

FOLIA FORESTALIA 668

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1986

OLLI UUSVAARA

SAHANHAKKEEN PAINOMITTAUS

WEIGHT SCALING OF SAWMILL CHIPS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyysönen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

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 kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkoikeita 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 ten 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 668

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1986

Olli Uusvaara

SAHANHAKKEEN PAINOMITTAUS

Weight scaling of sawmill chips

Approved on 19.9.1986

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO	4
21. Tutkimusmenetelmä	4
22. Tutkimusaineisto	4
3. TUTKIMUSTULOKSET	6
31. Hakkeen kosteus ja irtotilavuusyksikön tuoremassa	6
32. Irtotilavuusyksikön kuivamassa ja hakemääriä ilmaiseva muuntokerroin	7
33. Otoksen koko	9
34. Tulosten tarkastelu	11
35. Sahanhakkeen massan mittaaminen käytännössä	14
KIRJALLISUUS — REFERENCES	15

UUSVAARA, O. 1986. Sahanhakkeen painomittaus. Abstract: Weight scaling of sawmill chips. *Folia Forestalia* 668. 15 p.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää massan perusteella tapahtuvassa sahanhakkeen mittauksessa (painomittauksessa) tarvittavan hakkeen tilavuusyksikön kuivamassa ja hakemääriä ilmaisevat kertoimet. Neljälle eri tehtaalle helmi-, huhti- ja kesäkuun aikana tulleet hakekuormat punnittiin. Otantakuormista mitattiin hakekuorman tarkka tilavuus sekä otettiin kuiva-ainenäytteet. Kuormia punnittiin yhteensä 5191 kpl, joista 1811 oli tarkemmin analysoituja koekuormia.

Mänty-, kuusi- ja sekahakkeen kuivamassa irtotilavuusyksikköä kohti oli 153, 143 ja 154 kg sekä koko aineiston keskiarvona 152 kg/m³. Ottaen huomioon pitkän ajan mänty- ja kuusisahauksen suhteet päädyttiin kuivatonnista haketta saatavaksi keskimääräiseksi hakemääräksi suosittelemaan 6,72 m³. Käytännön painomittausmenetelmää varten laadittiin kuiva-ainenäytteiden perusteella ajoneuvokuormien lukumääristä riippuvat koekuormien otossuhteet.

The purpose of the study was to determine the volume unit dry weight needed for measurement of sawmill chips (weight measurement) and the conversion factors to indicate chip quantities. Chip loads delivered to four mills during February, April, and June were weighed. The exact volume of the sample loads was calculated and dry matter samples were taken. A total of 5191 loads were weighed. Of these, 1811 loads were treated as sample loads and subjected to closer analysis.

The dry weight of pine, spruce and mixed chips per loose volume unit was 153, 143, and 154 kg, the average for the whole being 152 kg/m³. Taking into account the long term relation of pine and spruce sawing, a decision was made to recommend the figure 6.72 m³ as the average available quantity of chips per dry tonne. For purposes of practical weight scaling, sampling relationships based on the number of truck loads were set on the basis of the dry matter samples.

Keywords: dry weight, weight measurement

ODC 526.1 + 832.18 + 839.8 + 861.0

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Technology, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

ISBN 951-40-0750-6
ISSN 0015-5543

Helsinki 1986. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Sahanhakkeen kaupallisen määrän mittaaminen massan (painon) perusteella nykyisin lähes pelkästään käytössä olevan irtotilavuusmittauksen sijasta on ollut jo kauan etenkin haketta tutkivien laitosten ja yhdistysten tavoitteena. Vuosina 1967—72 toiminut haketutkimustoimikunta asetti myös jo alun perin päämääräksi hakkeen mittauksessa painomittaukseen siirtymisen (Sahanhake ja paperipuuhake . . . I, 1969, Sahanhake ja paperipuuhake . . . II, 1972).

Haketutkimustoimikunnan aloitteesta tehtiin useita sahanhakkeen laatua, massasaantoa ja kuitupuu- ja sahanhakkeen välisiä arvosuhteita koskevia selvityksiä (mm. Hakkila 1972, Pekkala 1972, Saukkonen 1972, Uusvaara 1972b). Arvosuhteet perustuivat tutkimuksiin, joiden päämääränä oli selvittää ennenkaikkea sahanhakkeen massa ja siihen vaikuttavat tekijät mahdollisimman laajasti koko maassa (Uusvaara 1969 ja 1972a).

Tietyn hakemäärän ja irtotilavuusyksikön massa riippuu puun kosteudesta, puuaineen massasta sekä hakkeen tiiviyydestä. Hakkeen tiiviyyteen sekä puuaineen massaan yhtäkaaa vaikuttavien lukuisten tekijöiden vuoksi irtotilavuutena mittaaminen on merkittävästi massan mittausta epävarmempaa. Sahatukien ja niiden pintapuusta tehdyn hakkeen usein verrattain suuren kosteusvaihtelun vuoksi hakkeen massan mittauksen täytyy perustua tietyn erän kuivamassan mittaukseen. Sahanhakkeen käsittelystä ja mittauksesta tehtyjen kokonais selvitysten pohjalta edellytykset tällaiseen mittaukseen ovat periaatteessa olemassa (Uusvaara ja Heiskanen 1975). Massa voidaan tarvittaessa muuntaa edelleen tilavuusyksiköiksi tutkimuksiin perustuvien lukujen avulla.

Puutavaran mittauksen kehittämiseksi on jo pitkään kaivattu rationaalisia massa perustuvia tehdasmittauksia (mm. Leinonen ja Pullinen 1971). Puuaineen ominaisuuksien ja kosteuden homogeneisuuden johdosta hake ja puru ovat massa-artikkeleita, joihin massa perustuva mittaus on eri puutavaralajeista parhaiten sovellettavissa. Hake- ja purukuormista on näet kuiva-ainepitoisuus yleensä selvitettävissä luotettavasti jo pienellä

näytelmäärällä (Uusvaara 1978). Sahanpuru on teknisiltä ominaisuuksiltaan paljon sahanhakkeen kaltainen (Uusvaara 1974a), joten se soveltuisi myös hyvin massan mittaukseen mikäli sen kaupallinen arvo olisi nykyistä parempi.

Vaikka massan mittaus on periaatteessa selkeä ja perusteiltaan luotettava mittausmenetelmä, on siinä edelleen joitakin heikkouksia. Menetelmä vaatii hyvän vaakakaluston kuormien punnitukseen. Perinteinen uuni-kuivaus kosteusmäärityksissä on tarkka mutta verrattain hidas ja työvaltainen menetelmä. Vaikka jonkin verran kokeita onkin tehty kosteusmääritysten parantamiseksi (mm. Halinen ym. 1984), näytteenoton ja kosteusmäärityksen metodiikan kehittäminen on vielä kesken.

Myös Ruotsissa on viime aikoina kiinnitetty suurta huomiota sahanhakkeen laatuun, mittaus- ja kuljetusteknisiin kysymyksiin sekä hakkeen mittauksen kehittämiseen (Nylinder 1982a, 1982b, 1982c, 1982d). Naapurimaassamme, jossa puuta käyttävän teollisuuden rakenne ja olosuhteet ovat paljolti Suomeen verrattavissa, sahanhaketta koskevat tutkimustulokset ja niiden soveltamismahdollisuudet tukevat hyvin Suomessa saatuja vastaavia tuloksia.

Hakkeen valtakunnallisissa hintasuositusneuvotteluissa hankintakaudella 1982—1983 käsiteltiin painomittauksen käyttöä tilavuusmittauksen vaihtoehtona. Voimassaolevissa laatu- ja mittausohjeissa on hyväksytty molemmat mittaustavat, mutta käyttökelpoiset, massan mittaamiseen soveltuvat ohjeet ovat puuttuneet.

Kesän 1982 hakeneuvotteluissa hakekaupan osapuolet sopivat, että hakkeen mittaamisesta painon mukaan tullaan tekemään valtakunnallinen kokeilu. Kokeilun käynnisti vuonna 1983 työryhmä, johon kuuluivat edustajat Metsäntutkimuslaitoksesta, Metsätehosta, Suomen Sahanomistajayhdistyksestä, Teollisuuden Puuyhdistyksestä ja Suomen Sahat ry:stä. Tutkimuksen suunnittelu ja tulosten kirjoittaminen tehtiin Metsäntutkimuslaitoksessa ja laskenta Metsätehosta. Kenttätyöt suoritettiin vuonna 1983 ja niiden poh-

jalta laadittiin ennakkotietoraportti (Uusvaara 1984). Oheinen julkaisu perustuu pääosin tähän raporttiin.

