

ODC
526.5

FOLIA FORESTALIA 286

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1976

MATTI KÄRKKÄINEN

POHJOISSUOMALAISEN KOIVUKUITU-
PUUN TILAVUUSMITTAUKSIA

VOLUME MEASUREMENT OF BIRCH
PULPWOOD IN NORTHERN FINLAND

- 1974 No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutahteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.
By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.
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 taimiston-
hoitoaloilla 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 Ruikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä
mitatun läpimitan perusteella.
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuk-
sesta.
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmssen: Puutavaran käsittely. 7,—.
- No 217 Pentti Rikkinen: Koivuvaneritukkien 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 Huttunen: 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 levityslaitte.
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 Jarveläinen: Yksityismetsanomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsågda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuut-
teitten 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 tukkimiehentäin, *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 työmittausmenetelmä ("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 määrit-
tämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsä-
maan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löytyniemi: 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 metsä-
teollisuuden raaka-ainenäykymät 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
karkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-
logging diameter. 2,—

FOLIA FORESTALIA 286

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1976

Matti Kärkkäinen

POHJOISSUOMALAISEN KOIVUKUITUPUUN TILAVUUSMITTAUKSIA

Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on syntynyt Kemi Oy:n aloitteesta ja kyseisen yhtiön keräämän aineiston turvin. Kenttätyöstä on vastannut Kemi Oy:n edustajana EERO HAUTALA. Metsäntutkimuslaitoksella aineiston käsittelyyn ovat osallistuneet TARJA BJÖRKLUND (atk-käsit-

tely ja piirrookset), JOHN DEROME (englannin tarkistus) ja AUNE RYTKÖNEN (konekirjoitustyöt). Käsikirjoituksen ovat lukeneet VEIJO HEISKANEN ja OLAVI HUIKARI. Kiitän saamastani avusta.

Helsinki 1976-09-07

Matti Kärkkäinen

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY	3
TIIVISTELMÄ	3
1. JOHDANTO	4
2. AINEISTO	4
3. PÖLKYN TILAVUUDEN LASKEMINEN	7
31. Erilaiset tilavuuslaskelmat	7
32. Pölkyn tarkan tilavuuden laskeminen	7
4. TULOKSET	11
41. Koivukuitupuun kuutiomäärä pölkky menetelmän mukaan	11
42. Mittausmenetelmän vaikutus	16
43. Keskusmuotoluvut	17
44. Pölkkyjen pituus ja latvaläpimitta	21
5. TULOSTEN TARKASTELUA	22
KIRJALLISUUSLUETTELO	23

ISBN 951-40-0238-5

ISSN 0015-5543

Helsinki 1976. Valtion painatuskeskus

SUMMARY

In this paper some measurement methods are analyzed on the basis of the measurements made on birch pulpwood in Northern Finland. The material consists of 3 174 bolts two meters long. The diameters were measured 0, 3, 25, 50, 100, 150 and 200 cm from the butt end of each bolt. On the basis of the measurements the exact volume was calculated using integral calculus. In addition, the volume was estimated by the method described in the paper *Folia*

Forestalia 227 (HEISKANEN 1975). Some other volume calculations were also carried out.

According to the study, the method described in *Folia Forestalia* 227 overestimates the volume of bolts, especially that of small bolts. Part of the error is due to the measurement method used earlier, the largest part being due to bolt distribution within diameter classes. Some sampling error is also possible.

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa on tarkasteltu erilaisia pölkyn tilavuuden mittaus- ja laskentamenetelmiä pohjoissuomalaisen koivukuitupuunaineiston perusteella. Aineisto käsitti kaikkiaan 3 174 pölkkyä, joiden läpimitat mitattiin 0, 3, 25, 50, 100, 150 ja 200 cm päässä tyven puolella olevasta leikkauksesta. Näiden mittausten perusteella kunkin pölkyn tilavuus laskettiin integroimalla mittausten perusteella lasketun runkokäyrän neliö. Tilavuus laskettiin myös muilla, tutkimuksen tekstissä lähemmin esitetyillä tavoilla.

Tulosten mukaan julkaisussa *Folia Forestalia* 227 (HEISKANEN 1975) esitetty pölkky menetelmä antaa liian suuria pölkkyjen tilavuuksia etenkin pienten pölkkyjen ollessa kyseessä. Osa virheestä johtuu mainitussa tutkimuksessa käytetystä tilavuuden laskentamenetelmästä. Suurin osa eroista aiheutuu kuitenkin läpimittajakaumista ja mahdollisesti myös otantavirheestä, koska osa em. tutkimuksessa käytetystä aineistosta on kerätty nykyistä ankarampien laatuvaatimusten aikaan 1960-luvulla.

1. JOHDANTO

Vuodesta 1975 alkaen on määrätty kuitupuun teon työmittauksessa yhtenä menetelmänä käytetty ns. pölkkymenetelmää. Tämän menetelmän kehittämisestä ja perusteista on tutkimusraportin esittänyt HEISKANEN (1975). Menetelmä on työmarkkinaosapuolten hyväksymä, ja tietoa siitä on levitetty mm. erilaisin monistein (esim. Pölkkymenetelmä, ei vlk).

Loppuvuodesta 1975 alkoi Pohjois-Suomesta saapua raportteja, joiden mukaan sovellettaessa pölkkymenetelmää koivukuitupuun mittaukseen puutavaraerien tilavuudet saatiin suuremmiksi kuin käytettäessä jo vakiintunutta kuitupuupinon mittaumenetelmää (Kuitupuupinon...1975). Esim. HAUTALA (1975) totesi raportissaan Kemi Oy:n selvitysten perusteella,

että pölkkymenetelmällä saatiin keskimäärin yli 7 % suurempia puutavaraerien tilavuuksia kuin kuitupuun kehysmittausta ja kiintomittaprosenttia käytettäessä. Myös muiden pohjois-suomalaisten puunhankkijoiden kokemukset ovat samansuuntaisia (AHONEN 1975).

Kun puutavaran mittauksessa pyritään eri menetelmiä käytettäessä saavuttamaan sama tulos, näiden hälyttävien raporttien johdosta on katsottu aiheelliseksi selvittää pölkkymenetelmän käyttökelpoisuutta pohjois-suomalaisen koivukuitupuun mittauksessa. Tähän on tarjoutunut mahdollisuus Kemi Oy:n keräämän aineiston avulla. Lisäksi tavoitteena on ollut selvittää erilaisten stereometristen mittaustapojen perusteita ja niiden tarkkuutta mainitun käytännön työmailta kerätyn aineiston avulla.

2. AINEISTO

Tutkimusaineisto kerättiin 11 työmaalta talvella 1976. Leimikot sijaitsivat Kemi Oy:n hankinta-alueen eri osissa Pohjois-Suomessa (taulukko 1 ja kuva 1). Varsinaista leimikkoluetteloa otantaa varten ei tehty Kemi Oy:n talven 1976 leimikoista. Voidaan kuitenkin olettaa, että käsillä olevan tutkimuksen aineisto on edustava näyte mainitun yhtiön mainitun ajankohdan sellaisista leimikoista, joissa on hakattu koivukuitupuuta runkotavarana. Tukien latvuuksia ei aineistoon sisälly lähinnä siitä syystä, ettei koivu kasva vaneripuun mittoihin Pohjois-Suomessa muuten kuin poikkeuksellisesti. — Raudus- ja hieskoivua ei tutkimuksessa erotettu omiksi puulajeikseen.

Taulukosta 1 ilmenee kullakin leimikolla mitattujen pölkkyjen lukumäärä, tyvien osuus, näiden tietojen perusteella laskettu käyttöosan pituus sekä pölkkymenetelmän mukainen

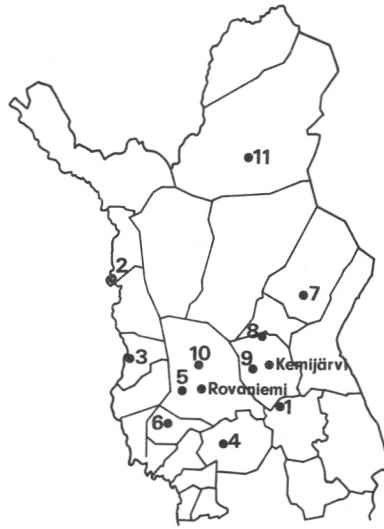
pituusluokka. — Pituusluokat on selostettu mm. HEISKANEN (1975) raportissa.

Kullakin leimikolla valittiin yksi tai useampia palstoja, joilla olevista kourakasoista mitattiin kaikki koivupölkkyt. Näin menetellen saatiin tyvipölkkyjen osuus kokonaislukumäärästä sekä siitä laskettavissa oleva käyttöosan pituus todellisuutta vastaavaksi. Kun kustakin kourakasasta luettiin kaikki pölkkyt, tutkimusaineistoon kuuluvat myös hakkuuohjeiden vastaiset latvaläpimitaltaan liian pienet pölkkyt. — Kaikilla leimikoilla tehtiin hakkuuohjeiden mukaan määrämittaista koivukuitupuuta, jonka nimellispituus oli 2 m ja minimiläpimita 60 mm.

Aineiston ajallisesta edustavuudesta on vielä todettava, että leimikot 1..6 on hakattu syvän lumen aikaan. Vastaavasti leimikot 7..11 on tehty lumen määrän ollessa vähäinen tai olematon. Kaiken kaikkiaan koivupuutavara on

hakattu ja mitattu lyhyenä ajanjaksona, 1976-03-17- -05-27.

Tutkimusaineistoon kuuluvat pölkkyt mitattiin yksitellen seuraavasti. — Mitattavan pölkyn viereen asetettiin mittauskohtamerkinöillä varustettu mittasauva. Tätä mittasauvaa apuna käyttäen mitattiin samassa suunnassa läpimitta pölkyn tyvestä ja latvasta sekä tyvestä lukien 3, 25, 50, 100 ja 150 cm päästä. Muissa kuin tyvipölkkyissä mittausta 3 cm päässä tyvestä ei aina tehty. Kaikki läpimitat mitattiin samassa suunnassa siten, ettei oksapaisumaa tai muuta paksunnosta otettu huomioon. Tällaisen meneteltävän esittää puutavaran mittaussääntö (S.as.kok. 753/72). Mikäli mittaushohta oli paisuman tms. vuoksi epätyyppillinen, epäsäännöllisyyden molemmilta puolilta otettiin yhtä pitkän matkan päästä kaksi läpimittaa, joiden keskiarvoa pidettiin mittaustuloksena. Latvassa siirryttiin vastaavasti tyveen päin. — Mittaus-säännön kyseiset kohdat on siteerattu luvussa 32. — Kaikki läpimitat mitattiin millimetrin tarkkuudella tasaavaa luokitusta käyttäen.



Kuva 1. Tutkimusleimikoiden sijainti Pohjois-Suomessa. Numerot viittaavat taulukkoon 1.
Table 1. Location of the stands in Northern Finland. The numbers refer to table 1.

Taulukko 1. Tutkimusaineisto
Table 1. Study material

Leimikko Stand	Sijaintikunta Location	Pölkkyjä Number of bolts	Tyvien osuus, % Butts, per cent	Käyttöosan pituus, m Length of usable part, m ¹⁾	Pituus- luokka Length class
1	Posio	290	49,3	4,06	1
2	Muonio	281	64,4	3,10	1
3	Pello	268	31,7	6,31	2
4	Ranua	264	38,6	5,18	2
5	Rovaniemen mlk	268	45,2	4,43	2
6	Tervola	312	54,2	3,69	1
7	Savukoski	265	45,3	4,42	2
8	Pelkosenniemi	284	46,1	4,34	2
9	Kemijärvi	262	33,6	5,95	2
10	Rovaniemen mlk	277	56,3	3,55	2
11	Ivalo	403	49,4	4,05	1
Yht. Total	..	3 174	47,1	4,25	..

