

FOLIA FORESTALIA³⁴¹

METSÄNTUTKIMUSLAITOS·INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE·HELSINKI 1978

OLLI UUSVAARA

TEOLLISUUSHAKKEEN JA PURUN
PAINOMITTAUS

ESTIMATION OF INDUSTRIAL CHIP
AND SAWDUST WEIGHT

- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä.
Yield from the first thinning.
- No 265 Olavi Huuri: Kallistusilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia.
Tilting of planted pines; survey results.
- No 266 Proposed tree breeding programme in Finland 1976—1985.
Abbreviation of the report issued by the Tree Breeding Committee (Committee Report 1975:25).
- No 267 Jari Parviainen: Taimien juurten leikkaaminen kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Root pruning in the nursery and at planting. A study based on literature.
- No 268 Jari Parviainen: Männyn eri taimilajien juuriston alukehitys.
Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine.
- No 269 Heikki Seppälä: Metsäsektorin alueellinen merkitys Suomessa.
Regional importance of the forest sector in Finland.
- No 270 Jaakko Virtanen: Metsänomistaja tienrakennuttajana.
The role of the forest owners in logging roads construction.
- No 271 Pertti Elovirta: Metsätalouden työvoiman tarjonta Suomessa 1945—1974 ja ennuste vuosille 1975—1985.
Forest labour supply in Finland 1945—1974 and a forecast to years 1975—1985.
- No 272 Eero Paavilainen: Typpilannoitus ohutturpeisilla piensararämeillä.
Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps.
- No 273 Paavo Simola ja Markku Mäkelä: Rasiinkaato kokopuiden korjuussa.
Leaf-seasoning method in whole-tree logging.
- No 274 Kullervo Kuusela ja Sakari Salminen: Pohjois-Karjalan metsävarat vuosina 1973—74, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan vuonna 1974 sekä Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan vuonna 1975.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala in 1973—74, Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1974, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1975.
- No 275 L. Runeberg: Driftsresultat från Skogsforskningsinstitutets företagsekonomiska forskningsskogar åren 1945—74.
The business economics result from the Forest Research Institute's research forests 1945—74.
- No 276 Pentti Iisalo, Jukka Sorsa ja Paavo Tiihonen: Suomen metsien rakenteen seuranta-menetelmä.
Eine methode zur laufenden Überprüfung der Struktur der Wälder Finnlands.
- No 277 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1973—75.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1973—75.
- No 278 Heikki Juslin: Metsäalan toimihenkilöiden täydennyskoulutustarve.
The need for future education in forestry.
- No 279 Jyrki Raulo ja Erkki Lähde: Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökoikeista Lapissa.
Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 280 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kuorelliset keskusmuotoluvut.
Middle form factors of pine and spruce sawlogs.
- No 281 Yrjö Vuokila: Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan.
Effect of green pruning on the health of pine and birch.
- No 282 Yrjö Vuokila: Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana.
The boring of standing trees as a source of defects.
- No 283 Leevi Pajunen: Metsurin työvälinekustannukset 1975—1976.
Forest worker's equipment costs 1975—1976.
- No 284 Paavo Juutinen, Timo Kurkela ja Sakari Lilja: Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.), lehtipuun vioittajana sekä vioitusten sienisaastunta.
Cicadella viridis (L.) as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi.
- No 285 Timo Nyrhinen: Kaksivaiheisen metsän inventoinnin koe Lounais-Suomessa.
A test of two-step forest inventory in South-West Finland.
- No 286 Matti Kärkkäinen: Pohjois-suomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia.
Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland.
- No 287 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Koivutukkien latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot.
Top form factors and unit volumes of birch logs.
- No 288 Matti Leikola: Taimitarhamaan lämpöolot muovihuoneessa ja avomaalla.
Soil temperature conditions in plastic greenhouse and in open nursery.
- No 289 Lehkoinen, Tapio: Pohjois- ja Etelä-Suomen väliset kantohintaerot.
Stumpage price differences between Northern and Southern Finland.
- No 290 Heiskanen, Veijo: Tarkistetut havusahatukkien kuorelliset yksikkökuutioluvut.
The checked unit volumes for pine and spruce sawlogs.
- No 291 Uusitalo, Matti: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972—74.
Costs of timber production in Finland in 1972—74.
- No 292 Hakkila, Pentti: Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.
Stumpwood as industrial raw material.

FOLIA FORESTALIA 341

Metsäntutkimuslaitos . Institutum Forestale Fenniae . Helsinki 1978

Olli Uusvaara

TEOLLISUUSHAKKEEN JA PURUN PAINOMITTAUS

Weight scaling of industrial chips and sawdust

ODC 832 1
ISBN 951-40-0323-3
ISSN 0015-5543

UUSVAARA, O. 1977. Hakkeen ja purun painomittaus. Summary: Weight scaling of industrial chips and sawdust. *Folia Forestalia* 341:1—18.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eri tavoin varastoiduista tukeista peräisin olevan teollisuushakkeen ja purun kosteuden ja kuiva-ainepitoisuuden vaihtelu autolla kuljetettujen kuormien sisällä. Saatujen tunnuslukujen avulla laskettiin eri tapauksissa kuormakohtaiset näyteyksiköiden määrät hake- ja purukuormien kuivan massan määrittämiseksi. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös eräitä hakkeen kosteuden mittausta varten kehitettyjä laitteita kirjallisuuden perusteella.

Kun hake- tai purukuorman kosteusnäytteet otetaan sekoittumattomina kuorman eri osista saadaan merkittävästi suurempi kuiva-ainepitoisuuden keskihajonta kuin otettaessa näytteet sekoittuneina purkamisen yhteydessä. Suoritetun teoreettisen laskennan perusteella saatiin kuormasta purkamisen yhteydessä otettavaksi näytteeksi hakkeella 1—7 ja purulla 1—3 litraa pääasiassa tukkien varastointitavasta riippuen, jos kuorman kuiva-ainepitoisuudessa sallitaan 2 %:n virhe.

Nykyisin käytössä olevat hakkeen kosteuden mittarit eivät saadun tietouden mukaan täytä kaikissa olosuhteissa hakkeen kosteuden mittauksen tarkkuusvaatimuksia. Koska monista mittauslaitteista ja menetelmistä saadut kokemukset ovat toistaiseksi puutteellisia, voidaan lämpökaappimenetelmää sen puutteellisuuksista huolimatta pitää tällä hetkellä käyttökelpoisimpana menetelmänä hakkeen kosteuden määrittämisessä.

The aim of the study was to determine the variation in the moisture and dry matter content of industrial chips and sawdust loads originating from logs stored in different ways. These values were used to calculate the size of the sample needed to determine the dry mass of different types of chip and sawdust loads. Different types of equipment, developed for measuring the moisture of chips, were also examined on the basis of the relevant literature.

Significantly greater standard deviation in the dry matter content is obtained when samples are taken from different parts of the unmixed load than when the samples are taken from loads which become mixed during unloading. It was calculated that if a 2% error in the dry matter content of the load is permissible, then 1—7 liter chip samples and 1—3 liter sawdust samples, depending on the way the logs were stored, should be sampled during unloading.

Meters at the present time used for determining chip moisture content do not, according to the results obtained, give accurate enough values of chip moisture content under varying conditions. Since information about many of the measuring devices and methods is for the present rather deficient, the oven method, despite its deficiencies, appears for the moment to be the best method for the determination of chip moisture content.

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO	4
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO	5
21. Tutkimusmenetelmä	5
22. Tutkimusaineisto	6
3. TULOKSET	8
31. Kosteuden ja kuiva-ainepitoisuuden kuormittainen vaihtelu	8
32. Näytteen koko	11
33. Hakkeen ja purun kosteuden mittaus	13
4. KÄYTÄNNÖN NÄKÖKOHTIA	15
5. TIIVISTELMÄ	16
KIRJALLISUUSLUETTELO	17
SUMMARY	18

1. JOHDANTO

Hakkeen kaupallinen arvo on Suomessa tähän asti määritetty pääasiassa tilavuuteen perustuvalla mittaustavalla. Hakkeen ja purun määrä on tavallisesti mitattu irtotilavuutena, joka on käytännössä todettu mittamalla hakkeen tai purun täyttämän mitta-laatikon tai kuormatilan tilavuus. Hakkeen mittausta koskevat määräykset on säädetty puutavaran mittaussäännössä (17. 11. 1972). Tässä säännössä mainitaan kuitenkin, että tilavuusmitoin mitatun tavaran tilavuus muunnetaan massaksi (painomitaksi) käytämällä vahvistettuja muuntolukuja.

Hakkeen tai purun massan mittaauksella ymmärretään tietyn erän mittaamista punnitsemalla, jolloin massa muodostuu pääasiassa itse puuaineen ja siinä olevan veden massasta sekä puuosasten pintaan mahdollisesti tarttuneista lisäaineista. Massa voidaan määrittää joko tuoremassana eli kokonaisuutena tai kuivamassana, joka perustuu tuoremassaan ja tietyistä erästä otetun näytteen kosteuden määrittämiseen. Edellinen mittaustapa on puuaineen kosteusvaihteluiden vuoksi saha- ja vaneriteollisuuden ja myös muiden vastaavien teollisuusalojen sivutuotteiden kaupassa epävarmempi mittaustapa.

Hakkeen ja purun kosteus vaihtelee kuormien välillä erityisesti tukkien varastointitavasta riippuen (Nylind er 1972, Uusvaara 1976), jonka lisäksi myös yksityisen kuorman sisällä esiintyy kosteuden vaihtelua. Tähän asti suoritettut sahanhakkeen, vaneritehtaiden tuottamien hakelajien ja sahanpurun kuormien välistä kosteuden vaihtelua koskevat tutkimukset ovat olleet varsin perusteellisia (Uusvaara 1969, 1971, 1972a, 1972b, 1974). Kuormien sisäistä kosteuden vaihtelua on sen sijaan tutkittu vain vähän (Nylind er 1958, Nisula 1960, 1961, Heiskanen 1963). Mainittakoon lisäksi, että lähes täysin huomiota ovat tähän asti jääneet kokonaiskäytömäärältään suhteellisen vähäiset kutterinlastut ja huonekalutehtaan erittäin kuiva hake.

