

## KESKUSMUOTOLUVUN PERUSTEITA TUKKIEN JA KUITUPUUN MITTAUKSESSA

MATTI KÄRKKÄINEN

### SUMMARY:

#### FOUNDATIONS OF MIDDLE FORM FACTOR IN THE MEASUREMENT OF LOGS AND PULPWOOD

Saapunut toimitukselle 17. 1. 1974

Tutkimuksessa tarkastellaan kirjallisuuden perusteella niitä virhelähteitä, joita esiintyy puutavaran kiintomittauksessa pyrittäessä määrittämään korjauskertoimia, joilla voitaisiin muuntaa keskus- tai tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuva pölkyn tai pölkkyerän tilavuus tarkaksi kiintomitaksi. Vaikka eräät systemaattiset virheet vaikuttavat eri suuntiin, pätkittäisestä kuutioinnista aiheutuva virhe on siinä määrin vallitseva, että sen vuoksi mm. suomalaiset runkojen kiintomittataulukot antanevat systemaattisesti liian pieniä kuutiomääriä erityisesti suurille puille. Tutkimuksen perusteella on edelleen ilmeistä, että läpimitan mittaamisen sijasta tulisi pyrkiä kehittämään teoreettisesti tarkempaa sädemittausta, jolla voitaisiin nykyistä paremmin ottaa huomioon pölkkyjen poikkileikkauspinnan epäpyöreys.

### 1. MÄÄRITELMIÄ

Tässä tutkimuksessa pyöreän tai sitä lähentelevän puutavarapölkyn *keskuskiintomitalla* tarkoitetaan myös (uusitun) puutavaran mittaussään-  
nön mukaisesti sen ympyrälieriön tilavuutta, jonka korkeutena on katkaisupintojen lyhimmältä väliltä mitattu pölkyn pituus ja jonka kannan halkaisijana on pituuden puolivälistä mitattu pölkyn läpimitta<sup>1)</sup>. Vastaavasti

---

<sup>1)</sup> Implisiittisesti ilmeisesti oletetaan, että pölkky on suora ja läpimitta mitataan kohtisuoraan pölkyn pituusakselia vasten. Epäselvää on, kuinka on meneteltävä poikkeustapauksissa. Ks. kpl. 23.

*latvakiintomitalla* tarkoitetaan sen ympyrälieriön tilavuutta, jonka korkeus on mitattu em. tavalla ja jonka kannan halkaisijana on pölkyn latvasta mitattu läpimitta. (S. as. kok. 753/1972). Jos ympyrälieriön halkaisijana pidetään puutavarakappaleen tyven ja latvan puoleisista päistä mitattujen läpimittojen keskiarvoa, tässä tutkimuksessa puhutaan tällöin *tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvasta kiintomitasta*.

Puutavarakappaleen *tarkalla kiintomitalla* tarkoitetaan tässä yhteydessä mainitun kappaleen tilavuutta, joka voidaan käytetystä menetelmästä riippuen selvittää pienemmällä tai suuremmalla tarkkuudella. Jos tähän tarkkaan kiintomitaa pyritään muuntamalla jonkin puutavarapölkyn latva- tai keskuskiintomitta virallisesti muuntoluvuin, puhutaan puutavarakappaleen *todellisesta kiintomitasta*. Todellista kiintomitaa voi pitää eräissä mielessä tarkkan kiintomitan likiarvona, joka määrätarkkuudella poikkeaa jokaisessa yksityistapauksessa tarkasta kiintomitasta.

Tarkkaan kiintomitaa voidaan pyrkiä myös paremmin kuin kertomalla jonkin puutavarakappaleen latva- tai keskuskiintomitta kokemusperäisin muuntoluvuin. *Stereometriseen mittaukseen* kuuluvat kaikki ne menetelmät, jolloin pyritään avaruusgeometrian avulla määrittämään kappaleen tarkka tilavuus. Käytännöllisistä syistä mittausten lukumäärä on yleensä vähäinen, ja joudutaan tekemään olettamuksia esimerkiksi poikkileikkauspinnan pyöreystä, ellipsin muotoisuudesta jne. *Ksylometrimittauksessa* taas määritetään nesteeseen upotetun puutavarakappaleen syrjäyttämän nesteen tilavuus. *Upotusmittauksessa* eli *hydrostaattisessa punnituksessa* taas määritetään puutavarapölkyn paino ilmassa ja nesteessä ja päädytään Arkhimedeeseen lakia soveltaen tarkkan kiintomitan likiarvoon.

Edellä on jo mainittu kokemusperäiset muuntoluvut, joita käyttäen voidaan jonkin puutavarakappaleen keskuskiintomitta tai latvakiintomitta muuntaa todelliseksi kiintomitaksi. Jos nämä kertoimet on määrätty kullekin puutavarapölkylle erikseen, ne ovat vastaavasti tarkkan kiintomitan ja keskuskiintomitan sekä tarkkan kiintomitan ja latvakiintomitan suhde.

Edellä olevat määritelmät ovat yleistettävissä myös useiden puutavarakappaleiden muodostamiin joukkoihin. Näin ollen tässä tutkimuksessa puhutaan keskuskiintomitasta myös silloin, kun tarkoitetaan useiden puutavarapölkkyjen keskuskiintomittojen summaa. Samoin voidaan puhua jonkin puutavaraerän keskusmuotoluvusta, joka osoittaa kyseisen puutavaraerän sisältämien pölkkyjen tarkkojen kuutiomäärien ja keskuskuutiomäärien suhteen. Asiayhteydestä kulloinkin ilmennee, tarkoitetaanko yksittäisen puutavarapölkyn vai joukon ominaisuuksia.

Prof. VEIJO HEISKANEN, apul. prof. PEKKA KILKKI, prof. AARNE NYSSÖNEN ja Mh PENTTI RIKKONEN ovat lukeneet käsikirjoituksen. Kiitän saamistani kommentteista.

## 2. KESKUSKIINTOMITAN MÄÄRITYS

### 21. VAKIOSUURUINEN KESKUSLÄPIMITTA

Puutavaran mittaussäännössä oletetaan, että puutavarakappaleen poikkileikkausta voidaan kuvata tyydyttävällä tarkkuudella ympyrällä. Myös silloin, kun poikkileikkaus on selvästi soikea, tilavuuden määrittämisessä käytetään ympyrän pinta-alan kaavaa. Tällöin mitataan kaksi kohtisuorassa toisiaan vasten olevaa läpimittaa, joiden aritmeettista keskiarvoa pidetään ympyrän läpimittana. Edellä olevasta voinee myös päätellä, että jos kaikissa suunnissa mitattu puutavarakappaleen läpimitta on jossakin tasossa samansuuruinen, kyseisen tasokuvion pinta-ala on määrättävä ympyränä. Ilmeisesti myös yleisesti oletetaan, että vakiona pysyvä läpimitta merkitsee sitä, että kyseinen tasokuvio on ympyrä.

Vakiosuuruinen läpimitta ei kuitenkaan ole vielä riittävä (joskin välttämätön) ehto sille, että kyseessä olisi todellakin ympyrä. Jos läpimitta määritellään tasossa kahden samansuuntaisen tangentin väliseksi etäisyydeksi, voidaan löytää huomattava määrä tasokuvioita, jotka täyttävät ehdon vakiosuuruudesta läpimitasta olematta kuitenkaan ympyröitä. Tähän ovat puutavaran mittauksessa kiinnittäneet huomiota ainakin MATÉRN (1956, s. 7) ja CHACHO (1961, s. 760). Missään tapauksessa kysymyksessä ei ole mikään vähäpätöinen ilmiö, sillä esim. Reuleaux'n kolmio, jolla läpimitta on kaikissa suunnissa mitattuna vakio, on pinta-alaltaan 11,4 % pienempi kuin vastaavan läpimitan omaava ympyrä. Myös muut vakioläpimitaiset tasokuviot, jotka muistuttavat enemmän ympyrää, voivat pinta-alaltaan poiketa useita prosentteja ympyrän pinta-alasta. Vastaava virhe saadaan luonnollisesti myös kuutiomääriin.

Ilmeistä on, että ympyrä on suurin orbiformi eli sellainen tasokuvio, jonka läpimitta on vakio. Näin ollen jos on olemassa sellaisia puutavarapölkkyjä, joiden poikkileikkaus on orbiformi olematta ympyrä, saadaan kokonaisille pölkkyerille liian suuri kuutiomäärä ympyräolettamuksen vuoksi. Olettaa sopii, että luontaisen vaihtelun johdosta mainitunlaisia pölkkyjä todella esiintyy, ja näin ollen on olemassa mainittu negatiivinen virhe.

Väärinkäsityksien välttämiseksi on syytä korostaa, ettei sädemittauksessa ole samoja virhelähteitä kuin läpimittamittauksessa. Näin ollen jos mitataan mielivaltaisesta kehällä tai sen sisällä olevasta pisteestä säteitä kehälle ja määritetään niiden perusteella pinta-ala, voidaan päästä mielivaltaisen tarkkaan tulokseen (esim. TAKASE 1966). Eräitä vertailuja esitetään jäljempänä (kappale 224).

Empiirisiä tutkimuksia muiden orbiformien kuin ympyröiden esiintymisestä puiden poikkileikkauspinoissa ei liene tehty.

## 22. VAIHTELEVA KESKUSLÄPIMITTA

### 221. Vaihtelun suuruus

Vakioläpimitäisen epäpyöreyyden lisäksi puissa tavataan tunnetusti usein myös sellaista epäpyöreyttä, jolloin samassa tasossa mitattu läpimita vaihtelee. Tavallisesti tämän vaihtelun suuruutta on kuvattu ilmoittamalla suurimman ja pienimmän läpimitan ero prosentteina keskimääräisestä läpimitasta.

Rinnankorkeudelta havaintoja on tehty varsin runsaasti, koska kysymys on erityisen kiinnostava juuri metsänarvioimistieteellisesti. Niinpä jo HEIKKILÄN (1913 a, s. 141) noin 3 000 keskisuomalaista puuta koskevista tuloksista voidaan laskea, että suurimman ja pienimmän läpimitan ero rinnantasalla saattaa olla keskimäärin suuruusluokaltaan 5 . . . 6 % keskiarvosta. Erästä toisesta HEIKKILÄN (1913 b, s. 329—330) tutkimuksesta taas voidaan laskea, että männyllä (2 650 puuta) ero oli n. 5,8 % ja kuusella (2 275 puuta) n. 5,1 %. Myös saksalaiset tulokset viittaavat läpimittojen huomattavaan keskimääräiseen eroon, esim. MÜLLERIN (1958, s. 58) yli 1 000 kuusta koskevasta aineistosta voidaan laskea, että keskimääräinen ero rinnantasalla oli järeissä rungoissa läpimitaluokasta riippuen peräti 7,4:n ja 9,0 %:n välillä.

