

FOLIA FORESTALIA 501

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1982

MATTI KÄRKKÄINEN

PÖLKYITTÄINEN KUITUPUUN MITTAUS

MEASUREMENT OF PULPWOOD
BY THE BOLT



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

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

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

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

FOLIA FORESTALIA 501

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1982

Matti Kärkkäinen

PÖLKYITTÄINEN KUITUPUUN MITTAUS

Measurement of pulpwood by the bolt

KÄRKKÄINEN, M. 1982. Pölkkyittäinen kuitupuun mittausta. Summary: Measurement of pulpwood by the bolt. *Folia For.* 501:1—47.

Tutkimuksessa tarkasteltiin pieniläpimittaisen kuitupuun pölkkyittäisen mittauksen edellytyksiä. Läpimitan mittauskohdista verrattaessa osoittautui, että keskusläpimittaa käytettäessä päästiin olennaisesti tarkempiin tuloksiin tilavuudesta kuin latvaläpimitan pohjalta. Tietyissä otosmittaustapauksissa latvaläpimitan käyttö on kuitenkin edullisempää. Tutkimuksessa kehitettiin analyysimenetelmä, jolla erilaisia tilanteita voidaan verrata ja valita paras läpimitan mittauskohdista.

Jos läpimitat mitataan tai arvioidaan silmävaraisesti käyttäen laajaa luokkaväliä, tulosten tarkkuutta voidaan parantaa ottamalla huomioon läpimitajakauman muoto. Tutkimuksessa kehitettiin menetelmä, jossa läpimittaluokittaisten pölkkylukujen perusteella arvioidaan jakauman muoto ja otetaan se huomioon pölkkyjen poikkipinta-alaa (ja tilavuutta) laskettaessa. Menetelmän perusteella suunniteltiin helpokäyttöinen mittaustapa.

The methods of measuring small-diameter pulpwood by the bolt were analysed. If only one diameter is measured from a bolt, the middle-length diameter gives more accurate estimates of the volume than the top diameter. In sampling methods where one diameter is measured from each bolt and the accurate volume from sample bolts, the use of middle-length diameter is more profitable in small populations and of top diameter in large populations, assuming that it is cheaper to measure top diameters than middle-length diameters. An analysis method was developed for the comparison of various situations.

If diameters are measured at large intervals (diameter classes) the accuracy of the volume determination can be increased if the diameter distribution is taken into account. A method was developed for this purpose including the planning of sheets that are easy to use in practice.

ODC 526.51/.52:861.0
ISBN 951-40-0553-8
ISSN 0015-5543

Helsinki 1982. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO JA LASKENTA	6
3. TULOKSET	7
31. Yhteen läpimitaan perustuva tilavuuden määrittäminen	7
32. Kahteen läpimitaan perustuva tilavuuden määrittäminen	14
33. Läpimittaluokituksen muotolukujen varianssia lisäävä vaikutus	18
34. Keskusmuotoluvun vaihtelun vähentäminen	20
4. MENETELMÄ LÄPIMITTAJAKAUMAN MUODON HUOMIOON OTTAMISEKSI	29
5. EHDOTETTU PÖLKYITTÄINEN MITTAUSMENETELMÄ	41
KIRJALLISUUS	43
SUMMARY	44
LIITTEET	45

SYMBOLIT — SYMBOLS

A = pinta-ala — <i>area</i>	K_6 = Simonyn 1. muotoluku — <i>Simony 1. form factor</i> (V_1/V_6)
a, b, c, d = parametrejä eri yhtälöissä — <i>parametres</i> <i>in various equations</i>	K_7 = keskusmuotoluku — <i>middle form factor</i> (= V_1/V_7 = kml)
c = suhde t^2/d^2 — <i>ratio</i>	K_8 = latvamuotoluku — <i>top form factor</i> (= V_1/V_8 = lml)
d = luottamusvälin puolikas — <i>half of the confidence interval</i>	k = kapeneminen pituusyksikköä kohti — <i>taper per unit length</i>
d = läpimitta — <i>diameter</i>	L = pölkyn pituus — <i>bolt length</i>
d_k = keskusläpimitta — <i>middle-length diameter</i>	L_1 = tyvipölkkyjen keskipituus — <i>average length of butt bolts</i>
d_u = uusi keskusläpimitta — <i>new middle-length diameter</i>	m = pölkyn piteneminen — <i>increase in bolt length</i>
d_0 = tyviläpimitta — <i>butt diameter</i>	N = pölkkyjen lukumäärä — <i>number of bolts</i>
d_1 = latvaläpimitta — <i>top diameter</i>	N_0 = alamittaisten (läpimitta x_0) pölkkyjen lukumäärä — <i>number of undersized bolts (diameter limit x_0)</i>
E = odotusarvo-operaattori — <i>expected value operator</i>	N_1 = läpimitaltaan alle x_1 olevien pölkkyjen lukumäärä — <i>number of bolts with the diameter under x_1</i>
g = poikkipinta-ala — <i>cross-sectional area</i>	N_2 = läpimitaltaan alle x_2 olevien pölkkyjen lukumäärä — <i>number of bolts with the diameter under x_2</i>
g_i = poikkipinta-ala suhteellisella etäisyydellä i tyvestä — <i>cross-sectional area at the relative distance i from the butt</i>	n_i = luokan i pölkkyjen lukumäärä — <i>number of bolts in class i</i>
K = suhde $x_v/(x_k - x_l)$ — <i>ratio</i>	n_k = otospölkkyjen lukumäärä keskiläpimittaa käytettäessä — <i>number of sample bolts when the middle-length diameter is used</i>
K_1 = tyvi-latvamuotoluku — <i>butt-top form factor</i> (= V_1/V_9 = tml)	n_1 = otospölkkyjen lukumäärä latvaläpimittaa käytettäessä — <i>number of sample bolts when the top diameter is used</i>
K_2 = runkokäyrämuotoluku — <i>form factor based on taper curve</i> (V_1/V_2)	p = runkopuutavaran osuus runkoluvusta — <i>percentage of stems made into pulpwood only</i>
K_3 = Smalianin muotoluku — <i>Smalian form factor</i> (V_1/V_3)	
K_4 = Schiffelin muotoluku — <i>Schiffel form factor</i> (V_1/V_4)	
K_5 = Tjurinin muotoluku — <i>Tjurin form factor</i> (V_1/V_5)	

- q = latvuspuutavaran osuus runkoluvusta — *percentage of stems of which only top part was made into pulpwood*
 R_1 = runkopuutavaran käyttöosan pituus — *average length of usable part of stems "p"*
 R_2 = latvuspuutavaran käyttöosan pituus — *average length of usable part of stems "q"*
 R^2 = selitysaste — *degree of determination*
 r = läpimitan puolikas — *half of a diameter*
 s^2 = varianssi — *variance*
 t = t-jakauman tunnusluku tietyllä riskitasolla — *t-value at known risk level*
 V = tilavuus — *volume*
 V_k = keskustilavuus — *volume based on middle-length diameter*
 V_u = uusi keskustilavuus — *new volume based on middle-length diameter as the length was increased by m*
 V_1 = tarkka tilavuus pätkittäin Simpsonin kaavalla — *exact volume using Simpson rule in sections*
 V_2 = runkokäyrän yhtälöön perustuva tilavuus — *volume based on taper curve*
 V_3 = tilavuus Smalianin kaavalla — *Smalian volume* (ks. kaava 3 — *see Eq. 3*)
 V_4 = tilavuus Schiffelin kaavalla — *Schiffel volume* (ks. kaava 4 — *see Eq. 4*)
 V_5 = tilavuus Tjurinin kaavalla — *Tjurin volume* (ks. kaava 5 — *see Eq. 5*)
 V_6 = tilavuus Simonyn 1. kaavalla — *volume based on Simony 1. rule* (ks. kaava 6 — *see Eq. 6*)
 V_7 = tilavuus Huberin kaavalla (= keskustilavuus) — *Huber volume (= volume based on middle-length diameter)* (ks. kaava 7 — *see Eq. 7*)
 V_8 = tilavuus latvaläpimitan perusteella — *volume based on top diameter* (ks. kaava 8 — *see Eq. 8*)
 V_9 = tilavuus tyvi- ja latvaläpimitan perusteella — *volume based on butt and top diameter* (ks. kaava 9 — *see Eq. 9*)
 w = luokkaväli — *class interval*
 x = läpimitta — *diameter*
 x_A = läpimittaluokan yläraja — *upper limit of diameter class*
 x_B = läpimittaluokan alaraja — *lower limit of diameter class*
 x_k = keskusläpimitan mittauskustannus — *cost to measure middle-length diameter*
 x_l = latvaläpimitan mittauskustannus — *cost to measure top diameter*
 x_v = otospölkyn tilavuuden mittauskustannus — *cost to measure the volume of a sample bolt*
 y = uusi keskusmuotoluku — *new middle form factor when the length was increased by m*
 z = suhteellinen etäisyys pölkyn tyvipäästä — *relative distance from the butt section of the bolt*

1. JOHDANTO

Suomessa on pieniläpimittainen, suhteellisen lyhyeksi (pituus korkeintaan noin 3 m) katkottu kuitupuu mitattu perinteisesti pinossa. Mitattavana suureena on ollut pinotilavuus tai 1970-luvun alkupuolelta lähtien kiintotilavuus. Vain poikkeuksellisesti on pyritty määrittämään kuitupuerän kiintotilavuus pölkyittäisellä mittauksella joko mittaamalla kaikki pölkyt tai otantamittauksena. On kuitenkin kehitetty joitakin menettelytapoja, joista ns. pölkkymenetelmä (Heiskanen 1975) on saanut laajimman käytön.

Pölkkymenetelmässä kiintotilavuuden määrittäminen perustuu latvaläpimittaan. Mittauksessa todetaan silmävaraisesti tai tarpeellisia mittauksia apuna käyttäen, mihin latvaläpimittaluokkaan pölkyt kuuluvat. Luokkavälit ovat 60...99 mm, 100...149 mm, 150...199 mm jne. Näin ollen luokkavälit ovat ensimmäistä lukuun ottamatta samansuuruisia.

Tilavuus todetaan läpimittaluokittain taulukosta, joka on laadittu puulajin (mänty, kuusi, lehtipuu), pölkyn nimellispituuden (2, 2,2, 2,4, 3 tai 4 m) sekä pituusluokan (3 kpl) mukaan. Pituusluokka määräytyy rinnankorkeusläpimitan ja rungon pituuden perusteella.

Pölkkymenetelmän käyttöä vain välttämättömimpään on rajoittanut mittauksen suuri työmenekki, joka tekee sen kalliiksi (Pennanen 1978). Lisäksi on viitteitä siitä, että ainakin pohjoissuomalaisen koivun ollessa kyseessä taulukoiden tilavuusluvut ovat liian suuria (Kärkkäinen 1976a). Edelleen ongelmana on se, että menetelmä on tarkoitettu periaatteessa vain määräpituusluokille kuitupuulle, joskin käytännössä voidaan jotakin otantamenetelmää soveltaa (esim. Kärkkäinen 1978) määrittää pölkkyjen keskipituus ja interpoloida tilavuus-

luvut taulukosta. Epäkohtana voi pitää myös sitä, että alimman läpimittaluokan alaraja on kiinteä 60 mm. Näin ollen pölkkymenetelmää on vaikea soveltaa silloin, kun minimiläpimitta on alhaisempi, esim. 50 mm (kuten hankintakaupan havukuitupuulla hakkuuvuodesta 1980...1981 alkaen) tai korkeampi (lehtikuitupuu eräissä tapauksissa).

Pölkkymenetelmän epäkohtien takia on pyritty kehittämään mittautapoja, joissa mittaus kohdistuu pölkkyä suurempaan yksikköön, esim. kourakasaan (Kärkkäinen 1979). Jos kuitenkin halutaan pysyä pölkkyittäisessä mittauksessa, monet pölkkymenetelmän epäkohdat voidaan välttää otantaan perustuvien menetelmien, joita kehitettiin 1970-luvun alkupuolella (esim. Pölkkyotanta, ei vlk). Ongelmana on kuitenkin tällöin tarvittavan otoksen suuri koko, joka johtuu pölkkyjen tilavuuden suuresta vaihtelusta, ellei pölkkyjä luokitella koon mukaan (Kärkkäinen 1973b). Kuitenkin myös suhteellisen suppeaa latvaläpimittaluokittusta (luokkaväli 3...5 cm) käytettäessä luokan suurimpien pölkkyjen tilavuus voi olla moninkertainen pienimpiin verrattuna (Kärkkäinen 1979).

Käsillä olevassa tutkimuksessa pyritään selvittämään, millaisia mahdollisuuksia on perustaa pölkkyittäinen mittaus muihin läpimittoihin kuin latvaläpimittaan. Lisäksi tutkitaan, millaisia mahdollisuuksia on otantaan eri menetelmiä käytettäessä.

Aineiston laskennasta sekä yhtälöryhmien ratkaisusta huolehti Tarja Björklund, piirroksista Leena Muronranta ja konekirjoituksesta Aune Rytönen. Julkaisun viimeistelytyössä avusti Pirkko Kinanen. Englanninkielen tarkisti L.A. Keyworth. Käsikirjoituksen lukivat Pentti Hakkila, Pekka Kilki, Kullervo Kuusela, Jouko Laasasenaho ja Juhani Salmi. Kiitän saamastani tuesta.

2. AINEISTO JA LASKENTA

Tutkimuksen empiirisenä aineistona käytettiin pölkyittäisiä mittauksia, jotka oli aikoinaan kerätty kourakasmittauksen kehittämistutkimusta varten. Kaikkiaan aineistoa oli 6001 pölkyä 633:sta kourakasasta, jotka olivat peräisin 31 työntekijän länsiusmaalaisilta tekopalstoilta. — Aineisto on kuvattu tarkemmin aiemmassa julkaisussa (Kärkkäinen 1979).

Tyvipölkyistä laskettiin seuraavat tilavuustunnukset ja niiden suhteet.

1. Tarkka tilavuus V_1 pölkyn pituuteen sekä 7 läpimittaan perustuen pätkäpölkyn Simpsonin kaavalla. Pölkyn tilavuus laskettiin samalla tavalla myös alkuperäisessä tutkimuksessa (Kärkkäinen 1979).

$$(1) \quad V_1 = \frac{L}{6}(g_0 + 4g_{0,5} + g_1)$$

2. Polynomiyhdtälöllä tasoitettuun reunaviivan yhtälöön perustuva pyörähdykappaleen tilavuus V_2 . Tämän eräänä erikoistapauksena laskettiin tilavuus myös splinifunktiolla (ks. Lahtinen ja Laasasenaho 1979, Goulding 1979).

$$(2) \quad V_2 = f(g)$$

3. Tilavuus V_3 Smalianin kaavalla

$$(3) \quad V_3 = \frac{L}{2}(g_0 + g_1)$$

4. Tilavuus V_4 Schiffelin kaavalla

$$(4) \quad V_4 = \frac{L}{2}(g_{0,25} + g_{0,75})$$

5. Tilavuus V_5 Tjurinin kaavalla

$$(5) \quad V_5 = \frac{L}{3}(2g_{0,25} + g_1)$$

6. Tilavuus V_6 Simonyn 1. kaavalla

$$(6) \quad V_6 = \frac{L}{3}(2g_{0,25} + 2g_{0,75} - g_{0,5})$$

7. Tilavuus V_7 Huberin kaavalla

$$(7) \quad V_7 = Lg_{0,5}$$

8. Tilavuus V_8 latvaläpimitan perusteella

$$(8) \quad V_8 = Lg_1$$

Kaavat (3)...(7) ovat hyvin tunnettuja vanhemmassa metsäkirjallisuudessa. Ne voidaan nähdä yleisemmän kaavan erikoistapauksina (Radonjic 1954). Kaavan (2) pyö-

rähdykappaleen tilavuus on verraten harvinaisen, mutta yksinkertaisessa muodossa siitäkin on kirjallisuudessa esimerkkejä (esim. Kärkkäinen 1973b, s. 9, 1976a, s.10). — Käsillä olevassa työssä kaavaa (2) koskevia tuloksia ei tarkastella, joskin niitä on käytetty hyväksi johtopäätösten teossa.

9. Tilavuus V_9 tyvi- ja latvaläpimitan perusteella

$$(9) \quad V_9 = \frac{\pi L}{8}(d_0 + d_1)^2$$

Em. kaavoissa L tarkoittaa pölkyn pituutta ja g läpimitan avulla laskettua poikkipinta-alaa. Läpimitta on d . Alaindeksi osoittaa suhteellisen mittauskohdan: 0 on tyvileikkaus ja 1 latvaleikkaus, jolloin 0,5 sijaitsee pituuden puolivälissä, jne.

Kaikkissa tapauksissa poikkipinta-ala laskettiin läpimitasta ympyrän kaavalla. Kun läpimitat mitattiin epäpyöreyyteen nähden satunnaisessa suunnassa, tulos on poikkileikkauksen epäpyöreyydestä huolimatta likimain oikea tai tarkasti ottaen todellista hieman suurempi (Kärkkäinen 1976b).

Em. tilavuuslukujen perusteella laskettiin seuraavat suhteet (muotoluvut) pölkyittäin.

1. Tyvi-latvamuotoluku $K_1 = V_1/V_9 (= \text{tml})$

2. Runkokäyrämuotoluku $K_2 = V_1/V_2$

3. Smalianin muotoluku $K_3 = V_1/V_3$

4. Schiffelin muotoluku $K_4 = V_1/V_4$

5. Tjurinin muotoluku $K_5 = V_1/V_5$

6. Simonyn 1. muotoluku $K_6 = V_1/V_6$

7. Keskusmuotoluku $K_7 = V_1/V_7 (= \text{kml})$

8. Latvamuotoluku $K_8 = V_1/V_8 (= \text{lml})$

Muista kuin tyvipölkyistä oli käytettävissä läpimittatiedot vain tyvestä, latvasta ja pituuden puolivälissä. Näin ollen oli mahdollista laskea tilavuudet V_1 , V_3 , V_7 , V_8 ja V_9 sekä niitä vastaavat muotoluvut, mutta ei muita tilavuuksia ja muotolukuja. Toisaalta rajoittuminen ei ole olennaisen haitallinen, koska tiedetään, että jo pelkän keskusläpimitan avulla saadaan muissa kuin tyvipölkkyissä sängen tarkka tilavuus (esim. Makkonen 1959 ja Pertovaara 1964 mäntykuitupuulla, Pertovaara 1964 kuusikuitupuulla, Makkonen 1960 ja Kärkkäinen 1976a koivukuitupuulla, jne.).

3. TULOKSET

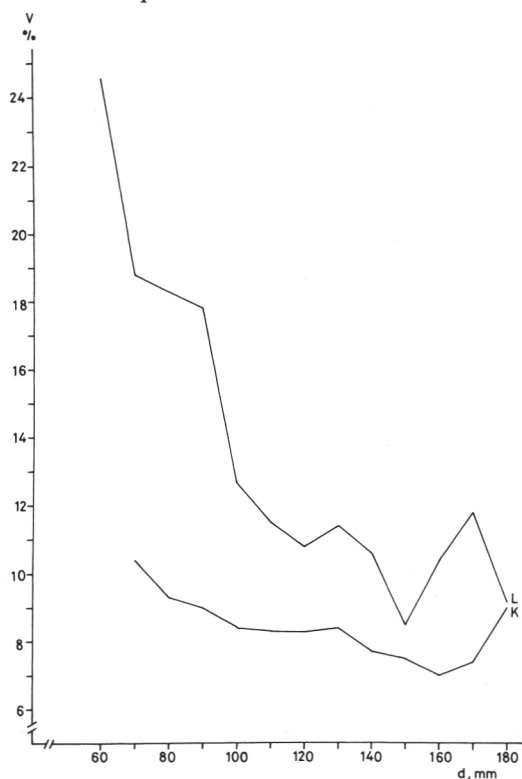
31. Yhteen läpimittaan perustuva tilavuuden määrittäminen

Kun pölkyn tilavuus lasketaan pituuden ja yhden mitatun läpimitan perusteella, luonnollisimmat läpimitan mittauskohdat ovat joko pituuden puolivälistä tai pölkyn latvapäästä. Tyvipäästä mittaus ei voine tulla käytännössä kyseeseen, koska tyviläpimita riippuu voimakkaasti kannon korkeuteen vaikuttavista tekijöistä.

Keskus- ja latvaläpimitan käyttökelpoisuuseroja voidaan aluksi tarkastella läpimittaluokittain. Tässä tapauksessa jaoteltiin pölkkyt 1 cm tasaaviin luokkiin sekä keskus- että latvaläpimitan mukaan. Kun tarkastel-

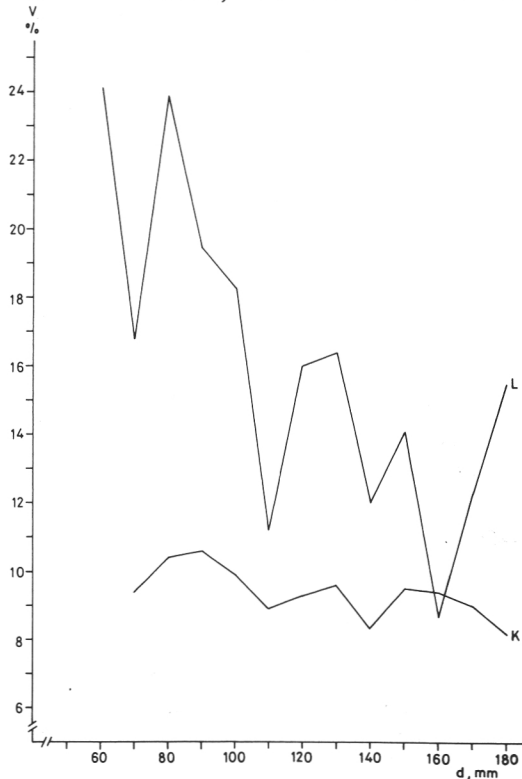
laan tilavuuden vaihtelua läpimittaluokkien sisällä, voidaan saada mielikuva siitä, kuinka paljon tilavuus vaihtelee sen jälkeen, kun tunnetaan joko keskus- tai latvaläpimita. Tilavuuden kokonaisvarianssi on luonnollisesti sama läpimittaluokitukselta riippumatta.

Kuvissa 1...4 on esitetty saadut tulokset tärkeimpien puutavaralajien tilavuuden variaatiokerroimesta (= standardipoikkeama prosentteina keskiarvosta). Kaikilla puutavaralajeilla variaatiokerroin oli keskusläpimitan mukaan pölkkyjä ryhmiteltäessä pienempi kuin latvaläpimitan mukaan. Toisin sanoen pölkkyjen tilavuus vaihtelee vähemmän silloin, kun tunnetaan keskus-



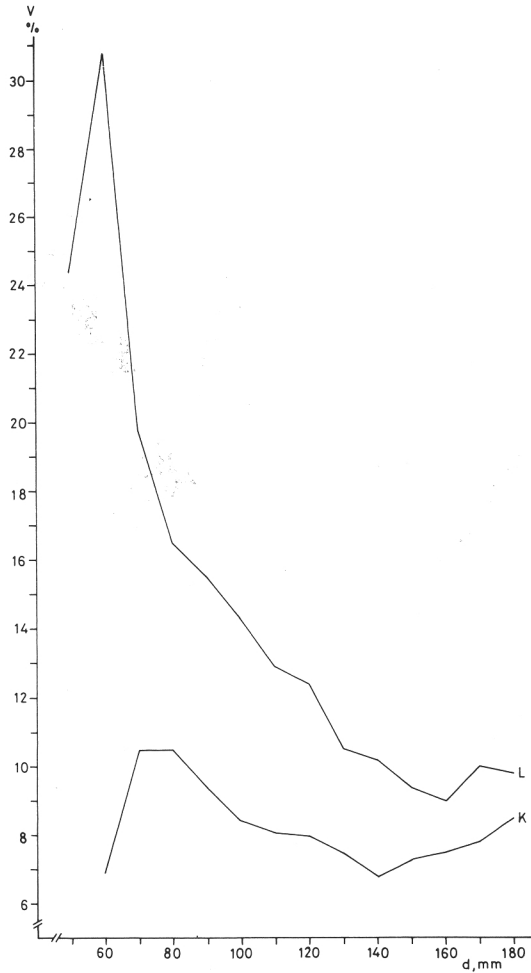
Kuva 1. Tilavuuden variaatiokerroin keskusläpimitan (K) ja latvaläpimitan (L) mukaan 2 m pituisissa koivupölkkyissä.

Fig. 1. Variation coefficient of the volume according to the middle length diameter (K) and top diameter (L) in 2 m long birch bolts.



Kuva 2. Tilavuuden variaatiokerroin keskusläpimitan (K) ja latvaläpimitan (L) mukaan 3 m pituisissa koivupölkkyissä.

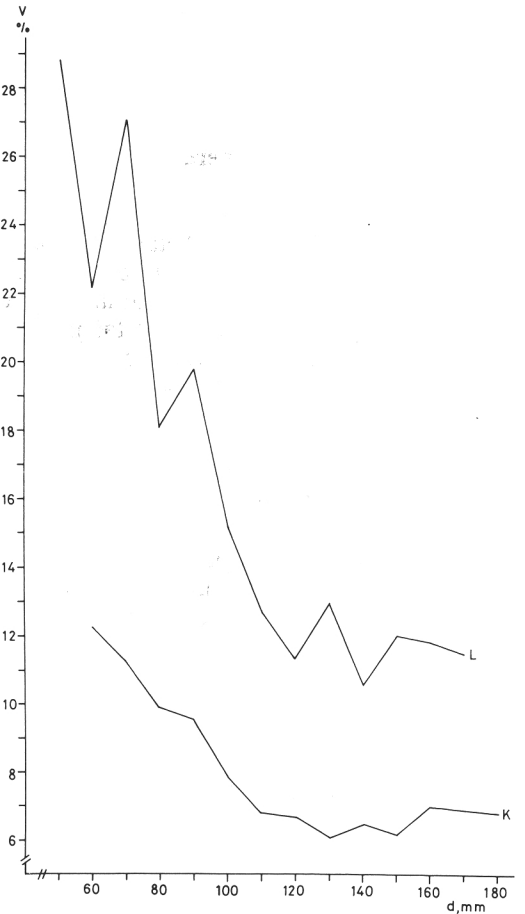
Fig. 2. Variation coefficient of the volume according to the middle length diameter (K) and top diameter (L) in 3 m long birch bolts.



Kuva 3. Tilavuuden variaatiokerroin keskusläpimitan (K) ja latvaläpimitan (L) mukaan 3 m pituisissa kuusipölkkyissä.

Fig. 3. Variation coefficient of the volume according to the middle-length diameter (K) and top diameter (L) in 3 m long spruce bolts.

läpimitta, kuin jos tunnetaan latvaläpimitta. Vertailuun tosin vaikuttaa hiukan se, että tiettyyn latvaläpimitaluokkaan kuuluvat pölkkyt jakautuvat suurempiin keskusläpimitaluokkiin pölkyn kapenemisen vuoksi, mutta tämänkin huomioon ottaen on kuvien 1...4 mukaan ilmeistä, että mahdollisuuksien mukaan kannattaa suosia keskusläpimitan mittausta: otannassa päästään pienemmällä otoskoolla, ja käytettäessä empiriisiä muuntolukuja tulos vaihtelee mittauserittäin vähemmän kuin latvaläpimitaan tukeuduttaessa. Johtopäätös ei ole kuitenkaan riippumaton pölkyn koosta,



Kuva 4. Tilavuuden variaatiokerroin keskusläpimitan (K) ja latvaläpimitan (L) mukaan 3 m pituisissa mäntypölkkyissä.

Fig. 4. Variation coefficient of the volume according to the middle length diameter (K) and top diameter (L) in 3 m long pine bolts.