Puutavaran mittausten menetelmiä kehitettäessä on eri yhteyksissä kiinnitetty huomiota massamittaukseen erityisesti sen vuoksi, että hake- ja purukuormien irtotilavuusyksikön massa eli irtotiheys vaihtelee huomattavasti (Uusvaara 1968, Sahanhake ja paperipuu-hake... 1969, Sahanhake ja paperipuu-hake II... 1972, Uusvaara ja Heiskanen 1975). Täten kuivamassaa on pidetty puukuitua käyttävän teollisuuden raaka-aineelle tilavuutta tarkoituksenmukaisempana mittana. Koska sahanhake on valmistettu tukkien kosteudeltaan yleensä tasaisesta pintapuusta (Hakkila 1969), näyttäisi siltä, että tämän uuden mittaustavan soveltaminen siihen sekä eräisiin muihin mekaanisen puuteollisuuden sivutuotteisiin olisi monissa tapauksissa suhteellisen helppoa. Hakkeen ja purun massan mittausta käytetään jo ainakin rinnakkaisena mittausten menetelmänä useissa maissa (Shepard 1955, Pesez 1957, Bentley 1960, Dobie ja Wright 1972, Okstad 1972a, 1972b, Warren 1972). Myös Suomessa tähän mittausten menetelmään tunnetaan kiinnostusta, ja nykyisin yksi tehdas soveltaa hakkeen määrän mittauksessa massa-mittausta.

Hakkeen mittausten menetelmien kehittäminen on tuonut esiin myös raaka-aineen kosteuden tarkan ja nopean mittausten menetelmän kehittämisen ongelmat. Kosteusmittareita, joiden kehitys alkoi massa- ja paperitehtaiden hakkeen laadun valvonnasta, on kehitetty sekä kerta- että jatkuvatoimisuuden periaatteella (mm. Kajanne ja Hollming 1958, Brady 1964, Gibson ja Rusten 1964, Richeson ym. 1967, Lundström 1970, Magnusson ja Konradsson 1971). Huomiota on kiinnitetty myös hakkeen automaattisiin näytteenottolaitteisiin (Shepard 1955, McKee 1961).

Tämä tutkimus oli osana suomalais-neuvostoliittolaista yhteistyöprojektia jonka puitteissa on jo laadittu joitakin aihetta koskevia selvityksiä (Uusvaara ja Heis-

kanen 1975, Kärkkäinen ja Uusvaara 1976, Uusvaara 1976). Tutkimuksen tarkoituksena on hakkeen ja purun näytteenottomenetelmän kehittämisen kuivamassamittausta silmälläpitäen. Tässä mielessä selvitetään eri tavoin varastoiduista ja käsitellyistä tukeista sekä vaneri- ja huonekalutehtaan jätteistä peräisin

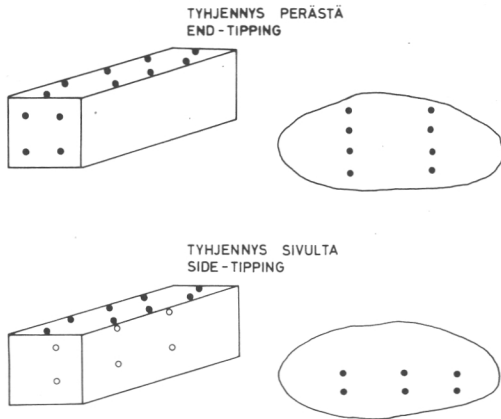
olevan hakkeen ja purun kosteuden ja kuiva-ainepitoisuuden hajontaa kuormien sisällä. Saatujen tunnuslukujen avulla lasketaan eri tapauksissa autokuormista tarvittavan näytteen koko kuivamassan määrittämistä varten. Hakkeen kosteuden mittausta varten kehitettyjä laitteita tarkastellaan kirjallisuuden perusteella.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

21. Tutkimusmenetelmä

Hakkeen ja purun valmistajilta sellu-, kuitu- tai lastulevytehtaille saapuvat ajoneuvot punnittiin autovaa'alla sekä kuormineen että tyhjinä, mikäli vaaka oli käytettävissä. Kuormat tasoitettiin perillä ja mitattiin vajoama kymmenestä eri kuormatilan osasta, jotka olivat aina samat. Kuormatilan mittojen, vajoaman ja kuorman massan avulla voitiin laskea hakkeen irtotilavuus sekä irtotilavuusyksikön massa.

Kustakin kuormasta otettiin 20 kpl yhden litran näytettä kuorman eri osista siten, että näytteenottoaika oli aina sama ajoneuvoja eri tavoin purettaessa. Purkamismenetelmiä oli pääasiassa kaksi, tyhjennys perästä tai sivulta hydraulisella laitteistolla kallistaen. Näytteenottoaikat kuormassa ja puretussa kasassa esitetään kuvassa 1.



Kuva 1. Hake- ja purukuormien näytteenottoaikat kuormatilassa ja puretussa kasassa.

Fig. 1. Sampling points in unmixed chip- and sawdust loads and in unloaded piles.

Eräissä tapauksissa molemmat sivulaidatkin olivat avattavia, jolloin koko näyte saatiin sekoittumattomana. Sekoittumattomat näyteyksiköt otettiin noin 20 cm kuorman pinnan alapuolelta. Koska haluttiin riittävän suuri määrä kuorman eri osia edustavia näyteyksiköitä,

oli osa otettava vasta tyhjennyksen jälkeen. Hake sekoittui tällöin jonkin verran, mutta näidenkin näyteyksiköiden voidaan katsoa edustavan tiettyä kuorman osaa. Eri näytteenotokohdista laskettujen kosteuksien hajontojen perusteella voitiin todeta, että kasasta otettujen näyteyksiköiden kosteussuhteiden keskihajonta ei eronnut merkitsevästi kuormien kosteussuhteiden koonajohannasta.

Edellä kuvatun näytteenottotavan vertailuksi otettiin joistakin kuormista 20 litran suuruisia näyteyksikköä purkamisen edistyessä siten, että hake sekoittui. Kaikki näytteet suljettiin tiiviisti muovipusseihin.

Kunkin sahan hakkeesta otettiin lisäksi joitakin 15 litran eriä, jotka seulottiin hakkeen laadun tarkkailua varten kehitettyjen analyysimenetelmien mukaisesti (Saakkonen 1971) reikäseuloin sekä osittain rake-seuloin.

Kunkin sahalaitoksen toimittaman hakkeen ja purun sekä mahdollisuuksien mukaan myös yksittäisten kuormien kosteusvaihteluihin vaikuttavien tekijöiden selvittäminen oli työn kannalta merkityksellistä. Sen vuoksi kullekin sahalaitokselle lähetettiin kyselykaavake, jossa tiedusteltiin tarkoin raaka-aineen varastoimistapa ja -aika sekä muut tukkien, hakkeen ja purun käsittelyyn nimenomaan kosteuden kannalta vaikuttavat tekijät. Vaneritehtailta pyydettiin selvitys hakkeen koostumuksesta.

Näytteistä määritettiin kosteuden ja kuiva-ainepitoisuuden prosenttiyksiköinä ilmaistut keskiarvot varastoryhmittäin. Näin saatujen tunnuslukujen perusteella laskettiin erilaisille hake- ja purulaaduille kuorman kuiva-ainesisällön määrittämiseen tarvittavan näytteen koko, kun näyteyksikkönä pidettiin 1 dm³ suuruisia hakemääriä. Luvut ovat laskettuja tilastollisia arvoja, jotka eivät 95 %:in todennäköisyydellä poikkeaa populaatioarvosta enempää kuin mainitut prosenttiluvut.

Näytteen koon laskennassa käytettiin kaavaa

$$n = \left(\frac{\sigma \cdot t \cdot 100}{d \cdot \bar{y}} \right)^2 \quad \text{jossa}$$

- σ = kuiva-ainepitoisuuden keskihajonta
 - n = haluttu otosmäärän estimaatti
 - d = sallittu poikkeama populaatioarvosta, %
 - t = 95 %:n riskitasoa vastaava t- jakauman arvo
 - \bar{y} = kuiva-ainepitoisuuden keskiarvon estimaatti
- (Esim. Liedes ja Manninen 1975, s. 78)

22. Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto kerättiin kaikkiaan 12:lta eri hakkeen ja purun ostajatehtaalta toimittajien lukumäärän ollessa 49. Kuormina ilmaistun aineiston kokonaismäärä jakaantui tuotelajeittain seuraavasti.

	Koekuormia	
	Näytteet kuormasta	Näytteet purettaessa
Sahanhake	142	34
Sahanpuru	42	15
Vanerihake	39	7
Rimalevyhake	5	1
Huonekalutehtaan hake	4	1
Kutterinlastut	8	—
Yhteensä	240	58

Kun kunkin kuorman eri osista sekä joistakin vertailukuormista otettiin purkamisen yhteydessä 20 kpl yhden litran näyteyksikköä, oli käsiteltyjen kosteusnäyteyksiköiden yhteismäärä 5 960 kpl. Koekuormista punnittiin 183 kpl ja seulontoja suoritettiin 83 kpl.

Sahanhake ja purukuormat voitiin jakaa kosteuden suhteen seuraaviin ryhmiin.

	Metsä- tuore	Maava- rasto norm.	Maava- rasto seka- kosteaa	Vesiva- rasto norm.	Vesiva- rasto seka- kosteaa	Vesi- maa
	Kuormia, kpl					
Sahanhake	14	34	54	12	9	18
Puru	2	15	12	10	—	3

Sorvauksen ja vanerin käsittelyn yhteydessä syntyvät erilaiset jätteet ja niiden suhteet vanerihakkeessa vaikuttavat hakkeen kosteuteen. Vanerihakkeen eri aineosien osuudet olivat teollisuuslaitoksittain seuraavat.

Tehdas		%
A	Kuusihake	
	Purilashake	35
	Katkaisupätkät	25
	Märkä viilujäte	20
	Kuiva viilujäte	20
Koivuhake	Purilashake	30
	Katkaisupätkät	20
	Märkä viilujäte	40
	Kuiva viilujäte	10
Rimalevyhake	Läpisahtun 32 mm:n paksuisen laudan rispausjäte	
	Märkä viilujäte	
	Kuiva viilujäte	
B	Sahaussyrjät	
	Liimaa	
	Purilashake	
C	Märkä viilujäte	70—80
	Kuiva viilujäte	20—30
	Purilashake	20
D	Märkä viilujäte	65
	Kuiva viilujäte	15

Tehtaiden B ja C hake sisälsi sekä koivua että kuusta, mutta eri puulajeja sisältäviä kuormia ei voitu erotella toisistaan.

