

ODC  
832.18  
825.71

# FOLIA FORESTALIA 234

METSÄNTUTKIMUSLAITOS • INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE • HELSINKI 1975

---

---

OLLI UUSVAARA JA VEIJO HEISKANEN

SAHANHAKKEEN VALMISTUS, KÄSITTELY,  
MITTAUS JA LAADUNMÄÄRITYS SUOMESSA

PREPARATION, HANDLING, MEASUREMENT  
AND QUALITY DETERMINATION OF SAW-  
MILL CHIPS IN FINLAND

- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu. The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2, —
- No 165 Metsätalastollinen vuosikirja 1971. Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeuslähpimitaan ja pituuteen perustuvat uudet puutaveralajitaulukot. Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- 1973 No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom. Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus. Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus. Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa. Estimation of the share of waste bolts in pile measurements 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutiomistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingsstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Pälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967). Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa. The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland. Metsäryömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen. Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen. The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana. Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa. The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikkonen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmita ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa. Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä. The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla. The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50
- No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana. On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta. Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- 1974 No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyyppisestä ja geneettisestä vaihtelusta. Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—



Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1975

Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen

SAHANHAKKEEN VALMISTUS, KÄSITTELY, MITTAUS JA LAADUN-  
MÄÄRITYS SUOMESSA

Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill  
chips in Finland

ALKUSANAT

Sahanhaketta koskevat tutkimukset ovat olleet varsin paljon esillä Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston ohjelmassa. Niissä on yleensä keskitytty pääominaisuuksiin kuten kuutiometripainoihin, kiintomittaprosenttiin, hakkeen mittaukseen ja laatua kuvaaviin tunnuksiin. Osaston henkilökunta on lisäksi osallistunut haketutkimustoimikunnan työhön.

Suunnilleen samaa tutkimusaihetta käsitellään myös Suomalais-Neuvostoliittolaisessa työryhmässä. Tässä yhteydessä hankitun ja kootun tietouden levittäminen myös suomalaisten ammattimiesten keskuuteen katsottiin tarpeelliseksi.

Tämän työn ovat Metsäntutkimuslaitoksen puolesta tarkastaneet professorit PENTTI HAKKILA ja OLAVI HUIKARI. Käsikirjoituksen on lukenut myös toimitusjohtaja PAULI AARNIKOIVU Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistyksestä. Hakkureiden ja seulojen teknisiä tietoja koskevan keräystyön on suorittanut metsänhoitaja ERKKI TIITTANEN. Konekirjoitustyön suoritti rouva AUNE RYTKÖNEN.

Kaikille edellämainituille tahdomme lausua parhaat kiitoksemme.

Helsingissä maaliskuussa 1975

Olli Uusvaara

Veijo Heiskanen

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY .....	3
TIIVISTELMÄ .....	3
1. JOHDANTO .....	4
2. MENETELMÄKAAVIOT .....	4
3. LAITTEET JA VÄLINEET .....	5
31. Hakkurit .....	5
32. Seulat .....	6
33. Kuljettimet .....	7
34. Hakesiilot .....	8
35. Hakkeen autokuljetus .....	8
36. Hakkeen rautatiekuljetus .....	9
4. HAKKEEN VARASTOINTI .....	10
5. HAKKEEN MITTAUS .....	11
51. Lain määräykset .....	11
52. Tilavuusmittaus .....	11
521. Yleistä .....	11
522. Mittalaatikon suuruus .....	12
523. Mittalaatikon täyttötapa .....	12
524. Mittauspaikka .....	12
525. Hakkurityyppi .....	14
526. Hakkeen kosteus ja jäätyneisyys .....	14
53. Painomittaus .....	14
531. Mittaustapa .....	14
532. Vaa'an tarkkuudesta .....	15
533. Taaran vaihtelu .....	15
534. Kosteuden vaihtelu .....	15
535. Kosteuden määrittäminen .....	16
6. HAKKEEN LAADUN MÄÄRITYS .....	17
61. Kuori .....	17
611. Nykyinen käytäntö kuoripitoisuutta määritettäessä .....	17
612. Ehdotus kuoriprosentin määritysmenetelmien yhtenäistämiseksi .....	18
62. Palakoko .....	18
621. Hakkeen palakokoon vaikuttavat tekijät .....	18
622. Palakokoa koskevat laatuvaatimukset .....	18
623. Näytteenotto .....	19
624. Laitteet .....	19
625. Seulonnan suoritus .....	20
KIRJALLISUUSLUETTELO .....	22
LIITTEET .....	24

## SUMMARY

This report presents the equipment and methods used in the preparation, handling, transport and measurement of sawmill chips, the regulations for the measurement of chips in Finland and the results of the investigation of the subject. Because of the great scope of the subject, only the most important points of the handling of chips are dealt with, and details have in general been disregarded. The study is presented in the form of a review the components of which have been collected on the basis of information obtained chiefly from studies conducted at various establishments in the branch and from manuals. Several items of the information on technical apparatus and chip-handling methods were acquired by interviews and questionnaires sent to manufacturers and users of the devices.

The survey of the equipment used for the preparation, handling and transport of chips

is mainly confined to the chip preparation and transport system up to the chip unloading phase. The further treatment of sawmill chips at industrial plants is not reviewed in any detail, apart from storage. Technical data on chippers and screens manufactured in Finland are introduced in tabulated form.

The measuring methods, volume and weight measurement, legal regulations for measurement and the factors influencing the measuring result for chips are described.

The regulations on the quality of chips were compiled as a result of negotiations between the chip producers and buyers. The indicators that illustrate the quality of sawmill chips, the bark content and particle size are analysed on the basis of studies carried out, and the requirements for particle size and bark content are presented and recommendations are given for the sampling procedure.

## TIIVISTELMÄ

Selosteen tarkoitus on esitellä sahanhakkeen valmistuksessa, käsittelyssä, kuljetuksessa ja mittauksessa käytettävät laitteet ja menetelmät sekä hakkeen mittausta koskevat tutkimustulokset ja määräykset Suomessa. Aiheeseen laajuuden takia on kiinnitetty huomio vain tärkeimpiin hakkeen käsittelyä koskeviin seikkoihin, kun sen sijaan yksityiskohdat on yleensä sivuutettu. Työ on laadittu katsauksen muotoon, jonka eri kohdat on koottu pääasiassa alan eri laitoksissa suoritetuista tutkimuksista sekä käsikirjoista saadun tietouden pohjalta. Useita teknisiä laitteita ja hakkeen käsittelymenetelmiä koskevat tiedot on hankittu haastatteluin ja kyselylomakkeilla laitteiden valmistajilta tai käyttäjiltä.

Hakkeen valmistuksessa, käsittelyssä ja kuljetuksessa käytettäviä laitteita tarkastellaan siten, että hakkeen valmistus- ja kuljetusketjua kuvataan pääasiassa hakkeen purkamisvaihee-

seen asti. Hakkeen edelleen käsittelyyn sahanhaketta käyttävillä tehdaslaitoksilla ei – varastointikysymystä lukuunottamatta – puututa. Suomessa valmistettuja hakkureita ja seuloja esittäviä teknisiä tietoja esitetään taulukoiden muodossa.

Hakkeen mittauksesta kuvataan mittaustavat, tilavuus- ja painomittaus, lain määräykset mittauksesta sekä mittaustulokseen vaikuttavat tekijät.

Esitettävät hakkeen laatua koskevat määräykset perustuvat hakkeen valmistajien ja ostajien välillä käytyihin neuvotteluihin. Näitä sahanhakkeen laatua kuvaavia tunnuksia, kuoripitoisuutta ja palakokoa käsitellään suoritettujen tutkimusten perusteella ja esitetään palakokoa ja kuoripitoisuutta koskevat vaatimukset sekä näytteenotosta annetut suositukset.



## 1. JOHDANTO

Käsillä olevan katsauksen tarkoituksena on esitellä sahanhakkeen valmistuksessa, käsittelyssä, kuljetuksessa ja mittauksessa käytettävät laitteet ja menetelmät sekä hakkeen mittausta koskevat tutkimustulokset ja määräykset Suomessa. Hakkeen valmistus- ja kuljetusketjua kuvataan pääasiassa hakkeen purkamisvaiheeseen ja siinä käytettäviin laitteisiin saakka, kun taas edelleen käsittelyyn sahanhaketta käyttävillä tehdaslaitoksilla ei kovin paljon puututa. Aiheen laajuuden vuoksi on kiinnitetty huomio vain tärkeimpiin hakkeen käsittelyä koskeviin seikkoihin. Yksityiskohtat on jätetty yleensä vähälle huomiolle. Ongelmien käsittelyn perusteellisuuksessa on myös epätasaisuuksia mm. sen vuoksi, että eräät osaongelmat on meillä selvitetty toisia paremmin. Esitettävistä koneista ja laitteista tarkastellaan vain valmistajien ilmoittamia tietoja pääasiassa taulukoiden muodossa, mutta teknisiin yksityiskohtiin ei oteta kantaa.

Oheinen työ on tehty katsauksen muotoon, jonka eri kohdat on koottu pääasiassa alan eri laitoksissa suoritetuista tutkimuksista sekä käsikirjoista saadun tietouden pohjalta. Näistä mainittakoon mm. seuraavat.

Hakkeen valmistuksessa ja käsittelyssä käytettäviä teknisiä laitteita, hakkeen varastointia ja kuljetusta käsittelevät mm. ISOMÄKI (1966), "Sahanhakkeen teon opas" (ISOMÄKI 1968), Puumassan valmistus (1968) ja SILTANEN

(1970). Hakkeen mittausta koskevat määräykset on esitetty Puutavaran mittaussäännössä (1972). Mittauksen tarkkuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä ovat selvitelleet mm. NISULA (1961), HEISKANEN (1963a ja 1963b) ja UUSVAARA (1968). Hakkeen laatua kuoripitoisuuden ja palakokojakautuman määritysten sekä niissä sovellettavien käyttökelpoisten menetelmien kannalta ovat tutkineet HAKKILA (1972), HAKKILA ja SAIKKU (1972) ja SAUKKONEN (1971 ja 1972).

Useita teknisiä laitteita koskevat tiedot on hankittu haastatteluin tai kyselylomakkeilla laitteiden valmistajilta. Hakevaunuista esitettävät tiedot ovat Valtion Rautateiden tavaraliikenteen kuljetuskalustoluettelosta vuodelta 1973.

Tämä katsaus on annettu – tosin hieman toisessa muodossa suomalais-neuvostoliittolaiseen yhteistyöhön kuuluvana – neuvostoliittolaiselle osapuolelle v. 1974. Kun siinä esitettyjen tietojen katsottiin kiinnostavan myös suomalaista teollisuutta päätettiin laatia uusi versio suomalaista lukijaa varten.

Mainittu suomalais-neuvostoliittolainen yhteistyö on nimeltään "Teollisuushakkeen lastaus-, kuljetus- ja purkamismenetelmien ja teknisten välineiden tutkiminen sekä hakkeen mittausta- ja laadunmäärittäminen menetelmien sekä mittaustaitteiden yhtenäistäminen".

## 2. MENETELMÄKAAVIOT

Sahanhakkeen valmistuksen ja käsittelyketjun eri vaiheissa valmistajalta hakkeen käyttökohteisiin esiintyvät pääasiassa seuraavat menetelmät.

Menetelmä	Valmistus	Kuormausta	Kuljetus
1	Sahalla	—	Kuljettimella tai putkessa

2	Sahalla	Siilosta	Rautateitse tai autolla
3	Sahalla	Kuormaimella	Autolla tai rautateitse
4	Vast. otavalla tehtäällä	Rimoina kuormaimella	Autolla

Menetelmä 1 on käytössä paperi- tai muuhun

kuiduntavaan teollisuuteen integroituneilla sahalaitoksilla. Kyseessä ovat yleensä suursahat. Menetelmä 2 taas sopii parhaiten suurille ja keskisuurille erillisille sahalaitoksille. Menetelmä 3 on sopivin piensahoille, joissa tuotanto ei aina ole ympärivuotista. Menetelmää 4 käytetään erittäin pienillä siirrettävillä yksiköillä. Vaihtoehtona on siirrettävän hakkurin käyttö kuormausvaiheessa.

Yleensä jatkuvasti toiminnassa olevat laitokset hankkivat hakkurin, mikä on tavallisesti erittäin kannattava sijoitus. Sitävastoin erittäin pienille ja erälle vain hyvien suhdanteitten aikana toimiville piensahoille ei ole taloudellisesti tarkoituksenmukaista investoida pääomaa kiinteisiin hakkureihin.

### 3. LAITTEET JA VÄLINEET

#### 31. Hakkurit

Jotta puusta voitaisiin keittää sellua, on se saatettava sellaisiin osasiin, että käytettävä keitoneste ehtii prosessin aikana täydellisesti imeytyä ja vaikuttaa jokaiseen puukuituun. Siitä syystä puu on hakettava, mikä toimenpide normaalisti suoritetaan hakkurilla.

Hakkureita on kehitetty erilaisia haketus-tarkoituksia varten, ja samaankin käyttötar-koitukseen on olemassa erityyppisiä hakkureita. Niinpä niiden ryhmittelykin vaihtelee ryhmitelyperusteen mukaan. Rakenteen perusteella hakkurit voidaan jakaa kahteen pääryhmään (ISOMÄKI 1968).

1. Laikka- eli kiekkohakkurit
2. Rumpuhakkurit.

Uusimpia spiraali- ja paralleeli-rumpuhakku-reita on vaikea saada sopimaan jaottelun puit-teisiin, jonka vuoksi niitä onkin pidettävä täysin erillisinä ryhminä.

Haketettavan materiaalin perusteella voidaan hakkurit jakaa pyöröpuu-, pienpuu- ja sahaus-jätehakkureihin. Pysyttäessä pelkästään sahaus-jätteiden parissa, voidaan hakkurit ryhmitellä haketettavan materiaalin perusteella myös seuraavasti.