Tutkimuksen tärkein tavoite oli selvittää hakekauppaa varten massan perusteella tapahtuvassa mittauksessa tarvittava hakkeen tilavuusyksikön kuivamassa ja sen avulla laskettavat hakemääriä ilmaisevat kertoimet. Näiden muuttujien sekä toimittajakohtaisten hakekuormien lukumäärän avulla pyrittiin määrittämään kuiva-ainenäytteiden otossuhteet.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

21. Tutkimusmenetelmä

Jotta voitaisiin selvittää hakkeen ominaisuuksien vuotuiset keskiarvot ja mahdollisesti vuodenajan vaikutus niihin, aineistoa kerättiin eri vuodenaikoina kesäkuussa, huhtikuussa ja talven pakkaskaudella helmikuussa. Tutkimuspaikoiksi valittiin neljä sellutehdasta, joista kolme sijaitsi Etelä-Suomen alueella ja yksi Pohjois-Suomessa. Valintaperusteena oli vieraitten hake-toimittajien riittävä lukumäärä, yritysten tuotannon määrän riittävä jakauma sekä toisaalta tehtaitten vastaanoton tekninen valmius koemittauksiin, so. autovaaka ja autoklaavi.

Menettelyllä pyrittiin aineistoon, joka olisi monipuolinen materiaalin ominaisuuksien ja hakkeen valmistus-, kuljetus- ja käsittelyolojen vaihtelun kannalta. Useimmille Suomen sellutehtaille suunnatun kyselyn perusteella koetehtaisiksi valittiin Etelä-Suomen alueelta Metsäliiton Teollisuus Oy, Äänekoski, Rauma-Repola Oy, Rauma ja Sunila Oy, Sunila sekä Pohjois-Suomesta Oulu Oy, Nuottasaaren tehtaat.

Hakkeen toimittajilta tiedusteltiin kyselyn avulla ennen kenttätöiden aloittamista aineistoon liittyviä perustietoja, jotka koskivat raaka-aineen ja hakkeen käsittelyä sekä hakkeen valmistuksessa ja käsittelyssä käytettäviä koneita ja menetelmiä. Kokeilun käytännön suoritus niveltettiin normaalin tehtailla tapahtuvaan hakekuormien punnitukseen, mittaukseen ja hakenäytteiden ottoon laaditun ohjeen mukaisesti.

Kaikki kunkin tutkimuskauden aikana tehtaille normaalilla kuljetuskalustolla (kuva 1) toimitetut hakekuormat punnittiin ja niiden tilavuus todettiin normaalin hakkeen vastaanottokäytännön mukaisesti. Osa kuormista otettiin koekuormiksi tarkempia tutkimuksia varten. Niiden teoreettiset otosprosentit määräytyivät aiemmissa tutkimuksissa saatujen irtotilavuusyksikön kuivaan massaan liittyvien tunnuslukujen (Uusvaara 1978) sekä eri sahojen arvioimien kuljetusmäärien eli kuormien lukumäärien perusteella. Otosprosenttien laskennassa käytettiin mänty- ja kuusihakkeen yhteisenä kuivamassana ja keskihajontana 150 kg ja 8,7 kg/m³.

Työryhmän jäseninä toimivat kirjoittajan lisäksi Aarne Elovainio Metsätehosta, Olavi Määttä Suomen Sahanomistajayhdistyksestä, Heikki Lindroos Teollisuuden Puuyhdistyksestä sekä Ilkka Pöyhönen Suomen Sahat ry:stä. Aineiston keruu ja kenttätöiden valvonnan hoiti Tauno Oittinen työryhmineen. Laskentatyöt teki Pekka Klemola Metsätehosta, konekirjoituksen Maija Tuuri ja käsikirjoituksen julkaisukuntoon saattamisen Pirkko Kinanen ja Raija Siekinen. Käsikirjoituksen lukivat professori Pentti Hakkila ja MMT Pertti Harstela. Edellä mainituille sekä koetehtaitten lukuisille tutkimuksessa auttaneille henkilöille lausun parhaat kiitokseni.

Koekuormista mitattiin tarkka tilavuus kuormatilan mittojen ja hakekuorman korkeuden perusteella sekä otettiin kuiva-ainenäyte useissa eri tutkimuksissa käytetyllä, jo vakiintuneella menetelmällä (mm. Uusvaara 1972a, 1978, Uusvaara ja Heiskanen 1975). Mittaustyön ja kuiva-ainenäytteiden laboratorioikäsittelyn suoritti koetehtaitten henkilökunta Metsäntutkimuslaitoksen ohjeiden mukaan ja valvonnassa.

Kuormien tilavuuden ja kuiva-ainemäärän perusteella laskettiin irtotilavuusyksikön kuivamassa sekä muun- tokerroin, joka ilmaisee yhtä kuivatonta kohti saatavan hakemäärän irtotilavuusyksikköinä.

Tutkimuksen eräänä päämääränä oli määrittää saatujen tulosten pohjalta kussakin yksittäistapauksessa tarvittava otoksen suuruus, joka riippuu olennaisesti perusjoukon koosta, perusjoukon alkioiden hajonnasta sekä asetetusta tarkkuusvaatimuksesta. Näytteen koko laskettiin seuraavalla Lönnerin (1966) esittämällä kaavalla (vrt. myös Leinonen ja Pullinen 1971).

$$n = \frac{Nd^2 \times S^2}{Nd^2 + t^2 S^2} \quad \text{jossa}$$

N = populaation alkioiden lukumäärä

t = todennäköisyystasoa vastaava t-jakauman arvo

S = keskihajonta (variaatiokerroin)

$$d = \frac{\text{luotettavuusväli}}{2}$$

22. Tutkimusaineisto

Aineistoa kertyi kolmen koekuukauden aikana neljältä tehtaalta yhteensä 5 191 punnittua kuormaa, joista 1 811 oli tarkemmin analysoituja koekuormia. Koekuormat jakautuivat tehtaitten kesken eri tutkimuskautena seuraavasti:



Kuva 1. Hake pyritään kuljettamaan täysperävaunullisilla kuorma-autoilla etenkin pitkiltä etäisyyksiltä. Auton kuormatilavuus on 101 m³ irtotilavuutta. (Kuva H. Kalaja).

Fig. 2. Full-trailer trucks are used for chip transport particularly where haulage distances are great. The truck loads 101 m³ loose volume. (Photo H. Kalaja).

Tehdas	Helmikuu	Huhtikuu	Kesäkuu	Yhteensä
		Kuormia, kpl		
Sunila Oy, Sunila	143	190	232	565
Rauma-Repola Oy, Rauma	143	212	228	583
Metsäliitto Oy, Äänekoski	88	77	58	223
Oulu Oy, Oulu	112	148	180	440
Yhteensä	486	627	698	1 811

Aineisto edustaa hyvin kyseisten tehtaiden koko vuoden hakekuljetuksia. Koko maata ajatellen tutkittu materiaali oli kuitenkin puulajijakaumaltaan selvästi mäntyvoittoinen. Kaikista kuormista oli mänty-, kuusi- ja sekahakkeen osuus 4 042 (77,9 %), 497 (9,6 %) ja 652 (12,6 %) kuormaa.

Hakkeen kuljetusmatkat olivat eri käyttäjätehtailla hyvin samankaltaiset lukuunottamatta Oulua, jossa matka oli muihin paikkakuntiin nähden lähes kaksinkertainen. Kuljetusmatkat olivat sahalaistosten keskiarvoina seuraavat. Asetelmissa on nähtävissä myös tutkimuksen alkaessa toiminnassa olevien sahojen lukumäärä sekä normaalisti haketta kuljettavien sahojen kokonaismäärä (suluissa).

Tehdas	km	Sahoja, kpl
Sunila	57	6 (13)
Rauma-Repola	78	13 (18)
Metsäliitto	77	8 (12)
Oulu	144	9 (12)

Kaikki aineiston käsittämä hake oli kuoritusta puusta valmistettua keittohaketta. Valtaosalla sahalaistoksista oli kuorimakoneena Cambio 66 AA tai VK 26. Käytetty seulakalusto oli hyvin kirjavaa eikä keskittymistä määrättyyn seulamerkkiin voitu havaita. Ylä- ja alaseulojen reikien halkaisijat olivat 32–45 ja 5–10 mm. Myös hakkurimerkkejä oli runsaasti; yhteensä esiintyi 20 eri mallia. Noin puolet sahalaistoksista keskittyi kolmeen hakkurimerkkiin: Karhula 2000 S, Bruks 1500 M tai Kockums 670-56 CC.

Hakkeen kuormaus tapahtui ylivoimaisesti yleisimmän kasasta kuormajaa käyttäen (73 %) tai siilosta auton kuormatilaan (27 %). Pelkkahaketta sekoitettiin normaalin hakkeen joukkoon viidellä sahalaistoksella, joista yhdellä pääosa hakkeesta oli pelkkahaketta (90 %), yhdellä vain vähäinen osa (20 %) ja muilla noin puolet.

Sahatukien varastoinnissa käytetyt menetelmät tai hakkeen kosteutta kuvaavat laatuominaisuudet esiintyivät eri sahalaistoksilla seuraavissa suhteissa. Mainittakoon, että varastointitavat eivät sahalaistosten sisällä vaihdelleet juuri lainkaan vuodenajan mukaan.