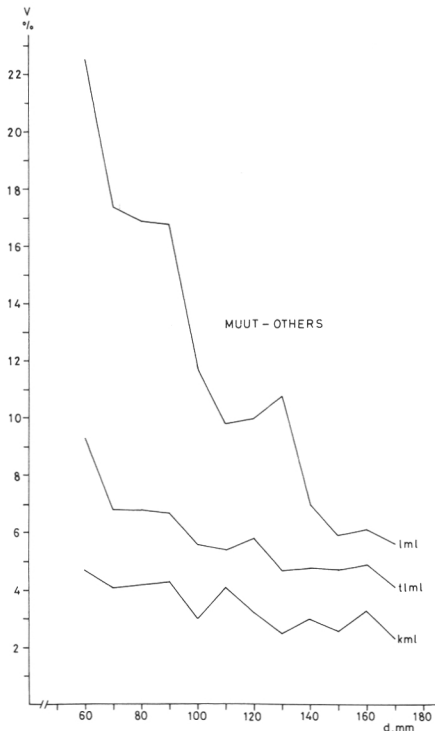
vaan pölkyn suuretessa vaihtoehtojen ero tasoittuu. Tämä on luonnollista ajateltaessa kapenemisen vaikutusta tilavuuteen: se on sitä suurempi, mitä pienempi osa tilavuudesta on latvaläpimitan määrittelemän latvasylinterin alueella.

Täsmällisempään vertailuun päästään ottamalla huomioon, että todellinen tilavuus on toisaalta keskusläpimittaa vastaavan sylinterin tilavuus kerrottuna keskusmuotoluvulla, toisaalta taas latvasylinterin tilavuus kerrottuna latvamuotoluvulla (ks. kaavat (7) ja (8), s. 6). Näin ollen voidaan tulkita, että kaikki pölkkyjen muodon vaih-

telusta aiheutuva tilavuuden vaihtelu sisältyy muotolukujen vaihteluun. Kun käytetään otantaa, jossa jokaisesta pölkystä todetaan keskus- tai latvaläpimitta ja otospölkystä todetaan vastaavat muotoluvut, muotolukujen hajonnasta nähdään suoraan, kuinka paljon pienemmällä otoksella selvittää turvautumalla keskusläpimittaan latvaläpimitan sijasta.

Otoksen koko on suurissa populaatioissa tunnetusti suorassa suhteessa variaatiokerroimen neliöön (esim. Liedes ja Manninen 1975, s. 80). Näin ollen voidaan vertailu tehdä laskemalla samoille pölkyille keskusmuotoluvun ja latvamuotoluvun variaatiokerroin.

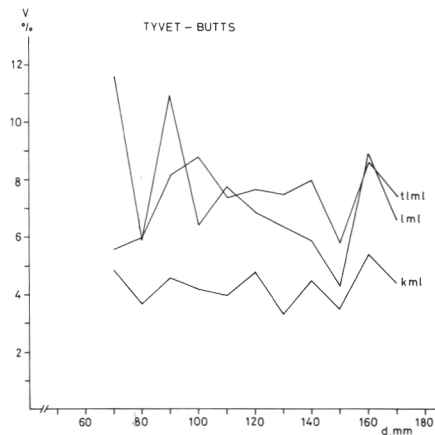
Kuvissa 5...12 on esitetty yleisimpien puutavaralajien keskus- ja latvamuotoluvun variaatiokerroin latvaläpimitan mukaan jaotelluissa pölkyissä erikseen tyvipölkyille ja muille pölkyille sekä puutavaralajin kaikille pölkyille. Lisäksi kuvissa on esitetty myöhemmin käsiteltävä tyvi-latvamuotoluku.



Kuvien mukaan keskusmuotoluvun variaatiokerroin oli selvästi pienempi kuin latvamuotoluvun. Riippuvuus pölkyn koosta oli vähäinen keskusmuotoluvun variaatiokerroimella, mutta selvä latvaläpimitan kertoimella. Erityisen jyrkkä riippuvuus oli muissa kuin tyvipölkyissä. Kiintoisaa myös on, että erityisesti pienissä pölkyissä tyvipölkkyjen muotoluvut vaihtelivat vähemmän kuin muiden pölkkyjen. Tyvipaisuman perusteella tilanteen olettaisi olevan toinen.

Tasottamalla kaikkia pölkkyjä koskevat variaatiokerroimet puolen prosenttiyksikön tarkkuudella saatiin seuraava jaotelmä.

Puutavaralaji	Latvaläpimitta mm	Variaatiokerroin, %		B ² /A ²
		Keskusmuotoluku A	Latvamuotoluku B	
Koivu, 2 m	70	4,5	18,0	16,00
	110	4,0	10,0	6,25
	150	3,5	6,5	3,45
Koivu, 3 m	70	4,5	18,0	16,00
	110	4,5	12,0	7,11
	150	4,5	9,0	4,00
Kuusi, 3 m	70	3,0	17,0	32,11
	110	3,0	11,0	13,44
	150	2,5	7,0	7,84
Mänty, 3 m	70	4,5	24,5	29,64
	110	4,0	14,0	12,25
	150	4,0	9,5	5,64



Kuva 5. Latvamuotoluvun (lml), tyvi-latvamuotoluvun (tlml) ja keskusmuotoluvun (kml) variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 2 m pituisissa koivupölkyissä.

Fig. 5. Variation coefficient of the top form factor (lml), butt-topp form factor (tlml) and middle form factor (kml) according to the top diameter in 2 m long birch bolts.

Jaotelman viimeisellä sarakkeella esitetyn variaatiokertoimien neliöiden suhteen mukaan tarvitaan latvaläpimittaan perustuvaa otantamittausta käytettäessä 3...32 kertaa niin suuri otos kuin keskusläpimittaa käytettäessä. Pienillä pölkyillä (latvaläpimitta 70 mm) otoksen koko on 16...32 -kertainen, keskikokoisilla (110 mm) 6...13 -kertainen ja suurilla (150 mm) 3...8 -kertainen. Otoksen koko siis riippuu voimakkaasti läpimitan mittauskohdasta, erityisesti pienillä pölkyillä.

Kun otetaan huomioon, että keskusläpimitan mittaaminen on kalliimpaa kuin latvaläpimitan mittaaminen ja että otospölkkyjen tilavuuden mittaaminen on yhtä kallista riippumatta siitä, onko perusmittauksessa käytetty keskus- tai latvaläpimittaa, johtopäätös on edellisen perusteella selvä otantamittausta ajatellen. Pienissä mittauserissä kannattaa käyttää keskusläpimittaa, koska otoksen koko on suuri suhteessa mittauserään, ja suurissa mittauserissä taas latvaläpimittaa, koska otoksen koko on suhteellisesti pienempi ja kustannuksiin vaikuttaa

tällöin paljon kaikkien pölkkyjen mittaaminen. Kaavana ilmaisten riippuvuus voidaan kirjoittaa tasapainotilanteessa, jolloin yhtä hyvin voidaan käyttää keskus- tai latvaläpimitan mittausta, esimerkiksi kaavalla (10).

$$(10) \quad N x_k + n_k x_v = N x_l + n_l x_v$$

eli ratkaistuna N:n suhteen

$$(11) \quad N = \frac{(n_l - n_k) x_k}{x_k - x_l}$$

jossa

N = mitattava erä, pölkyjä

n_k = otospölkkyjen määrä keskusläpimittaa käytettäessä

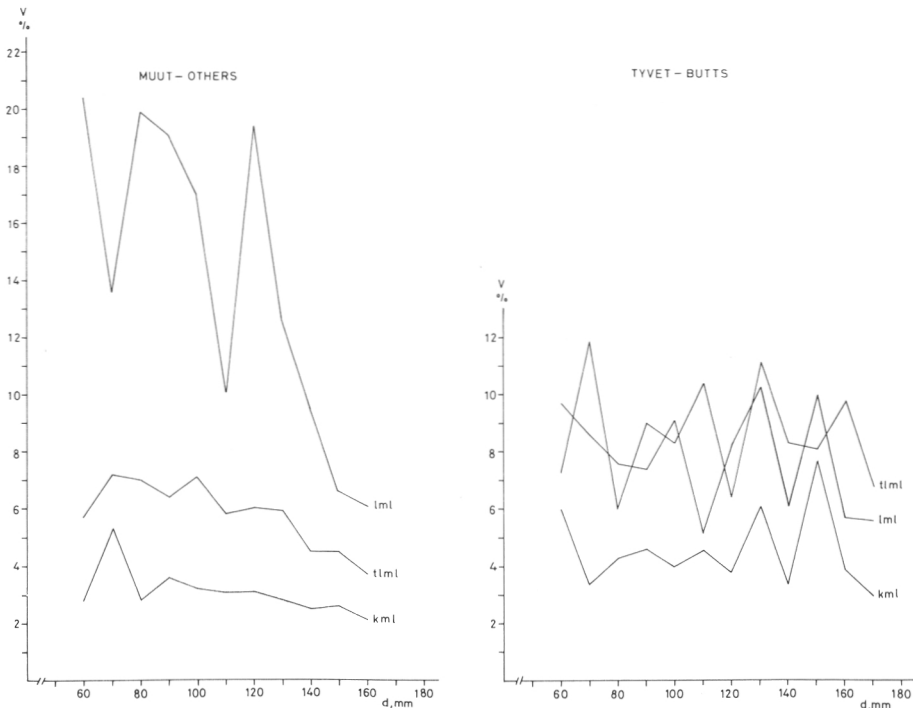
n_l = otospölkkyjen määrä latvaläpimittaa käytettäessä

x_k = pölkyn keskusläpimitan mittauskustannus

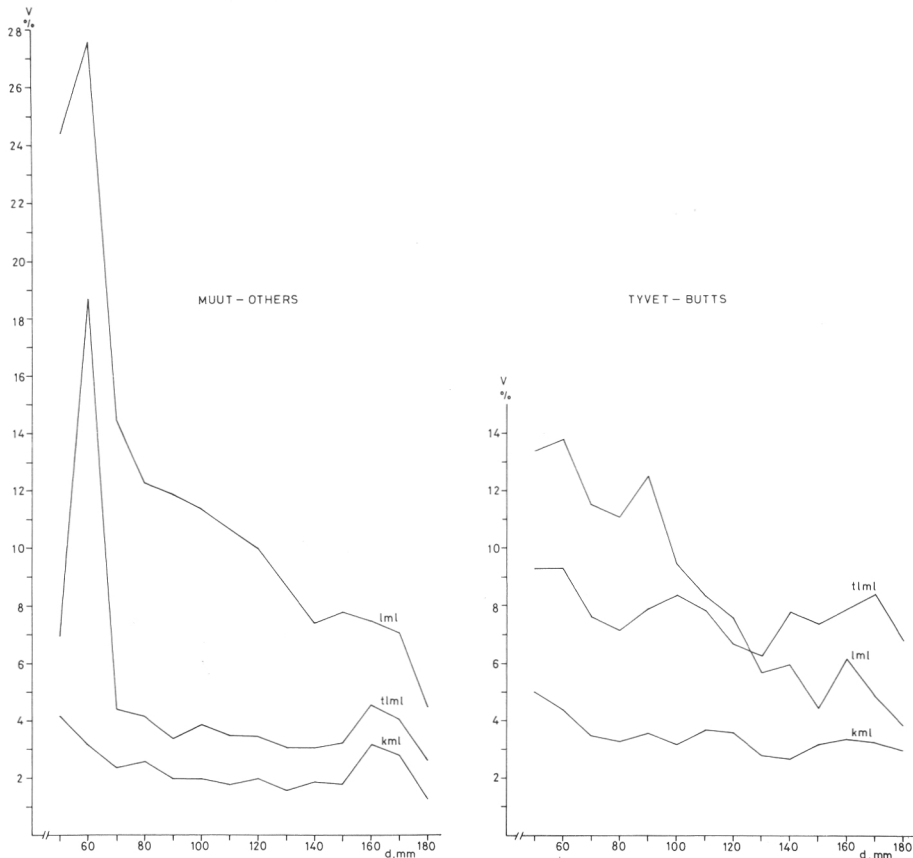
x_l = pölkyn latvaläpimitan mittauskustannus

x_v = otospölkyn tilavuuden mittauskustannus

Luonnollista on, että pölkyyttäiset mittauskustannukset kohoavat suunnassa $x_l - x_k - x_v$, ts. latvaläpimitan mittaaminen on halvempaa kuin keskusläpimitan mittaaminen, joka puolestaan on halvempaa kuin pölkyn tila-



Kuva 6. Latvamuotoluvun (lml), tyvi-latvamuotoluvun (tlml) ja keskusmuotoluvun (kml) variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 3 m pituisissa koivupölkkyissä.
 Fig. 6. Variation coefficient of the top form factor (lml), butt-top form factor (tlml) and middle form factor (kml) according to the top diameter in 3 m long birch bolts.



Kuva 7. Latvamuotoluvun (lml), tyvi-latvamuotoluvun (tlml) ja keskusmuotoluvun (kml) variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 3 m pituisissa kuusipölkkyissä.

Fig. 7. Variation coefficient of the top form factor (lml), butt-top form factor (tlml) and middle form factor (kml) according to the top diameter in 3 m long spruce bolts.

vuuden määritys.

Jotta saataisiin mielikuva, millaisiksi tulokset muodostuisivat käytännössä, on luonnosteltava mittausmenetelmä. Otospölkkyjen lukumäärä riippuu nimittäin mm. sovelletusta läpimittaluokituksesta ja mittauserän koosta.

Ajatellaan käytettäväksi nykyisen pölkky-menetelmän kaltaista versiota, jolloin hakuumies lukee tekemiensä pölkkyjen määrän keskus- tai latvaläpimittaluokittain. Kunkin luokan keskipölkyn selvittämiseksi mitataan otospölkkyjä, joista todetaan tilavuus.

Otoksen koko saadaan tunnetusti kaavasta (12) (esim. Liedes ja Manninen 1975, s. 77).

$$(12) \quad n = \frac{\frac{t^2 s^2}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{t^2 s^2}{d^2} \right)}$$

jossa

n = otoksen koko, kpl

N = mittauserä, kpl

t = t-jakauman tunnusluku riskitasolla p

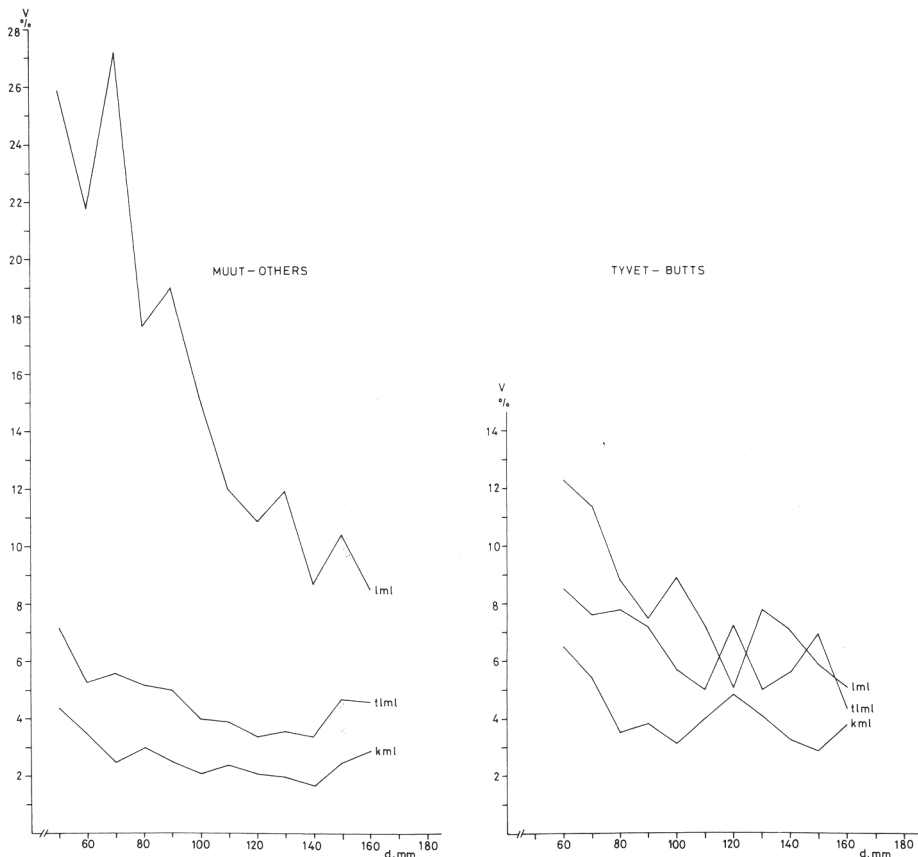
s² = keskus- tai latvamuotoluvun varianssi

d = luottamusvälin puolikas

t-jakauman tunnusluku riippuu todellisuudessa otospölkkyjen määrästä. Käytännössä sitä ei tarvitse ottaa huomioon, jos otospölkkyjä joudutaan joka tapauksessa ottamaan runsaasti. Vaadittava tarkkuus d on sama mittausmenetelmästä riippumatta. Näin ollen voidaan merkitä suhdetta t²/d² vakiolla c. Tällöin voidaan kirjoittaa

$$(13) \quad n = \frac{cs^2}{1 + \frac{cs^2}{N}}$$

Kun sijoitetaan s² = s₁², saadaan otospölkkyjen määrä keskusläpimittaa käytettäessä. Vastaavasti varianssilla s₂² saadaan



Kuva 8. Latvamuotoluvun (lml), tyvi-latvamuotoluvun (tlml) ja keskusmuotoluvun (kml) variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 3 m pituisissa mäntypölkkyissä.
 Fig. 8. Variation coefficient of the top form factor (lml), butt-top form factor (tlml) and middle form factor (kml) according to the top diameter in 3 m long pine bolts.

otos latvaläpimitaa käytettäessä. Populaation koon N on oltava tunnettu.

Kun kaavalla (11) pyritään selvittämään se mittauserän koko, jolloin on yhtä edullista käyttää keskus- tai latvaläpimitaa, lasketaan n_k ja n_l kaavalla (13) sijoittamalla $N = \infty$. Kun kaavasta (11) saadaan arvo populaation koolle N , se sijoitetaan kaavaan (13) tarkempien otoskokoestimaattien saamiseksi. Muutamalla iterointikierröksellä päästään tyydyttävään tulokseen.

Kaavassa (11) määrää suhteelliset kustannukset suhde $K = x_v / (x_k - x_l)$ eli otospölkyn tilavuuden määrittämiskustannus suhteessa keskusläpimitan ja latvaläpimitan mitauskustannusten eroon. Jos latvaläpimitan mitauskustannusta merkitään luvulla 100, keskusläpimitan kustannustaso lienee palstamittauksessa 110...150 kourakasan koon ollessa tavanomainen, jolloin hajoittamiseen ja uudelleen kasaukseen ei kulu aikaa koh-

tuuttomasti. Otospölkyn tilavuuden selvittämiskustannus on arviolta tasoa 300...500, koska läpimittoja joudutaan mittaamaan vähintään kolme, kirjaamaan ne, toteamaan pituus sekä laskemaan tilavuus. Näin ollen suhde K lienee 6...50.

Aiemmin todetun mukaisesti otospölkkyjen määrä n määräytyy pääasiassa hajonnan perusteella. Tämän tutkimuksen aineistosta laskettiin seuraavat tärkeimpiä puutavaralajeja koskevat tulokset, joita voidaan käyttää otospölkkyjen määrän arvioinnissa. — Systemaattinen, jakauman muotoon liittyvä harha poistettiin niin, että kertomalla keskusläpimittaa vastaava poikkipinta-ala keskusmuotoluvulla ja pölkyn pituudella saadaan tarkka pölkyn tilavuus. Sama koskee latvaläpimittaa vastaavaa poikkipinta-alaa ja latvamuotolukua. — Kun kyseessä ovat läpimittojen keskiarvot, näin ei ole ilman korjausta.

Puutavaralaji	Latvaläpimitta mm	Pölkyn keski- koko dm ³	Keskusmuotoluku		Latvamuotoluku		Keskus- läpimitta mm	Latva- läpimitta mm
			\bar{x}	s_1	\bar{x}	s_2		
Koivu 2 m	60...99	14,6	1,0153	0,0441	1,3280	0,2287	96	84
	100...149	28,6	1,0177	0,0391	1,1881	0,1134	134	124
	150...199	48,7	1,0238	0,0410	1,1401	0,0819	174	165
	200...249	80,5	1,0068	0,0221	1,1152	0,0785	226	214
Koivu 3 m	60...99	21,5	1,0173	0,0434	1,4334	0,2491	95	80
	100...149	44,8	1,0241	0,0490	1,2646	0,1740	136	123
	150...199	75,7	1,0342	0,0428	1,1816	0,0922	176	165
Kuusi 3 m	60...99	22,2	1,0124	0,0296	1,5461	0,3062	96	78
	100...149	47,0	1,0126	0,0276	1,3020	0,1343	140	124
	150...199	71,7	1,0202	0,0356	1,1907	0,0779	173	160
Mänty 3 m	60...99	22,9	1,0176	0,0432	1,5281	0,3306	98	80
	100...149	44,9	1,0205	0,0421	1,2945	0,1476	137	121
	150...199	74,4	1,0412	0,0452	1,2614	0,1251	174	158

Kun t-jakauman arvoksi otetaan 1,96, joka vastaa ääretöntä vapausasteiden määrää ja riskitasoa $p = 0,05$ sekä vaadittavaksi tarkkuudeksi 4 % muotoluvun keskiarvosta (ts. oikea muotoluku saa poiketa korkeintaan 4 % otoksesta todetusta muotoluvusta 95 % todennäköisyydellä), saadaan seuraavat tulokset tasapainopisteen kokoisista mittauseristä. Jos mitattavia pölkkyjä on enemmän kuin seuraavassa jaotelmassa, kannattaa käyttää latvaläpimitan mittausta, ja jos vähemmän, niin keskusläpimitan mittausta.

Jaotelman tulokset ovat ainoastaan suuntaa antavia, koska aiemmin todetun mukaisesti t-jakauman arvo pidettiin vakiona 1,96 eikä otettu huomioon sen riippuvuutta otoksen koosta. Olennaista merkitystä johtopäätöksiin tällä yksinkertaistuksella ei ole.

Jaotelmasta voidaan päätellä, että keskusläpimitaan perustuva tilavuuden määrittäminen on suositeltavinta pienipölkkyisissä leimikoissa, jos otospölkkyjen tilavuuden määrittäminen on kallista. Esimerkiksi jos kyseessä on kolmimetrinen kuusipuutavara ja kustannussuhde K on 30...50, mittauserän rajana

Puutavaralaji	Latvaläpimitta mm	Mittauserän koko, jota suuremmissa kannattaa mitata latvaläpimitalla eikä keskusläpimitalla Kustannussuhde K						
		5	10	15	20	30	40	50
Koivu 2 m	60...99	260	600	915	1240	1920	2560	3250
	100...149	70	160	255	340	510	680	850
	150...199	25	70	105	140	240	320	400
	200...249	40	100	150	200	300	440	550
Koivu 3 m	60...99	265	610	945	1300	1980	2680	3350
	100...149	150	350	555	760	1170	1560	1950
	150...199	30	90	135	200	300	400	500
Kuusi 3 m	60...99	365	830	1290	1740	2670	3600	4500
	100...149	90	210	330	440	690	920	1150
	150...199	20	60	90	140	210	280	350
Mänty 3 m	60...99	425	970	1515	2060	3150	4200	5300
	100...149	100	240	375	500	780	1040	1350
	150...199	70	170	270	360	570	760	900

on pienillä pölkkyillä 1980...3350 pölkkyä. Kun kourakasassa on keskimäärin 10 pölkkyä (esim. Kärkkäinen 1979), mittauserän koko on siis noin 200...340 kourakasaa. Vasta tätä suuremmissa mittauserissä kannattaa käyttää mieluummin latvaläpimitan mittausta.

Toisaalta jaotelmasta ilmenee selvästi, että latvaläpimitan mittausta on kustannuksiltaan

edullisempi vaihtoehto suurien pölkkyjen ollessa kyseessä ja erityisesti silloin, jos otospölkkyjen tilavuuden määrittäminen on suhteellisen halpaa pelkkään latva- tai keskusläpimitan toteamiseen verrattuna. Tulokset viittaavat siihen, ettei käytännössä kannata juuri milloinkaan suosia yli 200 mm pölkkyjen keskusläpimitaan perustuvaa mittausta, elleivät pölkkyt ole levällään, jolloin keskus-

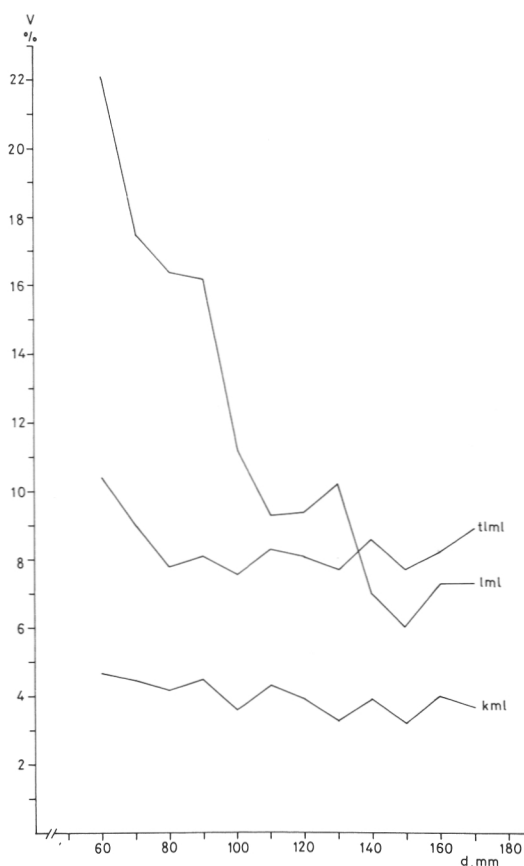
läpimitan mittausta on likimain samanhintais- ta kuin latvaläpimitan mittausta.

Jaotelmasta ja sen pohjana olevista kaa- voista voidaan edelleen päätellä, että jos otantaa ei tehdä lainkaan vaan esim. käytetään muuntolukuja, piittaamatta niiden soveltuvuudesta juuri kyseiseen mittaus- erään, kannattaa aina mitata latvaläpimita, jos se on halvempaa kuin keskusläpimitan mittausta. Toisaalta tämä merkitsee sitä, että erän mittaustulokset poikkeavat latvaläpi- mittaa käytettäessä enemmän oikeasta kuin keskusläpimitaan turvauduttaessa, koska luontainen vaihtelu on tällöin suurempi. Jos kuitenkin vaihtelu pysyy mittaustark- kuuden vaatimusten mukaisissa rajoissa, tarkempiin otantamenetelmiin ei ole tarvetta

mennä. Kysymys nykyisen pölkky menetel- män tyydyttävyydestä on avoin perusteellisen seurantatutkimusten puuttuessa.