1. Rimahakkurit
2. Tasauspätkähakkurit
3. Tikkuhakkurit.

Kaaviossa mainittujen kuormausmenetelmien lisäksi saattaa esiintyä myös kuormaus kuljetimelta varistaen, joka korvaa menetelmien 2 ja 3 kuormaustavat autokuljetuksessa. Tällöin käytetään tavallisesti vaihtolavaa kuljetusvälineessä.

Hakkeen kuljetusmenetelmä riippuu paitsi sahalaitoksen koosta myös kuljetusmatkasta. Rautatiekuljetuksen voidaan katsoa muuttuvan keskimäärin noin 120 kilometriä pitemmillä matkoilla autokuljetusta edullisemmaksi.

Pieniä siirrettäviä sahalaitoksia lukuunotta-matta kaikki hake valmistetaan sahalla kuoritu-usta puusta. Poikkeuksina saattavat olla myös sellaiset sahalaitokset, jotka myyvät hakkeen kuitu- tai lastulevytehtaalle.

Usein tavallinen rimahakkuri toimii sahalai-otoksen yksinomaisena hakkurina, ja sillä lastu-tetaan rimojen ja pintojen ohella myös tasaus-pätkät ja seuralta tulevat tikut. Piensahalle ei olekaan kannattavaa käyttää viimeksimainittuja varten erillisiä hakkureita, mutta ilmeisesti jo keskisuurilla ne ovat taloudellisesti edullisia.

Mainittakoon, että myös siirrettävien hak-kureiden käyttöä sahanhakkeen valmistuksessa pinnoista ja sahauspätkistä on tutkittu Pienpuu-alan toimikunnassa useissa yhteyksissä (esim. TUNKKARI 1962).

Sahalaitoksella käytettävälle hakkurille ase-tettu päävaatimus voidaan lyhyesti kiteyttää seuraavaksi: Hakkurin tulee tehdä kaikenlaisista sahausjätteistä mahdollisimman tasapituista ja ohutta lastua. Usein hakkurit tekevät normaalin pituista mutta liian paksua haketta. Paralleeli-hakkuri tekee teoreettisesti ehdottomasti paras-ta haketta, koska siinä paksuuskin voidaan tarkasti säätää. Tavanomaisissa hakkureissa ha-kepalasten paksuus riippuu leikkuu- ja terä-kulmista, hakepalasten pituudesta sekä puu-aineesta.

Yleisimmin käytetty hakkuri on *laikka-* eli *kiekkohakkuri*, joka on saanut nimensä terä-pyöränsä ansiosta. Sen toimintaperiaatteena on, että teräpyörä leikkaa pyöriessään pyörän pintaa vasten painetusta puusta haketta, joka putoaa te-rän edessä olevan aukon kautta teräpyörän ympä-rillä olevan kotelon pohjalle. Kotelosta hake poistuu joko pyörän kehälle asennettujen siipien heittovoiman ansiosta tai putoaa alapuolella

olevalle kuljettimelle. Edellistä hakkurityyppiä nimitetään puhallustyhjennushakuksi ja jälkimmäistä alatyhjennushakuksi (Puumassan valmistus 1968, SILTANEN 1970). Hakettavan puuaineksen syöttötavan mukaan hakkurit voidaan ryhmitellä myös pysty- ja vaakasyöttöisiin eli imu- ja pakkosyöttöisiin tyypeihin. Pakkosyöttöisten rimahakkureiden teräpyörän läpimitta on 1.6–2.5 m, kierrosluku 300–400 r/min ja terien lukumäärä 3–6 kpl. Niiden kapasiteetti vaihtelee 30–140 i-m<sup>3</sup> iin haketta tunnissa, ja tehon tarve on vastaavasti 30–140 kW (Mekaaninen puuteollisuus I 1964).

Imusyöttöisten rimahakkureiden teräpyörän läpimitta on 1.0–1.7 m, kierrosluku 600–800 r/min ja terien lukumäärä 4–10 kpl. Kapasiteetti vaihtelee 30–200 i-m<sup>3</sup> iin haketta tunnissa, ja tehon tarve on 50–200 kW.

*Kartiokiekkohakuista* ovat tunnetuimpia *pelkkahakkurit* sekä *spiraalihakkurit*. Jälkimmäisessä on kaksi vastakkain olevaa katkaistun kartion muotoista teräpyörää, joissa on pieniä talttamaisia teriä. Spiraaliin sijoitettujen terien lukumäärä vaihtelee 128–210 kpl. Hakkuritekee puun pinnasta haketta, joka on tasalaatuista, helposti keittävää ja normaalia haketta ohuempaa (SALMINEN 1968, KIVINEN 1970, UUSVAARA 1972). Tasalaatuisuutensa vuoksi ei spiraalihaketta tarvitse seuloa.

*Pelkkahakkuri* on spiraalihakkurin kaltainen, mutta siinä voidaan säätää teräpyörien etäisyyttä toisistaan valmistettavan pelkan mittojen mukaan. Tässä sahausmenetelmässä syntyy haketta 20–30 i-m<sup>3</sup>/std (4.3–6.5 i-m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) eli noin kolmin-nelinkertainen määrä kehäsahauksen keskimääriin verraten (KIVINEN 1970).

*Vaikkakaan pelkkahakkuri ei ole varsinaisesti hakkeen vaan sahatavaran valmistukseen tarkoitettu kone, on tässä yhteydessä syytä esitellä myös suomalainen A. Ahlström Oy:n valmistama pelkkahakkuri nimenomaa hakkeen valmistuksen kannalta. Pelkkahakkuri -pyörösahalinjan muodostavat syöttökuljetin, syöttölaite, pelkkahakkuri ja pyörösaha. Pelkkahakkurin teräpyörien tekniset arvot ovat seuraavat:*

teräpyörien lukumäärä	2 kpl
teräpyörien ulkohalkaisija	500 mm
terien lukumäärä yhteensä	32 kpl
kierrosluku	1750 r/min
oikosulkumoottorit (pyörien käyttö) 2 kpl,	55 kW, 1475 r/min
leikkuunopeus	45.8 m/s
kiilahihnavälitys	

Terät ovat kiinnitetyt 6-kantaruuvein teräpyöriin, jotka taas on kiinnitetty kiilarenkailla akselille. Akseleita on kaksi ja ne ovat laakeroidut kartiorullalaakereilla kumpikin omaan runkoonsa. Teräpyörien pyöriessä niiden tangentin suuntaisesti kiinnitetyt terät lastuavat puun sen molemmilta sivuilta hakkeeksi. Lastuaminen tapahtuu puun syötön suuntaisena myötäleikkauksena. Hake lentää keskipakovoiman vaikutuksesta molempien teräpyörien ympärillä olevaan pesälevyillä rajoitettuun, spiraaliin muotoiseen tilaan, josta se putoaa hakkurin alle sijoitetulle kuljettimelle.

*Rumpuhakkureissa* on lieriömäinen teräpyörä, jonka pinnalle terät on kiinnitetty akselin suuntaisesti. Puiden syöttötavan mukaan nämä hakkurit voidaan jakaa kahteen ryhmään sen perusteella syötetäänkö puu niihin pää edellä vai rummun akselin suuntaisena. Edellistä mallia käytetään etenkin erällä vaneritehtailla. Jälkimmäistä tyyppiä edustava hakkuritekee ns. yhdensuuntaishaketta, sillä terät leikkaavat puukuitujen suuntaisesti.

Litteessä n:o 1 esitetään Suomessa valmistettujen sahaus- ja vanerijätehakkureiden mallisto sekä eri koneiden teknisiä tietoja. Hakkurin teriä ja niiden hoitoa ei käsitellä, vaan niiden osalta viitataan HUSGAFVELIN (1968) kirjoitukseen ”Sahanhakkeen teon opas” -kirjassa (vrt. myös HOKKANEN 1962, Puumassan valmistus 1968 ja SILTANEN 1970). Tilastoja eri mallien yleisyydestä ei ole saatavissa, mutta Karhula-hakkurit lienevät suosituimpia. Mainittakoon, että markkinoilla esiintyy myös ruotsalaisia hakkurityyppejä, joista ovat yleisimpiä mm. Bruks 1200/2, Söderhamn 710-45 A/4 ja Söderhamn 711-60 A/3.

## 32. Seulat

Sellun valmistusta varten tuotettu hake edellytetään yleensä seulottavaksi. Toisin sanoen siitä tulee seulan erottaa alle 6 mm pituinen jae eli purujae ja yli 32 mm jae eli tikkujae. Poistamalla ylisuuri ja hienojae saadaan hakkeen sekä siitä valmistetun sellun ominaisuudet parantamaan.

Aikaisemmin käytettiin seulonnassa yleisesti täryseuloja, joissa liuke tapahtuu pystyasennossa. Nykyisin on kuitenkin siirrytty lähes yksinomaan hiertäviin seuloihin eli vaakatasossa toimiviin seulakoneistoihin. Erällä sahoilla on



käytössä myös vanhoja rumpuseuloja (ISOMÄKI 1968).

Hiertäviä tasoseuloja on kahta eri päätyyppiä, ripustettavia ja vapaasti seisovia. Edellä mainituissa seulalevy on ripustettu vajereiden varaan, ja liike saadaan siirtymään akselia pitkin seulalevyn päälle sijoitettuun epäkeskoon. Vapaasti seisovassa tyyppissä seula on laakeroitu jalustan päälle ja moottori on yleensä alla tai sivulla. Seisova rakenne on selvästi kalliimpi kuin ripustettu, mutta suuritehoisimmat seulat ovat yleensä vapaasti seisovaa mallia.

Eräs seulamalli on myös hakkeenpuhallus-systeemin sykloniin sijoitettu seulontalaitte, joka erottaa vain purujakeen normaalihakkeesta. Syklonin sisäpinnalla tapahtuva hakkeen kierrevirtaus toimii seulontaliikkeenä, ja sisäpintana toimiva seulalevy voi olla kiinteästi paikallaan. Poistettava hienojae kerätään kartion alapäästä esimerkiksi puhaltimella (SILTANEN 1970).

Yleensä hakeseuloissa on kaksi seulalevyä, yläseula ja alaseula. Eräissä seularakenteissa käytetään myös kolmea levyä, jolloin varsinainen hake jaetaan kahteen fraktioon. Tällä menetelmällä saadaan hakkeen tiheys pienenevän ja saanto kasvamaan (ANON, 1969 c). Jonkin verran käytetään kuitenkin vielä vain yhden väliseulalevyn käsittävää ratkaisua. Alaseulalevyn muodostaa tavallisesti lankaseula (kudottu verkko) ja ylälevyn reijitetty teräslevy. Seulalevyjen reikäkoko vaihtelee suuresti, eli yläseulassa 20–45 mm:n ja alaseulassa 2–18 mm:n.

Sopivimman seulalevyn koko riippuu hakkeen käyttäjän hakkeelle asettamista vaatimuksista sekä hakkurista eli seulomattoman hakkeen laadusta. Sahalaitokselle on kuitenkin taloudellisempaa hakkeen laadun parantaminen hakkurin kuin seulan avulla. Hakkeen tuottajien ja ostajien välillä tehdyn sopimuksen mukaan kelvollisen hakkeen tulee palapituutensa puolesta asettua välille 6–32 mm. Jotta tähän tavoitteeseen päästäisiin olisi seulareikien läpimitan oltava ylälevyissä noin 35–38 mm ja alalevyissä 7–8 mm.

Seulonnan merkityksen hakkeen laadun ja saannon kannalta voidaan sanoa olevan ratkaiseva. Sen avulla päästään nimittäin palapituuden suhteen fraktiojakautumaan, joka sellun keittoprosessia, saantoa ja teknisiä ominaisuuksia ajatellen antaa parhaan tuloksen. Tässä kohden voidaan viitata sahanhakkeen optimimittoja koskevan tiedustelun tuloksiin (sivu 18).

Käytännössä olevat seulat ovat pääasiassa kotimaisia. Liitteessä 2 esitetään tärkeimmät markkinoilla olevat hakeseulat. Pienillä sahailaitoksilla esiintyy kuitenkin jonkin verran omatekoisia seulalaitteita, joissa on sovellettu liite-taulukon antamista tiedoista poikkeavia rakenneratkaisuja.

### 33. Kuljettimet

Hakkeen siirtelyyn käytetään erilaisia kuljettimia, joista toiset sijaitsevat sahalaitoksilla ja toiset haketta vastaanottavilla tehtailla, niiden sisäisessä kuljetusjärjestelmässä. Kuljetuslaitteisiin kuuluu tavallaan myös sykloni, jonka tehtävänä on erottaa hake hakkurin puhaltamasta ilmavirrasta ja pudottaa se seulalle. Hake sisältää aina myös karkeitä tikkuja, jotka johdetaan useimmiten sileää kourua pitkin seualta takaisin hakkuriin.

Seulonnan yhteydessä muodostuvalla purujakeella on oma hihnakuljettimensa tai se valuu kourua pitkin jollekin purukuljettimelle. Hake johdetaan omalla kuljettimellaan siiloon, varastokasaan tai vaihtolavaan. Jos seula on sijoitettu siiloon ei tarvita hakekuljetinta. Kuljetinlaitteisiin kuuluvat myös pinnat ja tasauspätkät hakkurille tuova kuljetin, rima- eli pintakuljetin.

Hakekuljettimina käytetään sekä hihna- että kolakuljettimia. Jälkimmäisillä voidaan nousukulma tehdä jyrkemmäksi (noin 45–50°) kuin hihnakuljettimilla (noin 10–20°). Kolakuljettimen etuna on lisäksi halvempi hinta. Mikäli purkaminen halutaan järjestää useaan eri paikkaan, tehdään kolakuljettimen pohjaan vastaavasti luokkujia tai asetetaan hihnakuljettimelle kaapimia. Kouruhihnalta on tällainen purkaminen vaikeammin järjestettävissä kuin tasohihnalta.