Nämä tulokset eivät kuitenkaan välttämättä ole suoraan sovellettavissa puutavaran mittaukseen, koska eksentrisyys lienee suurinta puun tyvessä ja latvassa ja pienin rungon keskiosissa (TIHONEN 1961 a, s. 52). Toisaalta myös varsinaisissa mittaustutkimuksissa on saatu varsin huomattavia eroja suurimman ja pienimmän läpimitan välille. Niinpä norjalaisen BØHMERIN (1935, s. 347) mäntyukkeja koskevista tuloksista voidaan laskea, että kahdessa n. 75 k-m<sup>3</sup>:n tukkierässä keskimääräinen suurimman ja pienimmän läpimitan ero vaihteli läpimitaluokittain 3,3:n ja 4,8:n sekä 4,0:n ja 7,8 %:n välillä. Myös toisen norjalaisen, SOLBRAAN (1939, s. 75, 123), kuusta koskevista tuloksista voidaan laskea, että eräessä 394 tukkia käsittäneessä erässä keskimääräinen läpimittojen ero vaihteli läpimitaluokittain 5,2:n ja 6,6 %:n välillä. Eräessä toisessa, 1 701 tukkia käsittäneessä erässä vastaava läpimitaluokittainen vaihtelu oli 5,2:n ja 7,0 %:n välillä. Vähintään samaa suuruusluokkaa kuin havupuilla ovat lehtipuilla saadut tulokset (esim. haavalla norjalainen BØRSET 1952, s. 397)<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Myös RENVALLIN (1923) tutkimukseen on eräissä mittaustutkimuksissa viitattu puhuttaessa poikkileikkauksen epäpyöreyydestä. RENVALLIN eksentrisyysprosentit eivät kuitenkaan ole sovellettavissa puutavaran mittaukseen, sillä ne osoittavat, kuinka suuri ero on saman läpimitan etelänpuoleisella ja pohjoispuoleisella säteellä suhteessa läpimitan puolikkaaseen. — Mainittakoon, että tällainen eksentrisyysprosentti oli yli 10 Lapin männyllä (RENVALL 1923, s. 10—11).

Edellä on osoitettu, että tason eri suunnissa mitattujen läpimittojen eroaminen on niin yleistä, että se on selvästi näkyvissä myös keskimääräisissä luvuissa. Mielenkiintoinen ongelma on tällöin, syntykö virhettä, jos jonkin puutavaraerän läpimitat mitataan satunnaisessa suunnassa. Tämän ongelman ratkaisemiseksi teoreettista tietä joudutaan tekemään olettamuksia poikkileikkauksen muodosta. Ellipsin ollessa kyseessä TIRÉN (1929, s. 252) on osoittanut, että satunnaista<sup>1)</sup> mittaussuuntaa käytettäessä päädytään keskimäärin liian suureen poikkipinta-alaan ja sitä kautta myös liian suureen puutavarakappaleen kuutiomäärään. Samansuuntainen virhe vallitsee myös yleisemmin konveksin tasokuvion ollessa kyseessä (MATÉRN 1956, s. 19)<sup>2)</sup>. Satunnaisessa suunnassa mittaaminen ei kuitenkaan ole mikään huono ratkaisu. Esimerkiksi jos poikkileikkauksen pinta on ellipsi, TIRÉNIN (1929, s. 252) esittämästä kaavasta voidaan laskea, että suurimman ja pienimmän läpimitan eron ollessa 5 % jonkin puutavaraerän poikkipinta-aloissa syntyvä virhe on suuruusluokaltaan huomattavasti alle 0,5 %.

### 222. Ellipsi

Kuten edellä on todettu, keskimäärin puun poikkileikkauksessa läpimita ei ole vakio vaan vaihtelee. Olettamus poikkileikkauksen pyöreyydestä ei näin ollen keskimäärin pidä paikkaansa. Kun poikkileikkaus ei ole ympyrä, usein on oletettu, että sitä voidaan parhaiten kuvata ellipsillä. Esim. TISCHENDORF (1927, s. 51) esitti vanhoihin, 1800-luvulla tehtyihin saksalaisiin tutkimuksiin viitaten, että puun poikkileikkaus on yleensä kuvattavissa ellipsillä tai ainakin kahden ellipsin kombinaatiolla. Myös TIRÉN (1929, s. 245, 248) epäilee, ettei pelkkä ellipsi riitä aina kuvaamaan epäpyöreää poikkileikkausta, vaan se on mahdollisesti kuvattavissa erilaisten ellipsien kombinaationa. Ellipsiolettamusta on jonkin verran myös käytetty eräissä empiirisissä puutavaran mittaustutkimuksissa (esim. NISULA 1967 b, s. 33, SALMINEN 1970). On nimittäin huomattava, ettei puutavaran mittaussäännön mukainen eri suunnissa mitattujen läpimittojen aritmeettinen keskiarvo suinkaan anna oikeaa poikkipinta-alaa ellipsin ollessa kyseessä, vaan ympyrän yhtälössä on käytettävä suurimman ja pienimmän läpimitan geometristä keskiarvoa. Mittaussäännön mukaista ristimittaa käytet-

<sup>1)</sup> Mainittakoon, että SALMISEN (1969, s. 7) tulosten mukaan esim. tukkien mittauksessa vaakasuoraa suuntaa voi pitää satunnaisena epäpyöreyyteen nähden.

<sup>2)</sup> RIKKOSEN (1973, s. 6) tulos, jonka mukaan koivutukkien kuutioiden saadaan liian suuri arvo vaakasuoraan mitattua läpimittaa käytettäessä ellipsin yhtälön antamiin tuloksiin verrattuna, voidaan tulkita väittämän empiiriseksi tueksi. — Eri asia kuitenkin on, onko poikkileikkaus ellipsi.

täessä pinta-ala saadaan liian suureksi, kuten jo HEIKKILÄ (1927) aikoinaan osoitti.

On kuitenkin syytä asettaa kyseenalaiseksi oletamus puun poikkileikkauksen kuvaamisesta ellipsillä (tai ellipsien kombinaatioilla), jonka eräänä erikoistapauksena ympyrää voi pitää. Yksinkertaisimpia keinoja osoittaa ellipsiolettamuksen kestättömyys on mitata satunnaisessa suunnassa puun läpimitta ja kohtisuoraan sitä vasten oleva läpimitta. Jos kysymyksessä todellakin on ellipsin muotoinen poikkileikkaus, mainitut muuttujat korreloivat selvästi negatiivisesti. Kun empiirisissä tutkimuksissa on saatu pikemminkin positiivisia kuin negatiivisia korrelaatioita, tulokset viittaavat siihen, ettei ainakaan yksinkertainen ellipsi ole sopiva lähtökohta pinta-alan laskemisessa. Kun poikkileikkauksen pinta ei yleisesti ole ellipsi, näyttää olevan varsin vähän merkitystä sillä, käytetäänkö pinta-alan määrittämisessä ympyrän yhtälössä kahden läpimitan aritmeettista vai geometristä keskiarvoa (MATÉRN 1956, s. 19).

Ellipsin sijasta on poikkileikkauksen muotoa pyritty kuvaamaan eräillä muilla tasokuvioilla. On mm. ehdotettu paraabelin ja ympyrän kombinaatiota (MÜLLER 1957). Saattaa myös olla, että eri puulajeille ja eri ikäisille puille on kullekin parhaiten sopiva malli. Niinpä SIOSTRZONEK (1958, s. 246—247) esitti 26 puun aineistoon perustuen, että rinnantasalla poikkileikkauksen pinta on aluksi ympyrä, jossa ydin sijaitsee keskellä. Vähän vanhemmissa puissa poikkileikkaus olisi edelleen kuvattavissa ympyrällä, jossa ydin sijaitsee epäkeskisesti. Tämän jälkeen parhaiten sopisi malli, joka muodostuisi ympyrän puolikkaasta ja ellipsin puolikkaasta. Myöhemmin saattaisi tulla kysymykseen myös paraabelin ja ympyrän kombinaatio — samoin kuin siis MÜLLER (1957) esitti. Laajoja empiirisiä tutkimuksia ei kuitenkaan liene tehty näiden mallien kontrolloimiseksi.

### 223. Kehän painumat

Edellä on puutavarakappaleen poikkileikkausta tarkasteltu lähinnä konveksina tasokuviona. Tunnettua kuitenkin on, että puuta rajoittavassa kehässä saattaa olla painumia, jotka tekevät poikkileikkauksen epäkonveksiseksi. Äärimmäinen esimerkki tällaisesta on ns. piparkakkutyvi, jota tavataan toisinaan mm. vanhoilla männyillä.

Puutavarapölkkyä rajoittavan kehän painumiin, joita ei saada mitatuksi mittasaksilla tai ympärysmittanauhalla, on kiinnittänyt huomiota mm. NISULA (1967 a, s. 18, 1967 b, s. 31). Näiden kehän painumien merkityksestä ei ole juuri pohjoismaisiin olosuhteisiin soveltuvia tutkimuksia. NISULA (1967 a, s. 23) on tosin pienehköön koivukuitupuun aineistoon perustuen arvioinut, että kehän painumista saattoi eräissä tapauksissa aiheutua

noin 1,5 %:n virhe kuutiomäärässä. Mahdollista kuitenkin on, että osa mainitusta virheestä on luettava sen syyksi, ettei ympyrä ole aikaisemmin todetun mukaisesti ainoa orbiformi. — Käytännössä kehän painumat vaikuttavat eniten kuorellisessa puutavarassa (NISULA 1967 a, s. 18). Tätä käsitystä tukevat mm. ARON (1958, s. 29) tulokset, joiden mukaan keskiarvona oli kuorellisessa puutavarassa lähempänä ksylometrimittaa kuin kuorituspuutavarassa.

### 224. Puutavarakappaleen poikkileikkauksen eri mittausmenetelmien vertailua

Kuten aikaisemmin on TIRÉNIN (1929) ja MATÉRNIN (1956) tutkimuksiin perustuen todettu, konveksin poikkileikkauksen ollessa kyseessä satunnaisessa suunnassa mitattu läpimitta antaa jonkin verran liian suuren tuloksen puutavarakappaleelle. Liian suuresta läpimitasta aiheutuva virhe kuutiomäärässä ei kuitenkaan välttämättä ole kovin suuri. Aina ei kuitenkaan voida tyytyä siihen, että virheet tasoittavat huomattavassa määrin toisiaan koko puutavarakappaleessa, vaan on tarpeellista tietää kunkin puutavarakappaleen kuutiomäärä tyydyttävällä tarkkuudella. Tämän tarpeen vuoksi on pyritty kehittämään poikkileikkauksen pinta-alan määrittämismenetelmiä, jotka täyttäisivät paremmin kulloisetkin vaatimukset. Tehdyissä empiirisissä tutkimuksissa ei ole yleensä pyritty määrittelemään kyseisen poikkileikkauksen pinta-alan muotoa, vaan on ainoastaan pyritty vertaamaan erilaisten menetelmien tarkkuutta. Kerättyyn aineistoon perustuvia tutkimuksia on tosin vähän — etenkin vanhemmassa kirjallisuudessa tyydyttiin tarkastelemaan eri mittausmenetelmien tarkkuutta, kun poikkileikkauksen pinnat olivat tiettyjä tasokuvioita kuten ellipsejä, niiden kombinaatioita jne. Tässä yhteydessä näihin teoreettisiin tarkasteluihin ei puututa. Kannattaa tosin mainita eräät MATÉRNIN (1956) tulokset, joiden mukaan konveksien poikkileikkauksien ollessa kyseessä saadaan liian suuri läpimitta mm. silloin, kun mitataan yksi läpimitta satunnaisessa suunnassa ja toinen kohtisuoraan sitä vasten, ja jolloin ympyrän yhtälössä läpimitana pidetään niiden aritmeettista keskiarvoa. Samoin saadaan liian suuri tulos myös silloin, kun aritmeettisen keskiarvon sijasta käytetään geometristä keskiarvoa. Liian suuri tulos on myös silloin, kun puutavarakappaleesta mitataan kaksi läpimittaa satunnaisesti ja otetaan niiden geometrinen keskiarvo läpimitaksi. Sen sijaan voidaan saada myös liian pieniä pinta-aloja silloin, kun mitattava läpimitta valitaan joko suurimmaksi tai pienimmäksi läpimitaksi mikä poikkileikkauksesta löytyy, ja mitataan toinen läpimitta kohtisuoraan sitä vasten. Tällöin voidaan saada myös liian suuria tuloksia.