	Kpl	%
Metsätuore hake	5	15
Maavarastointi	19	56
Vesivarastointi	1	3
Yhdistetty vesi-maavarastointi	6	17
Kuiva tasauspätkä tai höylänlastu	3	9

3. TUTKIMUSTULOKSET

31. Hakkeen kosteus ja irtotilavuusyksikön tuoremassa

Sahanhakkeen kosteus riippuu etupäässä sahatukkien varastoimistavasta sekä tukkien ja hakkeen muusta käsittelystä. Kosteus ja puulaji ovat tärkeimmät hakkeen painoon eli irtotilavuusyksikön massaan vaikuttavat tekijät. Mikäli tukkien varastoimistapa on suunnilleen sama, mäntyhake on puuaineen tiheyden vuoksi painavampaa kuin kuusihake. Tämä ilmenee taulukosta 1, jossa esitetään hakkeen kosteus ja tilavuusyksikön tuoremassa puulajeittain ja varastointitavoittain. Keskimääräisistä massoista on jätetty pois kosteudeltaan poikkeukselliset tasauspätkät ja höylänlastut.

Jos tarkastellaan keskimääräisiä massoja, puulajien välillä ei ole sanottavia painoeroja. Muista hakelajeista painoltaan selvästi poikkeavan ryhmän muodostavat kuivista tasauspätkistä tehty hake ja höylänlastut, joiden kosteus ja tuoremassa eroavat myös merkittävästi aineiston keskiarvosta. Tarkasteluun tuo kuitenkin epävarmuutta se, että männyn ja kuusen joukossa on usein sekoituneena toista puulajia.

Kosteudeltaan ja massaltaan selvästi muita hakkeita alhaisempina erottuvat erikoishakkeet kuten kuivat tasauspätkät ja höylänlastut. Maavarastoiduista tukeista peräisin oleva hake on kevyempää kuin tuoreesta puusta ja varsinkin käsittelyn jossakin vaiheessa vedessä säilytettyistä tukeista valmistettu hake.

Taulukko 1. Hakkeen kosteuden ja irtotilavuusyksikön tuoremassan riippuvuus raaka-aineen varastointitavasta tai hakelajista. Arvojen tilastollinen vertailu aineiston keskiarvoon t-testillä.

Table 1. The relationship of the moisture content of the chips and the green weight of the loose volume unit to the type of storage or chip species. Statistical comparison to the average by t-value.

Varastoimistapa Method of storage	Kosteus, % Moisture content, %			Tuoremassa, kg/m ³ Green weight, kg/m ³		
	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n
Mäntyhake — Pine chips						
Metsätuore — Forest storage	56*	2,8	231	361***	21,2	518
Maavarasto — Land storage	54	6,4	720	341***	44,1	1 733
Vesivarasto — Water storage	57	2,6	38	351	28,5	140
Maa-vesivarasto — Land-water storage	56	3,7	156	338***	36,6	1 004
Vesi-maavarasto — Water-land storage	58*	3,3	29	360***	29,1	87
Maa-vesi samanarv. — Land-water equal	57*	1,8	45	405***	10,6	76
Tas.pätkät, höylänlastut — End cuttings, shavings	25***	12,7	116	225***	40,5	484
Yhteensä — Total	55	6,4	1 219	345	40,9	3 558
Kuusihake — Spruce chips						
Metsätuore — Forest storage	57	2,8	99	351***	24,5	210
Maavarasto — Land storage	58	2,5	86	330***	33,2	256
Vesi-maavarasto — Water-land storage	58	2,8	14	344	28,9	30
Yhteensä — Total	57	2,7	199	340	30,9	497
Sekahake — Mixed chips						
Metsätuore — Forest storage	55	3,0	126	348	21,9	265
Maavarasto — Land storage	55	2,9	143	342	39,7	351
Vesi-maavarasto — Water-land storage	58	2,7	5	372***	23,6	13
Tas.pätkät, höylänlastut — End cuttings, shavings	55	3,0	274	345	33,3	631

Taulukko 2. Hakkeen kosteus ja irtotilavuusyksikön tuoremassa koekausittain ja paikkakunnittain.

Table 2. Moisture content of the chips and the green weight of the loose volume unit by test period and locality.

Paikkakunta Locality	Kosteus, % Moisture content, %			Tuoremassa — Green weight kg/m ³		
	\bar{x}	s	n	Kaikki kuormat All loads		Koeuormat Sample loads \bar{x}
				\bar{x}	n	
Helmikuu — February						
Sunila	49	15,3	147	318 ± 142	543	317 ± 156
Rauma-Repola	58	1,6	140	361 ± 54	424	365 ± 34
Metsäliitto	56	2,4	88	363 ± 51
Oulu	54	9,8	113	348 ± 87	405	353 ± 94
Yhteensä — Total	54	10,3	488	341 ± 109	1 460	347 ± 108
Huhtikuu — April						
Sunila	51	13,7	197	317 ± 142	529	320 ± 141
Rauma-Repola	57	2,1	212	357 ± 54	526	361 ± 34
Metsäliitto	57	2,1	77	352 ± 45	208	358 ± 49
Oulu	54	9,9	152	347 ± 86	487	358 ± 84
Yhteensä — Total	54	9,5	638	341 ± 102	1 750	347 ± 99
Kesäkuu — June						
Sunila	48	14,4	232	302 ± 129	607	303 ± 136
Rauma-Repola	53	3,1	228	331 ± 55	584	335 ± 33
Metsäliitto	55	3,1	58	322 ± 53	205	326 ± 54
Oulu	53	7,9	184	324 ± 81	585	337 ± 74
Yhteensä — Total	52	9,7	702	319 ± 48	1 981	324 ± 95
Kaudet yhteensä Seasons total	53	9,9	1 828	333 ± 103	5 191	338 ± 102

On kuitenkin merille pantavaa, että vaikka vesivarastoidun puun kosteus on suurempi kuin maalla säilytetyn puun kosteus, sen tuoremassa saattaa kuitenkin olla pienempi alhaisen tiiviynen tai puuaineen tiheyden vuoksi.

Hakkeen talvi- ja kevätkauden kosteus ja tuoremassa eivät sanottavasti eronneet toisistaan, mutta kesäkaudella arvot laskivat merkittävästi. Syynä tähän on ilmeisesti etenkin hakkeen kuivahtaminen käsitellyn eri vaiheissa (taulukko 2).

Ilmakuivan erikoishakkeen kosteus on noin 5 % alhaisempi kuin tavallisen sahanhakkeen kosteus. Kaikkien kuormien ja koeuormien massat ovat hyvin lähellä toisiaan (eron vaihtelu 2—12 kg/m³), mutta tarkan mittauksen läpikäyneet koeuormat ovat kuitenkin systemaattisesti painavampia kuin normaalikuormat. Koska punnitustulos ilmeisesti on kaikissa tapauksissa oikein, ero johtunee kuorman tilavuuden lievästä silmämääräisestä yliarvioinnista. Ero on keskimäärin 5 kg/m³ eli 1,5 prosenttiyksikköä, joten mittaustulosta voidaan pitää tarkkana.

Kaikkien koeuormien kosteudet ja tuoremassat luotettavuusrajoineen olivat seuraavat.

	Kosteus, %	Tuoremassa, kg/m ³
Helmikuu	54 ± 20,2	347 ± 108,2
Huhtikuu	54 ± 18,6	347 ± 98,8
Kesäkuu	52 ± 19,0	324 ± 94,9

Hakkeen kuivahtaminen kesäaikana ilmenee myös taulukosta 3, josta nähdään koeuormien tuoremassa puulajeittain eri koekausina. Mänty- ja kuusihake olivat kesällä 25—30 kg/m³ kevyempiä kuin talvella, kun taas puulajien välinen painoero oli noin 10 kg/m³.

32. Irtotilavuusyksikön kuivamassa ja hakemääriä ilmaiseva muuntokerroin

Taulukossa 4 esitetään hakkeen irtotilavuusyksikön kuivamassa ja sitä vastaava muuntokerroin koepaikkakunnittain ja koekausittain. Muuntokerroin ilmaisee kuivatonnista haketta saatavan hakemäärän irtotilavuusyksiköissä. Taulukon esittämät massan vaihtelurajat ovat eri sahalaitosten keskimääräisten hakkeen massojen ääriarvoja.

Taulukko 3. Koekuormien irtotilavuusyksikön tuoremassa puulajeittain ja koe-kausittain.

Table 3. Green weight of the loose volume unit of the sample loads by tree species and test period.

Puulaji Species	Tuoremassa, kg/m ³ — Green weight, kg/m ³							
	Helmikuu February		Huhtikuu April		Kesäkuu June		Yhteensä Total	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Mänty — Pine	347	60,3	344	57,0	322	54,7	336	58,1
Kuusi — Spruce	359	23,0	351	19,8	328	23,8	345	26,1
Seka — Mixed	338	48,5	361	14,9	334	16,9	344	32,1
Yhteensä — Total	347	55,2	348	50,3	324	48,3	339	52,1

Taulukko 4. Irtotilavuusyksikön kuivamassa ja sitä vastaava muuntokerroin paikkakunnittain ja koekausittain.

