

FOLIA FORESTALIA 542

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1983

MATTI KÄRKKÄINEN

KUITUPUUPÖLKKYJEN
MITTAUSTUTKIMUKSIA

STUDIES OF THE MEASUREMENT OF
PULPWOOD BOLTS



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-Ahvonen
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 koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä 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 542

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1983

MATTI KÄRKKÄINEN KUITUPUUPÖLKKYJEN MITTAUSTUTKIMUKSIA

Studies of the measurement of pulpwood bolts

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELUA	6
31. Läpimittajakauma	6
32. Pölkkyjen pituus	7
33. Eri mittausmenetelmien tarkkuus	8
34. Pölkky menetelmän teorian tarkastelua	11
35. Pölkky menetelmän tarkkuuden empiirinen kehittäminen	13
36. Kehämittausmenetelmän tarkkuuden empiirinen kehittäminen	18
37. Pölkyn poikkipinta-alan arviointimenetelmä	19
38. Keskusmuotoluvun ennustaminen	20
4. KÄYTÄNNÖN NÄKÖKOHTIA	21
KIRJALLISUUTTA	22
SUMMARY	22

KÄRKKÄINEN, M. 1983. Kuitupuupölkkyjen mittaustutkimuksia. Summary: Studies of the measurement of pulpwood bolts. *Folia For.* 542:1—23.

Metsäkäyttöön soveltuvien kuitupuun mittaussuomen-
telmien tarkkuuden ja muun käyttökelpoisuuden tut-
kimista varten kerättiin 43 tekopalstaa käsittävä aineis-
to, jolloin mitattiin kaikkiaan 46224 pölkkyä. Tarkka
tilavuus määritettiin pölkkyittäin mittaamalla pituuden
lisäksi tyvi-, keskus- ja latvaläpimitta. Eri mittaussuomen-
telminä kokeiltiin tavanomaista pölkkymentelmää,
kourakan kehän pituuden mittaukseen perustuvaa
mentelmää, keskusläpimittojen ja niiden jakauman
mukaista mentelmää sekä keskimääräisen pölkyn ar-
viointiin perustuvaa mentelmää. Lisäksi kokeiltiin
eräillä kohteilla otantamentelmiä. Mittauksen lisäksi
selvitettiin läpimittojen ja pölkkyjen pituuksien jakau-
mia ja niiden merkitystä mittaustulokseen.

Tavanomainen pölkkymentelmä osoittautui edelleen
käyttökelpoiseksi edellyttäen, että alamittaisten pölkky-
jen välttämiseen kiinnitetään riittävää huomiota. Jos
myös minimiläpimitan alittavien pölkkyjen tilavuus
lasketaan vaatimukset täyttävien pölkkyjen mukaan,
saadaan huomattavasti liian suuri tilavuusarvio, koska
alamittaisia pölkkyjä on runsaasti. Aineistossa alamit-
taisia pölkkyjä oli 8,7%.

Pölkkymentelmän tarkkuutta voidaan parantaa
muuntamalla pienten pölkkyjen osuuteen perustuva jä-
reyskorjaus aiempaa jyrkemmäksi. Männyn ja lehti-
puun lisäksi järeyskorjauksen on kohdistuttava myös
kuuseen.

Kehämittaussuomen-
telmällä saatiin tyydyttävän tark-
koja tuloksia puutavaran tilavuudesta. Aineiston perus-
teella laskettiin uudet kehäkertoimet, joita käyttäen
voidaan muuntaa kourakan maasta maahan mitatun
kehän pituus puutavarapölkkyjen poikkipinta-alaksi ja
pituuden mittauksen kautta tilavuudeksi.

Tarkimmat tulokset saatiin mittaamalla pölkkyjen
keskusläpimitat ja ottamalla laskennallisesti huomioon
läpimittajakauman muoto. Menetelmä soveltuu parhai-
ten pitkälle kuitupuulle.

Keskimäärin hyviä tuloksia saatiin myös arvioimalla
keskimäärin pölkyn poikkipinta-ala läpimitan avulla.
Yksittäistapauksissa arviointi osoittautui niin epävar-
maksi, ettei mentelmän käyttö tulle kyseeseen varsinais-
ena mittaussuomen-
telmänä.

A material of 43 lots was gathered in order to evalua-
te the accuracy and the practicability of various pulp-
wood measurement methods used in the forest after
logging. A total of 46224 bolts were measured. The
exact volume was determined from the bolt length and
butt, mid-length and top diameters. The methods com-
pared were the commonly used bolt measurement meth-
od based on top diameter measured in wide diameter
classes, the method based on the circumference of
grapple heaps, the method based on mid-length dia-
meters and their distribution, and that based on estima-
tion of the average bolt size. In addition, information
was collected on the diameter and length distribution of
the bolts and their effect on the measurement.

The commonly used bolt measurement method was
satisfactory if the volume of undersized bolts was de-
termined separately of these bolts were excluded from
the measurements. This was important as the propor-
tion of undersized bolts (top diameter under 60 mm)
was as high as 8,7%. The accuracy can be improved by
using a correction factor based on the proportion of
small bolts.

The method based on the circumference of grapple
heaps gave promising results. Consequently, new coeffi-
cients for converting the circumference measurements
into cross-sectional area and thus volume were compu-
ted from the material.

The most accurate results were obtained with the
mid-length diameters and their distribution. This meth-
od is especially applicable when making long pulp-
wood (length 5...6 m).

The method based on the estimation of the average
bolt size was unsatisfactory due to large errors in some
single cases. The average volume results were accep-
table, however.

ODC 526.51/.52:861.0
ISBN 951-40-0600-3
ISSN 0015-5543

Helsinki 1983. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Suomessa on lyhyeksi katkottu kuitupuun mitattu perinteisesti pinossa erityisesti luovutusmittauksissa, mutta usein myös työmittauksissa. Se ei ole kuitenkaan kaikissa oloissa käyttökelpoinen menetelmä. Esimerkiksi jos puutavaran teko ja kuljetus ovat kovin eriaikaisia, puutavaran määrä on voitava todeta jo metsässä työntekijää varten. Samoin jos leimikolla työskentelee useita hakkuumiehiä ja siellä tehdään lukuisia kuitupuulajeja, pinomittauksen käyttöä vaikeuttaa erikseen tehtävien pinojen suuri lukumäärä ja ongelmat metsäkuljetuksen suorittamisessa. Tämän vuoksi tarvitaan erityisesti työmittausta varten menetelmiä, joita voidaan käyttää metsässä puutavaran teon jälkeen ennen kuljetusta.

Laajimman käytön on saavuttanut pölkky menetelmä (Heiskanen 1975). Siinä todetaan silmävaraisesti tai tarpeellisia mittauksia apuna käyttäen, mihin latvaläpimittaluokkiin pölkkyt jakautuvat. Luokkavälit ovat 60...99 mm, 100...149 mm, 150...199 mm jne. Taulukot on laadittu puulajin (mänty, kuusi, lehtipuu), pölkyn nimellispituuden (2, 2,2, 2,4, 3 tai 4 m) ja pituusluokan (3 kpl) mukaan.

Pölkky menetelmän lisäksi on kokeiltu kaari- eli kehä menetelmää (Kärkkäinen 1979), jossa todetaan kourakasan keskikohdalta kasan kaarimitta, ts. kasan selän yli maasta maahan mitattu kehän pituus. Kertomalla tämä kaarimitta itsellään sekä puutavaralajista ja ladonnan laadusta riippuvalla kertoimella sekä pölkkyjen keskipituudella saadaan kasan kiintotilavuus. Pölkky menetelmään verrattuna etuna on mm. se, ettei pölkkyjä tarvitse kasata latvapää samaan suuntaan mitausta varten. Lisäksi mittaus kohdistuu pölkkyistä muodostuvaan kasaan eikä yksittäisiin pölkkyihin, joten ajanmekki muodostuu edulliseksi suurten kasojen ollessa kyseessä.

Pölkky menetelmää on pyritty kehittämään siten, että latvaläpimitan sijasta mitataan keskuläpimitta. Samalla otetaan huomioon pölkkyjen jakautuminen eri läpimittaluokkiin tuloksia laskettaessa. Versio soveltuu teoriassa lähinnä pitkälle likipituiselle puutavaralle (Kärkkäinen 1982), joskaan siitä ei ole käytännön kokemuksia. Myöskään tässä menetelmässä ei tarvita pölkkyjen kääntöä samaan suuntaan mitausta varten. Heikkoutena on ainakin pituuden puolivälin määrittämisen vaikeus sekä sopimattomuus suuriin kasoihin, jotka jouduttaisiin hajottamaan mitausta varten.

Jotta saataisiin tietoja pölkky menetelmän (Heiskanen 1975), kaarimenetelmän (Kärkkäinen 1979) ja jakaumamenetelmän (Kärkkäinen 1982) käyttökelpoisuudesta erilaisissa olosuhteissa, päätettiin kerätä empiirinen aineisto käytännön olosuhteista. Samalla päätettiin selvittää, millaisia ovat työmailla tehtävät kuitupuupölkkyt ja mitkä tekijät vaikuttavat läpimitta- ja pituusjakaumien ominaisuuksiin. Edelleen tavoitteena oli saada alustavaa tietoa eri mittausmenetelmien vaatimasta ajanmenekistä, niiden tarjoamista otantamahdollisuuksista ja kehittämisen edellytyksistä.

Tutkimuksen taustayhteisinä toimivat metsä- ja uitoalan tes-neuvottelukunnat, joiden asettama mitta- ja taksaryhmä hyväksyi tutkimussuunnitelman. Metsäteolisuuden työnantajaliittoa edustavien Soini Silanderin ja Jouko Örnin päävastuulla oli aineiston keräys yhteistyössä eri puunkorjuuorganisaatioiden kanssa. Aineiston hankintaan osallistuvivat metsähallitus, Kajaani Oy, Enso-Gutzeit Oy, Metsäliitto-Yhtymä, Tehdaspuu Oy, Puulaaki Oy ja Oy Wilh. Schauman Ab. Metsäntutkimuslaitos vastasi puolestaan aineiston laskennasta ja tutkimusraportin käsikirjoituksen laadinnasta.

Käsikirjoituksen teknisessä viimeistelyssä avustivat Pirkko Kinanen ja Raija Siekkinen. Piirroksista huolehti Leena Muronranta. Käsikirjoituksen lukivat Pentti Hakkila, Kullervo Kuusela ja Juhani Salmi.

Kiitän saamastani tuesta.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Kesällä 1981 valittiin maan eri osista kaikkiaan 35 leimikkoo, joilla tehtiin tarpeellisia mittauksia ennen hakkuuta ja sen jälkeen. Tutkimukseen osallistuneiden puunkorjuuorganisaatioiden henkilöstö huolehti mittauksista annettujen ohjeiden mukaan. Ennen työn aloittamista pidettiin koulutustilaisuus yhdenmukaisen menettelyn varmistamiseksi.

Työkohteiksi pyrittiin valitsemaan kunkin alueen tyypillisiä kuitupuuvaltaisia tai kuitupuuta olennaisesti tuottavia leimikoita, myös sellaisia, joissa huomattava osa kuitupuusta tuli tukkipuiden latvaosista. Kullakin leimikolla valittiin yksi tai useampi hakkuupalsta, joilta selvitettiin työmaatunnukset ja mitattiin kertynyt kuitupuun puulajeittain. Kukin palsta muodosti oman kohteensa. Niitä kertyi yhteensä 43. Kaikkiaan mitattiin 46 224 pölkkyä. Ne jakautuivat eri puutavaralajien kesken seuraavasti.

Puulaji	Puutavaran pituus, m						Muut	Yht.
	2	3	4	5	6			
	Pölkkyjä, kpl							
Mänty	4928	12248	174					17350
Kuusi	5497	8986	850	925	357	1		16616
Koivu	1482	10315	253	150	57	1		12258

Hakkuu tehtiin kunkin puunkorjuuorganisaation tavanomaisilla menetelmillä käyttäen. Näin ollen aineistoon tuli mm. 2 ja 3 m määrämittaista kuitupuuta, vastaavia likipituisia puutavaralajeja sekä myös 4...6 m mittaista kuitupuuta.

Kaikilla palstoilla tehtiin kourakasoja tai niitä vastaavia suorintamuodostelmia. Mikäli kyseessä oli mittauskelpoinen kourakasa, siitä mitattiin kehämitta maasta maahan pölkkyjen pituuden puolivälistä lähiin aiemmin kehitetyn menetelmän mukaan (Kärkäinen 1979). Pieni ero oli siinä, että nyt kehä mitattiin laitimmaisesta pölkystä kohtisuoraan maahan, ei tietysti kulmassa, kuten aiemmin.

Lisäksi mitattiin likipituisen puutavaran ollessa kyseessä kourakasan pölkkyjen keskipituus käyttämällä mittakeppiä ja arvioimalla, miten eripituisten pölkkyjen keskipituuden ylittävät ja alittavat osat vastasivat toistensa tilavuutta. Arvioinnin helpottamiseksi toinen kourakasan pää tehtiin kasauksessa tasaiseksi yleisesti käytettyjen hakkuuohjeiden mukaisesti.

Pölkkyjen tilavuuden määrittämiseksi niistä mitattiin 1 cm tasaavaa luokitusta käyttäen läpimitat tyvestä, pituuden puolivälistä ja latvasta. Pituus mitattiin 1 dm tasaavalla luokituksella tai tarkemmin. Lisäksi todettiin puulajin lisäksi, oliko kyseessä kuitupuurungon tyvipölkky tai muu pölkky tai tukkipuukokaisen rungon latvapölkky. Pölkkyjen mittauksen jälkeen ne kasattiin uudelleen ja mitattiin uusi kehämitta mahdollisen tiiviyyden muutoksen havaitsemiseksi.

Osasta kourakasoja arvioitiin silmävaraisesti keskimääräistä pölkyn poikkipinta-alaa vastaava läpimita tyvi- ja latvaleikkauksia erottamatta. Arviointi tehtiin erikseen alle 170 mm läpimittaisille ja sitä suuremmille pölkkyille. Ennen mittausta pyrittiin harjaantumaan täl-

laiseen arviointiin ennalta mitattujen kourakasojen avulla.