Varsinaisista empiirisistä tutkimuksista on erityisen huomion arvoinen YAMAHATAN ja MASUOKAN (1959) japaninpunamäntyä ja japaninmusta-



mäntyä koskeva tutkimus. Tarkastelun kohteena oli 70 epäpyöreää määrittäjien puulajien kiekkoa, joista määritettiin tarkka pinta-ala planimetrillä ja sen likiarvo kahdeksalla eri menetelmällä. Parhaaksi arvosteltiin neljän tietyllä tavalla ytimeistä lähtevän säteen mittaamiseen perustuva menetelmä, jossa pinta-ala määritettiin säteiden edustamien pinta-alojen aritmeettisena keskiarvona. Virhe oli koko aineistossa 1,2 %. Lähes yhtä hyvänä pidettiin myös menetelmää, jossa mitattiin kuusi sädettä ja laskettiin niiden edustamien pinta-alojen aritmeettinen keskiarvo. Tällöin virhe oli 1,8 %. Huonoksi menetelmäksi osoittautui mm. ellipsin yhtälön käyttäminen pinta-alan määrittämisessä. Tällöin pinta-alavirhe oli 5,2 %. Myös sellaiset menetelmät, joissa laskettiin säteiden aritmeettinen keskiarvo ja määritettiin keskiarvoa vastaavan ympyrän pinta-ala, osoittautuivat huonoiksi. Erityisesti kannattaa mainita, että mitattaessa neljän läpimitan keskiarvoa vastaavan ympyrän pinta-ala virheeksi saatiin 5,8 %. — Nämä tulokset voinee tulkita siten, ettei tavanomaista läpimitaan tai läpimittoihin perustuvaa menetelmää voi missään tapauksessa pitää kovin edullisena epäpyöreiden kappaleiden pinta-alojen määrittämisessä.

Myös SIOSTRZONEKIN (1958) laskelmat viittaavat siihen, että epäpyöreitä tasokappaleita mitattaessa tarkkuutta voidaan huomattavasti parantaa siirtymällä läpimittojen mittauksesta sädemittaukseen. Hyviä tuloksia saataane esim. mittaamalla kahdeksan sädettä tai lähellä ympyrää olevan poikkileikkauksen ollessa kyseessä ehkä vain neljäkin. Laskennassa on käytettävä luonnollisesti mitattujen säteiden neliöiden keskiarvoa, kuten mainitussa YAMAHATAN ja MASUOKAN (1959) tutkimuksessa.

Jos puutavarakappaleen poikkileikkauspinta-alaa määritettäessä joudutaan käyttämään sädemittauksen asemasta läpimitan mittaamista, kannattaa ilmeisesti suhtautua varauksellisesti suurimman tai pienimmän läpimitan etsimiseen perustuviin menetelmiin. Esim. MATÉRN (1956, s. 19) suhtautuu epäilevästi tällaisiin menetelmiin, ellei poikkileikkauspinta-alan muoto ole niin tarkasti tiedossa, että tällaisia menetelmiä voi teoreettisesti perustella. Varovaisuuteen viittaa myös CHACHON (1961) tutkimus, joka tosin koskee poikkeuksellisen kookkaita havu- ja lehtipuita. Tässä tutkimuksessa mm. saatiin parempia tuloksia mittaamalla pelkästään yksi läpimita satunnaisessa suunnassa kuin mittaamalla suurin läpimita ja kohtisuoraan sitä vasten oleva läpimita ja laskemalla niiden perusteella pinta-ala.

### 23. PITUUDEN MITTAUS

Puutavaran mittaussäännön mukaan keskuskiintomittaa määritettäessä puutavarapölkyn pituus mitataan katkaisupintojen lyhimmältä väliltä. Jos katkaisupinnat ovat useimpien puutavarakappaleiden laatuvuorujen mukai-

sesti yhdensuuntaiset ja kohtisuorassa puutavarakappaleen pituusakselia vasten sekä puutavarakappale on suora, mitään epäselvyyttä ei voi syntyä. Jos jokin näistä kolmesta ehdosta ei ole täytetty, tästä aiheutuu, että keskimääräisiä muuntolukuja käytettäessä päädytään tarkasta kiintomittasta enemmän tai vähemmän paljon poikkeavaan todelliseen kiintomittaan. Määritelmän mukaisesti keskuskiintomittaan ei siis synny virhettä, vaan poikkeamat laatuvaatimuksista lähinnä aiheuttavat tarkan ja todellisen kiintokuutiomäärän eron kasvamisesta.

Tässä yhteydessä ei puututa tarkemmin pituuden mittaustavasta aiheutuviin tarkan kiintomitan likiarvon määrittämisessä syntyviin virhelähteisiin. Olettaa kuitenkin sopii, että käytännössä suurimmat systemaattiset virheet syntyvät kuutioitaessa lenkoja pölkkyjä. Suorissa pölkkyissä poikkipintojen pieni poikkeaminen kohtisuoruudesta pölkyn pituusakseliin nähdessä aiheuttaa varsin vähäisen virheen. — Käytännössä ei kuitenkaan liene tutkittu, kuinka suurista virheistä on todellisuudessa kysymys.

## 3. TARKAN KIINTOMITAN MÄÄRITYS

### 31. STEREOMETRINEN MITTAUS

Jotta stereometrisellä mittauksella voitaisiin selvittää jonkin puutavarakappaleen tarkka kiintomitta, jokaisen puutavarakappaleen rajoittavan kehän pisteen sijainti jossakin koordinaatistossa tulisi tuntea. Käytännöllisistä syistä ei kuitenkaan voida mennä kaikkien pisteiden sijainnin määrittämiseen, vaan täytyy tehdä joitakin olettamuksia kappaleen rajoittavan kehän ominaisuuksista. Voidaan esim. olettaa, ettei kehässä ole pieniä alaisia painumia tai vastaavia kyhmyjä, jolloin määrävälein mitattujen havaintojen perusteella voidaan arvioida puutavarakappaleen rajoittavan vaipan sijaintia.

Tavallisin menettelytapa puutavarapölkyn tarkan tilavuuden määrittämisessä on mitata kappaleen pituus ja määrävälein sen poikkileikkauspinta-ala. Poikkileikkauspinta-ala saatetaan arvioida esim. mitatun läpimitan perusteella. Tarkan kiintomitan likiarvoihin päästään näistä havainnoista numeerisen integroinnin menetelmillä. Tunnetut HUBERIN, SMALIANIN, HOSSFELDTIN ja SIMPSONIN kaavat ovat nähtävissä tämän tehtävän erilaisiksi ratkaisuksi. Voidaan myös osoittaa, että mainitut kaavat ovat erään yleisen kaavan erikoistapauksia (RADONJIC 1954).

Jossakin määrin käytetty stereometrinen puutavarakappaleen tarkan kiintomitan määrittämistapa on mitata määrävälein tai muuten tunnetuilta kohdilta puutavarapölkkyä läpimitat ja määrittää niiden perusteella runkokäyrän yhtälö. Tämän jälkeen tarkka kiintomitta saadaan integroimalla

runkokäyrän neliö ja kertomalla saatu tulos  $\pi$ :llä. Esim. jos läpimitta on mitattu pölkyn molemmista päistä ja keskeltä, runkokäyrän määrää täysin toisen asteen yhtälö. Näin ollen integroitava lauseke on neljättä astetta ja tulos on periaatteessa tarkempi kuin mitä em. kaavoilla saadaan. — Tätä menetelmää ovat soveltaneet ainakin LAASASENAHO ja SEVOLA (1971, s. 9) ja sen perusteella myös KÄRKKÄINEN (1973, s. 9).

Edellä tarkastelluissa stereometrisissä mittausten menetelmissä läpimitan ja pituuden määrittämiseen liittyvät virhelähteet ovat samoja, mitä on tarkasteltu keskuskiintomitan yhteydessä (luku 2). Näin ollen tarkka kiintomitta poikkeaa stereometrisestä likiarvostaan mm. siksi, ettei ympyrä ole ainoa orbiformi, ja näin ollen läpimittahavaintoja käytettäessä päädytään liian suureen kuutiomäärään jne. Näiden jo tarkasteltujen virhemahdollisuuksien lisäksi on syytä ottaa huomioon myös integrointimenettelyyn liittyvä virhe. Etenkin jos läpimitan tai poikkipinta-alahavaintoja tehdään suhteellisen vähän jotakin puutavarakappaletta mitattaessa, pölkkyä rajoittavan vaippapinnan ominaisuudet tulevat arvioiduiksi melko karkeasti oksakyhmyjen, kehän painumien jne. jäädessä havaintopaikkojen välillä huomiotta. Sitä paitsi käytetty kuutioimiskaava voi olla lähtöolettamuksiansa vuoksi epärealistinen jonkin yksityisen puutavarapölkyn tai kokonaisen puutavaraerän kohdalla. Määrävälein mitattujen läpimittojen tai poikkipinta-alojen ollessa kyseessä integraalin tarkkuutta tosin voidaan parantaa esim. ROMBERGIN menetelmällä (GOULDING 1971), mutta tätä mahdollisuutta ei yleensä ole käytetty hyväksi puutavaran mittaustutkimuksissa.

Erityistä huomiota kannattaa tässä yhteydessä kiinnittää HUBERIN kaavaan (yleisessä kielenkäytössä puutavarakappaleiden pätkittäiseen kuutiointiin, joskin pätkät voidaan kuutioida myös muuten kuin HUBERIN kaavalla), koska tämä lienee eniten käytetty menetelmä sekä metsänarvioinnissa että varsinaisessa puutavaran mittauksessa. Tässä pätkittäisessä kuutiointissa puutavarapölkkyt jaetaan verraten lyhyisiin osiin, jotka kukin kuutioidaan keskuskiintomittana. Koko puutavarakappaleen tilavuus saadaan näin ollen sen sisältämien pätkien keskuskiintomittojen summana. Yleisesti on tarkoissa tutkimuksissa käytetty yhden tai kahden metrin pituisia pätkiä — esim. tunnetut ILVESSALON kuutioimistaulukot perustuvat siihen, että tyvi kuutiointiin 1 m pätkänä ja alle 12 metriä pitkät koe-puut jaettiin yhden metrin pituisiin pätkiin ja yli 12 metriä pitkät koe-puut kahden metrin pätkiin (ILVESSALO 1947, s. 8).

