kokopuuraaka-aineen haketuksen perusmenetelmänä.

Hakettaminen keskusasemalla tai käyttöpaikalla ei meillä ole yleistä. Menetelmällä on kuitenkin merkittäviä etuja, joitten ansiosta sen käyttö saattaa yleistyä, mikäli kokopuuraaka-aineen kaukokuljetus keskusasemalle onnistutaan ratkaisemaan tyydyttävällä tavalla.

3. HAKETUSYKSIKÖN TEKNISET OMINAISUUDET

31. Hakkurit

311. TT 1000 TU välivarastohakkuri

TT 1000 TU välivarastohakkuri on maataloustraktorin ulosotosta tehonsa saava kokopuuhaakkuri. Laikka-hakkuri ja syöttölaitteisto on asennettu yksiakseliselle pyörräalustalle. Tehonsiirto tapahtuu hakkuriin mekaanisesti ja syöttölaitteeseen hydraulisesti. Syöttö tapahtuu sivulta traktorin katolle tai hakkuriin asennetulla kuormaimella.

TT hakkureita valmistaa Perusyhtymä Oy:n Hämeenlinnan konepaja ja markkinoi Työväline Oy. Hakkurin myyntihinta oli 144 000 mk maaliskuussa 1981.

Hakkurin tärkeimmät tekniset tiedot ovat seuraavat:

Hakkuri:

Teräpyörän halkaisija	1 070 mm
Teriä	2 kpl
Pyörimisnopeus	1 000 r/min
Syöttöaukon leveys	315 mm
Syöttöaukon korkeus	260 mm
Levelakselikäyttö traktorin voimanottoakselista	1 000 r/min
Hydraulisesti suunnattava hakeputki.	
Hakkeen pituus säädettävissä.	

Syöttölaitteisto:

Alapuolella 1 250 mm pitkä kuljetin.
Yläpuolella painorulla.
Voimansiirto hydraulinen.

Pyörräalusta:

Vetosilmukalla varustettu runko, jossa on yksiakselinen akselisto.
Renkaat, 2 kpl 14.00—16.

Paino: 3 200 kg

Koneen hallinta:

Syöttölaitteen hallinta traktorin ohjaamosta sähköisesti kauko-ohjauskaapelin välityksellä.

Valmistaja suosittelee hakkuria käyttävän traktorin moottoritehoksi 60...110 kW (82...150 hv).

Yllä esitetyt tekniset tiedot koskevat viimeksi valmistettuja TT 1000 TU hakkureita. Tutkimuksen kohteena oleva hakkuri oli mallin prototyyppi, jonka syöttöaukon leveys on 260 mm (uusissa 315 mm) ja jonka hakeputken kääntäminen tapahtuu mekaanisesti. Prototyyppissä syöttöaukko sijaitsee traktorin ajosuuntaan nähden oikealla puolella, kun taas uusissa hakkureissa syöttöaukko on vasemmalla puolella. Syöttöaukon sijoittamisella hakkurin vasemmalle puolelle on saavutettu parempi hakkeen puhallusteho. Lisäksi useimmat kuljettajat hallitsivat kuormaimen käsittelyn luontevimmin silloin, kun kouran siirto kuormatuna tapahtuu oikealta vasemmalle.

312. TT 1000 TS palstahakkuri

Varsinainen hakkuriosa ja syöttölaitteisto ovat TT 1000 TS palstahakkurissa samat kuin TT 1000 TU välivarastohakkurissa. Myös TT 1000 TS saa tehonsa traktorin ulosotosta.

Palstahakkurissa alustana on jarruin varustettu teli-perävaunu. Haketus- ja syöttölaitteiston taakse on asennettu säiliö, johon hake puhalletaan kiinteää hakeputkea myöten. Säiliö on varustettu traktorin hydraulijärjestelmästä voimansa saavalla kippauslaitteella. Syöttö tapahtuu traktoriin tai hakkuriin asennetulla kuormaimella.

Palstahakkurin myyntihinta oli maaliskuussa 1981 ilman peruskonetta 326 500 mk.

TT 1000 TS palstahakkurin tekniset tiedot ovat seuraavat:

Hakkuri:

Sama kuin TT 1000 TU:ssa lukuun ottamatta hakeputkea, joka ei ole säädettävää.

Syöttölaitteisto:

Sama kuin TT 1000 TU:ssa.

Alusta:

Jarruin varustettu teliperävaunu.

Hakesäiliö:

Kipattavan hakesäiliön tilavuus 17 m³.
Kippauskorkeus 3,0 m.
Säiliön päällä saranoidut verkkokannet.
Kippauksen käyttö traktorin hydraulijärjestelmästä.

Paino: 6 400 kg

Koneen hallinta:

Syöttölaitteiden ja kippauksen hallinta tapahtuvat traktorin ohjaamosta sähköisesti kauko-ohjauskaapelin välityksellä.

Lisävarusteet:

Lisävarusteena on mahdollisuus asentaa tukijalat, joiden käyttö tapahtuu traktorin hydraulijärjestelmästä.

Valmistaja suosittelee hakkuria käyttävän traktorin moottoritehoksi vähintään 110 kW (150 hv).

Tutkimuskohteena olleen hakkurin syöttörullalla oli edellä esitetyn lisäksi varustettu hydraulisyliinterillä puristusvoiman lisäämiseksi.

32. Traktorit

Tutkimuksen kohteena ollutta TT 1000 TU välivarastohakkuria käytti Valmet 1102 traktori ja TT 1000 TS palstahakkuria Valmet 1502. Traktoreista esitetään seuraavassa niiden tärkeimmät tekniset ominaisuudet.

Valmet 1102

Moottori:

4-tahtinen ahdettu Valmet 411 AS
suoraruiskutusdiesel
Sylinteriluku 4
Moottoriteho 85 kW SAE/2 300 r/min
Iskutilavuus 4 180 dm³

Hydrauliikka:

Pumpun tuotos 65 dm³/min/2 300 r/min,
josta hydrauliselle ohjaukselle 19 dm³/min.

Voimanotto:

Voimanottoakselin kierros-luku 540 r/min
(1 000 r/min) moottorin kierros-luvulla
1 750 r/min (2 270 r/min).

Paino: 3 700 kg

Valmet 1502

Moottori:

4-tahtinen Valmet 611 CS turboahdettu
suoraruiskutusdiesel
Sylinteriluku 6

Moottoriteho 100 kW DIN 70020/2 300 r/min.
Voimanotto-teho 95 kW OECE/2 300 r/min.
Vääntömomentti 550 Nm (1 650 r/min).

Hydrauliikka: Kaksoispumppu:

— tuotos nostolaitteelle ja ulkopuoliselle
hydrauliikalle 35 dm³/min.
— tuotos hydrauliselle ohjaukselle 35 dm³/min
(2 200 r/min).

Voimanotto:

Voimanottoakselin kierros-luku
540 r/min (1 000 r/min) moottorin
kierros-luvulla 1 746 r/min (2 273 r/min).

Paino: 6 900 kg.

TT 1000 TU hakkurin syötössä käytettiin traktorin ohjaamon katolle asennettua Joutsa-kuormainta, joka oli valmistettu vuonna 1970. Kuormain oli rakenteeltaan alkuperäinen lukuun ottamatta kouraa, joka oli muutettu pihtikouraksi.

TT 1000 TS hakkurin syötössä käytetty kuormain oli Fiskars 5000 L, joka oli asennettu traktorin perään. Kouraa oli muutettu siten, että sillä pystyy tarttumaan helposti myös pieneen taakkaan.

4. HAKETUSTYÖN JÄRJESTELY

41. Välivarastohaketus TT 1000 TU hakkurilla

TT 1000 TU hakkuria voidaan käyttää pelkästään varastohaketuksessa. Hakkuri etenee pitkin varastopinon sivua, ja kuljettaja siirtää puut kuormaimella syöttölaitteeseen, joka vetää puut laikkahakkurin teriin. Hake puhalletaan suoraan kuorma-autoon, vaihtolavalle tai perävaunuun.

TT 1000 TU hakkurin käyttäjinä tulevat olemaan pääasiassa pienurakoitsijat, jotka vastaavat alueellisten lämpölaitosten hakkeen valmistuksesta ja kuljetuksesta. Yleisin hakkeen kuljetuskone tulee ilmeisesti olemaan maataloustraktori. Traktorin perävaunu voidaan kiinnittää hakkurin perään. Yhdistelmä siirtyy joustavasti välivarastolla työpisteestä toisiin. Tämän lisäksi yhdistelmällä voidaan kuljettaa haketta yleisten teiden ulkopuolella irrottamatta hakkuria kuljetuksen ajaksi.

42. Palsta- ja välivarastohaketus TT 1000 TS hakkurilla

TT 1000 TS hakkurin työskentely ajouralla edellyttää verraten edullista maastoa. Kuljet-

taja voi siirtää hakettavat puut kuormaimella hakkurin syöttölaitteeseen vain hakkurin syöttöaukon puoleiselta ajouran reunalta. Hake puhalletaan suoraan hakkurin omaan säiliöön. Kasan viimeisen taakan haketus voi tapahtua osittain samanaikaisesti, kun hakkuri on jo siirtymässä seuraavalle kasalle. Hakesäiliön täytyttyä palstahakkuri käy kippaamassa kuormansa välivarastolla olevaan vaihtolavaan.