Hihnakuljettimista mainittakoon Nokian valmistama Ply-No sileäpintainen, kouruuntuva, kaksikerroksinen kumihihna. Kumin lisäksi hihnoissa käytetään vahvikkeena myös kangaskerosta, joka on valmistettu täyssynteettisestä kuidusta (Cronvall OY).

Haketta raaka-aineenaan käyttävillä teollisuuslaitoksilla sekä useilla integroituneilla laitoksilla kuljetetaan haketta sekä muita puujätteitä ja kuorta pneumaattisilla kuljettimilla. Tämä kuljetin on sopiva lyhyehköillä kuljetusmatkoilla. Esimerkiksi Valmet Oy:n valmistamien kuljettimien siirtomatkat vaihtelevat 20–

750 metriin. Kuljettimien nostokorkeus on noin 10–50 metriä ja kapasiteetti hakkeen ja purun kuljetuksessa 10–500 i-m<sup>3</sup>/tunti.

Pneumaattiset kuljettimet voidaan jakaa malapainekuljettimiin ja korkeapainekuljettimiin (Puumassan valmistus 1968). Edellisen laitteiston osat ovat keskipakopuhallin jonka paine on noin 1 m vesipatsasta vastaava sekä syöttölaite.

Pneumaattinen korkeapainekuljetusjärjestelmä käsittää puhallinyksikön, syöttöyksikön, kuljetusputkiston kytkentäjärjestelmineen, äänenvaimentimet ja suodattimet sekä kuljettimen valvontalaitteet. Kuljetusjärjestelmän ohjaus voidaan suorittaa kauko-ohjauksena, jolloin useita puhallinyksiköitä voidaan hoitaa samasta pisteestä. Kuljetus on mahdollista tarpeesta riippuen järjestää useihin eri paikkoihin, ja vastaavasti materiaalin syöttö järjestelmään voidaan suorittaa useissa kohteissa lisäämällä syöttäjiä.

Puhaltimina käytetään yleisesti positiivisia kiertomäntäpuhaltimia ja työpaine on 0.3–0.8 kp/cm<sup>2</sup>. Epäpuhtauksien puhaltimeen pääsyn estämiseksi imupuolella on suodatin.

Pneumaattista kuljetusmenetelmää käytetään etenkin hakkeen lastauksessa vaunuihin ja autoihin, kuljetuksessa purkausalueelta tehtaaseen tai varastoon sekä kuljetuksessa hakkureilta varastokasoihin, siiloihin tai keitinlaitteisiin.

Pneumaattisen kuljetuksen etuna muihin kuljetusmenetelmiin verrattuna on kuljetettavan aineen säilyminen puhtaana. Koska järjestelmä on täysin suljettu, ei mitään vieraita likaavia aineita pääse sekoittumaan kuljetettavan aineksen joukkoon.

Hakkeen kuljetinlaitteita valmistavat Suomessa mm. Rauma-Repola, V.A. Pekkoson konepaja ja Valmet Oy.

### 34. Hakesiilot

Hakkeen väliaikainen säilytys sahalaitoksilla kuljetusta varten tapahtuu yleisimmin siiloissa, joiden tilavuus on yleensä suunniteltu ainakin 2–3 päivän tuotantoa varten. Kuljetuskustannusten ja kuljetusten tehokkuuden takia on syytä pyrkiä mahdollisimman suuriin kuormiin, joten siilon koko on mitoitettava näillä perusteilla. Siilo on myös suunniteltava siten, että suurimmatkin autot pääsevät siitä kuormamaan. Lisäksi on otettava huomioon kahden kolmen kuljetuserän varastointimahdollisuus kuljetushäiriöiden varalta. Tämä merkitsee siilon

tilavuudessa noin 200 i-m<sup>3</sup>:n minimikokoa pienimmillään sahalaitoksilla, kun taas suursahoilta siiloon tulisi sopia ainakin kolmen vuorokauden tuotanto (ISOMÄKI 1968, 1969b).

Siilon suunnittelussa pyritään huomioimaan tärkeimpänä seikkana hyvät tyhjentymisominaisuudet. Tätä silmällä pitäen siilon pohjan tulee olla pinnaltaan sileä ja kaltevuuden noin 45°. Tyhjennysluukkujen on oltava helposti avattavissa ja suljettavissa myös siilon ollessa täynnä. Erittäin hyvä mutta kallis ratkaisu on luukkutyyppejä, jossa luukun muodostaa kudovahvisteinen kumihihna, joka avattaessa kiertyy rummun ympärille.

Siilot ovat yleensä puurakenteisia. Enwe Oy valmistaa purun ja hakkeen varastoimiseen myös teräksisiä siiloja, jotka ovat tarpeen vaatiessa eristettävissä, ja joiden pohja voidaan lämmittää jäätymisen estämiseksi.

Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys on suorittanut tutkimuksia eri siilotyypeistä, joista laadittuja rakennuspiirustuksia on saatavissa halukkaiden käyttöön.

### 35. Hakkeen autokuljetus

Sahanhakkeen yleisimmän kuljetusmuodon – autokuljetusten – osuus kokonaiskuljetuksesta on viime vuosina jatkuvasti lisääntynyt. Tämä johtuu rautatiekuljetusten kustannustason suuremmasta noususta.

Hakkeen autokuljetuskustannukset riippuvat kuljetusmatkasta, tiestön laadusta, kuorman suuruudesta ja lastaus- sekä purkausolosuhteista (ANON. 1969 a). Näistä huomattavin kokonaiskustannusten kannalta on kuljetusmatka, jonka vuoksi ristiinkuljetukset ovat erittäin haitallisia. Kuorman suuruus määrätään tieliikenneasetuksella. Tämän lisäksi kuljetuskapasiteettia rajoittaa pääomantarve, sillä pienillä kuljetusmäärillä ei kannata investoida riittävästi kuljetuskäyttöön maksimaalisen yksikön hankintaan.

Nykyisin kuljetetaan Suomessa arviolta kaksi kolmannesta hakkeesta kuorma-autolla ja yksi kolmannes rautateitse. Oikein mitoitettulla kuljetuskalustolla voidaan saada huomattavia kustannussäästöjä. Perävaunullisilla jopa 80 kuutiometrin vetoisilla yksiköillä on käytännössä päästy 10–15 % alhaisempiin kustannuksiin kuin pienemmillä 20–30 kuutiometrin kuorma-autoilla (HAKKILA 1973).

Ihanteellinen hakkeenkuljetusajoneuvo on esim. kahden kiinteän kontainerin muodostelma viidellä tai kuudella akselilla, jonka kuljetuskapasiteetti on n. 100 i-m<sup>3</sup> haketta. Tieliikennemääräysten mukaan suurin auton kokonaispaino on nykyisin 32 tonnia, ja kun auto painaa keskimäärin 15 tonnia, ei näin suuriin kuljetusmääriin maanteillä vielä päästä. Suurin mahdollinen hakkeen keskimääräisen painon avulla laskettu hakekuorma on noin 75 i-m<sup>3</sup>. Mainittakoon, että täysperävaunun auton kokonaispaino nostettaneen lähiaikoina vahvistettavien uusien painomääräysten mukaan 42 tonniin sekä puoliperävaunun nykyinen 30 tonnin painoraja 38 tonniin. Mitä suurempi on kuorma, sitä alhaisemmat ovat yksikkökustannukset. Pienillä kuljetusmäärillä ei kuitenkaan ole kannattavaa sijoittaa suuria pääomia raskaaseen kuljetuskalustoon. Suurilla ja keskisuurilla sahalaitoksilla on usein jonkin verran omaa ajokalustoa, kun taas pienien sahojen hake kuljetetaan kuljetusyhtiöiden ja yksityisten yrittäjien autoilla.

Kustannuksia voidaan merkittävästi alentaa myös lastaus- ja purkamisaikoja lyhentämällä. Lastauksen nopeuttamiseksi näyttävät suuret kuormaustorotit ja lastaus siiloista painovoimaa käyttäen olevan tehokkaimmat menetelmät. Siiloista lastausta saattaa talviaikana vaikeuttaa lastujen jäätyminen, jonka välttämiseksi voidaan käyttää siilon varustamista lämmityskaapeleilla ja lämpöeristyksellä. Lastut voidaan puhaltaa myös suoraan hakkureista kontaineriin, joka menetelmä soveltuu erikoisesti siirrettävien hakkureiden käyttöön piensahoilla sekä ns. metsähaketukseen.

Purkaminen voidaan suorittaa kallistamalla kontaineriä autossa olevan hydraulisen laitteen avulla. Perävaunun kuljetusyksiköt onkin tavallisesti varustettu kahdella kipillä. Ajankäytön kannalta paras menetelmä olisi ehkä kuitenkin kiinteiden purkaussiltojen käyttäminen jolloin koko autokuorma voitaisiin tyhjentää kallistamalla. Tyhjennykseen voidaan käyttää myös pneumaattisia pumppuja imemään lastut, jotka putoavat ensin ns. haketaskuun ja sieltä kuljettimia pitkin hakekasoihin, siiloihin tai suoraan jalostukseen.

Kun purkamiseen käytetään kallistussiltoja ja imupumppuja voidaan kuljetus suorittaa erikoishakeautoilla ilman kallistuslaitteita, jolloin on mahdollista kuljettaa suurempia kuormia. Kyseiset menetelmät ovat kuitenkin hyvin

kalliita ja ovat sen tähden taloudellisia vain suurille kuljetusmäärille.

Suomalaisista autolavojen ja kuljetusyhtiöiden valmistajista mainittakoon Autolava Oy, Jyki Oy, Närko Oy, Suomi Trailer ja Teijo Oy.

### 36. Hakkeen rautatiekuljetus

Rautatiekuljetus soveltuu suurten ja tasalaatuisten hake-erien kaukokuljetukseen. Se tarjoaa eräitä merkittäviä etuja kuten varmuuden, säännöllisyyden, suuren kapasiteetin ja – mikäli kuljetus on hyvin suunniteltu – huokeat kustannukset. Noin 120 kilometriä pitimmillä kuljetusmatkoilla muodostuu rautatiekuljetus maantiekuljetusta edullisemmaksi.

Rautateiden kuljetuskalustossa on viime vuosina tapahtunut nopeaa kehitystä. Huomattava osa vaunuista on jo nykyisin kiintolaitteisia erikoishakevaunuja (liite 3), joista suurimpien tilavuus on 150 i-m<sup>3</sup>. Hakevaunuissa on yleensä korkeat laidat, ja sivuseinät ovat ylös nostettavia tai alas laskettavia. Eräissä tapauksissa myös vaunun pohja voidaan avata.

Lastaukseen käytetään pudotusta siiloista, kuormaajia, hihnakuljettimia ja pneumaattisia kuljetinlaitteita. Lastaustavan valinta on riippuvainen kuljetettavista määristä, sahan tai haketuspaikeijan sijainnista rautatiehen nähden sekä vaunujen kulkuajasta lastaus- ja purkausosien välillä. Mikäli haketta toimittavalle sahalaitokselle ei ole sivuraidetta, on hake kuljetettava autolla radan varteen. Tällöin voidaan käyttää konteinereitä, jotka täytetään sahallä, siirretään kuorma-autolla rautatieasemalle ja lastataan suoraan avovaunuihin. Toinen mahdollisuus on terminaalivaraston perustaminen rautatien varteen, jonne hake kuljetetaan kuorma-autoilla, puretaan ja lastataan uudelleen rautatievaunuun. Yleensä kuitenkin siirtokuormausta lisää huomattavasti kustannuksia.

Vaunun tyhjentäminen sellutehtaalla suoritetaan tavallisesti raiteen alla sijaitsevaan laariin puskulaitteella varustettua kuormaustorotia käyttäen. Eräs vaunutyyppejä on myös itsepurkava kuten edellä mainittiin (liite 3).

Purkamismenetelmää vaunuista on kehitetty edelleen tehokkaammaksi tehtailla, jotka ottavat vastaan suuria määriä haketta rautateitse. Uudenaikaisessa menetelmässä vaunun laidat nostetaan laitanosturilla vaijerien ja laidoissa



olevien kiinnikekoukkujen avulla. Nosturi toimii käsiohjauksen lisäksi radio-ohjauksella, joka liikuttaa myös vaunun vetolaitetta. Pyörillä liikkuva, nimenomaa purkamislaitteeksi tarkoitettu kuokkakone tyhjentää vaunun sisällön

purkamistaskuun. Sieltä tapahtuu hakkeen syöttö hydraulisten tankopurkainten välityksellä kuljetusruuviin ja edelleen kuljettimille. Jatkokuljetus purkamisalueelta voidaan suorittaa myös pneumaattisin kuljettimin.

#### 4. HAKKEEN VARASTOINTI

Haketta ei sahalaitoksilla varsinaisesti varastoida, joskin siilot mitoitetaan siten, että niissä voidaan kuljetusjärjestelyjen takia säilyttää kahden- kolmen päivän haketuotantoa vastaava määrä (ANON. 1969 b). Ainoastaan vientikaupoissa hake joudutaan talviajaksi varastoitamaan joko sahalaitoksen varastoon tai satamaan. Varastointi tapahtuu tavallisesti siiloissa, joista kuormaus ajoneuvoon on helppoa. Eräissä tapauksissa käytetään kuitenkin varastointia kasoissa, joista kuormaus suoritetaan kauhakuormaajalla. Mikäli kuljetus tapahtuu rautatievaunussa, johdetaan hake useissa tapauksissa ilman välivarastointia vaunuun.