Etenkin vanhemmasta metsäkirjallisuudesta tapaa tuloksia, joiden mukaan HUBERIN kaavan soveltaminen 1 ... 2 m:n pituisiin puutavarakappaleisiin tai niiden osiin ei aiheuta oleellisen suurta virhettä tarkan kiintomitan arvioinnissa. Useat näistä tutkimuksista ovat teoreettisia ilman empiiristä kontrollimateriaalia. Niinpä esim. PETRINI (1928) arvioi HÖJERIN runkokäyrän perusteella, että suurikokoisilla, verraten hyvämuotoisilla puilla

tarkka kiintomitta poikkeaa HUBERIN kaavan perusteella arvioidusta huomattavasti alle 0,5 %, kun pätkät ovat pituudeltaan 2 m. Näin pientä suuruusluokkaa olevat erot selittynevät lähinnä sillä, että teoreettiset runkokäyrät kuvaavat sangen huonosti nimenomaan tyvilajentumaa. Tähän mahdollisuuteen viittaa mm. BERGESTADIN (1929) tutkimus. Kun aineistona oli 1 279 kuusitikkaa, joista mitattiin keskuskiintomitta, oli havaittavissa, että keskuskiintomitta oli 4,3 % pienempi kuin lyhyemmissä pätkissä mitattu tarkempi kiintomitta. Tästä 4,3 %:n erosta peräti 3,7 prosenttiyksikköä johtui tyvipaisumasta ja ainoastaan 0,6 prosenttiyksikköä muista syistä. Tällainen ilmiö voi omalta osaltaan selittää teoreettisissa tutkimuksissa havaittua erojen pienuutta.<sup>1)</sup>

Tyvipaisuma vaikuttaa mittaustarkkuuteen myös epäsuorasti pölkyn pituuden kautta. Mitä lyhyemmiksi puutavaralajeiksi rungot tehdään, sen harvemmissa pölkkyissä on tyvilajentuma. Tällä saattaa olla merkitystä pinomittauksen tarkkuuteen (NISULA 1963, s. 4—5). Kiintomittauksessa tyvipaisuma ei tällä tavoin vaikuttane epäsuorasti esim. kokonaisen puutavaraerän kuutiointin tarkkuuteen.

Edellä on PETRININ tutkimustulosten esittelyn yhteydessä viitattu, että luvut ovat poikkeuksellisen pieniä verrattaessa niitä empiirisissä tutkimuksissa saatuihin eroihin. Esim. MICHAILOFF (1944), jonka suurikokoisista rungoista koostuvana aineistona oli 28 mäntyä, 66 kuusta ja 50 jalokuusta, ja joka mittasi läpimitat 25 cm:n välein tarkkaan kiintomittaan päästäkseen, sai seuraavan jaotelman mukaisia tuloksia pätkittäisen kuutiointin tarkkuudesta.

	Kappaleen pituus m			
	1	2	4	
Ero HUBERIN kaavalla saadun ja tarkemman kiintomitan välillä				
	% tarkasta mitasta			
-0,40	-0,96	-2,29	-3,78	

Myös ALTHERRIN (1960) laajaan aineistoon perustuvat tulokset viittaavat siihen, että metrin pituisilla pätkillä saadaan n. 1 %:n suuruusluokkaa oleva virhe ja 2 m:n pituisilla pätkillä 2 %:n suuruusluokkaa oleva virhe. Eron suuruusluokalliseen pätevyyyteen viittaavat myös MAKKOSEN (1959, s. 2) pienikokoisia mäntyrunkoja koskevat tulokset, jotka perustuvat n. 40 k-m<sup>3</sup>:n aineistoon. Tutkimuksessa voitiin nimittäin todeta, että puutavaran pituuden ollessa 2 m keskuskiintomitta oli n. 1,5 % pienempi kuin

<sup>1)</sup> PRODANIN (1955, s. 70) siteeramien neuvostoliittolaisten tutkimusten mukaan tyvipaisuman merkitys vaihtelee huomattavasti puulajeittain. Kun 10 % korkeudella olevaa läpimittaa merkitään luvulla 100, on tyviläpimitta koivulla 186, kuusella 166 ja männyllä 141.

SIMPSONIN kaavalla saatu kiintomitta. Myös toinen MAKKOSEN (1960, s. 1) tutkimus viittaa samaan. Tällöin aineistona oli n. 170 k-m<sup>3</sup> 2,4 m pitkää koivukuitupuuta, ja keskuskiintomitta havaittiin tällöin 2,3 ... 2,5 % pienemmäksi kuin SIMPSONIN kaavalla saatu kiintomitta. Jossakin määrin tukea esitetyille käsityksille HUBERIN kaavan tarkkuudesta antavat myös ksylometri- ja upotusmittaukset, joskaan niiden tulokset eivät tässä tapauksessa ole suoraan yleistettävissä mm. siksi, että niihin vaikuttavat myös muut tekijät kuin tässä yhteydessä tarkastellut.

Väärinkäsityksien välttämiseksi on syytä vielä korostaa, että edellä mainitut havainnot koskevat ainoastaan tapausta, jolloin puutavaralajeja tehdään koko rungosta. Mikäli jotakin puutavaralajia tehdään ainoastaan tyviosasta, keskiosasta tai latvaosasta, tulokset HUBERIN kaavan käyttökelpoisuudesta muuttuvat oleellisesti. Lukuisten tutkimusten mukaan heikoimmat tulokset saadaan nimenomaan puiden tyviosissa, sitten latvaosissa. Keskirungossa HUBERIN kaava antaa verraten hyviä tuloksia myös varsin pitkiä pätkiä käytettäessä. Eri pyörähdyskappaleita ajatellen voidaan sanoa, että HUBERIN kaavalla saadaan liian pieniä tilavuuksia neiloidimaisille ja katkaistua kartiota lähenteleville pölkyille, mutta liian suuria tai oikeita tuloksia paraboloidisille pölkyille (esim. MAKKONEN 1961, s. 2). Eri asia kuitenkin on, missä määrin pyörähdyskappaleita koskevat tulokset ovat yleistettävissä todellisiin runkoihin.

Edellä esitettyjen tulosten perusteella voidaan arvioida, että mm. ILVESSALON (1947) ja TIIHOSEN (1972 a, b) kuutioimistaulukot antavat systemaattisesti liian pieniä stereometrisia kuutiomääriä. Tällöin on oletettu, että ILVESSALON taulukoiden laadintaa koskevassa osassa mainittu pätkitäinen kuutiointi todella tarkoittaa HUBERIN kaavan käyttöä, kuten lienee ilmeistä.<sup>1)</sup>

Lopuksi on syytä kiinnittää vielä huomiota eräeseen stereometrisen menetelmän virhelähteeseen, joka itse asiassa aiheutuu puutavaran mittausäännön soveltamisesta ja nykyisestä mittauskäytännöstä. Jo aikaisemmin on viitattu, että stereometrisessä mittauksessa tuloksiin vaikuttavat haitallisesti oksakyhmyt ja muut paksunnokset sekä vastaavasti kehän painumat. Näillä ei kuitenkaan periaatteessa ole mitään systemaattista vaikutusta tarkan kiintomitan arvioinnissa esim. jonkin puutavaraerän kuutioidinnissa, mikäli läpimittojen tai poikki-pinta-alojen mittauksessa ei pyritä tie-

<sup>1)</sup> Se, että eräissä tutkimuksissa on saatu ILVESSALON taulukoiden kanssa yhtäpitäviä tuloksia (esim. NOUSIAINEN ym. 1972, s. 32–33, 1973, s. 25), ei vielä tee esitettyä väittämää vähääkään heikommaksi. Mainituissa NOUSIAISEN ym. tutkimuksissa lienee nimittäin käytetty samaa pätkitäisen kuutioidinnan menetelmää kuin mitä myös ILVESSALO käytti. Myös ne tulokset, jotka ovat laskettavissa TIIHOSEN (1961 b) julkaisemien kapenemistaulukkojen perusteella ja jotka perustuvat oleellisesti ILVESSALON aineistoon, viittaavat samaan systemaattiseen virheeseen.

toisesti välttämään tai suosimaan tällaisia mittauskohtia. Mittausäännön mukaan kuitenkin tulee pyrkiä välttämään tällaisia paksunnoksia (S. as. kok. 753/1972). Esimerkiksi keskuskiintomittaa koskevassa pykälässä 2 a säädetään: »Jos pölkyn puolivälissä on oksapaisuma tai muu paksunnos, määritetään paksuus paksunnoksen ulkopuolelta kahden yhtä kaukana puolivälisestä mitatun läpimitan keskiarvona.» Samoin latvakiintomittaa koskevassa pykälässä 2 b säädetään: »Jos paksuuden mittauskohdassa on oksapaisuma tai muu paksunnos, mitataan paksuus siitä, missä paksunnoksen vaikutus tyveenpään mentäessä päättyy.» — Näin ollen puutavaran mittausäännöstä aiheutuu, että stereometrisesti mitattu tarkan kiintomitan likiarvo voi poiketa tarkasta kiintomitasta systemaattisesti. Tämän suuntaisen virheen syntymiseen vaikuttaa myös yleinen mittauskäytäntö. Esim. ILVESSALON (1965, s. 64) metsänarvioimistieteen oppikirjassa todetaan: »Mitattaessa vältetään jostakin syystä poikkeuksellista rungon kohtaa. Tällaisia ovat oksakiehkura ja oksien siitä hävittyäkin usein vielä paksu kohta sekä muut satunnaiset laajentumat ja myös ohentumat, esim. palokoron kohta. Mittaus suoritetaan välittömästi tällaisen poikkeuksellisen kohdan ala- tai yläpuolelta tai molempien keskiarvona.»<sup>1)</sup> — Kun ilmeistä on, että paksunnoksia esiintyy huomattavasti enemmän kuin ohentumia, on syytä olettaa, että tarkka kiintomitta arvioidaan stereometrisesti helposti liian pieneksi.

Empiirisiä tutkimuksia oksakyhmyjen ja muiden tarkkaa kiintomittaa lisäävien tekijöiden todellisesta vaikutuksesta ei liene tehty. Eräät hajahavainnot kuitenkin viittaavat kyhmyjen merkitykseen. Esim. SALMINEN (1970) totesi, että tukkien kapenevuuden lisääntyessä ero stereometrisen kiintomitan ja jäljempänä tarkasteltavan ksylometrimitan välillä kasvoi stereometrisen kiintomitan ollessa yleensä pienempi kuin ksylometrimitta. Latvamuotoluvun ollessa 1,25 ero oli +2 %, latvamuotoluvun ollessa 1,37 ero oli -2 % ja latvamuotoluvun ollessa peräti 1,51 eroa oli jo -6 %. Kun kapenevuuden lisääntyminen indikoi nimenomaan oksaisuuden lisääntymistä, kuten KLEM (1930, s. 427–440, 1934, s. 233–240) kuusella on osoittanut, SALMISEN tulosten voidaan katsoa tukevan esitettyä käsitystä oksakyhmyjen merkityksestä. Vakuuttavasta osoituksesta kuitenkin ei ole kysymys, koska em. tutkimuksessa on käytetty poikki-pinta-alan määrittämisessä sängen kyseenalaista ellipsin kaavaa. Sitä paitsi kun mittaus on tapahtunut automaattisesti, kyhmyjen systemaattista välttämistä ei liene voinut tapahtua. Kun kuitenkin myös eräissä muissa tutkimuksissa on havaittu ksylometrikuution olevan suurempi kuin stereometrisen kuutio (esim. YOUNG ym. 1967, s. 558), vastoin mm. aiemmin tarkastellun orbiformiteki-

<sup>1)</sup> Myös mittaus-tutkimuksissa tällaisia sääntöjä on sovellettu (Esim. ARO ja RIKKONEN 1966, s. 10).



jän vaikutusta, lähes ainoaksi järkeväksi selitykseksi jää olettamus kyhmyjen vaikutuksesta.

