

# FOLIA FORESTALIA 410

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1979

---

---

MATTI KÄRKKÄINEN

---

KUITUPUUN KIINTOMITTAUS  
KOURAKASOISSA

---

MEASUREMENT OF SOLID VOLUME  
OF PULPWOOD GRAPPLE HEAPS

---

- 1978
- No 338 Lähde, Erkki: Väliavarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen. Effect of intermediate storage of containerized Scots pine planting stock on reforestation success.
- No 339 Teivainen, Terttu: Eräiden poppelikloonien myyrätuhoalttius ruokintakokeiden mukaan. Resistance of some poplar clones to vole damage through feeding experiments.
- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua. Comparison of clearing saws equipped with stump spraying devices.
- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus. Weight scaling of industrial chips and sawdust.
- No 342 Hakkila, Pentti: Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Harvesting small-sized wood for fuel.
- No 343 Paaivilainen, Eero: PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia. PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 344 Lehtonen, Irja, Pekkala, Osmo & Uusvaara, Olli: Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia. Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great sallow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätilastollinen vuosikirja 1976. Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus. Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittausmahdollisuudet. Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Löyttyniemi, Kari: Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimennävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae). Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae)
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa. First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.
- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoealojen edustavuus. Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pysynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa. Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus. Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle. Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Järveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu. Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings.
- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.
- No 356 Hyppönen, Mikko & Roiko-Jokela, Pentti: Koepuiden mittauksen tarkkuus ja tehokkuus. On the accuracy and effectivity of measuring sample trees.
- No 357 Uusitalo, Matti: Alueittaiset kantorahatulot vuosina 1970—75. Regional gross stumpage earnings in Finland in 1970—75.
- No 358 Mattila, Eero & Helle, Timo: Keskisen poronhoitoalueen talvilaidunten inventointi. Inventory of winter ranges of semi-domestic reindeer in Finnish Central Lapland.
- No 359 Hannelius, Simo: Istutuskuusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelua. Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability.
- No 360 Jakkila, Jouko & Pohtila, Eljas: Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland.
- No 361 Kyttälä, Timo: Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa. Aspects of work organizing in logging.
- No 362 Kukkola, Mikko: Lannoituksen vaikutus eri latvuskerrosten puiden kasvuun mustikka-tyypin kuusikossa. Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site.
- No 363 Mielikäinen, Kari: Puun kasvun ennustettavuus. Predictability of tree growth.
- No 364 Koski, Veikko & Tallqvist, Raili: Tuloksia monivuotisista kukinnan ja simensadon määrän mittauksista metsäpuilla. Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees.



FOLIA FORESTALIA 410

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1979

Matti Kärkkäinen

KUITUPUUN KIINTOMITTAUS KOURAKASOISSA

Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps

ODC 527:324  
ISBN 951-40-0414-0  
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. 1979. Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa. Summary: Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps. *Folia For.* 410:1—15.

Tutkimuksessa kehitettiin kuitupuun kiintotilavuuden mittaamenetelmä, jota voidaan soveltaa palstalla oleviin kourakasoihin. Menetelmä perustuu pölkkyjen pituuden puolivälistä tehtävään kasan ympärysmittaan toteamiseen. Kertomalla tämän pituuden neliö otoksesta estimoitavalla vakio kertoimella saadaan kasan kiintotilavuutta vastaava poikkipinta-ala. Kun tämä kerrotaan pölkkyjen nimellispituudella määräpituisten pölkkyjen ollessa kyseessä, tai otannalla todettavalla likipituisten pölkkyjen keskipituudella, saadaan kiintotilavuus.

Menetelmää kokeiltiin 633:een kourakasaan, joissa oli 6001 2...3 m pölkkyä. Osoittautui, että on riittävää käyttää lehtipuulle yhtä kerrointa ja havupuulle toista, joskin lehtipuukerroin hieman aleni kasan suuretessa. Aineiston mukaan lehtipuukasan ympärysmittaan neliö on kerrottava luvulla 0,079 ja havupuukasan luvulla 0,086 kiintotilavuutta vastaavan poikkipinta-alan saamiseksi, kun puutavaran pituus on 2...3 m ja karsinta tavanomaista moottorisahakarsintaa.

---

A new method for the estimation of the solid volume of grapple heaps was developed in the study. The circumference at the mid-point of the heap is measured. The area corresponding to the solid volume is estimated by multiplying the square of the circumference by a coefficient, the value of which is 0,079 for broadleaved species and 0,086 for softwood. These preliminary values were calculated from a material consisting of 633 grapple heaps containing a total of 6001 pulpwood bolts (length 2...3 m) which had been limbed by chain saw.

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	4
2. MENETELMÄN TEOREETTISET PERUSTEET .....	5
3. AINEISTO .....	6
4. TULOKSET .....	7
41. Kehän pituuden vaihtelut .....	7
42. Kehä- ja kolmiokertoimet .....	9
43. Muiden tekijöiden vaikutus .....	11
5. TULOSTEN SOVELTAMINEN .....	12
KIRJALLISUUS .....	14
SUMMARY .....	15



## 1. JOHDANTO

Kun kuitupuun kiintotilavuus todetaan palstalla, yleisimmin käytetään pölkkymenetelmää (ks. Heiskanen 1975, Pölkkymenetelmä 1975). Menetelmää sovellettaessa todetaan palstalla olevien pölkkyjen lukumäärä latvaläpimittaluokittain ja lasketaan Metsäntutkimuslaitoksen julkaisemien muuntolukujen perusteella puutavaran kiintotilavuus. Nykyisin käytetyssä menetelmässä luokkaväli on 5 cm. — Pölkkyluvun lisäksi todetaan puiden pituusluokat sekä keskijäreiden määrittämistä varten tyviluku, koska julkaistut muuntolukutaulukot käyttävät näitä jaotteluperusteina.

Nykyisin (1979) voimassa olevan työehtosopimuksen mukaan hakkuumiehelle maksetaan pölkkymenetelmän käyttämisestä noin 2 markkaa kuutiometriä kohti, mikäli kysymyksessä on runkokuitupuu. Latvuskuitupuulle taksa on olennaisesti halvempi. Mikäli työntekijä kourakasoja tehdessään ottaa huomioon ainoastaan pölkkymenetelmän mitausvaatimukset, mutta ei toimita itse mitausta, taksa on noin puolet edellä mainitusta.

Pölkkymenetelmän kustannukset ovat suurehkoit verrattuna varastolla mittauksen kustannuksiin (Pennanen 1978). Lisäksi pölkkymenetelmän heikkous on, että sen käytöstä on sovittu ainoastaan määräpitukselle puutavaralle (Heiskanen 1975, Pölkkymenetelmä 1975). Kuitenkin erityisesti pienten runkojen hakkuussa likipituisten puutavaran teko mahdollistaisi huomattavat kustannussäästöt (Kärkkäinen 1978, s. 4). Edelleen pölkkymenetelmän käyttökelpoisuutta heikentää havainto, että ainakin pohjoissuomalaisen koivukuitupuun ollessa kyseessä saadaan jonkin verran suuria tuloksia (Kärkkäinen 1976). Yleisesti tarkkuutta heikentää pölkkyjen läpimittajauman vaikutus tuloksiin. Haittana on myös se, ettei pölkkymenetelmässä voida muuttaa minimiläpimittoja ja luokkarajoja tarkkuuden olennaisesti heikkenemättä.