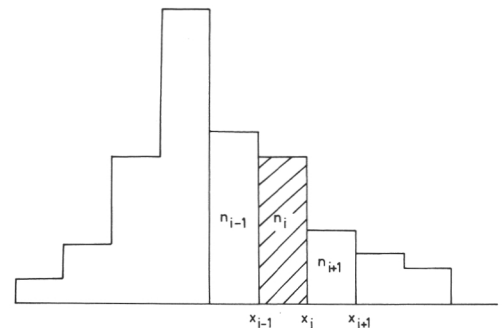
Useilla palstoilla kokeiltiin menetelmää, jossa kuitupuun määrä mitataan otannalla määritetyn keskirungon käyttöosan tilavuuden perusteella. Keskimääräisen käyttöosan tilavuuden selvittämiseksi mitattiin joka 10. kourakasa siten, että jokaisesta kasan pölkystä todettiin keskusläpimita 1 cm tarkkuudella sekä pituus 3 dm tasaavaa luokitusta käyttäen. Lisäksi todettiin kasan tyviluku. Jakamalla kasan pölkkyjen tilavuus tyviluvulla saatiin estimaatti keskimääräisestä käyttöosan tilavuudesta.

Eri mittausten menetelmien vaatima ajanmenekki kirjattiin, jotta mittauskustannukset voitaisiin selvittää. Ajanmenekkiä ei kuitenkaan käsitellä tässä julkaisussa. Laskennassa muodostettiin pölkkyittaisista mittauksista tiedosto, josta laskettiin eri kourakasojen, palstojen, leimikkojen ja muiden ositteiden tilavuudet. Kourakasakohtaisista tiedoista muodostettiin oma tiedosto, jonka avulla selvitettiin kehämittauksen käyttökelpoisuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Oma tiedosto luotiin myös mittauksista, joissa pyrittiin arvioimaan keskimääräinen pölkyn poikkipinta-alaa.

Kun kaikki läpimitat mitattiin tasaavaa 1 cm luokitusta käyttäen, ns. pölkky menetelmää ei voitu käyttää suoranaisesti vertailuun, koska luokkarajat ovat tällöin 60, 100, 150... mm eikä 55, 95, 145... mm kuten 1 cm luokitusta käytettäessä. Vertailun laskennalliseksi mahdollistamiseksi pölkky menetelmän eri läpimittaluokkiin kuuluvien pölkkyjen lukumäärän arvioimiseksi menetettiin seuraavalla tavalla pölkky menetelmän alarajan ollessa kyseessä. Vastaavaa ajattelutapaa sovellettiin myös muihin rajoihin.

Olkoon 5 cm luokassa pölkkyjä n_5 kpl ja seuraavissa senttimetriluokissa vastaavasti n_6 ja n_7 . Kun pölkky menetelmässä raja on 60 mm, on arvioitava, kuinka moni 6 cm luokkaan kuuluvista pölkkyistä on 55...59 mm.

Voidaan ajatella, että jako tehdään viereisten läpimittaluokkien 5 ja 7 cm antaman informaation perusteella. Määritetään kulmakerroin b kaavalla



Kuva 1. Periaate pölkkyjen lukumäärän muuntamisessa (Kaavat (1) ja (2)).

Fig. 1. Principle in converting the number of bolts (Eq. (1) and (2)).

$b = (n_7 - n_5) / 2$. Tällöin saadaan luokan 6 cm alarajalla olevaksi pölkkyjen lukumääräksi a kuvan 1 mukaan $a = n_6 - b / 2$. Edelleen kaavoja kehitettäessä saadaan välillä 55...60 olevaksi pölkkyjen lukumääräksi $n = (a + b / 4) / 2$, ja kun a sijoitetaan em. yhtälöön, saadaan seuraavat kaavat.

- (1) $n_A = n_6 / 2 - (n_7 - n_5) / 16$ ja
(2) $n_B = n_6 / 2 + (n_7 - n_5) / 16$

jossa n_A on välillä 55...59 mm olevien pölkkyjen lukumäärä ja n_B vastaavasti välillä 60...64 mm olevien pölk-

kyjen lukumäärä. Edellinen ryhmä ei siis kuulu pölkky menetelmän luokkaan 60...99 mm, jälkimmäinen kuuluu.

Vastaavia kaavoja sovellettiin myös muihin rajaläpimittoihin ja saatiin näin menetellen lasketuksi myös pölkky menetelmän mukainen tulos eri palstoilla. Alamittaisten (alle 60 mm latvaläpimitta) pölkkyjen tilavuus otettiin todellisenä. Käytännössä kuitenkin usein lasketaan myös alamittaisten pölkkyjen tilavuus pienemmän luokan (60...99 mm) lukujen mukaan.

Taulukossa 1 on esitetty aineiston tärkeimmät tunukset.

Taulukko 1. Tutkimusaineiston pölkkyjen keskiarvoja
Table 1. Averages of the bolts of the investigation material

Puulaji	No.	Pituus	Latvaläpimitta	Keskusläpimitta	Tyvipölkkyjen osuus	Pituusluokka	Oksaisuusluokka
Tree species		Length cm	Top diameter mm	Middle diameter mm	Bolt per cent %	Length class ¹⁾	Branchiness class
Mänty Pine	1	305	119	141	30,5	1	3
	2	304	130	153	30,7	2	3
	3	310	87	101	59,8	3	3
	4	318	88	102	56,7	3	3
	5	316	104	130	56,2	2	3
	6	311	71	84	81,8	3	2
	7	201	116	135	1,8	3	2
	8	201	105	117	16,8	3	2
	9	200	106	113	17,6	3	2
	10	200	109	121	22,3	3	2
	11	200	85	91	37,3	3	2
	12	294	91	111	36,3	3	2
	13	294	83	95	45,1	2	2
	14	300	86	97	45,8	3	3
	15	293	84	93	36,5	3	1
	16	299	104	116	30,8	3	2
	17	194	87	96	39,6	3	3
Kuusi Spruce	1	300	133	157	43,7	1	5
	2	490	107	144	55,1	1	5
	3	299	86	104	59,1	2	4
	4	200	115	127	16,3	3	3
	5	294	109	125	28,5	3	4
	6	300	105	122	22,7	3	3
	7	274	93	105	40,1	3	3
	8	493	77	105	67,0	3	4
	9	309	89	104	44,7	3	3
	10	295	83	95	56,4	3	3
	11	571	72	99	67,5	3	3
	12	304	76	89	71,6	3	3
	13	200	106	113	25,5	3	2
	14	203	118	130	11,2	3	3
	15	430	96	120	27,8	3	3
Koivu Birch	1	300	108	131	69,7	1	3
	2	453	80	113	80,3	1	3
	3	288	68	79	0,0	2	2
	4	201	126	141	27,5	2	2
	5	199	110	119	27,4	3	2
	6	300	126	142	17,7	3	3
	7	300	111	123	36,0	3	2
	8	269	97	107	40,8	3	2
	9	298	97	110	54,4	2	2
	10	265	96	111	47,5	3	3
	11	312	92	107	52,5	2	2

¹⁾ Ks. Heiskanen 1975, s. 30 — See Heiskanen 1975, p. 30

3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELUA

31. Läpimittajakauma

Latvamuotoluvun voimakas riippuvuus kuitupuukokaisen pölkyn läpimitasta osoittaa, kuinka suuri merkitys läpimittajakaumalla on pölkkymenetelmän tarkkuuteen. Tämän vuoksi tarkastellaan nyt käsitellyn aineiston tunnuksia.

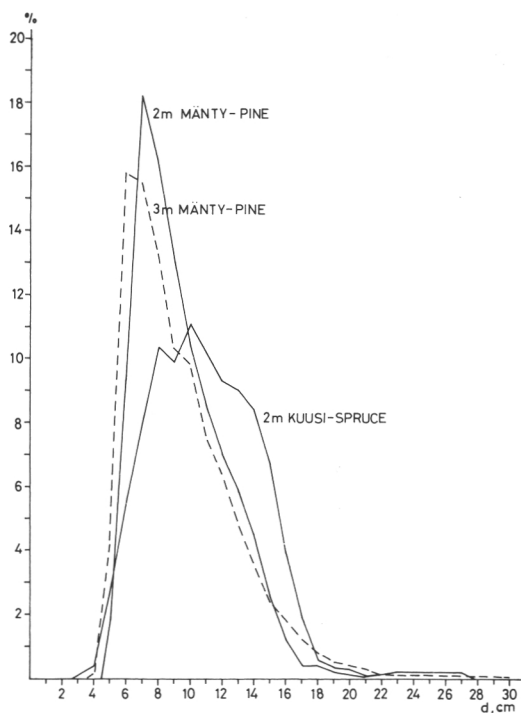
Kuvassa 2 on esitetty esimerkki 2 ja 3 m pitkän mäntykuitupuun ja 2 m pitkän kuusi- kuitupuun latvaläpimittojen frekvenssijakaumasta. Kuvaajat osoittavat, että jakauma riippuu selvästi puutavaralajista, eikä esim. havupuu muodosta yhtenäistä ryhmää.

Kun jakaumia verrataan pölkkymenetelmän pohjana olevien aineistojen vastaaviin jakaumiin (Heiskanen 1975), voidaan havaita selvä painopisteen siirtyminen pieniläpimit-

taisiin pölkkyihin päin. Heiskasen (1975) aineistossa tyypilliset arvot (moodit) sijaitsevat kaksimetrisellä havupuulla 10...14 cm latvaläpimittaluokissa ja koivulla noin 8 cm luokassa. Nyt käsitellyssä aineistossa kaksimetrisen kuusi- kuitupuun moodi oli 10 cm luokassa, kaksimetrisen mänty- kuitupuun 7 cm luokassa ja kolmimetrisen mänty- kuitupuun peräti 6 cm luokassa (kuva 2).

Kuvassa 2 esitetyt esimerkit eivät ole mitään poikkeuksia. Tämä ilmenee seuraavasta jaotelmasta, jossa on esitetty eri puutavaralajien läpimittajakaumien pieniläpimittaisimpien luokkien tilanne.

Puutavaralaji	Pölkyn latvaläpimitta, cm						Yht. 10 cm ja alle
	5	6	7	8	9	10	
Osuus pölkkyistä, %							
Mänty, 2 m	1,8	9,3	18,2	16,2	13,0	10,5	69,0
Mänty, 3 m	4,2	15,8	15,5	13,3	10,3	9,8	68,9
Mänty, 4 m	1,1	4,6	9,8	18,4	14,9	12,1	60,9
Kuusi, 2 m	2,6	5,6	8,1	10,4	9,9	11,1	47,7
Kuusi, 3 m	5,1	15,1	13,6	11,7	9,6	9,1	69,2
Kuusi, 4 m	16,2	22,6	13,9	4,5	2,7	4,9	64,8
Koivu, 2 m	1,2	9,3	21,3	13,9	10,5	10,0	66,2
Koivu, 3 m	1,1	7,7	15,4	15,2	12,0	10,7	62,1
Koivu, 4 m	5,1	25,7	30,4	10,3	3,6	3,2	78,3



Kuva 2. Eräiden puutavaralajien latvaläpimittojen frekvenssijakauma.

Fig. 2. Frequency distribution of the top diameter of some pulpwood assortments.

Eri puutavaralajia olevien pölkkyjen kokonaislukumäärä ilmenee jaotelmasta s. 4.

Jaotelman täsmällinen vertaaminen Heiskasen (1975) aineistoon ei ole mahdollinen erilaisen esitystavan vuoksi. Selvästi on kuitenkin nähtävissä usean senttimetrin suuruisen painopisteen siirtyminen pienempiin läpimittaluokkiin päin. Avoin kysymys on, missä määrin siirtymä on pölkkymenetelmän itsensä aiheuttamaa. Selvää nimittäin on, että kuitupuuta tehtäessä ajankäyttöön vaikuttaa mittausmenetelmä. Jos tuotetun puutavaran kiintotilavuus määritetään pinossa, työntekijän ei kannata uhrata liikaa aikaa pienimpiin pölkkyihin, koska ajanmenekki on kiintotilavuutta kohti tällöin suurimmillaan. Myöskään pystymitatusta leimikossa työntekijän ei kannata olla turhantarkka. Näin ollen minimiläpimitan alitus on harvinaista. Sitä vastoin jos tilavuus määritetään pölkky- menetelmällä, laajaan alimpaan latvaläpimitta-

luokkaan kannattaa saada pölkkyjä mahdollisimman paljon myös pienimpien läpimittojen osalta, koska niiden tilavuus lasketaan luokan teoreettisen keskipölkyn mukaan eikä todellisenä. Vastaavasti mukaan saattaa tulla alamittaisia pölkkyjä.

Kun otetaan huomioon, millainen muutos läpimittajakaumissa on tapahtunut pölkkymenetelmän käyttöönoton jälkeen, on itse asiassa hämmästyttävää, ettei tilavuuden yliarviointia havaittu enemmän kuin todella havaittiin. Mahdollista on, että toiseen suuntaan virheellisiä tuloksia tasoittavia tekijöitä on ollut.

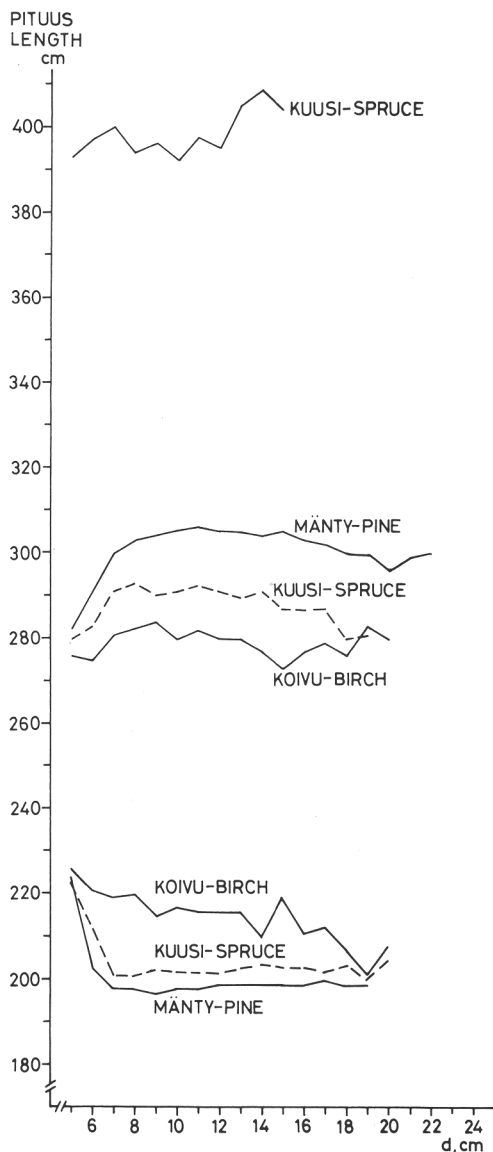
32. Pölkkyjen pituus

Kun viime vuosina on entistä enemmän siirrytty likipituisten puutavaran tekoon, pölkkyjen keskipituus joudutaan määrittämään jollakin otantamenetelmällä tai arvioimaan silmävaraisesti. Yleisesti käytetyssä otantamenetelmässä (Kärkkäinen 1978) on tiedettävä, riippuuko pölkkyjen pituus läpimittasta vai ei.