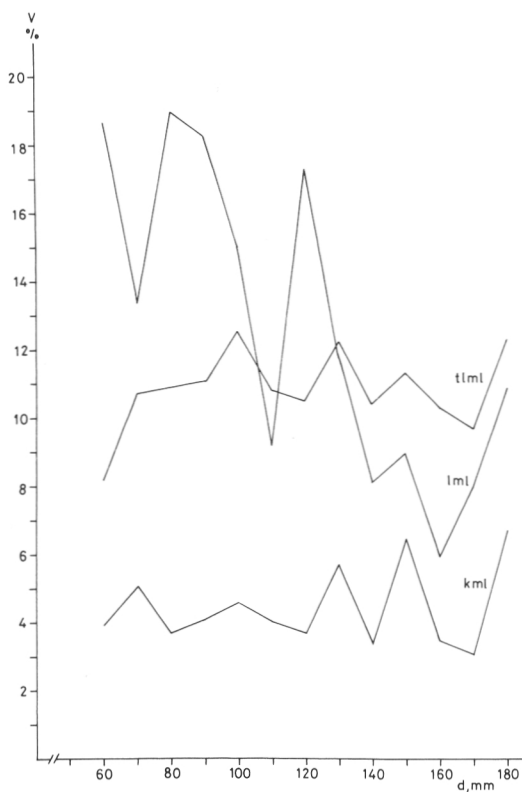
32. Kahteen läpimitaan perustuva tilavuuden määrittäminen

Jos pölkkyjen tilavuuden määrittäminen perus- tuu kahden läpimitan mittaukseen, tavalli- sesti mitataan tyvi- ja latvaläpimita. Nämä voidaan mitata kourakasasta tai pinosta muodostelmaa hajottamatta, jos kyseessä on määräpituinen kuitupuu ja ladonta on tasainen. Likipituisellakin puutavaralla mittausta on hajottamatta mahdollinen, jos käytetään karkeaa läpimittaluokitusta.



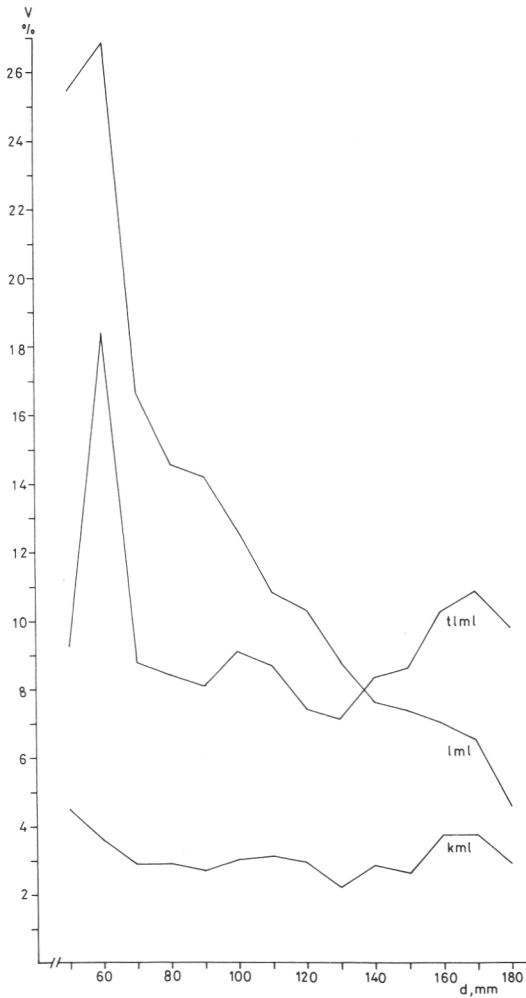
Kuva 9. Latvamuotoluvun (lml), tyvi-latvamuotoluvun (tlml) ja keskusmuotoluvun (kml) variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 2 m pituisissa koivu- pölkkyissä. Kaikki pölkkyt.

Fig. 9. Variation coefficient of the top form factor (lml), butt-top form factor (tlml) and middle form factor (kml) according to the top diameter in 2 m long birch bolts. All bolts.



Kuva 10. Latvamuotoluvun (lml), tyvi-latvamuotoluvun (tlml) ja keskusmuotoluvun (kml) variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 3 m pituisissa koivu- pölkkyissä. Kaikki pölkkyt.

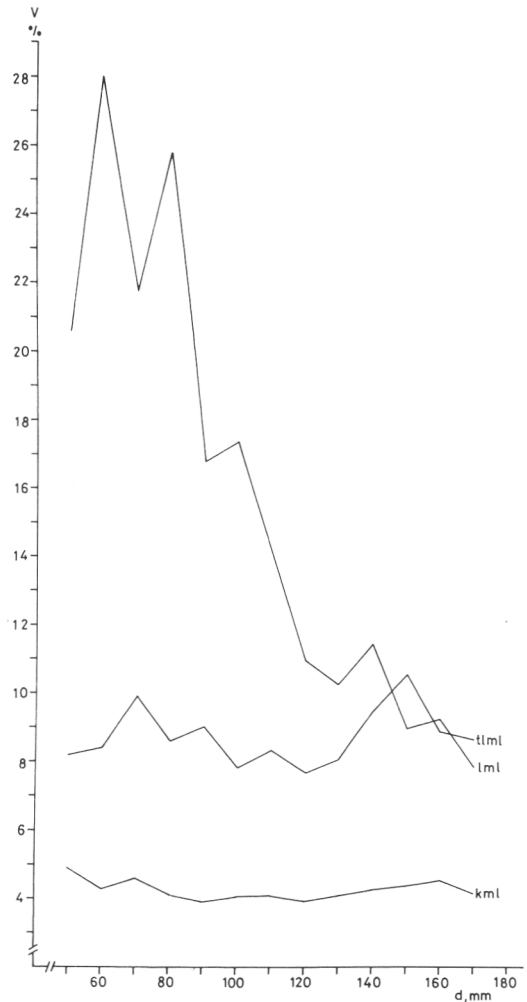
Fig. 10. Variation coefficient of the top form factor (lml), butt-top form factor (tlml) and middle form factor (kml) according to the top diameter in 3 m long birch bolts. All bolts.



Kuva 11. Latvamuotoluvun (lml), tyvi-latvamuotoluvun (tlml) ja keskusmuotoluvun (kml) variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 3 m pituisissa kuusipölkkyissä. Kaikki pölkkyt.

Fig. 11. Variation coefficient of the top form factor (lml), butt-top form factor (tlml) and middle form factor (kml) according to the top diameter in 3 m long spruce bolts. All bolts.

Tyvi- ja latvaläpimittaa käytettäessä on yleensä laskettu niiden keskiarvo, johon tilavuuden laskenta on perustunut. Kirjallisuudesta löytyvien tietojen mukaan tilavuus saadaan yleensä liian suureksi (Kärkkäinen 1974a), joskin tulos näyttää riippuvan siitä, onko kyseessä runkokuutupuun vai latvustavara (Kärkkäinen 1974b). Käytännössä on harvoin sovellettu toista mahdollisuutta, jolloin lasketaan tyvi- ja latvaläpimittaa vastaavien pinta-alojen keskiarvo (Smalianin kaava). Se antaa periaatteessa oikean tulok-



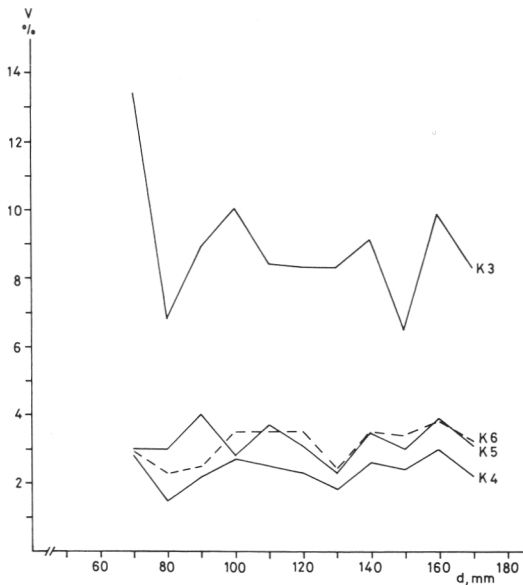
Kuva 12. Latvamuotoluvun (lml), tyvi-latvamuotoluvun (tlml) ja keskusmuotoluvun (kml) variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 3 m pituisissa mäntypölkkyissä. Kaikki pölkkyt.

Fig. 12. Variation coefficient of the top form factor (lml), butt-top form factor (tlml) and middle form factor (kml) according to the top diameter in 3 m long pine bolts. All bolts.

sen paraboloidin muotoisille pölkkyille.

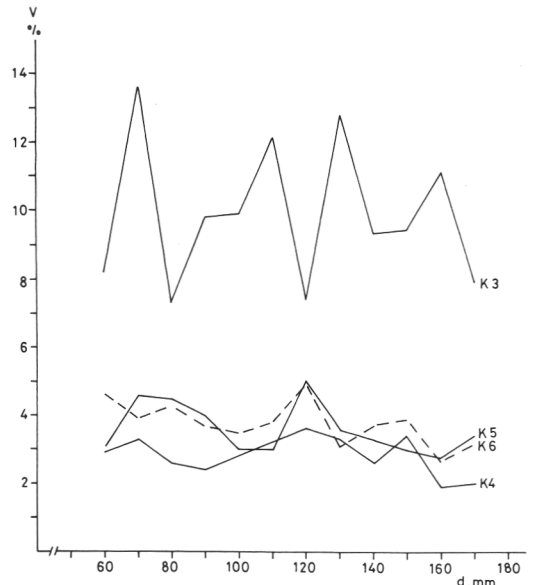
Kuvissa 5...12 on tarkasteltu tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvan muotoluvun variaatiokerrointa läpimitan mukaan. Kun samankaltaisia tuloksia saatiin Smalianin muotoluvusta, joka perustuu tyvi- ja latvaläpimittaa vastaavien pinta-alojen keskiarvoon, sitä ei ole erikseen merkitty piirroksiin. Sitä koskevat tulokset näkyvät kuvista 13...16.

Kuvista havaitaan, että tyvi-latvamuotoluvun variaatiokerroin oli tyvipölkkyissä



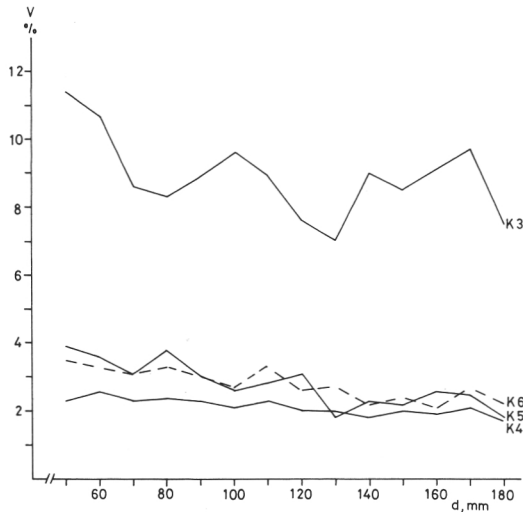
Kuva 13. Smalianin (K_3), Schiffelin (K_4), Tjurinin (K_5) ja Simonyn 1. (K_6) muotoluvun variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 2 m pituisissa koivun tyvipölkkyissä.

Fig. 13. Variation coefficient of the form factors of Smalian (K_3), Schiffel (K_4), Tjurinin (K_5) and Simony 1. (K_6) according to the top diameter in 2 m long butt bolts of birch.



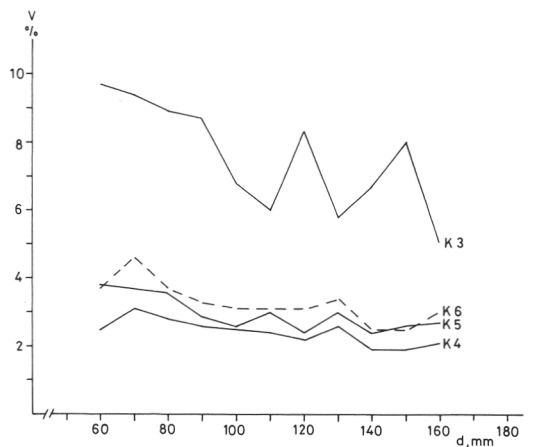
Kuva 14. Smalianin (K_3), Schiffelin (K_4), Tjurinin (K_5) ja Simonyn 1. (K_6) muotoluvun variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 3 m pituisissa koivun tyvipölkkyissä.

Fig. 14. Variation coefficient of the form factors of Smalian (K_3), Schiffel (K_4), Tjurinin (K_5) and Simony 1. (K_6) according to the top diameter in 3 m long butt bolts of birch.



Kuva 15. Smalianin (K_3), Schiffelin (K_4), Tjurinin (K_5) ja Simonyn 1. (K_6) muotoluvun variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 3 m pituisissa kuusen tyvipölkkyissä.

Fig. 15. Variation coefficient of the form factors of Smalian (K_3), Schiffel (K_4), Tjurinin (K_5) and Simony 1. (K_6) according to the top diameter in 3 m long butt bolts of spruce.



Kuva 16. Smalianin (K_3), Schiffelin (K_4), Tjurinin (K_5) ja Simonyn 1. (K_6) muotoluvun variaatiokerroin pölkyn latvaläpimitan mukaan 3 m pituisissa männyn tyvipölkkyissä.

Fig. 16. Variation coefficient of the form factors of Smalian (K_3), Schiffel (K_4), Tjurinin (K_5) and Simony 1. (K_6) according to the top diameter in 3 m long butt bolts of pine.

samaa suuruusluokkaa latvamuotoluvun kanssa, useissa tapauksissa suurempikin. Muissa kuin tyvipölkkyissä tyvi-latvamuotoluvun vaihtelu oli selvästi pienempi kuin latvamuotoluvun vaihtelu, mutta suurempi kuin keskusmuotoluvun hajonta. Tarkasteltaessa tyvi- ja muita pölkkyjä yhdessä voitiin yleensä havaita, että pienissä pölkkyissä tyvi-latvamuotoluku vaihteli vähemmän kuin latvamuotoluku, mutta suurissa pölkkyissä enemmän.

Tyvipölkkyjä koskeva johtopäätös on selvä: ei kannata mitata kahta läpimittaa, koska yhdellä läpimitalla (keskus- tai latvaläpimitta) saadaan vähäisempi muotoluvun vaihtelu. Muiden pölkkyjen osalta tilanne voi olla toisin, samoin erottelematta tyvipölkkyjä muista pölkkyistä. Kun kuitenkin otetaan huomioon, että tyvi-latvamittauksista sovellettaessa läpimittoja joudutaan mittaamaan kaksinkertainen määrä latvaläpimitan mittaukseen verrattuna, hajontalukujen perusteella arvioiden menetelmä ei ole kilpailukykyinen. Varsinaisessa pölkkyjen mitauksessa kustannukset ovat latvaläpimitan määritykseen verrattuna noin kaksinkertaiset, eikä tätä eroa kompensoi se, että otospölkkyjä tarvitaan vastaavasti vähemmän. Vain hyvin pienissä mittauserissä menetelmä saattaisi kannattaa, mutta niissä taas keskusläpimitaan perustuva määräytyminen on vielä edullisempi.

Mikäli kaikista mitattavan erän pölkkyistä ei todeta läpimittoja, johtopäätökset saattavat olla erilaiset. Esimerkiksi jos erästä selvitetään pölkkyt, otoksesta läpimittoja ja vielä pienemmästä otoksesta pölkyn tilavuus läpimittojen mukaan, tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvon käyttö saattaa olla edullisin menetelmä erityisesti pölkkyjen ollessa pinossa, jolloin keskusläpimitan mittaus ei ole todellinen vaihtoehto. Käytännössä tyvi- ja latvaläpimitan toteamista ei tehtäisi samasta pölkystä etenkään pitkän puutavaran ollessa kyseessä, vaan keskiläpimitta määritettäisiin tyvi- ja latvaläpimittoja erottelematta. Tämä oikaisu ilmeisesti lisäisi tarvittavien mittausten määrää, eikä ole varmaa käsillä olevan tutkimuksen hajontalukujen perusteella, etteikö latvaläpimittojen mittaus antaisi saman tarkkuuden omaavaa tulosta edullisemmin kustannuksin. — Tätä ongelmaa ei ryhdytty tarkemmin selvittämään, koska se ilmenee käytännössä ainoastaan pinomittauksessa, jossa on tarjolla

vaihtoehtoisia, edullisempia menetelmiä.

Kaksi läpimittaa voidaan luonnollisesti mitata myös muista kohdista kuin pölkyn päistä. Kuten aiemmin on esitetty (s. 6), Schiffelin tilavuutta ja muotolukua laskettaessa poikkipinta-alat otetaan etäisyyksiltä 0,25 pölkyn päistä lukien ja Tjurinin menetelmässä tyvestä lukien etäisyydeltä 0,25 sekä pölkyn latvasta. Simonyn 1. kaava käyttää taas kolmea läpimittaa, jotka on mitattu puolivälin lisäksi etäisyydeltä 0,25 pölkyn päistä lukien. Myös tämän kaavan tulokset käsitellään tässä yhteydessä, vaikka läpimittoja mitataankin siis kolme.

Kuvissa 13...16 on esitetty em. muotolukujen variaatiokerroimia koskevat tulokset yhdessä Smalianin muotolukua koskevien tulosten kanssa. Viimeksi mainittu vastaa vaihtelultaan aiemmin todetun mukaisesti varsin tarkoin tyvi-latvamuotolukua.

Kuvien mukaan läpimittojen mittaus tyvestä ja latvasta on otoksen suuruutta ajatellen olennaisesti heikompi vaihtoehto kuin mitata ainakin toinen läpimitta enemmän pölkyn keskiosasta. Kaikilla tarkastelluilla puutavaralajeilla Smalianin muotoluvun variaatiokerroin oli 2...3 kertaa niin suuri kuin muissa vaihtoehtoissa. Toisaalta Simonyn 1. kaavan käyttö ei enää paranna tilannetta: kolmen läpimitan käyttöön perustuva mittaus antoi itse asiassa jopa vaihtelevampia tuloksia kuin Schiffelin tai Tjurinin menetelmät.

Kiintoisaa oli, että likimain kaikissa tapauksissa alhaisin variaatiokerroin saatiin Schiffelin muotolukua käytettäessä. Tämä ei ole yllättävää otettaessa huomioon, että Schiffelin kaava merkitsee itse asiassa Huberin kaavan soveltamista pölkyn puolikkaisiin, ts. olennaista on, että pölkyn pituus lyhenee puoleen. Näin ollen Schiffelin muotolukua koskevat tulokset tukevat omalta osaltaan käsitystä keskusläpimitan käytön mahdollistamasta suuresta mittaustarkkuudesta.

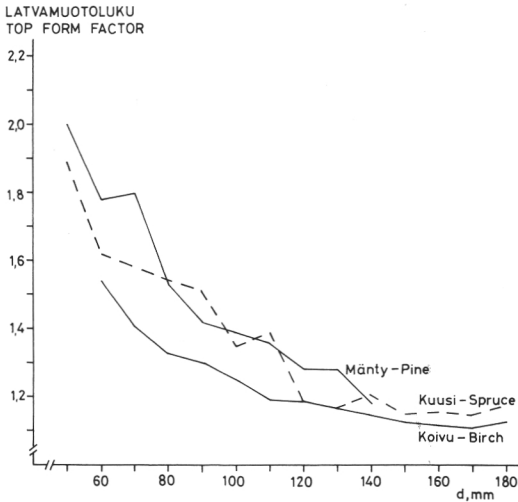
Kannattaako sitten pölkkyt puolittaa ja mitata todellakin puolikkaiden keskusläpimitat?

Käsillä olevan tutkimuksen aineisto oli pituudeltaan 2...3 m. Näin ollen Schiffelin menetelmää käytettäessä pätkien pituus on 1...1,5 m. Variaatiokerroimista päätellen näin lyhyiden pätkien käyttö erän mittauksessa ei ole yleensä kannattavaa. Jos otospölkyn mittaus maksaa 300...500 yksikköä

ja yhden keskusläpimitan mitta 100, niin kahden pätjän keskusläpimitan mitta maksaa 200. Tästä saadaan suhteeksi K (ks. s. 12) ainoastaan 3...5, jolla otospölkkyjen lukumäärän ero kerrotaan mittauserän koon saamiseksi. Kun otospölkkyjen lukumäärä on joka tapauksessa pieni, tämä merkitsee sitä, ettei käytännössä koskaan kannata mitata pätkien keskusläpimittoja yhden keskusläpimitan asemesta, jos puutavaran pituus on 2...3 m. Myös rankatavara, jonka pituus on esim. 5...6 m, asia lienee samoin päätellen eräistä hajatiedoista, joiden mukaan keskusmuotoluvun hajonta kasvaa suhteellisen hitaasti pölkyn pituuden kasvaessa.

33. Läpimittaluokituksen muotolukujen varianssia lisäävä vaikutus

Edellä on tarkasteltu eri muotolukujen variaatiokertoimia latvaläpimitan mukaan tilanteessa, jolloin standardipoikkeama laskettiin 1 cm läpimittaluokitusta käytetäessä. Jos muotoluku muuttuu voimakkaasti latvaläpimitan funktiona, selvää on, että muotoluvun hajontatunnukset kasvavat siirtäessä karkeampaan läpimittaluokitukseen. Näin ollen on syytä vielä tarkastella eri muotolukujen riippuvuutta läpimitasta vaihtelun lisäyksen arvioimiseksi.



Kuva 17. Latvamuotoluvun riippuvuus latvaläpimitasta kaksimetrisissä koivu-, kuusi- ja mäntypölkkyissä.

Fig. 17. Top form factor according to the top diameter in 2 m long birch, spruce, and pine bolts.

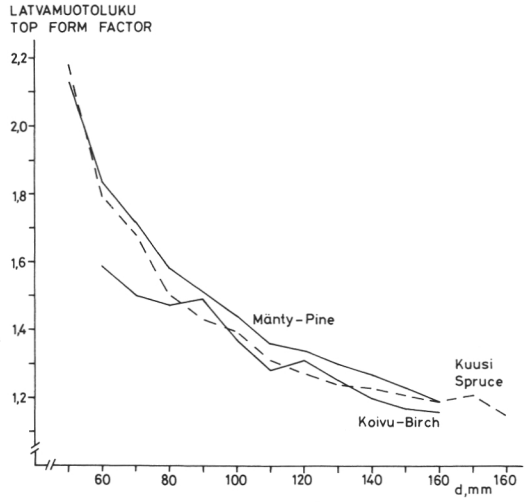
Kuvissa 17...24 on esitetty tärkeimpien puutavaralajien latvamuotoluku, keskusmuotoluku, tyvi-latvamuotoluku sekä Smalianin muotoluku latvaläpimitan mukaan erottelematta tyvipölkkyjä muista pölkkyistä.

Kuvien mukaan latvamuotoluku laskee voimakkaasti pölkyn suuretessa. Tähän verrattuna puulajien erot ovat pienet. Vielä vähäisempi merkitys on pölkyn pituudella, joskin heikosti on havaittavissa muotoluvun suurenevan pituuden kasvaessa.

Keskusmuotoluku riippuu latvaläpimitasta vain vähän: se yleensä pienenee hiukan pölkyn järeytyessä. Latvamuotoluvun riippuvuuteen verrattuna ilmiöllä ei ole mitään merkitystä. Samaan johtopäätökseen viittaavat myös katkaistuista kartioista tehdyt teoreettiset laskelmat (Kärkkäinen ja Salmi 1978).

Myös tyvi-latvamuotoluku alenee pölkyn suuretessa. Samoin se näyttää kasvavan pölkyn pidentyessä, joskin muutos on vähäinen läpimitan vaikutukseen verrattuna.

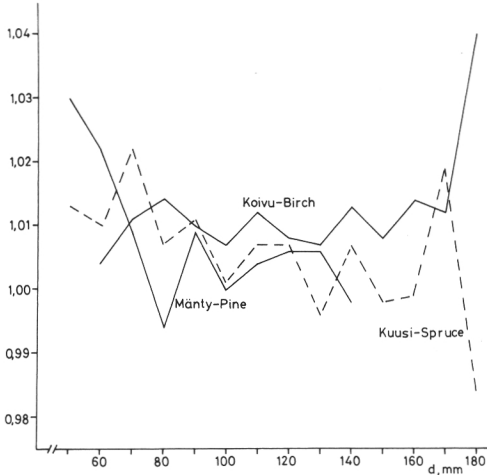
Kiintoisaa on, että Smalianin muotoluvusta saatiin erilaisia tuloksia kuin tyvi-latvamuotoluvusta: jälkimmäinen ei juuri riippunut latvaläpimitasta tai se hiukan kohosi pölkyn järeytyessä. Tulos osoittaa, että suunnilleen samanlaisesta variaatiokertoimesta huolimatta kannattaa mieluummin pyrkiä määrittämään poikkipinta-alojen keskiarvo kuin läpimittojen keskiarvo,



Kuva 18. Latvamuotoluvun riippuvuus latvaläpimitasta kolmimetrisissä koivu-, kuusi- ja mäntypölkkyissä.

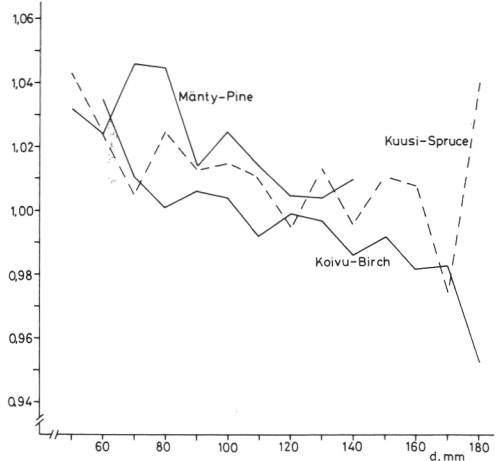
Fig. 18. Top form factor according to the top diameter in 3 m long birch, spruce, and pine bolts.

KESKUSMUOTOLUKU
MIDDLE FORM FACTOR



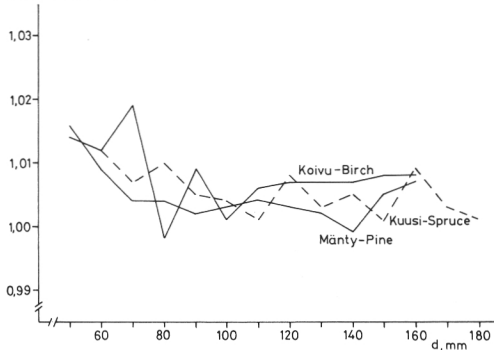
Kuva 19. Keskusmuotoluvun riippuvuus latvaläpimitasta kaksimetrisissä koivu-, kuusi- ja mäntypölkyissä.
Fig. 19. Middle form factor according to the top diameter in 2 m long birch, spruce, and pine bolts.

TYVI-LATVAMUOTOLUKU
BUTT-TOP FORM FACTOR



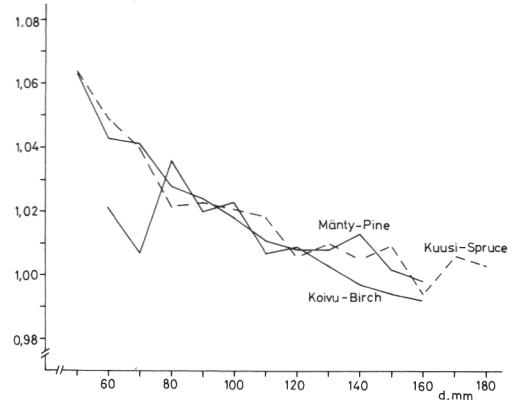
Kuva 21. Tyvi-latvamuotoluvun riippuvuus latvaläpimitasta kaksimetrisissä koivu-, kuusi- ja mäntypölkyissä.
Fig. 21. Butt-top form factor according to the top diameter in 2 m long birch, spruce, and pine bolts.

KESKUSMUOTOLUKU
MIDDLE FORM FACTOR



Kuva 20. Keskusmuotoluvun riippuvuus latvaläpimitasta kolmimetrisissä koivu-, kuusi- ja mäntypölkyissä.
Fig. 20. Middle form factor according to the top diameter in 3 m long birch, spruce, and pine bolts.

TYVI-LATVAMUOTOLUKU
BUTT-TOP FORM FACTOR



Kuva 22. Tyvi-latvamuotoluvun riippuvuus latvaläpimitasta kolmimetrisissä koivu-, kuusi- ja mäntypölkyissä.
Fig. 22. Butt-top form factor according to the top diameter in 3 m long birch, spruce, and pine bolts.

koska edellisen riippuvuus pölkyn koosta on vähäisempi.