Pölkkymenetelmän lisäksi palstoittaisessa

kuitupuun mittauksessa on kokeiltu myös pölkkyotantaa, jolloin myös likipituisten puutavaran teko on mahdollinen (esim. Pölkkyotanta, ei vlk). Pölkkyotantaa on sovellettu yleensä siten, että palstoittain todetaan pölkkyjen lukumäärä karkeaa järeysluokitusta käyttäen, jonka jälkeen selvitetään otannalla kunkin järeysluokan keskimääräisen pölkyn tilavuus. Pölkkyotannasta on tehty monia versioita. Kaikkien niiden heikkoutena on kuitenkin se, että tarvittavan otoksen koko on suuri pölkkyjen tilavuuden suuresta hajonnasta johtuen (Kärkkäinen 1973). Jopa pieniläpimittaisessa kuitupuuleimikossa suurimman pölkyn tilavuus voi olla yli kymmenkertainen pienimpään pölkkyyn verrattuna. Karkea järeysluokitus ei helpota kovin paljon tilannetta. Esim. Jos kuuden ja kymmenen senttimetrin läpimittaiset pölkkyt kuuluvat samaan luokkaan, pienimmän pölkyn tilavuus on vain 1/3 suurimman pölkyn tilavuudesta. Näin ollen tarvittava otoksen koko on myös karkeaa järeysluokitusta käytettäessä suuri.

Hajapituisten puutavaran kiintomittaus palstalla käy päinsä myös tavanomaisella pinomenetelmällä (Kuitupuupinon kiintomittaus... 1975), mikäli puutavara tehdään riittävän suuriin kasoihin. Tällöin likipituisten pölkkyjen keskipituuden mittauksessa voidaan käyttää otantamenetelmiä (Kärkkäinen 1978). Tietävästi käytännössä on myös yritetty soveltaa pinomenetelmää ja likipituisten pölkkyjen keskipituuden määrittäystä otannalla suuriin kourakasoihin. Menetelmiä ei kuitenkaan ole laadittu tällaista käyttöä varten, eikä tapaa voidakaan pitää suositeltavana.

Edellä olevan perusteella on ilmeistä, että on tarvetta kehittää kiintotilavuuden määrittämenetelmä, jota voidaan soveltaa palstalla oleviin likipituisten puutavaran kourakasoihin. Käsillä olevassa tutkimuksessa esitellään yksi tällainen mahdollisuus sekä havaintoja sen käyttökelpoisuudesta.

Aineisto kerättiin Metsäliitto-yhtymän työmailta Tauno Oittisen johdolla. Aineiston atk-käsittelystä huolehti Tarja Björklund, konekirjoituksesta Aune Rytkönen, englanninkielen tarkastuksesta John

Derome sekä käsikirjoituksen lukemisesta Metsäntutkimuslaitosta varten Pentti Hakki ja Pertti Hari. Lisäksi on kommentteja esittänyt Juhani Salmi. — Kiitän saamastani tuesta.

## 2. MENETELMÄN TEOREETTISET PERUSTEET

Teoreettisesti on selvää, ettei palstamittausmenetelmää kannata perustaa keskimääräisen pölkyn tilavuuden selvittämiseen ja pölkkyjen lukumäärän laskemiseen, koska pölkyn tilavuus vaihtelee aiemmin todetun mukaisesti paljon ja otos muodostuu kohtuutarkkuuteen pyrittäessä siis suureksi. On löydettävä tunnus, joka vaihtelee olennaisesti pienemmissä rajoissa kuin pölkyn tilavuus. Jos tällainen löydetään, sen keskimääräinen taso voidaan helposti määrittää joko koko maata varten keskimääräisenä tai jopa kyseistä leimikkoa varten otannalla. Jos sitä vastoin tunnus vaihtelee paljon, joudutaan samaan ongelmaan kuin erilaisissa pölkky-otantamenetelmissä: mitattavien yksikköjen määrä on suuri ja mittaus näin ollen hankalaa ja kallista.

Teoreettisena lähtökohtana on pidettävä myös sitä, että mittauksia tehdään mahdollisimman vähän ja yksinkertaisella tavalla. Voidaan ajatella, että palstamittauksessa todetaan kunkin kourakasan pinotilavuus tai sen kanssa hyvin korreloiva suure. Tällöin otanta voidaan kohdistaa kourakasojen keskimääräisen tiivyyden määrittämiseen, ts. todetaan keskimääräinen kiintotilavuuden ja pinotilavuuden suhde.

Teoreettisesti tätä ratkaisua voidaan pitää hyvänä. Voidaan olettaa, että kasaa kohden selvitetään vain yhdellä tai muutamalla mittauksella määritettäessä pinotilavuutta. Edelleen voidaan olettaa, että tiiviyys vaihtelee niin pienissä rajoissa, että sen keskimääräinen taso voidaan valtakunnallisesti tai leimikoittain määrittää kohtuullisen vähäisellä otoksen koolla.

Olettamus tiivyyden vähäisestä vaihtelusta perustuu ennen muuta siihen, että kourakasa on ladottu käsin. Näin ollen tiivyyden hajonnan voi olettaa olevan samaa suuruusluokkaa kuin vanhoina aikoina käsin tehdyissä pinoissa, jolloin se oli olennaisesti alhaisempi kuin nykyisissä koneella ladotuissa pinoissa. Teoreettisena lähtökohtana voidaan ajatella, että tiiviyys vaihtelee yleensä välillä 0,55...0,75. Toisin sanoen suurin tiivyyden arvo on vain 36 % suurempi kuin pienin arvo. Näin vähäisen vaihtelun ollessa kyseessä voidaan päästä ilmeisesti kohtuullisen pieneen otoskokoon.

Sopiva pinotilavuuden tai sen kanssa korreloivan suureen mittausmenetelmä voidaan perustella seuraavasti. — Pölkkyjen tilavuutta ajatellen on osoitettu, että yhden läpimitan mittaaminen pölkyn pituuden puoliväliltä on edullisempää kuin kahden läpimitan mittaaminen pölkkyjen päistä ja ottamalla niiden keskiarvo (Kärkkäinen 1974b). Voidaan ajatella, että on edullisempää mitata kourakasasta jokin sen suuruutta osoittava tunnus kasan pituuden puoliväliltä kuin tehdä useampia mittauksia kasojen päistä. Tämä analogia tuntuu oikeutetulta sen vuoksi, että kasan reunaviivan muoto noudattaa pölkkyjen reunaviivan muotoa.

Konveksien tasokuvioiden ominaisuuksien perusteella voidaan päätellä, että kasan ympäröimä sen puoliväliltä mitattuna voi olla sopiva tunnus kuvaamaan

kasan pinotilavuutta. Mikäli poikkileikkaus on konvekksi, ts. reunaviiva on yhtenäinen ilman kuoppia, tiedetään, että poikkipinta-ala ja näin ollen myös tilavuus vaihtelee suhteellisen vähän kasan muodon muuttuessa. Tämän voi helposti uskoa miettimällä löysää puutavara-nippua, jonka muoto voi vaihdella laajoissa rajoissa pinotilavuuden ja kehän pituuden pysyessä kuitenkin koko ajan samana. Olennaisia virheitä irtotilavuuden mittauksessa kehän pituuden avulla voikin syntyä vain silloin, kun kasaa tehdään tahallisesti koloja. — Tarkkuus luonnollisesti lisääntyy, jos kasat tehdään mahdollisimman samanmuotoisiksi.

Jos pölkkyt ovat samansuuruisia, asettuvat toistensa lomiin siten, että tuloksena syntyy säännöllinen kolmion muotoinen poikkileikkaus. Tällä on tietty, vakiona pysyvä tiiviyys (Jalava 1929).

Vaikka pölkkyt eivät olekaan käytännössä saman suuruisia eikä tiiviyys pysy muutoinkaan vakiona, edellisen perusteella voidaan päätellä, että kolojen syntyminen on poikkeuksellista. Voidaan näin ollen olettaa, että kehän pituuden mittaaminen on riittävää. Itse asiassa ei tarvitse määrittää pinotilavuutta lainkaan: mittaustehtävän kannalta on riittävää, että selvitetään kehän pituuden ja kiintotilavuuden välinen yhteys.