Tukkien varastointitavan ja muiden teollisuushakkeen ja purun kosteuteen vaikuttavien tekijöiden perusteella aineisto ryhmitettiin seuraavasti.

Metsätuore: Tukit on tuotu sahaukseen suoraan metsästä.

Normaali maavarastointi: Tukit on varastoitu maalla normaalin käytännön mukaisesti, jolloin sahattujen tukkien joukossa saattaa olla sekä tuoretta että jonkin aikaa varastoitua ja siten kuivahtanutta raaka-ainetta.

Maavarastointi, sekakosteaa hake tai puru: Varastointimenetelmä on normaali maavarastointi mutta raaka-aineen joukkoon on sekoitettu kosteudeltaan selvästi poikkeavaa ainetta, esimerkiksi kuivista katkaisupätkistä tai kentällä kuorittuina kuivuneista tai vesivarastoiduista puista peräisin olevaa haketta tai purua.

Normaali vesivarastointi: Hake tai puru on peräisin ainoastaan vähintään kolme viikkoa vedessä säilytetystä tukeista, jolloin niiden katsottiin olevan vettyneitä.

Vesivarastointi, sekakosteaa hake tai puru: Edelliseen ryhmään kuuluvaan ainekseen on sekoitettu erityisen kuivaa ainetta, esimerkiksi uunikuivaa katkaisupätkähaketta tai purua.

Vesi-maavarastointi: Sahaukseen on käytetty lähes yhtä suuressa määrin sekä maalla että vedessä varastoitua tukkeja.

Lisäksi aineistoon kuului pääasiassa erittäin kuivaa kuusi- ja koivuvanerihaketta, rimalevyhaketta, kutterinlastuja ja huonekalutehtaan haketta, joista viimeksimainittu sisälsi seuraavia tuotteen valmistuksen eri vaiheissa muodostuvia jätteitä.

	%
Höylänlastu	40
Puru	9
Puuhake	37
Lastulevyhake	11
Hiontapöly	3

Kuljetuksissa käytettyjen ajoneuvojen keskimääräinen irtotilavuus oli 35,3 m³, ja keskipitkät matkat maanteitse, kun kuormien lyhyen matkan siirtelyt integroiduilla tehtailla jätetään huomiotta 86,8 km.

Taulukko 1. Hakkeen pituusjakauma.
Table 1. Length distribution of chips.

Hakelaji Kind of chips	Pituusjake, mm Fraction of length, mm						
	> 32	32—25	25—19	19—13	13—6	6—3	< 3
	Kesäaika — Summer % — pct						
Sahanhake Sawmill chips	1,3	8,2	20,6	35,7	30,6	2,9	0,7
Vanerihake Veneer mill chips	2,3	3,8	6,9	18,0	55,7	11,7	1,6
Parrunlastu Small square timber chips	1,1	4,5	14,7	26,4	44,0	7,9	1,4
Huonekalutehtaan hake Chips of furniture works	0,1	0,1	0,4	2,5	32,0	32,9	32,0
	Talviaika — Winter						
Sahanhake Sawmill chips	1,7	6,7	18,0	35,3	36,7	1,3	0,3
Vanerihake Veneer mill chips	1,0	6,1	12,0	32,0	46,3	2,2	0,4

Taulukko 2. Hakkeen paksuusjakauma.
Table 2. Thickness distribution of chips.

Hakelaji Kind of chip	Paksuusjake, mm Fraction of thickness, mm					
	> 10	10—8	8—6	6—4	4—2	< 2
	Kesäaika — Summer % — pct					
Sahanhake Sawmill chips	4,0	5,3	15,6	35,6	33,4	6,1
Vanerihake Veneer mill chips	2,3	3,1	7,0	22,2	44,0	21,4
Parrunlastu Small square timber chips	0,3	4,2	11,0	23,3	45,6	15,6
Huonekalutehtaan hake Chips of furniture works	0,3	0,6	1,6	6,1	21,6	69,8
	Talviaika — Winter					
Sahanhake Sawmill chips	3,8	3,9	11,6	37,6	36,9	5,9
Vanerihake Veneer mill chips	2,8	3,5	7,4	28,9	39,1	18,3

Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty aineistoon kuuluvien hakelaatujen koeseulonnoissa saadut pituus- ja paksuusjakautumat. Sahanpurun raekoko oli keskimäärin seuraava.

Raekoko, mm				
> 6	6—3	3—2	2—1	1—0
		%		
6,6	34,5	26,0	30,7	2,2

Taulukon 1 perusteella voidaan todeta, että aineistoon kuulunut sahanhake täytti sekä kesä- että talviaikana hakkeen kaupassa käytetyt laatuvaatimukset pituusjakauman osalta (S a u k k o n e n 1971). Puun sisältämä vesi helpottaa puuaineksen lastutustyötä ja alentaa haketuksessa syntyvän hienomurskeen määrää. Murto ja Kivimaa (1951) ovat saaneet hienomurskeen määrän koelastutuksissa pienimmäksi 30 %:n kosteudessa. Hakkeen palakoko riippuu kuitenkin pääasiassa hakettavasta raaka-aineesta sekä hakurin rakenteesta.

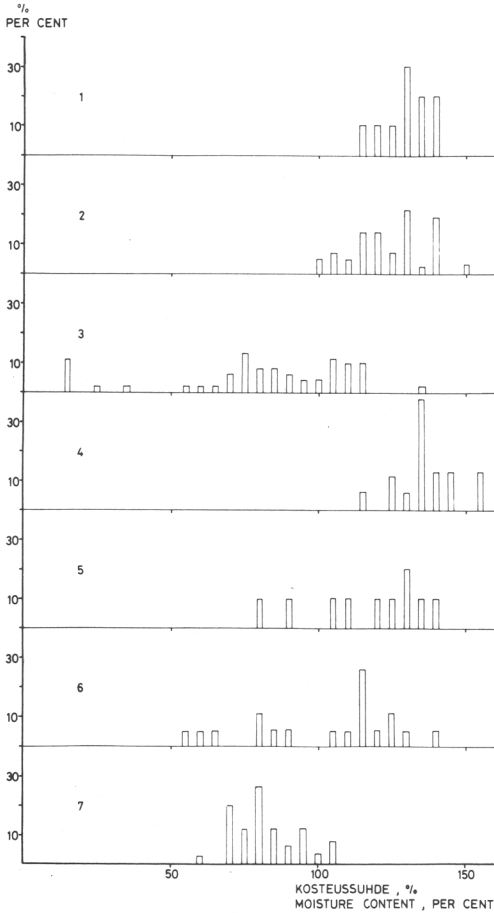
3. TULOKSET

31. Kosteuden ja kuiva-ainepitoisuuden kuormittainen vaihtelu

Hakkeen ja purun kosteussuhde ja kuiva-ainepitoisuus ja niiden hajonnat otettaessa näyteyksiköt sekoittumattomina kuorman eri osista ja purettaessa on esitetty taulukoissa 3 ja 4. Otettaessa näyteyksiköt kuorman eri osista saadaan hakkeella merkittävästi suurempi kuiva-ainepitoisuuden ja kosteussuhteen keskihajonta (keskimäärin 2,03 ja 7,44) kuin otettaessa näyteyksiköt sekoituneina purkamisen yhteydessä (keskimäärin 0,98 ja 3,80). Eri hakelajeja tarkasteltaessa havaitaan keskihajonnan sekä yksittäis-

ten kuormien välisen kosteuden ja kuiva-ainepitoisuuden vaihtelun olevan suurimman silloin, kun kuivaa ja tuoretta tai märkää raaka-ainetta on sekoitettu keskenään. Purettaessa otetut näyteyksiköt osoittavat kuitenkin hakkeen ja erityisesti purun homogeenisoituvan ja kosteuserojen tasoittuvan hyvin kuormien purkamisen yhteydessä. Kuiva-ainepitoisuuden vaihtelua on tässä yhteydessä tarkasteltu raaka-aineen varastointitavan mukaan muodostettujen ryhmien välillä. Jos sen sijaan tutkittaisiin tässä mielessä vain yhden toimittajan hake- tai purukuormia, hajonnat jäisivät huomattavasti pienemmiksi (N y l i n d e r 1972).

Kuvissa 2 ja 3 esitetään hakkeen ja purun kosteussuhteen suhteelliset frekvenssijakaumat hake- ja purulajeittain. Jakaumat ovat metsätuoreista, normaalisti maalla ja vedessä varastoiduista tukeista peräisin olevalla hakkeella ja purulla sekä vanerihakkeella varsin symmetrisiä. Mikäli hakkeen joukkoon on sekoitettu kosteudeltaan huomattavasti poikkeavaa ainesta muodostuvat jakaumien vaihteluvälit suuriksi ja jakaumissa esiintyy huipukkuutta.



Kuva 2. Hakkeen kosteussuhteen jakauma (1 = metsätuoreet tukit, 2 = normaali maavarastointi, 3 = maavarastointi, sekakostea hake, 4 = normaali vesivarastointi, 5 = vesivarastointi, sekakostea hake, 6 = vesi-maavarastointi, 7 = vanerihake).

Fig. 2. Moisture content distribution for different types of chips (1 = freshly cut logs, 2 = normal land storage, 3 = land storage chips of mixed moisture content, 4 = normal water storage, 5 = water storage chips of mixed moisture content, 6 = water-land storage, 7 = veneer chips).