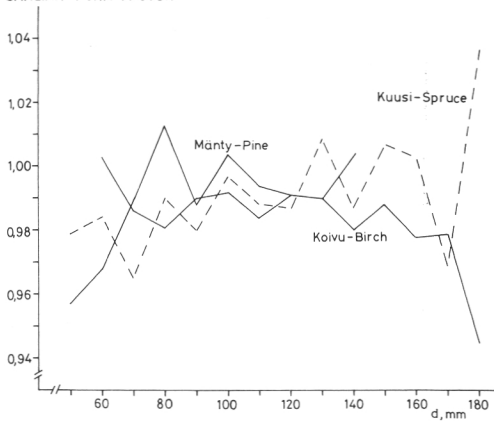
Otanta ajatellen johtopäätös on kuvien perusteella selvä.

Mikäli käytetään latvaläpimitaan perustuvaa mittausta, latvamuotoluvut on selvitettävä läpimitaluokittain tehdyllä otannalla, tai ellei näin menetellä, otoksen koossa on otettava huomioon latvaläpimitan vaikutuksesta johtuvan vaihtelun lisääntyminen.

Sitä vastoin ainakin keskusläpimitaa ja mahdollisesti myös tyvi- ja latvapoikkeileikkauksien keskiarvoa käytettäessä voidaan selviytyä latvaläpimitaa huomioimattomalla otannalla. Siinä määrin kun riippuvuutta läpimitasta ilmenee, se on kokonaisuuteen nähden niin vähäinen, ettei se olennaisesti vaikuta otoksen suuruuteen.

Schiffelin, Tjurinin ja Simonyn 1. muotolukua koskevat käytännöllisesti katsoen

SMALIANIN MUOTOLUKU
SMALIAN FORM FACTOR

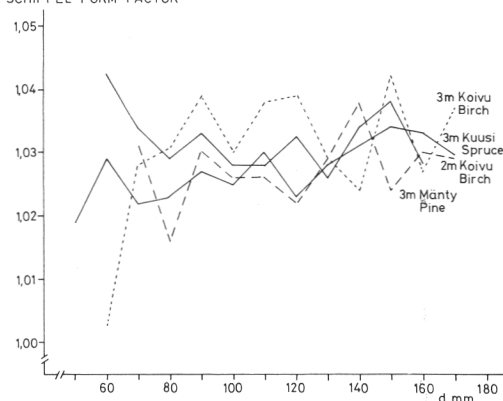


Kuva 23. Smalianin muotoluvun riippuvuus latvaläpimitasta kaksimetrisissä koivu-, kuusi- ja mänty-pölkkyissä.

Fig. 23. Smalian form factor according to the top diameter in 2 m long birch, spruce, and pine bolts.

samat johtopäätökset kuin keskusmuotolukua, joskin pieniä eroja syntyi siitä, että ne voitiin laskea ainoastaan tyvipölkkyistä. Kuvassa 25 on esimerkkinä Schiffelin muotoluvun riippuvuus läpimitasta eri puutavaralajien tyvipölkkyissä. Puutavaralajien erot ovat vähäiset, samoin riippuvuus pölkyn koosta. Käytännössä voitaneen usein tyytyä ennalta selvitettyyn muuntolukuun ilman varsinaista mittausserään kohdistuvaa otantaa.

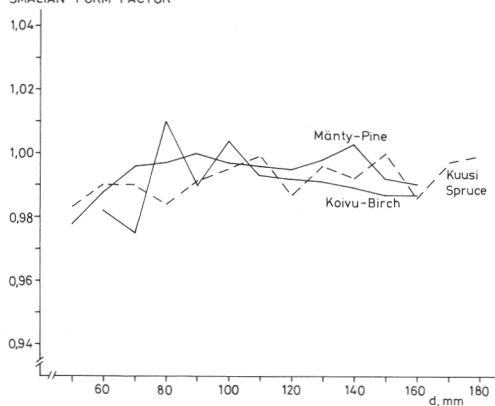
SCHIFFELIN MUOTOLUKU
SCHIFFEL FORM FACTOR



Kuva 25. Schiffelin muotoluvun riippuvuus latvaläpimitasta kaksimetrisissä koivun tyvipölkkyissä sekä kolmimetrisissä koivun, kuusen ja männyn tyvipölkkyissä.

Fig. 25. Schiffel form factor according to the top diameter in 2 m long birch butt bolts and 3 m long birch, spruce and pine butt bolts.

SMALIANIN MUOTOLUKU
SMALIAN FORM FACTOR



Kuva 24. Smalianin muotoluvun riippuvuus latvaläpimitasta kolmimetrisissä koivu-, kuusi- ja mänty-pölkkyissä.

Fig. 24. Smalian form factor according to the top diameter in 3 m long birch, spruce, and pine bolts.

34. Keskusmuotoluvun vaihtelun vähentäminen

Edellä on esitetty puutavaralajeittaiset tulokset keskusmuotoluvusta latvaläpimitan mukaan. Vaikka hajonta oli vähäinen sekä läpimittaluokan sisällä että luokkien välillä esim. latvamuotolukuun verrattuna, hajontaa voidaan aiemman kokemuksen mukaan (Kärkkäinen 1974a) edelleen pienentää ottamalla huomioon tyvipölkkyjen osuus. Lisäksi voidaan ottaa huomioon, tosin vähemmän vaikuttavana tekijänä, myös pölkyn pituus, jonka merkitys kasvaa siirryttäessä kaksi tai kolme metriä pitkistä kuitupuusta pitkään rankatavaraan.

Käsillä olevan tutkimuksen aineistosta lasketut keskusmuotoluvut on esitetty kuvissa 26 ja 27. Tyvipölkkyissä pölkyn koon vaikutus oli vähäinen ja se riippui puulajista. Puutavaralajien väliset erot olivat suurehkot läpimitan vaikutukseen verrattuna. Muissa pölkkyissä tilanne oli toinen: puutavaralajien väliset erot olivat pienet, mutta läpimitan kasvu alensi selvästi keskusmuotolukua kaikissa puutavaralajeissa.

Aiemmin todettiin, että tarkasteltaessa tyvipölkkyjä ja muita pölkkyjä yhdessä pölkyn järeys vaikutti vain vähän keskusmuotoluvun suuruuteen. Kuvien 26 ja 27 mukaan tyvipölkkyissä keskusmuotoluku on olennaisesti suurempi kuin muissa pölkkyissä. Tyvipölkkyjen osuuden kohoamisesta läpimitan

suuretsa selittyy erottelemattoman pölkkyaineiston ominaisuus, ettei keskusmuotoluku juuri riipu pölkyn koosta. Tähän säännönmukaisuuteen voidaan tyytyä siis vain silloin, kun tyvipölkkyjen osuus kasvaa läpimitan suuretsa samalla tavoin kuin nyt tutkitussa aineistossa.

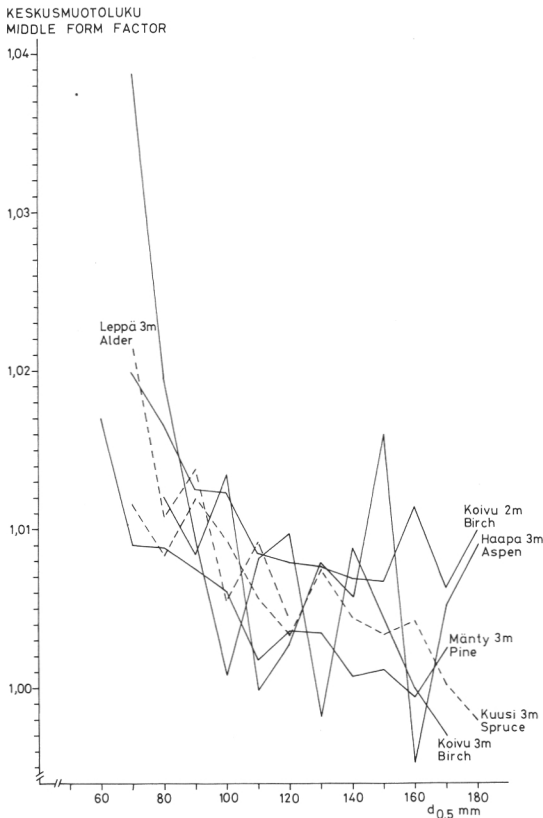
Koska latvustavarassa ja eräissä muissa tapauksissa tyvipölkkyjen osuus on erilainen kuin runkotavarassa, tarvitaan menettelytapa keskimääräisen keskusmuotoluvun arvioimiseksi myös tällöin. Kun edellä todetun mukaisesti läpimita vaikuttaa selvästi vain muihin kuin tyvipölkkyihin, pölkyn keskikoko voidaan spesifioida näiden pölkkyjen läpimitan avulla. Tyvipölkkyjen osuus taas voidaan arvioida erilaisten runkolajien avulla.

Tukkien latvuksista ei tule lainkaan tyvipölkkyjä. Tehtäessä kuitupuupölkkyjä runkopuusta tyvipölkkyjen osuus määräytyy rungon käyttöosan pituuden ja pölkyn keskipituuden avulla: tyvipölkkyjen keskipituus prosentteina käyttöosan pituudesta on likimain sama kuin tyvipölkkyjen osuus prosentteina kaikista pölkkyistä. Näin ollen tyvipölkkyjen osuus saadaan kaavasta (14).

$$(14) \text{ Tyvipölkkyjen osuus} = \frac{100 L_1 P}{pR_1 + qR_2}$$

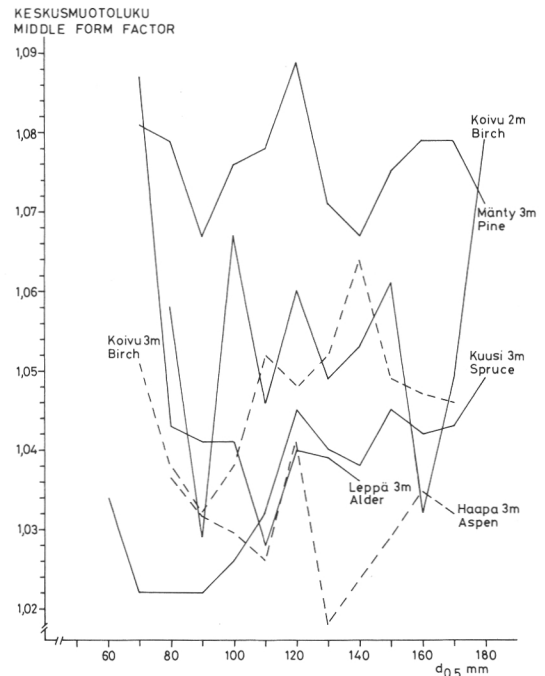
jossa

- L_1 = tyvipölkkyjen keskipituus, m
- p = runkopuutavaran osuus runkoluvusta, %
- q = latvuspuitavaran osuus runkoluvusta, %
- R_1 = runkopuutavaran käyttöosan pituus, m
- R_2 = latvuspuitavaran käyttöosan pituus, m



Kuva 26. Keskusmuotoluvun riippuvuus keskusläpimitasta 2 ja 3 m pitkän koivu- sekä 3 m pitkän koivu-, kuusi-, mänty-, leppä- ja haapakuitupuun muilla kuin tyvipölkkyillä.

Fig. 26. Middle form factor according to the middle-length diameter of 2 and 3 m long birch bolts and 3 m long spruce, pine, alder and aspen bolts. Other than butt bolts only.



Kuva 27. Keskusmuotoluvun riippuvuus keskusläpimitasta 2 ja 3 m pitkän koivu- sekä 3 m pitkän koivu-, kuusi-, mänty-, leppä- ja haapakuitupuun tyvipölkkyillä.

Fig. 27. Middle form factor according to the middle-length diameter of 2 and 3 m long birch bolts and 3 m long spruce, pine, alder and aspen bolts. Butt bolts only.

Esimerkiksi jos pölkkyjen pituus on 3 m, kuitupuuksi tehtävien runkojen käyttöosan pituus on 12 m, tukkien latvuksien käyttöosan pituus 5 m ja runkokuu osuus 60 %, saadaan tyvipölkkyjen osuudeksi

$$\frac{100 \cdot 3 \cdot 60}{60 \cdot 12 + 40 \cdot 5} = 20 \%$$

Ongelma pölkyn pituuden vaikutuksesta keskusmuotolukuun on selvitetävissä empiirisesti vain heikosti nyt käytettävissä olleen materiaalin perusteella pituusvaihtelun vähäisyyden vuoksi: pölkkyt olivat kaksi- tai kolmimetrisiä. Näin ollen pituuden vaihtelun merkitys on tutkittava teoreettisen mallin avulla.

Tarkastellaan pölkkyä, jonka keskusläpimitta on d_k , pituus L ja keskusmuotoluku K_7 eli todellisen tilavuuden V ja keskustilavuuden V_k suhde, ts. $K_7 = V/V_k$. Keskustilavuus taas lasketaan keskusläpimitan ja pituuden perusteella (15).

$$(15) \quad V_k = \frac{d_k^2 L \pi}{4}$$

Vastaavasti todellinen tilavuus V voidaan ilmoittaa

$$(16) \quad V = \frac{K_7 d_k^2 L \pi}{4}$$

Jos alkuperäistä pölkkyä pidennetään määrällä m , uusi pituus on $L + m$. Kun pidentäminen tehdään rungossa latvaan päin, keskusläpimitta d_k alenee arvoon d_u , joka on

$$(17) \quad d_u = d_k - \frac{k m}{2}$$

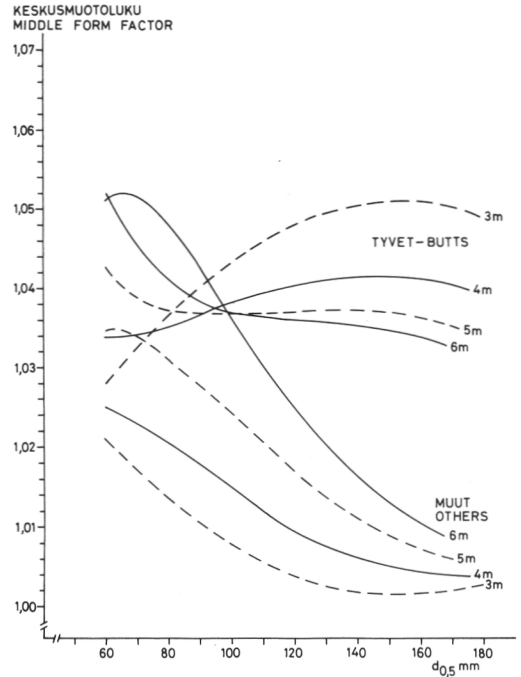
jossa
 k = kapeneminen, mm/m
 m = pidennys, m

Uusi keskustilavuus V_u on tällöin

$$(18) \quad V_u = \frac{\pi d_u^2 (L + m)}{4}$$

Alkuperäiseen tilavuuteen V tulee lisää tilavuus, jonka suuruutta voidaan approksimoida katkaistun kartion avulla. Tämän

$$(23) \quad y = \frac{12 K_7 d_k^2 L + 12 d_k^2 m - 12 d_k k L m + 3 k^2 L^2 m - 12 d_k k m^2 + 6 k^2 L m^2 + 4 k^2 m^3}{3(L + m)(4 d_k^2 - 4 d_k k m + k^2 m^2)}$$



Kuva 28. Tyvipölkkyjen ja muiden pölkkyjen keskusmuotoluvun riippuvuus keskusläpimitasta 3,4,5 ja 6 m pitkällä koivukuitupuulla.

Fig. 28. Middle form factor of 3,4,5 and 6 m long birch butt and other bolts according to the middle length diameter.

lisätilavuuden suuruus on näin ollen

$$(19) \quad V_1 = \frac{\pi m}{12} (d_0^2 + d_1^2 + d_0 d_1)$$

jossa

d_0 = katkaistun kartion tyviläpimitta eli alkuperäisen pölkyn latvaläpimitta
 d_1 = katkaistun kartion latvaläpimitta eli pidennetyt pölkyn latvaläpimitta

Luonnollisesti on

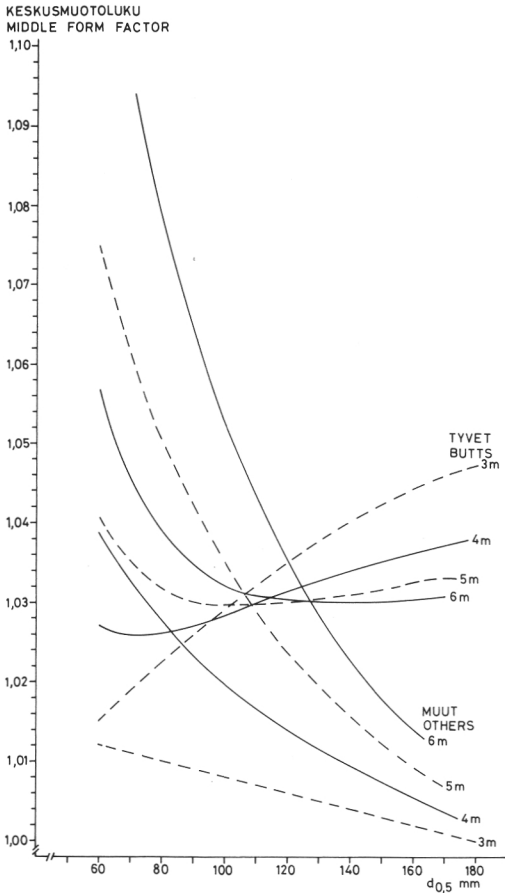
$$(20) \quad d_0 = d_k - \frac{k L}{2}$$

$$(21) \quad d_1 = d_k - k \left(\frac{L}{2} + m \right) = d_k - \frac{k(L + 2m)}{2}$$

Uudeksi, pidennetyt pölkyn keskusmuotoluvuksi y saadaan näin ollen

$$(22) \quad y = \frac{V + V_1}{V_u} = \frac{4(V + V_1)}{\pi d_u^2 (L + m)}$$

Kun d_0 , d_1 ja d_u ilmoitetaan alkuperäisten parametrien avulla, saadaan keskusmuotoluvun kaava muotoon (23).

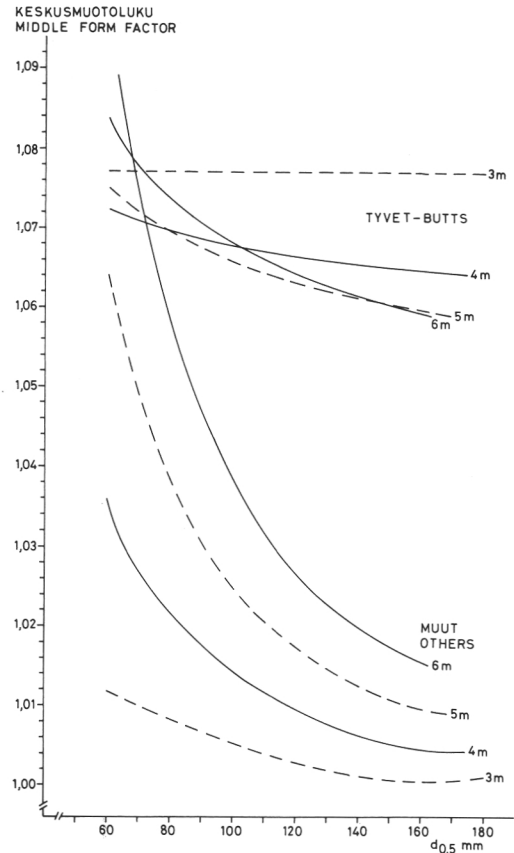


Kuva 29. Tyvipölkkyjen ja muiden pölkkyjen keskusmuotoluvun riippuvuus keskusläpimitasta 3,4,5 ja 6 m pitkällä kuusikuitupuulla.

Fig. 29. Middle form factor of 3,4,5 and 6 m long spruce butt and other bolts according to the middle length diameter.

Huomattakoon, että uusi keskusmuotoluku tarkoittaa pölkkyä, jonka keskusläpimita on aikaisempaa pienempi pölkyn kapenemisen vuoksi. Mikäli pitenemistä ei ole ($m = 0$), keskusmuotoluku ei luonnollisestikaan muutu ($y = K_7$).

Edellä johdettua yhtälöä (23) käytettiin seuraavalla tavalla arvioitaessa eripituisten rankojen keskusmuotolukuja. — Lähtökohdana pidettiin kolmimetristä kuitupuuta, jota koskevista empiirisistä aineistoista selvitettiin keskusmuotoluvun ja latvakapenemisen (keskus- ja latvaläpimitan välinen ero pituusyksikköä kohti) riippuvuus keskusläpimitasta. Riippuvuudet selvitettiin läpimittaluokittain lasketuista tiedoista painotetulla regressioanalyysillä Kärkkäisen (1973a, s. 73) esittämällä tavalla toisen



Kuva 30. Tyvipölkkyjen ja muiden pölkkyjen keskusmuotoluvun riippuvuus keskusläpimitasta 3,4,5 ja 6 m pitkällä mäntykuitupuulla.

Fig. 30. Middle form factor of 3,4,5 and 6 m long pine butt and other bolts according to the middle length diameter.

asteen yhtälöä käyttäen. Yhtälöt olivat seuraavat, kun malli oli

$$k = a + b_1 d_k + b_2 d_k^2.$$

Kapenemisen k (mm/m) riippuvuus keskusläpimitasta d_k (mm)

Puutavaralaji	a	b_1	b_2	$R^2, \%$
Koivu, tyvet	9,072	-0,05549	0,0002654	11,6
Koivu, muut	-8,279	0,3020	-0,001151	95,1
Kuusi, tyvet	9,649	-0,03652	0,0001145	41,7
Kuusi, muut	4,322	0,1512	-0,0006245	29,5
Mänty, tyvet	2,879	0,05691	-0,00006210	85,6
Mänty, muut	9,382	0,02820	-0,00007206	22,6
Leppä, tyvet	-8,028	0,2895	-0,001222	79,6
Leppä, muut	5,207	0,05665	-0,0001002	82,2
Haapa, tyvet	-0,3151	0,1022	-0,0003506	31,4
Haapa, muut	2,721	0,1101	-0,0004406	5,5

Vastaavalla tavalla saatiin riippuvuudet keskusmuotoluvulle, kun keskusläpimitta mitattiin millimetreinä.

Puutavaralaji	a	$b_1 \cdot 10^4$	$b_2 \cdot 10^6$	$R^2, \%$
Koivu, tyvet	0,9876	8,280	2,712	33,2
Koivu, muut	1,055	-6,836	2,204	41,0
Kuusi, tyvet	0,9866	5,321	1,079	82,9
Kuusi, muut	1,017	-0,8955	0,0360	72,9
Mänty, tyvet	1,078	-0,09932	0,0180	0,1
Mänty, muut	1,028	-3,288	0,9730	81,2
Leppä, tyvet	1,257	-38,28	16,41	60,4
Leppä, muut	1,073	-10,57	4,189	61,7
Haapa, tyvet	1,181	-23,92	8,801	36,9
Haapa, muut	1,046	-6,177	2,250	15,5

Kun em. yhtälöt sijoitettiin johdettuun kaavaan (23), tulokseksi saatiin tiettyä uutta keskusläpimittaa (d_u) ja tiettyä uutta pituutta ($L + m$) vastaava uusi keskusmuotoluku (y).

Kuvissa 28...30 on esitetty keskusmuotoluvut 3, 4, 5 ja 6 m pituisille rangoille. Kolmimetristä puutavaraa koskevat tulokset

ovat tasoitettuja havaintoarvoja, ja muut ovat laskennallisia tuloksia. Nelimetristä puutavaraa koskevat tulokset ovat luonnollisesti varmempia kuin pitempää puutavaraa koskevat, koska pituuden lisäyksen ollessa vähäinen kapenemisen lineaarisuusolettamus ei ole juuri virheellinen. Toisaalta myöskään 6 m pituista puutavaraa koskevat tulokset eivät ole ilmeisesti olennaisesti virheellisiä, sillä kaavassa (23) tilavuuden lisäys vaikuttaa sekä osoittajaan että nimittäjään, ja näin ollen vähäiset epätarkkuudet kapenemisolettamuksissa vaikuttavat suhteeseen vain vähän.

Kuvien 28...30 perusteella on laskettu taulukko 1 keskusmuotoluvusta, kun tyvipölkkyjen osuus vaihtelee. Laskennassa on oletettu, että tyvipölkkyjen läpimitta on sama kuin muiden pölkkyjen. Koska läpimitta vaikuttaa tyvipölkkyjen keskusmuotolukuun vain vähän, olennaisia eroja ei synny, vaikka tyvipölkkyt olisivat suurempia tai pienempiä kuin muut pölkkyt.

Taulukko 1. Koivun, kuusen ja männyn keskusmuotoluvut keskusläpimitan ja tyvipölkkyjen osuuden mukaan 3, 4, 5 ja 6 m pitkissä pölkkyissä.