Kokonaisaineistosta valittiin ne kohteet, joilla tehtiin likipituista tai hajapituista puutavaraa. Tällaisilla palstoilla oli pölkkyistä yli 38 000 eli 82,4 %. Kuvassa 3 on esitetty näiden pölkkyjen pituus puutavaralajin ja latvaläpimitan mukaan.

Kaksimetriseistä pölkkyistä erityisesti minimilatvaläpimitan alittavat pölkkyt olivat muita pidempiä, jonka lisäksi koivulla oli selvä pituuden aleneminen latvaläpimitan suuressa. Kolmimetriseillä pölkkyillä alamittaiset pölkkyt olivat sitä vastoin muita lyhyempiä, mutta läpimittajakauman järeässä päässä oli lisäksi lievä pituuden alenema latvaläpimitan suuressa. Nelimetriseissä ja pidemmässä puutavarassa oli yleensä lievä pituuden kohoamistrendi.

Todetut riippuvuudet ovat selitettävissä hakkuumiehen käyttäytymisen avulla. Kaksimetriseistä puutavaraa tehtäessä pölkyn pituus on niin pieni kapenemisen vaikutusta ajatellen, että tiettyyn minimilatvaläpimitaan pyritessä ei ole juuri tarvetta tehdä ohjepituutta lyhyempiä pölkkyjä koko rungon käyttöosan saamiseksi talteen. Sitä vastoin kolmimetriseistä ja pidempää puutavaraa tehtäessä on ilmeinen houkutus tehdä myös lyhyitä, usein lievästi alamittaisia pölkkyjä, jottei metsään jäisi suurta latvusta. Tämä teoria



Kuva 3. Likipituisten (n. 2, 3 ja 4 m) kuitupuun keskipituus latvaläpimitan mukaan.

Fig. 3. Average length of about 2, 3 or 4 m long pulpwood (length estimated in cutting by eye) according to the top diameter.

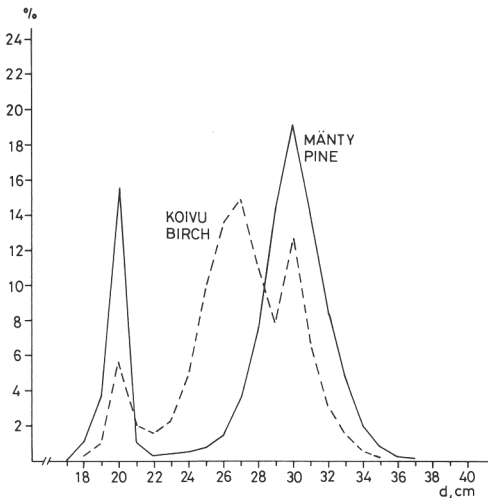
selittää hyvin sen, että kaksimetriseillä puutavaralla pituustrendi on lähinnä aleneva ja kolmimetriseillä taas kohoava niin kauan, kunnes järeys alkaa vaikuttaa.

Kuvasta 3 ilmenee koivun erikoinen pituus havupuihin verrattuna. Kaksimetriseen puutavaran ollessa kyseessä pölkkyt olivat selvästi ohjepituutta pidempiä, joskin pituus laski pölkyn järeytyessä. Kolmimetrinen koivu oli

taas selvästi ohjepituutta lyhyempää, joskin pysyi hyvin työehtosopimuksen edellyttämässä rajoissa. Mahtaisiko kaksimetrisen koivun suuri pituus kielii yliolkaisesta suhtautumisesta halpa-arvoisena pidettyyn puulajiin — ehkä työntekijä katkaisee varmuuden vuoksi riittävän pituisen pölkyn. Jos taas tehdään kolmimetristä puutavaraa, koivun raskaus vaikuttaa puutavaraa lyhentävästi.

Teoriaa erilaisesta suhtautumisesta puula-jeihin tukee se, että pienin pituuden hajonta oli männyllä, sitten kuusella ja suurin koivulla.

Itse asiassa vaikuttaa mahdolliselta, etteivät monet työntekijät koivukuitupuuta tehdessään edes tähtää 3 m likipituuteen, vaan työehtosopimuksen sallimissa puitteissa lyhyempään keskipituuteen. Tähän viittaa kuva 4, jossa on esitetty koivun ja männyn pituusjakauma likipituusista pölkkyistä. Kun eri palstoja ei ole erotettu, osa esim. 25 dm pituisista pölkkyistä oli tehty 2 m ohjepituuden leimikolla ja osa 3 m puutavaran ollessa kyseessä. Nämä yhteiset laidat eivät kuitenkaan häiritse kokonaiskuvan muodostumista: keskimäärin pituuden arviointi silmävaraisesti oli tarkkaa, mutta kolmimetristä koivukuitupuuta tehtäessä saatetaan pyrkiä hiukan lyhyempään keskipituuteen. Männyllä (ja samoin kuusella, jota ei ole kuvassa) tyypilliset arvot (moodit) olivat luokissa 195...204 ja 295...304 cm, kun taas ohjepituudeltaan



Kuva 4. Männyn ($n = 13687$) ja koivun ($n = 8361$) likipituisten pölkkyjen pituusjakauma.

Fig. 4. Frequency distribution of pine ($n = 13687$) and birch ($n = 8361$) bolts the length of which was estimated by eye in cutting.

kolmimetristä koivukuitupuuta tehtäessä moodi oli 27 dm. Toinen huippu oli kyllä 30 dm, mikä saattaa viitata työntekijöiden erilaiseen politiikkaan ja myös läpimitan vaikutukseen, jota on jo aiemmin tarkasteltu.

Käytännöllisenä seurauksena em. riippuvuuksista oli, että kaksimetrisen puutavaran palstoilla pölkkyjen tilavuudella painotettu pituus oli muutaman senttimetrin tarkkuudella sama kuin painottamaton keskiarvo. Tällöin voidaan siis käyttää sellaisia otantamenetelmiä, joissa ei kirjata pölkyn läpimittaa pituuden ohella. Sitä vastoin tehtäessä kolmimetristä puutavaraa oli painotettu keskiarvo kaikilla palstoilla selvästi suurempi kuin painottamaton tavanomaisen eron ollessa 10 cm suuruusluokkaa.

33. Eri mittausmenetelmien tarkkuus

Tarkkuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä menetelmän kykyä antaa mahdollisimman oikeita tuloksia puutavaraerän tilavuudesta. Huomiota kiinnitetään menetelmän aiheuttamaan kokonaisvirheeseen, joka kuvaa suuressa aineistossa systemaattista virhettä. Lisäksi on aiheellista tarkastella tuloksia palstoittain, koska hyvän mittausmenetelmän ominaisuuksiin kuuluu antaa oikeaa läheneviä tuloksia olosuhteista riippumatta.

Taulukossa 2 on esitetty puutavaralajeittain eri palstoilla saadut tulokset. Tarkastellut menetelmät olivat seuraavat.

Oikeana pidetty puutavaralajin tilavuus saatiin pölkkyittäisellä mittauksella. Ks. luku 2.

Menetelmä A on yleisesti käytetty pölkkymenetelmä (Heiskanen 1975). Huomattava on, että alamittaisten (latvaläpimita alle 60 mm) pölkkyjen tilavuus laskettiin todellisena samoin kuin suurten (yli 30 cm) pölkkyjen tilavuus. Pituus otettiin todellisena pölkkyittäisten mittauksen mukaan.

Menetelmä B on Kärkkäisen (1979) kehämittausmenetelmä. Määräpituista puutavaraa lukuun ottamatta mittaukselle vaikeat olivat myös pölkkyjen keskipituuden arvioinnissa tehdyt virheet. On nimittäin luontevaa ajatella, ettei pölkkyittäinen keskipituusotanta (Kärkkäinen 1978) ole mahdollinen kehämittausmenetelmää käytettäessä, vaan pituus on määritettävä tarpeellisia mittauksia apuna käyttäen kasasta.

Taulukko 2. Eri mittausmenetelmillä saadut tulokset
Table 2. Results based on various methods

Puulaji Tree species	No.	Tilavuus Volume m ³	Mittausmenetelmä — <i>Measurement method</i>					
			A	B ₁	B ₂	C	D	E
			Ero, % — <i>Difference, %</i>					
Mänty Pine	1	56,392	+6,8	−9,1	−11,0	+2,3	+3,5	
	2	76,957	−4,3	−11,5	−11,8	+3,6	−7,5	
	3	30,883	−2,9	−6,7	−15,5	+3,3	+11,7	
	4	38,146	−3,8	+3,0	−9,3	+0,5	+12,2	+18,7
	5	34,543	−11,6	−4,7	−8,9	+4,4	+6,1	
	6	16,058	−2,0	+2,1	−9,2	−6,0	+2,7	
	7	8,432	−16,9	−7,7	−13,3	+5,7	+0,4	
	8	2,608	−7,9	−8,0	−18,0	+3,8		
	9	21,702	−0,2	+1,5	−8,8	+1,8	+11,1	
	10	16,602	−9,8	+1,3	−7,8	+3,4	+1,2	
	11	18,044	+5,0	+2,0	−6,3	−5,4	+14,7	
	12	15,946	−10,9	−1,3	+1,5	+2,5	−9,3	
	13	50,435	+13,0	+11,7	+10,3	−2,5	−0,4	
	14	27,261	−0,1	+6,5	+3,8	+0,1	−2,2	−6,3
	15	30,943	+5,9	+4,1	+2,7	−2,0	+30,8	+0,3
	16	40,134	−2,8	+2,3	−0,7	−0,2	+19,1	−29,0
	17	20,886	−1,1	−7,3	−4,6	+3,2	−16,8	
Yht. — <i>Total</i>		505,972	−1,3	−1,7	−6,2	+0,8	+4,8	−1,8
Kuusi Spruce	1	51,975	−3,9	−13,8	−13,0	+1,9	−4,4	
	2	92,647	−7,6			+1,1		
	3	10,618	+4,5	−12,4	−17,2	−1,0	+7,6	
	4	19,339	−8,5	−5,4	−15,4	+0,8	−6,3	
	5	33,059	−9,0	+5,8	−4,7	+3,5	+15,2	
	6	48,817	−8,3	−4,2	−12,5	+3,1	+0,9	
	7	82,481	+3,9	−3,0	−9,8	+0,5	−8,9	
	8	13,711		+10,5	+10,4	+6,8	+15,5	+19,3
	9	34,399	−4,2	+3,0	+0,8	+1,9	+29,9	
	10	18,722	+7,6	+4,8	+1,1	−0,5	+52,0	+14,3
	11	22,663		+4,4	+0,6	+1,9	+10,2	−7,4
	12	13,648	+5,2	+6,3	+9,6	−6,6	+3,7	
	13	42,623	+0,1	−20,6	−16,9	+2,0	−10,2	
	14	68,288	−8,7	−13,6	−9,5	+5,2	−8,3	
	15	45,337	−10,3	−14,2	−16,6	+5,3	−6,9	
Yht. — <i>Total</i>		598,327	−4,0	−3,3	−5,8	+2,2	+5,6	+13,5
Koivu Birch	1	20,757	+4,1	−0,8	−0,7	+1,3	+10,8	
	2	33,935	+10,3			+3,1		+3,1
	3	2,756	+36,9	+12,0	−1,1	−16,0	+23,2	
	4	6,858	−1,8	−6,7	−14,9	+4,8	+7,7	
	5	9,992	−1,6	−16,9	−21,1	+1,6	−1,5	
	6	64,031	−4,6	−4,0	−7,4	+1,0	−5,4	
	7	61,240	−0,0	+1,6	+0,8	+1,6	+5,0	
	8	125,831	+3,1	−2,2	−6,9	+0,3	+2,2	
	9	28,778	+10,9	+3,6	+3,3	+0,0	−7,5	+9,9
	10	31,637	−1,8	+5,0	+2,4	+3,1	+4,6	−13,0
	11	28,740	+4,3	+16,4	+18,8	+2,2	+47,4	
Yht. — <i>Total</i>		414,555	+2,4	+0,8	−2,6	+1,2	+8,7	+0,0

Tulokset on esitetty erikseen kahdesta kehän pituuden mittauksesta. Ensimmäinen mittaus koski hakkuumiehen kourakasaa ja toinen pölkkyjen mittauksen jälkeen uudelleen ladottua kasaa. Laskennassa käytettiin samaa kehäkerrointa kummassakin tapauksessa.

Menetelmä C perustuu pölkky menetelmän läpimittaluokitusta käyttäen mitattuun keskusläpimittaan ja pölkyn pituuteen. Laskennassa otetaan huomioon läpimittajakauman

muodon vaikutus tuloksiin. Menetelmä on esitetty Kärkkäisen (1982) julkaisussa.

Menetelmässä D arvioitiin pölkkyjen keskimääräinen poikkipinta-ala. Tilavuus saatiin kertomalla poikkipinta-ala pölkkyluvulla, pölkkyjen keskipituudella ja tarpeellisella muotokertoimella.

Menetelmän E tulos perustui keskimääräisen käyttöosan tilavuuden määrittämiseen otantakasoista mitattujen pölkkyjen tilavuuksien ja tyvien osuuden avulla.

Kaikkia menetelmiä ei kokeiltu kaikissa kohteissa. Pölkkymenetelmän mukaisia tuloksia ei laskettu, jos puutavaran pituus ylitti 4,5 m. Keskirunkomenetelmää kokeiltiin muita menetelmiä harvemmin.

Mittausmenetelmät — *Measurement methods*

- A = pölkkymenetelmä (Heiskanen 1975) — *Bolt measurement method (Heiskanen 1975)*
 B = kehämittausten menetelmä (Kärkkäinen 1979) — *Circumference method (Kärkkäinen 1979)*
 (B₁ = metsurin kourakasat — *Grapple heaps made by logger*
 B₂ = uudelleen ladotut kasat — *Heaps restacked*)
 C = jakaumamenetelmä (Kärkkäinen 1982) — *Method based on mid-length diameter*
 D = keskipölkyn arviointimenetelmä — *Method based on the estimation of the average bolt*
 E = rungon käyttöosan otantamenetelmä — *Sampling of the usable part of stems*

Taulukon 2 mukaan nykyisin yleisesti käytetty pölkkymenetelmä antoi likimäärin oikean kokonaistilavuuden. Männyllä ja kuusella oli lievä tilavuuden aliarviointi, koivulla yliarviointi. Suuruusluokaltaan erot eivät olleet hälyttäviä, etenkin kun otetaan huomioon, että pientä epätarkkuutta sisältyi laskentaan, jossa tasaavan 1 cm läpimittaluokituksen tulokset muutettiin pölkkymenetelmää vastaaviksi.