1) Laskettu kaavasta $l = \frac{k \cdot N_T}{N_B}$, jossa — where
Computed from

l = käyttöosan pituus, m — Length of usable part of stem, m
k = pölkyn nimellisipituus, m (= 2 m) — Length of bolts, m (= 2 m)
N_T = kaikkien pölkkyjen lukumäärä — Total number of bolts
N_B = tyvipölkkyjen lukumäärä — Number of butts

6
Taulukko 2. Aineiston jakauma latvaläpimitan mukaan
Table 2. Top diameter distribution of the study material

Leimikko Stand	Latvaläpimita, mm – Top diameter, mm													N
	<60	60...80	81...100	101...120	121...140	141...160	161...180	181...200	201...220	221...240	241...260	260<		
A. Tyvet – Butts														
1	10	23	25	28	20	14	10	6	4	1	-	2	143	
2	6	57	55	36	10	10	6	1	-	-	-	-	181	
3	5	20	23	17	7	6	3	-	1	1	1	1	85	
4	-	22	18	22	10	16	10	3	-	1	-	-	102	
5	3	36	39	21	16	4	2	-	-	-	-	-	121	
6	2	53	46	43	12	3	3	1	1	-	-	5	169	
7	2	30	26	14	16	11	7	4	7	2	1	-	120	
8	2	35	30	26	16	11	9	2	-	-	-	-	131	
9	4	8	14	14	9	13	10	10	3	2	-	1	88	
10	10	52	40	25	9	10	6	2	2	-	-	-	156	
11	5	49	52	38	25	23	4	2	1	-	-	-	199	
Yht. Total	49	385	368	284	150	121	70	31	19	7	2	9	1495	
B. Muut – Others														
1	12	43	35	24	17	8	4	2	1	1	-	-	147	
2	1	47	24	16	9	3	-	-	-	-	-	-	100	
3	16	60	44	27	15	5	6	5	1	3	1	-	183	
4	1	38	41	32	27	17	5	1	-	-	-	-	162	
5	4	74	42	19	7	1	-	-	-	-	-	-	147	
6	5	39	48	17	9	4	2	3	3	3	2	8	143	
7	1	18	35	28	25	18	9	6	5	-	-	-	145	
8	5	55	36	29	14	12	2	-	-	-	-	-	153	
9	-	35	38	34	24	23	12	6	1	1	-	-	174	
10	8	46	31	18	10	6	2	-	-	-	-	-	121	
11	3	67	54	45	25	6	3	1	-	-	-	-	204	
Yht. Total	56	522	428	289	182	103	45	24	11	8	3	8	1679	
Kaikki All	105	907	796	573	332	224	115	55	30	15	5	17	3174	
%	3,3	28,6	25,1	18,1	10,5	7,0	3,6	1,7	1,0	0,5	0,1	0,5	100,0	

Kaikki läpimittatiedot merkittiin lomakkeelle suoraan lävistyskelposissa muodossa. Lisäksi selvitettiin kustakin pölkystä, onko kysymyksessä tyvipölkky vai muu pölkky. Myös pölkyn pituus selvitettiin tasaavaa senttimetri- jaotusta käyttäen. Pölkyn pituutena pidettiin katkaisupinnan keskipisteestä toisen katkaisupinnan keskipisteeseen olevaa lyhintä välimatkaa. Pölkyn mahdollista käyryyttä ja mutkia ei siis otettu huomioon. — Myös muut kuin läpimittatiedot merkittiin lomakkeelle suoraan lävistyskelposissa muodossa.

Kaikista mittauksista vastasi Kemi Oy Met-

säntutkimuslaitoksen antamien ohjeiden mukaan.

Taulukossa 2 on esitetty aineiston jakauma latvaläpimitan mukaan erikseen tyvipölkkyistä ja muista pölkkyistä. Näitä tietoja voidaan verrata HEISKASEN (1975) esittämiin jakaumakäyriin, jotka perustuvat pölkkymenetelmän pohjana olevaan aineistoon. — Ilmeistä on, että käsillä oleva tutkimus perustuu huomattavasti pienempiin pölkkyihin kuin mitä HEISKASEN (1975) mainitsema ”Metsätehon aineisto” ja ”tarkistusaineisto” ovat.

3. PÖLKYN TILAVUUDEN LASKEMINEN

31. Erilaiset tilavuuslaskelmat

Kun jokaisesta pölkystä läpimitta mitattiin seitsemästä kohdasta, pölkyn tilavuus voitiin laskea usealla tavalla ja näitä tapoja verrata toisiinsa. Tilavuudet laskettiin seuraavin tavoin:

1. Tarkka tilavuus V_1 . — Tämä menetelmä selvitetään jäljempänä perusteellisesti.

2. Simpsonin kaavalla saatava tilavuus V_2 , kun läpimittoina käytetään pölkyn tyvestä ja latvasta sekä keskeltä mitattuja läpimittoja. — Simpsonin kaava on tunnetusti kaavan (1) mukainen.

$$(1) \quad V_2 = \frac{\pi l}{6} \left[\left(\frac{d_b}{2} \right)^2 + 4 \left(\frac{d_m}{2} \right)^2 + \left(\frac{d_t}{2} \right)^2 \right]$$

jossa — where

d_b = tyviläpimitta — butt diameter

d_m = läpimitta keskeltä — diameter in the middle of the length

d_t = latvaläpimitta — top diameter

l = pituus — length

3. Simpsonin kaavan mukainen tilavuus V_3 , kun läpimittoina käytetään 3 cm päästä tyvestä, latvasta sekä keskeltä mitattuja läpimittoja. — Syynä tällaisen kaavan käyttöön on, että kaava (1) tavallisesti antaa liian suuria tuloksia tyvipölkkyille (esim. NISULA 1967).

4. Pölkyn tilavuus V_4 , joka perustuu pölkyn kuutiointiin kahtena metrin pituisena pätkänä Huberin kaavaa käyttäen.

5. Pölkyn tilavuus V_5 , joka perustuu pölkyn kuutiointiin yhtenä pätkänä Huberin kaavaa käyttäen.

6. Pölkyn tilavuus V_6 , jolloin tilavuus on laskettu puolen metrin välimatkoin mitattujen läpimittojen perusteella katkaistun kartion kaavaa käyttäen. — Tällaista tilavuuden laskentatapaa on käyttänyt mm. HEISKANEN (1975) pölkkymenetelmän eräissä aineistossa.

Huberin kaava on esitetty kaavana (2) ja katkaistun kartion kaava kaavana (3).

$$(2) \quad V_{4,5} = \pi l \left(\frac{d_m}{2} \right)^2$$

$$(3) \quad V_6 = \frac{\pi l}{3} \left[\left(\frac{d_b}{2} \right)^2 + \frac{d_b d_t}{4} + \left(\frac{d_t}{2} \right)^2 \right]$$

Merkinnät kuten kaavassa (1) — For explanation, see (1).

32. Pölkyn tarkan tilavuuden laskeminen

Pölkyn tarkan tilavuuden määrittäminen perustuu tässä tutkimuksessa pölkyn eri kohdista mitattuihin läpimittoihin ja pölkyn katkaisupintojen keskipisteiden väliseen etäisyyteen.

Huomiota ei siis kiinnitetä pölkyn mutkaisuuteen ja käyryyteen, jotka tulevat otetuksi huomioon esimerkiksi upotusmittauksessa. Olettaa sopii, että pohjoissuomalaisessa koivukuitupuussa mutkat ja käyryys lisäävät pölkyn tilavuutta huomattavasti suoraan pölkkyyn verrattuna. Näiden tekijöiden vaikutuksesta ei tiettävästi ole tehty tutkimuksia. — Huomiota ei kiinnitetä myöskään pölkyn poikkileikkauksen epäpyöreyyteen, jonka merkitys on huomattava ainakin järeissä koivu- ja haapatukeissa (KÄRKKÄINEN 1975). — Käsillä olevassa tutkimuksessa läpimitat mitattiin satunnaisessa suunnassa, jota menettelyä voidaan pitää tarkempaan kuin esim. suurimman ja pienimmän läpimitan mittaamista ja niiden keskiarvon käyttämistä ympyrän kaavassa. Ainakin järeissä koivuissa tämä ristimitamenetelmä antaa selvästi liian suuria tuloksia, esim. KÄRKKÄISEN (1975) tutkimuksessa 1,9 %. — Mainittakoon, että parin ruotsalaisen teoreettisen tutkimuksen mukaan myös satunnaisessa suunnassa mitattu läpimita antaa eräin edellytyksin keskimäärin hieman liian suuria tuloksia (ks. KÄRKKÄINEN 1974, s. 53).

Käsillä olevassa tutkimuksessa pölkyn pituutena pidettiin nimellispituutta 2 000 mm eräiden vertailujen mahdollistamiseksi. Pölkyn todellisen pituuden vaihtelua tarkastellaan erikseen, mutta sitä ei oteta huomioon tilavuuslaskelmissa.

Tässä tutkimuksessa käytetyn tarkan kuutiomäärän laskentamenetelmän ymmärtämiseksi on paikallaan tarkastella stereometrisen pölkyn tilavuuden määrittämisen matemaattisia perusteita. Tässä yhteydessä keskitytään integrointiin, koska muita tekijöitä on pyritty monipuolisesti tarkastelemaan aiemmin julkaistussa kirjallisuuskatsauksessa (KÄRKKÄINEN 1974).

Silloin kun stereometrisessä mittauksessa ei oteta huomioon pölkyn pituusakselin poikkeamia suorudesta ja poikkileikkauksen epäpyöreyttä, tilavuuden laskeminen perustuu pölkyn eri kohdista mitattuihin läpimittoihin tai niiden puolikkaisiin, joita voidaan nimittää säteiksi. Tavallisesti tiedetään läpimittojen lisäksi myös mittauskohtien etäisyys jostakin referenssipisteestä, yleensä pölkyn tyvipäätä, sekä pölkyn nimellispituus. Näiden tietojen perusteella pyritään laskemaan pölkyn tilavuus.

Kun läpimittojen puolikkaita merkitään pölkyn tyvipäätä lukien $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$, ja

vastaavia etäisyyksiä pölkyn tyvestä $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$, sekä asetetaan $x_0 = 0$, voidaan yleensä olettaa $y_0 \geq y_1 \geq y_2 \geq \dots \geq y_n$. Edellytyksenä tällöin kuitenkin on, että läpimittoja mitattaessa sovelletaan huolellisesti puutavaran mittaussäännön paksummoksia koskevia määräyksiä. Niiden mukaan ”Jos pölkyn puolivälissä (jonka voinee tulkita yleisemmin myös muuksi mittauskohdaksi latvaa lukuunottamatta) on oksapaisuuma tai muu paksumnos, määritetään paksuus paksummoksen ulkopuolelta kahden yhtä kaukana puolivälistä (tai yleensä mittauskohdasta) mitatun läpimitan keskiarvona”, ja latvaläpimittaa tarkoittaen ”Jos paksummoksen mittauskohdassa on oksapaisuuma tai muu paksumnos, mitataan paksumnos siitä, missä paksummoksen vaikutus tyveenpäin mentäessä päättyy.” (S.as.kok. 753/1972) — Suluissa olevat huomautukset ovat kirjoittajan.

Periaatteessa tietoa läpimitan pienenemisestä tai korkeintaan samana pysymisestä tyvestä latvaan päin siirryttäessä voisi käyttää hyväksi mittausvirheiden eliminoimisessa. Tällaisia järjestelmiä ei ole kuitenkaan tiettävästi kehitetty. Edelleen tätä tietoa tulisi käyttää hyväksi suunniteltaessa pölkyn tilavuuden tarkkaa mittausta. Tällaista järjestelmää voidaan hahmotella esimerkiksi seuraavasti.