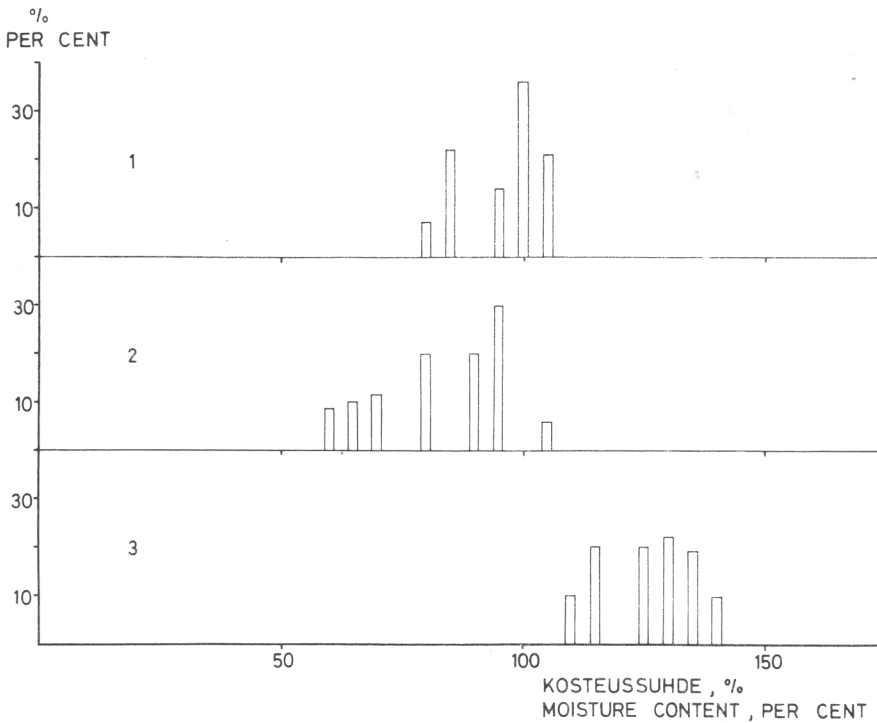
Taulukko 3. Hakkeen kosteussuhde ja kuiva-ainepitoisuus kuormassa ja purettaessa.
 Table 3. Moisture content and dry matter content of chips in a load and in unloading.

Hakelaji Kind of chips	Kuiva- aine- pitoisuus, % Dry matter content, %	Kosteus- suhde, % Moisture content, %	Kuiva-ainepitoisuus Dry matter content			Kosteussuhde Moisture content			Keskihajonta kuormien välillä Standard deviation between loads	
			Keski- hajonta kuormassa Standard deviation in a load	Vaihtelu- väli Range	Keski- hajonta puret- taessa Standard deviation in un- loading	Keski- hajonta kuormassa Standard deviation in a load	Vaihtelu- väli Range	Keski- hajonta puret- taessa Standard deviation in un- loading	Kuiva-aine- pitoisuus Dry matter content	Kosteus- suhde Moisture content
Sahanhake — Sawmill chips										
Metsätuore — Green chips	44	128	1,49	0,96—1,67	0,84	7,54	4,94—7,92	4,12	1,69	8,49
Normaali maavarasto — Normal land storage	45	122	1,27	0,64—3,33	1,16	6,28	3,11—17,90	5,95	3,23	15,18
Maavarasto sekakostea — Land storage mixed moisture	57	77	3,04	0,88—15,57	1,16	9,91	1,24—32,10	4,54	12,85	31,92
Normaali vesivarasto — Normal water storage	43	134	1,24	0,57—2,90	0,96	6,58	3,71—15,55	5,44	2,32	12,57
Vesivarasto sekakostea — Water storage mixed moisture	45	124	3,36	1,59—5,44	0,95	15,92	10,30—22,44	4,76	2,59	12,36
Vesi-maavarasto — Water-land storage	50	100	3,43	1,21—8,45	0,93	13,36	6,03—29,36	4,36	6,59	23,84
Vanerihake — Veneer chips										
Kuusivaneri — Spruce veneer	52	92	3,15	1,62—4,60	1,10	11,18	5,59—18,00	3,85	2,33	8,82
Koivuvaneri — Birch veneer	57	76	2,46	0,40—13,90	0,88	7,18	1,28—30,97	2,76	2,77	8,00
Rimalevyhake — Edging board chips	95	5	0,56	0,32—0,89	0,90	0,64	0,40—0,97	1,21	0,56	0,84
Huonekalutehtaan hake — Chips of furniture works	95	5	0,64	0,39—1,61	0,91	0,86	0,51—2,00	1,05	0,30	0,38
Höylänlastut — Shavings	86	16	1,73	0,90—3,59	..	2,38	1,24—5,07	..	1,10	1,53

Taulukko 4. Purun kosteussuhde ja kuiva-ainepitoisuus kuormassa ja purettaessa.

Table 4. Moisture content and dry matter content of sawdust in a load and in unloading.

Purulaji Kind of sawdust	Kuiva-ainepitoisuus, % Dry matter content, pct.	Kosteus- suhde, % Moisture content, pct.	Kuiva-ainepitoisuus Dry matter content			Kosteussuhde — Moisture content			Keskiahajonta kuormien välillä Standard deviation between loads	
			Keski- hajonta kuormassa Standard deviation in a load	Vaihtelu- väli Range	Keski- hajonta purettaessa Standard deviation in unloading	Keski- hajonta kuormassa Standard deviation in a load	Vaihtelu- väli Range	Keski- hajonta purett, Standard deviation in unloading	Kuiva- ainepitoisuus Dry matter content	Kosteus- suhde Moisture content
Metsätuore — Green chips	50	101	0,80	0,75—0,85	0,28	3,21	2,99— 3,43	1,26	..	..
Normaali maavarasto- Normal land storage	54	87	1,43	0,63—2,72	0,82	4,74	2,34— 9,81	2,97	4,49	14,44
Maavarasto sekakostea — Land storage mixed moisture	57	76	2,83	0,72—7,16	1,12	8,69	1,84—19,61	3,89	3,76	12,24
Normaali vesivarasto — Normal water storage	45	124	0,98	0,49—1,32	0,56	4,87	2,53— 6,59	3,20	2,17	10,71
Vesi-maavarasto — Water-land storage	53	89	0,25	1,93—3,57	0,89	0,84	7,00—10,66	2,66	1,38	4,93



Kuva 3. Sahanpurun kosteussuhteen jakauma (1 = normaali maavarastointi, 2 = maavarastointi, sekakostea puru, 3 = normaali vesivarastointi).

Fig. 3. Moisture content distribution for different types of sawdust (1 = normal land storage, 2 = land storage, sawdust of mixed moisture content, 3 = normal water storage).

Puru eroaa hakkeesta siinä, että se sisältää pintapuun lisäksi aina myös kuivaa sydänpuuta. Valmistuksen ja käsittelyn eri vaiheissa erilaiset jakeet sekoittuvat kuitenkin haketta täydellisemmin. Tämä on havaittavissa myös purun kuiva-ainepitoisuuden keskihajonnoista, jotka ovat keskimäärin 1,25 kuormasta ja 0,73 purettaessa otetun näytteen perusteella.

Kuiva-ainepitoisuuden keskihajonta on kuormien välillä suurempi (3,30 hakkeella ja

2,95 purulla) kuin kuormien sisällä (2,03 hakkeella ja 1,25 purulla). Tämä ilmenee myös varianssianalyysin tuloksista, joissa kuormien sisäistä ja kuormien välistä kuiva-ainepitoisuuden vaihtelua tarkastellaan tukkien varastointitavoittain. Asetelma osoittaa, että kuiva-ainepitoisuus vaihtelee myös kuormien sisällä, mutta kuormien sisäinen ja kuormien välinen kuiva-ainepitoisuuden ero on testin mukaan kaikissa tapauksissa erittäin merkitsevä.

	Neliösumma		Vapausasteet		Keskihajonta		F-arvo
	Kuormien välinen	Kuormien sisäinen	Kuormien välinen	Kuormien sisäinen	Kuormien välinen	Kuormien sisäinen	
Sahanhake							
metsätuore	744,7	721,5	13	266	7,57	1,65	21,12
norm. maavarasto	6830,0	1136,9	33	637	14,39	1,34	115,97
maavarasto sekakostea	174519,3	16081,5	53	1025	57,38	3,96	209,88
vesivarastointi	1165,8	434,9	11	226	10,29	1,39	55,07
vesiv. sekakostea	1063,2	2146,9	8	169	11,53	3,56	10,46
Puru							
norm. maavarasto	7069,8	3102,0	26	509	16,49	2,47	44,62
maavarasto sekakostea	6488,0	8807,8	34	662	13,81	3,65	14,34
vesivarastointi	831,3	183,8	9	188	9,61	0,99	94,43

Hakkeen ja purun tuoreena mitatun irtolavuuden sisältämä kuiva massa oli seuraavan jaotelman mukainen:

	\bar{x}	s
	kg/m ³	
Sahanhake	151	12,3
Kuusivanerihake	144	8,7
Koivuvanerihake	166	10,2
Sahanpuru	144	11,6
Rimalevyhake	152	..
Huonekalutehtaan hake	188	..
Höylänlastut	71	..

Koivuvanerihakkeen alhainen irtokuutiopaino osoittaa, että kuormat ovat sisältäneet myös kuusesta peräisin olevaa puuainesta (U s v a a r a 1971). Vastaavasti kuusivanerihakkeen joukossa oli jonkin verran koivua.

32. Näytteen koko

Taulukoissa 5 ja 6 on laskettu kuorman kuiva-ainesisällön määrittämiseen tarvitta-

vien litran suuruisten näyteyksiköiden määrät hake- ja purulajeittain. Luvut ovat laskettuja tilastollisia arvoja, jotka eivät 95 %:n todennäköisyydellä poikkea populaatioarvosta enempää kuin taulukoiden ilmaisemat prosenttiluvut osoittavat.

Taulukoiden perusteella havaitaan, että otettaessa näyte purettaessa päästään samaan tarkkuuteen paljon pienemmällä näytteen koolla kuin otettaessa näyte kuormasta. Jos tyydytään esimerkiksi viiden prosentin tarkkuuteen hake- tai puruerän kuivapitoisuudessa riittää edellistä menetelmää sovellettaessa yleensä alle yhden litran näyte materiaalin kosteuden vaihteluista huolimatta. Ottamalla näytteet sen sijaan kuormasta vaaditaan samaan tarkkuuteen pääsemiseksi jopa yhdeksän näytettä. Sahanpurussa sekä kuivassa puusepäntehtaiden ja huonekalutehtaiden hakkeessa vaadittava näytemäärä on vielä pienempi, tai ottamalla saman suuruisen otos päästään paljon suurempaan tarkkuuteen kuin sahanhakkeella.

Taulukko 5. Hakekuormien kuiva-ainesisällön ja kosteuden määrittämiseen tarvittavien näyteyksiköiden määrä litroina hakelajittain.
 Table 5. Number of samples (1 liter) needed to determine moisture and dry matter content of different types of chip load.