### 32. KSYLOMETRIMITTAUS

Aiemmin määriteltyä (s. 48) ksylometrimittausta pidetään yleensä vertailumenetelmänä, johon muiden menetelmien antamia tuloksia verrataan. Ksylometrimittauksella on varsin vanhat perinteet (esim. ARO 1931, s. 19–36), ja yleinen tutkijoiden keskuudessa vallitseva käsitys on, että menetelmän aiheuttamat virheellisydet tarkan kiintomitan arvioinnissa ovat tuoreen puutavaran ollessa kyseessä vähäisiä. Esim. veden imeytyminen kuivahtaneeseen puuhun aiheuttaa toisaalta puukappaleen tilavuuden laajentumista, toisaalta ympäröivän nestemäärän vähenemistä imeytymisen seurauksena, ja näin ollen virhettä tarkan tilavuuden arvioinnissa ei juuri pääse syntymään. Vaikeinta ksylometrimittauksessa onkin ilmeisesti luotettavan mittalaitteen konstruointi — saattaa esim. olla, että aiemmin siterattu YOUNGIN ym. (1967) tulos, jonka mukaan ksylometrikuutio saattaa olla useita prosentteja suurempi kuin stereometrinen kuutio, osittain johtuu mittalaitteen epätarkkuudesta. Tosisaalta on olemassa kokemuksia myös ilmeisesti käytännössä erittäin tarkoista ksylometreistä (esim. MAKONEN 1958, s. 8–9). Tarkkuuden lisäksi ksylometrimittauksen hyvänä puolena voidaan pitää myös sitä, että mittaus on yksinkertainen: tavallisimmin käytetään ainoastaan vaakaa ja ksylometria jonkin puutavarakappaleen tai -erän tarkan kiintomitan määrittämiseen. Sitä paitsi tarpeen tullen tullaan toimeen pelkällä ksylometrilläkin, kuten NISULA (1968 b, s. 12) on osoittanut.

Edellä olevan perusteella on selvää, että ksylometrimittauksessa ei synny virheellisyttä tarkan kiintomitan määrittämisessä esim. siksi, ettei ympyrä ole ainoa orbiformi, että kehässä voi olla painumia tai kyhmyjä, että puutavarakappaleen poikkileikkauksen muoto voi vaihdella, katkaisupinnat olla vinosti pölkyn pituussuuntaan nähden, pölkky mutkainen jne. Jos etenkin oksakyhmyjen ja muiden paisumien aiheuttama virhe stereometrisesti määritettyyn kiintomittaan on huomattava, voidaan saada tuloksia, joiden mukaan ksylometrikuutio on suurempi kuin stereometrinen kuutio. Jos taas stereometrisessä mittauksessa huomiotta jääviä paksunnoksia ei ole, pölkky ei ole mutkainen jne., voidaan saada tuloksia, että ksylometrikuutio on pienempi kuin stereometrinen kuutio. Tällöin ilmeisesti vaikuttaa mm. se, että ympyrä on suurin orbiformi ja että kehässä saattaa olla huomiotta jääviä painumia. Luotettavien selvitysten puuttuessa ei voida sanoa, että jompikumpi malli esiintyisi käytännössä useammin kuin toinen. Empiirisissä mittaustutkimuksissa on voitu havaita kumpikin ilmiö: YOUNGIN ym. (1967) ja SALMISEN (1970) tutkimuksissa ksylometrikuutio saatiin suu-

remmaksi kuin stereometrinen kuutio, toisaalta taas EKLUND (1953, s. 340–341) ja NISULA (1967 a) ovat saaneet tuloksia, joissa ksylometrikuutio on pienempi kuin stereometrinen kuutio. Myös KARLSSONIN (1971, s. 13) saama tulos tukee jälkimmäistä käsitystä — saatiinhan ksylometrikuutio yhtä suureksi keskuskiintomitan kanssa<sup>1)</sup>, minkä voidaan tulkita merkitsevän ksylometrikuution pienemmyyttä keskuskiintomittaa tarkemmin määritettyyn stereometriseen kuutioon verrattuna. — Onhan nimittäin aikaisemmin todettu (s. 58), että keskuskiintomitta on yleensä tarkkaa kiintomittaa pienempi.

### 33. UPOTUSMITTAUS

Monessa suhteessa ksylometrimittaukseen voida rinnastaa upotusmittaus eli hydrostaattinen punnitus. Tarkkuudeltaan menetelmät lienevät käytännön kannalta samanveroisia. On tosin ilmeistä, että kun ksylometrimittauksessa ainoan huomattavan virhelähteen muodostaa ksylometrin rakenne, upotusmittauksessa virheellisyttä voi syntyä mittalaitteen rakenteen lisäksi myös puiden pinnalle jäävästä vedestä. Ainakaan laboratorioolosuhteissa tällä ei kuitenkaan näytä olevan sanottavaa merkitystä (AHONEN 1964, s. 12–13), ja myös käytännöllisessä mittaustoiminnassa on voitu havaita ksylometrikuution ja upotusmittauskuution poikkeavan toisistaan vähemmän kuin 0,5 % (SAVOLAINEN 1964). Myöskään veden tiheyden vaihtelulla ei ole mitään käytännöllistä merkitystä tuloksiin, sillä esim. +20°:n lämpötilassa veden tiheys poikkeaa 0,17% siitä, mitä se on +4°:ssa (AHONEN 1964, s. 11). Helposti vältettävissä on myös se purkamattomien nippujen mittauksessa sattuva virhe, joka aiheutuu oksista ja roskista ja joka suuruudeltaan saattaa olla esim. 0,2... 2,3 % (FINNE 1970 a, s. 7).

Kun on oletettavissa, että ksylometrimittaus ja upotusmittaus antavat kohtuullisella tarkkuudella samanlaisia tarkan kiintomitan arvioita, aiemmin perustellut johtopäätökset ksylometrimittauksen ja stereometrisen mittauksen suhteista ovat yleistettävissä koskemaan myös upotusmittauksen ja stereometrisen mittauksen suhteita. Tehtyjä johtopäätöksiä ei tässä enää ole syytä toistaa.

#### 4. POIKKILEIKKAUSPINTA-ALAN VAIHTELUT JA MITTAUSVIRHEET

Tässä yhteydessä puutavarakappaleen poikkileikkauspinta-alan vaihtelulla tarkoitetaan niitä muutoksia, jotka tuoreen puutavaran ollessa kyseessä riippuvat ulkoisista olosuhteista. Olettaa sopii, että muutokset ovat osittain samanlaisia kuin kasvavissa puissa, joskaan vuorokautista ja säästä

<sup>1)</sup> Samanlainen tulos oli myös NISULALLA (1967 a, s. 23).



riippuvaa poikkipinta-alan vaihtelua ei puutavarassa esiintyne samassa mitassa. Sitä paitsi myöskään kasvavien puiden päivittäisellä vaihtelulla ei ole käytännöllistä merkitystä. Esim. TIRÉN (1929, s. 230—236) arvioi, että transpiraation päivittäinen vaihtelu voi aiheuttaa korkeintaan 0,2 ... 0,3 %:n suuruisen vaihtelun poikkileikkauspinta-alassa. Valmiissa puutavarassa kuivumisen merkitys on aivan toista suuruusluokkaa, mutta niin kauan kun kosteus on puun syiden kyllästymispisteen yläpuolella, oleellisia muutoksia ei tapahtune. — Näyttää kuitenkin siltä, ettei tätä kysymystä ole perusteellisesti selvitetty, ja on mahdollista, että kyllästymispistettä korkeammassakin kosteuspitoisuuksissa muutoksia voi todellisuudessa tapahtua.

Em. TIRÉNIN (1929) tutkimuksen mukaan myös lämpötilan vaikutus on elävissä puissa suuruusluokaltaan vähäinen, esim. alle 0,5 %. Kun KÜBLER ja TRABER (1964, s. 93) ovat osoittaneet, että tuore puutavara käyttäytyy periaatteessa samalla tavalla kuin pystyssä olevat puut, voi olettaa, ettei yleensäkin lämpötilalla ole oleellista merkitystä poikkipinta-alan vaihteluissa. Väärinkäsitysten välttämiseksi todettakoon myös, ettei kysymyksessä suinkaan ole tavanomaisen lämpölaajenemisen aiheuttama virhemahdollisuus. Kun elävän puun tai tuoreen puutavaran läpimitta supistuu voimakkaasti muutaman asteen pakkasessa, on oletettu, että kysymyksessä olisi eräänlainen sisäinen kuivuminen — veden siirtyminen solujen seinämistä soluväleihin ja mahdollisesti myös soluonteloihin. Tämän vuoksi ilmiö voi tapahtua jo lämpötilan vaihdellessa muutaman asteen verran.

Pakkasen aiheuttamaa puuaineen kutistumisilmiötä kannattaa kuitenkin tarkastella lähemmin. Esim. lehmuksella on nimittäin todettu, että puuaine kutistuu nimenomaan uloimmissa vuosilustoissa. Em. KÜBLERIN ja TRABERIN (1964) tutkimuksessa uloimmat vuosilustot supistuvat peräti 3,8 % — 7 °:n pakkasen vaikutuksesta. Tämä merkitsi kuitenkin kokonaisympäryksissä ainoastaan 0,2 % ja pinta-alassa näin ollen 0,4 %. Kun kuitenkin nuorilla puilla suuri osa tilavuudesta on uloimpia vuosilustoja, olettaa sopii, että niissä pakkasen aiheuttama supistumisreaktio on suuruusluokaltaan huomattava. Joskaan mitään empiirisiä tutkimustuloksia ei ole käytettävissä, voi olettaa, että esim. mitattaessa talvella pienikokoista puutavaraa upotusmittauksella ja verrattaessa tuloksia stereometrisesti saatuihin tuloksiin, pakkasen aiheuttama puuaineen kutistuminen kylmässä ilmassa ja laajeneminen vedessä voi aiheuttaa yllättäviä vaihteluja.