Yleisen käsityksen mukaan pölkkymenetelmällä saadaan keskimäärin liian suuri tilavuus pienikokoisen puuston ollessa kyseessä. Kun alamittaisten pölkkyjen tilavuus laskettiin todellisena, aineisto tuki tällaista käsitystä vain koivun osalta, eikä merkitsevästi edes silloin. Ilmeistä onkin, että koivua koskevat pölkkymenetelmän tilavuusluvut ovat liian korkeita vain Pohjois-Suomessa, missä läpimittajakauma poikkeaa eteläsuomalaisesta jakaumasta (Kärkkäinen 1976).

Nyt saadut tulokset viittaavat siihen, että pölkkymenetelmä on edelleen kelvollinen vaihtoehto mitattaessa puutavaran tilavuutta maastossa. Edellytyksenä kuitenkin on, että alamittaisten pölkkyjen osuus pidetään merkityksellömän alhaisena. Kuten aiemmin todettiin, nyt tarkastellussa tapauksessa minimiläpimittaa pienempien pölkkyjen tilavuus laskettiin todellisena. Mikäli ne olisi hyväksytty pölkkymenetelmän pienimpään läpimittaluokkaan 60...99 mm, kaikilla puulajeilla tilavuus olisi saatu liian suureksi. Tämä ilmenee seuraavan jaotelman osoittamista alamittaisten pölkkyjen suurista osuuksista.

Puulaji	Pölkyn pituus, m			
	2	3	4	5
	Alamittaisia, %			
Mänty	2,2	11,7	2,9	..
Kuusi	5,5	12,6	29,2	20,3
Koivu	4,6	4,1	16,6	9,3

Kaiken kaikkiaan alamittaisia pölkkyjä oli 8,7 % pölkkyjen kokonaisluvusta. Kuten jaotelmasta ilmenee, koivulla alamittaisten pölkkyjen osuus oli alhaisempi kuin havupuilla. Erityisen paljon alamittaisia pölkkyjä oli pitkässä kuusikuitupuussa, mahdollisesti sen vuoksi, että runsaan oksamäärän vuoksi on vaikea erottaa rungon läpimittaa aloitettaessa jonkin pölkyn karsintaa.

Yhtä poikkeusta lukuun ottamatta (koivupalsta 3) kohteittaiset virheet pysyivät selvästi alle 20 % tasolla. Kun poikkeuksellisella palstalla erän kokonaistilavuus oli alle 4 m³, sekään ei herätä erityistä huolestumista.

Myös kehämittaus onnistui tyydyttävästi taulukon 2 mukaan. Havupuilla oli havaittavissa lievää tilavuuden aliarviointia, koivulla yliarviointia. Mahdollisen systemaattisen virheen saa poistetuksi selvittämällä menetelmässä käytetyn, kourakasan tiiviyydestä riippuvan muuntokertoimen sopivalla otannalla. Nyt laskennassa käytettiin niitä kertoimia, jotka saatiin erästä pienehköstä lounais-suomalaisesta aineistosta (Kärkkäinen 1979). Muutenkaan nämä kertoimet eivät ole täysin sopivia, sillä kehän mittautapa oli erilainen: vuonna 1979 kehän pituus mitattiin 60° kulmassa maahan nähden, käsillä olevassa aineistossa pystysuoraan laitimmaisesta pölkystä maahan.

Kehämittaus uudelleen ladotuista kasoista onnistui samalla tavalla, mutta kun kasat tiivistyivät uudelleen ladottaessa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, käytetyt kertoimet olivat luonnollisesti liian pienet.

Kehämittauksen tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että pölkkyjen pituuden kasoittaisessa määrittäyksessä mahdollisesti tehty virheet näkyvät lopputuloksessa, toisin kuin pölkkymenetelmässä, jossa laskenta tehtiin todellisen pölkyn pituuden mukaan. Tämän huomioon ottaen kehämittaus vaikuttaa kehittämisen arvoiselta vaihtoehdolta. Eräitä mahdollisuuksia tarkastellaan luvussa 36.

Keskusläpimitan käyttöön perustuva Kärkkäisen (1982) menetelmä antoi kuitenkin ehdottomasti tarkimmat tulokset. Lievää tila-

vuuden yliarviointia oli havaittavissa kaikilla puutavaralajeilla, mutta poikkeuksellista pientä koivuerää (No. 3) lukuun ottamatta virheet olivat kaikissa tapauksissa pienet. Kun otetaan huomioon, että menetelmä kehitettiin lähes yksinomaan teoreettisesti (Kärkkäinen 1982), on luonnollista olettaa, että tilavuusestimaattia varten tarvitaan empiirinen korjauskerroin. Käsillä olevan tutkimuksen aineistosta sen suuruudeksi saatiin 0,986 puulajeja erottelematta, ts. em. menetelmällä saatu tilavuustulos on kerrottava luvulla 0,986 mahdollisimman oikean tuloksen saamiseksi. Jos em. kerrointa käytetään, mäntykuitupuuta koskeva tulos poikkesi oikeasta $-0,6\%$, kuusikuitupuu $+0,7\%$ ja koivukuitupuu $-0,2\%$. Toinen korjausmenettely esitetään luvussa 38.

Keskimääräisen pölkyn poikkipinta-alan arviointiin perustuva menetelmä antoi keskimäärin liian suuria tilavuuksia kaikille puutavaralajeille. Systemaattinen virhe oli suurempi kuin muissa menetelmissä. Lisäksi huomiota kiinnittävät muutamat todella suuret poikkeamat oikeasta tuloksesta. Ei voitane hyväksyä, että muutaman kymmenen kuutiometrin suuruisissa puutavaraerissä virhe saattaa olla pahimmillaan 50% suuruusluokkaa.

Menetelmän kehittämismahdollisuudet on arvioitava heikoiksi sen vuoksi, että havaituista systemaattisista virheistä eroon pääseminen edellyttää koko menetelmän käyttäjäkunnan huolellista koulutusta ja jatkuvaa seuranta. Toisissa nyt tarkastelluissa menetelmissä systemaattiset virheet voidaan poistaa yksinkertaisesti korjauskertoimin, jotka voidaan määrittää otannalla joko kutakin yksityistapausta varten erikseen tai koko käyttöpölylaatioon kohdistuvalla tutkimuksella.

Eräillä kohteilla kokeiltu keskimääräisen käyttöosan tilavuuteen perustuva menetelmä ei osoittautunut kovin lupaavaksi, vaikka otettaisiin huomioon, että muista menetelmistä poiketen kyseessä oli 10% otantaan perustuva tulos. Tarkemmassa tarkastelussa osoittautui, että kasan pölkkyjen tilavuus jaettuna kasaan kuuluvien tyvipölkkyjen lukumäärällä vaihteli niin paljon, ettei 10% otanta läheskään riitä kohtuutarkkuuden saavuttamiseen. Syynä on luonnollisesti se, että runkojen koon välisen vaihtelun lisäksi vaihtelua lisäävät ne satunnaiset tekijät, jotka vaikuttavat tyvipölkkyjen jakautumiseen eri

kourakasoihin. Menetelmä saattaa kuitenkin ansaita tarkempaa käsittelyä puuston ollessa erittäin tasakokoista, koska tällöin runkojen käyttöosan tilavuuden vaihtelusta aiheutuva komponentti on pieni. Nyt aineistoon ei mainittavasti sisällynyt tasaikäisiä viljelykuusikoita, jotka oletettavasti olisivat menetelmän ominta käyttöaluetta.

34. Pölkkymenetelmän teorian tarkastelua

Laajan aineiston ansiosta pölkkymenetelmässä käytettyjen muuntolukujen suuruuteen vaikuttavia tekijöitä voidaan tarkastella yksityiskohtaisesti. Olenaisesti kyseessä on latvamuotoluvun tarkastelu, luetaanhan pölkkymenetelmässä pölkkyjen määrä latvaläpimittaluokittain ja muunnetaan latvatilavuus todelliseksi tilavuudeksi empiirisistä aineistoista lasketuilla muuntoluvuilla.

Latvamuotoluvun suuruuteen vaikuttaa rungon muoto, joka pölkkymenetelmässä otetaan huomioon pituusluokan avulla. Sitä ei tarkastella tässä yhteydessä rungoittaisten tietojen puutteen vuoksi. Lisäksi vaikuttaa rungon jakaminen eri puutavaralajien ja pölkkyjen kesken. Erityisen merkittävä on tyvipölkkyjen osuus eri latvaläpimittaluokissa, koska tyvipölkkyjen muoto poikkeaa paljon muiden pölkkyjen muodosta.

Tyvien osuus oli puutavaralajeittain seuraava.

Puulaji	Muuttuja	Puutavaran pituus, m				
		2	3	4	5	6
Mänty	Pölkkyt, kpl	4 928	12 248	174		
	Tyvet, %	28,2	45,7	81,0		
Kuusi	Pölkkyt, kpl	5 497	8 986	850	925	357
	Tyvet, %	18,9	41,8	39,3	60,5	73,4
Koivu	Pölkkyt, kpl	1 482	10 315	253	150	57
	Tyvet, %	34,5	43,1	77,5	97,3	98,2

Kuten jaotelmasta ilmenee, tyvien osuus kasvoi puutavaran pidentyessä, kuten luonnollista onkin. Kiintoisaa kuitenkin on, ettei tyvipölkkyjen osuutta voi ennustaa teoreettisesti kovin hyvin: puutavaran pituuden kaksinkertaistuu tyvien osuus ei välttämättä tule kaksinkertaiseksi. Tämä johtune siitä, että erityisesti 4, 5 ja 6 m pitkää puutavaraa tehdään yleensä vain määrätyyppisissä leimikoissa, kun taas 2 ja 3 m pituuksia käytetään yleismittoina sekä kuitupuuvälisillä että tukkileimikoilla. Näiden mittojen yleisluonteesta johtuneekin, että likimain pitää

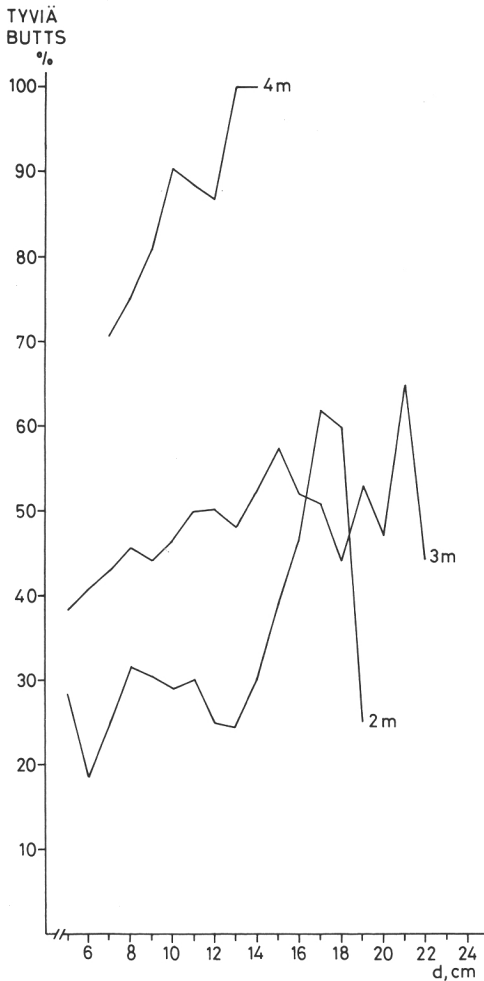
paikkansa tyvien osuuden puolitoistakertaituminen pölkyn pituuden muuttuessa kahdesta metristä kolmeen metriin.

Selvitettäessä tyvien osuuden riippuvuutta latväläpimitasta saatiin viitteitä siitä, ettei riippuvuus ole pääteltävissä pelkästään puuston ominaisuuksien perusteella, vaan lopputulokseen saattaa vaikuttaa myös hakkuumiehen käyttäytyminen. Tämä ilmenee kuvista 5...7, joissa on esitetty tyvien osuuden riippuvuus latväläpimitasta eri puutavaralajeilla. Kuvaajat piirrettiin vain yli 10 havaintoa käsittävistä luokista.

Kaikilla puutavaralajeilla huomiota kiinnittää tyvien osuuden kuvaajan vaihteleva

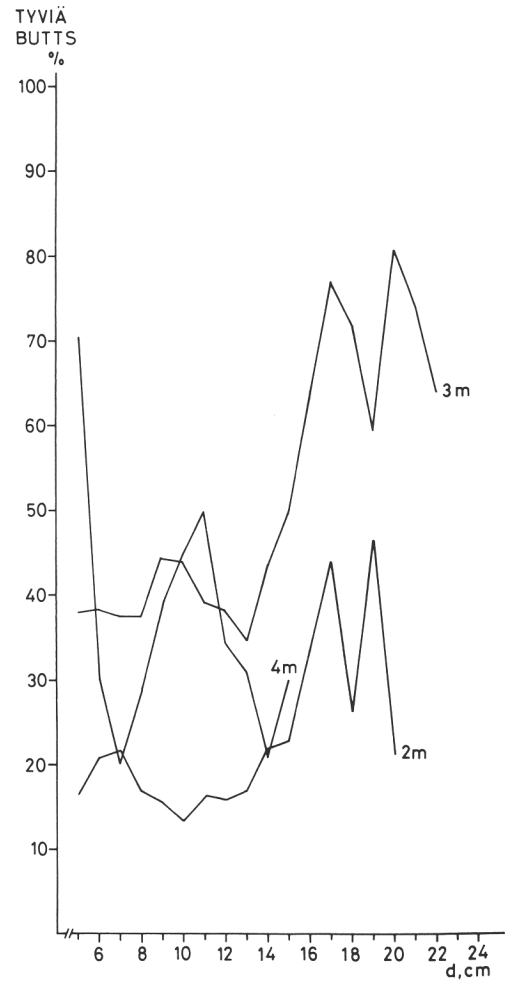
käyttäytyminen. Ainakin koivukuitupuulla ja osittain myös havupuilla oli havaittavissa, että alamittaisia pölkkyjä tehtiin tavanomaista useammin tyvipölkkyistä. Ilmeisesti karsittavan latvuksen ollessa kyseessä oli luontevaa noudattaa minimiläpimittaa ja välttää alle 6 cm läpimittaisten pölkkyjen tekoa. Sitä vastoin vähän karsintaa vaativia runkoja kaadettiin myös silloin, kun niistä ei saatu edes yhtä minimiläpimittaista pölkkyä.