Table 4. Dry matter of the loose volume unit and corresponding conversion factor by locality and test period.

Paikkakunta Locality	Kuiva-aine — Dry matter			Vaihtelurajat Range of variation	Kerroin Conversion factor	T-arvo — T-value Vert.arvo ¹⁾ Comparison value	Keskiarvo Mean
	x	s	n				
				Helmikuu — February			
Sunila	151	12,3	117	129 — 164	6,61	0,19	2,81***
Rauma	154	9,3	140	141 — 162	6,49	2,27*	0,48
Äänekoski	157	11,6	88	139 — 170	6,39	3,33***	1,56
Oulu	157	8,3	102	150 — 162	6,35	4,55***	2,44**
Yhteensä — Total	155	10,7	447	129 — 170	6,46	3,18***	0,11
				Huhtikuu — April			
Sunila	150	16,6	167	131 — 171	6,65	0,31	4,04***
Rauma	157	10,5	212	138 — 166	6,38	4,50***	2,54*
Äänekoski	153	10,7	77	146 — 160	6,54	1,11	1,19
Oulu	159	8,8	141	148 — 170	6,29	6,09***	4,26***
Yhteensä — Total	155	12,6	597	131 — 174	6,45	3,17***	0,79
				Kesäkuu — June			
Sunila	151	14,7	198	131 — 172	6,63	0,14	4,07***
Rauma	156	9,3	227	150 — 170	6,39	4,64***	2,29*
Äänekoski	147	11,2	56	139 — 161	6,78	1,82	4,33***
Oulu	157	10,7	176	143 — 174	6,38	4,35***	2,43*
Yhteensä — Total	154	12,1	657		6,49	2,54**	0,84
Kaudet yht. — Seasons total	154	11,9	1 701		6,47		

¹⁾ Vertailu hakkeen irtotilavuusyksikön kuivamassaan 150,0 kg/m³ (Uusvaara 1978)
Comparison with the dry weight per loose volume 150.0 kg/m³ (Uusvaara 1978)

Irtotilavuusyksikön massa on alhaisin Äänekosken kesäkuun aineistossa, mikä johtuu toisaalta kuusen suuresta osuudesta hakkeessa sekä yhden huomattavan hakkeen toimittajan lähes pelkästään pelkkahaketta sisältävistä kuormista. Pienet pelkkahakeosuudet eivät alentaneet hakkeen tiiviyyttä, mutta mikäli pelkkahakkeen sekoitussuhde tavalliseen hakkeeseen oli vähintään 50 %, se pienensi hakkeen tiiviyyttä ja kuivamassaa noin 2 %. Verrattain suppea pelkkahakeaineisto osoitti, että pelkkahakkeen aiheuttama massan pieneminen voi olla kuitenkin parhaimmillaan jopa 10 prosenttiyksikön luokkaa.

Nylinderin (1982c) mukaan puhdas pelkkahake pienensi ruotsalaisissa tutkimuksissa tilavuusyksikön massaa noin 6 % ja pelkkahakesekoitus noin 3 %.

Sunilan koetetaan hake oli kaikkina koekausina huomattavasti keskiarvoa kevyempää, mikä johtui kuivasta taseuspätkähakkeesta sekä parrunveistohakkeen merkittävästä osuudesta.

Vaikka tuoremassa aleni talvesta kesäkauteen siirryttäessä, kuivamassa pysyi kaudesta toiseen Äänekosken aineistoa lukuun-

Taulukko 5. Irtotilavuusyksikön kuivamassa, puuaineen kuiva-tuoretiheys sekä hakkeen tiiviys paikkakunnittain ja puulajeittain.

Table 5. Dry matter of the loose volume unit, basic density of the wood material, and solid volume of the chips by locality and tree species.

Paikkakunta Locality	Kuivamassa, kg/m ³ Dry weight, kg/m ³		Kuiva-tuoretiheys, kg/m ³ Basic density, kg/m ³		Tiiviys, % Solid volume, %	
	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce
Sunila	150	140	415	385	36,1	36,4
Rauma	159	149	415	385	38,3	38,7
Äänekoski	158	141	415	385	38,1	36,6
Oulu	157	154	410	385	38,3	40,0
Yhteensä — Total	154	145	413	385	37,3	37,7

ottamatta lähes muuttumattomana. Vuoden-aika ei siis vaikuta irtotilavuusyksikön painoon. Esimerkiksi mäntyhakkeen kuivamassa oli helmi-, huhti- ja kesäkuussa sekä kaikkien kausien keskiarvona 154, 155, 154 ja 155 kg/m³.

Hakkeen irtotilavuusyksikön kuivamassan koko koeaineiston keskiarvo oli 154 kg/m³, keskihajonta 11,9, variaatiokerroin 7,7 sekä vastaava muuntokerroin 6,47. Kaikkien tutkimuspaikkojen ja -kausien keskimääräinen massa luotettavuusrajoineen oli 154 ± 23 kg/m³. Suurin osa kuivamassan vaihtelusta aiheutui puulajista sekä kuusimäntysuhteen muutoksista. Männyn vaikutus tuloksiin oli suurin, sillä mänty-, kuusi- ja sekahakkeen osuudet koekuormista olivat 1324 (73 %), 184 (10 %) ja 302 (17 %) kappaletta. Koekuormien massat olivat puulajeittain eri koetehtailta seuraavat.

	Mänty		Kuusi		Seka		Kaikki	
	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n
Sunila	150	552	140	4	153	20	150	576
Rauma	159	225	149	113	156	224	156	580
Äänekoski	158	124	141	67	157	32	153	223
Oulu	157	434	154	15	157	449
Yhteensä	154	1 335	147	199	156	294	154	1 828

Tutkimukseen kuuluneilla hakkeen vastaanottajatehtailta mitatut koko aineiston irtotilavuusyksikön massat ja niitä vastaavat muuntokertoimet olivat puulajeittain seuraavat. Sekahakkeeksi ilmoitetun hakkeen suuri massa osoittaa, että se on ollut puulajiltaan etupäässä mäntyä.

Puulaji	kg/m ³	Kerroin
Mänty	153,1	6,53
Kuusi	143,2	6,98
Sekahake	154,1	6,48
Keskimäärin	151,6	6,60

Kun otetaan huomioon, että sekä mäntyettä kuusihakekuormat ovat usein sisältäneet jonkin verran myös toista puulajia tai puulajin ilmoituksessa on tapahtunut virhe, on mänty- ja kuusihakkeen massojen ero tilavuusyksiköltä sekä oheisen että aikaisempien tutkimusten mukaan (Uusvaara 1969 ja 1972a) noin 15 kg.

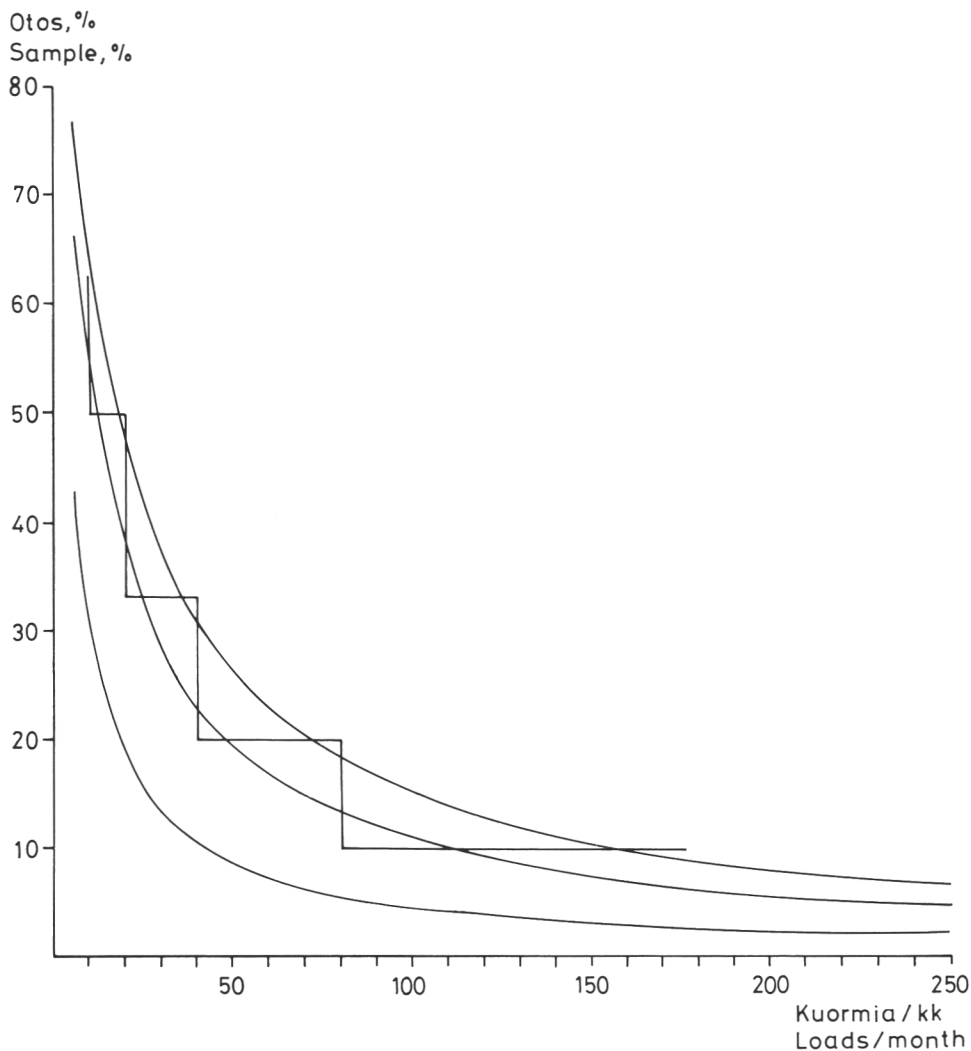
Hakkeen keskimääräinen kuivamassa oli edellä esitetyn asetelman mukaan myös hyvin lähellä aiemmissä tutkimuksissa saatua arvoa 151,0 kg/m³, joka tässä kokeilussa asetettiin tarkistettavaksi vertailuarvoksi.