Olettaa sopii, että TIRÉNIN (1929) aiemmin siteerattu käsitys pakkasen vähäisestä vaikutuksesta poikkipinta-alaan koskee yksinomaan havupuuta. Eräissä myöhemmissä tutkimuksissa on nimittäin havaittu, että lehtipuilla muutokset voivat olla aivan toista suuruusluokkaa. Esim. WINGET ja KOZLOWSKI (1964, s. 336) totesivat, että ympäryksimitan supistuminen talvella oli erällä lehtipuilla suuruusluokaltaan 1 ... 3 % ja erällä havupuulla

0,3 ... 0,7 %. Näin ollen poikkileikkaus voi supistua lehtipuilla 2 ... 6 % ja mainitulla havupuulla n. 0,6 ... 1,4 %. Lehtipuilla supistuminen on sitä suuruusluokkaa, että se on syytä ottaa virhemahdollisuutena huomioon esim. kuutioitaessa koivua upotusmittauksella talvella ja verrattaessa tuloksia stereometrisesti saatuihin tuloksiin. Sitä paitsi kun viime aikoina on huomattavassa määrin siirrytty sekä havu- että lehtipuiden kuorelliseen mittaukseen, kannattaa ottaa huomioon myös se mm. SMALLIN ja MONKIN (1959, s. 232) siteeraama tutkimustulos, jonka mukaan kuori supistuu pakkasen vaikutuksesta huomattavasti enemmän kuin puuaine. Näin ollen ne tulokset, joita on saatu kuoritusta puutavarasta, antavat epäilemättä ainoastaan alalikiarvoja.

Edellä esitetyn perusteella on ilmeistä, että pakkasen aiheuttamalla puuaineen supistumisella on merkitystä lähinnä mitattaessa upotusmittauksella puutavaraa talviaikaan esim. keskusmuotolukujen selvittämiseksi. Kun puukappaleen poikkipinta-alan pienenemisestä aiheutuva virhe on systemaattinen, siihen on syytä kiinnittää asianmukaista huomiota.

Käytännön kannalta ovat vähemmän merkityksellisiä satunnaiset mitausvirheet, ja yleensäkin virheet, joiden voi olettaa tasoittuvan suuressa aineistossa. Tässä tutkimuksessa tarkasteltua kiintomittausta ajatellen suurimmat virhemahdollisuudet lienevät läpimitan mittauksessa. TIRÉNIN (1929, s. 292) mukaan voidaan olettaa, että pystyissa kaulainta käytettäessä variaatiokerroin mittauksesta toiseen on 1 %:n suuruusluokkaa. Myös eri henkilöiden väliset erot lienevät pystypuita mitattaessa alle 2 %. Voi kuitenkin olettaa, että variaatiokerroin kasvaa rungon koon pienessä. Esim. HATTEMER (1965) totesi erittäin pienillä puilla, että variaatiokerroin oli n. 3,5 % keskiläpimitan ollessa 6 cm. Varsinaisesta puutavaran mittauksesta on taas NYLINDER (1972, s. 3.26) siteerannut tulosta, jonka mukaan kuitupuulla variaatiokerroin lienee kuutiomäärästä noin 1 %:n luokkaa. Erään toisen ruotsalaisen tutkimuksen mukaan sahatukeilla ero kahden eri mitauksen välillä mittajaan ollessa sama pysyy useimmilla henkilöillä 1 ... 2 %:n rajoissa (NYLINDER 1972, s. 3.27).

Kun käytännössä usein joudutaan käyttämään luokittelua sekä läpimittojen että pituuden mittauksessa, myös tästä saattaa aiheutua virheellisyksiä. Esim. olettamus, että poikkipinta-aloja mitattaessa luokan keskiarvo kerrottuna pölkkyjen lukumäärällä on sama kuin tarkkojen poikkipinta-alojen summa, pitää paikkansa ainoastaan silloin, kun poikkipinta-alojen frekvenssijakauma on tasajakauma. Sen sijaan jos jonkin pölkkyerän poikkipinta-alat ovat jakautuneet jollakin muulla tavalla, esim. noudattaen normaalijakaumaa, jossakin poikkipinta-alaluokassa havaintoja ei ole yhtä monta keskipisteen ala- kuin yläpuolella. Tästä aiheutuu vähäinen virhe, joka luonnollisesti on sitä suurempi, mitä suuremmista luokkaväleistä on kysymys. Käytännössä tämän tekijän merkitys esim. mitat-

taessa läpimitat millimetrin tai 0,5 cm:n tarkkuudella näyttää olevan vähäinen (TIRÉN 1929, s. 276). Tarvittaessa, kun tunnetaan poikkipinta-alojen frekvenssijakauma, virhe voidaan sitä paitsi korjata myös jälkikäteen kaavalla, jonka on esittänyt mm. TIRÉN (1929, s. 274).

Frekvenssijakaumasta aiheutuvan luokitteluvirheen lisäksi käytännöllisessä mittaustoiminnassa voi syntyä myös toinen luokitteluvirhe. Yleensä ei nimittäin mitata poikkipinta-aloja, vaan läpimittoja, ja tällöin aiheutuu pieni virhe siitä, että luokkakieskiarvon ulkopuolinen kehä on pinta-alaltaan suurempi kuin luokkakieskiarvon sisäpuolinen, yhtä leveä kehä. Näin ollen käytettäessä läpimitan luokkakieskiarvoa päädytään liian pieniin kuutiomääriin. Käytännössä myös tällaisen ilmiön merkitys on vähäinen. Esim. jos käytetään 0,5 cm:n luokitusta läpimittojen mittauksessa, luokkakieskiarvoltaan 16,25 cm olevassa pölkkyssä pinta-alassa syntyvä luokitusvirhe on 0,02 % (PERTOVAARA 1964, s. 19). Käytännöllisessä mittaustoiminnassa on tyydytty jopa 2 cm:n luokkaväleihin tulosten oleellisesti kärsimättä tarkempiin luokituksiin verrattuna (esim. FINNE 1966, s. 5). Selvää kuitenkin on, että tutkittaessa keskusmuotolukuja ja vastaavia ilmiöitä suuriin luokkaväleihin ei ole syytä mennä.

Edellä esitettyjen lukujen suuruusluokista voidaan arvioida, kuinka todennäköisiä erisuuret virheet ovat läpimitan ja kuutiomäärän mittaauksessa.

Tässä yhteydessä kannattaa kiinnittää huomiota myös siihen, että puutavaran mittaauksessa yleisesti käytössä oleva tarkkuusmittakaulain (mittasakset) ei ole mikään erityisen hyvä väline, vaan sen ominaisuuksien vuoksi voidaan joutua kärsimään myös systemaattisesta mittaustuloksesta. Esim. sakaroiden vähäinen poikkeama samansuuntaisuudesta voi aiheuttaa systemaattisen virheen läpimittojen mittauksessa. POPESCU-ZELETININ (1936, s. 197) tutkimuksessa on osoitettu, että sakaroiden kulman ollessa  $\alpha$  astetta pinta-alassa syntyvä virheprosentti on  $100 \tan \alpha$ . Näin ollen jos sakaroiden välinen kulma on ainoastaan yksi aste, poikkipinta-alaan syntyvä virhe on peräti 1,7 %. Vastaavasti kahden asteen suuruinen kulma aiheuttaa 3,5 %:n virheen poikkipinta-alassa jne. — Nämä luvut ovat huomattavan suuria ajateltaessa esim. keskusmuotoluvun selvittämiseen tähtäviä tutkimuksia, joten niihin on syytä kiinnittää huomiota. Parasta olisi, että mittasaksien asemasta voitaisiin käyttää parempia välineitä.

Myös toiseen mittasaksien virhemahdollisuuteen kannattaa kiinnittää huomiota. Esim. KENNEL (1959) on arvioinut, että huomattavia henkilöiden välisiä eroja voi syntyä siitä, että mittasaksia voidaan painaa kuoreen vaihtelevalla voimakkuudella saadun lukeman riippuessa oleellisesti mittaustavasta. Mainitussa tutkimuksessa oli todettavissa, että kaulainta käytettäessä eri henkilöt erosivat enemmän toisistaan kuin ympärysmittan määrityksessä. Samoin saman henkilön mitatessa puut toisen kerran erot

olivat suuremmat mittasaksia käytettäessä kuin ympärysmittanauhaa käytettäessä. Luonnollisesti näihin tuloksiin on saattanut vaikuttaa myös kuoren uurteisuus, joskin sen vaikutus pyrittiin tutkimuksessa eliminoimaan. Myös KENNELIN (1964, s. 319) kirjallisuustutkimuksessa esitetyt tulokset viittaavat siihen, että mittasaksilla tehty mittaustulos on varsin epätarkka tuloksen riippuessa mm. henkilöstä ja tulosten vaihdellessa samalla henkilöllä mittaustuloksesta toiseen.

Johtopäätöksenä edellä esitetyistä arvioinneista on todettava, että on syytä pyrkiä kehittämään mittasaksia tarkempia mittavälineitä nimenomaan varsinaisia tutkimustehtäviä varten. Kannattaa harkita esim. ympärysmittanauhan käyttöä, joskin myös sen heikkoutena on poikkipinta-alan yliarviointi kehällä olevien painumien seurauksena ja myös silloin, kun kyseessä on jokin muu konveksi poikkileikkaus kuin ympyrä (esim. LOETSCH ym. 1973, s. 92—93). Jonkinlaisen sädemittarin tarve tulee myös tässä esille.

## 5. EMPIIRISIÄ TULOKSIA

### 51. KESKUSMUOTOLUVUT

Jäljempänä olevissa taulukoissa on esitetty eri tutkimuksista saatuja empiirisiä keskusmuotolukuja. Suurin osa esitetyistä luvuista on saatu suoraan tutkimuksista, osa on taas laskettu esitettyjen tietojen perusteella. Tutkimukset ovat pääasiassa pohjoismaisia. Vanhoissa metsätalousmaissa on tosin jo varhain kiinnitetty huomiota siihen, ettei keskuskiintomitta ole tarkasti rungonosan todellinen tilavuus. Soveltamiskelpoisia tuloksia on kuitenkin varsin vaikea löytää, kun tutkimuksissa tarkastellut rungonosat ovat saattaneet olla pituudeltaan vanhaan keskieuropalaiseen tapaan 10 ... 20 m (esim. FLURY 1892, SCHIFFEL 1902). Keskusmuotoluvun sijasta useissa tutkimuksissa on ilmoitettu tarkan kiintomitan ja keskuskiintomitan ero prosentteina joko edellisestä tai jälkimmäisestä kiintomitasta. Jos prosentuaalinen ero on esitetty keskuskiintomitasta, keskusmuotoluku saadaan yksinkertaisesti lisäämällä kyseiseen prosenttilukuun 100 ja jakamalla summa 100:lla. Jos taas ero on ilmoitettu prosentteina tarkasta kiintomitasta, keskusmuotoluku saadaan kaavasta

$$(1) \quad KML = 1 + \frac{y}{100 - y},$$

jossa KML = keskusmuotoluku, ja

y = tarkan kiintomitan ja keskuskiintomitan ero prosentteina tarkasta kiintomitasta.