TT 1000 TS hakkurin pääasiallinen käyttöalue tulee todennäköisesti olemaan kuitenkin välivarastohaketus, missä hake puhalletaan ensin hakkurin säiliöön ja kipataan edelleen vaihtolavoille. Palstahakkuri voi joustavasti vaihtaa työpistettä siirtojen haittaamatta oleellisesti työskentelyä. Etuna on myös koneen joustovara kuljetuksessa esiintyviin häiriötekijöihin nähden. Vaihtolavo-

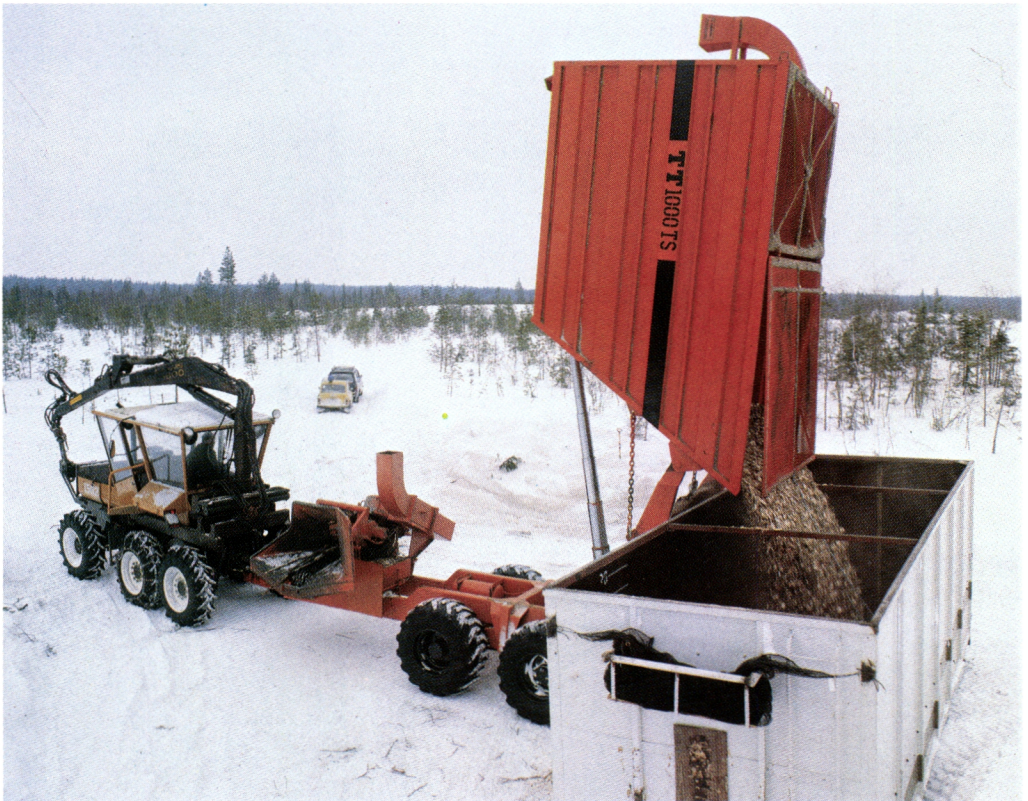
Värisivu — *The color page:*

Yläkuva: TT 1000 TU hakkuri hakettamassa koivukokopuuta välivarastolla.

Above: *The TT 1000 TU chipper chipping birch whole-tree at the landing.*

Alakuva: TT 1000 TS hakkuri kippaamassa kuormaa vaihtolavalle.

Below: *The TT 1000 TS chipper tipping its load onto a changeable pallet.*



jen täyttymisen jälkeen hakkurin oma 17 m³:n hakesäiliö voidaan vielä hakettaa täyteen. Näin ollen hakkeen kuljetuksessa sattuvat 30...45 min pituiset viivästymiset eivät vielä aiheuta seisokkia.

Välivarastohaketuksen haittapuolena on usein suuri tilantarve, sillä samalle varastoalueelle on mahdollista hakettavat puut, kuorma-auton vaihtolavat ja hakkuri työskentelemään. TT 1000 TS on kuitenkin tilan-

tarpeen suhteen vaatimattomampi ja joustavampi kuin järeät välivarastohakkurit.

TT 1000 TS on käyttökelpoinen myös silloin, kun kuorma-auton pääsy välivarastolle on vaikeata. Tällöin hake voidaan kuljettaa palstahakkurin säiliössä välivaraston lähettyville jätetyille vaihtolavoille. Palstahakkuri on kuitenkin kuljetuskoneeksi kallis, minkä vuoksi sen käyttö kuljetukseen rajoittuu lyhyille ajomatkoille.

5. TT 1000 TU JA TT 1000 TS HAKKURIEN KÄYTTÖKOHTEET

TT 1000 TU hakkuri on suunniteltu ensisijaisesti aluelämpölaitosten, meijereitten, sairaaloitten, oppilaitosten, pienteollisuuden ja muitten vastaavien keskisuurten 0,5...10 MW:n käyttöpisteitten hakehuoltoa palvelemaan. Tämän kokoluokan hakelaitosten lukumäärä on nopeasti kasvamassa, ja tällä hetkellä on suunnitteilla tai rakenteilla useita kymmeniä vastaavia käyttökohteita.

Maaliskuussa 1981 käytössä oli 11 TT 1000 TU hakkuria. Urakoitsijat omistivat hakkureista 9, kunta ja teollisuuslaitos yhden kumpikin. Kaikkien hakkureiden pääasiallinen käyttöalue oli polttohakkeen valmistus. Hakkeen pääkäyttäjänä oli 7 kun-

nallista lämpölaitosta sekä aluesairaalan, meijerin, sahan ja konepajan lämpökeskus. Kotimaassa käytössä olleiden hakkureiden lisäksi Neuvostoliittoon oli myyty kaksi hakkuria.

TT 1000 TS oli maaliskuussa 1981 käytössä vasta kaksi kappaletta. Kumpikin hakkuri oli urakoitsijan omistuksessa. Toinen hakkuri valmisti polttohaketta Oulun Yliopistollisen keskussairaalan lämpökeskukselle. Toisella hakkurilla puolestaan valmistettiin haketta Mikkelin Osuusmeijerin lämpökeskukselle. Lisäksi hakkuria käytettiin lastulevyn raaka-aineeksi menevän lehtipuun haketuksessa.

6. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

6.1. Aineiston keruu

Tutkimuksessa seurattiin yhden TT 1000 TU hakkurin toimintaa. Sen käyttäjänä oli koko tutkimuksen ajan sama henkilö. TT 1000 TS hakkurin käyttäjänä oli tutkimuksen aikana kaksi eri henkilöä, joista toinen käytti konetta mäntykokopuun ja toinen leppä- ja koivukokopuun haketuksessa.

Tutkimusaineisto kerättiin 15.4.—16.9.1980 välisenä aikana. Työmaita oli TT 1000 TU hakkurilla neljä ja TT 1000 TS hakkurilla kolme. Edellisellä suoritettiin myös järjestetty haketuskoee, jossa tutkittiin puun koon vaikutusta haketustyön tuotokseen.

Tutkittavana alkiona aikaturkimuksessa oli kuorma-auton vaihtolavan tai traktorin perävauunun täyttämiseen kulunut haketuksen tuotantoaika (vrt. Nordisk avtale av... 1978). Aineiston käsittelyssä on kuitenkin suurin huomio kiinnitetty tehoaikaan.

Tuotoksen laskemista varten mitattiin hakkeen irtotilavuus kuormissa. Kuorma tasoitettiin päältä ja kuorman korkeus mitattiin 1 cm:n tarkkuudella kymmenestä eri kohdasta.

Auto tai traktori punnittiin autovaa'alla kuormineen ja tyhjänä, mikäli se oli mahdollista. Punnituista kuormista otettiin näyte kosteuden määrittystä varten. Kuormien massan ja hakkeen kosteuden määrittymisen avulla haketustyön tuotos voitiin laskea kuiva-ainemääränä ja edelleen kokopuun kiintotilavuutena.

Kun kuormat tasoitettiin ja mitattiin myös perillä, voitiin laskea hakkeen irtotilavuus ja irtotilavuusyksikön massa sekä ennen kuljetusta että kuljetuksen jälkeen.

Hakkeen palakokojakauman määrittystä varten joistakin kuormista otettiin hakenäyte seulontakoetta varten. Näyte pyrittiin kullakin työmaalla ottamaan hakerästä, joka oli valmistettu terävillä terillä.

Aikatutkimuksen kohteena oli tuotantoaika, joka jaettiin tehoaikaan ja keskeytyksiin. Tehoaika on jaettu työvaiheiden perusteella osa-aikoihin (kuva 1). Ne ovat erilaiset TT 1000 TU ja TT 1000 TS hakkureilla, koska työskentelymenetelmät poikkeavat huomattavasti toisistaan.

TT 1000 TU hakkurin tehoaikaan kuuluvat haketuksen valmistautuminen, haketus ja työpistesiirot. *Haketukseen valmistautuminen* tarkoittaa aikaa, joka kuluu traktorin kierrosluvun nostamiseen haketuskierröksille ja kuormaimen esiin ottamiseen traktorin edestä ennen haketuksen alkamista.

Haketus jakautuu varsinaiseen haketukseen ja hakkurin tyhjänäpyörimisaikaan. *Varsinaisella haketuksella* tarkoitetaan sitä aikaa, jolloin hakkuri hakettaa puita eli haketorvesta tulee ulos haketta. *Hakkurin tyhjänäpyörimisaika* on vastaavasti se aika, jolloin hakkuri pyörii tyhjiällä. *Työpistesiiroilla* tarkoitetaan hakkurin siirtämistä varastoalueella haketuksen edistymisen myötä.

TT 1000 TS hakkurin tehoaika sisältää haketuksen valmistautumisen, haketuksen ja työpistesiirot lisäksi myös siirtymisen vaihtolavoilta haketuspaikalle, siirtymisen haketuspaikalta kippaukseen ja hakesäiliön kippauksen vaihtolavalle.

Siirtyminen vaihtolavoilta haketuspaikalle sisältää ajoajan vaihtolavalta varastokasalle ja mahdolliseen kääntymiseen kuluvan ajan. Ajomatkaa mitattiin matka vaihtolavan viereltä varastokasan vierelle. Siihen ei sisälly mahdollisessa kääntymisessä ajettua matkaa.

Siirtyminen kippaukseen tarkoittaa ajoa hakesäiliö täytettynä varastokasan viereltä vaihtolavojen vierelle. Aikaan kuuluu myös peruutukseen kuuluva aika aina siihen saakka kunnes hakkuri pysähtyy vaihtolavan vierelle kippausta varten. Ajomatka on mitattu samoin kuin edellisessä.