Taulukossa 5 esitetään mänty- ja kuusihakkeen irtotilavuusyksikön kuivamassa sekä niitä vastaavat kiintotilavuusyksikön massat (kuiva-tuoretiheys) ja kuormien tiiviyydet tehtaittain. Männyn ja kuusen kuiva-tuoretiheydet perustuvat Hakkilan (1968 ja 1979) tutkimuksiin puuaineen kuiva-tuoretiheyden vaihtelusta maan eri osissa.

Tiiviyydet ovat alhaisempia kuin tähän asti keskimääräisinä lukuina käytetyt (Uusvaara 1972a). Tähän ovat saattaneet vaikuttaa hakkeen laadussa tapahtuneet muutokset sekä toisaalta tiestön ja kuljetuskaluston parantuminen joihin viitataan tulosten tarkastelun yhteydessä (sivu 13). Merkillä pantavaa on myöskin, että useimmilla sahalaitoksilla autot kuormattiin kauhakuormaajalla, kun aiemmin sen sijaan yleisin täyttötapa oli hakkeen pudotus siilosta.

33. Otoksen koko

Kuiva-ainenäytteen otto ei ole aina tarpeen joka kuormasta, vaan näytteiden määrä riippuu toimittajakohtaisesti ja kausittaisesti



Kuva 2. Hakekuormien otoksen riippuvuus hakkeen kuukausittaisesta toimitusmäärästä. 1 = hajonta pieni, variaatiokerroin 3,41, 2 = hajonta normaali, variaatiokerroin 5,53, 3 = hajonta suuri, variaatiokerroin 6,76.

Fig. 2. The relationships of chip load samples to monthly deliveries. 1 = standard deviation small, variation factor 3.41, 2 = deviation normal, factor 5.53, 3 = deviation great, factor 6.76.

sahausten suuruudesta ja siten esimerkiksi kuukauden aikana toimitettujen hakekuormien määrästä. Otoksen kokoon vaikuttavat tietyn ajanjakson aikana toimitettujen kuormien määrän lisäksi tarkasteltavan muuttujan hajonta, estimointimenetelmä sekä menetelmän tarkkuusvaatimus.

Massan mittauksessa kuiva-ainenäytteet on otettava sahaakohtaisesti toimitusmäärästä riippuen. Puutavaran mittaussääntöissä ei ole mainintaa mittauksen tarkkuusvaatimuksesta. Meillä sekä Ruotsissa puutavaran paino-otantamittauksissa on kuitenkin katsottu riittäviksi virherajoiksi 2–4 % 95 %:n todennäköisyydellä ilmaistuna (Leino-

nen 1972). Sahanhakkeen painomittauksessa voidaan näin ollen perustellusti katsoa tarpeelliseksi 3 %:n tarkkuusvaatimus, koska kysymyksessä on hakkeen määrän ja sen perusteella saatavan kauppahinnan selvittäminen.

Koska sahoittaiset hankkeen kuivapainon hajonnat eivät yleensä ole tiedossa, voidaan käyttää seuraavassa asetelmassa esitettyjä tai soveltaen kuvassa 2 esitettyjä otosprosentteja.

Koekuormien otokseksi suositellaan seuraavia kuvan 2 perusteella määritettyjä hakekuormien toimittajakohtaisista lukumääristä riippuvia otosprosentteja. Asteikko on

tehty silmällä pitäen sahalaitoksia, joilla hakkeen tilavuusyksikön painon hajonta on normaali tai esimerkiksi puulajin vaihtelun vuoksi keskimääräistä suurempi.

Kuormia/kk kpl	Otos, %
alle 10	100
10—20	50
21—40	33
41—80	20
yli 80	10

Kuiva-ainenäytteen otto, kuiva-ainemääritys sekä irtotilavuusyksikön massan laskenta on esitetty hakkeen massan käytännön mitausta koskevassa kappaleessa (sivu 14) yksityiskohdittain. On huomattava, että työtä ja kustannuksia voidaan pienentää hakkeen vastaanotossa ottamalla hakkeen laatunäytteet (kuoren määrä- ja palakokojakauma) kuiva-ainenäytteiden yhteydessä.

Kuvassa 2 esitetään hakekuormien otoksen riippuvuus kuukausittaisesta toimitusmäärästä, kun menetelmän tarkkuus on $\pm 3\%$ populaatioarvosta. Otoksen koko pienenee kuormien lukumäärän kasvaessa siten, että yli 80 kuorman toimituksista on otosprosentti 10 tai korkeintaan 25 kuormaa/kk. Vastaavasti kuormien lukumäärän jäädessä alle 10 ovat kaikki kuormat koekuormia.

Otoskäyrät esitetään variaatiokertoimilla 3,41, 5,53 ja 6,76, joista ensiksi- ja viimeksi mainitut esittävät hakkeen irtotilavuusyksikön kuivamassan keskihajonta-arvoja aineiston ala- ja yläkvarttiilarvoille (pieni ja suuri hajonta) sekä 5,53 aineiston hakekuormien sahoittaisilla lukumäärillä punnittua keskihajontaa vastaavaa variaatiokerointa.

Käytännön hakkeen painomittauksessa tulevat kysymykseen lähinnä otoskäyrien 2 ja 3 soveltaminen, sillä käytännössä voitaneen parhaiten määrittellä ne sahat, joilla puulajisuhteet ja hakkeen koostumus vastaavat näiden käyrien olosuhteita. Käyrille on piirretty yhteinen portaattainen otosjakauma. Sen perusteella saadut kuormamääriä vastaavat otokset on esitetty myöhemmässä suosituksia käsittelevässä julkaisun osassa.

34. Tulosten tarkastelu

Pääosa hakkeen kuivamassan vaihtelusta aiheutui niiden tunnusten pohjalta, joiden mittaaminen oli mahdollista, kulloinkin sahattavasta puulajista sekä kuusi-mäntysuhteen muutoksista. Myös Nylinder (1982c) totei, että kun tietyn sahalaitoksen ja mittauspaikan vaikutus jätetään huomioimatta, puulajin vaikutus massaun on suurin. Kokopuu-hakkeella (oksineen ja neulasineen haketuista pieniläpimittaisista rungoista saadulla hakkeella) selitti pelkkä puulaji 30,5 % kuorman tiiviynen vaihtelusta (Uusvaara ja Verkasalo 1986).