Haketta ostavat teollisuuslaitokset sen sijaan keräävät ostohaketta varastoihin, joissa se tavallisesti sekoittuu tehtaan oman kuitupuuhakkeen joukkoon ja joiden avulla voidaan eliminoida kuitupuun kallis varastointi 2–3 m tavarana tai rankana. Useilla tehtailla sahanhake ei kuitenkaan joudu ulkovarastoon vaan kulkeutuu suoraan syöttölaitteitten ja kuljettimien välityksellä tehtaan siiloihin.

Hakkeen ulkona tapahtuvan varastoinnin käyttöön ottoon ovat vaikuttaneet ensisijaisesti taloudelliset näkökohdat ja raaka-aineen käsittelyn helppous. Hakevaraston ollessa täydellisesti mekanisoitu hakkeen kuljetus varastoon ja varastosta tehtaaseen tulee maksamaan vain noin puolet pyöreän puun käsittelyn aiheuttamista kustannuksista (Puumassan valmistus 1968).

Hakevarastointia suunniteltaessa on kuitenkin otettava huomioon, että kemialliset ja biokemialliset prosessit tapahtuvat hakkeessa huomattavasti nopeammin kuin pyöreässä puussa. Tämä vaikuttaa massan saantoon ja laatuun.

Varastoinnin aikana puun uuteainepitoisuus alenee, joka aiheuttaa erityisesti sulfaattitehtaissa mäntyöljysaannon alenemista. Varastoinnin käyttö liittyykin tehtaan valmistusprosesseihin eli halutaanko uuteaineet säilyttää vai poistaa.

Koska sahanhaketta varastoidaan ostavilla teollisuuslaitoksillakin vain eräissä tapauksissa oman hakkeen joukossa, esitetään tehdasvarastoinnista ohessa lyhyesti vain joitakin näkökohtia.

Varastokasan pohjana käytetään esimerkiksi noin metrin paksuista kerrosta vanhaa haketta tai asvalttili- tai sementtikenttää. Kasan muoto, koko ja levitystapa ovat tärkeitä, koska ne vaikuttavat mm. lämpötilan kehitykseen, puun pilaantumiseen ja kosteuden jakautumiseen kasassa. Teollisuuden kokemusten mukaan on edullista varastoida litteissä ja tiiviissä noin 16–25 metriä korkeissa kasoissa. Varastokasan suuruus vaihtelee noin 50 000–200 000 i-m<sup>3</sup>:in, jolloin jälkimmäinen luku esittää suuren tehtaan hakevarastoa. Puhallettaessa hake kasoihin pneumaattisilla puhaltimilla syntyy kerroksellinen kasa, jossa on hyvä tiiviys. Myös nauhakuljettimia käytetään hakkeen kasauksessa. Kasaa levitetään tavallisesti puskutraktoreilla.

Kuljetus kasasta tapahtuu traktorilla, caterpillarilla, kasan alle keskelle sijoitetuilla ruvisyöttölaitteilla tai ketjukuljettimilla. Haketasku voi sijaita myös kasan vieressä, jolloin täyttö tapahtuu caterpillarilla. Mekaaniset syöttö- ja kuljetuslaitteet eivät tavallisesti riitä yksinomaan kasan purkausvälineinä vaan kuljetusta suoritetaan traktorilla kasan reunoilta. Kuljettimien välityksellä hake joutuu tämän jälkeen joko hakesiiloon tai suoraan keittämöön.

## 5. HAKKEEN MITTAUS

### 51. Lain määräykset

Hakkeen mittausta koskevat määräykset on säädetty puutavaran mittaussäännössä (17.11.1972). Mitä tässä laissa säädetään puutavaran mittauksesta ja käsittelystä, sovelletaan vastavasti hakkeen ja sahanpurun osalta, ei kuitenkaan kahtakymmentä irtokuutiometriä pienemmän hake- ja sahanpuruerän luovutusmittaukseen.

Hakkeen pääasiallinen mittaustapa on irtomittaus ja sitä koskevat lain määräykset ovat seuraavat:

1. Hakkeen ja sahanpurun irtomitta määritetään säiliössä.

2. Irtomitta määritetään säiliön tilavuuden perusteella, mikäli asianosaiset eivät ole sopineet muunlaisesta mittaustavasta. Säiliön sisämitat pyöristetään sen tilavuutta määritettäessä lähimpään täyteen senttimetriin ja tasoittamisen jälkeen mitattavan erän korkeus lähimpään täyteen tai puoleen desimetriin sekä irtomitan mittaustulos lähimpään kuutiometrin kymmenesosaan.

3. Jos mitattavassa erässä on lunta, jäätä tai muuta asiaankuulumatonta, otetaan niiden vaikutus huomioon mittaustuloksessa.

4. Puutavarasta saatavan hakkeen tilavuus määritetään siten, että ensin määritetään puutavaran pino- tai kiintomitta ja se muunnetaan irtomitaksi käyttämällä vahvistettuja muuntolukuja.

5. Mikäli haketta mitataan painon mukaan, pyöristetään kunkin punnittavan erän punnitus-tulos puutavaran painon ollessa enintään 1000 kg lähimpään kilogrammaan, painon ollessa yli 1000 kg, mutta enintään 10000 kg, lähimpään 10 kilogrammaan sekä painon ollessa yli 10000 kg lähimpään 50 tai 100 kilogrammaan.

6. Jos punnittavassa tavarassa on lunta, jäätä tai muuta asiaankuulumatonta, otetaan niiden vaikutus huomioon mittaustuloksessa.

7. Tilavuusmitoin mitatun tavarän tilavuusmitta muunnetaan painomitaksi käyttämällä vahvistettuja muuntolukuja. Asianosaiset voivat sopia, että sopimuksesta poikkeavan kosteus-pitoisuuden sisältävän tavarän paino saadaan muuntaa sopimuksen mukaista kosteus-pitoisuutta vastaavaksi.

### 52. Tilavuusmittaus

#### 521. Yleistä

Hakkeen kaltainen massa-artikkeli on tilavuusmitan määrittämiseksi mitattava jossakin, mieluummin säännöllisen muotoisessa mittalaatikossa. Yleensä mittalaatikkona on kuljetusvälineen korkealaitainen kuormalava. Mittayksikkönä käytetään yksinomaan irtokuutiometriä ( $i-m^3$ ), jolla tarkoitetaan mittalaatikon hakeella täytettyä tilavuutta. Käytettävä mittayksikkö on analoginen pinokuutiometrin ( $p-m^3$ ) kanssa, ja sisältää sekä haketta että hakepalasten välistä ilmatilaa. Hakkeen suhteellinen paljous irtokuutiometrissä ilmaistaan kiintomittaprosentilla, jolla ymmärretään kiinteän tilavuuden osuutta prosentteina kehysmitasta.

Hakkeen tilavuusmittausta koskevat säännökset perustuvat puutavaran mittaussääntöön. Tässä kohden viitataan edellisessä luvussa esiteltyihin lain määräyksiin.

Hakkeen tilavuusmittauksella eli irtomittauksella tarkoitetaan hakkeen paljouden ilmaismista säilytys- tai kuljetussäiliön sisämittojen mukaisena tilavuutena mittaamalla säiliön pituus ja leveys tai lieriön muotoisen säiliön halkaisija sekä mitattavan erän korkeus tasoittamisen jälkeen säiliön laidasta ellei muunlaisesta mittauksesta ole sovittu. Mittaus suoritetaan hakekaupoissa käytössä olevan tavan mukaisesti ajoneuvossa määräpaikkaan toimitettuna.

Hakkeen tilavuusmittauksella pyritään tietyn hake-erän todellisen puumäärän selvittämiseen. Siihen vaikuttavat:

- Mittausvirheet
- Hakkeen tiheyden vaihtelut.

Tutkimusten ja käytännön kokemusten mukaan tiedetään, että tilavuusmittauksen tarkkuuteen vaikuttavat ennenkaikkea seuraavat tekijät:

- Mittalaatikon suuruus
- Mittalaatikon seinien laatu
- Mittalaatikon täyttötapa
- Mittauspaikka (so. toimitetaanko mittaus ennen kuljetusta vai vasta sen jälkeen)
- Hakkurityyppi, jolla hake on tehty
- Hakkeen kosteus ja jäätynisyys.

Kutakin näistä tarkastellaan seuraavassa suoritettujen tutkimusten valossa.

## 522. Mittalaatikon suuruus

Tutkittaessa eri tyyppisillä hakkureilla valmistetun sahanhakkeen painoa eri kokoisissa laatikoissa sekä hake tiivistäen että täyttäen laatikot tiivistämättä (lapiomalla) on saatu seuraavia tuloksia (HEISKANEN 1963 b):

– Sullomatta vertailu osoittaa, että laatikon suuruudella ei ole vaikutusta ko. laatikon suuruuksissa.

– Jos hake pakataan tiukkaan laatikoihin saadaan yli 10 % korkeampi irtokuutiometri-paino kuin normaalilla tavalla, tiivistämättä täytetyissä laatikoissa. Jälkimmäinen täyttötapa kuvannee lähinnä kuljettimella tai kauha-kuormaajalla tapahtuvaa kuormausta.

– Tiivistämättä täytetyt laatikot sopivat myös käytännön tarkoituksiin paremmin kuin tiukkaan pakatut laatikot, joissa saatava irtokuutiometri-paino on sitä suurempi mitä pienemmässä laatikossa punnitseminen tapahtuu.

– Laatikoissa saatu irtokuutiometri-paino on autokuormapainoon verrattuna sitä pienempi, mitä tiheämpää hake on autokuormassa.

– Lapiomalla täytetyissä poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisissa 100–500 litran vetoisissa laatikoissa saadut irtokuutiometri-painot ovat erällä siirrettävillä hakkureilla seuraavat prosentteina autokuormassa kuljetuksen päätyttyä punnituista painoista:

Hakkuri	Paino, % autokuormapainosta
Karhula 1200/2	80.85 ± 0.34
Karhula 312	86.78 ± 0.38
Hake M 7 A	84.43 ± 0.27
Lokomo ZH 36 A	88.52 ± 0.46

Sallitun otannasta johtuvan virheen ollessa 5 % on laatikoita punnittava Lokomo ZH 36 A -hakkeesta vähintään kolme kustakin autokuormasta ja muista hakkeista vähintään kaksi haluttaessa laatikkopunnituksin selvittää autokuormassa mitattavaa hakkeen yksikköpainoa vastaava paino.

Tehdyt tutkimukset osoittavat käytäntöä varten riittävän luotettavasti mittalaatikon suuruuden vaikutuksen hakkeen irtokuutiopainoon. On myös ilmeistä, että niissä rajoissa, joissa autonlavan tilavuus vaihtelee, ei lavan suuruutta tarvitse ottaa huomioon irtokuutiopainoon vaikuttavana tekijänä.

Mittalaatikon seinien laadun vaikutuksesta tilavuusmittauksen tarkkuuteen ei ole tehty tutkimuksia, mutta on itsestään selvää, että

pehmeät tai huonosti kiinnitetyt lavan seinät merkitsevät epätarkkaa mittausta.

## 523. Mittalaatikon täyttötapa

Hakkeen kuormaus kuljetusvälineeseen eli mittalaatikon täyttötapa vaikuttaa myös jossain määrin saatavaan mittaustulokseen. Täyttötavat ovat nykyisin pääasiassa koneellisia, ja niistä voidaan mainita seuraavat: siilosta pudottamalla, hakkurilla puhaltaen, kauha-kuormaajalla tai kuljettimella kuormaten.

Yleissuuntana on, että hakkurilla puhaltaen saadaan hake tiheämpään kuin esimerkiksi lapiomalla tai kuljettimella kuormattaessa. Hakkeen yleisin kuormaustapa, siilosta pudottaen johtaa merkittävästi korkeampaan irtokuutiopainoon ja kiintomittaprosenttiin kuin lastaus kuljettimella (UUSVAARA 1972).

Tutkimustuloksia kuormaustavan vaikutuksesta mittaustulokseen on saatavissa jonkin verran, joskin osa niistä koskee etupäässä laatikkomittauksia. Kuitenkin on havaittu, että laatikkoon tai kuormaan menevä hakemäärä saadaan huomattavasti lisääntymään, jos hake tavalla tai toisella pakataan. Tämä on havaittu selvästi UUSVAARAN (1974) suorittamissa hakkeen koneellisissa tiivistyskokeissa. Puristetessa haketta jätepuristimella hydraulisesti 28 tonnin voimalla nousi irtokuutiopainon kuivapaino puristamattomaan kuutiopainoon verrattuna 21 kg/i-m<sup>3</sup> eli noin 13 %. Kuten myös edellä todettiin, tiivistetyn hakkeen kuutiometri-painot ovat yli 10 % korkeampia kuin lapioitujen laatikoiden antamat hakkeen painot.

## 524. Mittauspaikka

Kuljetusvälineessä saatavaan mittaustulokseen vaikuttaa varsin paljon se, suoritetaanko mittausta ennen kuljetusta vai vasta sen jälkeen, sillä hakkeen tilavuusmitta pienenee kuljetuksen aikana. Tämä johtuu kolmesta tekijästä, nimittäin mekaanisesta painumasta, kuormatilan muuttumisesta sekä hakepalojen kuormasta putoamisesta. Mainituista seikoista ensiksi-mainitulla, mekaanisella painumalla, on käytännössä suurin vaikutus hakkeen mitattavaan määrään. Tärkeimpinä painumaan vaikuttavina tekijöinä voidaan pitää seuraavia:

- Kuljetustaspa
- Kuljetusmatka
- Tien laatu
- Vuodenaika
- Hakkeen kosteus
- Hakkeen palakoko
- Kuorman korkeus.

Edellä esitetyn lisäksi voidaan ajatella eräiden muiden seikkojen kuten lastaustavan, kuljettajan ajotavan, auton lavamallin sekä hakkeen tikkuisuuden, puruisuuden ja kuoripitoisuuden vaikuttavan painuman suuruuteen.