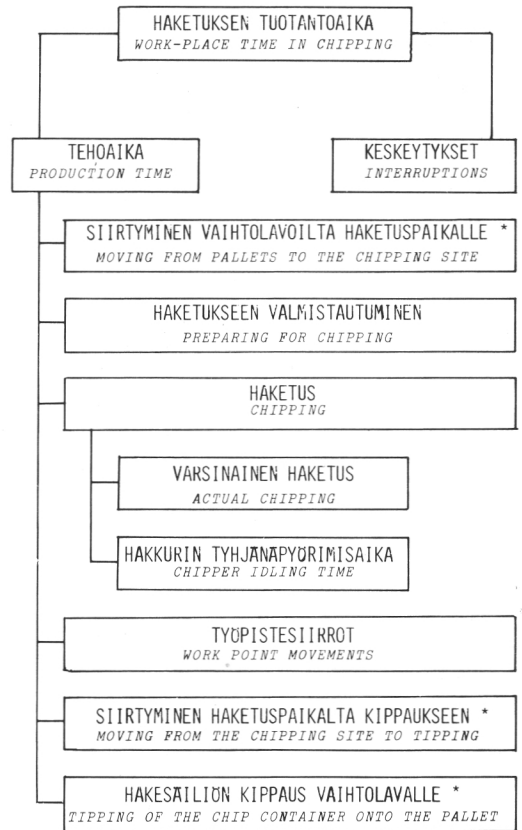
Hakesäiliön kippaukseen kuuluva aika alkaa hetkestä, jolloin hakkuri on pysähtynyt vaihtolavan viereen valmiina kipattavaksi ja päättyy silloin, kun hakkuri lähtee siirtymään vaihtolavoilta haketuspaikalle.

Aikatutkimuksen yhteydessä laskettiin hakkuriin syötettyjen runkojen tai rankojen ja haketustaakkojen lukumäärä puun tai rangan ja haketustaakan keski-koon määrittystä varten. Yhdeksi rungoksi katsottiin myös katkaistun rungon osa.

Kuljettajan ajankäytön rakennetta haketusvaiheen aikana tutkittiin frekvenssimenetelmällä, jossa havainnointiväli oli 20 cm. Havainnointi suoritettiin seuraamalla kuormaimen ja syöttölaitteen hallintaa. Se aloitettiin hetkestä, jolloin kuljettaja kytki traktorin voiman ulosoton päälle ja ryhtyi nostamaan traktorin moottorin kierroslukua haketuskierröksille. Havainnointi lopetettiin, kun kuorman viimeinen taakka oli haketettu. Haketusvaiheen aikana sattuneet keskeytykset kirjattiin havainnointitutkimuksessa, mutta niitä ei ole otettu huomioon kuljettajan työajan rakennetta laskettaessa.

Frekvenssitutkimuksessa kuljettajan haketusvaiheen työaika jaettiin seuraaviin osiin:

1. Haketuksen valmistautuminen: Traktorin kierrosluvun nosto ja kuormaimen ottaminen esiin traktorin edestä.
2. Kouran siirto tyhjänä: Kuormaimen kouraa siirretään tyhjänä noutamaan taakkaa.
3. Kouraisu: Kuljettaja tarttuu kuormaimella taakkaan.
4. Kouran siirto kuormattuna: Taakkaa siirretään kuormaimella hakkurin syöttölaitteen ulottuville.



Kuva 1. Haketuksen tuotantoajan jako. Tähdellä merkityt työvaiheet esiintyvät vain TT 1000 TS palsta-hakkurilla.

Fig. 1. Distribution of the work-place time in chipping. Work phases marked with an asterisk occur only with terrain chipper TT 1000 TS.

5. Puiden asettelu syöttölaitteeseen: Kuljettaja asettaa kouralla haketustaakkaa syöttölaitteeseen.

6. Syötön auttaminen: Kuljettaja auttaa haketettavien puiden syöttöä hakkuriin työntämällä puita kouralla tai syöttölaitteen kauko-ohjauksen avulla.

7. Odotus syötössä: Kuljettaja odottaa edellisen taakan haketuksen päättymistä pitäen kuormaimen kourassa uutta taakkaa.

8. Puiden irrotus kasasta: Kuljettaja joutuu irrottelemaan kouralla varastokasasta sopivan kokoista kouraisutaakkaa.

9. Työpistesiirot: Hakkurin siirtäminen haketuksen aikana.

62. Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto on kerätty kesäoloissa (taulukko 1). Mäntykokopuun haketustyömaa, jolla työskenneltiin TT 1000 TS hakkurilla huhtikuun puolivälissä, muistutti jossain määrin talviolosuhteita sikäli, että varastokasissa oli vielä sulamatonta lunta ja jäätä.

TT 1000 TU hakkurin työmaat sijaitsivat Vihannissa ja Ruukissa. TT 1000 TS hakkurin työmaat olivat Mäntyharjulla, Tuupovaarassa ja Enonkoskella.

TT 1000 TU hakkurin tutkimusaineisto käsittää kolme koivukokopuun haketustyömaata, yhden koivurangan haketustyömaan sekä järjestetyn työmaan, jolla puut oli lajiteltu neljään rinnankorkeuslähimittaluokkaan työn tuotoksen ja puun koon välisen riippuvuuden selvittämiseksi. TT 1000 TS hakkurin tutkimusaineisto käsittää mänty-, seka- ja koivukokopuun haketusta, yhden työmaan kutakin. Sekapuun kuutiomäärästä oli 80 % leppäkoko puuta ja 20 % koivukoko

puuta.

Hakkeen irtotilavuus muunnettiin kokopuun kiintotilavuudeksi laskemalla ensin hakkeen kuivamassa kuormien irtotilavuuden, tuorepainon ja hakkeen kosteuden avulla. Hakkeen kuivamassa muunnettiin edelleen kokopuun kiintotilavuudeksi puuaineen kuiva-tuoretiheyttä kuvaavilla keskimääräisluvuilla.

Hakkeen irtotilavuusyksikön kuivamassat ja muunto-kertoimina käytetyt hakkeen tiiviysluvut ilmenevät taulukosta 2. Puuaineen kuiva-tuoretiheytenä käytettiin K a n n i s e n ym. (1979) ilmoittamia arvoja.

Taulukko 1. Tutkimustyömaat ja niillä käsitellyt puumäärät.
Table 1. Study sites and the quantities of wood handled.

Työmaa	Puulaji	Tavaralaji	Haketta—Chips		Kuiva-
Study site	Tree species	Assortment	i-m ³ , loose m ³	k-m ³ , solid m ³	ainetta, t Dry tons
TT 1000 TU:					
Vihanti 1	Koivu <i>Birch</i>	Kokopuu <i>Whole-tree</i>	185,2	72,2	33,3
Vihanti 2	—''—	—''—	80,0	29,6	13,6
Vihanti 3	—''—	—''—	40,0	14,8	6,8
Ruukki	Koivu <i>Birch</i>	Ranka <i>Tree length</i>	46,2	19,2	8,8
TT 1000 TS:					
Mäntyharju	Mänty <i>Pine</i>	Kokopuu <i>Whole-tree</i>	110,6	44,5	17,1
Tuupovaara	Koivu <i>Birch</i>	—''—	271,1	105,7	48,7
Enonkoski	Sekapuu <i>Admixed</i>	—''—	101,8	39,7	..

Taulukko 2. Hakkeen irtotilavuuden muuntaminen kokopuun kiintotilavuudeksi.
Table 2. Conversion of the loose volume of chips into solid volume of whole-tree.

Työmaa	Puulaji	Tavaralaji	Hakkeen kuivamassa, kg/i-m ³ Dry weight of chips, kg/loose m ³	Puuaineen kuiva-tuore- tiheys kg/k-m ³ Basic density of wood kg/solid m ³	Hakkeen tiiviyys ennen kuljetusta Chip density prior to haulage
Study site	Tree species	Assortment			
TT 1000 TU:					
Vihanti 1	Koivu <i>Birch</i>	Kokopuu <i>Whole-tree</i>	179,8	460	0,390
Vihanti 2, 3	—''—	—''—	170,4	460	0,370
Ruukki	Koivu <i>Birch</i>	Ranka <i>Tree length</i>	190,8	460	0,415
TT 1000 TS:					
Tuupovaara	Koivu <i>Birch</i>	Kokopuu <i>Whole-tree</i>	179,6	460	0,390
Mäntyharju	Mänty <i>Pine</i>	Kokopuu <i>Whole-tree</i>	154,7	385	0,402
Enonkoski	Sekapuu <i>Admixed</i>	Kokopuu <i>Whole-tree</i>	..	370	0,390

7. AIKATUTKIMUSTULOKSET

71. TT 1000 TU hakkurin ajanmenekki ja tuotos

Valmistautumiseen kuluva aika ei riipu puulajista eikä puutavaralajista. Se on esitetty samana sekä koivukokopuun että koivurangan haketuksessa laskemalla kaikkien tutkittujen työmaiden keskiarvo. Keskeytyksien osuudeksi on aikatutkimuksessa saatujen viitteiden perusteella oletettu 20 % tuotantoajasta.

Tehoajasta kului haketukseen koivukokopuulla 97,2 % ja koivurangalla 95,6 % (taulukko 3). Valmistautumisen ja työpistesiirotien osuus oli varsin pieni. Yhteenlaskettu haketusajasta ja työpistesiirotit oli koivukokopuun haketuksessa merkittävästi suurempi kuin koivurangan haketuksessa ($t = 3,84$; $df = 14$).

Tyhjänäpyörimisajan osuus haketusajasta oli koivukokopuulla 42,2 % ja koivurangalla 13,8 %. Tyhjänäpyörimisaika oli koivukokopuun haketuksessa merkittävästi suu-

rempi kuin koivurangan haketuksessa ($t = 6,78$; $df = 14$).