Tässä tutkimuksessa ei voitu todeta minikäänlaista riippuvuutta kuljetusmatkan ja hakkeen irtotilavuusyksikön kuivamassan välillä, kun tarkasteltavana oli koko aineisto (kuva 3). Kun kysymyksessä on sen sijaan tietty sahalaitos, kuorma tiivistyy ja sen massa kasvaa painuman johdosta kuljetusmatkan pidetessä. Kuvan 3 esittämien kuvaajien yhtälöt korrelaatiokertoimien olivat puulaajittain seuraavat:

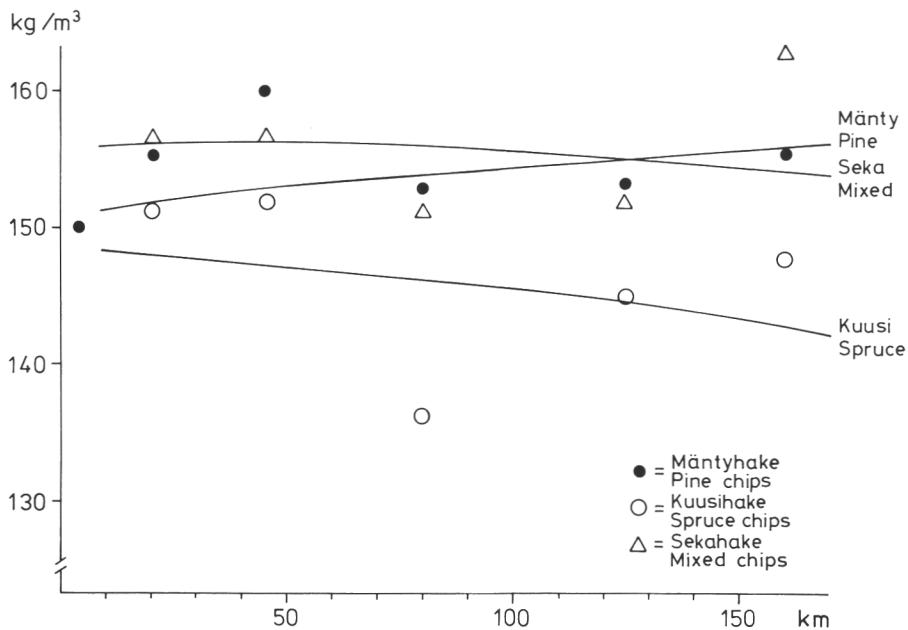
$$\begin{aligned} \text{Mänty} & Y = 151,517 + 0,029 X & R & = 0,158 \\ \text{Kuusi} & Y = 148,991 + -0,036 X & R & = -0,169 \\ \text{Sekahake} & Y = 157,113 + -0,015 X & R & = -0,073 \end{aligned}$$

X = Kuljetusmatka, km

Y = Irtotilavuusyksikön kuivamassa, kg/m³

Myös Uusvaara (1974a ja 1984) on todennut sahanpurulla ja Nylinder (1982c) sahanhakkeella, että kuljetusmatkan eroilla ja irtotilavuusyksikön kuivamassalla on järjestäytymätön riippuvuus. Uusvaaran ja Verkasalon (1986) mukaan kuljetusmatkan vaikutus kokopuuhakkeen tiiviytteen ja irtotilavuusyksikön kuivamassaan on vähäinen. Kuljetusmatkan sekä tiiviynen ja tilavuusyksikön massan väliset korrelaatiot olivat 0,141 ja 0,218. Kokopuuhakkeella saadut tulokset ovat kuitenkin sahanhakkeeseen verrattuna vain suuntaa antavia biomassan koostumuksen ja esimerkiksi hakkeen kosteuden ja palakoon suurien vaihteluiden johdosta.

Puulajin lisäksi hakkeen massaan vaikuttavat hakkeen laatu ja palakoko eli kokojakauman tasaisuus, puraisuus ja tikkaisuus. Näiden laatutekijöiden vaikutuksen tilavuusyksikön massaun voidaan arvioida olevan suuruusluokkaa 5 kg/m³ ja kuormaustavasta ja kuljetusmatkasta aiheutuvan tiivistymisen vaikutuksen noin 3 kg/m³. Tutkimuksen koekäytännön on voitu osoittaa, että purulisäys sa-



Kuva 3. Irtotilavuusyksikön kuivamassan (kg/m^3) riippuvuus kuorman kuljetusmatkasta puulajeittain.

Fig. 3. The relationship of dry weight (kg/m^3) of the loose volume unit to hauling distance by tree species.

hanhakkeen joukossa aina 20 %:iin asti nostaa hakkeen tiivyyttä, joka suuremmilla purumäärillä alkaa jälleen laskea (Isomäki 1969). Hakkeen laatutekijöiden merkitystä massan kannalta ei voitu tässä tutkimuksessa kaikilta osin selvittää. Esimerkiksi tasauspätkähakkeen ja särmäyskursohakkeen osuukien ja hakkeen palakoon vaikutus hakkeen massaun jäi tutkimatta. Näiden osuus vaihtelee huomattavasti sahoittain, joten vaikutus kohdistuu tietyn sahalaitoksen sisäiseen kuormien väliseen tiivyyden ja kuiva-ainesisällön vaihteluun.

Myös puuston kasvupaikka sekä maantieteellinen alue aiheuttavat erityisesti männyllä vaihtelua itse puuaineen kuiva-tuoretiheydessä. Hakkila (1966) ja Uusvaara (1974b) ovat todenneet, että esimerkiksi kasvupaikkojen ravinteisuuden aiheuttama ero männyn kuiva-tuoretiheydessä voi olla noin $20 \text{ kg}/\text{m}^3$. Männyllä esiintyy myös maantieteellistä, pohjois-eteläsuuntaista kuiva-tuoretiheyden vaihtelua, joka puolestaan kuusella jää vähäiseksi. Hakkilan (1968 ja 1979) mukaan on todettavissa, että männyllä on kuiva-tuoretiheyden ero maan etelä- ja pohjoisosien välillä tämän tutkimuksen käsittämällä alueella

noin $5\text{--}10 \text{ kg}/\text{m}^3$ (kiintotilavuutta) sahanpuurunkojen pintapuussa, josta sahanhake on peräisin.

Edellä mainituista tekijöistä johtuen hakkeen kuivapaino ja sen perusteella saatava muuntokerroin vaihtelevat sahoittain, sellutehtaittain ja kausittain, joten yleispätevään keskiarvoon pyrittäessä on käytettävä laajalle alueelle pitkällä aikavälillä määritettyä keskiarvoa. Pelkkiä kuusen tai männyn sahaajia lienee käytännössä vähän, joten puulaajisuhteet vaihtelevat myös samalla sahalaitoksella. Hakkeen koneista ja laitteista riippuvat koostumus ja laatu (palakoko ja kuoripitoisuus) pysyvät sen sijaan samalla sahalaitoksella verraten vakioina. Näin ollen kuivapainon hajonta ja variaatiokerroin on pienempi tietyllä sahalaitoksella kuin eri sahojen välillä ja haketta vastaanottavalla tehtaalla.

Tässä aineistossa sahojen kuivamassan kuormien lukumäärällä punnittu keskihajonta oli $8,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ ja mediaaniarvo (keskimäinen arvo) $7,5 \text{ kg}/\text{m}^3$, kun taas tehtaitten vastaavat keskihajonnat vaihtelivat $9,3\text{--}15,7 \text{ kg}/\text{m}^3$. Näin ollen kuiva-aineprosentin määrittämiseen tarvittavaa otossuhdetta las-

kettaessa on käytettävä sahoittaista kuivamassan keskijajontaa.

Tutkimuksessa saatiin mänty- ja kuusi-hakkeen irtotilavuusyksikön kuivamassaksi 153 ja 143 kg/m³ sekä keskimäärin 151,6 kg/m³. Massat ovat pienemmät kuin Uusvaaran aikaisemmissa tutkimuksissa mänty- ja kuusihakkeella saadut arvot 169 ja 154 kg/m³ (1969) sekä 158 ja 148 kg/m³ (1972a). Massa on kuitenkin keskimäärin hyvin lähellä Uusvaaran (1978) myöhemmissä tutkimuksissa saamaa lukua 151,0 kg/m³.

Ruotsissa on Nylinder (1982c) saanut tavallisen sahanhakkeen massaksi 148 kg/m³ pelkkahakkeella puulajeja erottelematta. Nämä uusissa tutkimuksissa saadut luvut, jotka ovat myös johtaneet varsin alhaisiin tiivyslukuihin, osoittanevat osaltaan hakkeen tilavuusyksikön massan pieneneen jonkin verran 1960- ja 70-lukujen taitteessa suoritettuihin tutkimuksiin verrattuna.

Tutkimuksen aineistoa, jonka perusjoukon muodosti 5 191 kuormaa ja arvotun otoksen 1 811 kuormaa, voidaan pitää erittäin laajana. Koekuormien keskimääräinen kuivamassa oli 154,1 kg/i-m³ ja koko aineiston kuiva-aineprosentin avulla laskettu paino 151,6 kg/i-m³, jotka johtavat muuntokertoimiin 6,49 ja 6,60. Saatu keskiarvoluku ei kuitenkaan sovellu sellaisenaan käytettäväksi painomittauksen perustana, koska se edustaa voimakkaasti mäntyvaltaisen sahanhakkeen massaa. Kuusen osuus aineistossa oli nimittäin keskimäärin vain 10 %. Jotta saataisiin koko maassa sovellettavaan painomittaukseen sopiva muuntoluku on otettava huomioon männyn ja kuusen suhteet sahateollisuuden raaka-aineena keskimäärin. Metsätalustollisen vuosikirjan (1982) mukaan käytettiin sahateollisuudessa kaudella 1971—1981 mäntyä yhteensä 103,81 milj. m³ ja kuusta 75,32 milj. m³, jotka prosentteina ilmaisten ovat keskimäärin 57,9 ja 42,1 % vuotuisesta sahaustesta. Ottaen huomioon mänty- ja kuusisahanhakkeen keskimääräiset irtotilavuusyksikön kuivamassat 153,1 ja 143,2 kg/m³ päädytään mänty-kuusi-suhteella painotettun keskiarvoon 148,9 kg/i-m³ ja muuntokertoimeen 6,72.