Huomattavimpia painuman kasvuun vaikuttavia tekijöitä ovat kuljetusmatkan pituus sekä tien laatu. Mitä pitempi on kuljetusmatka sen suurempi on painuma. On myös todettu, että pitempien kuljetusmatkojen ollessa kyseessä painuma kasvaa aluksi jyrkästi ja tasoittuu sitten vähitellen. Laajimpien Suomessa suoritettujen tutkimusten mukaan (UUSVAARA 1969 (I) ja 1972 (II)) olivat painumat eri kuljetusmatkoilla seuraavat:

Kuljetusmatka km	Painuma, %				Kuormia, kpl	
	Kesä		Talvi		I	II
	I	II	I	II		
1-15	3.8	5.2	-	3.2	73	223
16-40	5.0	4.4	-	3.5	42	70
40+	5.3	7.4	-	4.6	74	257

Vetoauton painuma on osoittautunut pienemmäksi kuin erillisen perävaunun painuma. Kyseisissä tutkimuksissa saatiin vetoaunun ja perävaunun painumien keskiarvoiksi 4.0 % ja 6.6 %.

Tien laatu vaikuttaa luonnollisesti kuljetusmatkan ohella painuman suuruuteen. Tien vai-

kutuksesta ei ole tehty tutkimusta, mutta on selvää, että huono tie tärisyttää kuormaa enemmän kuin hyvä tie, jolloin myös painuma on suurempi.

Tutkimusten mukaan painuma kasvaa matkan pidetessä aluksi jyrkästi ja myöhemmin enää hyvin vähän. Pitkillä kuljetusmatkoilla suurin osa kuorman vajoamasta tapahtuikin jo ensimmäisen 40 km:n aikana. Erityisen huonoilla teillä painuma kasvaa jyrkästi jo matkan alkuvaiheessa kun taas hyvällä tiellä vajoamaa tapahtuu ilmeisesti tasaisemmin koko matkan ajan. Tutkimusten yhteydessä on myös ilmennyt, että painuman suuruus on erilainen kuorman eri osissa. Kuormatilan laitojen lähellä ja erityisesti kuorman peräosassa on painuma suurempi kuin muualla. Hakkeen kuljetuksessa osa vajoamasta syntyy kuitenkin myös kuormatilan muuttumisen vaikutuksesta. Hakkeen rautatiekuljetuksista kuorman tilavuuden muutosten kannalta on Suomessa tehty hyvin vähän tutkimuksia. Näyttää kuitenkin siltä, että painuma rautatievaunussa nousisi maantiekuljetuksia korkeammaksi jo maantiekuljetuksia keskimäärin pitempien kuljetusmatkojenkin johdosta (UUSVAARA 1971). Toisaalta nykyisin yleistyneet hakkeenkuljetusvaunut vähentävät kuormatilan muuttumisen vaikutusta.

Mittauspaikan merkitys saatujen tulosten tarkkuuteen käy selville myös seuraavista hakkeen kiintomittaprosenteista, jotka on laskettu autokuormista ennen ja jälkeen kuljetuksen (UUSVAARA 1969 (I) ja 1972 (II)). Kiintomittaprosentilla ymmärretään aineen kiinteän tilavuuden osuutta prosentteina kuormatilan kehysmitasta.

	Kiintomittaprosentti			
	Lähtiessä		Perillä	
	I	II	I	II
Kuusihake	37.2	37.0 (37.9)*)	39.2	39.8 (39.5)*)
Mäntyhake	37.8	37.5 (37.9)	39.6	40.1 (38.9)
Ku-mä-sekahake	37.1	38.3 (37.1)	38.6	41.1 (39.0)
Keskimäärin	37.4	37.5 (37.1)	39.3	40.2 (39.5)

\*-) Sulussa olevat luvut talvella saatuja arvoja.

Hakkeen kuljetuksessa tapahtuva vajoama on itse asiassa hakkeen tihentymistä ts. hakkeen kiintomitan lisääntymistä irtokuutiometriä kohti, joten kyseisellä ilmiöllä on merkitystä sekä hakkeen mitattavaan määrään että kuorman

sisältämään todelliseen puumäärään. Hakkeen määrää koskevia lukuja esitettäessä olisi siten aina ilmoitettava, onko mittaus tapahtunut ennen vai jälkeen kuljetuksen.

## 525. Hakkurityyppi

Eri hakkurit tekevät hakepalojen koon ja muodon puolesta erilaista haketta. Hakkeen laatuun, erityisesti palakokoon vaikuttavia tekijöitä ovat mm. hakkurin leikkuukulman ja teroituskulman suuruus, terien terävyys, vastaterän säätö sekä syöttölaitteen ja syöttönopeuden säätö. Täten hakkurityypillä on merkitystä hakkeen ominaisuuksiin ja tilavuusmittauksen tarkkuuteen so. hakkeen tiheyteen ja hakeintaan vaikuttavana tekijänä (HEISKANEN 1962). Hakelaatu vaikuttaa myös painumaan siten, että mitä tiheämpään hake pakkaantuu lastattaessa sitä vähemmän kuorma painuu kuljetuksen aikana.

ISOMÄKI (1966 ja 1970) on todennut hakelaitteiden ominaisuuksista sekä hakkeen tiheydestä ja saannosta mm. seuraavaa:

- Leikkuukulman pienetessä lastu ohenee.
- Ohutlastuisen hakkeen tiheys on pienempi kuin paksulastuisen.
- Mitä tasakokoisempaa hake on, sitä pienempi on tiheys.
- Terävillä terillä saadaan parempilaatuinen hake, mutta tiheys on suurempi ja saanto pienempi kuin tylsillä terillä valmistetussa hakkeessa.
- Hakkurin aiheuttama ero saannossa voi olla samalla lastupituudella jopa  $0.8-1.2 \text{ i-m}^3 \text{ std}$  ( $0.2-0.3 \text{ i-m}^3/\text{m}^3$ ).

## 526. Hakkeen kosteus ja jäätyneisyys

Hakkeen kosteudella on merkitystä puuaineen painon ja sen kautta hakkeen kuljetusten kannalta. Kosteus saattaa vaikuttaa myös hakkeen painumaan ja haketiheyteen, koska vesivarastoidusta tai vasta kaadetusta puusta tehty hake painuu kuljetuksessa raskaampana enemmän kuin kuivahtanut hake. Toisaalta jos kyseessä on erityisen kuiva hake, kuorma saattaa lastattaessa jäädä löysäksi, jolloin kuljetuksen aikana tapahtuva painuma muodostuu suureksi.

Edelleen näyttää hakkeen jäätyneisyys aiheuttavan talviaikana merkittävästi alhaisemman hakekuorman kiintomittaprosentin kuin kesällä. Tämä johtuu siitä, että märkä hake jäätyy luonnollisesti kuivaa haketta voimakkaammin.

## 53. Painomittaus

### 531. Mittaustapa

Hakkeen kaupallinen arvo on Suomessa tähän asti yleensä määräytynyt tilavuusyksikön perusteella. Mittayksikkönä käytetty irtokuutiometri ei kuitenkaan anna parasta kuvaa hakkeen laadusta ja todellisesta arvosta, vaan haketiheyden ja puuaineen tiheyden vaihdellessa saattaa mittayksikkö sisältää hyvinkin vaihtelevia määriä raaka-ainetta. Siksi tuntuisikin järkevältä ja oikeudenmukaiselta käyttää painomittausta sellaisissa tapauksissa, joissa raaka-aineen arvo on sidottu lähinnä sen kuivaainemäärään kuten esim. massateollisuudessa.

Hakkeen painomittaus tapahtuu tavallisesti autossa, rautatievaunussa tai jossakin muussa kuljetusvälineessä. Tällöin ovat mittauksen edellytykset:

- Riittävän tarkka vaaka, jolla myös on tarpeeksi korkea mittauskapasiteetti.
- Kunkin hakekuorman tai tietyn hake-toimituksen kosteuden tunteminen.

Tätä varten on oltava mahdollisuus kosteusnäytteiden kuivaamiseen absoluuttisen kuiviksi sekä näytteiden tarkkaan ja joustavaan punnitsemiseen.

Käytännössä punnitus tapahtuu siten, että auto tai muu kuljetusväline ajetaan hakkeella kuormattuna vaa'alle, joka rekisteröi bruttopainon. Kuorman tyhjentämisen jälkeen auto jälleen punnitaan, jolloin voidaan laskea kuorman paino. Koska hakekuorma sisältää puuaineen lisäksi vaihtelevia määriä vettä, on purkamisen yhteydessä otettava kosteusnäytteitä kuorman sisältämän vesi- ja puumäärän selvittämiseksi. Näytteenottomenetelmiä on kehitetty useita. Jos mitattavan hakkeen seassa on jotakin laatuvaatimukset täyttämätöntä puuta, lunta, jäätä tms. voidaan tehdä silmämäärin arvioimalla mittavähennykset samalla tavoin kuin tilavuuteen perustuvassa mittauksessa (Puutavaranmittauskomitea). Mainittakoon, että mm. Yhdysvalloissa sekä eräiltä osin myös Ruotsissa tehdään hakekaupat nykyisin painon perusteella. Suomessakin on joskus myyty haketta painon mukaan, mutta tällä mittaustavalla ei ole vielä ollut sanottavaa käytännöllistä merkitystä. Kuitenkin ainakin yksi yhtiö soveltaa jo painomittausta myös ostohakkeen kaupassa. Vuosina 1967–1972 toiminut sahanhakkeen arvoa selvittellyt Haketutkimustoimikunta, totesi puutavaralajien ja mittayksiköiden

oikeudenmukaisimman vertailun tapahtuvan kuivapainojen perusteella, ja päättyi suosittelaan painomittausta ainoaksi oikeudenmukaiseksi sahanhakkeen mittaustavaksi (Sahanhake ja paperipuuhaake massan raaka-aineena II. 1972).

### 532. Vaa'an tarkkuudesta

Puutavaran ja hakkeen punnituksessa kysymykseen tulevat kotimaiset vaakatyypit voidaan jaotella kolmeen pääryhmään: autovaa'at, nosturivaa'at ja hihnavaa'at (NISULA 1960). Käytännössä tulevat kysymykseen lähinnä autovaa'at, joita voidaan erottaa kolmea päätyyppiä, nimittäin kiinteät ja siirrettävät autovaa'at sekä maantieautovaa'at. Viimeksimainitut ovat jousivaakoja ja verrattain epätarkkoja. Vaaka asennetaan tavallisesti betoniperustalle, niin että silta on maan pinnan tasolla, joten punnittava ajoneuvo voidaan helposti ajaa vaa'alle. Punnituskoneisto suojataan yleensä sopivalla kopilla tai rakennuksella, ja siihen kuuluu painoleimauslaite, jolla paino voidaan leimata korttiin kahteen kohtaan brutto ja taarapainona. Varmuustasapainokoneisto estää virheelliset punnitsemiset siten, että leimausta ei voida suorittaa ellei vaaka ole tasapainossa. UUSVAARAN (1969) tutkimuksessa vaakojen punnitusteho vaihteli 20000–50000 kiloon ja tarkkuus 10–50 kiloon. Kyseinen tarkkuus on riittävä punnittavien autojen bruttopainon ollessa suuruusluokkaa 10000–40000 kiloa. Haketta kuljettavien autojen kuormien keskimääräinen koko on lisäksi kasvamassa.

### 533. Taaran vaihtelu

Taara vaihtelee jonkinverran riippuen vuodenajasta ja kelistä. Talvisin, keväisin ja syksyisin olisi syytä kosteilla ja lumisilla keleillä punnita auto tyhjänä jokaisen tyhjennyksen jälkeen, sillä varsinkin syys- ja kevättalvella autoon tarttuu rapaa ja sohjoa, jolloin auton taarapainoa ei saada tarkalleen määritetyksi. Polttoaineen määrä säiliössä voi myös aiheuttaa vaihteluita taarapainossa. Yleensä kuljettajat kuitenkin täyttävät tankin säännöllisesti tiettyssä ajon vaiheessa. Taarapainon vaihtelut ovat HEISKASEN (1963 a) mukaan luokkaa 50–100 kg, joka merkitsee keskimäärin 2–5 kg/i-m<sup>3</sup>.

### 534. Kosteuden vaihtelu

Hakekuormien kosteus vaihtelee riippuen tukkien varastoimistavasta ja -ajasta sekä kuorimisen ja sahauskeskustien välisen ajan pituudesta. NISULAN (1961) tutkimuksessa hakekuormien kuivapitoisuus kuorman sisällä oli keskimäärin 63.9 ja variaatiokerroin 6.2. Kuivapitoisuudella tarkoitetaan hake-erän kokonaispainon kuiva-ainepitoisuutta, jolloin kuiva-ainepitoisuusprosentin ja vesipitoisuusprosentin summa on sata. Sekoittamalla homogenisoidun hakekuorman kuivapitoisuuden vaihtelusta esitetään seuraavat luvut:

Kuivapitoisuus	Variaatiokerroin	Variaatiokertoimen hajonta
62.89	2.78	1.11

Seuraavassa asetelmassa esitetään kosteuden ja kuivapitoisuuden variaatiokertoimet otettaessa näytteet kiekkoina haketettavasta puusta tai hakkeena kuormasta ja purettaessa.

	Variaatiokerroin		
	Kiekoissa	Kuormassa	Purettaessa
Kosteus	31.71	15.80	11.69
Kuivapitoisuus	9.50	5.16	3.62

Voidaan päätellä, että purkausvaiheessa saatu variaatiokerroin on yli puolta pienempi kuin kuormasta saatu variaatiokerroin. Purkauspäässä päästään siis samoihin tuloksiin noin 5 kertaa pienemmällä näytteiden määrällä. Kiekoissa on variaatiokerroin suurin.