Kun pölkystä mitataan määräluku läpimittoja, mittauskohdat tulee valita siten, että tilavuus saadaan mahdollisimman oikeaksi. Kun jokaiseen mittaukseen liittyy mittausvirheen riski, jonka voi olettaa mittauskohdasta riippumattomaksi, suhteellisesti suurempi osa läpimitoista kannattaa mitata paksumusta pölkyn tyvi-osasta kuin ohuemmasta latvaosasta. Myös suhteellisen vähän kapenevissa pölkkyissä tällä seikalla saattaa olla merkitystä, koska tilavuus lisääntyy suhteessa läpimitan *neliöön*.

Käytettävissä ei ole tutkimuksia, joissa olisi selvitetty, kuinka jokin määrä läpimittamittauksia olisi sijoitettava, jotta pölkyn tilavuus saataisiin mahdollisimman oikeaksi. ZACCO (1975, s. 12) on tosin ollut kiinnostunut ongelmasta ja esittänyt ratkaisun, mutta sitä ei voi pitää täysin oikeana. Hän on nimittäin olettanut, että mittausvirheiden vaikutuksen minimoimiseksi mittauskohdat tulee sijoittaa siten, että jokaista läpimittaa vastaava pinta-ala saa saman painon. Esimerkiksi jos mitataan kolme läpimittaa ja pölkyn pituus on 1, mittaukset tehdään etäisyyksillä 0,146 l, 0,5 l ja 0,854 l tyvestä (tai latvasta) lukien. Kuutiomäärä on tällöin kaavan (4) mukainen.

$$(4) \quad V_z = \frac{1}{12}\pi l (d_{0,146}^2 + d_{0,5}^2 + d_{0,854}^2).$$

ZACCON esittämä ratkaisu on oikea sillä edellytyksellä, että pinta-alana mitaten tehdään samanlaisia virheitä eri mittauskohdissa. Kun virheet tehdään kuitenkin läpimitan eikä sen neliön mittauksessa, tyvipäässä tehdyt virheet painavat suuremman läpimitan vuoksi enemmän kuin latvapäässä tehdyt.

Käsillä olevassa tutkimuksessa ei ole pyritty kehittämään yleistä ratkaisua kuvattuun ongelmaan, vaan intuitiivisesti on valittu mittauskohtia pölkyn tyviosasta enemmän kuin latvasasta. Tästä aiheutui, ettei havaintoväli ole vakio.

Numeerisen integroinnin oppikirjoista saata- van käsityksen mukaan läpimittojen mittaami- nen tasaisin välein tarjoaa tiettyjä etuja. On esimerkiksi käytettävissä tehokkaita integrointi- kaavoja, jotka perustuvat tiettyyn määrään tasavälein otettuja läpimittahavaintoja. Mm. MILNEN (1949, s. 125) oppikirjassa esite- tään integrointikaavat 2, 3, . . . 9 mittauskohtaa varten sekä näiden kaavojen maksimivirheet. Ensimmäisille näistä integrointikaavoista on tun- netusti omat nimet: Simpsonin kaava on kol- mea mittauskohtaa varten, Simpsonin 3/8-kaava neljää, Boolean kaava viittä jne. (Ks. myös DAVIS ja RABINOWITZ 1967, s. 29). Tun- netusti puolisuunnikkaava antaa oikean tulok- sen lineaarisille funktioille, Simpsonin kaavat korkeintaan kolmannen asteen polynomeille, Boolean kaava viidennen asteen polynomeille, jne. Nämä kaavat ovat helposti sovellettavia puutavaran mittaukseen, joskin vain Simpsonin kaavaa lienee pohjoismaisissa mittaustutkimuk- sissa käytetty (esim. EKLUND 1948, MAK- KONEN 1959, 1961, PERTOVAARA 1964).

Toisaalta on huomattava, että sovellettaessa integrointikaavoja puutavaran mittaukseen hu- miota ei kiinnitetä mittausvirheiden mahdolli- suuteen. Esimerkiksi tunnetussa Simpsonin kaa- vassa pölkyn keskeltä mitatun läpimitan neliö saa painoluvun 4 ja päistä mitattujen 1. Tämä merkitsee mm. sitä, että pölkyn keskusläpi- mitan mittauksessa tehdyt virheet saavat suhteettoman suuren merkityksen. Jonkin funktion numeerisessa integroinnissa tämä näkökohta ei ole relevantti, ja mm. tietokoneohjelmissa Simpsonin kaavaa käytetään yleisesti (esim. McCracken ja DORN 1964, s. 180).

Integrointikaavojen arvostelussa on mittaus- virheiden vaikutuksen lisäksi huomiota kiinni-

tettävä myös siihen, ettei joidenkin läpimittojen tunteminen vielä merkitse pölkyn muodon tark- kaa tuntemista. Jos pölkystä on mitattu läpi- mitat päistä ja keskeltä, toisen asteen yhtälö voi olla oikea tasoituskäyrä väliarvoille, mutta voi olla olemattakin. Pölkkyjen kuutiointikaa- voja johdettaessa on jouduttu oletamaan kuvaa- jan muoto, ja tavallisesti lähtökohtana on ollut poikkileikkauspinta-alan (tai läpimitan neliön) kuvaaja eikä runkokäyrän yhtälö (esim. TISCH- ENDORF 1927, s. 68, RADONJIĆ 1954, jne.). Tähän tärkeään seikkaan on kiinnitetty yllät- tävän vähän huomiota.

Esimerkkinä voidaan tarkastella kaksimet- ristä kuitupuupölkkyä, jonka tyviläpimitta on 200 mm, keskusläpimitta 162 mm ja latvaläpi- mitta 128 mm. Vastaavat säteet ovat tällöin 100, 81 ja 64 mm. Tällaisen pölkyn kuutio- määrä on Simpsonin kaavan mukaan laskettuna $42,2439492 \text{ dm}^3$. Läpimittoja vastaavat pinta- alat ovat π , $0,6561\pi$ ja $0,4096\pi \text{ dm}^2$. Jos näiden pinta-alojen kautta asetetaan toisen a- steen tasoituskäyrä, sen yhtälö on (5).

$$(5) \quad z = \pi - 0,03926\pi x + 0,000487\pi x^2, \text{ jossa}$$

$$z = \text{poikkileikkauksen pinta-ala } \text{dm}^2$$

$$x = \text{etäisyys tyvestä } \text{dm}$$

Kun tästä käyrästä lasketaan määrätty integraali välillä 0 ja 20 dm, saadaan sama tulos kuin Simpsonin kaavalla. Tämä on selvää, koska pin- ta-alan tasoitusyhtälö on toista astetta.

Läpimittahavainnoista voidaan laskea myös runkokäyrän yhtälö. Jos em. säteiden kautta asetetaan toisen asteen tasoitusyhtälö, saadaan runkokäyräksi yhtälö (6).

$$(6) \quad y = 1 - 0,02x + 0,0001x^2, \text{ jossa}$$

$$y = \text{säde } \text{dm}$$

$$x = \text{etäisyys tyvestä } \text{dm}$$

Tunnetusti runkokäyrän yhtälöstä päästään pyörähdyskappaleen tilavuuteen neliöimällä se ja ottamalla neliöidystä yhtälöstä määrätty inte- graali välillä 0 ja 20 dm sekä kertomalla tämä luvulla π . Kun näin menetellään, tulokseksi saa- daan $42,2431115 \text{ dm}^3$.

Vaikka ero on esimerkkitapauksessa merki- tyksetön, saatu tulos saattaa vaikuttaa yllättä- vältä, koska kummassakin laskentatavassa käy- tettiin toisen asteen yhtälöä. Esimerkki kuiten-

kin osoittaa, ettei voida jättää huomiotta erilaisiin integrointikaavoihin sisältyviä oletuksia tasoitustavasta. Kun toisen asteen yhtälö kulkee kolmen läpimittahavainnon kautta, saadaan yleensä erilainen tulos kuin jos läpimitat laskettaisiin pinta-aloiksi ja käyrä kulki pinta-alahavaintojen kautta.

Asiaa voidaan havainnollistaa myös toisella tavalla.

Kun kaavan (6) antama tulos korotetaan toiseen potenssiin ja kerrotaan luvulla π , saadaan kyseistä x-arvoa vastaava pinta-ala. Tätä pinta-ala voidaan verrata kaavan (5) antamaan tulokseen. Kyseisessä esimerkkitapauksessa saadaan seuraava vertailu.

	Etäisyys pölkyn tyvestä, dm					
	0	2	4	6	8	
					Pinta-ala, mm ²	
Kaava (5)	3142	2901	2673	2457	2253	
Kaava (6)	3142	2898	2668	2453	2251	
	10	12	14	16	18	20
2061	1882	1715	1560	1417	1287	
2061	1884	1718	1564	1420	1287	

Vertailun mukaan pinta-alojen erot eivät ole tässä tapauksessa kovin suuret – säteenä ilmaisten millimetrin kymmenesosan luokkaa – eikä ero tilavuudessa ole merkityksellinen puutavaran kuutiointia ajatellen. Oleellista on periaate: Pitääkö tilavuuteen pyrkivässä integroinnissa käyttää läpimittoihin vai pinta-aloihin perustuvia kuvaajia?

Kuten aiemmin on jo todettu, tavallisesti pölkkyjen kuutiointi on perustunut pinta-alamenetelmän mukaiseen Simpsonin kaavaan tai tätä yksinkertaisempiin karkeisiin menetelmiin. Eräissä tapauksissa on käytetty myös graafista pinta-alamenetelmää (esim. ARO ja RIKKONEN 1966, s. 45, NISULA 1967, s. 15). Runkokäyrän yhtälöstä lähtevää tilavuuden laskentaa on ollut vähän. LAASASENAHO ja SEVOLA (1971, s. 9) käyttivät sitä rungon tyviosan kuutiointiin ja KÄRKKÄINEN (1973, s. 9) simuloituille pölkylle. Tutkimuksia ei ole tiettävästi tehty näiden kahden lähestymistavan käyttöalueista.

Käsillä olevassa tutkimuksessa käytettiin runkokäyrän neliön integrointiin perustuvaa mene-

telmää. Aikaisemmista runkokäyrän käyttöön perustuvista tutkimuksista poiketen kehitettiin tilavuuden laskentakaava, jossa tekijöinä ovat pölkyn eri kohdista mitatut läpimitat. – Jäljempänä käytetään seuraavia merkintöjä.

		Mittauskohta tyvestä, cm					
Säde	y_0	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
	0	3	25	50	100	150	200

Pölkyn tilavuus laskettiin pätkien 0...25, 25...100 ja 100...200 cm tyvestä yhteenlaskettuna tilavuutena. Kullekin pätkälle runkokäyrä määritettiin kolmen läpimittahavainnon avulla käyttämällä toisen asteen yhtälöä. Toisen asteen yhtälöä käyttivät myös LAASASENAHO ja SEVOLA (1971, s. 9) ja KÄRKKÄINEN (1973, s. 9).

Tilavuuden laskentakaava kehitettiin ensimmäisessä pätkässä 0...25 cm tyvestä seuraavasti. – Kun tasoituskäyränä on toisen asteen yhtälö $y = a + bx + cx^2$ jossa y on säde, x etäisyys tyvestä sekä a, b ja c parametreja, saadaan läpimittahavaintojen perusteella seuraava yhtälöryhmä (7), (8) ja (9).

$$(7) \quad y_0 = a + b \cdot 0 + c \cdot 0^2$$

$$(8) \quad y_1 = a + b \cdot 3 + c \cdot 3^2$$

$$(9) \quad y_2 = a + b \cdot 25 + c \cdot 25^2$$

Kun tämä yhtälöryhmä ratkaistaan, parametreiksi a, b ja c saadaan kaavojen (10), (11) ja (12) mukaiset tulokset.

$$(10) \quad a = y_0$$

$$(11) \quad b = \frac{625y_1 - 616y_0 - 27y_2}{1650}$$

$$(12) \quad c = \frac{22y_0 + 3y_2 - 25y_1}{1650}$$

Kun runkokäyrä $y = a + bx + cx^2$ neliöidään, sen integraaliksi saadaan yhtälön (13) mukainen tulos.

$$(13) \quad \int y^2 dx = a^2 x + abx^2 + \frac{1}{3}(2ac + b^2)x^3$$

$$+ \frac{1}{2}cbx^4 + \frac{1}{5}c^2x^5$$

Kun yhtälöön (13) sijoitetaan kaavojen (10), (11) ja (12) tulokset ja tulos kerrotaan luvulla π , saadaan pätjän 0..25 cm tilavuus, kun muuttujaksi x sijoitetaan 25. — Tämä menettely johtuu luonnollisesti määrätyn integraalin määritelmästä. Jos olisi pitänyt laskea esim. pätjän 20..25 cm tilavuus, kaavaan olisi sijoitettu ensin $x = 25$, ja tuloksesta olisi vähennetty tulos, joka olisi saatu sijoittamalla $x = 20$.