Hakelaji Kind of chips	Näytteet kuormasta Samples taken from load										Näytteet purettaessa Samples taken after unloading								
	10	5	4	3	2	1	10	5	4	3	2	1	10	5	4	3	2	1	
	Näyteyksiköiden määrä kun sallittu virhe on — % keskiarvosta Number of samples when permitted error (%) from mean is																		
Sahanhake																			
Sawmill chips																			
Metsätuore																			
Green chips	1	2	3	5	12	46	1	1	1	2	4	14	1	1	1	2	4	14	
Normaali maavarasto																			
Normal land storage	1	1	2	4	8	32	1	1	2	3	7	28	1	1	2	3	7	28	
Maavarasto sekakostea																			
Land storage mixed moisture	1	5	7	13	28	114	1	1	1	2	5	21	1	1	1	2	5	21	
Normaali vesivarasto																			
Normal water storage	1	1	2	4	8	33	1	1	1	3	6	23	1	1	1	3	6	23	
Vesivarasto sekakostea																			
Water storage mixed moisture	2	9	14	25	56	223	1	1	1	2	5	18	1	1	1	2	5	18	
Vesi-maavarasto																			
Water-land storage	2	8	12	21	47	188	1	1	1	2	4	16	1	1	1	2	4	16	
Vaneri-hake																			
Veneer chips																			
Kuusivaneri																			
Spruce chips	2	6	9	16	37	147	1	1	1	2	4	17	1	1	1	2	4	17	
Kotuvaneri																			
Birch chips	1	3	5	8	19	76	1	1	1	1	2	10	1	1	1	1	2	10	
Rimalevyhake																			
Edging board chips	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	4	
Huonekalutehtaan hake																			
Chips of furniture works	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	4	
Höylänlastut																			
Shavings	1	1	1	2	4	16	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

Taulukko 6. Sahanpurukuormien kuiva-ainesisällön ja kosteuden määrittämiseen tarvittavien näyteyksiköiden määrä litroina purulajeittain.

Table 6. Number of samples (1 liter) needed to determine moisture and dry matter content of different types of sawdust load.

Purulaji Kind of sawdust	Näytteet kuormasta Samples taken from load						Näytteet purettaessa Samples taken after unloading					
	Näyteyksiköiden määrä kun sallittu virhe on —% keskiarvosta Number of samples when permitted error (%) from mean is											
	10	5	4	3	2	1	10	5	4	3	2	1
Metsätuore Green chips	1	1	1	1	3	10	1	1	1	1	1	1
Normaali maavarasto Normal land storage	1	1	2	3	7	28	1	1	1	1	2	9
Maavarasto, sekakosteaa Land storage mixed moisture	1	4	6	11	25	99	1	1	1	2	3	14
Normaali vesivarasto Normal water storage	1	1	1	2	5	19	1	1	1	1	2	6
Vesi-maavarasto Water-land storage	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	11

Eräitten hake- ja purulaatujen kohdalla tosin purettaessa saatu aineisto on ollut määrältään vähäinen, joten tulokset ovat tällöin vain viitteellisiä. Tarkasteltaessa taulukoiden 2 ja 3 kuiva-ainepitoisuuksien hajontojen vaihteluvälejä havaitaan, että joissakin yksittäistapauksissa saattaa kosteus-suhteen keskihajonta nousta huomattavasti korkeammaksi kuin taulukon keskiarvoluvut osoittavat. Tässä suhteessa saattaa olla ongelmallinen mm. vanerihake, jossa joskus kuivattu viilujäte ja aivan märkä viilu- tai katkaisupätkähake sekoittuvat keskenään (Uusvaira 1971). Vaikkakin kuorman tyhjennyksen yhteydessä otettujen näyteyksiköiden kuiva-ainepitoisuuden hajonta jää yleensä alhaiseksi, saattaa näytteenotto myös tällä menetelmällä joskus epäonnistua. Tämän osoittaa korkein saatu kuiva-ainepitoisuuden hajonta 2,13, jonka mukaan lasien viiden prosentin tarkkuus saavutettaisiin noin neljällä näyteyksiköllä, kun taas kahden prosentin tarkkuuteen pääsemiseksi vaadittaisiin jo 22 kuormaa purettaessa otettua näyteyksikköä.

Käsillä olevasta aiheesta on kirjallisuudessa vain niukasti tietoja. Nylanderin (1972) mukaan hakekuorman keskimääräiseen kosteusarvoon kahden prosentin virhemarginaalilla pyrittäessä on kuormasta otettava 5—15 kahden litran näyteyksikköä. Nisula (1961) on saanut koivu-, mänty- ja kuusirangasta ja ohutpuusta sekä koivuhaloista valmistetun hakkeen kuiva-ainepitoi-

suuden keskihajonnoiksi 4,0 kuormassa ja 1,7 purettaessa. Heiskasen (1963) tutkimuksessa saatiin polttohakekuormista otettavien näyteyksiköiden lukumääräksi seuraavat luvut kuiva-ainepitoisuuden tarkkuuden ollessa 1—5 %.

Tarkkuus, %	Näyteyksiköitä, kpl
1	26
2	7
3	4
4	3
5	2

33. Hakkeen ja purun kosteuden mittaus

Nykyisin käytössä olevia hakkeen ja purun kosteuden mittareita kehitettiin alunperin metsä- ja puuteollisuudessa pääasiassa massa- ja paperitehtaiden laadunvalvontaa varten (Magnusson ym. 1972). Saha- ja puutavaran sekä vaneri- ja kuitulevyjen oikean kosteuden tarkkailuun lähinnä pilaantumisen estämiseksi on myös tarvittu kosteusmittareita (Loos 1965, Marshall 1966, James 1975, Palka ja Hejjas 1976). Mainittakoon myös maatalouden tarpeita varten, lähinnä viljan, heinän, rehun ja turpeen kosteuden mittaamiseen valmistetut kosteuden mittausslaitteet. Edellä mainituille laitteille on ominaista että ne tavallisesti toimivat vain tietyllä hyvin rajoitetulla kosteusalueella, ja niiden tarkkuusvaatimukset ovat käyttötarkoituksesta johtuen usein varsin alhaiset.

Hake ja puru eroavat esimerkiksi sahatarasta ja massa-arkeista rakenteensa huomattavan epähomogeenisuuden sekä laajojen kosteusvaihteluiden vuoksi. Materiaalin palakoko vaihtelee nimittäin usein pölymäisestä aineksesta puukapuloihin ja särmäysreunoihin asti, jolloin vastaavasti materiaalin sisäiset ilmatilojen vaihtelut ovat suuret. Hakkeeksi ja puruksi valmistettu puuaine on myös talvella usein jäässä ja kuormat sisältävät myös irrallista lunta ja jääpaloja.

Hakkeen ja purun painomittauskysymysten tultua ajankohtaisiksi on useissa eri maissa, muun muassa Suomessa, suoritettu kokeita tarkan, eri olosuhteissa toimintakelpoisen ja nopean mittarin kehittämiseksi kosteuden määrittystä varten.

Uunikuivausmenetelmää on perinteisesti ja yleisimmin käytetty hakkeen ja purun kosteuden määrittämiseen. Se on myös hyväksytty tislauksen menetelmän ohella TAPPI standardiksi kuitupuuhakkeen kosteutta määritettäessä (Keller ja Lauer 1970). Koska hake kuitenkin sisältää veden ohella muita haihtuvia aineita, jotka tiettyssä määrin häviävät kuivauksessa, saadaan tällä menetelmällä helposti liian korkeita kosteusarvoja. Menetelmän haittapuolia on myös sen hitaus sekä käsiteltäviksi kertyvien näytteiden säilytysvaikeudet. Magnusson ja Konradsson (1971) ilmoittavat menetelmän antavan +1,5—0,7 prosenttiyksikön kokonaisvirheen.

Uunikuivausta nopeamman tuloksen saamiseksi voidaan kuivaus suorittaa erityisessä kuumailmavirran periaatetta soveltavassa laitteessa, jolloin koko mittaus voidaan tehdä alle 40 minuutissa (Keller ja Lauer 1970). Menetelmän tarkkuus on sama kuin uunikuivauksessa.

Kosteusmittarit voidaan jakaa toimintaperiaatteensa suhteen jatkuvatoimisiin ja eränäytekäyttöisiin, joista edellisiä käytetään ennen kaikkea sellutehtaitten keittimien yhteydessä oikean täyttösuhteen ja näin optimisaannon varmistamiseksi. Ruotsissa ovat Magnusson ja Konradsson (1971) tutkineet kuivausmenetelmät mukaanlukien kaikkiaan 12 erilaista menetelmää hakkeen kosteuden määrittämiseksi (vrt. myös Kajanne ja Hollming 1958, Gibson ja Rusten 1964, Richesson ym. 1967, Rijsdijk 1969, Lundström 1970). Näistä lähinnä käyttökelpoisina voidaan esittää seuraa-

vat kaksi jatkuvatoimista ja kaksi eränäynteelle soveltuvaa kosteudenmittausmenetelmää. Laitteita on kokeiltu lähinnä hakkeen kosteuden mittaamisessa.

Kahdesta jatkuvatoimisesta mittarista toisen toimintaperiaatteena on kapasitanssimittaus ja tiheyden kompensointi gamma-säteilyllä. Laitteeseen otetaan tutkittavasta hakkeesta ruuvikuljettimen avulla sivuvirta hakkeen päävirrasta. Mittari on tarkoitettu lämpötila-alueelle $+1^{\circ}\text{C}$ — $+50^{\circ}\text{C}$, jolloin tarkkuus on $\pm 1\%$ kosteutta.

Toisen jatkuvatoimisen mittarin periaate on mikroaaltovaimennus. Se mittaa kuljettimelta, jolloin mittauselektrodi on hakekeroksen alla. Lämpötila-alueella 0° — $+50^{\circ}\text{C}$ taataan $\pm 2\%$:n tarkkuus. Kumpikaan mittareista ei toimi moitteettomasti jäätyneellä hakkeella.