Kyseisiä lukuja voidaan suositella keskimääräisiksi muuntoluvuiksi eräitä poikkeuksia lukuunottamatta. Poikkeuksellisille hake-laaduille, kuten höyläämöiden, huonekalutehtaiden ja parrunveistämöiden jätteille voidaan käyttää kerrointa 7,50 tai vaihtoehtoisesti vanhaa irtotilavuuteen perustuvaa mit-

taustapaa. Mikäli tietty laitos käyttää vain pelkkää mänty- tai kuusihaketta, voidaan tällöin käyttää myös kertoimia 6,53 tai 6,98. Käytettävistä kertoimista sopiminen hakekaupassa on kuitenkin kussakin tapauksessa myyjän ja ostajan sopimusasia.

Painomittauskokeilussa käytettiin irtotilavuusyksikön kuivamassaa 151,0 kg/i-m³ ja vastaavaa muuntolukua 6,60. Muuntoluvun 6,72 käytön perusteluina voidaan esittää lisäksi muun muassa seuraavat näkökohdat, jotka tulevaisuudessa tulevat ehkä edelleen vaikuttamaan hakkeen tiivyyden tai puuaineen kuiva-tuoretiheyden kautta irtotilavuusyksikön massan pienemiseen ja vastaavasti muuntolukua suurentavaan suuntaan:

- puuaineen kuiva-tuoreiheys tulee pienemään erityisesti männällä mm. kiertoaikojen lyhentymisen ja nopeakasvuisten viljelymetsien lisääntymisen myötä
- hakkeen kuljetuskalusto paranee
- hakkeen laatu paranee
- kuormausmenetelmät muuttuvat
- pelkkahakurit yleistyvät
- tiet paranevat

Valtakunnan metsien viimeisimmän inventoinnin mukaan näyttää kuusen osuus mänttyyn verrattuna hieman pienenevän (Kuusela ja Salminen 1984). Koska kehittymässä olevat männyn taimikot tuottavat kuitenkin muutaman vuosikymmenen tähtäimellä pelkästään kuitupuuta pysynee mänty-kuusi-suhde lähitulevaisuudessa suunnilleen muuttumattomana.

Jotta saataisiin käsitys kertoimen soveltuvuudesta käytäntöön, laskettiin koetehtaittain hakemäärät tutkimuksen antamalla kertoimella. Muuntokertoimet, jotka osoittavat kertoimella saatujen ja vastaanottomittauksen antamien hakemäärien suhteet, olivat vaihtelurajoinen seuraavat:

Paikkakunta	Kerroin	Vaihtelurajat
Sunila	1,05	0,88—1,14
Rauma	1,03	0,97—1,11
Äänekoski	1,00	0,95—1,12
Oulu	1,04	0,96—1,15

Kerroin on lievästi positiivinen, mutta varsin lähellä lukuarvoa 1. Toisaalta kerroin on antanut yksittäisten sahalaiteiden kohdalla myös normaalia tilavuusmittausta pienempiä tuloksia, ja vaihtelu keskiarvon molemmin puolin on tasainen. Kerroin johtaa siis keskimäärin todenmukaiseen tulokseen, mutta johtanee kuormien todellista painoa ja hakkeen kuiva-ainesisältöä käytettäessä oikeu-

denmukaiseen tulokseen erityisesti niillä sahalaitoksilla, joilla hakkeen kuljetusmatka on pitkä ja hakkeen painuma kuljetusmatkan aikana on muodostanut ongelman.

35. Sahanhakkeen massan mittaaminen käytännössä

Massan mittauksen eri vaiheet ovat seuraavat:

Kuorman punnitus

Kuorman bruttopaino todetaan punnitsemalla kaikki hakekuormat tai ajoneuvoyhdistelmät autovaa'alla. Kuorman tyhjennyksen jälkeen suoritetaan toistuva taarapunnitus. Kuorman nettopaino saadaan edellisten erotuksena.

Puutavaran mittaussääntö määrittelee kuorman massan vähimmäistarkkuuden, jonka mukaan kunkin punnittavan erän punnitustulos pyöristetään massan ollessa enintään 1 000 kg lähimpään kilogrammaan, massan ollessa 1 000—10 000 kg lähimpään 10 kilogrammaan sekä massan ollessa yli 10 000 kg lähimpään 50 tai 100 kilogrammaan. Massan mittauksessa käytetään kuitenkin tarkkuutta, johon autovaaka antaa kussakin mittaussäädössä mahdollisuuden.

Jos mitattavassa kuormassa on merkittävästi lunta tai jäätä on sen määrästä tehtävä arvio. Näytteenottoa tässä suhteessa poikkeuksellisesta kuorman osasta on vältettävä.

Hakenäytteen otto

Hakekuormasta otetaan kuiva-aineprosentin määrittämiseen tarvittava kosteusnäyte, mikäli kuorma sattuu arvonnassa koekuormaksi (ks. kuiva-ainenäytteiden otossuhde, s. 15). Mikäli kyseessä on ajoneuvoyhdistelmä, voidaan koko yhdistelmää edustava näyte ottaa joko veto- tai perävaunusta.

Kuormaa edustava kosteusnäyte otetaan kuorman purkamisen yhteydessä siten, että purkamisen edistyessä hakevirrasta otetaan sieltä täältä viisi litran suuruisia osanäytteitä tilavaan astiaan.

Jos kuorma puretaan ulkovarastoon kassamuodostelmiin, otetaan em. osanäytteet kassaa kiertyäen sen eri osista.

Osanäytteet sekoitetaan huolellisesti astiaan käännellen, jonka jälkeen näin homogenisoidusta hakkeesta otetaan lopulliseksi näytteeksi noin yksi litra haketta.

Mikäli hake on jostakin syystä, esimerkiksi tukkien varastointimenetelmien tai käsitteilytapojen vaihteluiden johdosta kosteudeltaan poikkeuksellisen epätasaista, lisätään osanäytteiden lukumäärä kaksinkertaiseksi.

Lopullinen näyte suljetaan kuorman tunnuksin varustettuna tiiviisti muovipussiin ja säilytetään laboratorioskäyttöön asti viileässä paikassa.

Kuiva-ainepitoisuuden määrittäminen

Hakenäytteet punnitaan tuoreina sekä kuivatuksen jälkeen absoluuttisen kuivina vähintään yhden gramman tarkkuudella. Kuivatus suoritetaan pitämällä näytteitä lämpökaapissa (autoklaavissa) 105 °C:n lämpötilassa kaapin kuivatustehosta riippuen 1—2 vuorokauden ajan. Näytteen kuiva-ainepitoisuus määritetään laskemalla kuiva-aineen osuus prosentteina näytteen kokonaispainosta. Näytteiden kuiva-ainepitoisuus voidaan määrittää myös muulla riittävän tarkkuuden antavalla menetelmällä.

Kuorman kuiva-ainemäärä

Hakekuorman tai erän kuiva-ainemäärä (t) = erän nettopaino (t) × kuiva-ainepitoisuus (%).

Kuorman irtotilavuus

Hakekuorman tai erän irtotilavuus (m³) = erän kuiva-ainemäärä (t) × 6,72 (yksi tonni absoluuttisen kuivaa haketta vastaa keskimäärin 6,72 m³ haketta irtotilavuutena).

Kunkin mittauserän sisältämä kuiva-ainemäärä lasketaan mittauserän aikana kertyneiden näytteiden kuiva-aineprosentin keskiarvon avulla ja muunnetaan irtotilavuudeksi käyttäen edellä mainittua kerrointa 6,72.

Kuiva-ainenäytteen otto ei ole kaikissa tapauksissa tarpeen joka kuormasta, vaan toimitajakohtainen näytteiden määrä riippuu sahausksen suuruudesta ja siten kuukauden aikana toimitettujen hakekuormien määrästä. Ajoneuvokuormien lukumäärän perusteella määritetään siis mittauseriittain otannan määrä eli otossuhde. Otossuhteen osoit-

tama määrä ajoneuvokuormista valitaan näytteiksi arpomalla.