Jos oletetaan, että kourakasan poikkileikkaus on puolipyörän muotoinen, sen pinta-ala on kaavan (1) mukainen

$$(1) \quad A = \frac{\pi r^2}{2} \text{ jossa}$$

$A$  = poikkileikkauksen pinta-ala  
 $r$  = ympyrän säde

Kun ympyrän kehän puolikas  $x$  on  $\pi r$ , säde  $r$  on  $x/\pi$ . Kun tämä sijoitetaan kaavaan (1), saadaan

$$(2) \quad A = \frac{x^2}{2\pi}$$

Kaavasta (2) voidaan päätellä, että kasan kiintotilavuutta vastaava poikkipinta-ala saadaan kertomalla sen maasta maahan mitatun ympärysmitan neliö otoksesta estimoitavalla kertoimella  $k_1$ .

Jos taas oletetaan, että kourakasan poikkileikkaus on kolmio, sen pinta-ala on puolikas kannan ja korkeuden tulosta. Kun erityisesti korkeuden mittaaminen pölkkyjen pituuden puoliväliltä tuottanee vaikeuksia, on ilmeisesti helpompaa mitata kasan päätykolmiot ja ottaa niiden pinta-alojen keskiarvo.

$$(3) \quad A = \frac{\frac{w_1 h_1}{2} + \frac{w_2 h_2}{2}}{2} = \frac{w_1 h_1 + w_2 h_2}{4}$$

Kaavasta (3) voidaan päätellä, että kasan kiintotilavuutta vastaava poikkipinta-ala saadaan kertomalla sen päätykolmioiden pinta-alan keskiarvo kertoimella  $k_3$ , joka voidaan estimoida otoksen avulla.

Kertoimeen  $k_1$  vaikuttaa kasan tiiviyyden lisäksi myös

pölkkyjen keskusmuotoluku ja kaikki muut tekijät, jotka vaikuttavat kiintotilavuuden ja kehän pituuden neliön suhteeseen. Vastaavat johtopäätökset voidaan tehdä kertoimesta  $k_3$ .

### 3. AINEISTO

Kevättalvella 1979 kerättiin Metsäliitto-yhtymän työmailta läntiseltä Uudeltamaalta ja Varsinais-Suomesta empiirinen aineisto, jota käytettiin uuden mittausmenetelmän kehittämiseksi. Työmailta oli kaikkiaan 19, joista 11 oli avohakkuuta, 5 harvennushakkuuta ja 3 ylispuiden poistoa.

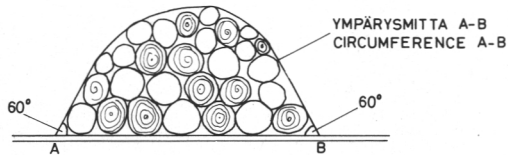
Työmailta mitattiin kaikkiaan 33 palstaa, jotka olivat 31 eri työntekijän tekemiä. Mitattujen kourakasojen lukumäärä oli 633. — Kun eri syistä (mittausvirheet ym.) jouduttiin hylkäämään osa mitatuista kourakasoista, eräät jäljempänä esitettävät tulokset perustuvat hiukan pienempään havaintomäärään.

Valtaosalla työmaista puutavara tehtiin likipituisiksi tavoitepituuden ollessa 2 tai 3 metriä. Eräillä työmailta koivukuitupuuta tehtiin määrämittäiseksi ja eräillä kaikki puutavaralajit. Puutavara karsittiin tavanomaisesti moottorisahalla. Vain yhdellä työmaalla käytettiin tietoisesti tynkärärsintää.

Mitatuista 633 kourakasasta 160 oli koivuvaltaisia, 206 kuusivaltaisia, 206 mäntyvaltaisia ja 61 muita lehtipuulajeja kuin koivua käsittäviä. Kasat olivat yleensä yhden puulajin muodostamia. Poikkeuksellisesti saati erityisesti männyn joukossa olla heikkolaatuista kuusta ja koivuvaltaisissa kourakasoissa muita lehtipuulajeja.

Jokaisella työmaalla kourakasat tehtiin tavanomaiseen tapaan, jolloin aluspuu oli yleensä kasan toisessa päässä tai sitä ei ollut lainkaan erityisesti silloin, kun ajon tiedettiin alkavan lähiaikoina. Työntekijät eivät yleensä tienneet etukäteen tutkimuksesta, ja näin ollen kourakasoja on pidettävä nykykäytännön mukaisina. Vain harvoissa tapauksissa aluspuu oli kasan keskellä, joka olisi ihanteellinen mitattaessa puutavarakasan kehän pituus pölkkyjen pituuden puolivälillä.

Jokaisesta kourakasasta mitattiin ympärysmitta pituu-



Kuva 1. Kasan ympärysmittan mittaaminen.  
Fig. 1. Measurement of the circumference of a grapple heap.

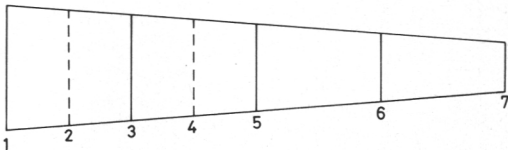
den puolivälillä. Mittaus aloitettiin siitä tasosta, ja lopetettiin siihen tasoon, mikä olisi vallinnut, mikäli kasan keskellä olisi ollut aluspuu. Tätä pyrittiin simuloimaan panemalla tarvittaessa kasan molemmille puolille puukapula. Mittanauhan alkupiste oli  $60^\circ$  kulmassa ensimmäisen pölkyn sivujaan nähden kaikissa tapauksissa (ks. kuva 1). Tätä menettelyä sovellettiin kaikenkokoisiin kuitupuukasoisiin.

Ympärysmitta mitattiin sekä mittanauha kiristettynä että siten, että mittanauha kierrätettiin kasan olennaisen kolojen kautta. Olennaisena kolona pidettiin sellaista kasassa olevaa tyhjää tilaa, johon olisi mahtunut puutavarapölkky. Tämän lisäksi mitattiin kasan molemmista päistä suurin korkeus ja suurin leveys. Lopuksi pölkkyttäisten mittausten jälkeen ympärysmitta mitattiin vielä toisen kerran uudelleen kootusta kourakasasta.

Jäljempänä ympärysmittalla ja kehämitalalla tarkoitetaan mittanauha kiristettynä saatua tulosta joko alkuperäisestä tai uudelleen ladotusta kasasta.

Jokaisen kourakan kiintotilavuus määritettiin mitaamalla jokaisen pölkyn tilavuus. Mittauksessa erotettiin tyvipölkkyt ja muut pölkkyt siksi, että samaan tarkkuuteen pyrittäessä muista kuin tyvipölkkyistä riitti vähäisempi läpimittojen mittaussmäärä kuin tyvipölkkyissä (esim. K ä r k k ä i n e n 1976, s. 8). Muista kuin tyvipölkkyistä mitattiin läpimitat millimetrin tarkkuudella kuoren päältä tyvipäästä, pituuden puolivälillä ja latvapäästä. Tyvipölkkyistä mitattiin kaikkiaan seitsemän läpimittaa kuvan 2 osoittamalla tavalla. — Sekä tyvipölkkyjen että muiden pölkkyjen tilavuus laskettiin Simpsonin kaavalla (ks. K ä r k k ä i n e n 1976, s. 7).

Tutkimuksessa mitattiin kaikkiaan 6001 pölkkyä. Näin ollen kasan keskikoko oli 9,5 pölkkyä.



Kuva 2. Läpimitan mittauskohdat tyvipölkkyissä (1...7) ja muissa pölkkyissä (1, 5, 7).  
Fig. 2. Measurement of diameters of butt bolts (1...7) and other bolts (1, 5, 7).



## 4. TULOKSET

### 41. Kehän pituuden vaihtelut

Yksi teoreettisista lähtökohdista oli, että kehän pituuden neliö vaihtelee suhteessa kasan tilavuuteen suhteellisen vähän. Tämän seikan tarkistamiseksi mitattiin eri tavalla mitattujen kasan ympärysmittojen erot. Kasan poikkileikkauksen mahdollista epäkonveksisuutta mitattiin erolla B—A, jossa B tarkoittaa kehän pituutta kuoppineen ja A alkupe-

räistä, työntekijän latoman kasan kehän pituutta (koloisuusero). Työntekijän vaikutusta mitattiin taas erolla A—C, jossa A on kuten edellä ja C tutkimuksen kenttätöistä vastanneiden henkilöiden uudelleen latoman kourakasan kehän pituus (latomisero).