Tyhjänäpyörimisajan pieni osuus rangan haketuksessa johtuu siitä, että hakkurin syöttölaite vetää rankaa huomattavasti helpommin kuin kokopuuta. Myös rangan käsittely kuormaimella on helpompaa, sillä rankoja ei yleensä ole tarpeellista irrotella kasasta, ja kouraisu sujuu nopeammin kuin kokopuulla. Toisaalta pitkän kokopuun haketustaakka on huomattavasti tasapainoisempi siirtää kuormaimella kuin lyhyen rangan taakka, joka varsinkin pienellä rangalla pyrkii hajoamaan viuhkamaiseksi.

Haketustyön tehotuntituotos oli koivukokopuun haketuksessa $7,7 \text{ m}^3$ ja koivurangan haketuksessa $13,9 \text{ m}^3$ (taulukko 4). Syynä näin suureen tuotoseroon on ensisijaisesti rangan kokopuuta helpompi syöttö hakkuuriin.

Hakkurin käyttäjän ajasta haketusvaiheessa kului kuormaimen käsittelyyn koivukokopuulla 90,3 % ja koivurangalla 80,2 %

Taulukko 3. TT 1000 TU hakkurin tuotantoajan menekki hakkeen kiintokuutiometriä kohti.

Table 3. Expenditure of operating time of the TT 1000 TU chipper per solid m^3 of chips.

Työvaihe Work phase	Koivukokopuu Birch whole-tree		Koivuranka Birch tree length	
	cm^3/m^3	%	cm^3/m^3	%
Haketukseen valmistautuminen Preparing for chipping	6	0,8	6	1,4
Haketus, josta Chipping, of which	760	97,2	413	95,6
— varsinainen haketus actual chipping	(439)	(57,8)	(356)	(82,4)
— hakkurin tyhjänäpyörimisaika idling of chipper	(321)	(39,4)	(57)	(13,2)
Työpistesiirot Movements between work points	16	2,0	13	3,0
Tehoajasta yhteensä Total production time	782	100,0	432	100,0
Keskeytykset, Delays (20 % tuotantoajasta) (20 % of operating time)	196		108	
Tuotantoaika yhteensä Total operating time	972		540	

Taulukko 4. TT 1000 TU hakkurin tuotos.

Table 4. Output of the TT 1000 TU chipper.

Tuotosyksikkö Output unit	Koivukokopuu Birch whole-tree		Koivuranka Birch tree length	
	Tehoajatuotos Production time output	Tuotantoaika- tuotos Operating time output	Tehoajatuotos Production time output	Tuotantoaika- tuotos Operating time output
$\text{K-m}^3/\text{h}$ Solid m^3/h	7,7	6,1	13,9	11,1
$\text{I-m}^3/\text{h}$ Loose m^3/h	20,1	15,9	33,5	26,7
Kuiva-aine, t/h Dry matter, t/h	3,5	2,8	6,4	5,1
Puustotiedot Tree data				
Puun koko, dm^3 Tree size, dm^3	24		8	
Puun pituus, dm Tree length, dm	65		38	
Taakan koko, dm^3 Bunch size, dm^3	47		62	
Taakassa puita, kpl Number of trees in a bunch	2		8	

Taulukko 5. TT 1000 TU hakkurin käyttäjän ajan-
käytön rakenne.

Table 5. Structure of the time expenditure by the TT
1000 TU chipper operator.

Työvaihe Work phase	Koivukokopuu Birch whole-tree Osuus ajankäytöstä, % Share in time expenditure, %	Koivuranka Birch tree length
Valmistautuminen haketuksen	0,4	—
Preparing for chipping		
Kouran siirto tyhjänä Moving the grapple when empty	18,0	19,2
Kouraisu Grappling	10,3	10,5
Kouran siirto kuormattuna Moving the grapple when loaded	20,7	18,2
Puiden asetelu syöttölaitteeseen Placing of trees into the feeding device	28,2	31,0
Syötön auttaminen Assisting the feeding	8,2	1,3
Odotus syötössä Waiting during feeding	8,1	17,5
Puiden irrotus kasasta Pulling the trees from the bunch	4,9	—
Työpistesierrot Work point movements	1,2	2,3
Yhteensä Total	100,0	100,0

(taulukko 5). Syötön odotuksen suuri osuus koivurangan haketuksessa johtuu siitä, että taakan kouraisu rankakasasta käy nopeasti. Koska edellinen taakka ei ennätä mennä läpi syöttölaitteesta kouraisun aikana, uuden taakan syöttöä joudutaan odottamaan. Kokopuutaakan irrotukseen kuluvaa aikaa voitaisiin ehkä jonkin verran pienentää oikealla työskentelyjärjestyksellä. Haketuksen tulisi edetä päinvastaiseen suuntaan kuin varastokasan ladonta.

72. TT 1000 TS hakkurin ajanmenekki ja tuotos

TT 1000 TS palstahakkurin tehoajasta siirtyminen haketuspaikalle, valmistautuminen haketuksen, siirtyminen kippaukseen ja kippaus on esitetty kaikkien puulajien haketuksessa samoiksi koko aikatutkimusaineiston keskiarvona, koska näihin vaiheisiin kuluva aika on riippumaton puulajista. Haketuspaikalle ja kippaukseen siirtymiseen käytetty aika on laskettu 50 m:n siirtymismatkalle, joka on kaikkien työmaiden liki-

määräinen keskiarvo. Siirtymisajo rajoittui kaikilla työmailla välivaraston sisäiseen ajoon. Siirtymisnopeus, mukaan luettuna kääntymiseen käytetty aika, oli tyhjänä 232 cmin/50 m ja kuormattuna 252 cmin/50 m. Siirtymisnopeuksissa ei ollut t-testin perusteella tilastollisesti merkitsevää eroa.

Tutkituilla työmailla ei esiintynyt tehoajaan kuuluvia työpistesierroja, mikä johtuu varastokasojen korkeudesta ja hakkurin syötössä käytetyn kuormaimen suuresta ulottuvuudesta. Keskeytysten osuutena on käytetty 20 % tuotantoajasta eli samaa kuin TT 1000 TU:lla.

TT 1000 TS hakkurilla kului yhteensä 133 cmin/m³ eli keskimäärin 24 % tehoajasta siirtymiseen haketuspaikalle, siirtymiseen kippaukseen ja hakesäiliön kippaukseen (taulukko 6). Siirtymisen ja kippauksen joustava sujuminen vaikuttaa oleellisesti TT 1000 TS hakkurin tuotokseen välivarastohaketuksessa.

Tyhjänäpyörimisajan osuus haketusajasta oli koivukokopuulla 40,8 %, sekapuulla 38,3 % ja mäntykokopuulla 36,5 %. Tyhjänäpyörimisaika ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi puulajeittain.

Tehoaikatuotos, keskimäärin 10,7 m³/h, ei vaihdellut paljoakaan eri puulajien haketuksessa (taulukko 7). Sekapuulla tuotosta alensi ilmeisesti jonkin verran varastokasassa puiden joukossa ollut sora, joka aiheutti terien nopean tylysymisen. Vaikka lepän haketuksessa puun keskikoko oli vain 14 dm³, haketustaakan keskikoko oli kuitenkin 70 dm³. Vaikuttaa siltä, että pienikokoisenkin lepän haketuksessa on helppo kouraista riittävän suuri taakka. Tämä johtunee lepän helposti taittuvista oksista, jolloin leppäkokopuut eivät varastokasassa takerru niin tiukasti toisiinsa kuin koivu- ja mäntykokopuut.

Männyn haketus tapahtui huhtikuun puolivälissä. Varastokasassa oli vielä lunta ja jäätä, jotka ilmeisesti alensivat tuotosta. Männyn syöttäminen hakkuriin on lisäksi oksien vuoksi vaikeampaa kuin koivun ja lepän.

Hakkurin kuljettajalta kului kuormaimen käyttöön koivulla 93,1 %, sekapuulla 94,2 % ja männyllä 86,4 % työajasta. Männyn haketuksessa syötön auttamisen ja odotuksen osuus oli yhteensä 27,8 % eli huomattavasti suurempi kuin lehtikokopuulla (taulukko 8).

Taulukko 6. TT 1000 TS hakkurin tuotantoajan menekki hakkeen kiintokuutiometriä kohti.
Table 6. Expenditure of operating time of the TT 1000 TS chipper per solid m³ of chips.

Työvaihe Work phase	Koivukokopuu Birch whole-tree		Sekapuu Mixed hardwoods		Mäntykokopuu Pine whole-tree	
	cmin/m ³	%	cmin/m ³	%	cmin/m ³	%
Siirtyminen haketuspaikalla (50 m) Moving to the chipping site (50 m)	41	7,4	41	7,3	41	7,2
Valmistautuminen haketukseen Preparing for chipping	13	2,3	13	2,3	13	2,3
Haketus, josta	407	73,6	414	73,9	420	74,2
— varsinainen haketus actual chipping	(241)	(43,6)	(256)	(45,7)	(267)	(47,2)
— hakkurin tyhjänäpyörimisaika idling of chipper	(166)	(30,0)	(158)	(28,2)	(153)	(27,0)
Siirtyminen kippaukseen (50 m) Moving to unloading (50 m)	44	8,0	44	7,9	44	7,8
Kippaus Unloading by tipping	48	8,7	48	8,6	48	8,5
Tehoaika yhteensä Total production time	553	100,0	560	100,0	566	100,0
Keskeytykset (20 % tuotantoajasta) Delays (20 % of operating time)	138		140		142	
Tuotantoaika yhteensä Total operating time	691		700		708	

Taulukko 7. TT 1000 TS hakkurin tuotos.
Table 7. Output of the TT 1000 TS chipper.