Table 1. Middle form factors of 3, 4, 5 and 6 m long bolts of birch, spruce, and pine according to the mid-diameter and percentage of butt bolts.

d	Koivu 3 m - Birch 3 m										
	Tyvien osuus % - Butt percentage										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,022	1,023	1,023	1,024	1,024	1,025	1,026	1,026	1,027	1,027	1,028
70	1,018	1,019	1,021	1,022	1,024	1,025	1,026	1,028	1,029	1,031	1,032
80	1,014	1,016	1,019	1,021	1,023	1,026	1,028	1,030	1,032	1,035	1,037
90	1,011	1,014	1,017	1,020	1,023	1,026	1,028	1,031	1,034	1,037	1,040
100	1,008	1,012	1,015	1,019	1,022	1,026	1,029	1,033	1,036	1,040	1,043
110	1,006	1,010	1,014	1,018	1,022	1,026	1,030	1,034	1,038	1,042	1,046
120	1,004	1,008	1,013	1,017	1,022	1,026	1,030	1,035	1,039	1,044	1,048
130	1,003	1,008	1,012	1,017	1,021	1,026	1,031	1,035	1,040	1,044	1,049
140	1,002	1,007	1,012	1,016	1,021	1,026	1,031	1,036	1,040	1,045	1,050
150	1,002	1,007	1,012	1,017	1,022	1,027	1,031	1,036	1,041	1,046	1,051
160	1,002	1,007	1,012	1,017	1,022	1,027	1,031	1,036	1,041	1,046	1,051
170	1,002	1,007	1,012	1,016	1,021	1,026	1,031	1,036	1,040	1,045	1,050
180	1,003	1,008	1,012	1,017	1,021	1,026	1,031	1,035	1,040	1,044	1,049

Koivu 4 m - Birch 4 m
Tyvien osuus % - Butt percentage

d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,025	1,026	1,027	1,028	1,029	1,030	1,030	1,031	1,032	1,033	1,034
70	1,023	1,024	1,025	1,026	1,027	1,029	1,030	1,031	1,032	1,033	1,034
80	1,021	1,022	1,024	1,025	1,027	1,028	1,029	1,031	1,032	1,034	1,035
90	1,018	1,020	1,022	1,024	1,026	1,028	1,029	1,031	1,033	1,035	1,037
100	1,015	1,017	1,020	1,022	1,024	1,027	1,029	1,031	1,033	1,036	1,038
110	1,012	1,015	1,017	1,020	1,023	1,026	1,028	1,031	1,034	1,036	1,039
120	1,010	1,013	1,016	1,019	1,022	1,025	1,028	1,031	1,034	1,037	1,040
130	1,008	1,011	1,015	1,018	1,021	1,025	1,028	1,031	1,034	1,038	1,041
140	1,006	1,010	1,013	1,017	1,020	1,024	1,027	1,031	1,034	1,038	1,041
150	1,005	1,009	1,012	1,016	1,019	1,023	1,027	1,030	1,034	1,037	1,041
160	1,004	1,008	1,011	1,015	1,019	1,023	1,026	1,030	1,034	1,037	1,041
170	1,004	1,008	1,011	1,015	1,019	1,023	1,026	1,030	1,034	1,037	1,041
180	1,004	1,008	1,011	1,015	1,018	1,022	1,025	1,029	1,032	1,036	1,039

Koivu 5 m - Birch 5 m
Tyvien osuus % - Butt percentage

d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,035	1,036	1,037	1,037	1,038	1,039	1,040	1,041	1,041	1,042	1,043
70	1,034	1,035	1,035	1,036	1,036	1,037	1,037	1,038	1,038	1,039	1,039
80	1,031	1,032	1,032	1,033	1,033	1,034	1,035	1,035	1,036	1,036	1,037
90	1,028	1,029	1,030	1,031	1,032	1,033	1,033	1,034	1,035	1,036	1,037
100	1,025	1,026	1,027	1,029	1,030	1,031	1,032	1,033	1,035	1,036	1,037
110	1,021	1,023	1,024	1,026	1,027	1,029	1,031	1,032	1,034	1,035	1,037
120	1,017	1,019	1,021	1,023	1,025	1,027	1,029	1,031	1,033	1,035	1,037
130	1,014	1,016	1,019	1,021	1,023	1,026	1,028	1,030	1,032	1,035	1,037
140	1,012	1,015	1,017	1,020	1,022	1,025	1,027	1,030	1,032	1,035	1,037
150	1,009	1,012	1,015	1,017	1,020	1,023	1,026	1,029	1,031	1,034	1,037
160	1,008	1,011	1,014	1,016	1,019	1,022	1,025	1,028	1,030	1,033	1,036
170	1,006	1,009	1,012	1,015	1,018	1,021	1,023	1,026	1,029	1,032	1,035
180	1,006	1,009	1,012	1,014	1,017	1,020	1,023	1,026	1,028	1,031	1,034

Koivu 6 m - Birch 6 m
Tyvien osuus % - Butt percentage

d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,051	1,051	1,051	1,051	1,051	1,052	1,052	1,052	1,052	1,052	1,052
70	1,051	1,050	1,050	1,049	1,049	1,048	1,047	1,047	1,046	1,046	1,045
80	1,048	1,047	1,047	1,046	1,045	1,045	1,044	1,043	1,042	1,042	1,041
90	1,043	1,043	1,042	1,042	1,041	1,041	1,040	1,040	1,039	1,039	1,038
100	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037
110	1,031	1,032	1,032	1,033	1,033	1,034	1,035	1,035	1,036	1,036	1,037
120	1,025	1,026	1,027	1,028	1,029	1,031	1,032	1,033	1,034	1,035	1,036
130	1,021	1,023	1,024	1,026	1,027	1,029	1,030	1,032	1,033	1,035	1,036
140	1,017	1,019	1,021	1,022	1,024	1,026	1,028	1,030	1,031	1,033	1,035
150	1,013	1,015	1,017	1,020	1,022	1,024	1,026	1,028	1,031	1,033	1,035
160	1,011	1,013	1,016	1,018	1,020	1,023	1,025	1,027	1,029	1,032	1,034
170	1,008	1,011	1,013	1,016	1,018	1,021	1,023	1,026	1,028	1,031	1,033
180	1,007	1,010	1,012	1,015	1,017	1,020	1,022	1,025	1,027	1,030	1,032

Kuusi 3 m - Spruce 3 m											
Tyvien osuus % - Butt percentage											
d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,012	1,012	1,013	1,013	1,013	1,014	1,014	1,014	1,014	1,015	1,015
70	1,011	1,012	1,013	1,013	1,014	1,015	1,016	1,017	1,017	1,018	1,019
80	1,010	1,011	1,012	1,014	1,015	1,016	1,017	1,018	1,020	1,021	1,022
90	1,009	1,011	1,012	1,014	1,016	1,018	1,019	1,021	1,023	1,024	1,026
100	1,008	1,010	1,012	1,014	1,016	1,019	1,021	1,023	1,025	1,027	1,029
110	1,007	1,010	1,012	1,015	1,017	1,020	1,022	1,025	1,027	1,030	1,032
120	1,006	1,009	1,012	1,015	1,018	1,021	1,023	1,026	1,029	1,032	1,035
130	1,005	1,008	1,012	1,015	1,018	1,022	1,025	1,028	1,031	1,035	1,038
140	1,004	1,008	1,011	1,015	1,018	1,022	1,026	1,029	1,033	1,036	1,040
150	1,003	1,007	1,011	1,015	1,019	1,023	1,026	1,030	1,034	1,038	1,042
160	1,002	1,006	1,010	1,015	1,019	1,023	1,027	1,031	1,036	1,040	1,044
170	1,001	1,006	1,010	1,015	1,019	1,024	1,028	1,033	1,037	1,042	1,046
180	1,000	1,005	1,009	1,014	1,019	1,024	1,028	1,033	1,038	1,042	1,047

Kuusi 4 m - Spruce 4 m											
Tyvien osuus % - Butt percentage											
d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,039	1,028	1,037	1,035	1,034	1,033	1,032	1,031	1,029	1,028	1,027
70	1,033	1,032	1,032	1,031	1,030	1,030	1,029	1,028	1,027	1,027	1,026
80	1,028	1,028	1,028	1,027	1,027	1,027	1,027	1,027	1,026	1,026	1,026
90	1,023	1,024	1,024	1,025	1,025	1,026	1,026	1,027	1,027	1,028	1,028
100	1,020	1,021	1,022	1,022	1,023	1,024	1,025	1,026	1,026	1,027	1,028
110	1,017	1,018	1,020	1,021	1,022	1,024	1,025	1,026	1,027	1,029	1,030
120	1,014	1,016	1,017	1,019	1,021	1,023	1,024	1,026	1,038	1,029	1,031
130	1,012	1,014	1,016	1,018	1,020	1,022	1,024	1,026	1,028	1,030	1,032
140	1,010	1,012	1,015	1,017	1,020	1,022	1,024	1,027	1,029	1,032	1,034
150	1,008	1,011	1,013	1,016	1,019	1,022	1,024	1,027	1,030	1,032	1,035
160	1,006	1,009	1,012	1,015	1,018	1,021	1,024	1,027	1,030	1,033	1,036
170	1,004	1,007	1,011	1,014	1,017	1,021	1,024	1,027	1,030	1,034	1,037
180	1,002	1,006	1,009	1,013	1,016	1,020	1,024	1,027	1,031	1,034	1,038

Kuusi 5 m - Spruce 5 m											
Tyvien osuus % - Butt percentage											
d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,074	1,071	1,067	1,064	1,061	1,058	1,054	1,051	1,048	1,044	1,041
70	1,062	1,060	1,057	1,055	1,052	1,050	1,047	1,045	1,042	1,040	1,037
80	1,050	1,048	1,046	1,045	1,043	1,041	1,039	1,037	1,036	1,034	1,032
90	1,042	1,041	1,040	1,038	1,037	1,036	1,035	1,034	1,032	1,031	1,030
100	1,035	1,035	1,034	1,034	1,033	1,033	1,032	1,032	1,031	1,031	1,030
110	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,030	1,030	1,030	1,030	1,030	1,030
120	1,024	1,025	1,025	1,026	1,026	1,027	1,028	1,028	1,029	1,029	1,030
130	1,020	1,021	1,022	1,023	1,024	1,026	1,027	1,028	1,029	1,030	1,031
140	1,016	1,018	1,019	1,021	1,022	1,024	1,025	1,027	1,028	1,030	1,031
150	1,012	1,014	1,016	1,018	1,020	1,022	1,024	1,026	1,028	1,030	1,032
160	1,009	1,011	1,014	1,016	1,019	1,021	1,023	1,026	1,028	1,031	1,033
170	1,007	1,010	1,012	1,015	1,017	1,020	1,023	1,025	1,028	1,030	1,033
180	1,005	1,008	1,011	1,014	1,017	1,020	1,022	1,025	1,028	1,031	1,034

Kuusi 6 m - Spruce 6 m
Tyvien osuus % - Butt percentage

d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,118	1,112	1,106	1,100	1,094	1,088	1,081	1,075	1,069	1,063	1,057
70	1,095	1,090	1,085	1,080	1,075	1,071	1,066	1,061	1,056	1,051	1,046
80	1,077	1,073	1,069	1,066	1,062	1,058	1,054	1,050	1,047	1,043	1,039
90	1,064	1,061	1,058	1,055	1,052	1,050	1,047	1,044	1,041	1,038	1,035
100	1,052	1,050	1,048	1,046	1,044	1,043	1,041	1,039	1,037	1,035	1,033
110	1,043	1,042	1,041	1,039	1,038	1,037	1,036	1,035	1,033	1,032	1,031
120	1,035	1,035	1,034	1,034	1,033	1,033	1,033	1,032	1,032	1,031	1,031
130	1,028	1,028	1,028	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,030	1,030	1,030
140	1,022	1,023	1,024	1,024	1,025	1,026	1,027	1,028	1,028	1,029	1,030
150	1,017	1,018	1,020	1,021	1,022	1,024	1,025	1,026	1,027	1,029	1,030
160	1,013	1,015	1,017	1,018	1,020	1,022	1,024	1,026	1,027	1,029	1,031
170	1,010	1,012	1,014	1,016	1,018	1,021	1,023	1,025	1,027	1,029	1,031
180	1,007	1,009	1,012	1,014	1,017	1,019	1,021	1,024	1,026	1,029	1,031

Mänty 3 m - Pine 3 m
Tyvien osuus % - Butt percentage

d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,012	1,019	1,025	1,032	1,038	1,045	1,051	1,058	1,064	1,071	1,077
70	1,010	1,017	1,023	1,030	1,037	1,044	1,050	1,057	1,064	1,070	1,077
80	1,008	1,015	1,022	1,029	1,036	1,043	1,049	1,056	1,063	1,070	1,077
90	1,007	1,014	1,021	1,028	1,035	1,042	1,049	1,056	1,063	1,070	1,077
100	1,005	1,012	1,019	1,027	1,034	1,041	1,048	1,055	1,063	1,070	1,077
110	1,004	1,011	1,019	1,026	1,033	1,041	1,048	1,055	1,062	1,070	1,077
120	1,003	1,010	1,018	1,025	1,033	1,040	1,047	1,055	1,062	1,070	1,077
130	1,002	1,010	1,017	1,025	1,032	1,040	1,047	1,055	1,062	1,070	1,077
140	1,001	1,009	1,016	1,024	1,031	1,039	1,047	1,054	1,062	1,069	1,077
150	1,001	1,009	1,016	1,024	1,031	1,039	1,047	1,954	1,062	1,069	1,077
160	1,001	1,009	1,016	1,024	1,031	1,039	1,047	1,054	1,062	1,069	1,077
170	1,001	1,009	1,016	1,024	1,031	1,039	1,047	1,054	1,062	1,069	1,077
180	1,001	1,009	1,016	1,024	1,031	1,039	1,047	1,054	1,062	1,069	1,077

Mänty 4 m - Pine 4 m
Tyvien osuus % - Butt percentage

d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,036	1,040	1,043	1,047	1,050	1,054	1,058	1,061	1,065	1,068	1,072
70	1,028	1,032	1,037	1,041	1,045	1,050	1,054	1,058	1,062	1,067	1,071
80	1,022	1,027	1,032	1,036	1,041	1,056	1,051	1,056	1,060	1,065	1,070
90	1,018	1,023	1,028	1,033	1,038	1,044	1,049	1,054	1,059	1,064	1,069
100	1,014	1,019	1,025	1,030	1,036	1,041	1,046	1,052	1,057	1,063	1,068
110	1,012	1,018	1,023	1,029	1,034	1,040	1,045	1,051	1,056	1,062	1,067
120	1,010	1,016	1,021	1,027	1,033	1,039	1,044	1,050	1,056	1,061	1,067
130	1,008	1,014	1,020	1,025	1,031	1,037	1,043	1,049	1,054	1,060	1,066
140	1,006	1,012	1,018	1,024	1,030	1,036	1,042	1,048	1,054	1,060	1,066
150	1,005	1,011	1,017	1,023	1,029	1,035	1,041	1,047	1,054	1,059	1,065
160	1,005	1,011	1,017	1,023	1,029	1,035	1,041	1,047	1,054	1,059	1,065
170	1,004	1,010	1,016	1,022	1,028	1,034	1,040	1,046	1,052	1,058	1,064
180	1,004	1,010	1,016	1,022	1,028	1,034	1,040	1,046	1,052	1,058	1,064

Mänty 5 m - Pine 5 m											
Tyvien osuus % - Butt percentage											
d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,064	1,065	1,066	1,067	1,068	1,070	1,071	1,072	1,073	1,074	1,075
70	1,050	1,052	1,054	1,057	1,059	1,061	1,063	1,065	1,068	1,070	1,072
80	1,039	1,042	1,045	1,048	1,051	1,055	1,058	1,061	1,064	1,067	1,070
90	1,031	1,035	1,038	1,042	1,045	1,059	1,053	1,056	1,060	1,063	1,067
100	1,035	1,038	1,041	1,044	1,047	1,050	1,053	1,056	1,059	1,062	1,065
110	1,021	1,025	1,030	1,034	1,038	1,043	1,047	1,051	1,055	1,060	1,064
120	1,017	1,022	1,026	1,031	1,035	1,040	1,045	1,049	1,054	1,058	1,063
130	1,015	1,020	1,024	1,029	1,034	1,039	1,043	1,048	1,053	1,057	1,062
140	1,013	1,018	1,023	1,027	1,032	1,037	1,042	1,047	1,051	1,056	1,061
150	1,011	1,016	1,021	1,026	1,031	1,036	1,041	1,046	1,051	1,056	1,061
160	1,010	1,015	1,020	1,025	1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,055	1,060
170	1,009	1,014	1,019	1,024	1,029	1,034	1,039	1,044	1,049	1,054	1,059
180	1,008	1,013	1,018	1,023	1,028	1,034	1,039	1,044	1,049	1,054	1,059

Mänty 6 m - Pine 6 m											
Tyvien osuus % - Butt percentage											
d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60	1,097	1,096	1,094	1,093	1,092	1,091	1,089	1,088	1,087	1,085	1,084
70	1,074	1,074	1,075	1,075	1,076	1,076	1,076	1,077	1,077	1,078	1,078
80	1,058	1,060	1,061	1,063	1,064	1,066	1,068	1,069	1,071	1,072	1,074
90	1,047	1,049	1,052	1,054	1,057	1,059	1,061	1,064	1,066	1,069	1,071
100	1,038	1,041	1,044	1,047	1,050	1,054	1,057	1,060	1,063	1,066	1,069
110	1,032	1,035	1,039	1,042	1,046	1,049	1,052	1,056	1,059	1,063	1,066
120	1,027	1,031	1,034	1,038	1,042	1,046	1,049	1,053	1,057	1,060	1,064
130	1,023	1,027	1,031	1,035	1,039	1,043	1,046	1,050	1,054	1,058	1,062
140	1,020	1,024	1,038	1,032	1,036	1,041	1,045	1,049	1,053	1,057	1,061
150	1,018	1,022	1,026	1,031	1,035	1,039	1,043	1,047	1,052	1,056	1,060
160	1,015	1,019	1,024	1,028	1,033	1,037	1,041	1,046	1,050	1,055	1,059
170	1,014	1,018	1,023	1,027	1,032	1,036	1,040	1,045	1,049	1,054	1,058
180	1,013	1,017	1,022	1,026	1,031	1,035	1,039	1,044	1,048	1,053	1,057

4. MENETELMIÄ LÄPIMITTAJAKAUMAN MUODON HUOMIOON OTTAMISEKSI

Mikäli otannalla ei selvitetä kuhunkin keskus- tai latvaläpimittaluokkaan kuuluvien pölkkyjen keskimääräistä tilavuutta, vaan käytetään erillisillä tutkimuksilla selvitettyjä keskiarvoja nykyisen pölkkymenetelmän tavoin, tulosten tarkkuuteen vaikuttaa läpimittajakauman muoto. Mikäli mitattavassa erässä jakauma on erilainen kuin muuntolukujen pohjana olevassa aineistossa, erityisesti pienten pölkkyjen ollessa kyseessä saattaa syntyä melkoisia tilavuusvirheitä teoreettisen tarkastelun mukaan. Käytännössä syntyvien virheiden suuruudesta ei ole tiettävästi tuloksia.

Nykyistä pölkkymenetelmää käytettäessä tiedetään periaatteessa, kuinka paljon pölkkyjä on luokissa 60...99 mm, 100...149 mm, 150...199 mm, jne. Todellisuudessa osa alimpaan luokkaan luetuista pölkkyistä on alamittaisia. Osuuden suuruusluokka lienee noin 3 % erään pohjoissuomalaisen koivuaineiston perusteella arvioituna (Kärkkäinen 1976a). Jakauman muodon selvittämistä helpottaa, jos tiedetään tai voidaan arvioida, kuinka paljon kyseisessä mittauserässä on alamittaisia pölkkyjä.

Läpimittajakauman muoto voidaan arvioida kahdella tavalla. Yksinkertaisinta on lähteä suoraan läpimittojen frekvenssijakaumasta ja olettaa, että kunkin luokan keskipisteessä on n_i/w pölkkyä (n_i on luokan pölkkyjen lukumäärä ja w luokkaväli). Tämän jälkeen voidaan yksinkertaisin graafisin menetelmin hahmotella jakauman muotoa ja sen vaikutusta luokan keskimääräiseen poikkipinta-alaan. Tällaista menetelmää on käytänyt mm. Nylinder (1959, liite 2).

Menetelmän heikkous on kuitenkin ilmeinen: ei ole tietoa, että tiheysfunktion saama arvo luokan keskipisteessä on juuri n_i/w . Jos oletamus ei pidä paikkaansa, saadaan epätydyttäviä tuloksia.

Varma tieto koskee sitä vastoin kumulatiivista jakaumaa, ts. tiedetään, kuinka monta pölkkyä on alle 60 mm (jos tiedetään alamittaisten pölkkyjen luku), alle 100 mm, alle 150 mm jne. Sitä vastoin ei ole tiedossa, kuinka summakäyrä kulkee havaintopistei-

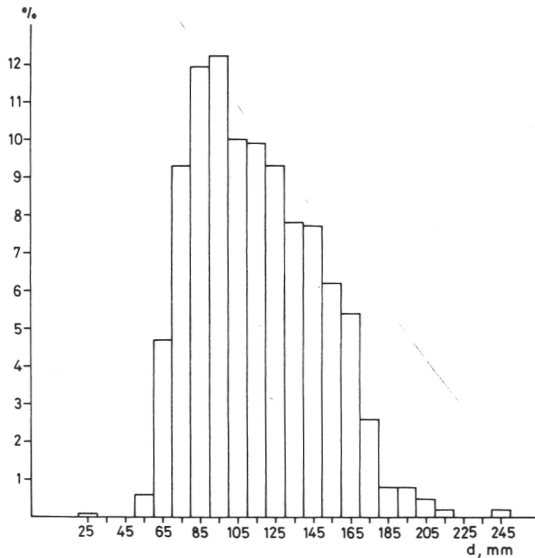
den välillä ja kuinka pieniä ovat pienimmät alamittaiset pölkkyt.

Seuraavassa esitetään aluksi menetelmä jakauman muodon huomioon ottamiseksi alle 150 mm pölkkyjen ollessa kyseessä. Pitäytyminen aluksi pelkästään pieniin pölkkyihin johtuu yksinkertaisuustavoitteen lisäksi siitä, että suuria pölkkyjä on yleensä niin vähän, ettei niiden perusteella voida hahmotella todellista jakaumaa pienissä mittauserissä, vaan pitää tyytyä karkeaan interpolointiin. Lisäksi suurten pölkkyjen ollessa kyseessä jakauman muodon vaikutus on vähemmän tärkeä. Alle 150 mm pölkkyjä on yleensä yli 80 % (esim. Kärkkäinen 1976a). Käsillä olevan tutkimuksen aineistossa pienten pölkkyjen osuudet olivat seuraavat.

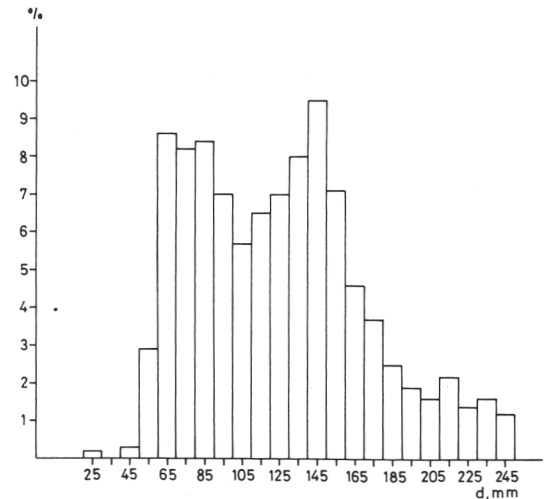
Puutavaralaji	Latvaläpimitaltaan alle 150 mm pölkkyjä, %
Koivu, 2 m	85
Koivu, 3 m	93
Kuusi, 2 m	86
Kuusi, 3 m	92
Mänty, 2 m	93
Mänty, 3 m	97
Leppä, 3 m	100
Haapa, 3 m	82

Pölkkyosuuksista voidaan päätellä, että pölkyn pituuden kasvaessa pienten pölkkyjen osuus kohoaa, kuten on luonnollista olettaakin. Samoin voidaan päätellä, että tukin minimiläpimitan aletessa pienten pölkkyjen osuus kasvaa. Tämä selittää jaotelman osoittaman kuusen ja männyn eron. Pienikasvuilla puilla suuria pölkkyjä ei ole (leppä), ja jos lahoisuus on yleistä, pienten pölkkyjen osuus vähenee (haapa).

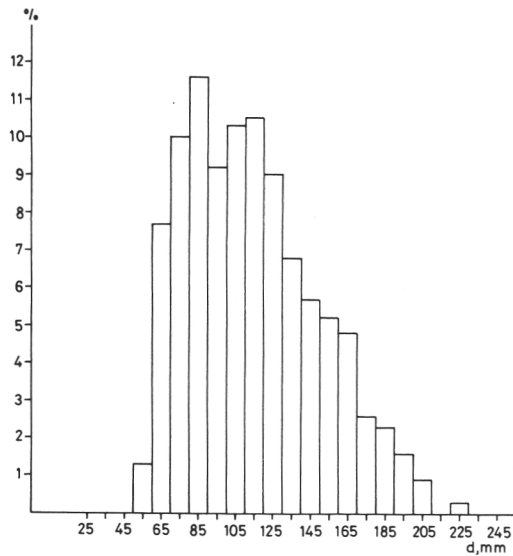
Kuvissa 31...37 on esitetty eri puutavarylajien latvaläpimittojen frekvenssijakaumat. Lehtipuilla jakaumat olivat selvästi yksihuippuisia, eikä jakauman tasoittamisessa ole tällöin yleensä ongelmia. Sitä vastoin havupuilla on merkkejä kaksihuippuisuudesta. Kolmimetrisellä männyllä ilmiö on erityisen selvä: tavanomaisen kuitupuun lisäksi aineistossa oli tyveyksiä ja välileikkoja, jotka oli poistettu ilmeisesti laatuvaatimusten takia tukkipuurongoista kuitupuun joukkoon.



Kuva 31. Kaksimetristen koivupölkkyjen latvaläpimittojen frekvenssijakauma.
Fig. 31. Frequency distribution of 2 m long birch bolts according to the top diameter.



Kuva 33. Kolmimetristen kuusipölkkyjen latvaläpimittojen frekvenssijakauma.
Fig. 33. Frequency distribution of 3 m long spruce bolts according to the top diameter.



Kuva 32. Kolmimetristen koivupölkkyjen latvaläpimittojen frekvenssijakauma.
Fig. 32. Frequency distribution of 3 m long birch bolts according to the top diameter.

Jakaumien kaksihuippuisuudesta seuraa, että käytettäessä karkeaa luokitusta pölkky-menettelmän tavoin muotoa ei saada tarkoin arvioiduksi. Avoin kysymys on, missä määrin tästä on haittaa.

Jäljempänä johdetaan menetelmä jakauksen muodon huomioon ottamiseksi. Merkinnot ovat seuraavat.

N_0 = alamittaisten (läpimitta alle x_0) pölkkyjen lukumäärä, kpl

N_1 = läpimitaltaan alle x_1 olevien pölkkyjen lukumäärä

N_2 = läpimitaltaan alle x_2 olevien pölkkyjen lukumäärä

Kyseessä ovat siis kumulatiivisen jakauksen arvot.

Alkulähtökohdaksi voidaan ottaa nykyiset pölkky-menettelmän rajat, jolloin $x_0 = 60$, $x_1 = 100$ ja $x_2 = 150$ mm. Kun kumulatiivinen jakauma tasoitetaan toisen asteen yhtälöllä $N = a + bx + cx^2$, saadaan seuraava yhtälöryhmä.

$$(24) \quad \begin{aligned} a + 60b + 3600c &= N_0 \\ a + 100b + 10000c &= N_1 \\ a + 150b + 22500c &= N_2 \end{aligned}$$

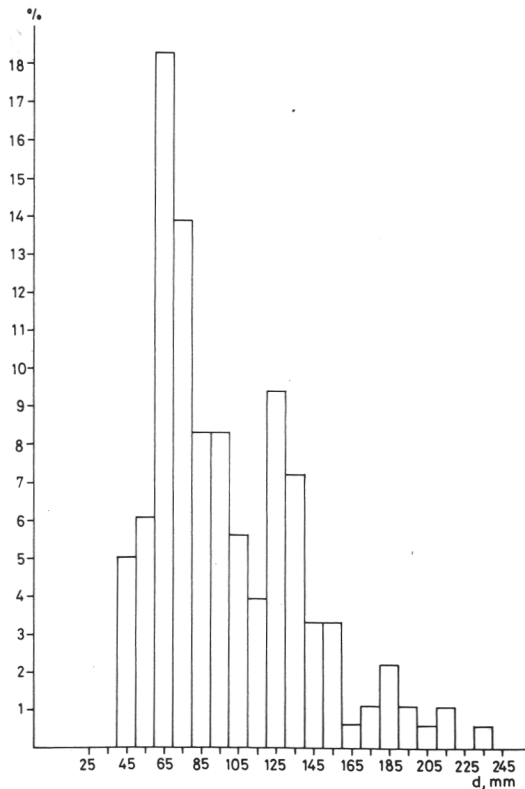
Yhtälöryhmän ratkaisu on kaavoina (25) ... (27).

$$(25) \quad a = \frac{25N_0 - 27N_1 + 8N_2}{6}$$

$$(26) \quad b = \frac{-125N_0 + 189N_1 - 64N_2}{1800}$$

$$(27) \quad c = \frac{5N_0 - 9N_1 + 4N_2}{18000}$$

Kun kumulatiivinen jakauma oli $N = a + bx + cx^2$, frekvenssijakauma saadaan deri-



Kuva 34. Kaksimetristen mäntypölkkyjen latvaläpimittojen frekvenssijakauma.