Taulukossa I on saadut tulokset. — Kun eri puulajien kasat olivat keskimäärin samaa suuruusluokkaa, keskimääräisiä eroja voi verrata myös puulajeittain.

Taulukko I. Kehän pituus eri puulajien kourakasoissa, cm  
Table I. Circumference of grapple heaps of various tree species, cm

Muuttuja — Variable	Puulaji — Tree species			
	Koivu Birch	Muu lehtipuu Other broadleaved	Kuusi Spruce	Mänty Pine
Konveksei kehä, alkup. (A) <i>Convex circumference, orig.</i>	$\bar{x}$ 135,4 s 44,8	150,4 47,5	132,5 47,6	116,5 32,4
Kehä kuoppineen (B) <i>Circumference incl. gaps</i>	$\bar{x}$ 140,6 s 47,7	156,0 51,1	136,1 49,8	120,4 34,2
Konveksei kehä, uud.lad. (C) <i>Convex circumference, reloaded</i>	$\bar{x}$ 131,3 s 43,2	145,2 46,2	127,7 46,8	112,7 32,1
Ero B—A — <i>Difference B—A</i>	$\bar{x}$ 5,2 s 5,3	5,6 6,9	3,6 4,7	3,9 4,0
Ero A—C — <i>Difference A—C</i>	$\bar{x}$ 5,0 s 8,7	5,2 10,7	5,2 7,6	3,7 6,1

Taulukon mukaan kuoppaisuudesta aiheutunut kehän pituuden ero oli lehtipuilla hieinan korkeampi kuin havupuilla. Kaikissa tapauksissa ero oli keskimäärin kuitenkin vähäinen, ainoastaan 4...6 cm. Standardipoikkeaman suuruudesta voidaan päätellä, että useimmissa tapauksissa ero oli 0, ja vain poikkeuksellisesti havaittiin koloisuutta.

Taulukossa I on esitetty myös alkuperäisen kasan ja uudelleen ladotun kasan kehän pituusero. Keskimäärin se oli samaa suuruusluokkaa kuin edellä tarkasteltu ero 4...5 cm. Vaihtelu oli kuitenkin suurempi, kuten standardipoikkeamista havaitaan.

Sekä koloisuuseroa että latomiseroa on pidettävä pienenä. Kun molemmat erot ovat keskimäärin vain muutamia prosentteja, voidaan päätellä, ettei ehdotettu mittaust menetelmä kaadu ainakaan mainituista eroista aiheutuvaan epämääräisyyteen.

On kuitenkin tärkeää tietää, missä määrin erot riippuvat työntekijästä. Tämän selvittämiseksi laskettiin työntekijöiden välinen ha-

jonta puulajeittain. Havaintoina käytettiin kunkin työntekijän keskimääräistä koloisuutta ladontaerona, jolloin otettiin huomioon ainoastaan ne keskiarvot, jotka perustuivat vähintään neljään kourakasaan. — Koloisuuserosta saatiin seuraavat tulokset.

Puulaji	n	s (cm)
Koivu	15	1,7
Muu lehtipuu	7	2,4
Kuusi	15	2,2
Mänty	16	1,0

Jaotelmasta havaitaan, että työntekijöiden välinen keskihajonta koloisuuserossa oli vähäinen, 1...2 cm. Näin ollen voidaan sanoa, etteivät työntekijät poikkea kovin paljon toisistaan: voidaan olettaa, että sadasta työntekijästä 95 on sellaisia, joiden väliset keskimääräiset erot ovat alle 5 cm.

Vastaavalla tavalla lasketut tulokset ladontaerosta olivat seuraavat.

Puulaji	n	s (cm)
Koivu	14	3,1
Muu lehtipuu	7	4,1
Kuusi	15	3,1
Mänty	16	2,4

Jaotelman mukaan työntekijän vaikutus kasan tiivyyteen on selvästi suurempi kuin sen edellä tarkasteltuun koloiisuuteen. Kuitenkin hajontaluvuista voidaan päätellä, että 100 työntekijästä 95 on sellaista, joiden väliset keskimääräiset erot ovat alle 8 cm. — Nämä johtopäätökset luonnollisesti edellyttävät, että kasojen koko on sama kuin käsillä olevassa tutkimuksessa.

Kuten työntekijöiden välisestä hajonnasta ilmenee, työntekijä voi tahtoen tai tahtomat-

taan vaikuttaa kasan tiivyyteen, jonka indikaattorina ladontaeroa on pidettävä. Käytännössä voi kuitenkin olettaa, että riittävällä koulutuksella ja työn valvonnalla voidaan päästä tilanteeseen, jolloin työntekijöiden erot eivät kasan tiivyydestä muodostu kohtuuttoman suuriksi. — Sama ongelma on yleisemminkin puutavaran mittauksessa, kuten lukuisat säännökset uudelleen pinoamisesta mittauslaissa ja -asetuksessa osoittavat.

Kasan koon vaikutuksen selvittämiseksi katsat jaettiin neljään kokoryhmään uusintamittauksen perusteella. Luokkarajoiksi otettiin 100, 150, 200 ja 250 cm. Jokaisessa kokoluokassa todettiin puulajeittain koloiisuusero B—A sekä latomisero A—C. Tulokset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Pituuserot eri puulajien kourakasoissa kasan suuruuden mukaan.

Table 2. Differences between various circumference measurements in grapple heaps of various tree species according to the size of heaps.

Muuttuja 1) Variable	Kokoluokka Size class	Puulaji — Tree species				
		Koivu Birch	Muu lehtipuu Other broadleaved	Kuusi Spruce	Mänty Pine	
Kehä C, cm Circumference C, cm	$\bar{x}$	1	81	84	82	83
		2	124	127	124	126
		3	170	173	171	165
		4	213	221	225	203
Ero B—A, cm Difference B—A, cm	$\bar{x}$	1	2,2	2,4	1,3	2,4
	s		2,8	4,5	2,7	2,9
	%		2,7	2,9	1,6	2,9
	$\bar{x}$	2	4,9	3,6	3,6	4,6
	s		4,9	4,9	4,2	4,4
	%		4,0	2,8	2,9	3,7
	$\bar{x}$	3	7,5	9,0	5,6	6,6
	s		4,3	8,4	5,1	4,2
	%		4,4	5,2	3,3	4,0
	$\bar{x}$	4	11,7	7,1	8,6	..
	s		7,6	6,8	8,6	..
	%		5,5	3,2	3,8	..
Ero A—C, cm Difference A—C, cm	$\bar{x}$	1	3,8	5,7	5,6	4,1
	s		7,0	5,2	6,3	4,4
	%		4,7	6,8	6,8	4,9
	$\bar{x}$	2	5,2	4,9	4,9	3,6
	s		8,1	9,2	7,6	6,3
	%		4,2	3,9	4,0	2,9
	$\bar{x}$	3	5,1	6,2	4,3	3,5
	s		10,3	14,6	7,9	8,5
	%		3,0	3,6	2,5	2,1
	$\bar{x}$	4	6,4	2,2	12,0	..
	s		12,5	10,3	9,5	..
	%		3,0	1,0	5,3	..

1) Ks. taulukko 1. — See Table 1.

Koloisuuseron voidaan havaita nousevan kasan suuretessa sekä absoluuttisesti että suhteessa kehän pituuteen. Tämä on hyvin ymmärrettävää: suurissa kasoissa voi syntyä epäkonveksisuutta paljon helpommin kuin pienissä kasoissa, ja tämä näkyy keskimääräisissä luvuissa. Ilmeistä onkin, että konveksisuuteen on kiinnitettävä huomiota suurien kasojen ollessa kyseessä.