Eränäynteelle soveltuva mittari toimii neutroni-gammasäteilyperiaatteella. Mittausalue on 0—80 % kosteutta, lämpötila-alue -15°C — $+70^{\circ}\text{C}$ ja tarkkuus $\pm 1\%$ kosteutta. Tunnetuista menetelmistä neutronimittaus on ainoa, joka soveltuu myös jäätyneelle hakkeelle. Myös toimintaluotettavuus on saatujen kokemusten mukaan hyvä. Mittaus tuloksen tarkkuus riippuu kuitenkin näytteenottokonstruktioista ja tiheyden kompensoinnin onnistumisesta. Menetelmän heikkoutena mainitaan myös tunnottomuus huomattaville kosteusvaihteluille.

Erittäin tarkkoja tuloksia ($\pm 0,6\%$) mainitaan saadun mittarilla, joka toimii ydinmagneettisen resonanssin periaatteella (NMR, nuclear magnetic resonance) (Magnusson ja Konradsson 1971, Magnusson ym. 1972, Hughes 1977). Tässä vaiheessa menetelmän käyttöä hakkeen kosteuden määrittämisessä rajoittaa kuitenkin näytteen pieni koko (30 ml) ja sen aiheuttama epävarmuus tuloksissa.

Useimmat esitetyistä menetelmistä ovat hyvin tunnettuja, mutta kaikkia ei vielä ole tutkittu riittävän perusteellisesti. Eri tutkijoiden käsityksen mukaan kaikkien tähän asti kehitettyjen kosteusmittareiden käyttöä estäviä haittoja ovat muun muassa kosteusasteen, lämpötilan, tiivyyden ja raaka-aineen tiheyden vaihteluiden aiheuttamat virheet.

Hakkeen ja purun kaupassa kosteusmittarilta vaaditaan suurta tarkkuutta ja soveltuvuutta kaikkiin olosuhteisiin. Nämä vaatimukset täysin täyttävää kosteudenmittaus-

laitetta ei saadun tietouden mukaan tällä hetkellä vielä ole. Näin ollen kuumailmapuhalluksella nopeutettu uunikuivaus näyttäisi

olevan edelleen käyttökelpoisin hakkeen ja purun kosteuden määrittämismenetelmä.

4. KÄYTÄNNÖN NÄKÖKOHTIA

Koska hake ja puru ovat kauppa-artikkeleita, olisi massan mittaamiseen perustuvan menetelmän annettava riittävän tarkat tulokset kuormakohtaisia kuiva-ainemääriä mitattaessa. Oheisessa työssä saatujen tulosten perusteella voidaan käytännössä keskimäärin helposti saavuttaa kahden prosentin tarkkuus kuorman kuiva-ainemäärässä, kun näytteet otetaan kuorman purkamisen eri vaiheissa. Tällöin riittää keskimäärin, hake- tai purulajista riippuen 1—7 kuorman purkamisen yhteydessä otettua litran näyteyksikköä mainitun tarkkuusvaatimuksen täyttämiseksi. Yksittäistapauksissa, jolloin kosteus kuorman eri osissa vaihtelee suuresti, kuorman kuiva-ainemäärän selvittäminen saattaa tosin olla vaikeata taulukoiden osoittamalla otoskoolla.

Näyteyksiköiden lukumäärän suuri ero eri hake- tai purulaatujen välillä johtuu sahojen käyttämistä erilaisista tukkien varastointitavoista sekä tukkien ja hakkeen sekä purun muusta käsittelystä. Kuormista määriteltävän kuiva-ainemäärän luotettavuus riippuu suuresti määrin siitä, pystytäänkö tietystä hake-erästä ottamaan edustava näyte. Sahanhake on usein kosteudeltaan hyvin tasaista, kun taas joskus kosteus vaihtelee suuresti samallakin sahalaitoksella eri kuormien välillä ja saman kuorman eri osissakin tukkien käsittelystä riippuen. Erityisesti haketta kuormattaessa syntyy kekomainen muodostelma ja erikokoiset palat lajittuvat jossakin määrin kuorman eri osiin. On oletettavissa, että palakooltaan erilainen aines on erilaista myös kosteuden suhteen. Yhden hakkeen tai purun toimittajan kuormien välinen kuiva-aineprosentin hajonta jää kuitenkin useiden eri myyjien kuormien välistä kuiva-aineprosentin hajontaa pienemmäksi.

Jos tukit tulevat sahaukseen suoraan metsästä tai pitkähkön vesivarastoinnin jälkeen, on kosteus hyvin tasainen. Usein kuitenkin sahataan sekaisin eri pituisia aikoja varastoituja tai sekaisin vedessä ja maalla varastoituja tukkeja. Myös kuorinnan järjestelyt

ja ajoittuminen tukkien sahaukseen vaikuttaa erityisesti tukkien pintaosien kosteuteen. Normaalin, tuoreesta puusta peräisin olevan hakkeen joukkoon saattaa myös sekoittua uunikuivaa tasauspätkeä, jolloin näytteenotto ja kosteusmääritys tulevat huomattavasti epävarmimmiksi.

Tämän vuoksi kuormaa koskeva näyte on aina koostettava useista jo sekoittuneista osanäytteistä, jotka otetaan purkamisen yhteydessä. Jos kuorman kosteus todetaan poikkeuksellisen vaihtelevaksi, on näyteyksiköiden lukumäärää syytä lisätä.

Näytteet voidaan ottaa myös kuljetushihnalta, mikäli eri toimittajien purkamat kuormat eivät pääse sekoittumaan. Tällöin on kuitenkin huolehdittava siitä, että näyteyksiköt otetaan riittävän pitkin välein jotta kuorman eri osat tulevat yhtä hyvin edustetuiksi.

Haketta massan mukaan mittaava teollisuuslaitos tarvitsee punnituksia varten tarkkuudeltaan ja punnitusteholtaan riittävän auto- tai rautatievaajan. Nykyisin käytössä olevilla autopunnitusasemilla sijaitsevien elektronisten vaakojen tarkkuus on hyvä ja myös teho riittää hakekuormille, joiden maksimikoko Suomessa on nykyisin täysperävaunun yhdistelmällä 80—90 m³.

Hake- ja purukuormien punnitseminen ei siis muodosta käytännössä ongelmaa pyritäessä kuorman kuivan massan määrittämiseen. Sen sijaan nykyisin pääasiassa käytössä oleva uunikuivausmenetelmä on hieman hidas ja työtä vaativa suurien hakemäärien ollessa kysymyksessä. Käytännön hakekaupoissa ei kuitenkaan ole aina tarpeellista ottaa näytettä joka kuormasta. Ainakin milloin kyseessä on suurehko sahalaitos, jonka hakkeen tai purun kosteuden tiedetään vaihtelevan varsin vähän, voidaan mittausta nopeuttaa otantamenetelmän avulla. Tällöin voitaneen sopia menetelmästä, jossa tietyin välein otetut näytteet edustavat määrätyn pituisena ajanjaksona tehtäälle toimitettua haketta tai purua.

5. TIIVISTELMÄ

Haketta ja purua kuljettaessa tiedetään kuormien kiintotilavuuden vaihteluiden olevan varsin suuria. Kyseisten puutavaralajien kuivan massan mittausta voidaan näin ollen pitää hakkeen ja purun kaupassa tilavuuteen perustuvaa mittaustapaa parempana.

Hake- ja purukuormien kuivan massan selvittämiseksi on kuorman massan ohella tunnettava sen kosteus, joka vaihtelee sekä kuormien välillä että kuormien sisällä lähinnä teollisuuden raaka-aineeksi käyttämien tukkien varastoinnista ja muusta käsittelystä johtuen. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eri tavoin varastoiduista tukeista peräisin olevan teollisuushakkeen ja purun kosteuden ja kuiva-ainepitoisuuden vaihtelu kuormien sisällä. Saatujen tunnuslukujen avulla laskettiin eri tapauksissa kuormakohittaiset näytekysiköiden määrät kuormien kuivan massan määrittämistä varten. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös eräitä hakkeen kosteuden mittausta varten kehitettyjä laitteita kirjallisuuden perusteella.

Tutkimusaineisto kerättiin etupäässä sahalaitosten ja vaneritehtaiden ostajille toimittamista hake- ja purukuormista. Koe-kuormista otettiin 20 litran sisältöistä näytekysikköä kuorman eri osista näytteenotto-paikkojen ollessa eri tapauksissa samat. Osasta koe-kuormia otettiin edellisen näytteenottotavan vertailuksi niin ikään 20 litran suuruista näytekysikköä kuorman purkamisen yhteydessä siten, että hake tai puru sekoittui. Teollisuushaketta tai purua toimitavalta laitokselta tiedusteltiin lähetetyn kyselyn muodossa erityisesti raaka-aineen varastointitapa sekä muut tukkien, hakkeen tai purun käsittelyyn nimenomaan kosteuden kannalta vaikuttavat tekijät.

Koe-kuormien lukumäärä oli 240, joista 58 tapauksessa otettiin vertailunäyte purkamisen yhteydessä. Täten käsiteltyjen kosteusnäytekysikköjen yhteismäärä oli 5 960 kpl.

Tutkimuksen tärkeimmät tulokset olivat seuraavat:

1. Kun hake- tai purukuorman kosteusnäytteet otetaan sekoittumattomina kuorman eri osista saadaan merkittävästi suurempi kuiva-ainepitoisuuden keskihajonta

(2,03 % hakkeelle ja 1,25 % purulle) kuin otettaessa näytteet sekoittuneina purkamisen yhteydessä (0,98 % hakkeelle ja 0,73 % purulle). Sahanhakkeen ja purun kosteuden ja kuiva-ainepitoisuuden keskihajonta riippuu pääasiassa sahaukseen käytettävien tukkien varastointitavasta. Erityisen suuria saattavat kosteussuhteen vaihtelut olla vanerihakekuormissa, jotka usein koostuvat kosteudeltaan hyvin erilaisesta raaka-aineesta.

Kuiva-ainepitoisuuden keskihajonta oli kuormien välillä huomattavasti suurempi (3,30 % hakkeella ja 2,95 % purulla) kuin kuormien sisällä (2,03 % hakkeella ja 1,25 % purulla).