Edellä kuvattua menettelytapaa voidaan soveltaa vastaavalla tavalla myös pätkiin 25..100 ja 100..200 cm. Kun kaikkien kolmen pätjän tilavuutta tarkoittavat kaavat lasketaan yhteen, saadaan kaava, joka ilmaisee pölkyn tarkan kuutiomäärän läpimittojen puolikkaiden y_0, y_1, \dots, y_6 funktiona.

Kaava (13) on yleinen ja sellaisenaan käyttökelpoinen monissa sovellutuksissa. Esimerkiksi

jos sijoitetaan $x = 2$ ja kaavojen (14), (15) ja (16) parametrien arvot sekä kerrotaan tulos luvulla π , kaava osoittaa kaksimetrisen pölkyn tilavuuden, kun *läpimitat* on mitattu 0, 1 ja 2 m päässä tyvestä.

$$(14) a = \frac{D_0}{2} \quad \text{joissa } D_0, D_1 \text{ ja } D_2 \text{ ovat } 0, 1 \text{ ja } 2 \text{ m päässä tyvestä mitatut läpimitat}$$

$$(15) b = \frac{4D_1 - 3D_0 - D_2}{4}$$

$$(16) c = \frac{D_2 + D_0 - 2D_1}{4}$$

Vastaavalla tavalla voidaan kaavaa (13) käyttää hyväksi myös muissa kuutiointitehtävissä vain määrittelemällä parametrit a, b ja c .

4. TULOKSET

41. Koivukuitupuun kuutiomäärä pölkkymenetelmän mukaan

Koivupuupölkkyjen kuutiomäärä laskettiin leimikoittain käyttäen sekä pölkkymenetelmää (HEISKANEN 1975) että tarkkaa tilavuuden laskentatapaa. Kummallakin tavalla tilavuus määritettiin ilman läpimitaltaan liian pieniä pölkkyjä sekä niiden kanssa. Kun nykyisin käytäntönä lienee vapaamielinen suhtautuminen lievästi alamittaisiin pölkkyihin, jälkimmäinen tapa antaa oikeimman kuvan pölkkymenetelmän erosta tarkkaan tilavuuden määrittäykseen verrattuna.

Pölkkymenetelmässä tehdään lehtikuitupuulle ja männylle järeyskorjaus silloin, kun pienimpien pölkkyjen osuus on lukumäärästä 60 % tai enemmän. Tällöin pölkkymenetelmällä muutoin saatu kuutiomäärä kerrotaan luvulla 0,975. Kun läpimitaltaan alamittaisia pölkkyjä ei otettu huomioon, tällainen korjaus jouduttiin tekemään leimikoilla 2, 5, 6 ja 10. Kun alamittaiset pölkkyt luettiin mukaan täysimittaisten veroisina, vastaava korjaus jouduttiin tekemään edellä lueteltujen lisäksi myös leimikolla 3. — Pienimpään latvaläpimitaluokkaan kuuluvien pölkkyjen osuus kaikista pölkkyistä on lueteltu seuraavassa jaotelmassa.

Leimikko	Pieniä pölkkyjä % lukumäärästä	
	Ilman alamittaisia pölkkyjä	Kaikki pölkkyjä
1	45,5	49,7
2	66,4	67,3
3	58,3	61,6
4	44,5	44,7
5	71,6	72,4
6	60,0	60,9
7	39,3	40,0
8	54,9	56,0
9	35,7	36,6
10	63,7	66,1
11	55,2	56,1

Varsinaiset tulokset on esitetty taulukossa 3.¹⁾ Sen mukaan useimmilla leimikoilla pölkkymenetelmän mukaan laskettaessa kuutiomäärä on saatu liian suureksi. Ainoastaan leimikolla 9 kuutiomäärä on saatu liian alhaiseksi. Keskimäärin kuutiomäärä on saatu 9,2 % liian suureksi, jos kaikki pölkkyt otetaan huomioon. Ilman alamittaisia pölkkyjä vastaava prosentti-

1) Taulukossa 3 ja eräissä muissa tilavuusmittauksissa koskevilla taulukoissa ei ole otettu huomioon muutamia ylijäreitä pölkkyjä leimikolla 6.

Taulukko 3. Pölkkyjen tilavuus eri leimikolla kahden kuutiointimenetelmän mukaan
 Table 3. Volume of bolts in various stands according to two different methods

Leimikko Stand	Tilavuus ilman alamittaisia pölkkyjä Volume without underzised bolts			Ero % Diffe- rence %	Tilavuus, kaikki pölkkyt Volume, all the bolts			Ero % Diffe- rence %
	V ₁ ¹⁾	V _{pm} ²⁾	V _{pm} -V ₁		V ₁ ¹⁾	V _{pm} ²⁾	V _{pm} -V ₁	
	m ³				m ³			
1	7,604	8,193	0,589	7,75	7,803	8,577	0,774	9,92
2	5,155	6,279	1,124	21,80	5,210	6,399	1,189	22,82
3	5,599	6,254	0,655	11,70	5,743	6,410	0,667	11,60
4	6,340	6,737	0,397	6,26	6,352	6,752	0,400	6,30
5	4,418	4,968	0,550	12,44	4,468	5,072	0,604	13,52
6	7,403	8,273	0,870	11,75	7,458	8,392	0,934	12,52
7	7,959	7,972	0,013	0,16	7,982	8,017	0,035	0,44
8	5,970	6,296	0,326	5,46	6,026	6,403	0,377	6,26
9	8,003	7,837	-0,166	-2,07	8,036	7,898	-0,138	-1,72
10	5,386	5,438	0,052	0,96	5,528	5,706	0,178	3,22
11	8,375	9,974	1,599	19,09	8,430	10,113	1,683	19,96
Yht. Total	72,212	78,221	6,009	8,32	73,036	79,739	6,703	9,18

1) Tarkka tilavuus - Exact volume

2) Tilavuus pölkky menetelmän mukaan (Folia Forestalia 227)
 Volume according to the bolt method (Folia Forestalia 227)

luku on 8,3 %. Suurin yksittäinen virhe on leimikolla 2, peräti lähes 23 %.²⁾

Taulukko 3 viittaa siihen, että aiemmin siteerattujen havaintojen mukaisesti pölkky menetelmällä koivukuitupuun kuutiomäärä saadaan liian suureksi Pohjois-Suomen olosuhteissa. Pölkky menetelmän yliarvioivaa vaikutusta voidaan jossakin määrin korjata kiinnittämällä huomiota alamittaisten pölkkyjen poistamiseen, mutta kokonaan ero ei näytä selittyvän alamittaisten pölkkyjen vaikutuksella.

Kun taulukossa 3 esitettyjen tulosten mukaan eri leimikot poikkeavat huomattavasti toisistaan, ei voida tyytyä yksinkertaiseen menettelyyn, jossa lisättäisiin järeyskorjauksen vaikutusta tai pienennettäisiin tasaisesti yksikkökuutiolukuja. Sen lisäksi, että pölkky menetelmän ja tarkan kuutiomäärän ero pitäisi saada keskimäärin nolaksi, pitäisi pyrkiä myös siihen, että eri leimikoilla havaittavat poikkeamat oikeasta tuloksesta olisivat mahdollisimman vähäiset. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että

2) Mainittakoon, että pölkkyjen mittajaan mukaan lumen syvyyden ja tekomiesten asennoitumisen vuoksi erityisen korkeita kantoja oli leimikoilla 2 ja 6. Tämä seikka voi selittää suurta eroa.

yksikkökuutiolukuja on korjattava järeysluokittain, kenties myös siten, ettei korjaus ole samanlainen eri pituusluokissa.

Taulukoissa 4...7 on esitetty yksikkökuutioluvut (dm³/pölkky) eri latvaläpimittaluokkia edustavissa pölkkyissä. Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty pituusluokkaa 1 edustavat leimikot. Taulukoissa 6 ja 7 on esitetty vastaavasti pituusluokkaa 2 olevat leimikot. Taulukot 4 ja 6 koskevat tyvipölkkyjä, taulukot 5 ja 7 taas muita kuin tyvipölkkyjä.

Vertaamalla toisaalta taulukkoa 4 ja 5 ja toisaalta taulukkoja 6 ja 7 voidaan todeta, että tyvipölkkyjen keskimääräinen tilavuus poikkeaa vain vähän muiden pölkkyjen keskimääräisestä tilavuudesta. Tämä viittaa siihen, etteivät pölkky menetelmän ja käsillä olevan tutkimuksen yksikkökuutiolukujen erot johdu erilaisesta tyvipölkkyjen osuudesta. Erityisesti pienimmässä pölkkyissä, joista havaintoja on eniten, tyvipölkkyjen ja muiden pölkkyjen erot ovat vähäisiä, eivätkä tilastollisesti merkitseviä. Lopullisessa tämän tutkimuksen ja pölkky menetelmän vertailussa voidaan näin ollen käyttää taulukkoa 8, johon on laskettu yhteiset yksikkökuutioluvut tyvipölkkyille ja muille pölkkyille.

Taulukko 4. Yksikkökuutioluvut dm^3 /pölkky leimikoilla 1, 2, 6 ja 11. Pituusluokka 1, tyvipölkkyt
 Table 4. Volume of single bolt (dm^3) in the stands 1, 2, 6 and 11. Length class 1, butt bolts

Lei- mikko Stand	Latvaläpimitta, mm – Top diameter, mm									
	60...99		100...149		150...199		200...249		250...299	
	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}
1	46	14,69	56	29,60	24	56,85	5	91,59	2	113,54
2	111	13,12	51	26,09	13	49,00	–	..	–	..
6	98	13,70	58	26,27	5	56,20	1	81,37	1	118,56
11	100	13,16	80	29,82	13	52,55	1	78,27	–	..
Yht. Total	355	13,49	245	28,15	55	53,92	7	88,23	3	115,21
V _{pm}	..	17,46	..	31,86	..	55,54	..	86,30	..	132,40
Ero % Diffe- rence	..	29,43	..	13,18	..	3,00	..	-2,19	..	14,92

n = havaintojen lukumäärä – number of observations

\bar{x} = pölkyn kuutiomäärän keskiarvo, dm^3 – mean volume of bolts, dm^3

V_{pm} = pölkky menetelmän mukaan – according to Folia Forestalia 227

Taulukko 5. Yksikkökuutioluvut dm^3 /pölkky leimikoilla 1, 2, 6 ja 11. Pituusluokka 1, muut kuin tyvi-
 pölkkyt

Table 5. Volume of single bolt (dm^3) in the stands 1, 2, 6 and 11. Length class 1, other than butt bolts