Eräät epäsäännöllisyydet useita satoja pölkkyjä sisältävissä luokissa antavat aiheen olettaa, että myös apteerauskäyttäytyminen vaikutti asiaan. On luultavaa, että tukkiosaa venytetään mielusti lähelle minimiläpimit-



Kuva 5. Tyvipölkkyjen osuus 2, 3 ja 4 m pituisella mäntykuitupuulla latväläpimitan mukaan.

Fig. 5. The butt bolt percentage in 2, 3 and 4 m long pine pulpwood according to the top diameter.



Kuva 6. Tyvipölkkyjen osuus 2, 3 ja 4 m pituisella kuusikuitupuulla latväläpimitan mukaan.

Fig. 6. The butt bolt percentage in 2, 3 and 4 m long spruce pulpwood according to the top diameter.

taa, josta aiheutuu muiden kuin tyvipölkkyjen vähäisyys tietyissä latvaläpimittaluokissa. Tämä voi selittää eräät kuvista näkyvät poikkeuksellisen korkeat tyvipölkkyjen osuudet. Täyttä varmuutta ei kuitenkaan voi saada, koska runkojen jakauma rinnankorkeusläpimital ja pituuden mukaan ei ollut tiedossa.

Kuvissa 8...10 esitettyjen latvamuotoluvun kuvaajien eräät poikkeukset tasaisesta kulusta ovat yhdistettävissä tyvien osuuden vaihteluun. Kaksimetrisellä mäntykuitupuulla latvamuotoluku ei johdonmukaisesti alennunut latvaläpimital kasvaessa, vaan kuvaajan lopussa oli kohoaminen vastaavasta suuresta tyvien osuudesta johtuen. Kolmimetri-

sellä kuusikuitupuulla oli sama ilmiö. Johdonmukaisimmin latvamuotoluku laski läpimital kasvaessa koivulla ilmeisesti siitä johtuen, ettei tukkien merkitys ole kuitupuun ominaisuuksien muodostumisessa läheskään yhtä suuri kuin havupuilla. Vanerikoivujen latvuskuitupuuta oli sekä aineistossa että on yleisemminkin vähän kaikesta lehtikuitupuusta.

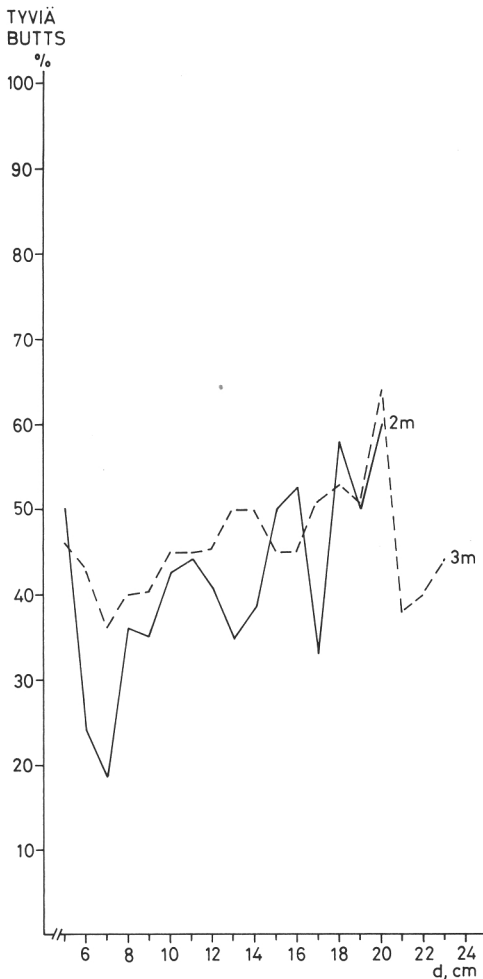
Havukuitupuun ollessa kyseessä monotonisesti laskeva latvamuotoluvun kuvaaja ei ole välttämättä oikea havaintojen tasoitus. Toisaalta erilaisten poikkeuksien sijoittaminen on sekin arveluttavaa, koska palstalta toiselle vaihtelevat tyvipölkkyjen muodostumisen edellytykset. Ilmeistä onkin, että tyvien osuuden erillinen kirjaus voi parantaa pölkkymenetelmän tarkkuutta.

Latvamuotoluvun kuvaajien jyrkkyydestä pienten läpimittojen alueella voi päätellä, että pölkkymenetelmän vakavin heikkous on laaja luokkaväli 60...99 mm. Mikäli luokkaan kuuluvien pölkkyjen keskiläpimital poikkeaa muutaman millimetrin sen aineiston keskiarvosta, johon muuntoluvut perustuvat, saadaan helposti yli 10% ero tilavuudessa. Pieniläpimittaisen pölkkyjen jakaumakysymykset ovat erityisen vaikeita siksi, että usein alimpaan pölkkymenetelmän latvaläpimittaluokkaan kuuluu eniten pölkkyjä tai ainakin hyvin runsaasti pölkkyjen kokonaismäärään nähden.

35. Pölkkymenetelmän tarkkuuden empiirinen kehittäminen

Aineiston mittavuuden ansiosta katsottiin mahdolliseksi etsiä sellaisia empiirisiä riippuvuuksia, joita voitaisiin käyttää hyväksi pölkkymenetelmällä saatavien tulosten tarkkuuden parantamiseksi. Tässä tarkoituksessa laskettiin palstoittaiset tulokset käyttämättä pölkkymenetelmän järeyskorjauskerrointa. Em. kerrointa käytetään männyn ja lehtipuun ollessa kyseessä silloin, kun pienimmän läpimittaluokan (60...99 mm) osuus pölkkyluvusta on joko yli 60% (kerroin 0,975) tai alle 40% (kerroin 1,025). Pölkkymenetelmään järeyskorjauskerroin jouduttiin ottamaan tulosten tarkkuuden parantamiseksi (Heiskanen 1975).

Palstakohtaisesta aineistosta jäivät pois poikkeuksellinen pienin koivupalsta No. 3 (puutavaraa 2,8 m³) ja ne palstat, joilta ei



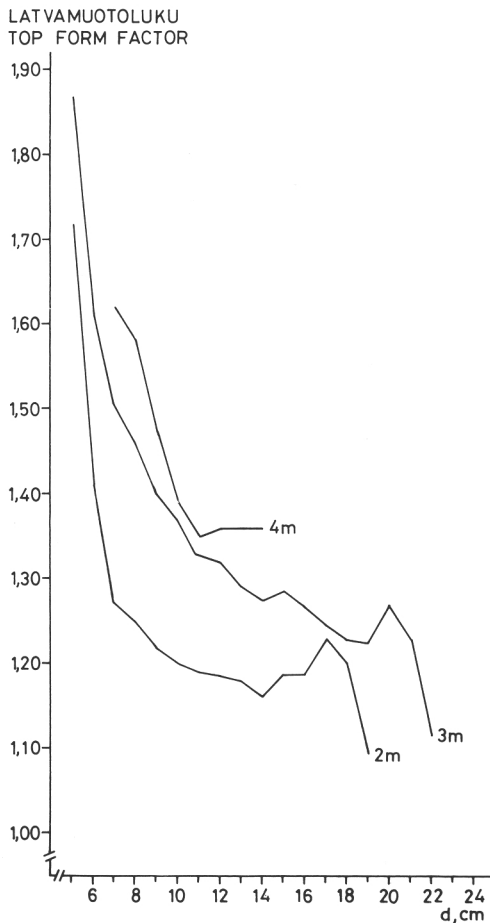
Kuva 7. Tyvipölkkyjen osuus 2 ja 3 m pituisella koivukuitupuulla latvaläpimital mukaan.

Fig. 7. The butt bolt percentage in 2 and 3 m long birch pulpwood according to the top diameter.

laskettu pölkkymittaustulosta puutavaran pituuden ollessa yli 4,5 m. Jäljelle jääneet 40 havaintopistettä käsiteltiin painottamatta niitä pölkkyjen tilavuudella, ts. kukin havainto oli samanarvoinen palstan suuruudesta riippumatta.

Jotta tulokset voitaisiin haluttaessa soveltaa suoraan käytäntöön, palstoittain laskettiin kerroin, jolla pölkkymenetelmän mukainen tulos ilman järeyskorjausta olisi kerrottava oikean tuloksen saamiseksi. Tätä korjauskerrointa pyrittiin ennustamaan erilaisten palstaa kuvaavien tekijöiden funktiona.

Aluksi laskettiin, miten hyvin nykyinen järeyskorjaus on perusteltavissa. Kuvassa 11 on esitetty korjauskertoimen riippuvuus pienimpään järeysluokkaan (60...99 mm) kuu-

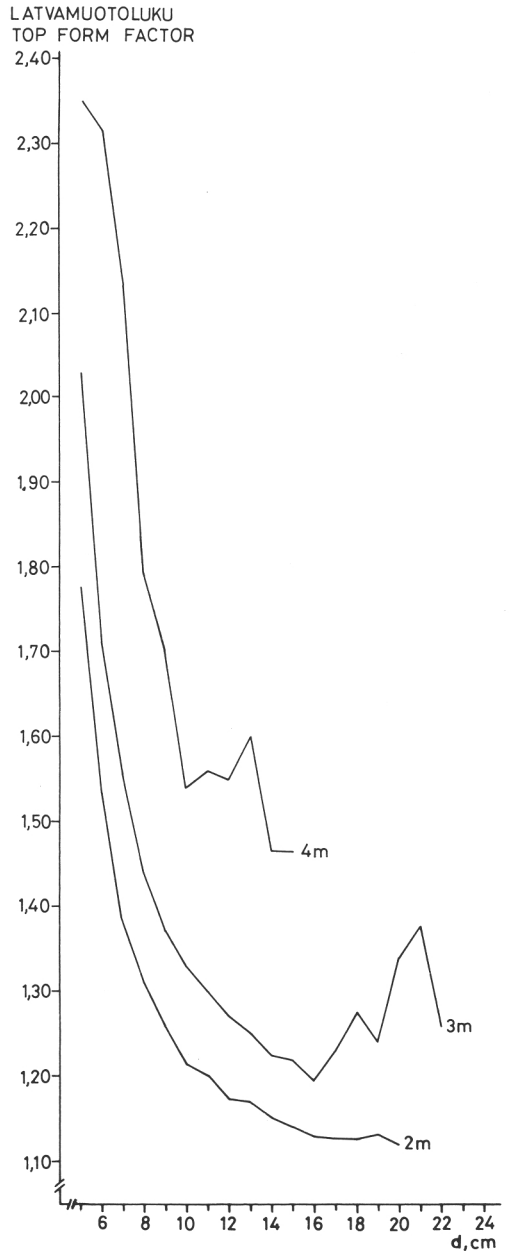


Kuva 8. Mäntykuitupuun (pituus 2, 3 ja 4 m) latvamuotoluku latvaläpimitan mukaan.

Fig. 8. The top form factor of 2, 3 and 4 m long pine pulpwood according to the top diameter.

luvien pölkkyjen prosentuaalisesta osuudesta. Kuten havaitaan, nykyisen korjausmenetelyn suunta on oikea: pienten pölkkyjen osuuden kasvaessa korjauskerroin alenee.

Ilmeistä kuitenkin on, ettei nykyinen korjausmenettely ole suuruudeltaan riittävä: tuloista saadaan muutetuksi vain 2,5 % puoleen



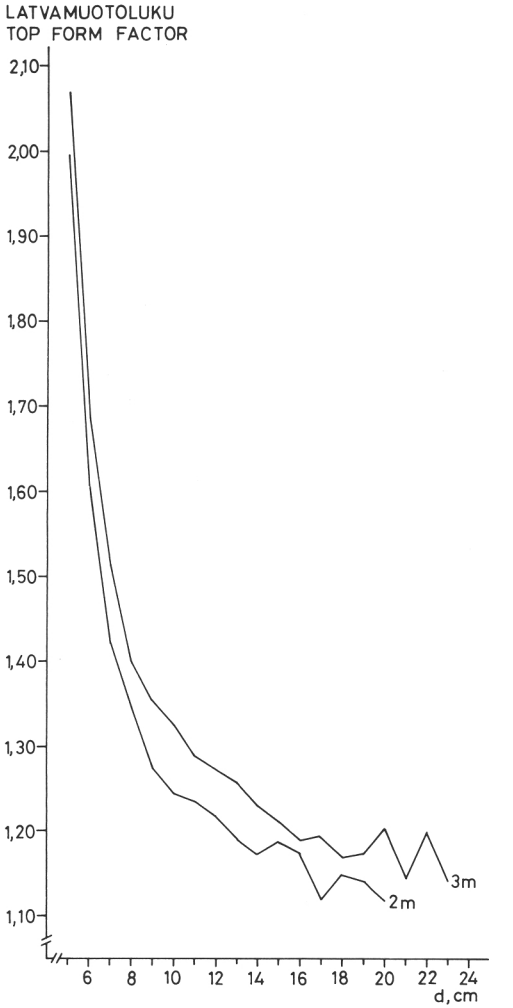
Kuva 9. Kuusikuitupuun (pituus 2, 3 ja 4 m) latvamuotoluku latvaläpimitan mukaan.

Fig. 9. The top form factor of 2, 3 and 4 m long spruce pulpwood according to the top diameter.

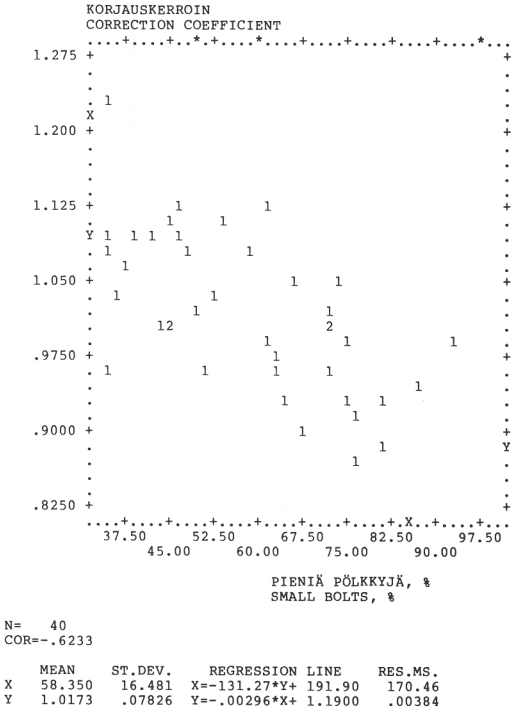
tai toiseen. Kuvasta 11 havaitaan sitä vastoin selvästi, että tarvittavat korjaukset ovat ääritapauksissa paljon suuremmat.