Tuotosyksikkö Output unit	Koivukokopuu Birch whole-tree		Sekapuu Mixed hardwoods		Mäntykokopuu Pine whole-tree	
	Tehoaika- tuotos Production time output	Tuotanto- aikatulos Operating time output	Tehoaika- tuotos Production time output	Tuotanto- aikatulos Operating time output	Tehoaika- tuotos Production time output	Tuotanto- aikatulos Operating time output
K-m ³ /h — Solid m ³ /h	10,9	8,7	10,7	8,6	10,6	8,5
I-m ³ /h — Loose m ³ /h	27,7	22,3	27,4	22,1	25,4	21,1
Kuiva-ainetta, t/h — Dry matter, t/h	5,0	4,0	4,1	3,3
Puustotiedot Tree data						
Puun koko, dm ³ — Tree size, dm ³	36		14		25	
Puun pituus, dm — Tree length, dm	77		80		65	
Taakan koko, dm ³ — Bunch size, dm ³	89		70		88	
Taakassa puita, kpl Number of trees in a bunch		2,5		5,2		3,5

73. Puun koon vaikutus TT 1000 TU hakkurin tuotokseen

Puun koon vaikutusta haketustyön tuotokseen tutkittiin siten, että kokopuut lajiteltiin välivarastolla neljään eri läpimittaluokkaan, jotka kukin haketettiin erikseen. Lajittelussa ei erotettu, oliko kysymyksessä kokonainen kokopuurunko vaiko rungon osa. Rinnankorkeusläpimitta mitattiin kokonaisista rungoista 1,3 m:n etäisyydeltä kaatoikkauksesta ja rungon osista 1,3 m:n

etäisyydeltä tyvipuolen leikkauksesta. Suurin osa rinnankorkeusläpimittaluokkien 10...13 cm ja 13+ cm kokopuista oli katkaistuja kappaleita. Kunkin läpimittaluokan haketusta varten terät kunnostettiin samaan terävyyteen.

Tuotosta laskettaessa tehoajasta on otettu huomioon pelkästään haketusvaihe, jotta luvut olisivat keskenään vertailukelpoisia. Haketukseen valmistautumiseen ja työpistesiirotiin käytettävä aika ei ole riippuvainen puun koosta. Hakkeen irtotilavuus on muu-

Taulukko 8. TT 1000 TS hakkurin käyttäjän ajankäytön rakenne.

Table 8. Structure of the time expenditure by the TT 1000 TS chipper operator.

Työvaihe Work phase	Koivu- kokopuu Birch whole-tree	Sekapuu Mixed hardwoods	Mänty- kokopuu Pine whole-tree
	Osuus ajankäytöstä, % Share in time expenditure, %		
Valmistautuminen haketukseen Preparing for chipping	0,7	0,4	—
Kouran siirto tyhjänä Moving the grapple when empty	18,5	20,0	19,0
Kouraisu Grappling	10,2	12,7	10,5
Kouran siirto kuormattuna Moving the grapple when loaded	22,2	22,8	25,8
Puiden asettelu syöttölaitteeseen Placing of trees into the feeding device	32,4	29,0	14,2
Syötön auttaminen Assisting the feeding	5,1	3,2	14,2
Odotus syötössä Waiting during feeding	6,2	5,4	13,6
Puiden irrotus kasasta Pulling the trees from the bunch	4,7	6,5	2,7
Työpistesiirot Work point movements	—	—	—
Yhteensä — Total	100,0	100,0	100,0

tettu kokopuun kiintotilavuudeksi kertoimella 0,383.

Läpimittaluokan 13+ cm haketuksessa tuotos oli 65 % suurempi kuin läpimittaluokan 2...6 cm haketuksessa (taulukko 9). Hakkurin tyhjänäpyörimisajan osuus tehoajasta oli pienin luokan 10...13 cm haketuksessa, mutta varmoja johtopäätöksiä puun koon vaikutuksesta hakkurin tyhjänäpyörimisaikaan ei kokeen perusteella voida tehdä. Tyhjänäpyörimisaika kasaantuu haketustyössä yleensä harvoin, kestoltaan pitkiin jaksoihin, jotka johtuvat lähinnä taakan irrotuksessa ja siirrossa sattuvista vaikeuksista sekä suurimpien puiden vaikeasta syötöstä.

Vaikka läpimittaluokan 13+ cm haketuksessa tuotos oli suurin, luokan kookkaimpien puiden haketuksessa traktorin kierros-luku pyrki alenemaan. Syöttölaitetta täytyi tällöin palauttaa ja puun syöttämistä auttaa kuormaimella työntäen.

Taulukko 9. Puun koon vaikutusta haketustyön tuotokseen selvittäneen kokeen tuotos- ja puustiedot sekä hakkurin käyttäjän ajankäytön rakenne.

Table 9. Output and tree data of the experiment to establish the effect of tree size on chipping output, and the structure of the time expenditure by the chipper operator.

Muuttuja Variable	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm DBH class, cm			
	2...6	7...9	10...13	13+
Tuotos, k-m ³ /h Output, solid m ³ /h	9,3	12,5	11,7	15,3
Tyhjänäpyörimisaika, % tehoajasta Idling time, % of production time	21,1	28,3	17,0	27,7
Puun koko, dm ³ Tree size, dm ³	5	12	29	44
Puun pituus, dm Tree length, dm	61	64	47	48
Taakan koko, dm ³ Bunch size, dm ³	44	48	48	55
Taakassa puita, kpl Number of trees in a bunch	9,3	4,1	1,7	1,3
Puulajisuhde: % koi- vua/% mäntyä Composition of tree species: % birch/% pine	70/30	70/30	75/25	90/10
	Osuus ajankäytöstä, % Share in expenditure of time, %			
Kouran siirto tyhjänä Moving the grapple when empty	18,8	14,7	20,7	19,9
Kouraisu Grappling	9,4	6,9	7,8	11,0
Kouran siirto kuormattuna Moving the grapple when loaded	25,7	23,5	21,2	25,3
Puiden asettelu syöttölaitteeseen Placing of trees into the feeding device	31,4	36,3	33,5	27,4
Syötön auttaminen Assisting the feeding	2,9	4,9	6,1	4,1
Odotus syötössä Waiting during feeding	8,5	10,8	7,3	12,3
Puiden irrotus kasasta Pulling the trees from the bunch	3,3	2,9	3,4	—
Yhteensä — Total	100,0	100,0	100,0	100,0

74. Terien kunnan vaikutus tuotokseen

Terien kunnan vaikutusta tuotokseen tutkittiin TT 1000 TU hakkurilla koivukokopuuta hakettaessa. Tuotos tylsillä terillä hakettaessa on laskettu terien vaihtoa edeltävän kuorman haketuksen ajanmenekistä, jolloin teräpinta oli jo pahoin tylsynyt. Tuotos terävillä terillä hakettaessa on laskettu terien vaihtoa seuranneen kuorman haketuksen ajanmenekistä. Näiden lisäksi tuotos on esitetty terien vaihdon jälkeen haketetusta järjestyksessä toisesta kuormasta. Tuotoksia laskettaessa kunkin kuorman haketuksen tehoajasta otettiin huomioon vain haketusvaihe, jotta tulokset olisivat keskenään vertailukelpoisia. Kuorman koko oli 7,4 m³ kokopuun kiintotilavuutena eli 20,0 m³ hakkeen irtotilavuutena.

Terävien terien vaihto tylsien tilalle kohotti haketustyön tehotuntituotosta 6,6 m³:stä 10,8 m³:iin eli 63 %. Tehotuntituotos laski kuitenkin jo terien vaihtoa seuranneen järjestyksessä toisen kuorman haketuksessa 10,8 m³:sta 8,9 m³:iin (taulukko 10).

Taulukko 10. TT 1000 TU hakkurin tuotos koivukokopuun haketuksessa kiintokuutiometreinä tehotuntia kohti terien kunnosta riippuen.

Table 10. Output of the TT 1000 TU chipper in the chipping of whole-tree birch in solid m³ per production hour depending on the condition of the knives.

Tuotostiedot	Terävät terät	Terillä hakettu yksi kuorma Knives used to chip a single load	Tylsät terät
Output data	Sharp knives		Dull knives
Tehoaikatuotos, k-m ³ /h Production time output solid m ³ /h	10,8	8,9	6,6
Tyhjänäpyörimisaika haketusajasta, % Idling time, % of chipping time	34,4	38,4	39,8
Puun koko, dm ³ Tree size, dm ³	20	22	18
Puun pituus, dm Tree length, dm	62	62	62
Taakan koko, dm ³ Bunch size, dm ³	46	51	42
Taakassa puita, kpl Number of trees in a bunch	2,3	2,4	2,4

75. Siirtoajomatkan vaikutus TT 1000 TS hakkurin tuotokseen

TT 1000 TS hakkurilla on mahdollista suorittaa hakkeen siirtoajoa. Tämä tulee kysymykseen esimerkiksi silloin, kun kuorma-auto ei pääse tuomaan vaihtolavoja välivarastolle saakka. Seuraavassa tarkastellaan teoreettisesti siirtoajomatkan vaikutusta välivarastohaketuksen tuotokseen. Tarkastelua varten on tehty seuraavat oletukset:

1. Siirtymisnopeus tyhjänä ja kuormattuna on sama kuin aikatutkimuksessa saadut nopeudet.

2. Aikatutkimuksessa siirtymisaikaan luettiin myös kääntymiseen käytetty aika. Tarkastelua varten sekä haketuspaikalle siirtymiseen että kippaukseen siirtymiseen käytetystä ajasta on vähennetty 25 % kääntymiseen ja peruutukseen kuluvana aikana. Näin ollen ajoajaksi saatiin 50 m:n matkalla kokopuun kiintotilavuutta kohti laskettuna tyhjänä 31 cmin/m³ ja kuormattuna 33 cmin/m³.

3. Kääntymisiin käytetään seuraavat ajat:

- haketuspaikalle siirtymiseen liittyvät kääntymiset 10 cmin/m³.
- kippaukseen siirtymiseen liittyvät kääntymiset 11 cmin/m³.