Latomisesta aiheutuva kehän pituuden ero on absoluuttisesti likimain riippumaton kasan koosta, jolloin latomiseron suhteessa kehän pituuteen alenee selvästi kasan suuretessa. Näin ollen voidaan todeta, että kasan suuretessa latomistavan merkitys vähenee suhteellisesti. Ilmeisesti pölkkyjen lukumäärän kasvaessa eri suuntiin vaikuttavat tekijät tasoitavat toistensa vaikutuksia.

Mielenkiinnon vuoksi laskettiin myös koloisuuseron ja latomiseron korrelaatio, kun havaintoina pidettiin työntekijäkohtaisia keskiarvoja. Tällöin voitiin todeta riippuvuus olemattomaksi. Esim. koivulla korrelaatiokerroin oli  $-0,06$ . Näin ollen aineisto ei viittaa siihen, että tavanomaista useammin epäkonveksin poikkileikkauksen tekevä työntekijä latoisi pölkkyt harvempaan kuin muut.

## 42. Kehä- ja kolmiokertoimet

Kuten aiemmin on teoreettisesti perusteltu, kertomalla kasan ympärysmittan neliö tuntemattomalla kertoimella saadaan selville se poikkipinta-ala, joka vastaa kasan kiintotilavuutta.

Kertomalla tämä poikkipinta-ala pölkkyjen keskipituudella saadaan kiintotilavuus. — Tässä yhteydessä ongelmana ei ole pölkkyjen keskipituuden selvittäminen, josta on jo esitetty käyttökelpoisia menetelmiä (K ä r k ä i n e n 1978). Näin ollen voidaan keskittyä pelkästään kiintotilavuutta vastaavan poikkipinta-alan määrittämiseen. Tavoitteena on löytää se kerroin, jolla kehän pituuden neliö on kerrottava, jotta saataisiin mainittu poikkipinta-ala.

Kuten aineiston selostamisen yhteydessä mainittiin, konveksin kehän pituus mitattiin sekä työntekijän että tutkimusmateriaalin kerääjän latomasta kourakasasta. Edellisestä kehäkertoimesta käytetään jäljempänä symbolia  $k_1$  ja jälkimmäisestä  $k_2$ . — Kun teknisistä syistä jäljempänä mainitut kertoimet esitetään yleensä tuhannella kerrottuna, mai-

nittakoon, että kehäkertoimen suuruusluokka on  $0,07...0,09$ .

Vastaavalla tavalla määritellään kolmiokerroin siksi kertoimeksi, jolla kourakasan molemmista päistä mitattujen kolmioiden pinta-alojen keskiarvo on kerrottava kiintotilavuutta vastaavan poikkipinta-alan saamiseksi. Kun tämä kolmiokerroin esitetään jäljempänä teknisistä syistä yleensä sadalla kerrottuna, mainittakoon, että sen suuruusluokka on  $0,7...0,8$ .

Taulukossa 3 on esitetty saadut tulokset puulajeittain ja kasan kokoluokittain. Kuten aiemminkin, kasan kokoluokka 1 tarkoittaa kasoja, joiden kehän pituus oli uudelleen ladottuna alle 100 cm. Vastaavasti luokassa 2 oli rajana 150 cm jne.

Taulukosta 3 voidaan ensinnäkin havaita, että kehäkerroin  $k_2$  on selvästi suurempi kuin kehäkerroin  $k_1$ . Tämä johtuu siitä, että tutkimuksen kenttätoista vastaavat henkilöt latoivat kourakasan tiiviimmäksi kuin työntekijät. Ero oli suuruusluokaltaan  $6...8\%$ . Samoin voidaan havaita, että kehäkertoimen hajonta oli työntekijöillä hivenen suurempi kuin tutkimusaineiston kerääjillä.

Puulajien väliset erot olivat selvät. Toisen ryhmän muodostivat koivu ja muut lehtipuut, toisen taas havupuut. Lehtipuiden kerroin oli  $8...10\%$  alhaisempi kuin havupuiden kerroin. Havu- ja lehtipuiden kertoimien ero oli suurempi uudelleen ladotuissa kasoissa kuin alkuperäisissä. Tämä johtui siitä, että tiivistyminen oli havupuilla suhteellisesti suurempi kuin lehtipuilla.

Kasan koon vaikutus osoittautui vähäiseksi. Koivulla ja uudelleen ladotuissa pinoissa myös muilla lehtipuilla voitiin tosin havaita kehäkertoimessa vähäistä alenemista kasan suuretessa, mutta ilmiö ei ollut erityisen selvä. Havupuilla vastaavaa ei voitu lainkaan havaita.

Taulukossa 3 on esitetty myös kolmiokertoimen vastaavat arvot. Kun kolmiokerroin määritettiin ainoastaan alkuperäisestä kasasta, ladonnan vaikutusta ei voida tutkia. Muutoin kolmiokerroin käyttäytyy kehäkertoimen tavoin. Niinpä havu- ja lehtipuiden välillä on selvä ero. Kolmiokertoimen ollessa kyseessä voidaan havaita sen lievästi alenevan kasan koon kasvaessa.

Sovellutusten kannalta on kiinnostavaa, että kolmiokertoimen hajonta oli puulajeittain lievästi korkeampi kuin kehäkertoimien hajonta. Kehäkerroin voidaan siis selvittää



Taulukko 3. Kehä- ja kolmiokertoimet eri puulajien kourakasoissa kasan suuruuden mukaan.  
 Table 3. Circumference and triangle coefficients in grapple heaps of various tree species according to the size of heaps.

Muuttuja Variable	Koko- luokka Size class	Puulaji — Tree species			
		Koivu Birch	Muu lehtipuu Other broadleaved	Kuusi Spruce	Mänty Pine
Kourakasoja, kpl Number of grapple heaps	1	40	13	57	86
	2	67	20	83	91
	3	37	20	36	22
	4	10	8	8	(2) <sup>2)</sup>
	Yht.— Total <sup>1)</sup>	160	61	189	201
Kehäkerroin $k_1 \cdot 1000$ Circumference coefficient $k_1 \cdot 1000$	$\bar{x}$ 1	81	79	83	85
	s 1	19	15	12	12
	$\bar{x}$ 2	77	80	86	87
	s 2	24	17	10	7
	$\bar{x}$ 3	80	79	92	90
	s 3	13	13	8	20
	$\bar{x}$ 4	74	81	84	(86)
	s 4	14	7	5	(3)
	$\bar{x}$ Yht.— Total	79	80	86	86
	s Yht.— Total	20	14	10	11
Kehäkerroin $k_2 \cdot 1000$ Circumference coefficient $k_2 \cdot 1000$	$\bar{x}$ 1	88	88	94	94
	s 1	17	11	9	7
	$\bar{x}$ 2	83	86	92	91
	s 2	23	17	10	6
	$\bar{x}$ 3	84	84	94	95
	s 3	11	10	6	26
	$\bar{x}$ 4	78	82	93	(85)
	s 4	13	9	3	(21)
	$\bar{x}$ Yht.— Total	84	85	93	93
	s Yht.— Total	19	13	9	11
Kolmiokerroin $k_3 \cdot 100$ Triangle coefficient $k_3 \cdot 100$	$\bar{x}$ 1	74	78	87	84
	s 1	16	16	13	14
	$\bar{x}$ 2	73	71	84	80
	s 2	23	16	13	10
	$\bar{x}$ 3	75	72	84	82
	s 3	12	13	11	18
	$\bar{x}$ 4	68	70	76	(73)
	s 4	11	8	6	(4)
	$\bar{x}$ Yht.— Total	74	73	84	82
	s Yht.— Total	20	14	12	13

<sup>1)</sup> Yhteissummassa ovat mukana myös kasat, joiden kehä on yli 250 cm

<sup>1)</sup> The total sum even includes grapple heaps with circumference of over 250 cm

<sup>2)</sup> Vain 2 havaintoa — Only 2 observations

määrätyllä otoksen koolla tarkemmin kuin kolmiokerroin, tai käänteisesti määrätarkkuuteen pyrittäessä selvittää pienemmällä otoskoolla. — Kun kolmiokerroin lisäksi perustuu kasaa kohti neljään pituuden mittaukseen kehäkertoimen yhtä mittausta vastaan, kehän pituuden määrittämiseen perustuva menetelmä on ilmeisesti asetettava kolmiomenetelmän edelle.