Silloin kun halutaan jonkin hakekuorman kohdalla päästä tarkempiin tuloksiin, on näytteiden lukumäärää luonnollisesti lisättävä. Alla olevaan asetelmaan on laskettu muutamien näytteiden perusteella odotettavissa oleva erehtymisen todennäköisyys.

Näytteitä kpl	Erehtymisen todennäköisyys kuivapitoisuudessa		
	alle 5 % Näytteet kuormasta	alle 1 % /	alle 0.1 % (Näytteet purkauksessa)
1	12.2 (5.4)	16.0 (7.2)	20.4 (9.1)
3	8.6 (3.9)	11.3 (5.1)	14.4 (6.5)
5	6.1 (2.7)	8.0 (3.6)	10.2 (4.6)
7	5.0 (2.2)	6.5 (2.9)	8.3 (3.7)
10	4.1 (1.8)	5.3 (2.4)	6.8 (3.1)
20	2.8 (1.3)	3.7 (1.6)	4.7 (2.1)



Tulokset koskevat Lokomo ZH 36 A-hakkuria. Mikäli on kyseessä toisen tyyppinen hakkuri on tuloksia käytettävä soveltaen.

HEISKANEN (1963 a) on saanut ottamalla kustakin autokuormasta 15–30 sekoitettua näytettä seuraavat vesipitoisuuden vaihtelut ja näytteiden lukumäärät eri hakkureiden hakkeelle.

	Keskiarvo	Hajonta	Variaatio- kerroin, %
Karhula 1200/2	36.43	1.89	5.2
Karhula 312	38.54	1.77	4.6
Hake M 7 A	41.03	2.01	4.9
Lokomo ZH 36 A	33.08	1.99	6.0

Näytteiden tarvittava lukumäärä sallitun virheen ollessa 1–5 % on HEISKASEN mukaan seuraava:

Sallittu virhe, %	Näytteitä, kpl
1	26
2	7
3	4
4	3
5	2

On huomioitava, että edellä esitetyt tulokset koskevat runkopuusta tehtyä polttohaketta. Tällöin kosteuden vaihtelut hankintojen sisällä ja välilläkään eivät ole aina yhtä suuria kuin sahanhakkeen ollessa kysymyksessä, koska sahaukseen tuleva materiaali voi kosteudeltaan paljonkin vaihdella riippuen tukkien varastointitavasta.

UUSVAARA (1969) on laskenut vesivarastoiduista, maavarastoiduista sekä vesi-maavarastoiduista tukeista tehdyille sahanhakkeelle seuraavat kosteusprosentit (aineisto 184 hakekuormaa).

Tukkien varastoimis- tapa	Kosteus, %	Hajonta	Variaatio- kerroin, %	Kuormia, kpl
Vesi	153.0	9.46	6.1	52
Vesi-maa	130.1	7.28	5.6	38
Maa	110.5	10.24	9.3	66
Maa <sup>*)</sup>	100.5	11.90	11.8	28

<sup>\*)</sup>Tukit seisseet maavarastossa kuorittuina kesäaikana 1–3 viikkoon.

Eri puolajeista valmistettu hake on käsitelty yhdessä, ja kosteus on määritetty prosentteina hakkeen kuivapainosta. Tulokset koskevat kuormien välisiä kosteuksia.

Mainittakoon, että Ruotsissa tehtyjen sahanhaketta koskevien tutkimusten mukaan on päädytty suosittelemaan 4–9 kappaletta litran suuruisia kosteusnäytteitä, mikäli sallitaan 5 prosenttiyksikön keskivirhe. Jos halutaan pienentää sallittua keskivirhettä, eli siirtyä suurempaan tarkkuuteen, näytteiden lukumäärä eri hankinnoissa nousee hyvin jyrkästi.

Riittävän tarkan tuloksen saamiseksi kosteuden määrittämisessä on näytteitä otettava joka kuormasta. Tarkkuus lisääntyy edelleen otettaessa näytteet kuorman purkamisen yhteydessä. Tutkimusten mukaan variaatiokerroin on tällöin korkeintaan puolet kuormasta saadusta. Jos tyydytään viiden prosentin otantavirheeseen näytteitä tarvitaan vain kaksi kuormasta sen purkamisen yhteydessä. Tämä merkitsee keskimäärin n. 2 % virhettä kokonaispainossa tuorepainosta lasketun vesipitoisuuden ollessa 40 % suuruusluokkaa. Tällainen vesipitoisuus vastaa noin 70 %:n kosteutta kuivapainosta laskettaessa.

### 535. Kosteuden määrittäminen

Hakekuorman kosteuden määrittäminen käytännössä tapahtuu parhaiten siten, että kuorman purkausvaiheessa otetaan sieltä täältä esim. viidestä eri kohdasta noin litran verran haketta, joka perusteellisesti sekoitetaan sopivassa astiassa, ja tästä sekoitetusta hakkeesta otetaan edelleen suunnilleen litra lopulliseksi näytteeksi. NISULAN (1961) tutkimuksissa on variaatiokerroin tällöin ollut 2.8. Pienempiä näytteitä ei kannata ottaa, sillä niitä on vastaavasti kerättävä huomattavasti runsaammin. Koska hakekuormassa on hake aina jossain määrin lajittunutta, olisi syytä ottaa näytteet kuorman eri puolilta ja eri kerroksista. Saatu kosteusnäyte punnitaan tuoreena ja absoluuttisen kuivana, jolloin voidaan laskea kuorman kuivaainemäärä. Otettaessa näytteitä kuljetinhihnalta, voidaan myös käyttää automaattisia näytteenottajia.

## 6. HAKKEEN LAADUN MÄÄRITYS

### 61. Kuori

#### 611. Nykyinen käytäntö kuoripitoisuutta määrittäessä

Kuori aiheuttaa massateollisuudessa prosessiteknisiä vaikeuksia ja saattaa johtaa lopputuotteen laadun alentumiseen. Puuainekseen verrattuna kuori tuottaa mm. alhaisen saannon, lisää kemikaloitten kulutusta, nostaa massan roskaisuutta ja heikentää sen vaaleutta. Nilan haittavaikutukset ovat oleellisesti vähäisempiä kuin ulkokuoren.

Yhdenmukaisten ohjeiden puuttuessa kuorinäytteen otto on käytännössä muotoutunut ainakin jossain määrin omintakeiseksi lähes jokaisella ostohaketta käyttävällä sellutehtaalla (HAKKILA 1972, HAKKILA ja SAIKKU 1972). Ostajista puolet kerää näytteitä säännöllisesti, toinen puoli vain kuorman kuoripitoisuuden näyttäessä silmävaraisesti liialliselta. Ensinnä mainituistakin osa lopettaa säännöllisen näytteenoton kesän ja syksyn ajaksi, koska kuoriongelmaa ei tuolloin esiinny. Säännöllisesti jokaisesta kuormasta kuorinäytteen ottavista osa varastoi sen keräilyastiaan, jossa sekoitusta hakkeesta sitten otetaan uusi, useata kuormaa edustava näyte.

Myös näytteenottopaikan osalta käytäntö vaihtelee. Kaikki pyrkivät ottamaan näytteen sattumanvaraiselta kohdalta kuormasta, toiset vain yhdestä mutta toiset taas useasta paikasta yhdistäen. Eräillä tehtailla näyte valitaan kuitenkin aina kuorman pintakerroksen alapuolelta. Käytännöllisistä syistä otetaan näyte usein kuorman purkamisen jälkeen.

Lopullinen näytekoko, josta kuoripitoisuuslaboratoriossa määritetään, vaihtelee laajoissa rajoissa. Eräät tehtaot tyytyvät vain litran näytteeseen. Suurimmat, 15 litran näytteet ovat monesti keräilyastiaa käyttäen syntyneitä ja edustavat niin ollen usean kuorman keskiarvoja. Toisaalta on osa suurista näytteistä Oy Keskuslaboratorion standardin mukaisia palakokajakautumanäytteitä, jotka sellaisinaan käytetään myös kuorinäytteiksi.

Kuoripitoisuutta mitattaessa otetaan yleensä huomioon kaikki näytteestä löytyvä kuori. Eräät tehtaot jättävät kuitenkin kuoresta pois hakepalasissa kiinni olevan nilan, mikäli siinä ei ole jäljellä ulkokuorta.

Kuori irrotetaan hakepalasista kaikkialla käsin veistä apuna käyttäen ennen näytteen kuivaamista. Menetelmä on hidas ja rajoittaa taloudellisesti hyväksyttävissä olevan kuorinäytteen kokoa. Jos kuoren määrä on esimerkiksi yksi prosentti hakkeen kuivapainosta, kuluu kuoren erottamiseen keskimäärin 10 minuuttia hakelitraa kohti.

Kuoren määrä ilmoitetaan yleensä prosentteina koko näytteen tuore- tai kuivapainosta. Eräät tehtaot mittaavat kuitenkin kuoren määrän grammoina litraa tai kiloina hakekuutiometriä kohti. Koska nilakuori on puuainetta kostempaa, tuorepainoprosentti johtaa nimellisesti samaa prosenttirajaa käytettäessä kuivapainoprosenttia ankarampaan luokitukseen. Jos esimerkiksi sahanhakkeen keskimääräinen kuoriprosentti on kuivapainosta laskettuna kesäaikana 0.5 ja talvella 1.4, on tuorepainoprosentti vastaavasti 0.6 ja 1.9.

Kuorta sallitaan ostohakkeessa nykyisin korkeintaan 1 % hakkeen kuivapainosta. Sahanhakkeen kuoripitoisuudelle käytännössä asetetut vaatimukset noudattavat yleensä myyjä- ja ostajapuolten järjestöjen välillä tehtyä sopimusta. Ilman hinnanalennuksia hyväksytyt kuoren enimmäismäärä on sen mukaan 1 % kuivapainosta laskettuna. Rajan yli menevä kuoriprosentin osa aiheuttaa hakkeen hinnan alentumisen vastaavalla prosenttimäärällä nelinkertaisena ja kuoren määrän ylittäessä 3 % tavaraa ei enää hyväksytä keittohakkeeksi. Kuoriprosentti tulisi aina laskea hakkeen kokonaiskuivapainosta, jossa myös kuoren oma kuivapaino on mukana. Näin ei kuitenkaan käytännössä vielä aina tapahdu, vaan osa ostajista soveltaa myös määrittystä tuorepainosta.

Ankarista määräyksistä huolimatta kuoriprosenttirajan ylittämisestä selvittää käytännössä usein vain huomautuksella. Sulfiittimassan valmistajat reagoivat liiallisiin kuorimääriin kuitenkin herkemmin kuin sulfaattimassatehtaot. Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys r.y:n vuonna 1971 tekemän tiedustelun mukaan kohdistui vastaanottajan tekemistä reklamaatioista 69 % pelkästään hakkeen palakokoon, 20 % kuoripitoisuuteen ja 11 % samanaikaisesti kumpaiseenkin.

Laboratoriossa mitattuja kuoripitoisuuksia sovelletaan eräissä tapauksissa vain tiettyyn kuormaan. Näin menetellään nimenomaan teh-

tailla, joilla kuorinäyte otetaan vain runsaasti kuorta sisältävistä kuormista. Muutoin on yleisenä suuntana todettavissa, että mitä suurempia ovat sahan toimittamat hakemäärät, sitä lyhyemmälle aikajaksolle hakkeen kuoripitoisuus määritetään.

#### 612. Ehdotus kuoriprosentin määrittämis- menetelmien yhtenäistämiseksi

Haketutkimustoimikunta suosittelee mietinnössään vuodelta 1972 kuoriprosentin määrittämiseksi menetelmää, jossa jokaisesta kuormasta otetaan noin 3 litran suuruiset näytteet. Kutakin myyjää edustavat näytteet varastoidaan omaan keräilyastiaansa. Astiaan kertyneestä hakkeesta tehdään kuorianalyysi huolellisen sekoituksen jälkeen noin 15–30 litran erästä. Analyysien aikaväli riippuu haketoimitusten tiheydestä. Mikäli kuitenkin kuormakohtaista kontrollia pidetään välttämättömänä, tulee analysoitavan näytteen vähimmäiskoon olla 15 litraa. Kuoripitoisuus ei vaihtele kuorman sisällä systemaattisesti, mutta kuorman pintakerrosta on näytettä otettaessa kuitenkin vältettävä.

Ruotsissa ja paikoin Suomessa on käytössä menetelmä, jossa kuoreen ei lueta hakepalasessa kiinni olevaa nilaa, mikäli siinä ei ole mukana myös ulkokuorta. Näin voidaan näytteen käsittelyä nopeuttaa, sillä juuri nilakuoren irrottaminen hidastaa työtä tuntuvasti. Tästä syystä ehdotetaan menetelmää hyväksyttäväksi Suomessakin yleiseen käyttöön. Periaatteen omaksuminen merkitsee itse asiassa myös sallitun kuorimäärän lisääntymistä nykyisestä noin 1 %:sta n. 1.1 %:iin ja 3 %:sta n. 3.3 %:iin,

mikäli edellisessä luvussa mainitut prosenttiset rajat säilytetään entisellään.

## 62. Palakoko

### 621. Hakkeen palakoon vaikuttavat tekijät

Hakkeen tiheyden, ja kuoripitoisuuden lisäksi hakkeen palakoko on erittäin tärkeä – kaikkein tärkein – sahanhakkeen käyttökelpoisuuteen ja arvoon vaikuttava tekijä. Tästä syystä on aluksi paikallaan palauttaa mieleen ne tekijät, joilla sahalaitoksilla voidaan vaikuttaa hakkeen laatuun, palakokoon.

Hakkurin vaikutuksesta voidaan mainita seuraavaa (ISOMÄKI 1966, 1968).

– Pitkien tikkujen saantoa voidaan pienentää siten, että haketettavat kappaleet ohjataan mahdollisimman lähelle teriä, jolloin kappaleiden loppupää ei pääse kääntymään. Tämä tulos saavutetaan yleensä vain syöttölaitteilla lukuunottamatta moniterähakkureita, jotka tekevät tasaista haketta ilman syöttölaitteitakin.