2. Otettaessa näytekysiköt kuorman kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseksi purkamisen yhteydessä päästään samaan tarkkuuteen paljon pienemmällä näytteellä kuin otettaessa näytekysiköt kuormasta. Sahanpurussa tarvittavan näytteen suuruus on haketta pienempi tai ottamalla sama määrä näytekysiköitä päästään huomattavasti suurempaan tarkkuuteen kuin hakkeella. Suoritetun teoreettisen laskennan perusteella saatiin kuormasta purkamisen yhteydessä otettavaksi näytekysiköitä hakkeella 1—7 ja purulla 1—3 litraa, jos sallitaan 2 %:n virhe kuorman kuiva-ainepitoisuudessa.

3. Nykyisin käytössä olevat hakkeen kosteuden mittarit, jotka kehitettiin alunperin metsäteollisuudessa massa- ja paperitehtaiden laadunvalvontaa ja keittoprosessia varten, eivät saadun tietouden mukaan täytä kaikissa olosuhteissa hakkeen kosteuden mittauksen tarkkuusvaatimuksia. Eri tutkijoiden käsityksen mukaan mittareiden käyttöä eri olosuhteissa estäviä haittoja ovat etenkin hakkeen jäätyneisyyden, kosteusasteen, lämpötilan, tiivyyden ja raaka-aineen tiheyden vaihteluiden aiheuttamat virheet.

Eri mittauslaitteista ja menetelmistä saadut kokemukset ovat toistaiseksi puutteellisia. Käynnissä olevan kosteuden mittareiden kehitystyön ollessa vielä kesken, on lämpöuunissa suoritettavan näytteiden kuivauksen perusteella saatuja kosteuksia pidettävä menetelmän heikkouksista huolimatta tällä hetkellä käyttökelpoisimpina.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- BENTLEY, O. W. 1960. Setting chip standards. Paper Mill News 83: 33.
- BRADY, E. 1964. Moisture measurement on flowing wood chips. Tappi 47 (6): 173 A-174 A.
- DOBIE, J. & WRIGHT, D. 1972. Conversion factors for the forest products industry in Western Canada. Can. For. Service. Western For. Prod. Lab. Int. Rep. VP-x-97: 1—60.
- GIBSON, E. & RUSTEN, D. 1964. Determination of the moisture content of pulp chips by an instrumental method. Norsk Skogind. 18 (10): 351—356.
- HAKKILA, P. 1969. Sahanhakkeen puuaineen ominaisuuksista. Haketutkimustoimikunta. 14 s. Moniste.
- HEISKANEN, V. 1963. Kosteuden vaihtelut kenttähakkureilla lastutetuissa hakekuormissa. Summary: Variations of moisture in loads of chips chipped with portable chipping machines. Pienpuu. Toimik. Tied. 80: 1—4.
- HUGHES, F. 1977. New method measures moisture and true dry mass. Can. For. Ind. 97 (2): 22—23.
- JAMES, W. 1975. Electric moisture meters for wood. U. S. Dep. Agric. For. Serv. Gen. Techn. Rep. For. Prod. Lab., Madison FPL-6: 1—27.
- KAJANNE, P. & HOLLMING, A. 1958. On moisture determination in wood chips using gamma ray scattering. Paperi ja Puu 40 (4a): 153—157. (Seloste).
- KELLER, M. & LAUER, B. 1970. Rapid air drying for determining moisture in chips. Tappi 53 (2): 300—301.
- KÄRKKÄINEN, M. & UUSVAARA, O. 1976. Quality and measuring of chips. 46 s. Moniste.
- LIEDES, M. & MANNINEN, P. 1975. Otantamenetelmät. 255 s. Helsinki. Gaudeamus.
- LOOS, W. 1965. Determining moisture content and density of wood by nuclear radiation techniques. For. Prod. J. 15 (3): 102—106.
- LUNDSTRÖM, J. 1970. On-line chip moisture measurements. Tappi 53 (5): 857—861.
- MAGNUSSON, H., ERIKSSON, L. & ANDERSSON, L.-O. 1972. Measurement of moisture content in wood and pulp samples using the NMR-technique. Svensk PappTidn. 75 (15): 619—622.
- & KONRADSSON, T. 1971. Synpunkter på flisfuktmätning. Svensk PappTidn. 74 (24): 835—843.
- MARSHALL, P. 1966. A simple moisture content indicator. J. Wood Sci. 18 (17): 58—62.
- McKEE, J. C. 1961. Automatic sampling and analytical screening of purchased chips. Tappi 44 (4): 110—112.
- MURTO, J., KIVIMAA, E. & PEROLAHTI, O. 1951. Selluloosapuun lastutus. V. Teollisuuden Keskuslaboratorion Tiedonantoja 68: 1—28.
- NISULA, P. 1960. Paino pinotavaran ja hakkeen mitana. Summary: Weight as a standard of piled timber and chips. Pienpuu. Toimik. Julk. 114: 1—13.
- 1961. Polttohakkeen kuivapitoisuuden määrittämisen painomittasta käytettäessä. Summary: Determination of the dry matter content of fuel chips when using measurement by the weight. Pienpuu. Toimik. Julk. 131: 1—49.
- NYLINDER, P. 1958. Fastmasseprocenter hos boardved, ribb och bakar samt flis. Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 16: 1—50.
- 1972. Measuring of wood chips. Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 79: 1—11.
- OKSTAD, T. 1972a. Methods of scaling wood chips. FAO/Norad symposion on production, handling and transport of wood chips. FAO:TWC/72/30: 1—4.
- 1972b. Omsetning av celluloseflis etter vekt. Norsk Skogbr. 5: 133—134.
- PALKA, L. & HEJJAS, J. 1976. Calibration of moisture meter readings for Douglasfir plywood. For. Prod. J. 26 (12): 47—48.
- PESEZ, G. A. 1957. International Paper Co. volume method for sawmill waste and chips. Tappi 40 (12): 2214—2216.
- RICHESSON, M., CLAPP, L. & MILLER, R. 1967. Continuous measurement of chip moisture. Tappi 50 (6): 81A—86A.
- RIJSDIJK, J. von 1969. Die Genauigkeit von Holzfeuchtigkeitsmessungen mit elektrischen Feuchtigkeitsmessgeräten. Holz Roh- u. Werkstoff 27 (1): 2—23.
- Sahanhake ja paperipuuahake massan raaka-aineena. 1969. Haketutkimustoimikunta. 19 s. Moniste.
- Sahanhake ja paperipuuahake massan raaka-aineena II. 1972. 16 s. Moniste.
- SAUKKONEN, M. 1971. Hakkeen näytteenotto ja laatuanalyysimenetelmät. Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium Ab. Sell.keitto 156, Seloste 1045: 1—56.
- SHEPARD, H. M. 1955. Using the BDU as a unit of chip measurement. Amer. Pulpwood Assoc. Release 247: 40—43.
- UUSVAARA, O. 1968. Hakkeen mittaus. Haketutkimustoimikunta. 25 s. Moniste.
- 1969. Sahanhakkeen tiheys ja paino. Summary: On density and weight of sawmill chips. Commun. Inst. For. Fenn. 67 (3): 1—44.
- 1971. Vaneritehtaan jätepuusta valmistetun hakkeen ominaisuuksista. Summary: On the properties of chips prepared from plywood plant waste. Folia For. 107: 1—17.
- 1972a. Sahanhakkeen ja paperipuuahakkeen ominaisuuksista. 14 s. Moniste.
- 1972b. Sahanhakkeen ominaisuuksia. Summary: On the properties of sawmill chips. Commun. Inst. For. Fenn. 75 (4): 1—55.
- 1974. Teollisuudessa käytettävän sahanpurun ominaisuudet. Summary: Properties of sawdust utilised in industry. Commun. Inst. For. Fenn. 83 (1): 1—43.
- 1976. Measuring the moisture and scaling the weight of sawmill chip and sawdust loads. 14 s. Moniste.
- UUSVAARA, O. & HEISKANEN, V. 1975. Sahanhak-

keen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa. Summary: Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill

chips in Finland. *Folia For.* 234: 1—28.
WARREN, B. 1972. Assessment of quality and quantity of woodchip shipments. *Appita* 26 (3): 209—210.

5. SUMMARY

It is known that there is quite large variation in the solid volume of industrial chip and sawdust loads. Thus measurement of the dry mass of this type of material can be regarded as being better, in the marketing of industrial chips and sawdust, than measurements based on volume.

In addition to the mass of the load, its moisture content, which varies both between loads and within loads mainly as a result of storage and other treatments affecting the logs used as raw-material, should be known if the dry mass of chip and sawdust loads is to be determined. The aim of the study was to determine the amount of variation within loads in the dry matter content and moisture content of industrial chips and sawdust originating from logs stored in different ways. These values were then used to calculate the size of the sample needed to determine the dry mass of different types of chip and sawdust loads. Different types of equipment, developed for measuring the moisture content of chips, were also examined on the basis of the relevant literature.

The study material was mainly collected from chip and sawdust loads delivered to the buyers from sawmills and plywood factories. 20 liter samples were taken from different parts of the loads, the sampling points being the same in all cases. Additional 20 liter samples were taken from the same loads after the chips of sawdust became mixed during unloading for comparison of the earlier sampling method. A questionnaire was sent to the firms supplying the industrial chips and sawdust asking especially about the type of raw-material storage used and about other factors which could have an effect on the moisture content during the storage of logs, chips or sawdust.

The total number of loads sampled was 240, comparison samples being taken from 58 of them during unloading. The total number of moisture content samples was thus 5 960.

The most important results of the study were as follows:

1) When chips or sawdust moisture content samples are taken from different parts of unmixed loads, then

the standard deviation of the dry matter content (2.03 % for chips and 1.25 % for sawdust) is significantly greater than when samples are taken after the loads have become mixed during unloading (0.98 % for chips and 0.73 % for sawdust). The standard deviation in the dry matter content and moisture content of sawchips and sawdust are mainly dependent on the way the logs are stored at the sawmill. There was especially great variation in the moisture content of veneer chip loads, which frequently consisted of raw materials differing greatly as regards moisture content.

The standard deviation in the dry matter content was noticeably greater between loads (3.30 % for chips and 2.95 % for sawdust) than within loads (2.03 % for chips and 1.25 % for sawdust).

2. When taking samples for the determination of the dry matter content of the load, the same degree of accuracy is attained by taking much smaller samples during unloading than when sampling the unmixed load. The size of the samples needed to determine the moisture content of sawdust is smaller than that for chips and if similar sized samples are taken much more accurate results are obtained than with chips. It was calculated that if a 2 % error in the dry matter content of the load is permissible, then 1—7 liter chip samples and 1—3 liter sawdust samples should be sampled during unloading.