Kasakohtaisesti sekä kehä- että kolmiokertoimet luonnollisesti vaihtelivat. Vaihtelu oli kuitenkin hyvin samaan suuntaan käyvä eri kertoimien ollessa kyseessä. Niinpä kehäkertoimen  $k_1$  ja  $k_2$  välinen korrelaatiokerroin

oli 0,971, kehäkertoimen  $k_1$  ja kolmiokertoimen välinen 0,931 ja kehäkertoimen  $k_2$  sekä kolmiokertoimen vastaavasti 0,932. — Nämä luvut on laskettu kaikkia puulajeja koskosta yhteisestä aineistosta, jossa havaintojen (kourakasojen) luku oli 633.

Kuriositeettina mainittakoon myös kaikkien puulajien yhteiset kehä- ja kolmiokertoimet.

Kerroin	$\bar{x}$	s	n
$k_1$	0,084	0,014	611
$k_2$	0,090	0,014	607
$k_3$	0,797	0,155	611

Käytännössä on tärkeä tietää, millaiset ovat henkilöiden väliset erot. Tämän alustavaksi selvittämiseksi laskettiin puulajeittain työntekijäkohtaisista kehäkertoimen  $k_1$  ja kolmiokertoimen  $k_3$  keskiarvoista keskihajonnat. Tällöin otettiin huomioon pelkästään vähintään neljään kourakasaan perustuvat keskiarvot. — Kehäkerrointa  $k_1$  koskevat tulokset on esitetty seuraavassa jaotelmassa.

	n	s	$\bar{x}$	v %
Koivu	15	0,011	0,079	14
Muut lehtipuut	7	0,006	0,080	8
Kuusi	14	0,005	0,086	6
Mänty	15	0,007	0,086	8

Koivua lukuun ottamatta henkilöiden välinen keskihajonta oli alle 10 % keskiarvosta. Tällaista variaatiokertoimen arvoa ei voi pitää suurena, etenkin kun otetaan huomioon, että eräissä tapauksissa työntekijäkohtaiset keskiarvot perustuivat vain muutamaankourakasaan.

Kolmiokertoimesta saatiin vastaavalla tavalla seuraavat tulokset.

	n	s	$\bar{x}$	v %
Koivu	16	0,094	0,74	13
Muut lehtipuut	7	0,078	0,73	11
Kuusi	14	0,056	0,84	7
Mänty	15	0,070	0,82	9

Keskimäärin kolmiokertoimen variaatiokerroin oli hieman suurempi kuin kehäkertoimen. Tältä osin tulos tukee aikaisemmin esitettyä käsitystä, että kehäkerroin on asetettava kolmiokertoimen edelle mittausmenetelmän käyttökelvopaisuutta arvioitaessa.

Hajontalukuja tulkittaessa on vielä otettava huomioon, että hajonnan suuruuteen ovat vaikuttaneet työntekijän lisäksi myös ulkoiset olosuhteet. Tämä johtuu siitä, että kukin työntekijä työskenteli omalla palstallaan, jolloin puustoerot yms. ovat vaikuttaneet kertoimien keskiarvoihin ja hajontoihin. Olettaa sopii, että samoissa leimikko-oloissa työntekijöiden välinen vaihtelu olisi vielä vähäisempi.

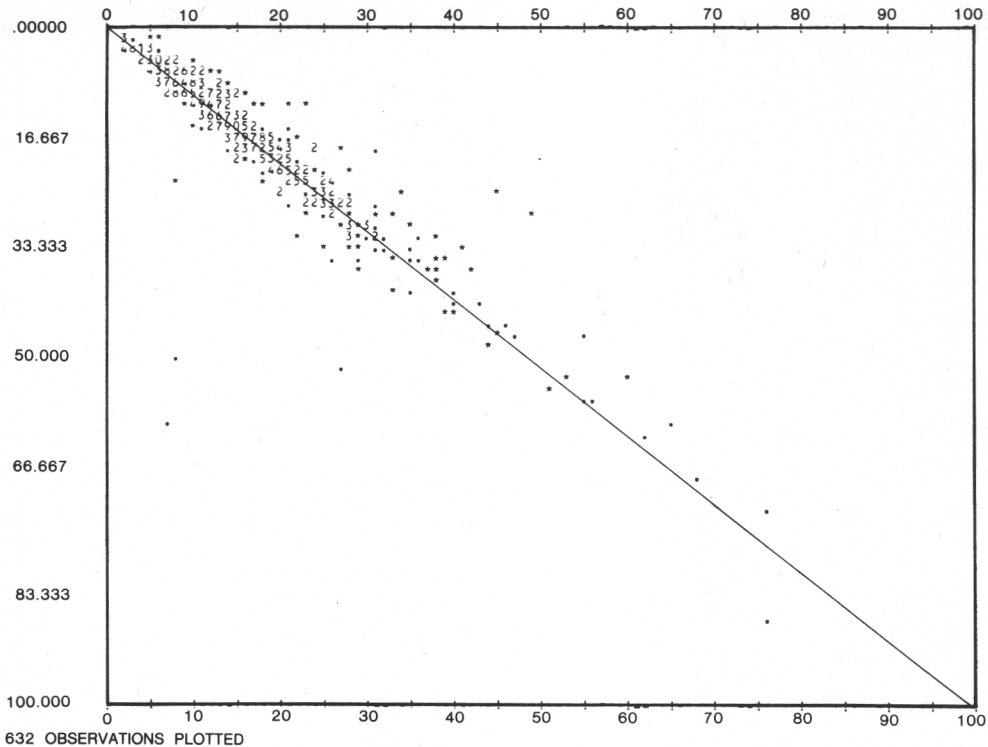
### 43. Muiden tekijöiden vaikutus

Kuten aiemmin on teoreettisesti perusteltu, kehäkertoimet ja kolmiokerroin ovat oletettavasti likimain vakioita. Tämän hypoteesin oikeutusta pyrittiin testaamaan regressioanalyysillä, jossa havaintoina olivat kaikki 633 kourakasa. Selittävinä tekijöinä pidettiin puulajivalemuuttujia, kehän pituutta, tyvien osuutta tilavuudesta, koloisuuseroa jne. Kun valikoivalla regressioanalyysillä pyrittiin löytämään ennusteyhtälö, jolla voitaisiin selittää kehäkertoimien ja kolmiokertoimen vaihtelua, osoittautui, ettei hyviä selittäjiä löytynyt. Ainoa tilastollisesti merkitsevä tekijä oli muotoa  $xz$ , jossa  $z$  sai arvon yksi lehtipuiden ollessa kyseessä ja muulloin nolla, ja  $x$  oli kehän pituus. Regressiokerroin oli negatiivinen, ts. kehäkerroin ja kolmiokerroin hieman alenevat lehtipuilla kehän pituuden kasvaessa. — Sama johtopäätös on aiemmin mainittu jo taulukoiden yhteydessä. Selitysaste oli kuitenkin alhainen, alle 1 %. Näin ollen voidaan sanoa, ettei regressioanalyysissä löytynyt olennaisesti kertoimien vaihtelua selittäviä tekijöitä.

Yhtenä syynä saatuun tulokseen on epäilemättä se, että pölkkyjen pituus oli likimain vakio, ts. 2...3 metriä. Jos mukana olisi ollut pitkää kuitupuuta, pituus olisi ilmeisesti saatu yhdeksi tekijäksi.

Heikko menestys regressioanalyysissä viittaa alkuperäisen hypoteesin oikeutukseen: kun kasan kiintotilavuutta pyritään arvioimaan sen kehän pituuden neliön avulla, tarvittava tunnus on todellakin likimain vakio. Tämä helpottaa kyseisen vakion selvittämistä otantamenetelmällä.