Taulukko 1. Tarkan kiintomitan suhde keskuskiintomittaan (= keskusmuotoluku) kuusituokeilla  
 Table 1. Ratio between accurate true solid volume and volume based on the middle diameter of spruce logs (= middle form factor)

Tutkimus — Study	Aineisto kpl Number of logs	Kuori Bark <sup>1)</sup>	Mittausmenetelmä Method used in determining exact volume <sup>2)</sup>	Sijainti rungossa Location in stems <sup>3)</sup>	Pätkien pituus Length of pieces m <sup>4)</sup>	Keskusmuoto- luku Middle form factor	Huom. Note
FINNE 1970 b (E-Suomi — South Finland) .....	280	neen	stereom.	U	1	1,014	5)
HAKKILA & RIKKONEN 1970 (E-Suomi — South Finland) ..	885	neen	stereom.	U	0,2 ... 1	1,031	6)
LAASASNAHO & SEVOLA 1972 (Koko Suomi — Whole F.)	743	neen	stereom.	B	—	1,067	7)
»	1415	neen	stereom.	U	—	1,044	8)
»	743	tta	stereom.	B	—	1,060	9)
»	1415	tta	stereom.	U	—	1,040	10)
ARCHER 1920 (Norja — Norway) .....	4800	tta	stereom.	B	1	1,022	11)
»	1200	tta	stereom.	T	1	1,002	12)
ARO & RIKKONEN 1966 (P-Suomi — North Finland) .....	384	tta	stereom.	B	—	1,03	13)
»	1365	tta	stereom.	T	—	1,00 ... 1,01	14)
»	324	tta	stereom.	B	—	1,02 ... 1,05	15)
»	3741	tta	stereom.	T	—	1,00 ... 1,02	16)
BERGESTAD 1929 (Norja — Norway) .....	3693	tta	stereom.	B	1	1,040	17)
»	1659	tta	stereom.	T	1	1,007	18)
BRANTSEG 1954 (Norja — Norway) .....	5145	tta	stereom.	U	1	1,038	19)
EIDE 1922 (Norja — Norway) .....	3286	tta	stereom.	U	1	1,039	20)
»	3892	tta	stereom.	U	1	1,029	21)
PÖNTYNEEN 1929 (E-Suomi — South Finland) .....	..	tta	stereom.	U	2	1,020	20)
»	..	tta	stereom.	U	2	1,007	21)
Vid virkesmätning ... 1923 (Ruotsi — Sweden) .....	613	tta	stereom.	B	1	0,980 ... 1,037	
»	232	tta	stereom.	T	1	0,998 ... 1,027	
HEISKANEN & RIKKONEN 1971 (P-Suomi — North F.) .....	3088	neen	upotusm.	B	—	1,033	
»	476	neen	upotusm.	T	—	1,002	
»	2934	neen	upotusm.	B	—	1,086	
»	2403	neen	upotusm.	T	—	1,048	
»	..	neen	upotusm.	U	—	1,064	22)
»	..	neen	upotusm.	U	—	1,021	23)
»	..	tta	upotusm.	U	—	1,031	24)
HEMMI 1970 (P-Suomi — North Finland) .....	258	tta	upotusm.	U	—	1,043	25)

1) neen = kuorineen — with bark, tta = kuoretta — without bark

2) stereom. = stereometric method, ksylom. = xylometer, upotusm. = hydrostatic weighing

3) B = tyvi — butt, T = muu kuin tyvi — other than butt, U = erottelemattomat — unsorted

4) stereometrissä mittauksessa — in stereometric measurement

5) tukkiluku arvioitu — number of logs estimated

6) tyvitukkeja 60 % — butt logs

7) integrointimenetelmä mittauksessa — integration method used in measurement

8) kuten edellä, tyvitukkeja 53 % — as above, 53 per cent butt logs

9) integrointimenetelmä mittauksessa — integration method used in measurement

10) kuten edellä, tyvitukkeja 53 % — as above, 53 per cent butt logs

11) tukkiluku arvioitu — number of logs estimated, tukkien pituus 4 ... 10 m — length of logs

12) kuten edellä — as above

13) graafinen menetelmä mittauksessa — graphical method used in measurement

14) kuten edellä — as above

15) kuten edellä — as above

16) kuten edellä — as above

17) tyvitukkeja 63 % — butt logs

18) tyvitukkeja 76 % — butt logs

19) tyvitukkeja 81 % — butt logs

20) aineistona tuhansia tukkeja — thousands of logs used as material

21) kuten edellä — as above

22) taulukko 17 ko. tutkimuksessa lähdeviitteen ollessa virheellinen — table 17 in the cited paper the given source being the incorrect

one

23) kuten edellä — as above

24) kuten edellä — as above

25) tyvitukkeja 85 % — butt logs

Taulukko 2. Tarkan kiintomitan suhde keskusiintomittaan (= keskusmuotoluku) kuusikuitupuulla  
 Table 2. Ratio between accurate true solid volume and volume based on the middle diameters of bolts in spruce pulpwood (= middle form factor)

Tutkimus — Study	Aineisto k-m <sup>3</sup> (solid)	Kuori (Bark <sup>1)</sup> )	Mittausmenetelmä Method used in determining exact volume <sup>2)</sup>	Sijainti rungossa <sup>3)</sup> Location in stem <sup>3)</sup>	Pölkyn pituus m Length of bolt	Keskusmuoto- Inku Middle form factor	Huom. Note
EKLUND 1948 (Ruotsi — Sweden) .....	412	neen	stereom.	U	2	1,009	4)
» .....	164	neen	stereom.	U	3	1,017	5)
MAKKONEN 1961 (P-Suomi — North Finland) .....	384	neen	stereom.	U	4	1,026	6)
» .....	497	neen	stereom.	U	6	1,029	7)
FINNE 1970 a (P-Suomi — North Finland) .....	83	neen	stereom.	U	3...6	1,035	8)
EKLUND 1948 (Ruotsi — Sweden) .....	371	tta	stereom.	U	2	1,010	9)
» .....	147	tta	stereom.	U	3	1,017	10)
» .....	116	tta	stereom.	U	2	1,010	11)
PERTOVAARA 1964 (P-Suomi — North Finland) .....	263	tta	stereom.	U	2	1,003	12)
» .....	45	tta	stereom.	T	2	1,002	13)
» .....	210	tta	stereom.	U	3	1,027	14)
» .....	20	tta	stereom.	T	3	1,007	15)
» .....	357	tta	stereom.	U	4,5	1,026	16)
» .....	34	tta	stereom.	T	4,5	1,016	17)
KARLSSON 1971 (Ruotsi — Sweden) .....	74	neen	ksylom.	U	3	0,998	18)
ARO 1958 (P-Suomi — North Finland) .....	42	neen	ksylom.	U	2	1,001	19)
» .....	37	tta	ksylom.	U	2	1,003	19)
EKLUND 1953 (Ruotsi — Sweden) .....	116	tta	ksylom.	U	2	0,990	19)
FINNE 1970 a (P-Suomi — North Finland) .....	64	neen	upotusm.	U	3...7	0,998	20)

1) neen = kuorineen — with bark, tta = kuoretta — without bark

2) stereom. = stereometric method, ksylom. = xylometer, upotusm. = hydrostatic weighing

3) T = muu kuin tyvi — other than butt, U = erottelemattomat — unsorted

4) Simpsonin kaava — Simpson's rule

5) kuten edellä — as above

6) Simpsonin kaava — Simpson's rule, TUOVISEN (1948) aineisto — material of TUOVINEN (1948)

7) kuten edellä — as above

8) luultavasti kuorineen — probably with bark, 1 m pätkät mittauksessa — exact volume in 1 m sections, lähde: KAKKO 1970

— source

9) Simpsonin kaava — Simpson's rule

10) kuten edellä — as above

11) sama aineisto kuin tässä taulukossa EKLUND 1953 ksylometrimitoituksena — same material as EKLUND 1953 in this table measured with a xylometer

12) Simpsonin kaava — Simpson's rule, PERTOVAARA 1964 sisältää myös PERTOVAARA 1960:n tulokset — PERTOVAARA 1964 included also the results of PERTOVAARA 1960

13) kuten edellä — as above

14) kuten edellä — as above

15) kuten edellä — as above

16) kuten edellä — as above

17) kuten edellä — as above

18) läpimittaluokat 10...19 cm — diameter classes

19) kuten edellä — as above

20) luultavasti kuorineen — probably with bark

Edellisten lisäksi HEISKANEN (1973) on esittänyt pinokohaisia tuloksia, jolloin keskusmuotoluku on kuusikuitupuussa vaihdellut 1,001 ja 1,046 välillä. Kun kukin pino perustuu ainoastaan 1...3 k-m<sup>3</sup> aineistoon (HEISKANEN 1972, liite 1), näitä lukuja ei ole esitetty. Koko aineiston keskiarvomuuotolukuja ei liene vielä julkaistu.



Taulukko 3. Tarkan kiintomitan suhde keskustiintomittaan (= keskusmuotoluku) mäntytukeilla  
 Table 3. Ratio between accurate true solid volume and volume based on the middle diameter of pine logs (= middle form factor)

Tutkimus — Study	Aineisto kpl Number of logs	Kuori Bark <sup>1)</sup>	Mittausmenetelmä Method used in determining exact volume <sup>2)</sup>	Sijainti rungossa Location in stem <sup>3)</sup>	Pätkien pituus m <sup>4)</sup> Length of pieces	Keskusmuoto- Middle form luku factor	Huom. Note
FINNE 1970 b (E-Suomi — South Finland) .....	190	neen	stereom.	U	1	1,032	5)
FINNE 1970 a (P-Suomi — North Finland) .....	..	neen	stereom.	U	1	1,043	6)
LAASENAHO & SEVOLA 1972 (Koko Suomi — Whole F.) .....	1196	neen	stereom.	B	—	1,092	7)
» » » .....	2409	neen	stereom.	U	—	1,059	8)
» » » .....	1196	tta	stereom.	B	—	1,057	9)
» » » .....	2409	tta	stereom.	U	—	1,037	10)
ARCHER 1920 (Norja — Norway) .....	2000	tta	stereom.	B	1	1,023	11)
ARO & RIKKONEN 1966 (P-Suomi — North Finland) .....	363	tta	stereom.	B	—	1,00...1,05	12)
» » » .....	2105	tta	stereom.	T	—	0,99...1,00	13)
» » » (E-Suomi — South Finland) .....	382	tta	stereom.	B	—	1,01...1,05	14)
» » » .....	3614	tta	stereom.	T	—	0,99...1,01	15)
BERGESTAD 1929 (Norja — Norway) .....	570	tta	stereom.	B	1	1,035	16)
» » » .....	256	tta	stereom.	T	1	1,007	17)
EIDE 1922 (Norja — Norway) .....	1092	tta	stereom.	U	1	1,025	18)
PÖNTYEN 1929 (E-Suomi — South Finland) .....	..	tta	stereom.	U	2	1,016	19)
» » » (P-Suomi — North Finland) .....	..	tta	stereom.	U	2	1,015	20)
Vid virkesmätning ... 1923 (Ruotsi — Sweden) .....	591	tta	stereom.	B	1	0,964...1,074	21)
» » » .....	333	tta	stereom.	T	1	0,998...1,027	22)
HEISKANEN & RIKKONEN 1971 (P-Suomi — North Finland) .....	3120	neen	upotusm.	B	—	1,061	23)
» » » .....	2268	neen	upotusm.	T	—	1,026	
» » » (E-Suomi — South Finland) .....	2311	neen	upotusm.	B	—	1,083	
» » » .....	2837	neen	upotusm.	T	—	1,047	
» » » .....	..	neen	upotusm.	U	—	1,069	
» » » .....	..	neen	upotusm.	U	—	1,044	
» » » .....	..	neen	upotusm.	U	—	1,035	
HEMMI 1970 (P-Suomi — North Finland) .....	542	tta	upotusm.	U	—	1,032	
FINNE 1970 a (P-Suomi — North Finland) .....	..	tta	upotusm.	U	—	1,036	