– Hakkurin syöttönopeuden olisi aina vastattava hakkeen toivottua palapituutta.

– Terävillä terillä saadaan hyvälaatuisinta haketta.

– Tikku- ja purumäärät ovat pienimmillään 50°:n leikkuukulmalla.

### 622. Palakokoa koskevat laatuvaatimukset

Vuonna 1965 suoritetun hakkeen käyttäjille osoitetun kyselyn mukaan olivat hakkeen ihanemitat tiedusteluun vastanneilla tehtailta melko paljon toisistaan eroavia. Seuraavissa asetelmissä esitetään saadut tiedot teollisuuslajeittain (ISOMÄKI 1966).

#### Sulfaattiteollisuus:

Ulottuvuus	Tehtas										Keskiarvo
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pituus, mm	25	20	18	20	20	20	18–20	18	20	18–24	20,1
Paksuus, mm	4	3	3	5	3	2–5	2–3	3–4	4	3–5	3,5
Leveys, mm	22	20	15	20	15	..	10–15	20	20	15–20	17,5

Sulfiittiteollisuus:

Ulottuvuus	Tehdas				Keski-arvo
	1	2	3	4	
Pituus, mm	19	25	25	17-19	21,0
Paksuus, mm	4	6	5	4-7	5,2
Leveys, mm	24	..	20	10-25	19,8

Kuitulevyteollisuus:

Ulottuvuus	Tehdas		Keski-arvo
	1	2	
Pituus, mm	22-30	12-28	21.0
Paksuus, mm	3-7	6	5.5
Leveys, mm	12-30	6-18	16.5

Kuorellisen teollisuushakkeen vaatimukset eivät myöskään olleet aivan yhtenäisiä. Esim. suurimman ostajan vaatimusten mukaan 25-13 mm palapituutta tulisi olla vähintään 60 % ja alle 13 mm enintään 30 %.

Polttohakkeen eri luokkien hakkeelle ilmoitettiin seuraavat laatuvaatimukset:

Luokka A palapituutta 6-25 mm 80 % hakkeesta

Luokka B palapituutta 6-32 mm 80 % hakkeesta

Luokka C palapituutta 6-56 mm 80 % hakkeesta.

Kuivapainon mukaan hake jaettiin neljään painoluokkaan, 240-221, 220-201, 200-171 ja 180-161 kg/i-m<sup>3</sup> ja normaalihakkeen kosteudeksi määriteltiin 35,1-40,0 % tuorepainosta määritettynä.

Oy Keskuslaboratorio Ab:n suosittamat keittohakkeen laatuvaatimukset palakoon osalta ovat nykyisin seuraavat (SAUKKONEN 1971):

1. Hakkeen tulee olla valmistettu huolellisesti kuorittujen havutukkien sahausjätteistä. Sen tulee olla seulottua eikä se saa sisältää vieraita aineita.

2. Keittohakkeesta vähintään 95 % on kulluttava 6-32 mm:n pituusluokkaan, Mikäli prosenttiluku on pienempi kuin 95 %, alennetaan hintaa 2 % kutakin tämän luvun alittavaa täyttä prosenttia kohti, mutta jos prosenttiluku menee alle 90 %:n, alennetaan hintaa 5 % kutakin täyttä prosenttia kohti 90 %:sta lähtien. Mikäli luku menee alle 80 %:n, ei hake ole kelvollista keittohakkeeksi.

3. Mikäli purujaetta, pituus alle 6 mm, on hakkeessa määrältään yli 2 %, vähennetään hinnasta jokaiselta ylittävältä prosentilta 1 %, kuitenkin siten, että laskutus tehdään 0,1 %:n välein.

4. Hakenäytteiden on edustettava yhden kalenterikuukauden aikana saapunutta keittohakkeeksi kelvollista hakemäärää. Tämä merkitsee sitä, että vaikka laadun arvostelu tapahtuu-kin monen hakekuorman keskimääräisen arvon perusteella yksittäinen kuorma on voitava hylätä ennen kuin se pääsee sekoittumaan hyväksytyjen kuormien joukkoon.

Toinen hylkäämisperuste kuoren ylisuuren määrän lisäksi - liian pieni määrä hyväksyttyä jaetta - on vaikea todeta muuten kuin seulontaanalyysin avulla. Tilanteesta ja näytteenottoajasta riippuu, tuleeko epäiltävä erä eristetyksi suoraan, vai jääkö se vain alentamaan muiden kuukauden aikana toimitettujen erien keskiarvoa.

Ostetun sahanhakkeen palakokajakautuman määrittäminen käytännössä nykyisin seuraava.

Hakkeen laatua tarkkaillaan ja arvostellaan koeseulontojen avulla. Hakenäyte jaetaan jakeisiin kiertoheilurimekanismilla varustettua seulaa käyttäen. Jakeet punnitaan ja tulokset ilmoitetaan prosenteina koko hakenäytteestä.

### 623. Näytteenotto

Yleisin näytteenottotapa on kerätä riittävä määrä haketta kuorman purkamisen yhteydessä, joskin näyte voidaan ottaa myös kuljettimelta tai hakekasasta. Mikäli näyte otetaan syöttö- tai kuljetushihnalta, kerätään näytettä useaan kertaan, kunnes se on sopivan suuruinen (15 litraa). Näyte suositellaan otettavaksi paikasta, jossa hake putoaa hihnalta toiselle tai esimerkiksi seulaan. Tarvittaessa määritetään lastujen kosteus.

Sahanhakkeen hinnoittelun takia on kuukauden aikana suoritettava vähintään 13 näytteen seulonta sahaa kohti. Näiden 13 näytteen keskiarvon katsotaan edustavan ko. sahan toimittaman hakkeen palakokajakautumaa.

### 624. Laitteet

- Koeseula, kiertoheilurimekanismilla varustettu, mieluummin Oy Keskuslaboratorio Ab:n piirustusten mukaan tehty Williams-tyyppinen

seula. Liikkeen laajuus on 50 mm ja iskuluku  $200 \pm 5/\text{min}$ .

— Seulalevyt ovat neliön muotoisia ja niiden tehollinen seulapinta  $0.30 \text{ m}^2 - 0.35 \text{ m}^2$ . Seulonta-asennossa seulalevyjen tulee olla 100 mm:n päässä toisistaan. Reikien läpimitan ollessa alle 13 mm saa levyjen etäisyys olla 70 mm. Seulalevyjen paksuus on 2 mm. Seulalevyjen rei'ät ovat pyöreät ja niiden läpimitat (a) ja vastaavat kannaksien leveydet (b) ovat seuraavat: a = 6 mm, 13 mm, 16 mm, 19 mm, 25 mm ja 32 mm toleranssi  $\pm 0.1 \text{ mm}$ ,  $\pm 0.1 \text{ mm}$ ,  $\pm 0.1 \text{ mm}$ ,  $\pm 0.2 \text{ mm}$ ,  $\pm 0.2 \text{ mm}$  ja  $\pm 0.3 \text{ mm}$ .

b = 4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm, 10 mm ja  $10 \text{ mm} \pm 20 \%$ .

— Seulonnassa käytetään kaikkia yllä mainittuja levyjä. Hienomurskeen keräämiseksi asetetaan pohjimmaiseksi umpinainen laatikko. Seulontalevyt kiinnitetään kehyksiinsä siten, että silempi puoli tulee ylöspäin.

Mikäli käytetään rakoseula, ovat rakojen leveydet 10, 8, 6, 4 ja 2 mm.

## 625. Seulonnan suoritus

Seulalevyt kiinnitetään seulaan päällekkäin siten, että suurimmilla rei'illä varustettu levy tulee päällimmäiseksi ja hienomurskelaatikko pohjimmaiseksi. Tutkittava hakeannos kaadetaan ylimmälle levyille ja käynnistetään seula. Seulonta-aika on 5 min. Seulontajakeiden painosuudet ilmoitetaan prosentteina koko hakeannoksesta 0.1 %:n tarkkuudella.

Hakkeen kosteuden seulottaessa tulisi olla yli 20 % tuorepainosta, sillä aleneminen tästä alkaa huomattavasti vaikuttaa jakautumiseen. Toisaalta hakkeessa ei saa olla pintavettä. Seulontatuloksen yhteydessä on hakkeen kosteus ilmoitettava, jos kosteuden määrittäminen on katsottu aiheelliseksi.

Mikäli analyysitulokset tai silmävarainen arviointi osoittavat hakekuormassa olleen ylisuurta jaetta ja purujaetta yli sallitun maksimimäärän (20 %), on asiasta ilmoitettava välittömästi hakkeen tuottajalle ja ko. kuorman hinnoittelusta on sovittava erikseen. Kelvottomaksi osoittautuneen kuorman analyysituloksia ei saa sekoittaa kuukauden aikana hyväksyttävän hakkeen tuloksiin. Mikäli kuorman analyysitulokset osoittavat laadun oleellisesti poikkeavan toimitajan normaalista laadusta, tulee myös siitä välittömästi ilmoittaa hakkeen toimittajalle.

Ehdotettu näytteiden lukumäärä perustuu siihen, että ylisuuren ja purujakeen osalta kuukauden keskiarvo ilmoitetaan 0.5 %-yksikön tarkkuudella olettamalla kuormien väliseksi keskihajonnaksi 0.9. Mikäli hajonta kokemuksen perusteella on pienempi, selvitetään luonnollisesti pienemmällä seulontamäärällä ilman, että keskiarvon tarkkuus kärsisi.

Mikäli halutaan tarkkailla erikoisesti hienomurskeen koostumusta, voidaan lisänä käyttää  $3 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ :n rei'in varustettua levyä.

Edellä selostettu palakokojakautuman määrittäminen on Oy Keskuslaboratorio Ab:n suositus käytäntöä varten. Hakkeen laadun määrittäminen palakoon osalta vaihtelee kuitenkin tehdaskohtaisesti. Niinpä tehtaitten välillä on eroa mm. seuloissa, näytemäärissä, näytteenottotavassa ja näytteen suuruudessa.

Nykyisin käytössä olevan seulan konstruktiossa on kuitenkin eräitä heikkouksia. Niinpä reikäseulonnassa alemmalle seulapinnalle saattaa joutua liian paksua hakea, joka ei keitossa kuituunnu. Rakoseulonnassa taas pitkät ohuet tikut läpäisevät karkeimmat seulat. Näiden heikkouksien poistamiseksi on mm. Kanadassa ja Ruotsissa kehitetty seulayhdistelmä, joka ottaa huomioon sekä hakepalojen piteuden että paksuuden.

Oy Keskuslaboratorio Ab:ssä on kokeiltu ja vertailtu keskenään suomalaista Williams-seula ja ruotsalaista menetelmää ja päädytty seuraaviin suosituksiin (SAUKKONEN 1972):

### Näytteenotto

Näyte kerätään joko kuormaa purettaessa pieninä erinä useasta eri kohdasta tai kuljetushihnalta paikasta, missä hake putoaa hihnalta toiselle tai seulaan. Näytettä ei saa ottaa kuorman pinnalta.

Seulayhdistelmä (tämä yhdistelmä on parhaillaan kokeiltavana Ruotsissa).

- N:o 1. reikälevy, 45 mm:n pyöreä reikä  
" 2. 8 mm:n rakoseula  
" 3. reikälevy, 7 mm:n pyöreä reikä  
" 4. reikälevy, 3 mm:n pyöreä reikä  
" 5. purulaatikko.

### Seulontaolot

Näytekoko 8 – 10 l  
Seulonta-aika 10 min.

Kuiva-aine            Hake seulotaan sellaisenaan, jos sen kuiva-aine on 40–70 %. Jos hake on läpimärkä, sitä kuivatetaan ilmassa 1–2 tuntia.

### Suoritus

Näyte kaadetaan ylimmälle seulalevyllä tasaiseksi kerrokseksi, minkä jälkeen seula käynnistetään. Eri fraktiot punnitaan ja niiden osuudet ilmoitetaan prosentteina näytteen kokonaispainosta.

Esitetty menetelmä on osin kopio ruotsalaisesta analyysimenetelmästä. Se ei ole kuitenkaan sopusoinnussa Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistyksen ja Teollisuuden Paperipuu-yhdistyksen tekemän hinta- ja laatusuosituksen kans-

sa, jossa hake arvostetaan palakoon osalta vain ylisuuren ja purujakeen pohjalta. Hakkeen pakkuuteen ja tasaisuuteen ei kiinnitetä minkäänlaista huomiota, vaikka hakkeen tasaisuus vaikuttaa merkittävästi pakkautumiseen kuormassa, mikä puolestaan aiheuttaa erään virhelähteen mitattaessa puumäärää tilavuuden mukaan. Tilavuusmittaus on Suomessa vielä enimmäkseen käytössä.

Ruotsalaisten kauppasopimuksissa on hakkeen tasaisuus otettu huomioon asettamalla tietyt rajat kaikille muille paitsi keskimmaiselle fraktiolla. Esitetyn menetelmän pohjalta on ehdotettu laadittavaksi yhteinen pohjoismainen seulontamenetelmä hakkeen analysoimiseksi. Keskuslaboratorion näkemyksen mukaan voitaisiin kuitenkin myös Williams-seulaa käyttää siirtymävaiheessa, kunhan seulayhdistelmät vastaisivat toisiaan.



## KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANON. 1969a. Hakkeen kuljetuksesta. Sahamies 5.
- ANON. 1969b. Hakkeen varastointi. Sahamies 5.
- ANON. 1969c. Seulan vaikutus hakkeen saantoon ja laatuun. Sahamies 4.
- HAKKILA, P. 1972. Sahanhakkeen kuoripitoisuuden määrittämisestä. Haketustkimustoimikunta. Moniste 8 p.
- HAKKILA, P. & SAIKKU, O. 1972. Kuoriprosentin määrittäminen sahanhakkeesta. Summary: Measurement of bark percentage in sawmill chips. Folia Forestalia 135.
- HAKKILA, P. 1973. Puutavaran kuljetus hakkeena. Sahamies 3.
- HEISKANEN, V. 1962. Tutkimuksia siirrettävillä hakkureilla valmistetun hakkeen ominaisuuksista. Summary: Studies of characteristics of wood chips prepared with portable chipping machines. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 134.
- HEISKANEN, V. 1963 a. Kosteuden vaihtelut kenttähakkureilla lastutetuissa hakekuormissa. Summary: Variation of moisture in loads of chips chipped with portable chipping machines. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 80.
- HEISKANEN, V. 1963 b. Mittalaatikon suuruuden vaikutus hakkeen irtokuutiometripainoon. Autokuormamittauksen ja laatikkomittauksen vertailua. Summary: The influence of the size of measuring box on the cubic metre weight of wood chips. Comparisons of measuring in truck loads and in small boxes. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 149.
- HOKKANEN, V. 1962. Hakkurit, terät ja niiden huolto. Pienpuualan Toimikunnan Tiedotuksia 60.
- ISOMÄKI, O. 1966. Tutkimus sahanhakkeen laatuun, saantoon ja kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä. Summary: On the factors influencing the quality, yield and manufacturing costs of sawmill chips. Metsätutkimuslaitoksen Julkaisuja 62.4.
- ISOMÄKI, O. 1968. Sahanhakkeen teon opas. Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys ry.
- ISOMÄKI, O. 1970. Koneiden ja laitteiden vaikutus hakkeen saantoon ja laatuun. Sahamies 2.
- KIVINEN, P. 1970. Pientukki sahatavaraksi? Sahamies 6.
- Mekaaninen Puuteollisuus I. 1964. Joensuu.
- NISULA, P. 1960. Paino pinotavaran ja hakkeen mittana. Summary: Weight as a standard of piled timber and chips. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 114.
- NISULA, P. 1961. Polttohakkeen kuivapitoisuuden määrittäminen painomittausta käytettäessä. Summary: Determination of the dry matter content of fuel chips when using measurement by the weight. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 131.
- Puumassan valmistus. Suomen Paperi-insinöörien Yhdistyksen oppi- ja käsikirja II. 1968. Helsinki.
- Sahanhake ja paperipuuhaake massan raaka-aineena II. 1972. Haketustkimustoimikunta. Moniste 16 p.
- SALMINEN, K. 1968. Uusia sahauskoneita. Sahamies 1.
- SAUKKONEN, M. 1971. Hakkeen näytteenotto ja laatuanalyysimenetelmät. Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium Ab. Seloste 1045. Sell.keitto 156.
- SAUKKONEN, M. 1972. Hakkeen palakoon ja kokojakautuman määrittämistavat ja niiden tarkkuus. Haketustkimustoimikunta. Moniste 8 p.
- SILTANEN, K. 1970. Hakut ja seulat. Esitelmä Sivutuotepäivillä Kuopiossa. Moniste 18 p.
- Suomen asetuskoelma. 1972. Puutavaran mitaussääntö n:o 753.
- Tavaraliikenteen kuljetuskalusto. 1972. Valtion Rautatiet.
- TUNKKARI, E. 1962. Havaintoja siirrettävien hakkureiden käytöstä sahanhakkeen valmistuksessa. Pienpuualan Toimikunnan Tiedotuksia 76.
- UUSVAARA, O. 1968. Hakkeen mittaus. Haketustkimustoimikunta. Moniste 25 p.

UUSVAARA, O. 1969. Sahanhakkeen tiheys ja paino. Summary: On density and weight of sawmill chips. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 67.3.

UUSVAARA, O. 1971. Vaneritehtaan jätetuusta valmistetun hakkeen ominaisuuksista. Summary: On the properties of chips prepared from plywood plant waste. Folia Forestalia 107.

UUSVAARA, O. 1972. Sahanhakkeen ominaisuuksista. Summary: On the properties of sawmill chips. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 75.4.

UUSVAARA, O. 1974. Ennakkotietoja kuoren, hakkeen ja purun tiivistämisestä jätetpuristimella. Moniste 6 s.

Liite 1. Suomalaiset sahaus- ja vanerijätehakkurit.  
Appendix 1. Finnish sawing and plywood plant waste chippers.

Valmistaja Manufacturer	Hakkurin malli Chipper model	Teho i-m <sup>3</sup> /h loose cu.m./ hour	Tehon tarve kW Power require- ment, kW	Terä- pyörän Ø, mm Ø of blade wheel, mm	Terien lukum. Number of blades	Kierros luku/min. RPM	Syöttö- aukko mm x mm Feeding aperture mm x mm	Paino kg Weight, kg	Tyyppi rumpu/ laikka Type drum/ disk	Huomautuksia Remarks
A. Ahlström Osakeyhtiö, Karhulan Tehtaat	Karhula 1200/2 » S1200/3 » RH1600/3 » RH1600/5 » S2000/4 » S2000/5 » S2500/4 » S2500/5 » SV2500/4 » SV2500/5	20-25 30-40 60 100 50-75 70-90 90-110 110-140 65-110 80-140	40 55 75 110 50-75 70-90 90-110 100-130 90-110 100-130	1200 1200 1600 1600 2000 2000 2500 2500 2500 2500	2 3 3 5 4 5 4 5 4 5	600-750 750 650 650 350-420 350-420 275-330 275-330 275-330 275-330	300x180 300x180 440x260 440x260 440x310 440x310 560x410 560x410 560x410 560x410	2800 2200 4800 5000 6700 7000 12000 12500 13000 13500	Laikka Disk » » » » » » » » »	Siirrettävä Mobile Kiinteä — Stationary » » » » » » » » » »
A. Ahlström Osakeyhtiö, Varkaus	W-40 W-60 W-80 Moottori — Motor	40 60 80	37 55 75	785 845 845	29 22 15	1000 1000 1000	660x450 980x500 1300x500	2000 3000 4000	— — —	Kiinteä, vasaterähakkuri Stationary, hammerblade chipper
Enso-Gutzeit Osakeyhtiö	Enso 66'' » 50''	100 <sup>x</sup> 40 <sup>x</sup>	180-500 80-120	1680 1270	16 16	590 730	425x610 445x850	4300 4800	Rumpu Drum	Kiinteä, vanerijätehakkuri Stationary, plywood plant waste chipper
Enwe-Osake- yhtiö, Lahti	Enwe TR 85-35 » TR 85-50 » TR 12-50 » TR 12-70 » TR 17-50 » TR 17-70	5 8 12 17 18 26	22 30 45 55 75	370 370 460 460 620 620	2 2 2 2 3 3	910 910 830 830 740 740	85x350 85x500 120x500 120x700 170x500 170x700	900 1300 3600 4400 4900 6100	Laikka Disk Rumpu Drum » » » »	Kiinteä Stationary Kiinteä Stationary » » » »

»	TR 21-70	37	110	820	3	630	210x700	6400	»	»
»	TR 21-90	49	110	820	3	630	210x900	7500	»	»
»	TR 25-70	55	132	1020	4	560	250x700	8100	»	»
»	TR 25-90	71	132	1020	4	560	250x900	9200	»	»
Konetoinisto	VAP 1600/35	60-70	55-75	1600	3	600	420x275	4100	Laikka	Kiinteä tai siirrettävä
V.A. Pekkonen,		Pyöreä puu - Round wood							Disk	Stationary of mobile
Pirkkala	VAP 1200/25	120-140	90-110							
Lahden	VJH 10/4	30-40	25-30	1200	2	750	350x250	2800	»	»
Rautateol-		100	110	1000	4	635	900x250	9000	Rumpu	Kiinteä, villunjätehakkuri
lius Oy	YJH 10/4	200	200	1000	4	625	900x250	12600	»	Stationary, plywood
	YJH 10/2	300	200	1000	2	625	900x250	12600	»	plant waste chipper
Rauma-	5-Ø 1680	50	80-100	1680	5	585	380x400	6500	Laikka	Kiinteä, rimahakkuri
Repola Oy,	10-Ø 1680	100	140-170	1680	12	585	380x400	6500	Disk	Stationary, slab chipper
Pori									»	»

x) Tuotos pinokuutiometrinä - Yield piled cu. m.

Liite 2. Suomalaiset hake- ja puruseulat.  
Appendix 2. Finnish chip and sawdust screens.

Valmistaja Manufacturer	Seulan nimi Name of screen	Malli Model	Teho, i-m <sup>3</sup> /h Output, loose cu./ hour	Seulalevy - Screen plate Seulapinta, Levyjen lukumäärä Screen Number of plates cm x cm	Teho, kW Power, kW	Paino, kg Weight, kg	Seulatyyppi Type of screen	Huomautuksia Remarks
A. Ahlström Oy, Varkaus	Hake ja puru Chips and sawdust	W-6	150	250x250	4	3200	Hiertävä Grinding	
	»	W-8	220	330x250	5.5	4200	»	
	»	W-12	350	450x275	11	5200	»	
	»	W-18	600	510x355	15	6200	»	
Konetoimisto V.A. Pekkonen, Pirkkala	VAP Hake- seula Chip screen	1/2	10-14 <sup>x</sup> )	100x100	2	280	Hiertävä Grinding	Valmistetaan kattotelineellä, jossa riippuu tai omalla jalustallaan Manufactured with a ceiling device from which it hangs or with its own stand
	»	1	20-28	100x200	2	330	»	
	»	2	30-42	150x200	2	400	»	
	»	3	40-55	200x200	2	480	»	
	»	4	50-70	200x250	2	620	»	
	»	5	65-85	250x250	2	750	»	
	»	6	95-150	300x300	2	1450	»	
	»	6.5	115-175	300x350	2	1600	»	
	»	7	130-200	300x400	2	1700	»	
	»	8	155-240	300x400	2	2100	»	
Ky. Lehtosen Konepaja, Peipohja	Hakeseula Chip screen	3-9057	50	205x205	2	600	Hiertävä Grinding	
	»	3-9058	75	250x250	2	800	»	
Rauma-Repola Oy, Pori	Hakeseula Chip screen	SCS-600	600	450x470	3	9500	Hiertävä Grinding	
	»	SCS-190	190	380x320	3	3500	»	
	»	SCS-150	150	340x190	3	3100	»	
	»	SCS-75	75	200x160	3	2000	»	

x) Hakeseulojen teho saavutetaan 32-45 mm:n reijillä - The output of chip screens is attained with holes of 32-45 mm.

Oy Tähkä Ab, Kaskinen	Hakeseula	Tähkä 200	80	209x200	2	1.5	1165	Hiertävä
	Chip screen			166x200				Grinding
	»	Tähkä 300	120	309x230	2	2.2	1450	»
	Puruseula	Tähkä 200	30-80	260x230				
	Sawdust screen			200x200	1	1.5	750	»



Liite 3. Yhdistelmätaulukko Suomen rautateiden hakevaunuista.  
Appendix 3. The chip waggons of the Finnish State Railways.

Avonaiset tavaraunut 2- ja 4-akseliset — Open goods waggons 2- and 4-axle

Sarja Series	Vaunulaji Type of waggon	Numerosarja Numerical series	Lukumäärä 1.1.1973 Number on Jan. 1, 1973	Taara keskim., t Average tare weight, tons	Kuorma, t Load, tons	Pituus Length	Kuormaosan mitat, m Loading space, m				Pinta-ala, m <sup>2</sup> Area, sq. m.	Tilavuus, m <sup>3</sup> Volume, cu. m.	Lattian korkeus kiskosta, m Height of floor from rail, m	Huomautuksia Remarks
							Sivuluukk. väli Space between side doors	Sivupylv. väli Space between stanchions	Sivupylv. Stanchions	Korkeus Height				
Hh	Hakevaunuja, itsepurkavia Self-discharging	90201— 90352	151	12.3	17.5	8.00	2.61	—	—	—	49	—	—	
Hhn	Hakevaunuja, ylösnostetta- vat sivuseinät — Side walls that can be raised	91001— 91711	546	11.3	18.5	7.71	2.73	—	2.50	2.50	53.0	1.24	1.24	
Hhc	Hakevaunuja, avattavat sivu- seinät — Side walls that can be opened	92301— 92900	402	12.2	17.5	7.20 8.00	2.79	—	2.50	2.50	52.0/ 55.0	1.24	1.24	Ilman väli- seinää Without partition wall
Ohn	Hakevaunuja, ylösnostetta- vat sivuseinät — Side walls that can be raised	79501— 79580	80	24.5	55.5	19.50	2.80	—	2.71	2.71	150	55.6	1.30	

- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttötyminen Suomen itäosissa.  
Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa.  
On the supply of roundwood in Finland. 4,—
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72.  
Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä.  
Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur. 2,—
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972.  
The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidiraakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuori-vioituksista.  
On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972.  
Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed.  
Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruokun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.  
The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit.  
Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta.  
Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista.  
Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla.  
The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen.  
Zur Kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.  
Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla.  
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader. 2,—
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutiomistaulukoiista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta.  
Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973. 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennumetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa.  
The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.  
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.  
By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutiomismenetelmä.  
Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz. 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.  
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa.  
The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—

- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.  
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Perttu Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta.  
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmson: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikkinen: Korvuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.  
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.  
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Hurtunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaite.  
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- 1975 No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.  
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Järveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.  
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuutteitten määrä.  
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. 1,50
- No 225 Metsätalostollinen vuosikirja 1973.  
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehintäin, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.  
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausten menetelmä ("pölkky-menetelmä").  
A wage-payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method). 4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.  
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.  
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.  
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löyttyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.  
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäkömät vuoteen 2000.  
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta.  
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa.  
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. 3,—
- No 235 Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.  
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat greenhouse experiments. 1,50
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.  
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—