Käsitystä kertoimien vakioisuudesta tukee myös kuva 3, jossa on esitetty käsillä olevan tutkimuksen aineiston ennustetut ja mitatut poikkipinta-alat kasoissa. Voidaan havaita, ettei olennaista poikkeamaa suorasta viivasta esiinny kasan koon kasvaessa. Samoin havaitaan jakauman suppeus hajahavaintojen johdusta mahdollisesti mittausvirheistä tai muista poikkeuksellisista syistä.



Kuva 3. Ennustettu (x) ja mitattu (y) kasan poikkileikkauspinta-ala. Tähti on lehtipuukasa ja piste havupuukasa. Päälekkäin sattuneiden tapausten luku on numeroitu.  
 Fig. 3. Predicted (x) and measured (y) cross-sectional area of grapple heaps. Broadleaved heaps are denoted by asterisks and softwood heaps by dots. The numbers refer to multiple events.

## 5. TULOSTEN SOVELTAMINEN

Empiirisestä aineistosta saadut tulokset ovat siinä määrin rohkaisevia, että kannattaa harjota menetelmän soveltamista myös käytännössä. Käsillä olevan tutkimuksen tuloksena saadut keskimääräiset kehäkertoimet eivät kuitenkaan ole sellaisenaan sopivia. On edellytettävä, että varsinaiset sovellettavat kehäkertoimet lasketaan vasta sitten, kun käytävissä on todellinen perusjoukko. Tämän perusjoukon kourakasat on tehty siten, että työntekijät ovat sijoittaneet kasan keskelle aluspuun, pyrkineet konvekseen poikkileikkaukseen ja olleet muutenkin tietoisia siitä, millä mittausmenetelmällä pölkköjen kiintotilavuus selvitetään. Selvää tietysti on, että paremman puutteessa voidaan käyttää tämän tutkimuksen keskimääräisiä kehäkertoimia, siis lehtipuulle arvoa 0,079 ja havupuulle

0,086. Tällöin pölkköjen pituuden on oltava 2...3 metriä.

Mikäli kehämittausten menetelmää ryhdytään soveltamaan, perusjoukko voidaan määrittellä ajallisesti ja alueellisesti monella tavalla. Etenkin havupuiden osalta on mahdollisuuksia jopa leimikkokohtaiseen otantaan. Tarpeettoman työn välttämiseksi lienee kuitenkin suositeltavampi vaihtoehto laskea kullekin puutavaralajille maan eri osia varten omat kertoimensa.

Kun käsillä olevan tutkimuksen aineisto kerättiin eteläsuomalaisen maakunnan kokoiselta alueelta, saatuja hajontalukuja voidaan käyttää tarvittavan otoksen koon arviointiin.

Taulukossa 4 esitetyt tulokset on laskettu olettaen, että lehtikuitupuulla kehäkertoimen  $k_1$  standardipoikkeama on 0,020 ja havupuul-



Taulukko 4. Otoksen koko kourakasaperusjoukon koon vaihdellessa ja kun pyritään siihen, ettei otoksesta laskettu kehäkerron poikkea oikeasta arvosta 95 % todennäköisyydellä enemmän kuin 1, 2, 3, 4 tai 5 %.

Table 4. Size of sample as the size of grapple heap population varies and the required precision is 1, 2, 3, 4 or 5 per cent at the probability of 95 per cent.

Kourakasojen perusjoukko kpl Number of grapple heaps in population	Havupuut Coniferous trees					Lehtipuut Broadleaved trees				
	Tarkkuus, % — Precision, %					Tarkkuus, % — Precision, %				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
20	19	18	16	13	11	20	19	19	18	17
40	38	32	25	20	15	39	38	35	32	28
60	55	43	32	24	18	59	55	49	43	37
80	71	53	37	26	19	77	71	62	53	44
100	86	61	41	28	20	96	86	73	61	49
120	101	68	44	29	21	114	100	83	67	54
140	114	74	47	31	21	132	114	93	73	58
160	128	79	49	31	22	150	127	101	78	61
180	140	84	50	32	22	168	139	109	83	63
200	152	88	52	33	22	185	151	116	87	66
250	179	96	55	34	23	227	178	131	95	70
300	203	103	57	35	23	267	202	143	102	74
350	225	108	58	35	23	306	223	154	107	77
400	244	113	60	36	24	344	243	163	111	79
450	262	116	61	36	24	380	260	170	115	80
500	278	119	61	36	24	416	276	177	118	82
600	307	124	63	37	24	482	304	188	123	84
700	331	128	64	37	24	545	328	197	126	86
800	352	131	64	37	24	604	348	204	129	87
900	370	134	65	37	24	659	366	210	131	88
1000	386	136	65	38	24	711	381	215	133	89
2000	478	146	68	38	25	1104	471	241	143	93
3000	519	149	68	38	25	1352	511	251	146	95
4000	543	151	69	39	25	1524	534	256	148	96
5000	558	152	69	39	25	1650	548	260	149	96
∞	628	157	70	39	25	2462	616	274	154	98

la 0,011. Nämä ovat varovaisia arvioita: olihan muiden lehtipuiden kuin koivun standardipoikkeama vain 0,014 ja kuusen mäntyä alhaisempi 0,010. Taulukon 4 lukuja voidaan pitää siis varovasti laskettuina.

Tuloksista voidaan havaita, että kehäkertoimen määrittämiseksi tarvittavan otoksen koko on suhteellisen pieni, ellei pyritä hyvin suureen tarkkuuteen. Esim. jos koivukuitupuun maakunnallinen kehäkerron halutaan määrittää siten, että 95 % todennäköisyydellä kerroin poikkeaa oikeasta korkeintaan 4 %, kehäkertoimen määrittämiseksi joudutaan mittaamaan 154 kourakasaa. Luku on tätäkin pienempi, mikäli perusjoukko on pienempi, esim. jonkin leimikon kourakasat. Havupuulla päästään vielä pienempään otoksen kokoon: samoissa oloissa riittää alle 40 kourakan mittaaminen.

Toisaalta otannan helppoutta ei ole liioiteltava, koska kasan kiintotilavuus joudutaan määrittämään yleensä pölkyyttäisellä mittauksella. Kun kasassa oli keskimäärin 10 pölk-

kyä, merkitsee 40 kasan otos 400 pölkyn mitaamista. Näin ollen kannattaa käytännöllisistä syistä pyrkiä määrittämään kehäkertoimet mahdollisimman suurta perusjoukkoa varten, esim. maan eri osille puutavaralajeittain.

Mikäli käytettävissä ovat luotettavat kehäkertoimet, kasoissa tapahtuva kuitupuun kiintotilavuuden mittaus voidaan hoitaa rationaalisesti ja ilmeisesti alhaisin kustannuksin. Mahdollisesti työntekijä voi mitata kunkin kasan kehän pituuden ja antaa tulokset työnantajalle. Mittaustulos on kuitenkin selvillä välittömästi, koska tiettyä kehän pituutta vastaava kiintotilavuus voidaan esittää taulukkona määrällisen puutavaran ollessa kyseessä. Mikäli puutavara on likipituista, tarvitaan vielä pituusotanta erikseen. Pituuden vaihtelu näyttää kuitenkin olevan yleensä niin vähäistä, että työntekijää kohti selvittää yleensä alle 30 pölkyn pituuden mittauksella (vrt. K ä r k k ä i n e n 1978).

## KIRJALLISUUS

- 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.
- JALAVA, M. 1929. Pyöreän puutavaran mittaamisesta. Summary: The measuring of round, pile woodgoods. *Commun. Inst. For. Fenn.* 13:1—64.
- Kuitupuupinon kiintomittaus. Mittausneuvoston hyväksymä ohje 1975-03-20. 1975. Tapiola. 14 s.
- KÄRKKÄINEN, M. 1973. 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 kuutiinnista. 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.
- PENNANEN, O. 1978. Pysty- ja jälkimittauksen ajankäyttö. Summary: Expenditure of time in measurement on the stump and after cutting. *Metsäteho Tied.* 347:1—19.
- Pölkky menetelmä. 1975. Moniste. 12 s.
- Pölkkyotanta. Ei vlk. Moniste. 8 s.