Toinen näkökohta on, että korjausmenetely tulee kohdistaa männyn ja lehtipuun lisäksi myös kuuseen. Kun korjauskerrointa pyrittiin eriyttämään puulajeittain valemuut-
tujen avulla, mitään eroja ei saatu niiden välille, vaan korjauskerroin tuli keskimäärin samaksi samanlaisissa olosuhteissa.

Korjauskerrointa pystyttiin ennustamaan myös muiden tekijöiden avulla. Tyvipölkkyjen osuuden kasvaessa korjauskerroin pieneni selvästi (kuva 12). Vielä johdonmukaisempia tuloksia saatiin jakamalla tyvipölkky-



Kuva 10. Koivukuitupuun (pituus 2 ja 3 m) latvamuotoluku latvaläpimitan mukaan.
Fig. 10. The top form factor of 2 and 3 m long birch pulpwood according to the top diameter.

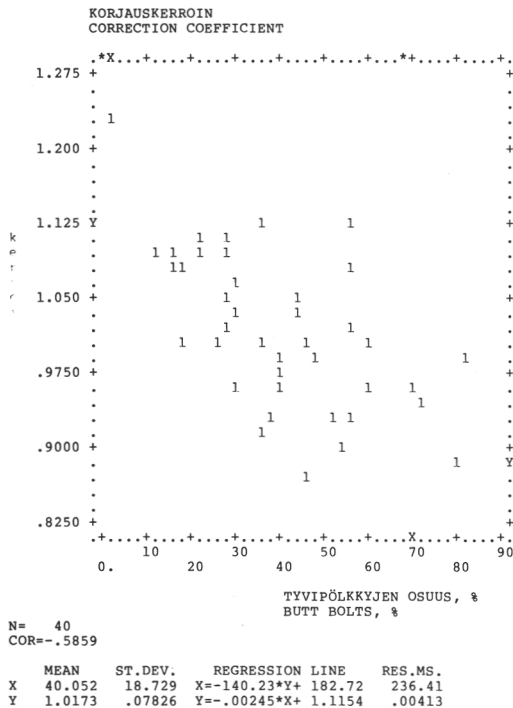


Kuva 11. Pölkkyjenkorroin pienten pölkkyjen (latvaläpimita 60...99 mm) osuuden mukaan.
Fig. 11. Correction coefficient in the bolt measurement method according to the proportion of small bolts (top diameter 60...99 mm).

jen prosentuaalinen osuus pölkyn keskipituudella (dm), ts. ottamalla huomioon, että tyvipölkkyjen osuus kasvaa automaattisesti pölkkyjen pituuden kasvaessa (kuva 13). Hyviä tuloksia saatiin myös käyttämällä selittäjänä tuloa, jonka tekijöinä olivat tyvipölkkyjen osuus % ja pienten pölkkyjen (60...99 mm) osuus % (kuva 14).

Edellä mainitut korjauskerrointa ennustavat tekijät ovat helposti todettavissa — itse asiassa ne tiedetään kulloinkin pölkky-
menetelmää käytettäessä. Pölkkyjen keskimääräinen kapeneminen (mm/m) on sitä vastoin hankalasti selvitettävissä eikä tulle
siis kyseeseen käytännössä.

Kiintoisaa oli, ettei pölkkyjen keskimääräinen kapeneminen yksinään ollut poikkeuksellisen hyvä korjauskertoimen selittäjä (kuva 15). Merkittäväksi kapenemisen tekijä, että se loi muuttuja-avaruuteen uuden dimension, joka yhdessä muiden tekijöiden kanssa oli erinomaisen tehokas korjauskertoimen ennustaja. Kun puuston pituusluok-



Kuva 12. Pölkky menetelmän korjauskerroin tyvipölkkyjen osuuden mukaan.

Fig. 12. Correction coefficient in the bolt measurement method according to the proportion of butt bolts.

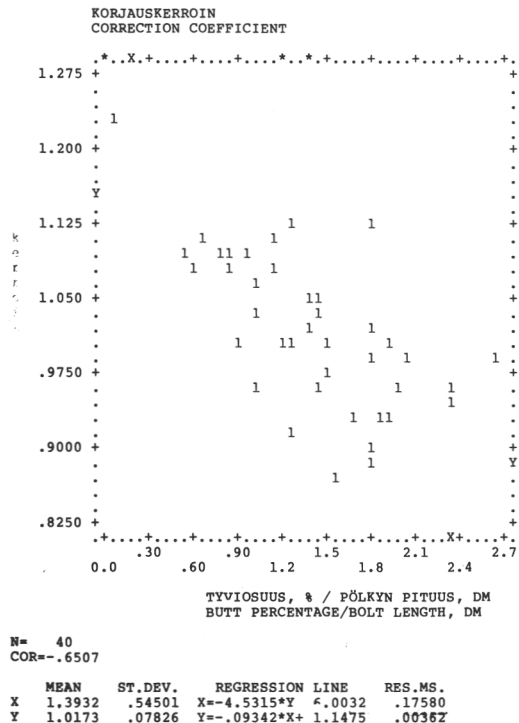
ka oli 2, saatiin seuraava korjauskertoimen ennusteyhtälö.

- (3) $y = 0,810 + 0,0213k - 0,00130p$ jossa
 y = korjauskerroin pölkky menetelmän tulokselle
 k = pölkkyjen keskimääräinen kapeneminen, mm/m
 p = pienten pölkkyjen (60...99 mm) osuus, %

Puuston pituusluokan ollessa 1 korjauskertoimesta on vähennettävä 0,0950 ja pituusluokan 3 ollessa kyseessä lisättävä 0,0901. Nämä korjaukset saatiin ennusteyhtälöä laadittaessa valemuuttujamenetelmällä.

Ennusteyhtälö (3) oli pohjana olevassa aineistossa tehokas: selitysaste oli peräti 89,7 %, korjauskertoimen jäännöshajonta 0,0261 ja F-arvo 70 (vapausasteet 4, 32).

Kuten edellä mainittiin, pölkkyjen kapeenemisen mittausta tuskin tulee kyseeseen käytännössä. Näin ollen on turvaututtava joko pienten pölkkyjen osuuden käyttöön, mikä vastaa periaatteessa nykyistä järeyskorjausta,



Kuva 13. Pölkky menetelmän korjauskerroin pölkyn pituudella jaetun tyvipölkkyosuuden mukaan.

Fig. 13. Correction coefficient in the bolt measurement method according to the proportion of butt bolts divided by bolt length.

tai hyödyntää havaittua korjauskertoimen ja tyvien osuuden yhteyttä. Korjauskerroinyhtälöt ilmenevät kuvista 11 ja 13. Ennustemuuttujen keskinäisestä korreloitumisesta johtuu, ettei ennustamistarkkuus juuri lisääntynyt, vaikka yhden ennustemuuttujan sijasta käytettäisiin molempia. Esimerkiksi kun selittäjinä olivat pienten pölkkyjen osuus % ja tyvi-osuus % jaettuna pölkkyjen pituudella (dm), saatiin seuraava yhtälö.

- (4) $y = 1,18 - 0,00130p - 0,0589b$ jossa
 y = korjauskerroin
 p = pienten pölkkyjen (60...99 mm) osuus, %
 b = tyvipölkkyjen osuus (%) jaettuna pölkkyjen keskipituudella (dm)
 $R^2 = 44,1$
Jäännöshajonta = 0,059

Kun käytännön puunkorjauksessa on jo totuttu järeyskorjauksen käyttöön, kenties luontevin tapa tarkentaa pölkky menetelmän antamaa tulosta on luopua nykyisestä pienten pölkkyjen osuuden luokituksista kol-

meen luokkaan ja käyttää järeyskorjauksena kuvan 11 mukaista yhtälöä, ts. korjauskerroin määräytyy yhtälöllä

(5) $y = 1,19 - 0,00296p$ jossa
 y = korjauskerroin
 p = pienten pölkkyjen (60...99 mm) osuus, %

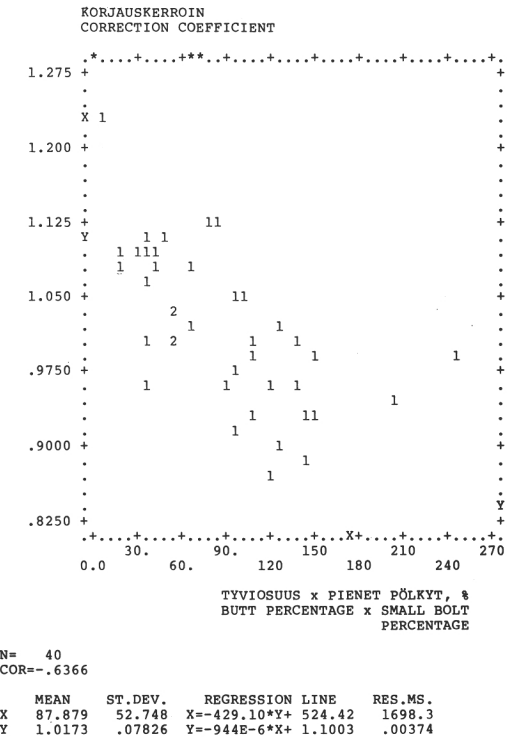
Tällöin saadaan säilytetyksi jo tutuksi muodostunut pienten pölkkyjen osuus korjaustekijänä, mutta sen vaikutus otetaan huomioon jatkuvana (ilman luokitusta) ja aiempaa voimakkaammin.

Edellä ei ole otettu kantaa alamittaisten pölkkyjen tilavuuden määrittämiseen. Voidaan ajatella, että niiden tilavuus lasketaan ikään kuin ne olisivat täysikokoisia. Menettelyä puoltaa se, että useissa tapauksissa tällaiset pölkkyt kapenevat keskimääräistä voimakkaammin, jolloin kapenemisesta aiheutuva tilavuuslisä kompensoi osaksi alamittaisuuden aiheuttamaa tilavuushukkaa. Käytännössä

alamittaisuutta katsotaan läpi sormien ainakin voimakkaasti kapenevan latvuspuutavaran ollessa kyseessä. Toinen mahdollisuus on ottaa ankara linja ja hylätä kaikki alamittaiset pölkkyt tilavuuden laskennasta. Kolmas tapa on laskea alamittaisten pölkkyjen tilavuus erikseen käyttäen omia muuntolukuja.

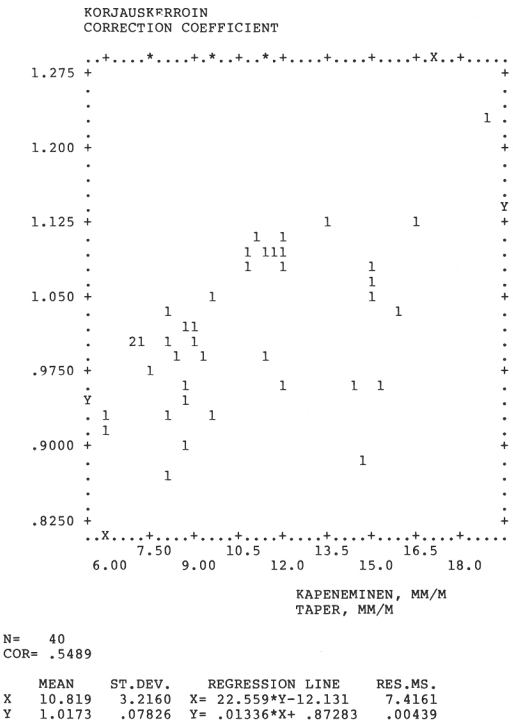
Mikäli käyttöön otetaan viimeksi mainittu vaihtoehto, alle 50 mm läpimittaisten pölkkyjen hyväksyntä tuskin tulee kyseeseen ainakaan kuorittavan puutavaran ollessa kyseessä. On nimittäin havaittu, että pölkkyjen kuorintahukka lisääntyy voimakkaasti rum-pukuorinnassa niiden ohentuessa alle 50 mm:n läpimittaisiksi (esim. Niiranen 1982). Näin ollen voidaan ajatella, että kohtuullisesti alamittaisten pölkkyjen keskimääräinen latvaläpimitta on noin 55 mm.

Seuraavassa jaotelmassa on esitetty käsilä olevan aineiston alamittaisten pölkkyjen ominaisuuksia vastaavat tilavuudet keskimääräi-



Kuva 14. Pölkkymenetelmän korjauskerroin tyvipölkkyosuudella kerrotun pienten pölkkyjen osuuden mukaan.

Fig. 14. Correction coefficient in the bolt measurement method according to the proportion of small bolts multiplied by the proportion of butt bolts.



Kuva 15. Pölkkymenetelmän korjauskerroin pölkkyjen kapenemisen mukaan.

Fig. 15. Correction coefficient in the bolt measurement method according to the taper of the bolts.

sen latvaläpimitan ollessa 55 mm. Laskenta on tehty tasoitettujen latvamuotolukujen perusteella.

Pölkyn pituus m	Mänty	— Puulaji Kuusi Tilavuus dm ³	Koivu
2,0	7,46	7,89	8,59
2,2	8,36	8,89	9,51
2,4	9,29	9,92	10,49
3,0	12,33	13,26	13,47
4,0	19,01	22,14	22,33

Edellä olevat luvut ovat keskimääräisiä eri pituusluokkia erottelematta.

36. Kehämittausten menetelmän tarkkuuden empiirinen kehittäminen

Kehämittausten menetelmän yksi lähtöolet-
tamus oli, että kourakasan muoto säilyy li-
kimain samanlaisena kasan koosta riippu-
matta. Näin ollen kutakin puutavaralajia
varten riittää yksi muuntoluku, jolla kaaren
neliö muunnetaan vastaamaan pölkkyjen
kokonaispoikkipintaa ja sitä kautta kiintoti-
lavuutta. Menetelmän pohjana olevassa
aineistossa oletamus piti paikkansa sangen
hyvin (Kärkkäinen 1979). Selvää kuitenkin
on, että laajoista aineistoista voidaan olet-
tamuksen pätevyys testata paremmin. Alku-
peräisestä aineistosta ei voitu myöskään to-
deta mahdollista puutavaran pituuden ja
muiden vastaavien tekijöiden vaikutusta
pienestään vaihtelusta johtuen. Perustellus-
ti voidaan olettaa, että laajoista aineistoista
voidaan laskea empiirisiä korjauskertoimia
myös näitä tekijöitä varten.

Metsurin kourakasoista laskettu kehäker-
roin oli Kärkkäisen (1979) tutkimuksessa
2...3 m pitkällä havukuitupuulla 0,086 ja leh-
tikuitupuulla 0,079. Käsillä olevan tutkimuk-
sen aineistossa keskimääräinen kerroin oli
puutavaralajeja erittelemättä 0,092 (s=0,016).
Mahdollisesti kourakasat olivat hieman tii-
viimpiä kuin aiemmassa tutkimuksessa, jos-
kin osasyynä on muuttunut kehän pituuden
mittaustapa (luku 33).