Lei- mikko Stand	Latvaläpimitta, mm – Top diameter, mm									
	60...99		100...149		150...199		200...249		250...299	
	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}
1	76	14,70	46	28,77	11	54,86	2	88,70	–	..
2	71	13,14	27	27,72	1	50,30	–	..	–	..
6	85	14,63	29	27,14	8	59,70	6	88,75	8	126,85
11	118	13,80	76	25,70	7	47,09	–	..	–	..
Yht. Total	350	14,06	178	27,03	27	54,11	8	88,74	8	126,85
V _{pm}	..	17,46	..	31,86	..	55,54	..	86,30	..	132,40
Ero % Diffe- rence	..	24,18	..	17,87	..	2,64	..	-2,75	..	4,38

n = havaintojen lukumäärä – number of observations

\bar{x} = pölkyn kuutiomäärän keskiarvo, dm^3 – mean volume of bolts, dm^3

V_{pm} = pölkky menetelmän mukaan – according to Folia Forestalia 227

Taulukko 6. Yksikkökuutioluvut dm^3 /pölkky leimikoilla 3, 4, 5, 7, 8, 9 ja 10. Pituusluokka 2, tyvipölkkyt

Table 6. Volume of single bolt (dm^3) in the stands 3, 4, 5, 7, 8, 9 and 10. Length class 2, butt bolts

Lei- mikko Stand	Latvaläpimitta, mm – Top diameter, mm									
	60...99		100...149		150...199		200...249		250...299	
	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}
3	42	13,43	27	26,24	7	48,17	2	92,46	2	114,43
4	40	12,14	38	27,11	23	50,22	1	78,66	—	..
5	75	13,39	37	26,72	6	45,70	—	..	—	..
7	53	12,70	38	29,13	16	55,65	11	95,66	—	..
8	63	13,30	51	28,43	15	54,53	—	..	—	..
9	21	14,55	32	29,70	25	58,67	5	84,21	1	138,71
10	91	13,36	44	30,04	9	59,46	2	75,84	—	..
Yht. Total	385	13,21	267	28,30	101	54,22	21	89,93	3	122,52
Vpm	..	15,26	..	22,08	..	51,42	..	86,30	..	132,40
Ero % Diffe- rence	..	15,52	..	-0,78	..	-5,16	..	-4,04	..	8,06

n = havaintojen lukumäärä – number of observations

\bar{x} = pölkyn kuutiomäärän keskiarvo, dm^3 – mean volume of bolts, dm^3

Vpm = pölkky menetelmän mukaan – according to Folia Forestalia 227

Taulukko 7. Yksikkökuutioluvut dm^3 /pölkky leimikoilla 3, 4, 5, 7, 8, 9 ja 10. Pituusluokka 2, muut kuin tyvipölkkyt

Table 7. Volume of single bolt (dm^3) in the stands 3, 4, 5, 7, 8, 9 and 10. Length class 2, other than butt bolts

Lei- mikko Stand	Latvaläpimitta, mm – Top diameter, mm									
	60...99		100...149		150...199		200...249		250...299	
	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}
3	102	11,91	47	25,58	12	53,38	5	83,50	1	100,80
4	77	13,65	73	27,80	11	46,39	—	..	—	..
5	112	12,20	30	24,86	1	38,27	—	..	—	..
7	50	15,72	62	28,19	27	49,56	5	72,89	—	..
8	89	13,11	54	27,45	5	43,05	—	..	—	..
9	71	14,42	72	28,84	29	50,13	2	83,41	—	..
10	74	13,53	35	27,46	4	49,84	—	..	—	..
Yht. Total	575	13,23	373	27,47	89	49,39	12	79,06	1	100,80
Vpm	..	15,26	..	28,08	..	51,42	..	86,30	..	132,40
Ero % Diffe- rence	..	15,34	..	2,22	..	4,11	..	9,16	..	31,35

n = havaintojen lukumäärä – number of observations

\bar{x} = pölkyn kuutiomäärän keskiarvo, dm^3 – mean volume of bolts, dm^3

Vpm = pölkky menetelmän mukaan – according to Folia Forestalia 227

Edelleen voidaan todeta vertaamalla keskenään taulukkoja 4 ja 6 ja taulukkoja 5 ja 7, että pituusluokassa 1 käsillä oleva tutkimus poikkeaa enemmän pölkky menetelmän tuloksista kuin pituusluokassa 2. Tämä voidaan todeta myös taulukosta 8, jossa yksikkökuutioluvut on laskettu tyvipölkkyjä ja muita pölkkyjä erottamatta. Samoin on taulukoista 4..8 havaittavissa, että suhteellisesti suurin virhe on latvaläpimitaltaan pienissä pölkkyissä. Kun puuston pituusluokka on 1, selviä eroja on kahdessa tai kolmessa pienimmässä latvaläpimitaluokassa. Kun pituusluokka on 2, käsillä olevan tutkimuksen yksikkökuutioluvut poikkeavat selvästi pölkky menetelmän yksikkökuutioluviusta ainoastaan pienimmässä pölkkyissä. – Mainittakoon, että muodollisten tilastollisten kriteereiden mukaan arvostellen käsillä olevan tutkimuksen pölkkyjen keskiarvot poikkeavat merkittävästi pölkky menetelmän luvuista kahden pienimmän latvaläpimitaluokan osalta pituusluokassa 1 ja vain pienimmässä läpimitaluokassa pituusluokassa 2. Nämä johtopäätökset voidaan tehdä seuraavassa jaotelmassa esitettyjen standardipoikkeamien ja niistä lasketujen keskiarvon keskivirheiden avulla.

Taulukoista 4..8 voidaan edelleen havaita, että käsillä olevan tutkimuksen mukaan useimmissa tapauksissa yksikkökuutioluvut ovat suuremmat pituusluokassa 1 kuin 2. Tämä vastaa suunnaltaan pölkky menetelmän mukaista eroa. Käsillä olevassa tutkimuksessa pituusluokkien ero yksikkökuutioluvuissa on kuitenkin pieni verrattuna pölkky menetelmän tuloksiin. Pölkky menetelmän mukaan alimmassa latvaläpimitaluokassa siirtyminen pituusluokasta 1 pituusluokkaan 2 alentaa yksikkökuutiolukua 12,60 %. Vastaava ero esillä olevassa tutkimuksessa oli 3,99 %. Kun latvaläpimita on 100..149 mm, pölkky menetelmän mukaan aleneminen on 11,86 %. Käsillä olevassa tutkimuksessa eroksi saatiin -0,51 %. Toisin sanoen pituusluokan 2 yksikkökuutioluku saatiin suuremmaksi kuin pituusluokan 1. Eroa lienee kuitenkin pidettävä satunnaisena. – Kun latvaläpimita on 150..199 mm, pölkky menetelmän mukaan yksikkökuutioluvun aleneminen on 7,42 %, käsillä olevassa tutkimuksessa taas 3,74 %. – Käsillä olevan tutkimuksen tulokset viittaavat siis huomattavasti pienempiin pituusluokkien eroihin kuin mitä pölkky menetelmässä on todettu. Mainittakoon vielä, että ainoastaan pienimmässä

Latvaläpimita, mm	Pituusluokka 1			Pituusluokka 2		
	\bar{x}	s	$\frac{s}{\bar{x}}$	\bar{x}	s	$\frac{s}{\bar{x}}$
60.. 99	13,77	3,66	0,14	13,22	3,49	0,11
100.. 149	27,68	6,66	0,32	27,82	6,68	0,26
150.. 199	53,98	11,29	1,25	51,96	9,30	0,67

\bar{x} = pölkkyjen tilavuuksien keskiarvo, dm^3
s = standardipoikkeama, dm^3
 $\frac{s}{\bar{x}}$ = keskiarvon keskivirhe, dm^3

Taulukko 8. Yksikkökuutioluvut dm^3 /pölkky koko aineistossa
Table 8. Volume of single bolt (dm^3) in the whole material

Latvaläpimita Top diameter, mm	Pituusluokka 1 – Length class 1				Pituusluokka 2 – Length class 2			
	Tämä työ This study		Vpm	Ero Diffe- rence %	Tämä työ This study		Vpm	Ero Diffe- rence %
	n	\bar{x}			n	\bar{x}		
60.. 99	705	13,77	17,46	26,80	960	13,22	15,26	15,43
100.. 149	423	27,68	31,86	15,10	640	27,82	28,08	0,93
150.. 199	82	53,98	55,54	2,89	190	51,96	51,42	-1,04
200.. 249	15	88,50	86,30	-2,49	33	85,98	86,30	0,37
250.. 299	11	123,68	132,40	7,05	4	117,09	132,40	13,08

n = havaintojen lukumäärä – number of observations
 \bar{x} = pölkyn kuutiomäärän keskiarvo, dm^3 – mean volume of bolts, dm^3
Vpm = pölkky menetelmän mukaan – according to Folia Forestalia 227

pölkkyissä pituusluokkien välinen ero yksikkökuutioluvuissa on tilastollisesti merkitsevä.

42. Mittausmenetelmän vaikutus

Kuten aiemmin on todettu, esillä olevassa tutkimuksessa oli mahdollista laskea kunkin pölkyn kuutiomäärä usealla eri tavalla. Eriytyisen mielenkiintoista on verrata tarkkaa kuutiomäärää V_1 neljän katkaistun kartion kuutiomäärään V_6 , jota on käytetty mm. pölkky-menetelmän eräissä tutkimuksissa (ks. HEISKANEN 1975). Tällaisten vertailujen mahdollistamiseksi on taulukkoihin 9...12 laskettu samojen pölkkyjen tilavuuksien keskiarvot eri menetelmillä. Vertailun helpottamiseksi tarkkaa kuutiomäärää on merkitty sadalla, ja muilla menetelmillä saadut tulokset on suhteutettu siihen.

Taulukkojen 9...12 perusteella näyttää ensinnäkin siltä, että tilavuus, joka perustuu pölkyn kuutiointiin neljänä katkaistuna kartiona, on yleensä liian suuri. Erityisesti tyvi-

pölkkyissä neljään katkaistuun kartioon perustuva tilavuus V_6 on huomattavasti suurempi kuin tarkka tilavuus. Käsillä olevassa tutkimuksessa pituusluokassa 1 pölkyn tilavuuden yliarviointi oli läpimittaluokasta riippuen tyvipölkkyissä 1,7...1,8 %. Pituusluokassa 2 vastaava ero oli 1,8...2,3 %. Muissa kuin tyvipölkkyissä ero oli merkityksetön, joskin lievää yliarviointia näytti myös tällöin esiintyvän keskimäärin.

Tyvipölkkyissä neljään katkaistuun kartioon perustuva tilavuus antaa siinä määrin liian suuria tuloksia, että käsiteltäessä tyvipölkkyjä ja muita pölkkyjä yhtenä kokonaisuutena neljään katkaistuun kartioon perustuva tilavuus on liian suuri. Tämä merkitsee mm. sitä, että pölkky-menetelmän ja käsillä olevan tutkimuksen erilaiset yksikkökuutioluvut selittyvät osittain erilaisesta tilavuuden laskentamenetelmästä. Vaikutus ei kuitenkaan ole suuri. Taulukossa 3 mainitusta 8...9 % erosta, joka on käsillä olevan tutkimuksen ja pölkky-menetelmän mukaisen kuutiomäärän välillä, tilavuuden laskentamenetelmä näyttää selittävän prosenttiyksikön verran.