Fig. 34 Frequency distribution of 2 m long pine bolts according to the top diameter.

voimalla. Näin ollen on

$$(28) \quad N' = b + 2cx$$

Tarkastellaan läpimittaluokkaa pisteestä x_A pisteeseen x_B . Tähän luokkaan kuuluvien pölkkyjen lukumäärä M saadaan integroimalla (28) pisteestä x_A pisteeseen x_B .

$$(29) \quad M = \int_{x_B}^{x_A} N' = \int_{x_B}^{x_A} bx + cx^2 = b(x_A - x_B) + c(x_A^2 - x_B^2)$$

Vastaavasti saadaan kyseisen luokan pölkkyjen yhteinen poikkipinta-ala ottamalla huomioon, että yksittäisen pölkyn poikkipinta-ala $A = \pi x^2/4$. Tällöin yhteinen poikkipinta-ala A_x saadaan integroimalla

$$(30) \quad A_x = \int_{x_B}^{x_A} (b + 2cx) \cdot \pi x^2/4 dx = \frac{\pi}{4} \int_{x_B}^{x_A} bx^2 + 2cx^3 = \frac{\pi}{4} \left[\frac{b}{3}(x_A^3 - x_B^3) + \frac{c}{2}(x_A^4 - x_B^4) \right]$$

Em. integraalin on aiemmin esittänyt Nylander (1959, liite 2).

Kun aiemmin todetun mukaisesti keskitytään alimpiin läpimittaluokkiin, tehdään seuraavat sijoitukset eri luokkien poikkipinta-alojen saamiseksi.

Luokka	Sijoitus	
	x_A	x_B
Alamittaiset pölkkyt	60	0
60...99	100	60
100...149	150	100
Alle 150 mm pölkkyt	150	60

Kun parametrit b ja c ilmoitetaan pölkkyjen lukumäärän funktiona (kaavat (26) ja (27)), saadaan seuraavat kaavat eri luokkien pölkkyjen poikkipinta-alan laskemiseksi, kun mm^2 muunnetaan dm^2 :ksi. — Yhtälön ensimmäinen muoto on matemaattisesti tarkka, jälkimmäinen pyöristetty.

Luokan 60...99 mm pölkkyjen poikkipinta-ala, dm^2

$$(31) \quad A_1 = \frac{0,0020\pi}{27} (-2045N_0 + 1917N_1 + 128N_2) = -0,4759N_0 + 0,4461N_1 + 0,0298N_2$$

Luokan 100...149 mm pölkkyjen poikkipinta-ala, dm^2

$$(32) \quad A_2 = \frac{0,0625\pi}{216} (125N_0 - 1593N_1 + 1468N_2) = 0,1136N_0 - 1,4481N_1 + 1,3344N_2$$

Kaikkien luokkien pölkkyjen (60...149 mm) poikkipinta-ala, dm^2

$$(33) \quad A_3 = \frac{0,0045\pi}{8} (-205N_0 - 567N_1 + 772N_2) = -0,3623N_0 - 1,0020N_1 + 1,3642N_2$$

Seuraava esimerkki selvittänee parhaiten, miten erilaisia tuloksia saadaan.

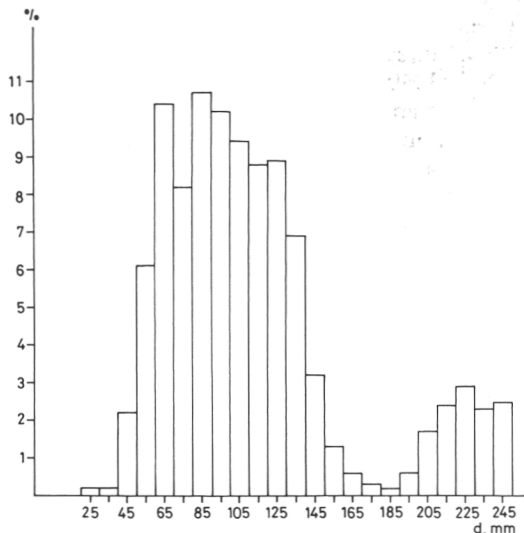
Esimerkinä on kolmimetrisen kuusikuitupuu, jota oli seuraavasti

Alle 60 mm pölkkyjä (= alamittaisia)	79 (= N_0)
Alle 100 mm pölkkyjä	79 + 806 = 885 (= N_1)
Alle 150 mm pölkkyjä	79 + 806 + 774 = 1659 (= N_2)

Kun N_0 , N_1 ja N_2 sijoitetaan kaavoihin (26) ja (27) saadaan

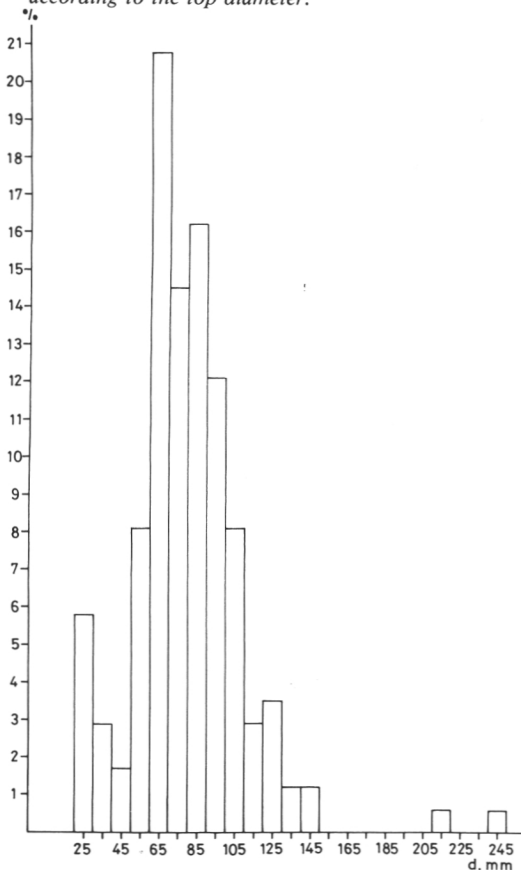
$$b = 28,45222... \\ c = -0,051888...$$

Tarkistuksen vuoksi voidaan todeta sijoittamalla kaavaan (29) $x_A = 100$ ja $x_B = 60$ sekä em. a ja b , että integraali saa arvon



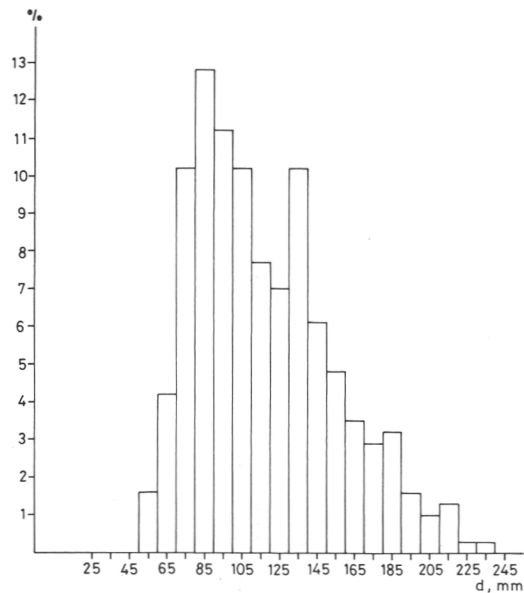
Kuva 35. Kolmimetristen mäntypölkkyjen latvaläpimittojen frekvenssijakauma.

Fig. 35. Frequency distribution of 3 m long pine bolts according to the top diameter.



Kuva 36. Kolmimetristen leppäpölkkyjen latvaläpimittojen frekvenssijakauma.

Fig. 36. Frequency distribution of 3 m long alder bolts according to the top diameter.



Kuva 37. Kolmimetristen haapapölkkyjen latvaläpimittojen frekvenssijakauma.

Fig. 37. Frequency distribution of 3 m long aspen bolts according to the top diameter.

806. Vastaavasti sijoittamalla $x_A = 150$ ja $x_B = 100$ saadaan arvo 774. Parametrit a ja b on siis laskettu oikein, koska tulokseksi saatiin alkuperäiset pölkkyjen lukumäärät.

Poikkipinta-aloiksi saadaan kaavoilla (31), (32) ja (33) seuraavat tulokset. Jakamalla yhteinen poikkipinta-ala kyseisen luokan pölkkyluvulla saadaan myös keskimääräinen poikkipinta-ala sekä siitä sitä vastaava läpimitta.

$$A_1 = 406,62 \text{ dm}^2, \text{ keskiarvo } 0,50 \text{ dm}^2, d = 80,2 \text{ mm}$$

$$A_2 = 941,28 \text{ dm}^2, \text{ keskiarvo } 1,22 \text{ dm}^2, d = 124,4 \text{ mm}$$

$$A_3 = 1237,90 \text{ dm}^2, \text{ keskiarvo } 0,85 \text{ dm}^2, d = 104,2 \text{ mm}$$

Edellä kuvattu menetelmä on joustava: esitetyillä integrointikaavoilla on helppo arvioida eri läpimittojen välillä olevien pölkkyjen lukumäärä sekä laskea vastaavat poikkipinta-alat. Vaihteleva minimiläpimitta voidaan ottaa huomioon lähtemällä alkuperäisistä yhtälöistä (24).

Taulukkoon 2 on koottu kaavat parametreille a, b ja c sekä pinta-alakaavat poikkipinta-aloille A_1 , A_2 ja A_3 (ks. kaavat (31)... (33)), kun minimiläpimitta on 40, 50, 60 tai 70 mm ja muut rajaläpimitat 100 ja 150 mm.

Koska eräissä sovellutuksissa on helpompaa laskea tulokset mieluummin alkuperäisissä läpimittaluokissa olevien pölkkyjen

Taulukko 2. Yhtälön $N = a + bx + cx^2$ parametrien a , b ja c sekä pinta-alojen A_1 , A_2 ja A_3 ratkaisut minimiläpimitan vaihdellessa.

Table 2. *Parameters a, b, and c in the equation $N = a + bx + cx^2$ and solutions for the cross-sectional areas as the minimum diameter of the bolts varies.*

Minimiläpimita Minimum diameter, mm	Parametri Parameter	Yhtälö — Equation
40	a	$a = 1/11 (25 N_0 - 22 N_1 + 8 N_2)$
	b	$b = 1/3300 (-125 N_0 + 209 N_1 - 84 N_2)$
	c	$c = 1/33000 (5 N_0 - 11 N_1 + 6 N_2)$
	A_1	$A_1 = 0,0200\pi/99(-409N_0 + 253N_1 + 156N_2)$
	A_2	$A_2 = 0,0625\pi/396(125N_0 - 2783N_1 + 2658N_2)$
	A_3	$A_3 = 0,0675\pi/44(-41N_0 - 253N_1 + 294N_2)$
50	a	$a = 3 N_0 - 3 N_1 + N_2$
	b	$b = 1/100(-5 N_0 + 8 N_1 - 3 N_2)$
	c	$c = 1/5000(N_0 - 2 N_1 + N_2)$
	A_1	$A_1 = 0,0008\pi/3(-409N_0 + 328N_1 + 81N_2)$
	A_2	$A_2 = 0,0625\pi/12(5N_0 - 86N_1 + 81N_2)$
	A_3	$A_3 = 0,0081\pi/4(-41N_0 - 178N_1 + 219N_2)$
60	a	$a = 1/6 (25 N_0 - 27 N_1 + 8 N_2)$
	b	$b = 1/1800 (-125 N_0 + 189 N_1 - 64 N_2)$
	c	$c = 1/18000 (5 N_0 - 9 N_1 + 4 N_2)$
	A_1	$A_1 = 0,0020\pi/27 (-2045 N_0 + 1917 N_1 + 128 N_2)$
	A_2	$A_2 = 0,0625\pi/216 (125 N_0 - 1593 N_1 + 1468 N_2)$
	A_3	$A_3 = 0,0045\pi/8 (-205 N_0 - 567 N_1 + 772 N_2)$
70	a	$a = 1/4 (25 N_0 - 28 N_1 + 7 N_2)$
	b	$b = 1/1200 (-125 N_0 + 176 N_1 - 51 N_2)$
	c	$c = 1/12000 (5 N_0 - 8 N_1 + 3 N_2)$
	A_1	$A_1 = 0,0010\pi/9 (-2045 N_0 + 2096 N_1 - 51 N_2)$
	A_2	$A_2 = 0,0625\pi/144 (125 N_0 - 1112 N_1 + 987 N_2)$
	A_3	$A_3 = 0,0135\pi/16 (-205 N_0 - 296 N_1 + 501 N_2)$

Selitykset:

- A_1 = Läpimitaltaan minimiläpimitan ja 99 mm välillä olevien pölkkyjen poikkipinta-ala, dm^2
- A_2 = Läpimitaltaan 100...149 mm olevien pölkkyjen poikkipinta-ala, dm^2
- A_3 = Läpimitaltaan minimiläpimitan ja 149 mm välillä olevien pölkkyjen lukumäärä
- N_0 = Alamittaisten (raja 40, 50, 60 tai 70 mm) pölkkyjen lukumäärä
- N_1 = Alle 100 mm olevien pölkkyjen lukumäärä (ml. alamittaiset pölkkyt)
- N_2 = Alle 150 mm olevien pölkkyjen lukumäärä
- N = Läpimittaa x (mm) pienempien pölkkyjen lukumäärä

Explanations:

- A_1 = Cross-sectional area of the bolts with the diameter between the minimum diameter and 99 mm, dm^2
- A_2 = As above, diameter 100...149 mm
- A_3 = As above, diameter minimum diameter and 149 mm
- N_0 = Number of undersized bolts (minimum diameter 40, 50, 60, or 70 mm)
- N_1 = Number of bolts with the diameter under 100 mm (incl. undersized bolts, i.e. N = cumulative frequency)
- N_2 = Number of bolts with the diameter under 150 mm (cumulative frequency)
- N = Number of bolts under x (mm) in diameter

Example: The lot consisted of 1659 bolts. Of them, 79 were undersized (minimum diameter 60 mm). 885 under 100 mm, and 1659 under 150 mm. What is the cross-sectional area of the approved bolts (number 1659 - 79 = 1580).

$$\text{Answer: } A_3 = 0,0045\pi/8(-205 \cdot 79 - 567 \cdot 885 + 772 \cdot 1659) = 1347,9 \text{ dm}^2 \text{ or } 0,85 \text{ dm}^2 \text{ per bolt}$$

lukumäärien perusteella kuin kumulatiivisten frekvenssien perusteella, taulukkoon 3 on laskettu taulukkoa 2 vastaavat yhtälöt alkuperäisiä pölkkyjen lukumääriä käyttäen. Taulukkojen välinen riippuvuus perustuu luonnollisesti siihen, että $N_0 = n_0$, $N_1 = n_0 + n_1$, $N_2 = n_0 + n_1 + n_2$, jossa n_0 = alamittaisten pölkkyjen lukumäärä, n_1 luokassa 60...99 mm olevien pölkkyjen lukumäärä ja n_2 luokassa 100...149 mm olevien pölkkyjen määrä.

Edellä olevassa menetelmän kuvauksessa ei ole kiinnitetty mitään huomiota alamittaisten pölkkyjen poikkipinta-alan laskentaan eikä niitä ole otettu mukaan tilavuu-teen. Itse asiassa alamittaiset pölkkyt eivät edes vaikuta saataviin tuloksiin muuten kuin siten, että mitattaessa tietty määrä pölkkyjä alamittaisten pölkkyjen lisääntyminen merkitsee niiden vähenemistä seuraavassa luokassa. Tämä lienee käytännössä tosin yleisin tapaus. Sitä vastoin jos ala-

Taulukko 3. Yhtälön $N = a + bx + cx^2$ parametrien a , b ja c sekä pinta-alojen A_1 , A_2 ja A_3 ratkaisut minimiläpimitan vaihdellessa. Selitykset kuten taulukossa 2.

Table 3. *Parameters a, b, and c in the equation $N = A + bx + cx^2$ and solutions for the cross-sectional areas as the minimum diameter of the bolts varies. Explanations as in Table 2.*

Minimiläpimita Minimum diameter mm	Parametri Parametre	Yhtälö — Equation
40	a	$a = 1/11 (11 n_0 - 14 n_1 + 8 n_2)$
	b	$b = 1/3300 (125 n_1 - 84 n_2)$
	c	$c = 1/33000 (-5 n_1 + 6 n_2)$
	A_1	$A_1 = 0,0200\pi/99 (409 n_1 + 156 n_2)$
	A_2	$A_2 = 0,0625\pi/396 (-125 n_1 + 2658 n_2)$
	A_3	$A_3 = 0,0675\pi/44 (41 n_1 + 294 n_2)$
50	a	$a = n_0 - 2 n_1 + n_2$
	b	$b = 1/100 (5 n_1 - 3 n_2)$
	c	$c = 1/5000 (-n_1 + n_2)$
	A_1	$A_1 = 0,0008\pi/3 (409 n_1 + 81 n_2)$
	A_2	$A_2 = 0,0625\pi/12 (-5 n_1 + 81 n_2)$
	A_3	$A_3 = 0,0081\pi/4 (41 n_1 + 219 n_2)$
60	a	$a = 1/6 (6 n_0 - 19 n_1 + 8 n_2)$
	b	$b = 1/1800 (125 n_1 - 64 n_2)$
	c	$c = 1/18000 (-5 n_1 + 4 n_2)$
	A_1	$A_1 = 0,0020\pi/27 (2045 n_1 + 128 n_2)$
	A_2	$A_2 = 0,0625\pi/216 (-125 n_1 + 1468 n_2)$
	A_3	$A_3 = 0,0045\pi/8 (205 n_1 + 772 n_2)$
70	a	$a = 1/4 (4 n_0 - 21 n_1 + 7 n_2)$
	b	$b = 1/1200 (125 n_1 - 51 n_2)$
	c	$c = 1/12000 (-5 n_1 + 3 n_2)$
	A_1	$A_1 = 0,0010\pi/9 (2045 n_1 - 51 n_2)$
	A_2	$A_2 = 0,0625\pi/144 (-125 n_1 + 987 n_2)$
	A_3	$A_3 = 0,0135\pi/16 (205 n_1 + 501 n_2)$

n_0 = alamittaisten pölkkyjen lukumäärä (raja 40, 50, 60 tai 70 mm)

n_1 = seuraavassa läpimitaluokassa (yläraja 99 mm) olevien pölkkyjen lukumäärä

n_2 = luokassa 100...149 mm olevien pölkkyjen lukumäärä.

n_0 = Number of undersized bolts (minimum diameter 40, 50, 60, or 70 mm)

n_1 = Number of bolts in the following diameter class (maximum diameter 99 mm)

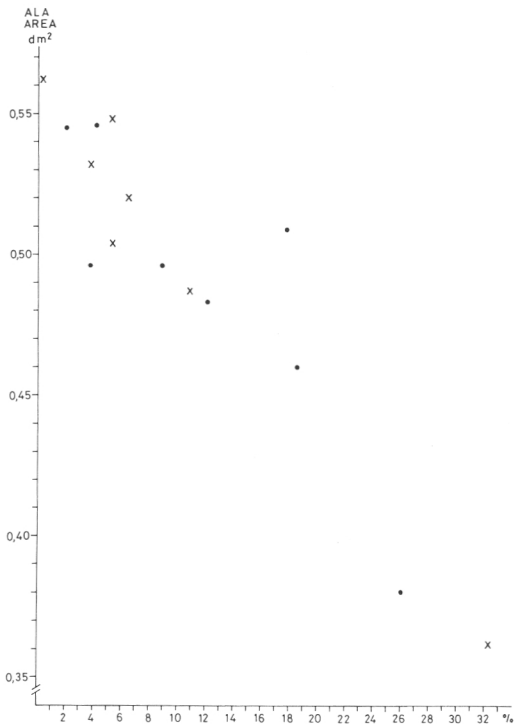
n_2 = Number of bolts with the diameter 100...149 mm.

mittaisten pölkkyjen määrä lisääntyy sen takia, että muutoin hakkuutähteiksi jäävistä pienistä rungon osista tehdään pölkkyjä, jakauman muoto pysyy samana. Tämä ilmenee, kun tarkastellaan kaavoja parametrien b ja c laskemiseksi: osoittajassa on lukujen N_0 , N_1 ja N_2 kertoimien summa nolla. Näin ollen jos luvut N_0 , N_1 ja N_2 kasvavat saman verran, kuten tapahtuu lisättäessä alamittaisia pölkkyjä mittauserään, jakauman muoto ei muutu. Vastaavasti pinta-alojen kaavoissa em. pölkkylukujen kertoimien summa on nolla: ylimääräisten alamittaisten pölkkyjen tulo mittauserään ei vaikuta täysikokoisten pölkkyjen tuloksiin. — Vielä selvemmin tämä näkyy taulukosta 3: alamittaisten pölkkyjen lukumäärä n_0 ei ole pinta-alaan vaikuttava tekijä.

Tulosten riippumattomuus alamittaisista pölkkyistä on matemaattisesti hyvin perusteltavissa, mutta käytännölliset näkökohdat puoltavat ajatusta, että alamittaisten pölk-

kyjen tulisi vaikuttaa tuloksiin laajemmin. Voidaan ajatella, että jos hakkuumies välttää tarkoin alamittaisten pölkkyjen tekoa, hänellä on pienimpiä täysimittaisia pölkkyjä suhteellisesti vähemmän kuin toisella hakkuumiehellä, joka ei pidä niin tarkkaa lukua. Samoin voidaan ajatella, että jos jostakin puustosta tulee runsaasti alamittaisia pölkkyjä, täysimittaisista alimman luokan pölkkyistä on tavallista suurempi osa luokan alarajan läheisyydessä. Näin ollen luokan pölkkyjen keskikoko pienenee.

Käsillä olevan tutkimuksen tulokset tukevat ajatusta, että alamittaisten pölkkyjen osuus vaikuttaa pienimpien täysimittaisien pölkkyjen keskimääräiseen poikkipinta-alaan (kuva 38). Mitä suurempi on alamittaisten pölkkyjen osuus alle 100 mm pölkkyistä, sen alhaisempi on luokan 60...99 mm pölkkyjen keskimääräinen latvapoikkileikkaus. Kuvassa kukin havainto edustaa yhtä puutavaralajia. Samanlaisia tuloksia saatiin



Kuva 38. Latvaläpimitaltaan 60...99 mm pölkkyjen latvaleikkauksen keskimääräisen poikkipinta-alan riippuvuus siitä, kuinka paljon läpimitaltaan 0...99 mm olevista pölkkyistä on alle 60 mm. Risti = tyvipölkkyt, piste = muut pölkkyt.

Fig. 38. Average cross-sectional area of the bolts with a top diameter of 60...99 mm according to the percentage of undersized bolts (diameter under 60 mm) in all bolts with a diameter under 100 mm. Cross = butt bolts, dot = other bolts.

myös samasta puutavaralajista esim. palktoittaisessa vertailussa.

Ilmeistä on, että kuvatulla jakaumailmiöllä voi olla huomattava käytännöllinen merkitys, olihan kuvassa 38 pienin poikkipinta-ala yli 35 % alhaisempi kuin suurin. Mainittakoon, että pienin ala oli kaksimetrisissä kuusen tyvipölkkyissä (luokan 60...99 mm latvapinta-ala keskimäärin 0,362 dm²) ja suurin kaksimetristen koivujen tyvipölkkyissä (keskim. 0,563 dm²). Puutavaralajit eivät ole kuitenkaan olennaisia, vaan se, millaista todellista minimiläpimittaa käytetään.

Väärinkäsityksen välttämiseksi korostetaan, ettei alamittaisia pölkkyjä otettu huomioon. Jos ne lasketaan mittavaatimukset täyttäviin, ero oli em. tapauksessa yli 40 %. Näin suuria eroja voi esiintyä myös

käytännössä, ellei huomiota kiinnitetä minimiläpimittojen noudattamiseen.

Jotta alamittaisia pölkkyjä voitaisiin käyttää jakauman muodon ohjaamiseen, tarvitaan sovelletun minimiläpimitan lisäksi tieto siitä, mitä pienempiä alamittaisia pölkkyjä ei ole lainkaan. Empiiristen tietojen keräystä ei voitane käytännössä ajatella. Useimpiin sovellutuksiin riittänee, että valitaan jokin raja, jota pienempien pölkkyjen todennäköisyys katsotaan merkityksettömän vähäiseksi. Mm. käsillä olevan tutkimuksen aineisto (kuvat 31...37) viittaa siihen, että 60 mm minimiläpimittaa käytettäessä raja voi olla 40 mm: sitä pienemmät pölkkyt ovat todella harvinaisia.

Jos edelleen keskitytään alle 150 mm pölkkyihin, summakäyrä saadaan kuvatuksi kolmannen asteen polynomilla $N = a + bx + cx^2 + dx^2$. Parametrien a, b, c ja d määrittämiseksi kirjoitetaan seuraava yhtälöryhmä.

$$(34) \begin{aligned} 0 &= a + 40b + 40^2c + 40^3d \\ N_0 &= a + 60b + 60^2c + 60^3d \\ N_1 &= a + 100b + 100^2c + 100^3d \\ N_2 &= a + 150b + 150^2c + 150^3d \end{aligned}$$

Parametrien ratkaisut ovat seuraavat.

$$(35) \quad a = \frac{-275N_0 + 99N_1 - 16N_2}{33}$$

$$(36) \quad b = \frac{6875N_0 - 2871N_1 + 495N_2}{19800}$$

$$(37) \quad c = \frac{-319N_0 + 165N_1 - 32N_2}{79200}$$

$$(38) \quad d = \frac{55N_0 - 33N_1 + 8N_2}{3960000}$$

Vastaavalla tavalla kuin aiemmin saadaan johdetuksi kaava, joka osoittaa läpimittojen x_A ja x_B välillä olevien pölkkyjen yhteisen poikkipinta-alan A.

$$(39) \quad A_x = \frac{\pi}{4} \left[\frac{b}{3} (x_A^3 - x_B^3) + \frac{c}{2} (x_A^4 - x_B^4) + \frac{3d}{5} (x_A^5 - x_B^5) \right]$$

Eri läpimittaluokkien pölkkyjen pinta-alojen laskemiseksi tehdään samat sijoitukset kuin aiemmin. Näin ollen saadaan seuraavat tulokset, kun A_1 = läpimittaluokka 60...99 mm, A_2 luokka 100...149 mm ja A_3 = luokka 150...60 mm eli kaikki hyväksytyt pölkkyt. Ensimmäinen muoto on matemaattisesti tarkka, jälkimmäinen pyöristetty.

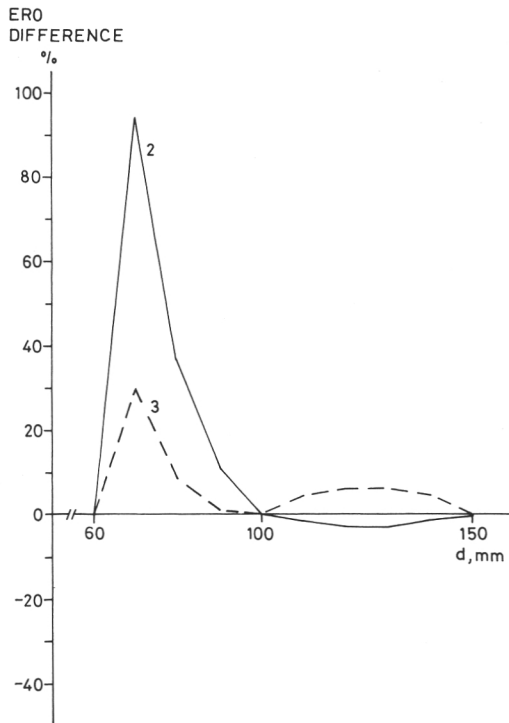
$$(40) A_1 = \frac{\pi}{742500} (-142835N_0 + 123651N_1 + 2624N_2) = -0,6043N_0 + 0,5232N_1 + 0,0111N_2$$

$$(41) A_2 = \frac{0,0625\pi}{4752} (11825N_0 - 40491N_1 + 33616N_2) = 0,4886N_0 - 1,673N_1 + 1,3890N_2$$

$$(42) A_3 = \frac{\pi}{47520000} (951665N_0 - 17261739N_1 + 21162064N_2) = 0,0629N_0 - 1,1412N_1 + 1,3990N_2$$

Sovellutusten kannalta on luonnollisesti kiintoisaa, kumpi ehdotetuista menetelmistä antaa parempia tuloksia. Tällöin on selvitettävä, kuinka hyvin toisen tai kolmannen asteen yhtälö tasoittaa kumulatiivisen läpimittajakauman, sekä laskettava, kumpi menetelmä antaa poikkipinta-alalle lähinnä oikean arvon.