## SUMMARY

In some situations the solid volume of grapple heaps is needed. In Finland, the most common method is to tally the number of bolts in each top diameter class using 5 cm intervals. However, this method is limited to standard length bolts and its application is time consuming and expensive. Another possibility is to count the number of bolts and determine the average bolt volume by taking a sample. This method is also expensive, as the sample size needed to obtain the required precision level is large due to the great variation in bolt volume.

A new measuring method has been developed in this study. Theoretically, one can suppose that the square

of the circumference of a heap (see Fig. 1) gives the cross-sectional area of the bolts which corresponds to the solid volume of the heap when it is multiplied by an unknown coefficient.

This hypothesis was tested using a sample of 633 grapple heaps containing a total of 6001 bolts. The bolts were 2...3 m long and had been limbed by chain saw. It was found that the coefficient for broadleaved species (mainly birch) was 0,079, and for softwood species (spruce and pine), 0,086. The results confirmed the hypothesis in the sense that the variation in the coefficient was insignificant. As a rule, the variation coefficient of the coefficient was under 20 per cent.





ODC 527:324  
ISBN 951-40-0414-0  
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. 1979. Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa. Summary: Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps. *Folia For.* 410:1—15.

A new method for the estimation of the solid volume of grapple heaps was developed in the study. The circumference at the mid-point of the heap is measured. The area corresponding to the solid volume is estimated by multiplying the square of the circumference by a coefficient, the value of which is 0,079 for broadleaved species and 0,086 for softwood. These preliminary values were calculated from a material consisting of 633 grapple heaps containing a total of 6001 pulpwood bolts (length 2...3 m) which had been limbed by chain saw.

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

ODC 527:324  
ISBN 951-40-0414-0  
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. 1979. Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa. Summary: Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps. *Folia For.* 410:1—15.

A new method for the estimation of the solid volume of grapple heaps was developed in the study. The circumference at the mid-point of the heap is measured. The area corresponding to the solid volume is estimated by multiplying the square of the circumference by a coefficient, the value of which is 0,079 for broadleaved species and 0,086 for softwood. These preliminary values were calculated from a material consisting of 633 grapple heaps containing a total of 6001 pulpwood bolts (length 2...3 m) which had been limbed by chain saw.

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

ODC 527:324  
ISBN 951-40-0414-0  
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. 1979. Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa. Summary: Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps. *Folia For.* 410:1—15.

A new method for the estimation of the solid volume of grapple heaps was developed in the study. The circumference at the mid-point of the heap is measured. The area corresponding to the solid volume is estimated by multiplying the square of the circumference by a coefficient, the value of which is 0,079 for broadleaved species and 0,086 for softwood. These preliminary values were calculated from a material consisting of 633 grapple heaps containing a total of 6001 pulpwood bolts (length 2...3 m) which had been limbed by chain saw.

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

ODC 527:324  
ISBN 951-40-0414-0  
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. 1979. Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa. Summary: Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps. *Folia For.* 410:1—15.

A new method for the estimation of the solid volume of grapple heaps was developed in the study. The circumference at the mid-point of the heap is measured. The area corresponding to the solid volume is estimated by multiplying the square of the circumference by a coefficient, the value of which is 0,079 for broadleaved species and 0,086 for softwood. These preliminary values were calculated from a material consisting of 633 grapple heaps containing a total of 6001 pulpwood bolts (length 2...3 m) which had been limbed by chain saw.

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



- No 365 Tervo, Mikko: Metsänomistajaryhmittäiset hakkuut ja niiden suhdanneherkkyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 1955—1975.  
The cut of roundwood and its business cycles in Southern and Northern Finland by forest ownership groups, 1955—1975.
- No 366 Ryyänen, Leena: Kotimaisten lehtipuiden siitepölyn laadunmäärittäyksestä.  
Determination of quality of pollen from Finnish deciduous tree species.
- No 367 Uusitalo, Matti: Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965—75. Tilastoihin perustuva tarkastelu.  
Finnish forestry during the MERA Programme period 1965—75. A review based on statistics.
- No 368 Kärkkäinen, Matti: Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta.  
Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalysillä.  
Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittaus.  
Measurement of small spruce logs.
- No 371 Jalkanen, Risto: Maanpinnan rikkomisen vaikutus korvasienen satoisuuteen.  
Effect of breaking soil surface on the yield of *Gyromitra esculenta*.
- No 372 Laitinen, Jorma: Kuormatraktorin tekninen käyttöaste.  
Mechanical availability of forwarders.
- No 373 Petäistö, Raija-Liisa: *Phlebia gigantea* ja *Heterobasidion annosum* männyn kannoissa hakkuualoilla Suomenniemen ja Savitaipaleen kunnissa.  
*Phlebia gigantea* and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomenniemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakurilla.  
Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- 1979 No 375 Metsätilastollinen vuosikirja 1977—1978.  
Yearbook of Forest Statistics 1977—1978.
- No 376 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1976—78.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1976—78.
- No 377 Kärkkäinen, Matti: Koivutukkien tarkistusmittauksia.  
Control measurements of birch logs.
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa.  
Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.
- No 379 Velling, Pirkko: Erilaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kenttäkokeissa.  
Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976.  
Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa.  
The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla.  
Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen, Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta.  
Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löytyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhosta.  
On insect damage in young deciduous stands.
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.  
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.  
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.
- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusalloilla ja metsite-tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76.  
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesi-myyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa.  
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.  
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.

- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla.  
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa.  
End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon.  
The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.
- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* -sienen esiintyminen männynkaristeen yhteydessä.  
Association of *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* with a needle cast epidemic on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla.  
The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery.
- No 395 Löyttyniemi, Kari, Austarå, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests in forests of the Nordic Countries 1972—1976.  
Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.
- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan booripuutosalueella.  
Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976 (1964—1973).  
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973) by districts.
- No 398 Lehto, Jaakko: Metsäalan koulutus metsäalan organisaatioiden arvioimana.  
Forest education evaluated by forestry organizations.
- No 399 Jokinen, Katriina & Tamminen, Pekka: Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa.  
Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce stands in SW Finland
- No 400 Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15.2.1979.  
Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15.2.1979.
- No 401 Mielikäinen, Kari: Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon.  
The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand.
- No 402 Sepponen, Pentti, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsäkasvillisuuden ja maan fysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa.  
On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in Finnish Lapland.
- No 403 Kanninen, Kaija, Uusvaara, Olli & Valonen, Paavo: Kokopuuraaka-aineen mittausta ja ominaisuudet.  
Measuring and properties of whole tree raw-material.
- No 404 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä.  
Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.
- No 405 Sepponen, Pentti & Haapala, Heikki: Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin.  
On the effect of drainage on the chemical properties of peat.
- No 406 Elovirta, Pertti: Metsätyövoiman alallapysyvyys 1969—1977.  
Permanence of forest labour in Finland 1969—1977.
- No 407 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu valtakunnan metsien 6. inventoinnin aineiston perusteella.  
Variation in tree growth in Finland based on the 6th National Forest Inventory.
- No 408 Lilja, Arja: Koivun siemenen sienet ja niiden patogeenisuus.  
Fungi on birch seeds and their pathogenicity.
- No 409 Kallio, Tauno & Häkkinen, Risto: Juurikäävän (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) ja *Phlebia gigantean* (Fr.) Donk vaikutus pellolle istutettujen kuusen, männyn, tervalepän ja rauduskoivun taimien pituuskasvuun ja elossapysymiseen.  
Effect of *Heterobasidion annosum* and *Phlebia gigantea* infection on the height growth and survival rate of *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* and *Betula pendula* seedlings planted on old fields.
- No 410 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuun kiintomittaus grapple heaps.  
Measurement of solid volume of pulpwood kourakasoissa.