Taulukko 9. Mittausmenetelmien vertailu leimikoilla 1, 2, 6 ja 11. Pituusluokka 1, tyvipölkkyt
Table 9. Comparison of volume measurement methods in stands 1, 2, 6 and 11. Length class 1, butt bolts

Leimikko Stand	Läpimitta Diameter mm	n	Pölkyn tilavuus - Volume of bolt						
			V_1 dm ³	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
1	60...99	46	14,688	100	102,78	101,97	98,82	100,39	101,14
	100...149	56	29,596	100	104,27	102,82	98,61	99,57	102,36
	150...199	24	56,852	100	104,00	102,92	98,43	99,85	102,02
2	60...99	111	13,119	100	104,15	100,38	98,42	98,06	102,17
	100...149	51	26,093	100	101,42	100,98	99,03	99,05	100,73
	150...199	13	49,002	100	101,29	100,71	98,52	96,44	100,98
6	60...99	98	13,701	100	102,50	101,63	98,86	98,71	101,45
	100...149	58	26,266	100	101,73	100,49	99,07	95,65	101,71
	150...199	5	56,196	100	100,32	99,62	98,68	94,37	100,80
11	60...99	100	13,165	100	103,21	101,95	98,64	97,81	102,06
	100...149	80	29,817	100	103,15	102,03	98,59	98,52	101,86
	150...199	13	52,551	100	103,47	102,55	97,85	97,41	101,91
Yht. Total	60...99	355	13,496	100	103,24	101,39	98,66	98,50	101,79
	100...149	245	28,151	100	102,77	101,68	98,79	98,24	101,73
	150...199	55	53,920	100	102,95	102,05	98,34	98,03	101,66

n = havaintojen lukumäärä - number of observations

$V_1 \dots V_6$, ks. s. 7 - See p. 7

Jotta neljään katkaistuun kartioon perustuvasta menetelmästä ei jäisi vääriä käsityksiä, on vielä korostettava, että myös tunnettu Simpsonin kaava antaa selvästi liian suuria tuloksia silloin, kun laskenta perustuu kolmen läpimitan mittaamiseen. Tämä on havaittu myös NISULAn (1967) tutkimuksessa. Taulukoista 9. .12 ilmenee, että Simpsonin kaavaan perustuva tilavuus V_2 on selvästi tarkkaa tilavuutta suurempi etenkin tyvipölkkyissä. Pituusluokassa 1 ero on läpimittaluokasta riippuen tyvipölkkyissä keskimäärin 2,8. .3,2 %. Vastaava virhe on pituusluokassa 2 samaa suuruusluokkaa, 2,7. .3,5 %. Muissa kuin tyvipölkkyissä virhe ei ole näin suuri, läpimittaluokasta riippuen yleensä alle puoli prosenttia. — Näyttää näin ollen siltä, että yleisesti käytetty Simpsonin kaava olisi yliarvioinut kolmea läpimittahavaintoa käytettäessä pölkkyjen tilavuuden vielä enemmän kuin pölkky menetelmätutkimuksessa käytetty neljään katkaistuun kartioon perustuva kaava.

Mielenkiintoisena yksityiskohtana voidaan taulukoista 9. .12 vielä todeta, ettei muunnettu Simpsonin kaava, jolloin läpimitan mitauskohtaa siirretään 3 cm tyvestä latvaan päin, vielä anna oikeaa tilavuutta. Pituusluokan 1 tyvipölkkyissä muunnetulla Simpsonin kaavalla saatiin keskimäärin 1,4. .2,1 % liian suuria tilavuuksia. Vastaava virhe oli pituusluokassa 2 samanlainen, 1,5. .2,1 %. Jos siis läpimitan mittauskohdan siirrolla aiotaan eliminoida kaavasta aiheutuva virhe, siirtämävälän on oltava tyvipölkkyissä enemmän kuin 3 cm. — Käsillä oleva tutkimus ei anna vastausta kysymykseen, mikä olisi sopiva määrä. NISULA (1967, s. 22) suhtautuu epäillen koko siirtämismahdollisuuteen.

43. Keskusmuotoluvut

Taulukoista 9. .12 ilmenee, että pölkyn keskeltä mitattuun läpimittaan perustuva tila-

Taulukko 10. Mittausmenetelmien vertailu leimikoilla 1, 2, 6 ja 11. Pituusluokka 1, muut kuin tyvipölkkyt

Table 10. Comparison of volume measurement methods in stands 1, 2, 6 and 11. Length class 1, other than butt bolts

Leimikko Stand	Läpimitta Diameter mm	n	Pölkyn tilavuus — Volume of bolt					
			V_1	V_1	V_2	V_4	V_5	V_6
			dm ³	Indeksi — Index				
1	60. . . 99	76	14,699	100	99,90	99,19	97,58	99,88
	100. . .149	46	28,772	100	99,86	98,79	97,62	99,74
	150. . .199	11	54,875	100	100,58	99,05	98,59	100,19
2	60. . . 99	71	13,137	100	100,06	99,80	100,42	99,71
	100. . .149	27	27,718	100	100,18	100,25	98,94	100,41
	150. . .199	1	50,299	100	93,64	103,01	93,47	98,31
6	60. . . 99	85	14,633	100	99,68	99,86	99,47	99,67
	100. . .149	29	27,139	100	100,60	99,57	100,57	100,00
	150. . .199	8	59,698	100	106,43	97,92	111,19	100,66
11	60. . . 99	118	13,801	100	100,70	100,01	100,50	100,28
	100. . .149	76	25,705	100	100,49	100,10	100,46	100,24
	150. . .199	7	47,091	100	100,00	100,47	100,32	100,13
Yht. Total	60. . . 99	350	14,063	100	100,14	99,75	99,57	99,93
	100. . .149	178	27,037	100	100,28	99,67	99,46	100,09
	150. . .199	27	54,116	100	102,13	99,14	102,93	100,27

n = havaintojen lukumäärä — number of observations

$V_1 \dots V_6$, ks. s. 7 — See p. 7

Taulukko 11. Mittausmenetelmien vertailu leimikoilla 3, 4, 5, 7, 8, 9 ja 10. Pituusluokka 2, tyvipölkkyt

Table 11. Comparison of volume measurement methods in stands 3, 4, 5, 7, 8, 9 and 10. Length class 2, butt bolts

Leimikko Stand	Läpimitta Diameter mm	n	Pölkyn tilavuus – Volume of bolt						
			V ₁	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆
			dm ³	Indeksi – Index					
3	60... 99	42	13,426	100	101,41	100,70	99,35	97,89	101,01
	100...149	27	26,243	100	103,65	102,34	98,01	96,58	102,32
	150...199	7	48,171	100	100,41	97,63	99,57	95,27	101,12
4	60... 99	40	12,141	100	101,16	100,20	99,87	97,70	101,26
	100...149	38	27,108	100	101,72	100,93	99,49	99,13	101,13
	150...199	23	50,215	100	102,64	101,74	98,45	97,79	101,63
5	60... 99	75	13,390	100	102,29	101,39	98,56	97,95	101,31
	100...149	37	26,717	100	102,96	101,79	98,43	96,90	102,02
	150...199	6	45,703	100	101,52	100,46	99,66	96,13	101,82
7	60... 99	53	12,700	100	102,80	101,65	98,54	97,18	101,83
	100...149	38	29,134	100	103,16	101,94	98,20	96,91	102,01
	150...199	16	55,652	100	104,02	102,42	98,03	96,42	102,63
8	60... 99	63	13,297	100	103,57	102,02	98,62	97,36	102,38
	100...149	51	28,426	100	104,68	102,84	97,95	96,61	103,01
	150...199	15	54,526	100	107,60	104,74	97,21	99,47	104,04
9	60... 99	21	14,545	100	101,24	99,19	100,43	94,60	102,21
	100...149	32	29,699	100	104,11	102,62	98,53	98,80	102,43
	150...199	25	58,669	100	103,13	101,66	98,50	96,15	102,31
10	60... 99	91	13,356	100	104,13	102,58	98,69	99,38	102,31
	100...149	44	30,044	100	103,57	102,18	98,72	98,92	102,08
	150...199	9	59,464	100	101,17	99,92	99,36	93,87	101,83
Yht. Total	60... 99	385	13,209	100	102,74	101,48	98,82	97,85	101,81
	100...149	267	28,301	100	103,46	102,12	98,47	97,71	102,18
	150...199	101	54,224	100	103,40	101,78	98,43	96,76	102,33

n = havaintojen lukumäärä – number of observations

V₁...V₆, ks. s. 7 – See p. 7

Taulukko 12. Mittausmenetelmien vertailu leimikoilla 3, 4, 5, 7, 8, 9 ja 10. Pituusluokka 2, muut kuin tyvipölkkyt

Table 12. Comparison of volume measurement methods in stands 3, 4, 5, 7, 8, 9 and 10. Length class 2, other than butt bolts

Leimikko Stand	Läpimitta Diameter mm	n	Pölkyn tilavuus – Volume of bolt					
			V ₁	V ₁	V ₂	V ₄	V ₅	V ₆
			dm ³	Indeksi – Index				
3	60... 99	102	11,911	100	100,31	99,59	100,07	99,95
	100... 149	47	25,584	100	100,12	99,82	99,83	100,01
	150... 199	12	53,384	100	99,60	99,84	98,80	99,90
4	60... 99	77	13,652	100	99,84	99,90	99,64	99,80
	100... 149	73	27,795	100	100,31	99,63	100,27	99,94
	150... 199	11	46,387	100	100,08	99,97	100,09	100,00
5	60... 99	112	12,203	100	100,63	99,28	100,28	99,95
	100... 149	30	24,864	100	100,21	99,81	100,00	100,02
	150... 199	1	38,271	100	99,70	99,89	99,89	99,74
7	60... 99	50	15,718	100	100,39	100,15	100,48	100,10
	100... 149	62	28,190	100	100,59	100,11	99,79	100,48
	150... 199	27	49,555	100	101,07	99,34	100,01	100,33
8	60... 99	89	13,114	100	101,23	99,76	101,04	100,40
	100... 149	54	27,454	100	99,79	100,28	98,87	100,19
	150... 199	5	43,047	100	101,68	98,79	100,88	100,38
9	60... 99	71	14,422	100	100,78	99,81	101,07	100,09
	100... 149	72	28,842	100	100,54	99,52	100,07	100,08
	150... 199	29	50,131	100	100,64	100,02	100,18	100,41
10	60... 99	74	13,530	100	100,44	100,36	99,71	100,43
	100... 149	35	27,456	100	99,43	100,39	98,77	100,00
	150... 199	4	49,837	100	99,20	101,14	97,96	100,39
Yht. Total	60... 99	575	13,237	100	100,53	99,79	100,32	100,09
	100... 149	373	27,467	100	100,22	99,89	99,73	100,12
	150... 199	89	49,388	100	100,53	99,77	99,85	100,26

n = havaintojen lukumäärä – number of observations

V₁...V₆, ks. s. 7 – See p. 7

vuus V_5 on paria poikkeusta lukuunottamatta keskimäärin pienempi kuin tarkka tilavuus. Tämä merkitsee mm. sitä, että keskusmuotoluku, joka osoittaa pölkyn todellisen tilavuuden ja keskeltä mitattua läpimittaa vastaavan keskuskiintotilavuuden suhteen, on yleensä lukuarvoltaan yli 1. Taulukoissa 13 ja 14 on esitetty kyseiset keskusmuotoluvut leimikoittain.

Taulukoista voidaan ensinnäkin todeta, että keskusmuotoluvut ovat tyvipölkkyissä selvästi suurempia kuin muissa pölkkyissä. Edelleen voidaan taulukkoa 13 ja 14 vertaamalla todeta, että pituusluokassa 1 tyvipölkkyjen keskusmuotoluvut ovat pienemmät kuin pituusluokassa 2. Kummassakin pituusluokassa keskusmuotoluvut suurenevät latvaläpimitan kasvaessa.

Väärinkäsityksien välttämiseksi on vielä korostettava, että taulukoissa 13 ja 14 esitetyt keskusmuotoluvut osoittavat pölkyn tarkan tilavuuden ja keskusläpimittaa vastaavan tilavuuden suhteen siten, että kumpikin tilavuus on laskettu pölkkyittäin. Kun latvaläpimitan luokituksessa käytetty luokkaväli on suuri, selvästi toisen-

laisia tuloksia saadaan, jos keskusläpimittaa vastaava tilavuus lasketaan keskeltä mitattujen läpimittojen keskiarvon perusteella ilman pölkkyittäistä tilavuuden laskentaa.