Läpimittajakauman osalta on selvää, että kumpikin tasoituskäyrä kulkee tiedossa olevien havaintopisteiden kautta, ts. molemmilla menetelmillä tulee oikea kumulatiivinen tulos läpimitoille 60, 100 ja 150 mm.

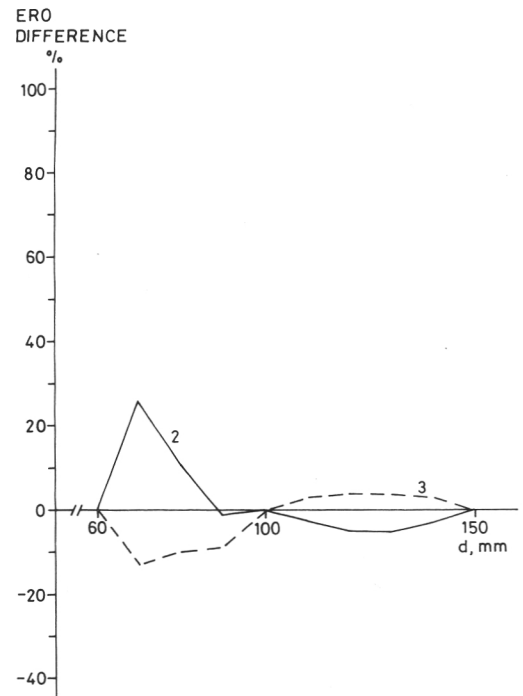


Kuva 39. Toisen (2) tai kolmannen (3) asteen yhtälöllä ennustetun ja havaitun pölkkyluvun ero kumulatiivisessa jakaumassa prosentteina jälkimmäisestä latvaläpimitan mukaan kaksimetrisissä koivupölkkyissä.

Fig. 39. Difference between the predicted and observed number of bolts in the cumulative frequency curve in per cent of the observed value. The prediction was based on a curve of the second (2) or third (3) degree. Two metre long birch bolts.

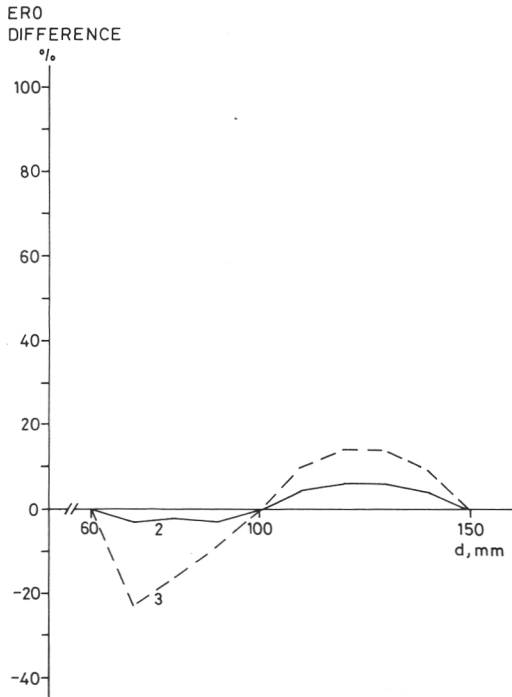
Muuta ei käytännössä voidakaan todeta, koska enempiä kontrollointimahdollisuuksia ei ole. Käsillä olevan tutkimuksen aineistosta voidaan kuitenkin laskea ennustetut ja havaitut arvot myös läpimitoille 70, 80, 90 mm, jne.

Kuvissa 39...42 on esitetty tärkeimpiä puutavaralajeja koskevat tulokset kumulatiivisesta latvaläpimittojen jakaumasta, kun y-akselilla on esitetty ennustetun ja havaitun kumulatiivisen arvon ero prosentteina havaitusta arvosta. Koivulla toisen asteen yhtälö poikkesi enemmän todellisesta jakaumasta



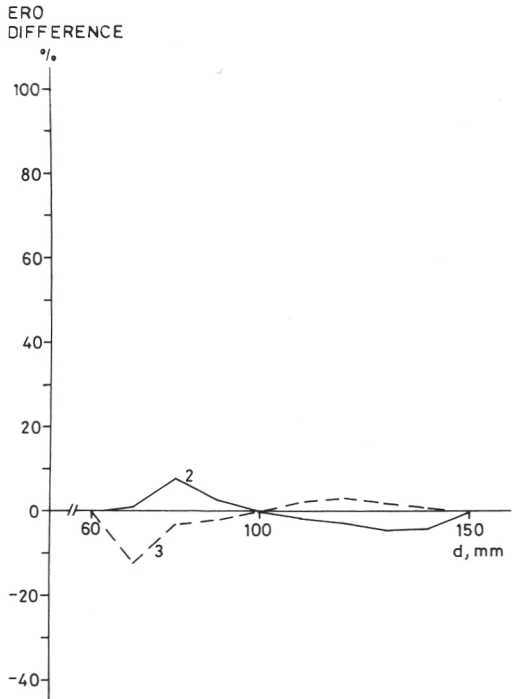
Kuva 40. Toisen (2) tai kolmannen (3) asteen yhtälöllä ennustetun ja havaitun pölkkyluvun ero kumulatiivisessa jakaumassa prosentteina jälkimmäisestä latvaläpimitan mukaan kolmimetrisissä koivupölkkyissä.

Fig. 40. Difference between the predicted and observed number of bolts in the cumulative frequency curve in per cent of the observed value. The prediction was based on a curve of the second (2) or third (3) degree. Three metre long birch bolts.



Kuva 41. Toisen (2) tai kolmannen (3) asteen yhtälöllä ennustetun ja havaitun pölkkyluvun ero kumulatiivisessa jakaumassa prosentteina jälkimmäisestä latvaläpimitan mukaan kolmimetrisissä kuusipölkkyissä.

Fig. 41. Difference between the predicted and observed number of bolts in the cumulative frequency curve in per cent of the observed value. The prediction was based on a curve of the second (2) or third (3) degree. Three metre long spruce bolts.



Kuva 42. Toisen (2) tai kolmannen (3) asteen yhtälöllä ennustetun ja havaitun pölkkyluvun ero kumulatiivisessa jakaumassa prosentteina jälkimmäisestä latvaläpimitan mukaan kolmimetrisissä mäntypölkkyissä.

Fig. 42. Difference between the predicted and observed number of bolts in the cumulative frequency curve in per cent of the observed value. The prediction was based on a curve of the second (2) or third (3) degree. Three metre long pine bolts.

kuin kolmannen asteen yhtälö, mutta kolmimetrisellä kuusella tilanne oli päinvastainen. Kolmimetrisellä mänyllä ei ollut juuri eroa. Selvää johtopäätöstä menetelmien paremmuudesta ei voi siis tehdä. — Erot olivat yleensä suurempia koivulla kuin havupuilla. Prosentteina ilmoitettuina erot olivat luonnollisesti suurempia jakauman alku- kuin loppupäässä.

Ennustetusta ja havaitusta läpimittaluokan 60...149 mm latvaleikkauksien pinta-alasta tulokset laskettiin erikseen tyvipölkkyille ja muille pölkkyille, jotta saataisiin erilaista vertailumateriaalia. Tulokset olivat taulukon 4 mukaiset, kun ennustettu pinta-ala laskettiin alamittaisten pölkkyjen (raja 60 mm) lukumäärän (N_0) sekä alle 100 mm (N_1) ja alle 150 mm (N_2) olevien pölkkyjen lukumäärän perusteella aiemmin esitetyillä kaavoilla.

Taulukosta 4 havaitaan, että toisen asteen tasoitusyhtälöön perustuva poikkipinta-alan kaava (33) antoi yleensä osuvampia tuloksia kuin kolmannen asteen yhtälöön perustuva kaava (42). Tavanomaisessa tapauksessa, jolloin tyvipölkkyjä ei eroteta muista pölkkyistä, osuvuus oli parempi kuin erottamalla pölkkyajat. Mahdollisesti tämä heijastaa vain pölkkyjen lukumäärän kasvun aiheuttamaa jakauman tasoittumista, joskin myös toisenlaiset selitykset ovat mahdollisia. Olennaista kuitenkin on se, että poikkipinta-alasta saadut tulokset olivat erittäin lähellä oikeaa ottaen huomioon tehtävän vaikeuden, kun kaavoissa käytetään hyväksi ainoastaan tietoja kolmen eri läpimitan alittavien pölkkyjen lukumääristä.

Epäselväksi jäi, miksi toisen asteen yhtälöön perustuvat tulokset olivat parempia. Mahdollisesti kyseessä on se, että kolmannen

Taulukko 4. Latvaläpimittaluokan 60...149 mm pölkkyjen latvaleikkauksen pinta-ala kaavoilla (33) ja (42) laskettuna.

Table 4. Cross-sectional area of the small ends of the bolts with the top diameter 60...149 mm as calculated by the formulas (33) and (42).

Puulaji <i>Species</i>	Puutavaralaji <i>Timber assortment</i>		Pölkkyjä kpl alle <i>No of bolts under</i>			Poikkipinta-ala (100 = oikea) <i>Cross-sectional area (100 = measured)</i>	
	Pituus <i>Length</i> m	Osa <i>Part</i>	60 mm (N ₁)	100 mm (N ₂)	150 mm (N ₃)	Kaava — (33)	Formula (42)
Koivu <i>Birch</i>	2	Tyvi — <i>Butt</i>	0	58	169	96,78	95,55
		Muu — <i>Other</i>	9	450	918	99,73	96,37
		Yht. — <i>Total</i>	9	508	1087	99,19	96,22
Koivu <i>Birch</i>	3	Tyvi — <i>Butt</i>	5	95	197	98,26	95,83
		Muu — <i>Other</i>	9	236	415	100,95	96,44
		Yht. — <i>Total</i>	14	331	612	100,01	96,23
Kuusi <i>Spruce</i>	2	Tyvi — <i>Butt</i>	19	58	71	105,92	114,16
		Muu — <i>Other</i>	40	154	189	98,22	100,58
		Yht. — <i>Total</i>	59	212	260	100,14	103,97
Kuusi <i>Spruce</i>	3	Tyvi — <i>Butt</i>	43	394	619	97,96	94,57
		Muu — <i>Other</i>	79	885	1659	99,67	97,32
		Yht. — <i>Total</i>	122	1279	2278	99,25	96,64
Mänty <i>Pine</i>	3	Tyvi — <i>Butt</i>	12	185	403	101,18	99,31
		Muu — <i>Other</i>	159	895	1590	103,44	103,30
		Yht. — <i>Total</i>	171	1080	1993	102,96	102,42
Leppä <i>Alder</i>	3	Tyvi — <i>Butt</i>	4	104	175	102,47	97,32
		Muu — <i>Other</i>	15	124	152	95,33	88,45
		Yht. — <i>Total</i>	19	228	327	99,71	93,90
Haapa <i>Aspen</i>	3	Tyvi — <i>Butt</i>	4	75	135	100,82	97,03
		Muu — <i>Other</i>	5	123	252	99,20	96,38
		Yht. — <i>Total</i>	9	198	387	99,73	96,59

asteen yhtälö voi kulkea epäloogisesti havaintopisteiden välillä. Erityisesti läpimittavälillä 40...60 mm saadaan helposti negatiivisia kumulatiivisen jakauman arvoja, jos alle 60 mm olevien pölkkyjen lukumäärä on pieni. Normaalityypisessä tästä ei ole haittaa, kun alimitaiset pölkkyt otetaan huomioon erikseen, mutta ilmiö voi vaikuttaa haitallisesti käyrän kulkuun yleisemmin ja siten heikentää tuloksia.

Myös toisen asteen yhtälöä käytettäessä osuvuus oli luonnollisesti huonompi, jos tarkasteltiin läpimittaluokkia 60...99 mm ja 100...149 mm erikseen. Tällöin saatiin tyvi- ja muita pölkkyjä erottelematta seuraavat tulokset toisen asteen yhtälöön perustuvaa tasoitusta käytettäessä (kaavat (31) ja (32)).

Puutavaralaji	Latvaläpimittaluokka, mm	
	60...99	100...149
	Poikkipinta-ala (100 = oikea)	
Koivu, 2 m	93,30	101,48
Koivu, 3 m	98,36	100,80
Kuusi, 2 m	129,36	73,67
Kuusi, 3 m	101,69	98,12
Mänty, 3 m	98,95	104,71
Leppä, 3 m	96,86	102,57
Haapa, 3 m	95,33	101,67

Kaksimetristä kuusta lukuun ottamatta osuvuus oli tyydyttävä. Mainitussa tapauksessa keskimääräinen poikkipinta-ala oli pienimmissä pölkkyissä (läpimitta 60...99 mm) ainoastaan 0,375 dm², kun se oli samanpituuisissa mäntypölkkyissä 0,466 dm² eli 24,3 % suurempi. Kolmimetrisissä kuusi-pölkkyissä vastaava poikkipinta-ala oli 0,493 dm² eli 31,5 % suurempi. Käytetyllä menetelmällä saatiin otetuksi jakauman muotoa jonkin verran huomioon, mutta ei riittävästi tulosten tarkkuuden kannalta. Selvää onkin, että jakauman muodon huomioon ottamiseen perustuva menetelmä antaa parhaita tuloksia koko läpimitta-alueelle 60...149 mm, mutta sen pienemmissä osissa tarkkuus voi olla epätydyttävä. Olettaa kuitenkin sopii, ettei poikkileikkaus poikkea oikeasta missään olosuhteissa enempää kuin mitä oletettua keskiläpimittaa vastaava poikkipinta-ala poikkeaa oikeasta tuloksesta, koska kyseessä on vain jakauman muodon arviointi. Kyseiselle läpimitta-alueelle kuuluvien havaintojen lukumäärä on tarkka niin kauan kuin tarkastellaan alkuperäisten tietojen määrittelemiä läpimittaluokkia

60...99 mm ja 100...149 mm.

Edellä esitetyn perusteella näyttää ilmeiseltä, että tasoitus on syytä tehdä toisen asteen yhtälöä käyttäen. Käytännön tarpeita varten kannattaa samaan laskentaan yhdistää myös alamittaiset pölkkyt sekä läpimitaltaan yli 150 mm olevat pölkkyt.

Kuten aiemmin mainittiin, läpimittajakauaman muodon määrittäminen tulee epävarmaksi pölkkyjen lukumäärän laskiessa. Tämän vuoksi ei ole aiheellista pyrkiä suurten pölkkyjen osalta lineaarista kuvaajaa monimutkaisempaan malliin peräkkäisten läpimittojen välillä.

Alamittaisten pölkkyjen keskimääräisestä koosta voidaan päätellä niin vähän läpimittajakauaman muodon perusteella, että käytännössä voidaan tyytyä arvioimaan keskikokoa vastaava läpimitta. Voidaan esimerkiksi olettaa, että läpimitta on 10 mm minimiläpimittaa pienempi. Tällöin saadaan seuraava jaotelmä, josta ilmenee alamittaisten pölkkyjen yhteinen poikkipinta-ala minimiläpimitan mukaan, kun alamittaisten pölkkyjen lukumäärä on n_0 ja vastaava poikkipinta-ala A_0 (dm²).

Minimiläpimitta,
mm

40	$A_0 = 0,0225 \pi n_0$
50	$A_0 = 0,0400 \pi n_0$
60	$A_0 = 0,0625 \pi n_0$
70	$A_0 = 0,0900 \pi n_0$

Jos pölkkyt ovat läpimitaltaan 150 mm tai enemmän ja läpimitat ajatellaan luokiteltaviksi 50 mm luokkiin, keskimääräinen poikkipinta-ala voidaan johtaa seuraavasti, kun aiemmin todetun mukaisesti tyydytään lineaariseen portaittaiseen malliin.

Olkoon eräässä läpimittaluokassa havaintoja n_i , sitä edeltävässä luokassa n_{i-1} ja sitä seuraavassa luokassa n_{i+1} . Olkoot vastaavat luokkien ylärajat s_i , s_{i-1} ja s_{i+1} . Ks. kuva 43.

Oletetaan, että läpimitat jakautuvat luokassa n_i siten, että vallitsee lineaarinen riippuvuus $n = a + bx$. Näin ollen kyseisessä luokassa saadaan havaintojen lukumäärä n_i integroimalla kuvaaja välillä $x_i - x_{i-1}$. Näin ollen

$$(43) \quad n_i = \int_{x_{i-1}}^{x_i} a + bx = \int_{x_{i-1}}^{x_i} ax + \frac{bx^2}{2} \\ = a(x_i - x_{i-1}) + \frac{b(x_i^2 - x_{i-1}^2)}{2}$$

Oletetaan, että kulmakerroin b_1 saadaan kyseisen luokan viereisten luokkien havaintojen perusteella, ts.

$$(44) \quad b_1 = \frac{\frac{n_{i+1}}{50} - \frac{n_{i-1}}{50}}{50 + 50} = \frac{n_{i+1} - n_{i-1}}{5000}$$

Kun tämä sijoitetaan kaavaan (43), parametri a saadaan ilmaistuksi seuraavasti.

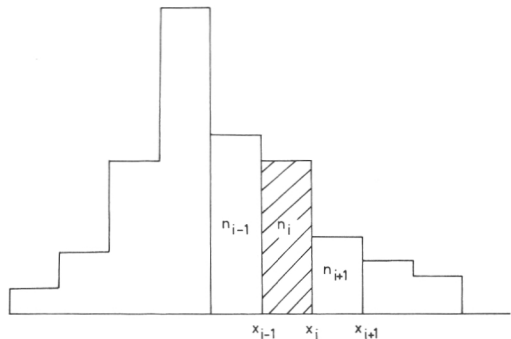
$$(45) \quad a = \frac{10000n_i - (n_{i+1} - n_{i-1})(x_i^2 - x_{i-1}^2)}{500000}$$

Pölkyn poikkileikkauksen pinta-ala A on luonnollisesti $\pi x^2/4$, jossa x on läpimitta. Näin ollen luokan $x_i - x_{i-1}$ poikkipintaalojen summa saadaan integraalista (46).

$$(46) \quad A = \int_{x_{i-1}}^{x_i} (a + bx)\pi x^2/4 = \frac{\pi}{4} \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{ax^3}{3} + \frac{bx^4}{4} \\ = \frac{\pi}{4} \left[\frac{a(x_i^3 - x_{i-1}^3)}{3} + \frac{b(x_i^4 - x_{i-1}^4)}{4} \right]$$

Eri läpimittaluokkien poikkipinta-alojen saamiseksi tehdään seuraavat sijoitukset sekä sijoitetaan aiemmin johdetut a ja b .

Läpimittaluokka mm	n_i	x_{i-1}	x_i	x_{i+1}
100...149	n_2	100	150	200
150...199	n_3	150	200	250
200...249	n_4	200	250	300
250...299	n_5	250	300	350
300...349	n_6	300	350	400
350...399	n_7	350	400	450
400...449	n_8	400	450	500



Kuva 43. Läpimitaltaan yli 150 mm olevien pölkkyjen poikkipinta-ala kaavan johtaminen.

Fig. 43. Derivation of the cross-sectional area formula for the bolts with a diameter of over 150 mm.

Kun em. arvot x ja n sijoitetaan kaavaan (46), saadaan seuraavat kaavat eri läpimittaluokkien pölkkyjen poikkipinta-alojen laskemiseksi.

	Läpimittaluokka mm	Kaava
(47)	150...199	$A_3 = k(148n_3 + 3,5(n_4 - n_2))$
(48)	200...249	$A_4 = k(244n_4 + 4,5(n_5 - n_3))$
(49)	250...299	$A_5 = k(364n_5 + 5,5(n_6 - n_4))$
(50)	300...349	$A_6 = k(508n_6 + 6,5(n_7 - n_5))$
(51)	350...399	$A_7 = k(676n_7 + 7,5(n_8 - n_6))$

Kun poikkipinta-ala ilmoitetaan dm^2 :nä, kerroin k on $0,0625\pi/12$.

Kaavojen käyttörajoitusten analysoimiseksi oletetaan, että kussakin luokassa on läpimittojen tasajakauma. Tällöin on viereisissä luokissa yhtä paljon havaintoja, ts. $n_{i+1} = n_{i-1}$. Tasajakaumasta tiedetään, että muuttujan neliön odotusarvo on välillä x_A, x_B kaavan (52) osoittama (esim. Vasama ja Vartia 1971, s. 249).

$$(52) \quad E x^2 = \frac{x_A^2 + x_A x_B + x_B^2}{3}$$

Näin ollen välillä x_A, x_B tasaisesti jakautuneen läpimittamuuttujasta saatavan pinta-alan odotusarvo on (53).

$$(53) \quad A = \pi/12(x_A^2 + x_A x_B + x_B^2)$$

Antamalla rajoille x_A ja x_B seuraavat arvot saadaan seuraavat poikkipinta-alat.

x_B (mm)	x_A	Poikkipinta-ala, dm^2
150	200	2,4216
200	250	3,9924
250	300	5,9559
300	350	8,3121
350	400	11,0610

Kun kaavoihin (47)...(51) sijoitetaan $n_2 = n_3 = n_4 = \dots = 1$, pinta-aloiksi saadaan samat kuin edellä on esitetty. Toisin sanoen johdetut kaavat (47)...(51) antavat oikean tuloksen ainakin tasajakauman ollessa kyseessä, ja muissa tapauksissa tasajakauman oletusarvoa korjataan viereisten luokkien pölkkyjen lukumäärien perusteella.

Ennen laskentamenetelmän kehittämistä edelleen on tarpeen selvittää, lisääkö jakauman muodon huomioon otto em. lineaarisella tavalla tulosten oikeellisuutta. Tämän vuoksi laskettiin käytettävissä olevan mit-

tausaineiston mukaiset eri läpimittaluokkien pölkkyjen tarkat pinta-alat sekä luokan keskipistettä vastaava pinta-ala (A), tasa-jakaumaolettamukseen perustuva pinta-ala (B) sekä edellä kuvatulla tavalla jakauman muodon huomioon ottava pinta-ala (C). Tulokset olivat seuraavat, kun tarkastelun kohteena oli keskusläpimittaluokka 150...199 mm.

Puutavaralaji	Tarkka pinta-ala dm^2	Suhteellinen pinta-ala (100 = oikea)		
		A	B	C
Koivu 2 m, tyvet	2,27449	105,8	106,5	100,6
Koivu 2 m, muut	2,08612	115,3	116,1	108,1
Koivu 2 m, yht.	2,13140	112,9	113,6	106,2
Koivu 3 m, tyvet	2,15047	111,8	112,6	106,2
Koivu 3 m, muut	2,18271	110,2	110,9	95,5
Koivu 3 m, yht.	2,16390	111,2	111,9	101,7
Kuusi 3 m, tyvet	2,47921	97,0	97,7	96,8
Kuusi 3 m, muut	2,05219	117,2	118,0	103,5
Kuusi 3 m, yht.	2,07410	116,0	116,8	105,3
Mänty 3 m, tyvet	1,98379	121,2	122,1	107,8
Mänty 3 m, muut	2,01978	119,1	119,9	74,1
Mänty 3 m, yht.	2,00160	120,2	121,0	91,0

A = Luokan keskipistettä vastaava pinta-ala

B = Tasajakaumaan perustuva pinta-ala

C = Jakauman muodon huomioon ottava pinta-ala

Jaotelman mukaan jakauman muodon huomioon ottava menetelmä C antoi kahta tapausta lukuun ottamatta selvästi paremman tuloksen kuin vaihtoehtoiset menetelmät. Kuusen tyvipölkkyissä ero oli vähäinen, eikä sen perusteella ole tarvetta menetelmän muokkaukseen. Sitä vastoin männyn muiden kuin tyvipölkkyjen osalta ennuste oli kohtuuttoman virheellinen. Syynä oli jakauman muoto: luokassa 100...149 mm pölkkyjä oli 695, tarkastellussa luokassa 150...199 mm 43, mutta seuraavassa luokassa 200...249 mm ei yhtään. Kun integraali laskettiin havaintojen lukumääriin perustuvan kulmakertoimen perusteella, tulos saatiin liian alhaiseksi jopa niin, että pinta-alaa vastaava keskipölkky jäi luokan 150...199 mm ulkopuolelle.

Jotta selvät aliarvioinnit vältettäisiin, kaavoihin täytyy lisätä korjaustekijä, joka estää poikkipinta-alan estimaatin epäoikeasuuden. Olennaista on huolehtia siitä, ettei kulmakertoimen itseisarvo tule liian suureksi.

Jokaisessa luokassa oletettiin läpimittajakauman olevan muotoa $n = a + bx$. Kun n merkitään nolaksi, saadaan em. suoran ja x -akselin leikkauspiste, joka on siis $x_x = -a/b$. Kun aiemmin johdetut a ja b sijoitetaan kaavaan, saadaan

$$(54) \quad x_x = \frac{-a}{b} = \frac{-10000n_i + (n_{i+1} - n_{i-1})(x_i^2 - x_{i-1}^2)5000}{50000(n_{i+1} - n_{i-1})} = \frac{x_i^2 - x_{i-1}^2}{100} - \frac{100n_i}{n_{i+1} - n_{i-1}}$$

Kun $(x_i^2 - x_{i-1}^2)/100$ on luokan keskipiste, jälkimmäinen termi osoittaa leikkauskohdan eron keskipisteeseen nähden. Jos vaaditaan, että kulmakerron leikkaa x-akselin läpimittaluokan päätepisteessä, ts. 50 mm luokkaväliä käytettäessä 25 mm päässä keskipisteestä, saadaan

$$(55) \quad 25 = \frac{100n_i}{n_{i+1} - n_{i-1}}$$

Yhtälöstä havaitaan suoraan, että tarkastellussa läpimittaluokassa on oltava havaintoja vähintään neljäsosa siitä, mitä viereisten luokkien pölkkylukujen ero on. Vastaavasti voidaan laskea, mitä merkitsee leikkauspisteen sijainti 20, 15, 10 jne. mm päässä keskipisteestä.

Empiiriset tulokset viittaavat siihen, että sopiva rajoitus vastaa kerrointa 7. Tästä saadaan rajoitussääntö: mikäli viereisten läpimittaluokkien pölkkylukujen ero on yli seitsenkertainen tarkastellussa läpimittaluokassa olevaan pölkkylukuun nähden, viereisten läpimittaluokkien eroksi otetaan kyseisen läpimittaluokan pölkkyluku kerrottuna seitsemällä.

Kun rajoitussääntöä sovellettiin edellä tarkasteltuihin tuloksiin, mäntyä koskevat tulokset muuttuivat muiden kuin tyvipölkkyjen sekä kaikkien pölkkyjen osalta. Muissa kuin tyvipölkkyissä suhteelliseksi arvoksi tuli 100,1 ja kaikissa pölkkyissä 101,0. Muihin puutavaralajeihin rajoitussäännöllä ei ollut vaikutusta.

Rajoitussäännöllä eliminoidaan epäloogisten tulosten synty. Korjaamatta jää vielä poikkileikkauspinta-alan lievä yliarviointi, johon jaotelman (s. 40) tulokset viittaavat: vain kahdessa tapauksessa saatiin todellista pienempi poikkileikkauspinta-ala ja kymmenessä liian suuri. Toisaalta yliarvioinnissa ei ilmene sellaista säännömukaisuutta, joka antaisi viitteitä korjausmenettelyn periaatteista. Pelkkää tulosten muuntamista käsillä olevan aineiston keskimääräisiä poikkileikkauspinta-aloja vastaaviksi ei kannata tehdä, koska aineisto ei ole jakaumiltaan millään tavoin edustava. Mahdollinen empiirinen kerroin kannattaa laskea laajemman aineiston perusteella. Lisäksi on korostettava, että esim. läpimittaluokan keskipisteen käyttöön verrattuna nyt kehitetyllä menetelmällä saatiin verrattomasti oikeampia tuloksia.