4. Muu tehoajan menekki on seuraava: Haketukseen valmistautuminen 13 cmin/m³, haketus 414 cmin/m³ ja kippaus 48 cmin/m³.

Tehtyjen oletuksien perusteella laskettu siirtoajomatkan vaikutus haketustyön tuotokseen on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Siirtoajomatkan vaikutus TT 1000 TS hakkurin tuotokseen välivarastohaketuksessa.

Table 11. Effect of the moving distance on the output of the TT 1000 TS chipper in landing chipping.

Siirtoajomatka, m Moving distance, m	Tehoaika cmin/k-m ³ Production time, cmin/solid m ³	Tuotos, k-m ³ /h Output, solid m ³ /h	Suhteellinen tuotos Relative output
50	560	10,7	100
100	624	9,6	90
200	752	8,0	75
300	880	6,8	64
400	1088	5,5	56
500	1136	5,3	50

8. HAKKEEN OMINAISUUDET

81. Palakokojakauma

Hakepalojen pituusjakauma määritettiin reikäseulasarjalla ja paksuusjakauma rako-seulasarjalla. Palakokojakauma ilmaisee hakkeen tuoremassan jakautumisen eri pituus- ja paksuusjakeisiin. Taulukossa 12 on esitetty näytteistä mitattuja seulontatuloja.

Puun koon vaikutus TT 1000 TU hakkurilla valmistetun hakkeen palakokojakaumaan selvitetiin samassa yhteydessä, kun tutkittiin puun koon vaikutusta haketustyön tuotokseen (ks. luku 73). Pitkän hakkeen osuus kasvaa selvästi puun koon myötä, ja vastaavasti lyhyiden jakokojen osuus pienenee. Jaekoon 25...13 mm osuus ei juuri muutu puun koon mukana. Puun koon vaikutus hakkeen paksuusjakaumaan on samansuuntainen kuin pituusjakaumaankin, tosin ei yhtä selvä. Tulokset on esitetty taulukoissa 13 ja 14.

Terien kunnan vaikutusta hakkeen palakokojakaumaan selvitetiin ottamalla TT 1000 TS hakkurilla valmistetusta hakkeesta näyte välittömästi terien vaihdon jälkeen ja toinen näyte, kun terillä oli vaihdon jälkeen haketettu 20 m³ kokopuuta. Haketettu puusto oli leppävaltaista lehtikokopuuta.

Terien tylsyminen pienensi selvästi suurimman jakeen osuutta sekä pituus- että paksuusjakaumasta. Pituudeltaan alle 19 mm:n jakeiden osuus kasvoi terien tylsyyssä. Vastaavasti alle 8 mm paksujen jakeiden osuus lisääntyi terien tylsyyssä (taulukko 15).

Kumpaankin hakkuriin on kehitteillä haketorveen asennettava tikuneroitin, jolla hakkeen tikkuisuutta voitaisiin vähentää. Tikuneroitin olisi tarpeellinen etenkin valmistettaessa haketta lämpölaitoksille, joiden syöttölaitteisto on herkkä tikkuisuudesta aiheutuville toimintahäiriöille.

82. Hakkeen painuma kuljetuksessa

Hakekuormassa tapahtuu kuljetuksen ai-

kana painumista, joka vaikuttaa mittaustulokseen. Painuma riippuu kuormaustavasta (hakkeen puhallus suoraan lavalle tai kippaus hakkurin hakesäiliöstä), ajoneuvon rakenteesta, kuljetusmatkasta, tien tasaisuudesta, sääoloista sekä hakkeen laadusta. Myös hakkurin puhallusvoima vaikuttaa selvästi hakkeen tiiviyyteen (vrt. K a n n i n e n ym. 1979).

TT 1000 TU hakkurilla valmistetun koivukokopuuhakkeen painuma kuljetuksessa oli keskimäärin 4,6 %. Hake kuljetettiin traktorin perävaunulla ja kuljetusmatka oli 17 km. Vastaavasti koivurankahake painui traktorikuljetuksessa 40 km:n kuljetusmatkalla 6,5 %.

TT 1000 TS hakkurilla valmistettu koivukokopuuhake painui autokuljetuksessa veto-vaunuvoimissa keskimäärin 6,1 % ja perä-

Taulukko 12. TT 1000 TU ja TT 1000 TS hakkureilla valmistetun hakkeen palakokojakauma.
Table 12. Particle size distribution of chips made by the TT 1000 TU and TT 1000 TS chippers.

Pituusjake, mm Longitudinal fraction, mm	TT 1000 TU		TT 1000 TS		
	Koivu- koko- puuhake Birch whole- tree length chips	Koivu- ranka- hake hake Birch tree length chips	Koivu- koko- puuhake Birch whole- tree chips	Seka puuhake Mixed hard- wood chips	Mänty- koko- puuhake Pine whole- tree chips
> 32	20,2	13,2	30,9	35,3	5,9
32...25	20,1	24,7	19,1	21,0	9,8
25...19	20,6	23,7	18,9	16,4	18,1
19...13	20,2	21,9	17,4	14,9	24,5
13... 6	14,2	12,2	10,6	9,6	25,6
6... 3	2,6	2,2	1,7	1,6	11,4
< 3	2,1	2,1	1,4	1,2	4,7
Yhteensä—Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Paksuusjake, mm Thickness fraction, mm	Paksuusjakauma Thickness distribution Osuus, % — Share, %		Paksuusjakauma Thickness distribution Osuus, % — Share, %		
> 10	16,4	13,3	21,3	35,7	10,5
10... 8	20,0	15,0	20,1	20,8	10,6
8... 6	25,9	28,5	22,5	18,4	17,0
6... 4	21,4	26,0	20,4	14,1	24,1
4... 2	10,3	10,9	11,0	6,9	18,9
< 2	6,0	6,3	4,7	4,1	19,9
Yhteensä—Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Taulukko 13. Puun koon vaikutus TT 1000 TU hakkurilla valmistetun hakkeen pituusjakaumaan.

Table 13. Effect of tree size on the length distribution of chips made by the TT 1000 TU chipper

Rinnan- korkeus- läpimitta, cm DBH, cm	Pituusjake, mm — Longitudinal fraction, mm							Yhteensä Total
	> 32	32...25	25...19	19...13	13...6	6...3	< 3	
	Osuus, % — Share, %							
2...6	5,8	9,3	20,4	28,3	26,9	6,6	2,7	100,0
7...9	7,6	13,1	19,6	28,5	23,3	5,3	2,6	100,0
10...13	8,1	14,2	20,9	27,2	21,0	4,7	3,9	100,0
13 +	14,2	23,0	22,9	23,1	12,3	2,3	2,2	100,0

Taulukko 14. Puun koon vaikutus TT 1000 TU hakkurilla valmistetun hakkeen paksuusjakaumaan.

Table 14. Effect of tree size on the thickness distribution of chips made by the TT 1000 TU chipper.

Rinnankorkeusläpimitta, cm DBH, cm	Paksuusjake, mm — Thickness fraction, mm						Yhteensä Total
	> 10	10...8	8...6	6...4	4...2	< 2	
	Osuus, % — Share, %						
2...6	8,2	10,0	21,2	30,2	19,3	11,1	100,0
7...9	10,0	9,6	23,2	29,6	17,6	10,0	100,0
10...13	8,2	8,6	24,0	30,6	18,0	10,6	100,0
13 +	6,8	12,3	33,6	30,5	11,3	5,5	100,0

Taulukko 15. Terien kunnan vaikutus hakkeen palakokojakaumaan.

Table 15. Effect of the condition of the knives on the particle size distribution of the chips.

Pituusjake, mm Longitudinal fraction, mm	Pituusjakauma Length distribution		Paksuusjake, mm Thickness fraction, mm	Paksuusjakauma Thickness distribution	
	Terävät terät Sharp knives Osuus, % — Share, %	Tylsät terät Dull knives Osuus, % — Share, %		Terävät terät Sharp knives Osuus, % — Share, %	Tylsät terät Dull knives Osuus, % — Share, %
> 32	40,8	30,1	> 10	42,4	29,2
32...25	21,4	20,7	10...8	20,3	21,3
25...19	16,2	16,5	8...6	16,7	19,9
19...13	12,4	17,3	6...4	12,6	15,6
13...6	7,3	11,8	4...2	5,1	8,7
6...3	0,9	2,3	< 2	2,9	5,3
< 3	1,0	1,3			
Yhteensä Total	100,0	100,0	Yhteensä Total	100,0	100,0

Taulukko 16. Hakkeen irtotilavuusyksikön tuore- ja kuivamassa.

Table 16. Fresh and dry weights of loose chips per unit volume.

Hakkuri Chipper	Hakelaji Type of chip	Tuoremassa, kg/m ³ Fresh weight, kg/m ³		Kuivamassa, kg/m ³ Dry weight, kg/m ³	
		Ennen kuljetusta Before haulage	Kuljetuksen jälkeen After haulage	Ennen kuljetusta Before haulage	Kuljetuksen jälkeen After haulage
TT 1000 TU	Koivukokopuu Birch whole-tree	283,6	297,3	179,8	188,5
—''—	Koivuranka Birch tree length	303,7	324,8	190,8	204,0
TT 1000 TS	Koivukokopuu Birch whole-tree	309,7	330,1	179,6	191,4
—''—	Mäntykokopuu Pine whole-tree	369,8	380,6	154,7	159,2

vaunukuormissa keskimäärin 7,4 %. Tulokset saatiin 104 ja 135 km:n kuljetusmatkoilta. Mäntykokopuuhaake painui eräässä veto-vaunukuormassa 3,2 % 70 km:n kuljetusmatkalla.

83. Hakkeen irtotilavuusyksikön massa

TT 1000 TS hakkurilla valmistetun hakkeen irtotilavuusyksikön tuoremassa oli koivukokopuulla pienempi kuin mäntykokopuulla, vaikka koivun puuaineen kuiva-tuoretiheys on korkeampi kuin männyn (taulukko 16). Tulos johtui mäntyhakkeen kor-

keasta kosteudesta.