Lukuarvoltaan taulukoissa 13 ja 14 esitetyt latvaläpimittaluokittaiset keskiarvot vastaavat hyvin NISULAn (1967) esittämää koivukuitupuun keskusmuotolukua 1,014. Käsillä olevan tutkimuksen koko aineistosta laskettu vastaava luku on 1,012. Tämän luvun pohjana on siis koko 74 kuutiometrin aineisto eri pituusluokkia ja latvaläpimittaluokkia erottamatta. — Sen

Taulukko 14. Keskusmuotoluvut leimikoilla 3, 4, 5, 7, 8, 9 ja 10. Pituusluokka 2, tyvipölkkyt ja muut pölkkyt

Table 14. Middle form factors in stands 3, 4, 5, 7, 8, 9 and 10. Length class 2, butt and other bolts

Leimikko Stand	Läpimitta Diameter mm	Tyvet — Butts		Muut — Others	
		n	Kml ¹⁾	n	Kml ¹⁾
3	60... 99	42	1,023	102	0,999
	100...149	27	1,035	47	1,002
	150...199	7	1,050	12	1,012
4	60... 99	40	1,024	77	1,004
	100...149	38	1,009	73	0,997
	150...199	23	1,023	11	0,999
5	60... 99	75	1,021	112	0,997
	100...149	37	1,032	30	1,000
	150...100	6	1,040	1	1,001
7	60... 99	53	1,029	50	0,995
	100...149	38	1,032	62	1,002
	150...199	16	1,037	27	1,000
8	60... 99	63	1,027	89	0,990
	100...149	51	1,035	54	1,011
	150...199	15	1,005	5	0,991
9	60... 99	21	1,057	71	0,989
	100...149	32	1,012	72	0,999
	150...199	25	1,040	29	0,998
10	60... 99	91	1,006	74	1,003
	100...149	44	1,011	35	1,012
	150...199	9	1,065	4	1,021
Yht. Total	60... 99	385	1,022	575	0,997
	100...149	267	1,024	373	1,003
	150...199	101	1,033	89	1,001

Taulukko 13. Keskusmuotoluvut leimikoille 1, 2, 6 ja 11. Pituusluokka 1, tyvipölkkyt ja muut pölkkyt

Table 13. Middle form factors in stands 1, 2, 6 and 11. Length class 1, butt and other bolts

Leimikko Stand	Läpimitta Diameter mm	Tyvet — Butts		Muut — Others	
		n	Kml ¹⁾	n	Kml ¹⁾
1	60... 99	46	0,996	76	1,025
	100...149	56	1,004	46	1,024
	150...199	24	1,002	11	1,014
2	60... 99	111	1,020	71	0,996
	100...149	51	1,010	27	1,011
	150...199	13	1,037	1	1,070
6	60... 99	98	1,013	85	1,005
	100...149	58	1,045	29	0,994
	150...199	5	1,060	8	0,899
11	60... 99	100	1,022	118	0,995
	100...149	80	1,015	76	0,995
	150...199	13	1,027	7	0,997
Yht. Total	60... 99	355	1,016	350	1,004
	100...149	245	1,019	178	1,005
	150...199	55	1,021	27	0,978

1) Kml = Keskusmuotoluku — Middle form factor

1) Kml = Keskusmuotoluku — Middle form factor

sijaan käsillä olevassa tutkimuksessa on saatu pienempiä keskusmuotolukuja kuin esim. MAK-KOSEN (1960) tutkimuksessa. Syynä on ilmeisesti se, että MAKKONEN käytti tarkan tilavuuden laskemisessa Simpsonin kaavaa, joka mm. NISULAN (1967) ja käsillä olevan tutkimuksen mukaan antaa liian suuria pölkyn tilavuuksia. Kun tämä vaikutus otetaan huomioon, tulokset lienevät samaa suuruusluokkaa. KARLSSONin (1971) lehtikuitupuulle esittämät keskusmuotoluvut ovat vielä pienempiä kuin käsillä olevassa tutkimuksessa saadut. — Mainitut keskusmuotolukututkimukset ja niiden tulokset on siteerattu mm. KÄRKKÄISEN (1974) kirjallisuustutkimuksessa.

44. Pölkkyjen pituus ja latvaläpimitta

Kuten aiemmin on esitetty, käsillä olevassa tutkimuksessa pölkkyjen tilavuus laskettiin olettaen, että jokainen pölkky on pituudeltaan työohjeiden mukaisesti 2 000 mm. Käytännössä tämä olettaus on epärealistinen, koska hakkuutyön luonteesta johtuen tulee tehdyksi sekä määramittaa lyhyempiä että pitempiä pölk-

kyjä. Käsillä olevan tutkimuksen laajassa aineistossa lyhin mitattu pölkky oli pituudeltaan 1 580 mm ja pisin 2 530 mm. Pölkyn pituuden keskiarvo pysyi kuitenkin kahdentuhannen millimetrin seutuvilla jokaisessa leimikossa. Pienin keskiarvo oli leimikossa 1, 1 992 mm, ja suurin leimikossa 9, 2 013 mm. Nämä tulokset osoittavat, ettei käytännön tarpeita varten pölkyn pituuden satunnaisesta vaihtelusta aiheudu olennaista haittaa.

Kuvassa 2 on esitetty pölkyn pituuksien jakauma. Myös se osoittaa, että pituudet keskittyvät hyvin suppealle alueelle. Kaikista havainnoista peräti 63 % oli välillä 1 980...2 020 mm. Hakkuutyön luonteen huomioon ottaen tätä voi pitää hämmästyttävän hyvänä saavutuksena.

Aiemmin on taulukon 3 selostuksen yhteydessä käsitelty myös latvaläpimitaltaan liian pienien pölkkyjen ongelmaa. Tuolloin voitiin ainoastaan todeta, että nämä alamittaiset pölkkyt jonkin verran suurensivat käsillä olevan tutkimuksen ja pölkky menetelmän välistä eroa koi-vukuitupuun tilavuusmittauksessa.

Taulukossa 15 on esitetty alamittaisten pölkkyjen määrä ja eräitä ominaisuuksia eri leimi-

Taulukko 15. Alamittaisten pölkkyjen määrä ja ominaisuudet
Table 15. Number and properties of undersized bolts

Leimikko Stand	Tyvet – Butts				Muut – Others			
	n 1)	% 2)	Läpi- mitta Dia- meter mm 3)	Kml 4)	n 1)	% 2)	Läpi- mitta Dia- meter mm 3)	Kml 4)
1	10	7,0	53	0,973	12	8,2	51	0,971
2	6	3,3	57	1,005	1	1,0	58	1,020
3	5	5,9	57	1,030	16	8,7	56	0,991
4	—	—	1	0,6	59	0,878
5	3	2,5	58	1,005	4	2,7	56	1,050
6	2	1,2	59	1,074	5	3,5	58	0,998
7	2	1,7	57	0,992	1	0,7	55	0,987
8	2	1,5	59	1,030	5	3,3	57	0,988
9	4	4,5	56	0,975	—	—
10	10	6,4	55	0,976	8	6,6	57	0,990
11	5	2,5	55	0,992	3	1,5	57	0,992
Yht. – Total	49	3,3	56	0,995	56	3,3	55	0,990

1) Alamittaisia pölkkyjä, kpl – Number of undersized bolts

2) % pölkkyjen kokonaisuudesta – Per cent of total number of bolts

3) Latvaläpimitta, mm – Top diameter, mm

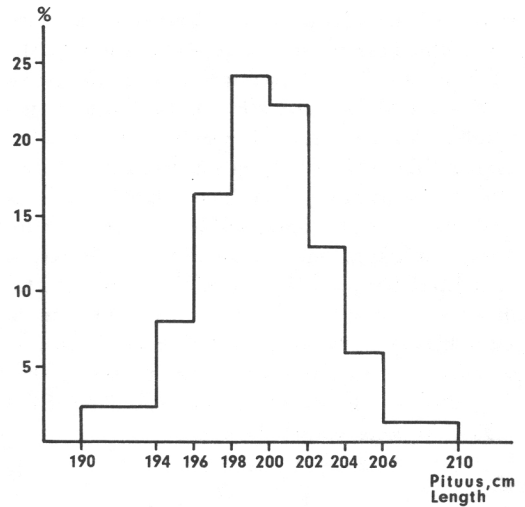
4) Kml = Keskusmuotoluku – Middle form factor

koilla. Tyvipölkkyjä ja muita pölkkyjä on tarkasteltu erikseen.

Latvaläpimitaltaan alamittaisia pölkkyjä oli keskimäärin suhteellisen vähän, 3,3 % pölkkyjen kokonaisluvusta sekä tyvipölkkyjen että muiden pölkkyjen ollessa kyseessä. Leimikoittain alamittaisten pölkkyjen määrä vaihtelee huomattavasti. Leimikolla 4 alamittaisia pölkkyjä ei ollut juuri lainkaan, kun taas leimikolla 1 niitä oli erityisen runsaasti, keskimäärin yli 7 % pölkkyjen kokonaismäärästä. Luultavaa on, että tällaiset leimikoiden väliset erot selittyvät enemmän työntekijän ominaisuuksista kuin puustoeroista.

Taulukon 15 mukaan kaikilla leimikoilla latvasta mitattu alamittaisuus on verraten vähäistä. Pölkkyt olivat keskimäärin 4..5 mm liian ohuita latvapäästä. Pienin keskimääräinen latvaläpimita oli leimikolla 1, jossa myös alamittaisten pölkkyjen suhteellinen osuus oli suurin.

Mielenkiintoista on todeta, että alamittaisissa pölkkyissä sekä tyvipölkkyjen että muiden pölkkyjen keskusmuotoluku on keskimäärin alle 1. Tämä vahvistaa taulukoista 13 ja 14 saatavaa käsitystä, jonka mukaan keskusmuotoluku suurenee ainakin tyvipölkkyissä latvaläpimitan kasvaessa.



Kuva 2. Mitattujen pölkkyjen pituusjakauma. N= 3 174.

Fig. 2. Length distribution of measured bolts. N= 3 174.

5. TULOSTEN TARKASTELUA

Esillä olevassa tutkimuksessa havaittiin laajaan ja ilmeisesti edustavaan aineistoon perustuen, että pölkky menetelmällä saatiin 8..9 % liian suuria tilavuuksia pohjoissuomalaiselle kaksimetriselle koivukuitupuulle. Ero aiheutui likimain kokonaan pienimpien pölkkyjen tilavuuden yliarviointista. Osa yliarviointista selittyi tilavuuden laskentamenetelmästä, mutta kokonaisvirheestä 8..9 % ei kuitenkaan enempää kuin prosenttiyksikön verran.

Tällainen tulos ei ole yllättävä pölkky menetelmää koskevan tutkimusraportin valossa (ks. HEISKANEN 1975). Jo mainitussa tutkimuksessa on huomautettu, että lehtipuun ja männyn yksikkökuutioluvut ovat ilmeisesti liian suuret. Tämän virheen eliminoimiseksi pölkky menetelmään lisättiin sen kehittämissä ns. järeyskorjaus, jolla pyrittiin ottamaan huomioon pienimpien pölkkyjen liian suuret yksikkökuu-

tioluvut. — Mainitunlaiset korjaukset perustuvat HEISKASEN (1975) tutkimuksessa 1970-luvulla kerättyyn aineistoon, kun taas pölkky menetelmän perusaineisto on taas peräisin 1960-luvun puolivälistä. Tämän aineiston on kuvannut KAHALA (1969).

Luultavaa on, että pölkky menetelmän pienimpien järeysluokkien liian korkeat yksikkökuutioluvut aiheutuvat juuri perusaineiston iäkkyydestä. Minimiläpimitan alenemisesta ja puuaineen tarkemmasta talteenotosta aiheutuu, että pienimmässä latvaläpimitaluokissa aineistojen jakauma oli 1960-luvulla toinen kuin esim. käsillä olevassa tutkimuksessa. Tällaisia eroja voitiin havaita jo tarkastelemalla koko tutkimusaineiston jakautumista 2 cm latvaläpimitaluokkiin (taulukko 2). Selvä on, että 5 cm luokkaväliä käytettäessä jakauman muoto vaikuttaa voimakkaasti luokan keskiarvoihin. Jos käy-

tettäisiin pienempää luokkaväliä ainakin pienempien pölkkyjen osalta, jakauman muodon merkitys ei olisi niin oleellinen.