5. EHDOTETTU PÖLKYITTÄINEN MITTAUSMENETELMÄ

Pohdittaessa edellä esitetyn perusteella sopivan pölkkyittäisen mittaussuorituksen rakennetta voidaan ottaa seuraavat lähtökohdat ja niiden perusteella tehtävät ratkaisut.

1. Menetelmän tulee soveltua lyhyen kuitupuun lisäksi myös pitkälle kuitupuulle, koska puunkorjuukustannukset alenevat käsiteltävän kappalemäärän vähenemisessä, ts. pölkyn pituuden kasvaessa. Myös kappaleittain tehtävän mittauksen kustannukset alenevat lukumäärän alentuessa. Keskusläpimittaa käytettäessä pölkyn pituuden lisäys ei olennaisesti heikennä tarkkuutta toisin kuin latvaläpimittaa käytettäessä. Tässä suhteessa on siis keskusläpimittaan perustuva mittaussuoritus asetettava kehittämissuunnitelmissä etusijalle.
2. Mikäli pölkkyjen jokin keskimääräinen ominaisuus määritetään otospölkkyistä, tarvittavan otoksen koon tulee olla pieni, mieluiten korkeintaan samaa suuruusluokkaa kuin mitä tarvitaan likipituisella puutavaralla pölkkyjen keskipituuden selvittämiseen (esim. Kärkkäinen 1978). Vaatimus on perusteltavissa käytännöllisillä syillä. — Tässä suhteessa keskusläpimittaa on latvaläpimittaa edullisempi: on helpompaa päästä vähäiseen otantaan.
3. Mikäli kohtuutarkkuuteen voidaan päästä ilman otantaa mittaussuorituksen juuri lisääntymättä, tämä menetelmä on asetettava etusijalle otantaan verrattuna, koska se on helpokäyttöisempi eikä välttämättä vaadi mm. työnjohdon osallistumista mittaussuoritukseen. — Keskusläpimittalla päästään latvaläpimittaa helpommin ”kohtuutarkkuuteen”.

Edellä olevan perusteella ehdotettu mitausmenetelmä perustuu keskusläpimitan käyttöön. Menetelmä soveltuu parhaiten tapauksiin, jolloin tehdään likipituista pitkää (esim. 4, 5 tai 6 m) kuitupuuta. Apumitan (esim. 2 tai 3 m) käyttö voidaan hyväksyä, mutta tällöin on keskipituuden määrittämisen kannalta parasta lukea eri pituusmoduulia edustavat pölkkyt erikseen vähäisen otoskoon mahdollistamiseksi.

Jos pölkkyjen pituus vaihtelee paljon eikä eri pituuksia ole erotettu pölkkyjä luettaessa, otos suurenee voimakkaasti (Kärkkäinen 1978). Samasta syystä on likipituisten (sovittua ohjepituutta tavoittelevan) puutavaran teko suotavampaa kuin hajapituisten puutavaran valmistus, jolloin pituus saa vapaasti vaihdella määrävälillä (esim. 3...6 m).

Kun puutavara on pitkä, sekä kourakat että suorinnan kouraisutaakat ovat pieniä. Näin ollen voidaan varsinaisessa mittauksessa helposti todeta pölkystä, mihin luokkaan keskusläpimita kuuluu. Sopivat luokat voivat olla samat kuin nykyisessä pölkkymenetelmässä. Tarvittaessa voidaan alarajaksi ottaa 60 mm sijasta myös 40, 50 tai 70 mm. Yhtenä luokkana pidetään myös alamittaisia pölkkyjä.

Puustosta todetaan runkopuutavaran ja latvuspuutavaran osuus sekä lisäksi käyttöosan pituus kummallekin lajille. Niiden sekä puutavaran keskipituuden avulla saadaan lasketuksi tyvikappaleiden osuus (s. 21, kaava (14)). Sitä käytetään hyväksi keskusmuotoluvun määrittämisessä (taulukko 1).

Pölkkyjen keskipituus lasketaan aiemmin ehdotettua järjestelmää soveltaen (Kärkkäinen 1978), tarvittaessa erikseen eri pituus-

moduuleille.

Tulosten laskentalomakkeet minimiläpimitoille 40, 50, 60 ja 70 mm on esitetty liitteinä.

Lomakkeiden ja koko menetelmän kokeilemiseksi laskettiin keskusläpimitaa vastaavat poikkipinta-alat ehdotetulla menetelmällä puutavaralajeittain ja verrattiin tuloksia tarkkoihin mittauksiin. Lomakkeet osoittautuivat helppokäyttöisiksi ja pienen totuttelun jälkeen yhden puutavaralajin laskenta kävi taskulaskimella alle minuutissa, kun suurimmat pölkkyt olivat alle 250 mm (luokat $n_0...n_4$). Tulosten tarkkuus oli erinomainen, kuten seuraavasta jaotelmasta voidaan todeta.

Puutavaralaji	Poikkipinta-ala dm ²		Ero %
	Ehdotettu menetelmä	Tarkka tulos	
Koivu 2 m, tyvet	304,691	298,497	2,1
” muut pölkkyt	1184,006	1161,6526	1,9
Koivu 3 m, tyvet	272,129	269,808	0,9
” muut pölkkyt	397,613	398,025	-0,1
Kuusi 2 m, tyvet	98,396	101,674	-3,2
” muut pölkkyt	213,234	214,479	-0,6
Kuusi 3 m, tyvet	1686,814	1684,2991	0,1
” muut pölkkyt	1684,814	1684,299	0,1
Mänty 2 m, muut pölkkyt	136,533	139,124	-1,9
Mänty 3 m, tyvet	460,003	449,303	2,4
” muut pölkkyt	1332,565	1295,506	2,9
Leppä 3 m, tyvet	143,943	141,811	1,5
Haapa 3 m, tyvet	220,182	212,404	3,7
” muut pölkkyt	359,743	362,583	-0,8

Aineiston suuruuden voi arvioida poikkipinta-aloista. Kuten havaitaan, suurimmat poikkeamat ovat aineistoltaan vähäisissä puutavaralajeissa. Tämä viittaa siihen, että tilastollisesti määriteltynä ehdotetun menetelmän tarkkuus on sangen hyvä.

KIRJALLISUUS

- GOULDING, C.J. 1979. Cubic spline curves and calculation of volume of sectionally measured trees. *N.Z.J.For.Sci.* 9(1):88—99.
- HEISKANEN, V. 1975. Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausmenetelmä (pölkky menetelmä). Summary: A wagepayment measuring method based on pulpwood top diameter (bolt method). *Folia For.* 227:1—35.
- KÄRKKÄINEN, M. 1973a. On the properties of tree wounds due to timber transportation in thinnings. Tiivistelmä: Harvennuspuitavaran kuljetuksen aiheuttamien puustovaurioiden ominaisuuksista. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos, tiedonantoja 22:1—174.
- 1973b. Kappaleotannan perusteita mäntykuitupuun mittaauksessa. Summary: Foundations of boltwise sampling in pine pulpwood measurement. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos, tiedonantoja 24:1—94.
- 1974a. Keskusmuotoluvun perusteita tukkien ja kuitupuun mittaauksessa. Summary: Foundations of middle form factor in the measurement of logs and pulpwood. *Silva Fenn.* 8(1):47—88.
- 1974b. Näkökohta tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvasta mäntypölkkyjen kuutiointista. Summary: A note on the volume based on the mean of butt and top diameters of pine bolts. *Silva Fenn.* 8(2):105—110.
- 1976a. Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia. Summary: Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland. *Folia For.* 286:1—24.
- 1976b. Lisähavainnot haapatukkien poikkipinta-alan mittaamisesta. Summary: Auxiliary observations on the measurement of the cross-sectional area of aspen logs. *Silva Fenn.* 10(4):257—265.
- 1978. Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi. Summary: Methods for measuring the average length of pulpwood bolts estimated during logging by eye. *Folia For.* 336:1—17.
- 1979. Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa. Summary: Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps. *Folia For.* 410:1—15.
- & SALMI, J. 1978. Tutkimuksia haapatukkien mittauksista ja teknisistä ominaisuuksista. Summary: Studies on the measurement and technical properties of aspen logs. *Folia For.* 355:1—45.
- LAHTINEN, A & LAASASENAHO, J. 1979. On the construction of taper curves by using spline functions. Seloste: Runkokäyrän muodostuminen splini-funktiolla. *Commun.Inst.For.Fenn.* 95(8):1—63.
- LIEDES, M. & MANNINEN, P. 1975. Otantamenetelmät. *Gaudeamus.* 250 s.
- MAKKONEN, O. 1959. Pinotiheys mäntypaperipuuden laaturyhmän tunnuksena. Summary: Pile density as a characteristic of the quality group of the pine pulpwood. *Metsäteho Tied.* 155:1—6.
- 1960. Kuorimattomien 2,4-metrinen koivupaperipuuden ja 2-metrinen koivupolttorankojen pinotiheystutkimuksia. Summary: Pile density measurements of unbarked 2,4-metre birch pulpwood and unbarked 2-metre birch fuelwood. *Metsäteho Tied.* 173:1—8.
- NYLINDER, P. 1959. Om noggrannheten vid mätning med Ava mätstäl. Summary: Investigation relating to the accuracy of measurement with an Ava measuring instrument. *Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära Skogshögsk.* 26:1—34.
- PENNANEN, O. 1978. Pysty- ja jälkimittauksen ajankäyttö. Summary: Expenditure of time in measurement on the stump and after cutting. *Metsäteho Tied.* 347:1—19.
- PERTOVAARA, H. 1964. Tasapituisen paperipuun pinotiheys- ja kuutiointimittauksia Pohjois-Suomessa. Uittoteho *Tied.* 209:1—67.
- Pölkkyotanta. *Ei vlk. Moniste.* 8 s.
- RADONJIC, M. 1954. Eine allgemeine Formel zur Bestimmung des Inhaltes von Stämmen und Stammabschnitten. (Zusammenfassung). *God. Zborn. Zemj.-Sum. Fak. Univ. Skopje (Sum.)* 5:33—42.
- VASAMA, P.-M. & VARTIA, Y. 1971. Johdatus tilastotieteeseen. Osa I. Ylioppilastuki ry. 338 s.

SUMMARY

The bolt measurement of pulpwood by measurement of pulpwood bolts was analysed for the development of new measuring methods. The aim was to modify a Finnish method of measuring pulpwood in some cases in the forest before forwarding to the roadside. In the method the logger tallies the number of pulpwood bolts according to the top diameter using diameter classes 60...99 mm, 100...149 mm, 150...199 mm, and so on. When the average length of the bolts is sampled (or is known in the case of the standard length bolts) the volume of the bolts is determined from the tables prepared for the purpose. The varying form of the bolts is taken into account by applying the tree species and form of the trees to be cut as factors in the tables.

Various stereometric methods of determining the accurate volume of the bolts were analysed. In addition, the best point for measuring the bolt diameters was determined. The possibilities of increasing the accuracy of the volume determination by taking into account the diameter distribution of the bolts were also analysed.

The material used in the calculations consisted of 6001 bolts made by 31 loggers in southern Finland. The material was originally collected for another study (Kärkkäinen 1979).

The length of the bolts was 2 or 3 m. From the butt bolts, 7 diameters were measured at distances of 0, 1/8, 2/8, 3/8, 4/8, 6/8, and 8/8 from the butt cross-section. From the other bolts only the butt, middle-length, and top diameters were measured.

If only one diameter was measured from each bolt and several diameters from sample bolts for the volume calculation, the choice of the diameter was important. In many cases it can be assumed that measurement of the top diameter is cheaper than measuring at the middle-length of the bolt. However, the volume variation in each diameter class was larger when using top diameter classes than with middle-length diameter classes. This is shown in Figures 1...4. Thus it is more profitable to use the middle-length diameter in small bolt populations and the top diameter in large populations. The population limit depends on the costs of measuring the various diameters and the volume of the sample bolts. The decision depends on the size of the bolts, too. Middle-length diameter is more profitable for the small bolts than for larger bolts (saw logs are an example).

The results suggest that in Finnish conditions the use of middle-length diameter is more appropriate than the top diameter used at present.

Measurement of more than one diameter from each bolt increases the accuracy. However, according to the results this is not profitable as a rule: the higher costs of measuring more diameters are not offset by the savings in the measurement of the sample bolts.

Another way of improving accuracy in the volume measurement is to take into account the diameter distribution of the bolts. This is not necessary if the diameter classes are small, for an example 10 mm. However, if diameter classes of 40 or 50 mm are used as in the Finnish method, the accuracy can be improved because the diameter distribution contains information on the average bolt diameter in each diameter class. If this information is not used, it is commonly assumed that the average diameter is at the mid-point of the class.

A method for using the information from the diameter distribution was developed. The lower part of the cumulative frequency curve was determined from the number of observations in the lowest diameter classes using a second degree parabola. An equation of the third degree was tried, too, but it was less satisfactory. The upper part of the cumulative frequency curve was determined in sections using linear equations based on the diameter observations. It was possible with the customary methods of integral calculus to derive equations for the cross-sectional area of the bolts on the basis of the cumulative frequency curve.

The four sheets printed as Appendices 1...4 were planned as a practical result of the study. They represent the minimum diameters 40, 50, 60, and 70 mm. The number of bolts in each diameter class is tallied and the total cross-sectional area of the bolts is calculated from the sheets. When the average length of the bolts is known as well as the average middle form factor (Table 1), the volume of the bolts is calculated from the sheets.

An example of the use of the method is shown in Appendix 5. According to the limited experience gained up to now, the method seems to be practical and easy to use. At the same time, the accuracy of the volume determination is improved compared with the old method.

LASKENTALOMAKE
Pölyyttäiseen
mittaukseen
(MK 25.8.1981)

MINIMILÄPIMITTA 40 mm
Palsta:
Puutavaralaji:
Pvm:

Läpimitta- luokka mm	Tunnus	Kpl	Kerroin	Poikkipinta-ala dm ²
Alle 40	n ₀		0,071	
40... 99	n ₀		0,198	
100...149	n ₁		1,417	
150...199	n ₂		2,422	
200...249	n ₃		3,992	
250...299	n ₄		5,956	
300...349	n ₅		8,312	
350...399	n ₆		11,061	
	n ₇			
Vrt.	Yht.			
n ₃	n ₂ -n ₄		-0,057	
n ₄	n ₃ -n ₅		-0,074	
n ₅	n ₄ -n ₆		-0,090	
n ₆	n ₅ -n ₇		-0,106	
n ₇	n ₆ -n ₈		-0,123	
	Yht. dm ²			

x Keskipituus, dm

Tulo, dm

x Keskusmuotoluku

Tilavuus, dm³

/ Jakaja 1000

Tilavuus, m³

Keskiläpimitan laskenta:

Poikkipinta-ala, dm²

/ Pölkkyjä, kpl

Keskipinta-ala, dm²

x Kerroin

Tulo

$\sqrt{\quad}$ = keskiläpimitta, mm

12732

LASKENTALOMAKE
Pölyyttäiseen
mittaukseen
(MK 25.8.1981)

MINIMILÄPIMITTA 50 mm
Palsta:
Puutavaralaji:
Pvm:

Läpimitta- luokka mm	Tunnus	Kpl	Kerroin	Poikkipinta-ala dm ²
Alle 50	n ₀		0,126	
50... 99	n ₀		0,261	
100...149	n ₁		1,393	
150...199	n ₂		2,422	
200...249	n ₃		3,992	
250...299	n ₄		5,956	
300...349	n ₅		8,312	
350...399	n ₆		11,061	
	n ₇			
Vrt.	Yht.			
n ₃	n ₂ -n ₄		-0,057	
n ₄	n ₃ -n ₅		-0,074	
n ₅	n ₄ -n ₆		-0,090	
n ₆	n ₅ -n ₇		-0,106	
n ₇	n ₆ -n ₈		-0,123	
	Yht. dm ²			

x Keskipituus, dm

Tulo, dm

x Keskusmuotoluku

Tilavuus, dm³

/ Jakaja 1000

Tilavuus, m³

Keskiläpimitan laskenta:

Poikkipinta-ala, dm²

/ Pölkkyjä, kpl

Keskipinta-ala, dm²

x Kerroin

Tulo

$\sqrt{\quad}$ = keskiläpimitta, mm

12732

LASKENTALOMAKE
Pölkkyittäiseen
mittaukseen
(MK 25.8.1981)

MINIMILÄPIMITTA 60 mm
Palsta:
Puutavaralaji:
Pvm:

Läpimitta- luokka mm	Tunnus	Kpl	Kerroin	Poikkipinta-ala dm ²
Alle 60	n ₀		0,196	
60...99	n ₁		0,362	
100...149	n ₁		1,364	
150...199	n ₂		2,422	
200...249	n ₃		3,992	
250...299	n ₄		5,956	
300...349	n ₅		8,312	
350...399	n ₆		11,061	
	n ₇			
Vrt.	Yht.			
n ₃	n ₂ -n ₄		-0,057	
n ₄	n ₃ -n ₅		-0,074	
n ₅	n ₄ -n ₆		-0,090	
n ₆	n ₅ -n ₇		-0,106	
n ₇	n ₆ -n ₈		-0,123	
	Yht. dm ²			

x Keskipituus, dm _____
Tulo, dm _____
x Keskusmuotoluku _____
Tilavuus, dm³ _____
/ Jakaja _____ 1000
Tilavuus m _____

Keskiläpimitan laskenta:

Poikkipinta-ala, dm² _____
/ Pölkkyjä, kpl _____
Keskipinta-ala, dm² _____
x Kerroin _____ 12732
Tulo _____
√ = keskiläpimitta, mm

LASKENTALOMAKE
Pölkkyittäiseen
mittaukseen
(MK 25.8.1981)

MINIMILÄPIMITTA 70 mm
Palsta:
Puutavaralaji:
Pvm:

Läpimitta- luokka mm	Tunnus	Kpl	Kerroin	Poikkipinta-ala dm ²
Alle 70	n ₀		0,283	
70...99	n ₁		0,543	
100...149	n ₁		1,328	
150...199	n ₂		2,422	
200...249	n ₃		3,992	
250...299	n ₄		5,956	
300...349	n ₅		8,312	
350...399	n ₆		11,061	
	n ₇			
Vrt.	Yht.			
n ₃	n ₂ -n ₄		-0,057	
n ₄	n ₃ -n ₅		-0,074	
n ₅	n ₄ -n ₆		-0,090	
n ₆	n ₅ -n ₇		-0,106	
n ₇	n ₆ -n ₈		-0,123	
	Yht. dm ²			

x Keskipituus, dm _____
Tulo, dm _____
x Keskusmuotoluku _____
Tilavuus, dm³ _____
/ Jakaja _____ 1000
Tilavuus, m _____

Keskiläpimitan laskenta:

Poikkipinta-ala, dm² _____
/ Pölkkyjä, kpl _____
Keskipinta-ala, dm² _____
x Kerroin _____ 12732
Tulo _____
√ = keskiläpimitta, mm

Liite 5: Esimerkki kolmimetrisen koivukuitupuun tyvipölkkyjen poikkipinta-alan laskemisesta

Lomakkeen yläosassa on laskettu poikkipinta-alat läpimittaluokittain, esim. $5 \times 0,196 = 0,980$, jne. Alaosassa on tehty jakauman muodosta johtuvat muutokset poikkipinta-alaan. Niinpä kun $n_2 - n_4 = 101$, poikkipinta-alan muutos on $101 \times -0,057 = -5,757$. Toisin sanoen aiemmin saadusta poikkipinta-alojen summasta vähennetään 5,757. Seuraava erosta $n_3 - n_5$ aiheutuva muutos ei tule täysimääräisenä, sillä $n_3 - n_5$ on enemmän kuin vertailtavan luokan n_4 pölkky määrä kerrottuna luvulla 7. Näin ollen kertoimeksi otetaan

luokan n_4 pölkky luku kerrottuna luvulla 7 eli $7 \times 1 = 7$. Muutokseksi saadaan siis $7 \times -0,074 = -0,518$.

Jos jakauma on sikäli harvinainen, että muutoksen aiheuttama pölkky lukujen erotus on negatiivinen (esim. muutosta $n_2 - n_4$ laskettaessa n_4 on suurempi kuin n_2), muutos aiheuttaa lisäyksen eikä vähennyksen. Esim. jos $n_2 - n_4$ on -10 , muutos on $-10 \times -0,057 = +0,57$. — Yleensä kuitupuupölkkyjen jakaumat ovat sellaisia, että ne aiheuttavat vähennyksen.

LASKENTALOMAKE
Pölkkyittäiseen mittaukseen
(MK 25.8.1981)

MINIMILÄPIMITTA 60 mm
Palsta: *Höyhtälä*
Puutavaralaji: *3 m koivu*
Pvm: *1.9.1981*

Läpimitta- luokka mm	Tunnus	Kpl	Kerroin	Poikkipinta-ala dm ²
Alle 60	n_0	5	0,196	0,980
60 ... 99	n_1	90	0,362	32,580
100...149	n_2	102	1,364	139,128
150...199	n_3	42	2,422	101,724
200...249	n_4	1	3,992	3,992
250...299	n_5		5,956	
300...349	n_6		8,312	
350...399	n_7		11,061	
Vrt.		Yht.		
n_3	$n_2 - n_4$	101	-0,057	-5,757
n_4	$n_3 - n_5$	42 - 7	-0,074	-0,518
n_5	$n_4 - n_6$		-0,090	
n_6	$n_5 - n_7$		-0,106	
n_7	$n_6 - n_8$		-0,123	
		Yht. dm ²		272,129
x Keskipituus, dm			30,1	
Tulo, dm ³			8191,08	
x Keskumuotoluku			1,016	
Tilavuus, dm ³			8322,14	
/ Jakaja		1000		
Tilavuus, m ³			8,32	

Keskiläpimitan laskenta:

Poikkipinta-ala, dm ²	272,129
/ Pölkkyjä, kpl	240
Keskipinta-ala, dm ²	1,1339
x Kerroin	12732
Tulo	14436
$\sqrt{\quad}$ = keskiläpimitta, mm	120

ODC 526.51/.52:861.0
ISBN 951-40-0553-8
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. 1982. Pölkkyittäinen kuitupuun mittaus. Summary: Measurement of pulpwood by the bolt. *Folia For.* 501:1—47.

If only one diameter is measured from a bolt, the middle-length diameter gives more accurate estimates of the volume than the top diameter. In sampling the use of the former is more profitable in small populations and that of the latter in large populations, assuming that it is cheaper to measure top diameters than the middle-length diameters. If diameters are measured at large intervals (large diameter classes), the accuracy of the volume determination can be increased if the diameter distribution is taken into account. A method was developed for the purpose.

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

ODC 526.51/.52:861.0
ISBN 951-40-0553-8
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. 1982. Pölkkyittäinen kuitupuun mittaus. Summary: Measurement of pulpwood by the bolt. *Folia For.* 501:1—47.

If only one diameter is measured from a bolt, the middle-length diameter gives more accurate estimates of the volume than the top diameter. In sampling the use of the former is more profitable in small populations and that of the latter in large populations, assuming that it is cheaper to measure top diameters than the middle-length diameters. If diameters are measured at large intervals (large diameter classes), the accuracy of the volume determination can be increased if the diameter distribution is taken into account. A method was developed for the purpose.

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

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

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



METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

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

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

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

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

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

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

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

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

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

Kannuksen energiametsäkoegasema
Kannus Energy Forestry Experiment Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

- No 485 Kurkela, Timo: Versosyöpä (*Gremmeniella abietina*) riukuasteen männiköissä.
Canker and die-back of Scots pine at precommercial stage caused by *Gremmeniella abietina*.
- No 486 Oikarinen, Matti & Pyykkönen, Juhani: Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus turvekankaan hieskoivikon kehitykseen Pohjanmaalla.
The effect of thinning and fertilization on the growth of pubescent birch (*Betula pubescens*) on drained Myrtilius spruce swamp in Ostrobothnia.
- No 487 Löytyniemi, Kari: Typpilannoituksen ja neulasten ravinnepitoisuuden vaikutus hirven mäntyraivannon valintaan.
Nitrogen fertilization and nutrient contents in Scots pine in relation to the browsing preference by moose (*Alces alces*).
- No 488 Juslin, Heikki, Leinonen, Matti & Lonkila, Markku: Omat myyntikonttorit mekaanisen metsäteollisuuden vientimarkkinointikanavien kehitysvaihtoehtona.
Sales offices as an alternative of developing the export marketing channels of Finnish mechanical wood industry.
- No 489 Kellomäki, Seppo: Mäntysahatukien laadun ja sydänpuuosuuden yhteys tukin ulkoisiin tunnuksiin.
Quality of pine logs and proportion of heartwood as related to properties of the logs.
- No 490 Hyppönen, Mikko: Kantohintojen alueittaiset muutokset Pohjois-Suomessa.
Stumpage price changes in northern Finland by districts.
- No 491 Salo, Esko & Vuorivirta, Juha: Yksityismetsien raakapuun hakkuu-, luovutusmittaus- ja toimitustavat vuosina 1974–76.
Cutting, delivery and measurement methods of roundwood in private forests in Finland in 1974–76.
- No 492 Teivainen, Terttu, Kananen, Aino & Kuhlman, Eeva: Vesimyyrän aiheuttamat tuhot männyn siemenviljelmillä Keski-Suomessa vuonna 1979/80.
Water vole (*Arvicola terrestris*) damage in Scots pine seed orchards in Central Finland during 1979/80.
- No 493 Ferm, Ari & Sepponen, Pentti: Aorausjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana.
Development of ploughed tracks and vegetation on reforestation areas in Finnish Lapland during a period of 10 years.
- No 494 Vanhanen, Heidi & Pajunen, Leevi: Metsurin työvälinekustannukset 1980.
Forest workers' equipment costs in Finland in 1980.
- No 495 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1979–81.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1979–81.
- No 496 Heikka, Timo & Piirainen, Kimmo: Pienhakkureiden voimankäyttö.
Power consumption of small chippers.
- No 497 Heikkilä, Risto: Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa.
Damage in Scots pine plantations in northern Finland.
- No 498 Rantamäki, Jari: Hakkuutähteiden haketus kevyellä kalustolla.
Chipping logging residues with light-weight equipment.
- No 499 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakkuukäyttäytyminen yksityismetsälöillä.
Cutting behaviour in Finnish private woodlots.

1982

- No 500 Puu energiaraaka-aineena. Kokousesitelmät.
Wood as a raw material for energy production. Symposium papers.
- No 501 Kärkkäinen, Matti: Pölkyittäinen kuitupuun mittausta.
Measurement of pulpwood by the bolt.
- No 502 Etholén, Kullervo & Huuri, Leena: Visakoivua käsittelevä kirjallisuus.
Bibliography on curly birch, *Betula pendula* var. *carelica* (Merklin).
- No 503 Löytyniemi, Kari: Männyntaimikkojen hirtävahingot 1950-luvun alussa.
Moose (*Alces alces*) damage in young pine stands in Finland at the beginning of the 1950's.
- No 504 Valsta, Lauri: Istutuskuusikon kasvatusihyksen liiketaloudellinen vertailu.
Profitability comparison of growing densities in spruce plantations.
- No 505 Petäistö, Raija-Liisa: Juurten leikkaamisen jälkeinen sienitauririski havupuun taimilla taimitarhalla.
Risk of fungal infection on coniferous seedlings after root pruning in forest nurseries.
- No 506 Eeronheimo, Olli: Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa.
Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head.
- No 507 Puro, Tiina: Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa.
Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species.

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

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

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0553-8
ISSN 0015-5543