Kehäkertoimen suuruuteen vaikuttavia tekijöitä analysoitiin valikoivan regressioana-
lyysin avulla. Kun aineistona oli 2900 kou-
rakasaa, jotka edustivat hyvin vaihtelevia
olosuhteita, tilastollisesti merkitseviksi tekijöiksi saatiin puutavaralaji, pölkyn pituus ja kasan koko. Ennusteyhtälön mukaan kerroin oli havupuutavaralla suurempi kuin lehti-

puulla, ts. havukuitupuukourakasat olivat tiiviimpiä. Tiiviys aleni edelleen pölkyn pi-
tuuden lisääntyessä ja kasan koon suurenessa.
Puutavaralajilla ja em. muilla tekijöillä ei ol-
lut yhdysvaikutusta, ts. pölkyn pituus ja kas-
san koko vaikuttivat samalla tavalla havu- ja
lehtikuitupuulla.

Havupuutavaralla ennusteyhtälö oli seu-
raava. — Helpomman luettavuuden vuoksi
tarkastellaan luvulla 1 000 kerrottua kehäker-
rointa k_1 .

$$(6) \quad k_1 = 114,8 - 0,00949L - 0,0000371L^2 - 0,186c + 0,000373c^2$$

jossa

k_1 = kehäkerroin hakkuumiehen tekemiä

kourakasoja varten

L = puutavaran pituus, cm

c = kourakasan kaaren pituus, cm

$R^2 = 13,4\%$

F = 89 (5, 2894)

Jäännöshajonta = 14,8

Lehtikuitupuulle saatiin valemuuttujatek-
niikalla sama yhtälö lukuun ottamatta vakio-
termiä, joka oli 105,9.

Regressioyhtälön käyttökelpoisuutta ar-
vioitaessa on huomattava, että olettamukset
kehäkertoimen vakioisuudesta olosuhteiden
vaihdellessa pitivät likimain paikkansa: ke-
häkertoimen variaatiokerroin oli ainoastaan
17,3 %. Toisin sanoen ennustettavaa kertoi-
men vaihtelua oli suhteellisen vähän. Tähän
nähdessä oli merkittävää, että pölkyn pi-
tuuden vaikutus saatiin loogiseksi. Selvää nimittäin
on, että kourakasan (ja pinon) tiiviys heikke-
nee puutavaran pituuden kasvaessa. Kasan
koon vaikutus ei ole yhtä selvästi ennakoita-
vissa. Tulos on tältäkin osin kuitenkin luon-
teva.

Kourakasojen uudelleen ladonnan jälkeen
keskimääräinen kehäkerroin k_2 oli 0,095
(s = 0,015). Variaatiokerroin oli vastaavasti
vain 15,6 % eli kasojen tiiviyn vaihtelu oli
entisestään pienentynyt uudelleen ladonnan
ansioista.

Kun kehäkertoimen k_2 vaihtelua selitettiin
samalla mallilla kuin mitä saatiin kehäker-
toimelle k_1 , saatiin seuraava tulos havukuitu-
puulle. Myös tässä tapauksessa kerroin on
kerrottu luvulla 1 000.

$$(7) \quad k_2 = 109,5 - 0,0112L - 0,0000236L^2 - 0,0813c + 0,0000628c^2$$

jossa merkinnät ovat kuten edellä.

$R^2 = 12,7\%$

F = 84 (5, 2894)

Jäännöshajonta = 13,8

Lehtikuitupuulle sopii muuten sama yhtälö, mutta vakiokerroin on 100,1.

Itse asiassa käytettäessä valikoivaa regressioanalyysiä kehäkertoimen k_2 vaihtelun selittämiseen saatiin hieman erilainen malli kuin kehäkertoimelle k_1 . Kun kuitenkin jäännöshajonta oli sama kuin kehäkerrointa k_1 koskevalla mallilla saatu, yhteisen mallin käyttö katsottiin parhaaksi vaihtoehdoksi mahdollisten käytännön sovellutusten kannalta.

Edellä esitettyjen yhtälöiden (6) ja (7) mukaan kehäkerroin hieman pienenee kasan suuretessa, ts. kasa harvenee. Vaikka samantaisia viitteitä saatiin myös Kärkkäisen (1979) tutkimuksessa, kannattaa harkita, voidaanko kyseinen heikko riippuvuus jättää huomiotta. Kasan koko vaikuttaa nimittäin niin vähän, ettei sen huomioon ottamisella ole mitään käytännöllistä merkitystä. Kuitenkin tekijän mukana oleminen hankaloittaa suuresti käytännön toimintaa: ei voida turvautua yksinkertaiseen menettelyyn ja kertoa kehän neliöity pituus puutavaralajista riippuvalla vakioilla, vaan tulos joudutaan taulukoimaan kehän pituuden funktiona.

Jos tyydytään jättämään kourakasan koko huomiotta, kehäkertoimia k_1 ja k_2 (luvulla 1000 kerrottuna) ennustavat seuraavat yhtälöt.

$$(8) \quad k_1 = 98,8 - 0,0163L - 0,0000110L^2$$

(havupuu)

$$(9) \quad k_1 = 88,0 - 0,0163L - 0,0000110L^2$$

(lehtipuu)

$$(10) \quad k_2 = 101,0 - 0,0146L - 0,00000778L^2$$

(havupuu)

$$(11) \quad k_2 = 90,0 - 0,0146L - 0,00000778L^2$$

(lehtipuu)

Näitä yhtälöitä käyttäen saadaan laskeksi taulukon 3 mukaiset kehäkertoimet.

37. Pölkyn poikkipinta-alan arviointimenetelmä

Kuten aiemmin mainittiin, keskimääräisen pölkyn poikkipinta-alan arviointiin perustuva menetelmä antoi keskimäärin liian suuria tuloksia, minkä lisäksi satunnaiset virheet olivat kohtuuttoman suuria. Jotta saataisiin käsitys menetelmän parantamismahdollisuuksista, analysoitiin 482 kourakasaa (5007 pölkkyä) käsittävä osa-aineisto, johon menetelmää oli sovellettu muiden menetelmien ohella.

Jäljempänä käytetään osuvuuden tunnuk-
• sena kourakasoittain laskettua kerrointa, jolla arvioitu poikkipinta-ala tulisi kertoa oikean tuloksen saamiseksi.

Keskimääräinen kerroin oli 0,990 ($s = 0,077$). Variaatiokerroin oli näin ollen vähäinen, vain 7,8 %. Sinänsä tämä tulos on lupaava ja osoittaa, että arvioiden voidaan päästä sangen hyviin tuloksiin. Toinen näkökohta kuitenkin on, että suuret kohteittaiset poikkeamat osoittavat systemaattisia virheitä syntyvän helposti mittaja- arviointitaidosta riippuen.

Pienin kasoittainen kerroin oli osa-aineistossa 0,45 ja suurin 1,35. Näin suuret poikkeamat olivat kuitenkin harvinaisia, kuten kuvan 16 histogrammi osoittaa: valtaosa ker- toimista oli välillä 0,80...1,20, ts. poikkeamat olivat korkeintaan + 20 %.

Selitettäessä kertoimen suuruuteen vaikuttavia tekijöitä havaittiin valikoivassa regressioanalyysissä, että kerroin kasvoi pölkkyjen läpimitan suuretessa ja pieneni pituuden lisääntyessä. Nämä tekijät eivät kuitenkaan olennaisesti selittäneet kokonaisvaihtelua, joka ilmeisesti johtuu enemmän satunnaisista tekijöistä kuin mistään arviointitarkkuuden riippuvuuksista. — Yhtälö sai seuraavan muodon.

$$(12) \quad \text{korjauskerroin} = 0,981 - 0,00388d - 0,00136L$$

jossa
d = keskiläpimitta, cm
L = keskipituus, dm
 $R^2 = 6,3\%$
F = 17 (2, 479)
Jäännöshajonta = 0,075

Kun edellä olevan mukaisesti kertoimen vaihtelu oli varsin pientä, on oikeastaan hämmästyttävää, kuinka suuria systemaattisia eroja syntyi joissakin kohteissa. Tämä saattaa viitata siihen, että suuri henkilön vaikutus saadaan pieneneeseen koulutuksella niin, että menetelmän käyttökelpoisuus lisääntyy. Toisaalta menetelmän huonoksi puoleksi jää edelleen vaikea kontrolloitavuus ja kaikille arviointimenetelmille ominainen jatkuva epävarmuus arviointitehtävän onnistumisesta.

Eri asia sitten on, ettei tyvi- ja latvapoikkileikkauksien keskiarvo ole erityisen hyvä tunnus yksittäisiä pölkkyjä mitattaessa. Parempia tuloksia saadaan käyttämällä kahden läpimitan sijasta yhtä, pölkyn pituuden puoliväliin sijoitettua keskusläpimittaa (esim. Kärkkäinen 1974).

		SYMBOLI KPL		KESKIARVO		KESKIHAJONTA						
		SYMBOL COUNT		MEAN		ST.DEV.						
		X		482		0,990						
						0,077						
		KUKIN X EDUSTAA KAHTA HAVAINTOA										
		EACH X REPRESENTS TWO OBSERVATIONS										
KERROIN COEFF.		HAVAINTOJA									PROS.	
		FREQUENCY									%	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	INT.	CUM.
		+	+	+	+	+	+	+	+	+		
0,475	+X										1	1
0,500	+										0	1
0,525	+										0	1
0,550	+										0	1
0,575	+										0	1
0,600	+										0	1
0,625	+										0	1
0,650	+										0	1
0,675	+										0	1
0,700	+										0	1
0,725	+										0	1
0,750	+										0	1
0,775	+X										1	2
0,800	+X										2	4
0,825	+XX										3	7
0,850	+XXXX										8	15
0,875	+XXXXXX										11	26
0,900	+XXXXXXXXXX										20	46
0,925	+XXXXXXXXXXXXXX										30	76
0,950	+XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX										60	136
0,975	+XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX										55	191
1,000	+XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX										83	274
1,025	+XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX										75	349
1,050	+XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX										51	400
1,075	+XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX										38	438
1,100	+XXXXXXXXXX										15	453
1,125	+XXXXXXX										13	466
1,150	+XX										3	469
1,175	+XXXX										7	476
1,200	+XX										3	479
1,225	+										0	479
1,250	+X										1	480
1,275	+										0	480
1,300	+										0	480
1,325	+X										1	481
1,350	+X										1	482
1,375	+										0	482
1,400	+										0	482
		+	+	+	+	+	+	+	+	+		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90		
		HAVAINTOJA, KPL										
		NO. OF OBSERVATIONS										

Kuva 16. Keskipölkyn arviointimenetelmän korjauskertoimen frekvenssijakauma.
Fig. 16. Frequency distribution of the correction coefficient in the method based on estimation of the average bolt.

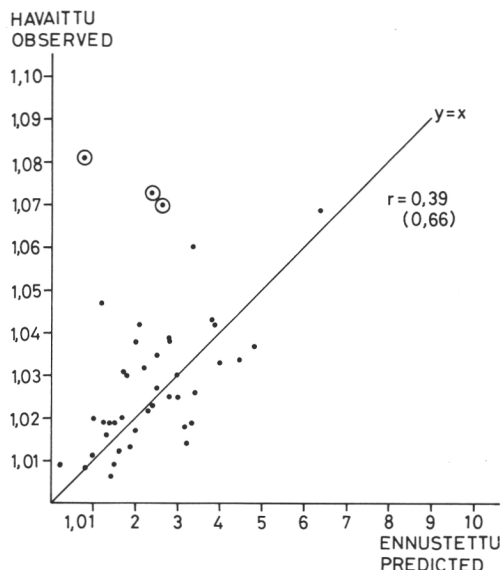
38. Keskusmuotoluvun ennustaminen

Aiemmassa tutkimuksessa (Kärkkäinen 1982) kehitettiin menetelmä, jota käyttäen voidaan arvioida puutavaraerän keskusmuotoluku keskimääräisen keskusläpimitan ja tyvipölkkyjen osuuden perusteella. Menetelmää tarvitaan mm. silloin, kun erän pölkkyjen kiintotilavuus määritetään mitattujen keskusläpimittojen avulla.

Kuvassa 17 on esitetty em. menetelmällä ennustetun ja mitatun keskusmuotoluvun keskinäinen yhteys. Kukin piste edustaa yhden palstan puutavaralajia. Kuvan mukaan yhteys on kohtalainen ($r = 0,39$), ja jos

aineistosta poistetaan kolme poikkeavaa, kuvassa rengastettua havaintoa, verraten hyvä ($r = 0,66$). Muista havainnoista poikkeavat havainnot olivat kahdessa tapauksessa pieniläpimittaista kolmimetristä lehtikuitupuuta ja yhdessä viisimetristä kuusirankaa. — Kaiken kaikkiaan nyt käsitellystä aineistosta saadut tulokset viittaavat keskusmuotoluvun suuruuden olevan kohtalaisen hyvin ennustettavissa tyvipölkkyjen osuuden ja pölkkyjen järeyden perusteella, joskin yksittäistapauksissa suuriakin eroja saattaa syntyä pölkkyjen muodon vaihtelun vuoksi.

Mikäli keskusmuotoluvun ennustamismenetelmällä saatuja tuloksia halutaan korjata



nyt tarkastellun aineiston avulla, voidaan käyttää seuraavaa yhtälöä.

$$(13) \quad kml = 0,431 + 0,578x$$

jossa kml on korjattu ennuste keskusmuotoluvusta ja x alkuperäinen pölkyn keskijäretyteen ja tyvipölkkyjen osuuteen perustuva arvio keskusmuotoluvun suuruudesta Kärkäisen (1982) esittämien taulukkojen mukaan.

Kuva 17. Ennustettu ja havaittu keskusmuotoluku. Kukin piste edustaa yhden kohteen puutavaralajia (n = 43).

Fig. 17. Predicted and observed middle form factor. Each dot represents a pulpwood assortment in a logging area (n = 43).