Käsillä olevan tutkimuksen tulokset viittaa- vat siihen, että pohjoissuomalaista koivukuitu- puuta mitattaessa pölkky menetelmällä saadaan kokonaisille puutavaraerille liian suuria tuloksia. Virheen suuruuden vuoksi kannattaa harkita, missä määrin on mahdollista tihentää läpimitta- luokitusta etenkin pienten pölkkyjen osalta. Tämä olisi ilmeisesti luotettavin keino eliminoida mm. käsillä olevassa tutkimuksessa havaittu pölkky menetelmän yliarvioiva vaikutus. Suora- viivaisin keino eliminoida ainakin Pohjois-Suo- messa esiintyvä virhe olisi taulukon 8 perus- teella laatia uudet yksikkökuutioluvut ja käyt- tää niitä pienimmässä läpimittaluokissa. Käsillä olevan tutkimuksen keskiarvoja ei voida kuiten- kaan käyttää suoraan mm. pituusluokkien 1 ja 2 välisen epäjohdonmukaisuuden vuoksi latva- läpimitan ollessa 100. . .149 mm (taulukko 8). Muutoin keino olisi epäilemättä käytännöllinen, mutta tällöin tulee varautua siihen, että ainakin yksittäistapauksissa poikkeukselliset jakaumat pölkkyjen latvaläpimitoissa aiheuttavat suu-

riakin virheitä. Sitä paitsi on luultavaa, ettei käsillä olevassa tutkimuksessa havaittuja läpi- mittajakaumia voida ilman muuta yleistää esim. Etelä-Suomeen. Mahdollista on, että Pohjois- ja Etelä-Suomea varten jouduttaisiin laatimaan erilaiset yksikkökuutioluvut nykyistä 5 cm latvaläpimittaluokitusta käyttäen.

Edellä esitetyistä korjausmahdollisuuksista jälkimmäinen yksikkökuutiolukujen muuttami- nen on epäilemättä käytännöllisempi kuin lat- valäpimittaluokituksen tihentäminen pienissä pölkkyissä. Joitakin vuosia sitten kokeiltiin pölk- kyotantamenetelmää, jossa oli pienissä pölkkyis- sä suhteellisen tiheä luokitus, eikä tämä kokeilu saavuttanut myönteistä vastaanottoa kentällä. Lienee niin, että tiheä luokitus koetaan vaival- loisemmaksi ja vaikeammaksi esim. silmävarai- sen arvioinnin kannalta kuin nykyisin käytetty 5 cm luokkaväli. Jos latvaläpimittaluokitus- sa käytettyä luokkaväliä ei tihennetä, ainoaksi korjausmahdollisuudeksi jää yksikkökuutiolu- kujen muuttaminen. Niin kauan kuin Etelä- Suomesta ei ole aineistoa, muutos tulisi koske- maan ilmeisesti vain Pohjois-Suomea.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- AHONEN, MATTI 1975. Suullinen lausunto kirjoittajalle 1975-12-09. (Unpublished).
ARO, PAAVO & RIKKONEN, PENTTI 1966. Havusahatukkien latvamuotoluvut. Summary: Top form factors of softwood saw logs. Commun. Inst. For. Fenn. 61.7.
DAVIS, PHILIP J. & RABINOWITZ, PHILIP 1967. Numerical integration. Waltham-To- ronto-London.
HAUTALA, EERO 1975. Tutkimuslöstus 20.10.1975. Kemi Oy, Metsäosasto, Moniste. (Unpublished).
HEISKANEN, VEIJO 1975. Kuitupuun latva- läpimittaan perustuva työmittausmenetelmä (pölkky menetelmä). Summary: A wage- payment measuring method based on pulp- wood top diameter (bolt method). Folia For. Inst. For. Fenn. 227.

- EKLUND, BO 1948. Undersökningar över fast- masseprocenter, åtgångstal m.m. vid mätning av 2- och 3-meters tall- och granmassaved. Summary: Solid volume in stacked pulpwood of pine and spruce (length of sticks 2 and 3 meters) and the volume of solid rough wood (with bark) in relation to stacked volume. Medd. Stat. SkogsforsknInst. 37.1.
KAHALA, MIKKO 1969. Tutkimus puutavaran valmistukseen vaikuttavista tekijöistä. Palk- kaperustetutkimus. Summary: A study of the factors influencing the cutting of timber. Wage base study. Metsäteho Julk. 44.
KARLSSON, JERKER 1971. Mätning av massaved i travat mått. Summary: Measuring pulpwood by stacked volume. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 73.
Kuitupuupinon kiintomittaus. Mittausneuvos-

- ton hyväksymä ohje 1975-03-20. 1975. Ta-
piola.
- KÄRKKÄINEN, MATTI 1973. Kappaleotan-
nan perusteita mäntykuitupuun mittauk-
sessa. Summary: Foundations of boltwise
sampling in pine pulpwood measurement.
Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos,
tiedonantaja 24.
- KÄRKKÄINEN, MATTI 1974. Keskusmuoto-
luvun perusteita tukkien ja kuitupuun mit-
tauksessa. Summary: Foundations of middle
form factor in the measurement of logs and
pulpwood. *Silva Fenn.* 8 (1): 47–88.
- KÄRKKÄINEN, MATTI 1975. Koivu- ja haapa-
tukkien poikkipinta-alan mittaaminen. Sum-
mary: Measurement of the cross-sectional
area of birch and aspen logs. *Silva Fenn.* 9
(3): 212–232.
- LAASASENAHO, JOUKO & SEVOLA, YRJÖ
1971. Mänty- ja kuusirunkojen puutavara-
suhteet ja kantoarvot. Summary: Timber
assortment relationships and stumpage value
of Scots pine and Norway spruce. *Commun.
Inst. For. Fenn.* 74.3.
- MAKKONEN, OLLI 1959. Pinotiheys mänty-
paperipuiden laaturyhmän tunnuksena. Sum-
mary: Pile density as a characteristic of the
quality group of the pine pulpwood. *Metsä-
teho Tied.* 155.
- MAKKONEN, OLLI 1960. Kuorimattomien
2,4-metrinen koivupaperipuiden ja 2-metris-
ten koivupolttorankojen pinotiheystutki-
muksia. Summary: Pile density measure-
ments of unbarked 2,4-metre birch pulp-
wood and unbarked 2-metre birch fuelwood.
Metsäteho Tied. 173.
- MAKKONEN, OLLI 1961. Pinotiheysmittareita
käytettäessä huomioon otettavia seikkoja.
Summary: Some circumstances to be con-
sidered in the use of pile density gauges.
Metsäteho Tied. 182.
- McCRACKEN, DANIEL D. & DORN, WIL-
LIAM S. 1964. Numerical methods and
Fortran programming. New York-London-
Sydney.
- MILNE, WILLIAM EDMUND 1949. Numerical
calculus. Princeton.
- NISULA, PENTTI 1967. Koivupaperipuun pi-
notiheydestä ja kuutiosuhteista. Summary:
On the pile density and volume of birch
pulpwood. *Commun. Inst. For. Fenn.* 62.7.
- PERTOVAARA, HEIKKI 1964. Tasapituisten
paperipuun pinotiheys- ja kuutiointimittauk-
sia Pohjois-Suomessa. *Uittoteho Tied.* 209.
- Pölkkymenetelmä. Ei vlk. Moniste.
- RADONJIĆ, MILORAD 1954. Eine allgemeine
Formel zur Bestimmung des Inhaltes von
Stämmen und Stammabschnitten. (Zusam-
menfassung). *God. Zborn. Zemj. -Šum. Fak.
Univ. Skopje (Šum.)* 5: 33–42.
- Suomen asetuskokoelma 753/1972.
- TISCHENDORF, WILHELM 1927. *Lehrbuch
der Holzmassenermittlung.* Berlin.
- ZACCO, PETER 1975. Relationstal hos såg-
timmer. Summary: Conversion factor of saw
logs. *Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk.* 94.

- 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 Seppo Kaunisto: 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 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittästä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuun, järea kuitupuun sekä likipituinen havukuitupuun. Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature. 2,50
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillärämeen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä.
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. 2,—
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. 4,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading. 4,—
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher. 3,—
- No 246 Hans G Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. 2,—
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana.
Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. 2,50
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesienen (*Lophobacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa.
Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophobacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland. 1,—
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.
Pallari Bushharvester 2,—
- No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. 7,—
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975.
Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975 7,—
- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla.
Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. 1,50
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta.
Work Study of the Lamu Seeding Machine. 2,50
- No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukien kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä.
A control method for the measurement of pine and spruce logs. 2,—
- No 255 Metsätalastollinen vuosikirja 1974.
Yearbook of forest statistics 1974.
- No 256 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa.
Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine. 2,—
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta.
The wood basic density variation of pine and spruce provenances. 4,—
- No 258 Nisula Pentti: Muovihuoneen sadetuskone.
A sprinkler for a plastic greenhouse. 1,50

- 1976 No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973.
Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973. 5,—
- No 260 Harstela Pertti: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liuku-
kuomikuormausta varten.
Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading. 2,50
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla.
Felling of small-size trees with felling devices based the chain saw and clearing saw.
3,—
- No 262 Olli Saikku ja Pentti Rikonen: Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount of pulpwood and factors affecting it. 2,—
- No 263 Reino Saarnio: Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa.
The quality and development of cultivated curly-birch (*Betula verrucosa* f. *carelica* Sok.) stands in southern Finland. 3,—
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä.
Yield from the first thinning. 1,50
- No 265 Olavi Huuri: Kallistumisilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia.
Tilting of planted pines; survey results. 2,50
- 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 kasvatukseen ja istutukseen yhteydessä.
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Root pruning in the nursery and at planting. A study based on literature. 3,—
- No 268 Jari Parviainen: Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys.
Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine.
2,50
- No 270 Jaakko Virtanen: Metsänomistaja tienrakennuttajana.
The role of the forest owners in logging roads construction. 3,—
- 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. 5,—
- No 272 Eero Paavilainen: Typpilannoitus ohutturpeisilla piensararämeillä.
Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps. 2,—
- No 273 Paavo Simola ja Markku Mäkelä: Rasiinkaato kokopuiden korjuussa.
Leaf-seasoning method in whole-tree logging. 2,—
- 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. 5,—
- No 275 L. Runeberg: Driftsresultatet från Skogsforskningsinstitutets företagsekonomiska forsk-
ningsskogar åren 1945—74.
The business economics result from the Forest Research Institute's research forests
1945—74. 5,—
- No 276 Pentti Iisalo, Jukka Sorsa ja Paavo Tiihonen: Suomen metsien rakenteen seuranta-
menetelmä.
Eine Methode zur laufenden Überprüfung der Struktur der Wälder Finnlands. 2,50
- No 277 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1973—75.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1973—75. 5,—
- No 279 Jyrki Raulo ja Erkki Lähde: Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa.
Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lap-
land. 1,50
- No 280 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kuorelliset keskusmuotoluvut.
Middle form factors of pine and spruce sawlogs. 2,50
- No 281 Yrjö Vuokila: Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan.
Effect of green pruning on the health of pine and birch. 1,50
- No 282 Yrjö Vuokila: Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana.
The boring of standing trees as a source of defects. 1,50
- No 284 Paavo Juutinen, Timo Kurkela ja Sakari Lilja: Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.),
lehtipuun taimien voittajana sekä vioitusten sienisaastunta.
Cicadella viridis (L.), as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds
by pathogenic fungi. 1,50
- No 285 Timo Nyrhinen: Kaksivaiheisen metsän inventoinnin koe Lounais-Suomessa.
A test of two-step forest inventory in South-West Finland. 2,50
- No 286 Matti Kärkkäinen: Pohjois-suomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia.
Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland. 2,50
- No 290 Veijo Heiskanen: Tarkistetut havusahatukkien kuorelliset yksikkökuutioluvut.
The checked unit volumes for pine and spruce sawlogs. 1,50