Koivukokopuuhaakkeen irtotilavuusyksikön kuivamassa oli mäntykokopuuhaakkeen vastaavaa huomattavasti korkeampi. Hakkeen irtotilavuusyksikön kuivamassa riippuu puulajin lisäksi hakkeen tiiviyydestä eli ts. hakkurin puhallusvoimasta sekä hakkeen kuormaustavasta. Tutkimuksessa koivukokopuuhaakkeen irtotilavuusyksikön kuivamassa oli likimäärin sama kummallakin hakkurilla, vaikka periaatteessa TT 1000 TS hakkurilla valmistetun hakkeen tiiviyyden voitaisiin olettaa olevan alhaisempi kippaukseen perustuvan kuormauksen vuoksi.

9. HAKETUSTYÖN KUSTANNUKSET

Työkustannukset laskettiin hakkurin käyttäjälle urakkataksan ja keskeytysten osalle tuntityötaksan mukaan. Keskeytysten osuutena käytettiin 20 % tuotantoajasta. Likaisen työn lisä laskettiin työmaasiirroille. Vuorotyölisä on laskettu palkkatunneille, jotka ylittävät 8 tunnin vuorokautisen työskentelyajan.

Hakkurin, traktorin ja kuormaimen muuttuvat kustannukset laskettiin koneiden valmistajien ilmoittaman huolto- ja korjaustarpeen mukaan. Valmet traktoreiden polttoaineenkulutus laskettiin valmistajan ilmoituksen perusteella.

Yksityiskohtaiset laskentaperusteet on esitetty toisessa julkaisussa (H o v i l a 1980).

91. TT 1000 TU hakkuriyksikön kustannukset

Haketustyön kustannukset on laskettu kahdelle vaihtoehtoiselle vuotuiselle käyttäjälle. Peruskoneeksi on oletettu Joutsa 30 A kuormaimella varustettu Valmet 1102 traktori.

Vaihtoehdossa 1 kustannukset on laskettu normaalille ympärivuotiselle yksivuorotyölle 11 kuukauden vuotuisen työssäoloajan mukaan. Vaihtoehdossa 2 on pyritty ottamaan huomioon se, että myöhäiskevällä, kesällä ja varhaisyksyllä hakkureiden kapasiteettia

ei pystytä käyttämään kokonaan hyväksi. Vaihtoehtoisia työkohteita lienee vaikea löytää ajaksi, jolloin lämpölaitosten polttohakkeen tarve ei takaa täystyöllisyyttä. Vaihtoehdossa 2 on oletettu, että 5 kuukauden aikana käyttöaika jää puoleen normaalista. Kummassakin vaihtoehdossa on sekä hakkurin että peruskoneen poistoajaksi oletettu 5 vuotta.

Koska lämpölaitosten haketustyömaiden koko on pieni ja toiminta-alue kuitenkin usein verraten laaja, siirtoaika muodostuu käytännössä suureksi. Siirtoaikaksi on laskettu 1,5 h/2 vrk silloin, kun koneella työskennellään normaalioloissa, ja 1,5 h/4 vrk jaatyyöllistetylle ajalle.

TT 1000 TU ja TS hakkureiden valmistajan mukaan teräpari kestää 20 teroituskertaa, jotka toistuvat 200 i-m³:n välein. Vastateriä kuluu 1—2 kahdessa vuodessa. Teräparin hinta on 760 mk ja vastaterän 305 mk. Teroituskerran kustannukseksi on laskettu 10 mk.

Haketusyksikön käyttötuntikustannus on ensimmäisessä laskentavaihtoehdossa 147,07 mk ja toisessa vaihtoehdossa 172,19 mk. Vastaavat haketustyön yksikkökustannukset ovat koivukokopuun haketuksessa 19,00 mk/m³ ja 22,50 mk/m³ sekä koivurangan haketuksessa 10,50 mk/m³ ja 12,50 mk/m³ (taulukko 17).

Taulukko 17. TT 1000 TU hakkurin käyttötuntikustannukset.

Table 17. Operating-hour costs of the TT 1000 TU chipper.

KUSTANNUSLAJI TYPE OF COST	VAIHTOEHTO 1 ALTERNATIVE 1		VAIHTOEHTO 2 ALTERNATIVE 2	
	(Käyttöaika Operating time 1322 h/a)		(Käyttöaika Operating time 1022 h/a)	
	mk/h marks/h	Osuus, % Share, %	mk/h marks/h	Osuus, % Share, %
Hakkuri Chipper	51,74	35,2	64,67	37,6
Traktori Tractor	43,67	29,7	52,29	30,4
Kuormain Loader	13,25	9,0	16,86	9,8
Työkustannukset Work costs	38,41	26,1	38,37	22,2
Yhteensä Total	147,07	100,0	172,19	100,0

92. TT 1000 TS hakkuriyksikön kustannukset

Haketusyksikön kustannukset on laskettu kahdelle eri vaihtoehdolle. Peruskoneena on kummassakin tapauksessa Fiskars 5000 L kuormaimella varustettu Valmet 1502 traktori.

Ensimmäisessä vaihtoehdossa lähtökohdana on ympärivuotinen kaksivuorotyö, mihin käytännössä joudutaan pyrkimään koneyksikön suhteellisen korkean hankintahinnan (618 900 mk) vuoksi. Kaksivuorotyöskentelyä on kuitenkin vaikea toteuttaa. Esteenä ovat mm. hakkeen toistaiseksi rajoitettu kysyntä ja työmaiden pieni koko. Hakkurin kapasiteetti on lisäksi suurempi kuin keskisuuren lämpölaitoksen polttohakkeen tarve, joten yksi lämpölaitos ei työllistä hakkuria täysitehoisesti.

Toisessa vaihtoehdossa on laskettu ympärivuotisen yksivuorotyön kustannukset, jolloin käyttöaika on sama kuin TT 1000 TU hakkurilla vaihtoehdossa 1. Haketusyksiköi-

den kustannukset ovat tältä osin vertailukelpoisia.

Hakkurille kustannuslaskennassa käytetty poisto-aika, 6 vuotta, on pitkä verrattuna metsäkoneiden konekustannuslaskennassa yleisesti käytettyyn 4...5 vuoden poisto-aikaan. Hakkuri ei kuitenkaan vanhene teknisesti yhtä nopeasti kuin muut metsäkoneet. Traktorille sen sijaan kertyy vuosittain haketustyössä niin paljon käyttötunteja, että sen osalta on päädytty lyhyeen 4 vuoden poisto-aikaan. Fiskars 5000 L kuormaimen asentaminen Valmet 1502 traktoriin maksaa asennustarvikkeineen n. 20 000 mk.

Haketusyksikön käyttötuntikustannus on ensimmäisessä laskentavaihtoehdossa 144,98 mk ja toisessa vaihtoehdossa 217,36 mk. Pienen tuotoseron vuoksi kokopuun haketustyön yksikkökustannukset eivät juuri riipu puulajista. Vaihtoehdossa 1 yksikkökustannus on noin 13,00 mk/m³ ja vaihtoehdossa 2 noin 20,00 mk/m³ (taulukko 18).

Taulukko 18. TT 1000 TS hakkurin käyttötuntikustannukset.

Table 18. Operating-hour costs of the TT 1000 TS chipper.

KUSTANNUSLAJI TYPE OF COST	VAIHTOEHTO 1 ALTERNATIVE 1		VAIHTOEHTO 2 ALTERNATIVE 2	
	(Käyttöaika Operating time 2649 h/a)		(Käyttöaika Operating time 1322 h/a)	
	mk/h marks/h	Osuus, % Share, %	mk/h marks/h	Osuus, % Share, %
Hakkuri Chipper	48,45	33,4	84,61	38,9
Traktori Tractor	42,55	29,4	67,43	31,0
Kuormain Loader	11,77	8,1	22,80	10,5
Työkustannukset Work costs	42,21	29,1	42,52	19,6
Yhteensä Total	144,98	100,0	217,36	100,0

10. KÄYTÄNNÖN JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Aikatutkimuksessa mitattujen tuotosten ja kustannuslaskennassa käytettyjen vuotuisten työaikojen perusteella voidaan arvioida, että TT 1000 TU hakkurin vuosituotos on 7 000...11 000 k-m³ ja TT 1000 TS hakkurin 14 000...28 000 k-m³. Yhden TT 1000 TU ja TT 1000 TS hakkurin kapasiteetti ylittää selvästi keskikokoisen metsähaketta polttoaineena käyttävän lämpölaitoksen haketarpeen, sillä H e i k a n (1980) mukaan tällä hetkellä keskisuuri lämpölaitos käyttää noin 4 000 k-m³ metsähaketta ja lisäksi muita energialähteitä vuodessa. Vaikka keskimääräinen käyttömäärä lienee nousussa, ei muiden metsähakkeen polttokäyttäjien kuin metsäteollisuuden keskimääräinen käyttömäärä lähitulevaisuudessaakaan ylitäne 20 000 k-m³:ä vuodessa.

Yhdellä hakkurilla pystyttäisiin näin ollen nykyisillä metsähakkeen käyttömäärillä hoitamaan kahden tai jopa kolmenkin keskisuuren lämpölaitoksen polttohakkeen valmistus. Lämpölaitosten tulisi kuitenkin sijaita riittävän lähellä toisiaan ja niillä tulisi olla hakevarasto, johon pystyttäisiin varastoitamaan haketta vähintään viikon tarpeeseen laitoksen toimiessa huipputeholla.

Eräät TT 1000 TU hakkuria käyttävät urakoitsijat työllistävät traktoria turvetyömailla kesäaikana, jolloin haketustyötä ei ole tarjolla riittävästi. Tilanne tulee ilmeisesti pysymään samana myös tulevaisuudessakin. Koneyksikön, jossa TT 1000 TS hakkuri on osana, hankintahinta on jo niin korkea, että yksikön käytön edellytyksenä on ympärivuotinen työskentely.