3. The meters in present use for determining chip moisture content, which were originally developed for the pulping process and for quality control in pulp and paper mills, do not apparently give accurate enough results under varying conditions. According to the literature, the main drawbacks to the use of such meters are the errors caused by variations in the frozenness, moisture content, temperature, packing density and basic density of the chips.

Rather little experience has been gained about the use of different types of equipment and methods. Since these moisture meters are still under development, the oven drying method, despite its drawback, appears for the present to be the best method available for the determination of chip moisture content.

ODC 832.1
ISBN 951-40-0323-3
ISSN 0015-5543

UUSVAARA, O. 1976. Teollisuushakkeen ja purun painomittaus. Summary: Weight scaling of industrial chips and sawdust. *Folia Forestalia* 341:1—18.

The aim of the study was to determine the amount of variation within loads in the dry matter content and moisture content of industrial chips and sawdust originating from logs stored in different ways. These values were then used to calculate the size of the sample needed to determine the dry mass of chip and sawdust loads.

Different types of equipment, developed for measuring the moisture content of chips, were also examined on the basis of the relevant literature.

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

ODC 832.1
ISBN 951-40-0323-3
ISSN 0015-5543

UUSVAARA, O. 1976. Teollisuushakkeen ja purun painomittaus. Summary: Weight scaling of industrial chips and sawdust. *Folia Forestalia* 341:1—18.

The aim of the study was to determine the amount of variation within loads in the dry matter content and moisture content of industrial chips and sawdust originating from logs stored in different ways. These values were then used to calculate the size of the sample needed to determine the dry mass of chip and sawdust loads.

Different types of equipment, developed for measuring the moisture content of chips, were also examined on the basis of the relevant literature.

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

ODC 832.1
ISBN 951-40-0323-3
ISSN 0015-5543

UUSVAARA, O. 1976. Teollisuushakkeen ja purun painomittaus. Summary: Weight scaling of industrial chips and sawdust. *Folia Forestalia* 341:1—18.

The aim of the study was to determine the amount of variation within loads in the dry matter content and moisture content of industrial chips and sawdust originating from logs stored in different ways. These values were then used to calculate the size of the sample needed to determine the dry mass of chip and sawdust loads.

Different types of equipment, developed for measuring the moisture content of chips, were also examined on the basis of the relevant literature.

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

ODC 832.1
ISBN 951-40-0323-3
ISSN 0015-5543

UUSVAARA, O. 1976. Teollisuushakkeen ja purun painomittaus. Summary: Weight scaling of industrial chips and sawdust. *Folia Forestalia* 341:1—18.

The aim of the study was to determine the amount of variation within loads in the dry matter content and moisture content of industrial chips and sawdust originating from logs stored in different ways. These values were then used to calculate the size of the sample needed to determine the dry mass of chip and sawdust loads.

Different types of equipment, developed for measuring the moisture content of chips, were also examined on the basis of the relevant literature.

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

- No 293 Lehtonen, Irja: Puu polttoaineena. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Wood as a fuel. A study based on literature.
- No 294 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia.
Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine).
- No 295 Metsätalastollinen vuosikirja 1975.
Yearbook of Forest Statistics 1975.
- No 296 Heiskanen, Veijo: Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen puutavaran laatuero.
Quality differences of timber between Southern and Northern Finland.
- No 297 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä.
Effect of spreading method on forest fertilization results.
- No 298 Vuokila, Yrjö: Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä.
Selective thinning from above as a factor of growth and yield.
- No 299 Vuokila, Yrjö: Hyvän kasvupaikan haavikoiden kasvukyvystä.
On the growth capacity of aspen stands on good sites.
- No 300 Paavilainen, Eero: Helppoliukoisten lannoitteiden vaikutuksen riippuvuus levityksajan-kohdasta turvemaalla.
Effect of application time on growth response to easily dissolving fertilizers on peatlands.
- No 301 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen tukkipuutaulukot. Tukkien minimiläpimittaluokka männnyllä 13 cm ja kuusella 13 ja 15 cm.
Massentafeln für Kiefern- und Fichtenblochholz. Mindestdurchmesserklassen der Blöcher für Kiefer 13 cm und für Fichte 13 und 15 cm.
- No 302 Simola, Paavo: Pienikokoisen lehtipuuston biomassa.
The biomass of small-sized hardwood trees.
- No 303 Vuokila, Yrjö: Talvikittyypin puuntuotannollinen asema metsätuotantotyypijärjestelmässä.
Position of the Pyrola type in the forest site type system of Cajander.
- No 304 Puro, Tiina: Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta.
Results of the second fertilization with nitrogen.
- No 305 Virtanen, Jaakko & Ylinen, Mikko: Ojitusalueiden lentolannoitus.
Aerial spreading of fertilizers on peatlands.
- No 306 Astorga S., Luis E.: Effectuating possibilities of waste wood utilization in Finland. Step 1.
Jätepuun käytön tehostamismahdollisuudet Suomessa. Osa 1.
- No 307 Kilkki, Pekka, Kuusela, Kullervo & Siitonen, Markku: Puuntuotanto-ohjelmat Etelä-Suomen piirimetsälautakuntien alueille.
Timber production programs for the forestry board districts of Southern Finland.
- No 308 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1974—76.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1974—76.
- No 309 Mäkelä, Markku: Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen.
Changes in the quality of logging residues
- No 310 Harstela, Pertti, Järvinen, Juhani, Tervo, Leo & Aholainen, Raimo: Tutkimus eräistä harvennushakkuumenetelmistä (Levälleen teko ja LEKA-menetelmä).
The study of some short wood methods of cutting in thinnings (Cutting without bunching and SCAPE method).
- No 311 Takalo, Sauli & Sauvala, Kari: Havainnot metsurin suojainten kestävydestä ja sen mittaamisesta.
Observations on the durability and testing of protective clothing for chain saw workers.
- No 312 Leikola, Matti, Metsämuuronen, Markku, Räsänen, Pentti K. & Taimisto, Erkki: Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv 1967—1975.
The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967—1975.
- No 313 Kolari, Kimmo, Paavilainen, Eero & Raitio, Hannu: Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella.
Pine root condition and growth disturbances.
- No 314 Anttila, Tuula & Lähde, Erkki: Lannoituksen vaikutus paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien kehitykseen taimitarhassa.
Effect of fertilization on the development of containerized pine seedlings in a nursery.
- No 315 Kanninen, Kaija: Palkkausmuodot ja niiden vaikutus metsätoissa.
Forms of remuneration and their influence on forest work.
- No 316 Mäkelä, Markku: Leimikoittainen metsätähdemäärä.
The amounts of logging residues and stump and root wood at certain work sites.
- No 317 Kaunisto, Seppo: Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla.
Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs
- No 318 Kinnunen, Kaarlo: Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä.
The survival and initial development of plants in private forests in western Finland.

- No 319 Ferm, Ari & Pohtila, Eljas: Pintakasvillisuuden kehittyminen ja muokkausjäljen tasoittuminen auratuilla metsänuudistusaloilla Lapissa.
Succession of ground vegetation and levelling of ploughed tracks on reforestation areas in Finnish Lapland.
- No 320 Kuusela, Kullervo: Suomen metsien kasvu ja puutavaralajirakenne sekä niiden alueellisuus vuosina 1970—1976.
Increment and timber assortment structure and their regionality of the forests of Finland in 1970—1976.
- No 321 Heikinheimo, Lauri, Jaatinen, Esko, Kellomäki, Seppo, Lovén, Lasse & Saastamoinen, Olli: Metsien virkistyskäyttö Suomessa. Esitutkimusraportti.
Forest recreation in Finland. Pilot study.
- No 322 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1973 (1970).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1973 (1970) by districts.
- No 323 Erkkilä, Pentti, Silander, Soini, Tiihonen, Paavo & Örn, Jouko: Pystymittaus ja runkojen luku hakkuupalkan laskentaperusteina työvaikeuspalstalla.
Massenermittlung am stehenden Holz und Stammzahl als Unterlage für die Berechnung des Arbeitslohns auf grösseren Schlaglosen mit gleichmässigen Arbeitsbedingungen.
- No 324 Vuokila, Yrjö: Puolukkatyyppi kuusen kasvupaikkana.
Vaccinium type as a spruce site.
- No 325 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun istutustuloksia Lapissa.
Reforestation results with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 326 Paavilainen, Eero: Männyn istutus suopeltojen metsityksessä.
Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields.
- No 327 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia.
Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results.
- No 328 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Moottorisahavinturin käytöstä pienten puiden ja tukkien esijuonnossa.
Preliminary skidding of small trees and sawlogs by power saw winch.
- No 329 Kinnunen, Kaarlo & Linnimäki, Jorma: Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa.
Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia.
- No 330 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1975—77.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1975—77.
- No 331 Gustavsen, Hans G.: Valtakunnalliset kuutiokasvuyhtälöt.
Finnish volume increment functions.
- No 332 Helander, Matti & Simula, Anna-Leena: Metsäalan toimihenkilöiden kysyntä ja tarjonta vuoteen 1985.
Demand and supply of professional forestry staff by 1985.
- No 333 Hakkila, Pentti, Kalaja, Hannu, Salakari, Martti & Valonen, Paavo: Whole-tree harvesting in the early thinning of pine.
Kokopuuna korjuu männikön ensiharvennuksessa.
- No 335 Juutinen, Paavo: Kuitupuupinot pystynävertäjän (*Tomicus piniperda* L.) lisääntymispaikkoina Pohjois-Suomessa.
Pulpwood stacks as breeding sites for pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* L.) in northern Finland.
- No 336 Kärkkäinen, Matti: Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi.
Methods for measuring the average length of pulpwood bolts estimated during logging by eye.
- No 337 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974—76.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974—76.
- No 338 Lähde, Erkki: Välivarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen.
Effect of intermediate storage of containerized Scots pine planting stock on reforestation success.
- No 339 Teivainen, Terttu: Eräiden poppelikloonien myyrätuhoalttius ruokintakokeiden mukaan.
Resistance of some poplar clones to vole damage through feeding experiments.
- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua.
Comparision of clearing saws equipped with stump spraying devices.
- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus.
Weight scaling of industrial chips and sawdust.