Otossuhteet perustuvat yhden hakkeen irtotilavuusyksikön absoluuttisen kuivassa tilassa mitatun massan ja sen keskihajonnan perusteella laskettuihin arvoihin, jotka riippuvat ajoneuvokuormien lukumäärästä sivulla 11 esitetyn asetelman mukaisesti. Otossuhdetta havainnollistaa kuva 2.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Tiivistelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Commun. Inst. For. Fenn. 61(5). 98 s.
- 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. Tiivistelmä: Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 66(8). 60 s.
- 1972. Sahanhakkeen kuoripitoisuuden määrittämisestä. Moniste. Haketutkimustoimikunta. 8 s.
- 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. Seloste: Mänty-, kuusi- ja koivurunkojen puuaineen tiheys ja kuivapainotaulukot. Commun. Inst. For. Fenn. 96(3). 59 s.
- Halinen, M., Majanne, Y., Nissi, I., Sauvala, K. & Uusvaara, O. 1984. Hakkeen kosteuden mittaaminen neutronisäteilyn avulla. Suomen Puutalous 3: 14—15.
- Isomäki, O. 1969. Sahanhakkeen tiheyden vaihtelut. Paperi ja Puu 5(11): 829—836.
- Kuusela, K. & Salminen, S. 1984. Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979—1982 sekä koko Etelä-Suomessa 1977—1982. Folia For. 568. 79 s.
- Leinonen, E. 1972. Puutavaran mittaus kuorma- ja otantamenetelmillä. Summary: Measurement of timber by the load and sampling methods. Folia For. 144. 38 s.
- & Pullinen, K. 1971. Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa. Summary: Green density sampling in pulpwood scaling. Folia For. 100. 21 s.
- Lönner, G. 1966. Stickprovsmetoder. Forskningsstiftelsen, Handledning 1/1966.
- Metsätalastollinen vuosikirja 1982. Suomen virallinen tilasto XVII A:14. Folia For. 550. 218 s.
- Nylinder, M. 1982a. Orienterade studie över sågverksflisens egenskaper. Summary: Properties of sawmill chips — an introductory study. Sveriges Lantbruksuniv., Inst. för virkeslära, Rapp. 125. 25 s.
- 1982b. Sågverkflis del 1. Försöksuppläggnig, vedegenskaper och flisfraktioner. Summary: Sawmill chips, part 1. Experimental design and theory, wood properties and chip fractions. Sveriges Lantbruksuniv., Inst. för virkeslära, Rapp. 128. 100 s.
- 1982c. Sågverksflis del 2. Vikter och volymer vid transport. Summary: Sawmill chips, part 2. Weights and volumes during transportation. Sveriges Lantbruksuniv., Inst. för virkeslära, Rapp. 129. 54 s.
- 1982d. Sågverksflis del 3. Mätning och värdering. Summary: Sawmill chips, part 3. Measurement and evaluation. Sveriges Lantbruksuniv., Inst. för virkeslära, Rapp. 130. 70 s.
- Pekkala, O. 1972. Pohjois- ja Keski-Suomen sahanhakesellun raaka-aineena. Moniste. Haketutkimustoimikunta. 6 s.
- Sahanhake ja paperipuuhaake massan raaka-aineena I. 1969. Moniste. Haketutkimustoimikunta. 19 s.
- Sahanhake ja paperipuuhaake massan raaka-aineena II. 1972. Moniste. Haketutkimustoimikunta. 16 s.
- Saukkonen, M. 1972. Sahanhakkeen ja paperipuuhaakkeen sekakeitto. Moniste. Haketutkimustoimikunta. 5 s.
- Uusvaara, O. 1969. Sahanhakkeen tiheys ja paino. Summary: On density and weight of sawmill chips. Commun. Inst. For. Fenn. 67(3). 44 s.
- 1972a. Sahanhakkeen ominaisuuksia. Summary: On the properties of sawmill chips. Commun. Inst. For. Fenn. 75(4). 55 s.
- 1972b. Sahanhakkeen ja paperipuuhaakkeen ominaisuuksista. Moniste. Haketutkimustoimikunta. 14 s.
- 1974a. Teollisuudessa käytettävän sahanpurun ominaisuudet. Summary: Properties of sawdust utilised in industry. Commun. Inst. For. Fenn. 83(1). 43 s.
- 1974b. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. Commun. Inst. For. Fenn. 80(2). 105 s.
- 1978. Teollisuushakkeen ja purun painomittaus. Summary: Weight scaling of industrial chips and sawdust. Folia For. 341. 18 s.
- 1984. Sahanhakkeen painomittaus. Moniste. 24 s.
- & Heiskanen, V. 1975. Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa. Summary: Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. Folia For. 234. 28 s.
- & Verkasalo, E. 1986. Metsähakkeen tiiviys ja käytötökniset ominaisuudet. Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla.

Total of 28 references

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:* Kirkkosaaarentie, 91500 Muhos, 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) 314 241

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:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuu tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

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

- No 644 Saksa, Timo: Männyn taimikoiden kehitys muokatuilla viljelyaloilla Lieksan ja Rautavaaran hoitoalueissa. The development of Scots pine plantations on prepared reforestation areas in northern Karelia in Finland.
- No 645 Sirén, Matti: Puuston vaurioituminen karsimattomien puiden ja puunosien korjuussa. Stand damage in logging of undelimited trees and tree parts.
- No 646 Kaunisto, Seppo & Tukeva, Jorma: Kasvatustiheyden vaikutus männyn istutustaimikoiden kehitykseen turvemilla. Effect of tree spacing on the development of pine plantations on peat.
- No 647 Ikäheimo, Erkki & Norokorpi, Yrjö: Perkauksen vaikutus männyn istutustaimikoiden kehitykseen, laatuun ja tuhoihin Pohjois-Suomessa. The effect of cleaning on the incidence of damage and the development and quality of Scots pine plantations in northern Finland.
- No 648 Kortesharju, Jouko: Hillan sato ja kukinta lannoitus- ja olkkikatekokeissa Rovaniemen maalaiskunnassa. The yield and flowering of the cloudberry (*Rubus chamaemorus*) in fertilizer and straw mulch experiments at Rovaniemi, northern Finland.
- No 649 Valtanen, Jukka, Kuusela, Juha, Marjakangas, Arto & Huurainen, Seppo: Eri ajankohtina istutettujen männyn ja lehtikuusen kennotaimien alkukehitys. Initial development of Scots pine and Siberian larch paperpot seedlings planted at various times.
- No 650 Ovaskainen, Ville: Funktionaalinen tulonjako metsäteollisuudessa 1955—1983. Factor shares in the Finnish forest industries, 1955—1983.
- No 651 Teivainen, Terttu, Jukola-Sulonen, Eeva-Liisa & Mäenpää, Elina: Pintakasvillisuuden kemiallisen torjunnan vaikutus peltomyyräpopulaation kehitykseen. The effect of ground-vegetation suppression using herbicide on the field vole, *Microtus agrestis* (L.), population.
- No 652 Varmola, Martti & Vuokila, Erkki: Pienten mäntyjen tilavuusyhtälöt ja -taulukot. Tree volume functions and tables for small-sized pines.
- No 653 Hytönen, Jyrki: Fosforilannoitelajin vaikutus vesipajun biomassatuotokseen ja ravinteiden käyttöön turpeenostosta vapautuneella suolla. Effect of some phosphorus fertilizers on the biomass production and nutrient uptake of *Salix 'Aquatica'* in a peat cut-away area.
- No 654 Nieppola, Jari: Cajanderin metsätyyppiteoria. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Cajander's theory of forest site types. Literature review.
- No 655 Kuusela, Kullervo, Mattila, Eero & Salminen, Sakari: Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982—84. Forest resources in North Finland by Forestry Board Districts, 1982 to 1984.
- No 656 Mäkinen, Pekka: Kokokehon värinä ajettaessa maataloustraktorilla metsässä. Whole-body vibration in farm tractors driven in the forest.
- No 657 Hänninen, Riitta: Suomen sahatavaran vientikysyntä Länsi-Euroopassa vuosina 1962—1983. Demand for Finnish sawnwood exports in western Europe, 1962—1983.
- No 658 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Suomen pohjoispuoliskossa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella. Growth variation in North Finland according to the 7th National Forest Inventory.
- No 659 Nurmi, Juha: Chunking and chipping with conescrew chipper. Palahakkeen ja hakkeen valmistus kartioruuvihakurilla.
- No 660 Metsätalastollinen vuosikirja 1985. Yearbook of Forest Statistics 1985.
- No 661 Mattila, Eero: Lapin metsävarat osa-alueittain. Valtakunnan metsien 7. inventointi vuosina 1978 ja 1982—84. The forest resources of Finnish Lapland by sub-areas. The 7th National Forest Inventory in 1978 and 1982—84.
- No 662 Juutinen, Paavo & Varama, Martti: Ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer*) esiintyminen Suomessa vuosina 1966—83. Occurrence of the European pine sawfly (*Neodiprion sertifer*) in Finland during 1966—83.
- No 663 Räisänen, Hannu, Laine, Lalli, Kero, Ilkka & Kaleva, Tapio: Alustavia tutkimustuloksia hyönteis- ja sienitahoista pystykarsituissa männiköissä. Preliminary study on insect and fungal damage in pruned Scots pine stands.
- No 664 Laasaseno, Jouko & Päivinen, Risto: Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. On the checking of inventory by compartments.
- No 665 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1985. Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1985.
- No 666 Valsta, Lauri: Mänty-rauduskoivusekametsikön hakkuuohjelman optimointi. Optimizing thinnings and rotation for mixed even-aged pine-birch stands.
- No 667 Lipas, Erkki: Maan ravinnetila siemenviljelyksillä. Soil fertility levels in Finnish seed orchards.
- No 668 Uusvaara, Olli: Sahanhakkeen painomittaus. Weight scaling of sawmill chips.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti 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.