4. KÄYTÄNNÖN NÄKÖKOHTIA

Käsillä olevan tutkimuksen laaja aineisto osoitti selvästi, että puutavaran mittaus palstalla voidaan järjestää monella tavalla ja saada käyttökelpoisia tuloksia. Yleisimmin käytetty pölkky menetelmä ei ole erityisen tarkka tai mittauskustannuksiltaan edullinen, etenkin jos mittaukseen luetaan myös pölkkyjen kääntäminen kasauksessa latvapää samaan suuntaan. Se on kuitenkin edelleen käyttökelpoinen: tutkimuksessa ei ilmennyt mitään erityisen hälyttävää sen tarkkuudesta. Erityistä huomiota on kuitenkin kiinnitettävä alamittaisten pölkkyjen välttämiseen tai niiden erillismittaukseen, muuten mittaustulokset muodostuvat helposti todellista suuremmiksi.

Pölkky menetelmää voidaan tarkentaa helpoimmin muuttamalla järeyskorjaus nykyistä jyrkemmäksi. Luokkien sijasta voidaan käyttää kaavaa (5). Menettely on yhtä helppo kuin luokitella pienten pölkkyjen osuus muutama luokkaan ja määritellä niille korjauskertoimet em. kaavalla. Myös muita korjausmahdollisuuksia on, erityisesti tyvien osuuden avulla, mutta kun järeyskorjaus on jo vanhastaan tuttu, sitä kannattaa suosia.

Ilmeistä myös on, ettei pölkky menetelmää voida saada erityisen tarkaksi. Tämä johtuu siitä, että tilavuusvaihtelua aiheuttavat vai-

keasti huomioon otettavat tekijät kuten pölkkyjen muoto ja läpimittajakauma. Muotoa kuvataan jossakin määrin pituusluokalla, mutta vain osaksi. Jakauman vaikutuksen huomioon ottamiseksi on menetelmiä (Kärkäinen 1982), mutta niitä on vaikea saada samalla tehokkaiksi ja helppokäyttöisiksi. Niinpä pölkky menetelmää käytettäessä täytyykin tyytyä siihen, ettei sen tarkkuus ole erityisen suuri.

Taulukko 3. Kehäkertoimet havu- ja lehtikuitupuulle puutavaran pituuden mukaan.

Table 3. Circumference coefficients for resinous and broadleaved pulpwood according to the bolt length.

Puutavaran pituus Length cm	Kehäkerroin $k_1 \cdot 1000$ (Hakkuumiehen kourakasat) Circumference coefficient $k_1 \cdot 1000$ (Heaps made by logger)		Kehäkerroin $k_2 \cdot 1000$ (Uudelleen ladotut kourakasat) Circumference coefficient $k_2 \cdot 1000$ (Heaps restacked)	
	Havupuu Softwood	Lehtipuu Broadleaver	Havupuu Softwood	Lehtipuu Broadleaver
200	951	844	978	867
250	941	833	969	858
300	929	822	959	849
350	918	810	950	839
400	905	798	939	829
450	893	785	929	818
500	879	772	918	807
550	865	758	906	796

Jos se halutaan korvata jollakin toisella menetelmällä, lupaavimmalta vaikuttaa kourakasojen kehämittaus. Käsillä olevan tutkimuksen aineistossa tulokset olivat siinä määrin lupaavia, että käytännön kokeilut ovat paikallaan. Rationalisointia merkitsee mm. mittauksen kohdistuminen pölkkymuodostelmiin yksittäisten pölkkyjen sijasta sekä se, ettei pölkkyjä tarvitse käänellä kasattaessa ainakaan mittauksen takia.

Taulukossa 3 on esitetty tämän tutkimuksen aineistosta lasketut kehäkertoimet, joita

voidaan käyttää sovellettaessa mittaustapaa käytännön olosuhteisiin.

Ylivoimaisesti tarkimmat tulokset saatiin mittaamalla pölkkyistä keskusläpimitta ja ottamalla huomioon läpimittajakauman vaikutus. Menetelmän käyttökelpoisuutta heikentää mm. pituuden puolivälin määrittäminen mittauksen kohdistuminen yksittäisiin pölkkyihin. Saattaa kuitenkin olla, että menetelmä on omiaan pitkälle (esim. noin 5 m) likipituiselle kuitupuulle, jolle muut mahdolliset menetelmät soveltuvat huonosti.

KIRJALLISUUTTA

- HEISKANEN, V. 1975. Kuitupuun latvaläpimittaan perustuva työmittausmenetelmä (pölkky menetelmä). Summary: A wagepayment measuring method based on pulpwood top diameter (bolt method). *Folia For.* 227:1—35.
- KÄRKKÄINEN, M. 1974. Näkökohta tyvi- ja latvaläpimittan 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.
- 1976. Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia. Summary: Volume measurement of birch pulpwood in northern Finland. *Folia For.* 286:1—24.
- 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 mittaus kourakasoissa. Summary: Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps. *Folia For.* 410:1—15.
- 1982. Pölkkyittäinen kuitupuun mittaus. Summary: Measurement of pulpwood by the bolt. *Folia For.* 501:1—47.
- NIIRANEN, M. 1982. Rumpukuorinta. INSKOn julk. 151—82(VI):1—16.

SUMMARY

STUDIES OF THE MEASUREMENT OF PULPWOOD BOLTS

In Finland, the most commonly used method of preparing pulpwood is to make short bolts (length 2 or 3 m) in the forest, gather them into grapple heaps and transport then by forwarders. As the wages are based on the pulpwood volume, it is necessary to measure the volume either in the forest or after forwarding at the road-side landing. If the volume is measured in the stand, it is possible to estimate the stemwood volume before cutting by using normal mensurational methods. Another widely used method is to tally bolts using wide top diameter classes 60...99 mm, 100...149 mm, 150...199 mm, etc (Heiskanen 1975).

This so-called bolt measurement method is quite laborious as the top ends of the bolts must be in the same direction for tallying. The method is not very accurate either. Therefore, new methods for use in the stand have been developed. In one of these, the circumference of the grapple heaps is measured and converted into volume (Kärkkäinen 1979). In the other method the mid-length diameters of the bolts of wide diameter classes are measured, and the shape of the diameter

distribution is taken into account in computing the volume (Kärkkäinen 1982).

In order to evaluate the practicability of the measurement methods used in the forest, a large experiment was arranged. The experiment comprised 43 stands in which various measurement methods were used and the results compared. 46224 bolts were measured. The accurate volume was computed from the top, mid-length and butt diameters of the bolts, and the length.

The average properties of the bolts are presented in Table 1.

The results of the various measurement are given in Table 2. According to the results, the commonly used bolt measurement system gave quite satisfactory results, although there was some underestimation in pine and spruce pulpwood and overestimation in birch pulpwood. However, if undersized (top diameter under 60 mm) bolts are accepted, the result can be distinctly too large. On average, the proportion of undersized bolts was 8,7%.

The accuracy of the bolt measurement method can be

improved by using a correction factor. The correction can be based on the proportion of small bolts (diameter 60...99 mm) (Fig. 11), proportion of butt bolts (Fig. 12), butt bolt percentage divided by bolt length (which takes into account the fact that the butt percentage increases with increasing bolt length) (Fig. 13), butt percentage multiplied by the proportion of small bolts (Fig. 14), and the average taper (Fig. 15). With the exception of the last-mentioned possibility, all the correction factors are easily measured.

The method based on measurement of the circumference of the grapple heaps gave promising results, too. The empirical coefficients which were used in converting the circumference into cross-sectional area of the bolts were too low, however. New empirical coefficients were computed. There was a difference between the softwood species and birch. Besides this, the coefficients decreased with the increasing bolt length, i.e., the pile density of the grapple heaps decreased with the bolt length, as has been found in numerous earlier studies.

The new empirical coefficients are presented in Table 3.

The most accurate results were obtained by measuring the mid-length diameters and taking into account the effect of the diameter distribution. In practice, this method is possible for long (5...6 m) pulpwood. For short pulpwood, the number of bolts to be measured is too high to be practical.

The estimation of the average bolt also gave satisfactory results in numerous cases. However, in other cases the error was too large for practical purposes. Possibly the estimator was not skilled enough in these cases. The required skill can presumably be improved by training. However, ocular estimation of bolt size is not to be recommended for untrained persons.

According to the measured accuracy and the workers' subjective opinions of the practicability of the various methods, the most promising new method is that based on measurement of the circumference of grapple heaps. If the old method based on top diameters is used, its accuracy can be improved by a simple correction coefficient. For long pulpwood, even the method based on mid-diameters is possible due to its high accuracy, although its practicability in the forest is questionable.

ODC 526.51/.52:861.0
ISBN 951-40-0600-3
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. 1983. Kuitupuupölkkyjen mittaustutkimuksia. Summary: Studies of the measurement of pulpwood bolts. Folia For. 542:1—23.

A material of 43 lots was gathered in order to evaluate the accuracy and practicability of various pulpwood measurement methods. A total of 46224 bolts were measured. The commonly used bolt measurement method gave satisfactory results if undersized bolts were excluded. The method based on the circumferences of grapple heaps was promising, and therefore new empirical coefficients were computed from the material. Excellent results were obtained using mid-length diameters and taking into account the diameter distribution.

Author's address: University of Helsinki, Department of Logging and Utilization of Forest Products, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 526.51/.52:861.0
ISBN 951-40-0600-3
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. 1983. Kuitupuupölkkyjen mittaustutkimuksia. Summary: Studies of the measurement of pulpwood bolts. Folia For. 542:1—23.

A material of 43 lots was gathered in order to evaluate the accuracy and practicability of various pulpwood measurement methods. A total of 46224 bolts were measured. The commonly used bolt measurement method gave satisfactory results if undersized bolts were excluded. The method based on the circumferences of grapple heaps was promising, and therefore new empirical coefficients were computed from the material. Excellent results were obtained using mid-length diameters and taking into account the diameter distribution.

Author's address: University of Helsinki, Department of Logging and Utilization of Forest Products, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

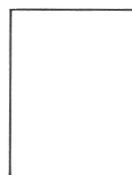
Tilaaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

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



Folia Forestalia _____

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia

Remarks _____

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 jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — Address: 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — Phone: (957) 314 241

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

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — Address: 95900 Kolari, Finland
Puh. — Phone: (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) 26 211

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

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

1982

- No 518 Kubin, Eero & Poikolainen, Jarmo: Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatun avohakkuualan routa- ja lumisuhteista.
Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut areas prepared in various ways.
- No 519 Schildt, Jyri: Unimog kuorma-autoon perustuva polttohakkeen hankintajärjestelmä.
Producing fuel chips with Unimog truck.
- No 520 Kärkkäinen, Matti: Tuloksia pystyarsittujen mäntyjen sahauksesta.
Results on sawing pruned pines.
- No 521 Kärkkäinen, Matti & Kallinen, Jorma: Kemin seudun mäntytukkien koesahaustuloksia.
On the sawing of pine logs from northern Finland, Kemi region.
- No 522 Björklund, Tarja: Kontortamännyn puutekniset ominaisuudet.
Technical properties of lodgepole pine wood.
- No 523 Vuokila, Yrjö: Metsien teknisen laadun kehittäminen.
The improvement of technical quality of forests.
- No 524 Varmola, Martti: Taimikko- ja riukuvaiheen männikön kehitys harvennuksen jälkeen.
Development of Scots pine stands at the sapling and pole stages after thinning.
- No 525 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1981.
Abstracts of the publications of the Finnish Forest Research Institute, 1981.
- No 526 Silfverberg, Klaus: Näringsanalys i två spårämnes gödslade granplanteringar.
Nutrient analysis of Norway spruce after application of micro-nutrients.
- No 527 Nikkanen, Teijo: Pohjois-Suomen mäntyjen nuorissa siemenviljelyksissä syntyneen siemen käyttömahdollisuuksista Oulun läänin alueella.
Survival and height growth of North Finland × South Finland hybrid progenies of Scots pine in intermediate areas.
- No 528 Sirén, Matti: Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa kuormainproessorilla.
Stand damage in thinning operation with grapple loader processor.
- No 529 Valtonen, Kari: Sahatavaran ja puulevyjen käyttö uudisrakentamiseen 1970-luvulla.
Use of sawnwood and wood-based panels in new building construction in the 1970's.
- No 530 Hannelius, Simo: Metsäkiinteistöjen kauppahinta-aineisto ja sen soveltuvuus kauppa-arvomenetelmän vertailuperusteeksi.
Forest real estate purchase price statistics as a basis for comparison method in real estate appraisal.
- No 531 Kinnunen, Kaarlo: Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa.
Scots pine sowing on barren mineral soils in western Finland.
- No 532 Lyly, Olavi & Saksa, Timo: Pituuskasvun vaihtelu ja puuluokkien eriytyminen nuorena istutusmännikössä.
Variation in height growth and differentiation of tree classes in a young Scots pine plantation.
- No 533 Lähde, Erkki, Nieminen, Jarmo, Etholén, Kullervo & Suolahti, Pekka: Varttuneet kontortametsiköt Suomen eteläpuoliskolla.
Older lodgepole pine stands in southern Finland.
- No 534 Mälkönen, Eino & Saarsalmi, Anna: Hieskoivikon biomassatuotos ja ravinteiden menetys kokopuun korjuussa.
Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands.
- No 535 Kinnunen, Kaarlo & Nerg, Jukka: Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä.
State of sown and naturally regenerated young Scots pine stands in the private forest of western Finland.
- No 536 Raitio, Hannu: Rauduskoivun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä.
Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental field.
- No 537 Leikola, Matti, Raulo, Jyrki & Pukkala, Timo: Männyn ja kuusen siemensadon vaihteluiden ennustaminen.
Prediction of the variation of the variations of the seed crop of Scots pine and Norway spruce.
- No 538 Takalo, Sauli & Väyrynen, Seppo: Terri-telamaasturi puutavaran maastokuljetuksessa.
Terri light crawler in timber transport.
- No 539 Appelroth, Sven-Eric: Rekommendationer för materialinsamling och resultatpresentation vid tidsstudier av skogsvårdsarbeten.
Recommendations for collecting data and presenting results of time studies on silvicultural operations.
- No 540 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1980–82.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1980–82.
- No 541 Saksa, Timo & Lähde, Erkki: Siemenen määrä männyn, kuusen ja lehtikuusen suojakylvössä.
Number of seeds in shelter sowing of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch.

1983

- No 542 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuupölkkyjen mittaustutkimuksia.
Studies of the measurement of pulpwood bolts.
- No 543 Kärkkäinen, Matti & Björklund, Tarja: Suomussalmelaisten mäntytukkien koesahaustuloksia.
On the sawing of pine logs from Suomussalmi, north-eastern Finland.
- No 544 Petäistö, Raija-Liisa: Rauduskoivun versolaikut taimitarhalla.
Stem spotting of birch (*Betula pendula*) in nurseries.
- No 545 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen kasvun vaihtelu Suomen eteläisimmässä osassa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella.
Growth variation of pine and spruce in the southernmost part of Finland according to the 7th National Forest Inventory.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnot 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.