KIRJALLISUUS

- HAKKILA, P., KALAJA, H., SALAKARI, M. & VALONEN, P. 1977. Whole-tree harvesting in the early thinning of pine. Seloste: Kokopuuna korjuu männikön ensiharvennuksessa. Folia For. 333.
- HAKKILA, P., LEIKOLA, M. & SALAKARI, M. 1978. Pienpuuston kasvatusta, talteenotto ja käyttö. Lyhytkiertopuun kasvatusta ja käyttöprojektin loppuraportti. Julk. Suomen itsenäisyyden juhlavuoden 1967 rahasto. Sarja B. N:o 46.
- HEIKKA, T. 1980. Metsähakkeen hankinta ja polttoainekäyttö keskisuurissa laitoksissa. Metsäteknologian laudaturtyö Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksella. Julkaisematon. 116 s.
- HOVILA, P. 1980. Tuotostutkimus TT 1000 TU ja TT 1000 TS hakkureista. Metsäteknologian laudaturtyö

- Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksella. Julkaisematon. 101 s.
- KALAJA, H. 1978. Pienpuun korjuu TT 1000 F paltahakkurilla. Summary: Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F. Folia For. 374.
- KANNINEN, K., UUSVAARA, O. & VALONEN, P. 1979. Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet. Summary: Measuring and properties of whole tree raw-material. Folia For. 403.
- MÄKELÄ, M. 1976. Seulontatuloksia Algol-hakkurin hakkeesta. Metsäntutkimuslaitos. Metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste.
- Nordisk avtale av skoglig arbeidsstudienomenklatur. 1978. Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd.

SUMMARY

The TT 1000 TU chipper chipped at the landing directly into the tractor trailer. The output per production hour was 7,7 m³ in chipping birch whole-trees and 13,9 m³ in chipping tree length birch. Tree size and the condition of the chipper knives affected output strongly. The output was 65 per cent greater in the chipping of whole-trees of over 13 cm in DBH than in the chipping of 2...6 cm whole-trees. The output was 63 per cent greater when chipping with sharp knives than when the knives were dull.

In the chipping of birch whole-tree 90,3 per cent of the chipper operator's time was spent on handling the loader during the chipping phase. The corresponding ratio in the chipping of tree length birch was 80,2 per cent.

The particle size of the chips made by the TT 1000 TU chipper increased with the tree size. The dry weight per unit volume of loose birch whole-tree chips prior to haulage was 179,8 kg/m³ and of chips made of tree length birch 190,8 kg/m³. The settling of whole-tree chips was 4,6 per cent over a haulage distance of 17 km and of tree length chips 6,5 per cent over a distance of 40 km.

The calculated cost of the TT 1000 TU chipper per operating hour was 147 marks (operating time 1,322 h/a) and 172 marks (1,022 h/a) depending on the annual operating time. The corresponding unit costs of chipping were 19,00 marks/m³ and 22,50 marks/m³ in chipping of birch whole-trees and 10,50 marks/m³ and 12,50 marks/m³ in chipping tree length birch.

Whole-trees were chipped with the TT 1000 TS chipper at the landing. The chips were blown into the chipper's own container and tipped into the pallets waiting at the landing.

The average output per production hour was 10,7 m³ in the chipping of whole-trees for all the tree species. On average 91,2 per cent of the chipper operator's working time during the chipping phase was spent on handling the loader. With the TT 1000 TS chipper the production time spent on moving to the chipping site, moving to unloading and unloading totalled 133 cmin/m³, accounting on average for 24 per cent of the production time.

The condition of the knives affected the particle size distribution of the chips. Dulling distinctly reduced the share of long and thick chips.

The dry mass prior to haulage of a unit of loose volume of whole-tree chips made by the TT 1000 TS chipper was 179,6 kg/m³ for birch and 154,7 kg/m³ for pine. The settling of birch whole-tree chips during haulage was 6,1 per cent in the tractor and 7,4 per cent in the trailer loads over a distance of 104...135 km. For pine whole-tree chips the settling was 3,2 per cent in a tractor load over a distance of 70 km.

The calculated cost per operating hour of the TT 1000 TS chipper was 145 marks (2,649 h/a) and 217 marks (1,322 h/a), depending on the annual operating time. The corresponding unit costs in the whole-tree chipping were 13,50 and 20,00 marks/m³.

ODC 363.7
ISBN 951-40-0529-5
ISSN 0015-5543

HOVILA, P. 1981. TT 1000 TU ja TT 1000 TS kokopuuhaakkurit. Summary: TT 1000 TU and TT 1000 TS whole-tree chippers. Folia For. 480:1—20.

A study was made of the output of the TT 1000 TU and TT 1000 TS chippers, the costs of chipping and other aspects closely associated with chipping.

The TT 1000 TU chipper chipped at the landing directly into the tractor trailer. Whole-trees were chipped by the TT 1000 TS at the landing. The chips were blown into the chipper's own container and tipped into the pallets waiting at the landing.

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

ODC 363.7
ISBN 951-40-0529-5
ISSN 0015-5543

HOVILA, P. 1981. TT 1000 TU ja TT 1000 TS kokopuuhaakkurit. Summary: TT 1000 TU and TT 1000 TS whole-tree chippers. Folia For. 480:1—20.

A study was made of the output of the TT 1000 TU and TT 1000 TS chippers, the costs of chipping and other aspects closely associated with chipping.

The TT 1000 TU chipper chipped at the landing directly into the tractor trailer. Whole-trees were chipped by the TT 1000 TS at the landing. The chips were blown into the chipper's own container and tipped into the pallets waiting at the landing.

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

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please, send me following publications (add numbers of the publications on the backside of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



Folia Forestalia _____

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia & tiedusteluja
Remarks & calls for information _____

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 142

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* c/o Joensuun korkeakoulu
c/o Joensuu University
PL 111
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 456 Raitio, Hannu: Pääravinne­lannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinne­pitoisuuksiin ojitetulla lyhytkorsinevalla.
Effect of macronutrient fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog.
- No 457 Huttunen, Terho: Suomen piensahat 1980.
Small sawmills in Finland, 1980.
- No 458 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Länsi-Uudenmaan rannikon mänty­tukkien ominaisuudet eräällä sahalai­toksella.
Properties of pine logs in a coastal sawmill in southern Finland.
- No 459 Kärkkäinen, Matti: Polttopuun rasiinkaadon ja muiden kuivausmenetelmien perusteet.
Foundations of leaf-seasoning and other drying methods of fuelwood.
- No 460 Metsätilastollinen vuosikirja 1980.
Yearbook of Forest Statistics, 1980.
- No 461 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun kylvökokeita Lapissa.
Sowing experiments with *Betula pendula* in Finnish Lapland.
- No 462 Raulo, Jyrki & Rikala, Risto: Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla.
Initial development of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings planted on a forestation site prepared in different ways.
- No 463 Hyppönen, Mikko: Eräiden metsikönkasvatusvaihtoehtojen edullisuus metsähallituksen Pohjois-Suomen metsissä.
Profitability of some stand growing alternatives in the State forests of northern Finland.
- No 464 Harstela, Pertti & Piirainen, Kimmo: Esitutkimus PIKA 75 harvesterin automaatioasteen vaikutuksista tuotokseen, mittaustarkkuuteen ja kuljettajan kuormittumiseen.
Output, accuracy of measuring and strain of the driver at three automation levels of PIKA 75 harvester. A pilot study.
- No 465 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1978–80.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1978–80.
- No 466 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Pitkän puutavaran esijuonto vinttureilla ja hevosella.
Bunching of timber by winches and horse.
- No 467 Hakki­la, Pentti & Kalaja, Hannu: KOPO palahakejärjestelmä.
KOPO block chip system.
- No 468 Vuokila, Yrjö: Nuoren männikön kasvureaktio ensiharvennuksen jälkeen.
The growth reaction of young pine stands to the first commercial thinning.
- No 469 Rummukainen, Ukko & Voipio, Pekka: Ahavan tuhot kuusentaimissa Suonenjoen taimitarhalla keväällä 1978.
Winter wind damage on Norway spruce seedlings at Suonenjoki seedling nursery in spring 1978.
- No 470 Hallaksela, Anna-Maija & Nevalainen, Seppo: Juurikäävän torjunta urealla kuusen­kannoissa.
Control of root rot fungus (*Heterobasidion annosum*) by treating Norway spruce stumps with urea.
- No 471 Eeronheimo, Olli: Metsähakkeen hankinta ja käyttö metsäteollisuudessa. Tilanne keväällä 1980.
Delivery and use of forest chips in forest industry. Situation in spring 1980.
- No 472 Nisula, Pentti: Herbisidilaitteilla varustettu raivaussaha voimajohtojen johtoaukeiden raivauksessa.
Use of a clearing saw equipped with a herbicide device in the clearing of power grid lines.
- No 473 Saastamoinen, Olli & Sievänen, Tuija: Keravan ja Rovaniemen lähimetsien ulkoilukäytön ajallinen vaihtelu.
Time patterns of recreation in urban forests in two Finnish towns.
- No 474 Sirén, Matti: Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa.
Stand damage in thinning operations.
- No 475 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1980.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1980.
- No 476 Jalkanen, Risto: Harmaakariste männyn­llä. Kirjallisuuskatsaus.
Lophodermella sulcigena on pines. A literature review.
- No 477 Veijalainen, Heikki: Hivenlannoituksen vaikutus istutus­männikön kehitykseen turvemaalla.
Long-term responses of Scots pine to micronutrient fertilization on acid peat soil.
- No 478 Kellomäki, Seppo & Tuimala, Aili: Puuston tiheyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä.
Effect of stand density on branchiness of young Scots pines.
- No 479 Saramäki, Jussi & Valtanen, Eila: Toistuvan typpilannoituksen vaikutus nuoren metsikön rakenteeseen ja kehitykseen.
The effect of repeated nitrogen fertilization on the structure and development of the young pine and spruce stands.
- No 480 Hovila, Pekka: TT 1000 TU ja TT 1000 TS kokopuu­hakkurit.
TT 1000 TU and TT 1000 TS whole-tree chippers.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappale­tilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomoni­steita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.