1) neen = kuorineen — with bark, tta = kuoretta — without bark

2) stereom. = stereometric method, ksylom. = xylometer, upotusm. = hydrostatic weighing

3) B = tyvi — butt, T = muu kuin tyvi — other than butt, U = erottelemattomat — unsorted

4) stereometrisessa mittauksessa — in stereometric measurement

5) tukkiluku arvioitu — number of logs estimated

6) aineisto 94 k-m<sup>3</sup> — material 94 m<sup>3</sup> (solid), aineisto: KAKKO 1970 — source

7) integrointimenetelmä mittauksessa — integration method used in measurement

8) kuten edellä, tyvitukkeja 50 % — as above, 50 per cent butt logs

9) integrointimenetelmä mittauksessa — integration method used in measurement

10) kuten edellä, tyvitukkeja 50 % — as above, 50 per cent butt logs

11) tukkiluku arvioitu — number of logs estimated, tukkien pituus 4...10 m — length of logs

12) graafinen menetelmä mittauksessa — graphical method used in measurement

13) kuten edellä — as above

14) kuten edellä — as above

15) kuten edellä — as above

16) tyvitukkeja 88 % — butt logs

17) aineistona tuhansia tukkeja — thousands of logs used as material

18) kuten edellä — as above

19) ks. taulukko 1, huomautus 22 — see table 1, note 22

20) kuten edellä — as above

21) kuten edellä — as above

22) tyvitukkeja 76 % — butt logs, eräs epävarma erä jätetty pois — an uncertain lot excluded

23) aineisto 149 k-m<sup>3</sup> — material 149 m<sup>3</sup> (solid)

Taulukko 4. Tarkan kiintomitan suhde keskuskiintomittaan (= keskusmuotoluku) mäntykuitupuulla  
 Table 4. Ratio between accurate true solid volume and volume based on the middle diameters of bolts in pine pulpwood (= middle form factor)

Tutkimus — Study	Aineisto k-m <sup>3</sup> Material m <sup>3</sup> (solid)	Kuori Bark <sup>1)</sup>	Mittausmenetelmä Method used in determining exact volume <sup>2)</sup>	Sijainti rungossa Location in stem <sup>3)</sup>	Pölkyn pituus m Length of bolt	Keskusmuoto- luku Middle form factor	Huom. Note
EKLUND 1948 (Ruotsi — Sweden) .....	41	neen	stereom.	U	2	1,012	4)
» .....	93	neet	stereom.	U	3	1,018	5)
MAKKONEN 1961 (P-Suomi — North Finland) .....	256	neen	stereom.	U	4	1,032	6)
» .....	400	neen	stereom.	U	6	1,050	7)
FINNE 1970 a (P-Suomi — North Finland) .....	70	neen	stereom.	U	3...6	1,017	8)
EKLUND 1948 (Ruotsi — Sweden) .....	36	tta	stereom.	U	2	1,012	9)
» .....	81	tta	stereom.	U	3	1,013	10)
PERTOVAARA 1964 (P-Suomi — North Finland) .....	127	tta	stereom.	U	2	0,998	11)
» .....	132	tta	stereom.	T	2	1,007	12)
» .....	637	tta	stereom.	U	4	1,014	13)
» .....	86	tta	stereom.	T	4	1,004	14)
MAKKONEN 1959 (P-Suomi — North Finland) .....	21	tta	stereom.	U	2	1,015	15)
» .....	21	tta	stereom.	U, T	2	1,016	16)
» .....	18	tta	stereom.	T	2	0,991	17)
KARLSSON 1971 (Ruotsi — Sweden) .....	54	neen	ksylom.	U	3	1,006	18)
ARO 1958 (P-Suomi — North Finland) .....	28	neen	ksylom.	U	2	1,007	19)
» .....	24	tta	ksylom.	U	2	1,006	19)
FINNE 1970 a (P-Suomi — North Finland) .....	29	neen	upotusm.	U	3...7	1,003	20)

1) neen = kuorineen — with bark, tta = kuoretta — without bark

2) stereom. = stereometric method, ksylom. = xylometer, upotusm. = hydrostatic weighing

3) T = muu kuin tyvi — other than butt, U = erottelemattomat — unsorted

4) Simpsonin kaava — Simpson's rule

5) kuten edellä — as above

6) Simpsonin kaava — Simpson's rule, TUOVISEN (1948) aineisto — material of TUOVINEN (1948)

7) kuten edellä — as above

8) luultavasti kuorineen — probably with bark, 1 m pätkät mittauksessa — exact volume in 1 m sections, lähde: KAKKO 1970 — source

9) Simpsonin kaava — Simpson's rule

10) kuten edellä — as above

11) Simpsonin kaava — Simpson's rule

12) kuten edellä — as above

13) kuten edellä — as above

14) kuten edellä — as above

15) Simpsonin kaava — Simpson's rule, luultavasti kuoretta — probably without bark

16) kuten edellä — as above

17) kuten edellä — as above

18) läpimittaluokat 10...19 cm — diameter classes

19) kuten edellä — as above

20) luultavasti kuorineen — probably with bark

Taulukko 5. Tarkan kiintomitan suhde keskuskiintomittaan (= keskusmuotoluku) lehtipuutukeilla  
 Table 5. Ratio between accurate true solid volume and volume based on the middle diameter of hardwood logs (= middle form factor)

Tutkimus — Study	Aineisto kpl Number of logs	Kuori Bark <sup>2)</sup>	Mittausmenetelmä Method used in determining exact volume <sup>3)</sup>	Sijainti rungossa Location in stem <sup>4)</sup>	Pätien pituus m <sup>4)</sup> Length of pieces	Keskusmuoto- luku Middle form factor	Huom. Note
NISULA 1967 b (E-Suomi — South Finland) .....	6921	neen	stereom.	U	—	1,021	5)
FINNE 1970 b (E-Suomi — South Finland) .....	30	neen	stereom.	U	1	1,043	6)
FINNE 1973 » .....	920	neen	stereom.	U	1...2	1,030	7)
RIKKONEN 1972 (E-Suomi — South Finland) .....	2594	neen	stereom.	U	0,5...1	1,039	8)
» .....	1530	neen	stereom.	B	0,5...1	1,057	9)
BØRSET 1952 (Norja — Norway) .....	1482	neen	stereom.	U	1	1,030	10)
» .....	1482	tta	stereom.	U	1	1,025	11)

1) neen = kuorineen — with bark, tta = kuoretta — without bark

2) stereom. — stereometric method

3) B = tyvi — butt, U = erottelemattomat — unsorted

4) stereometrisessa mittauksessa — in stereometric measurement

5) koivu — birch, kuutioitu Simpsonin kaavalla, joka tutkimuksessa antoi likimain saman tuloksen kuin 1,2 m pätkissä kuu-  
 tioiminen — exact volume obtained by Simpson's rule which in this case gave about the same results as using pieces of 1,2 m  
 length

6) koivu — birch, tukkiluku arvioitu — number of logs estimated

7) koivu — birch

8) koivu — birch, tyvitukkeja 59 % — butt logs

9) koivu — birch, tukkiluku arvioitu — number of logs estimated

10) haapa — aspen, tyvitukkeja 72 % — butt logs

11) kuten edellä, sama aineisto — as above, the same material

Taulukko 6. Tarkan kiintomitan suhde keskuskiintomittaan (= keskusmuotoluku) koivukuitupuulla<sup>1)</sup>

Table 6. Ratio between accurate true solid volume and volume based on the middle diameters of bolts in birch pulpwood (= middle form factor)<sup>1)</sup>

Tutkimus — Study	Aineisto k-m <sup>3</sup> Material m <sup>3</sup> (solid)	Kuori Bark <sup>2)</sup>	Mittausmenetelmä Method used in determining exact volume <sup>3)</sup>	Sijainti rungossa Location in stem <sup>4)</sup>	Pölkyn pituus m Length of bolt	Keskusmuoto- luku Middle form factor	Huom. Note
MAKKONEN 1960 (E-Suomi — South Finland) .....	80	neen	stereom.	U	2,4	1,025	5)
» .....	90	neen	stereom.	U	2,4	1,023	6)
» .....	40	neen	stereom.	T	2	1,004	7)
» .....	40	neen	stereom.	T	2	1,004	8)
NISULA 1967 a (E-Suomi — South Finland) .....	28	neen	stereom.	U	2,2	1,020	9)
» .....	28	neen	stereom.	U	2,2	1,014	10)
» .....	28	neen	ksylom.	U	2,2	1,000	11)
KARSSON 1971 (Ruotsi — Sweden) .....	76	neen	ksylom.	U	3	1,001	

1) koivun lisäksi pieniä määriä muita lehtipuita — birch can include small amounts other hardwoods

2) neen = kuorineen — with bark

3) stereom. = stereometric method, ksylom. = xylometer

4) T = muu kuin tyvi — other than butt, U = erottelemattomat — unsorted

5) Simpsonin kaava — Simpson's rule, aineiston määrä arvioitu — volume of material estimated

6) kuten edellä — as above

7) kuten edellä — as above

8) kuten edellä — as above

9) Simpsonin kaava — Simpson's rule, aineiston määrä arvioitu — amount of material estimated

10) graafinen menetelmä mittauksessa — graphical method used in measurement, sama aineisto kuin edellä — the same material as above

11) sama aineisto kuin edellä — the same material as above

Kunkin tutkimustuloksen yhteydessä on pyritty mainitsemaan tärkeimmät tulokseen vaikuttavat tiedot.<sup>1)</sup> Näin ollen on ilmoitettu mm. puutavaralajin pituus, sen kuorinta-aste, onko kysymyksessä kuitupuu vai tukkipuu (mikä indikoi mm. läpimittaa ja sijaintia rungolla), sekä ennen kaikkea se, millä tavalla tarkka kiintomitta on määritetty. Kuten aikaisemmin on todettu (s. 58), pätkittäinen kuutiointi aiheuttaa tarkan kiintomittan aliarvioimisen. Milloin stereometrinen mittausta on tehty käyttäen NEWTONIN kaavaa, kaikissa tapauksissa on kyseessä tyvi-, keskus- ja latvaläpimitan mittaamiseen perustuva versio.

On myös aiheellista korostaa, että varsin suuressa määrin keskusmuotoluvut ovat aikaan ja paikkaan sidottuja — esimerkiksi kuitupuun keskusmuotolukuihin vaikuttaa huomattavasti se, onko kysymyksessä kokonaisista rungoista tehty puutavara vai latvuspuutavara jne.

Vastaavanlaisia kirjallisuudesta poimittuja tuloksia ovat aikaisemmin esittäneet HEISKANEN ja RIKKONEN (1971, s. 40) sekä NIKKILÄ ja HEISKANEN (1972). Havaitut virheellisyydet on pyritty tässä yhteydessä korjaamaan.

Yleistämiskelpoisuuden arvioimiseksi kustakin tutkimuksesta on pyritty esittämään myös mitatun aineiston määrä. Kun tukit on yleensä mitattu yksin kappalein ja kuitupuu suurempina erinä, aineiston laajuuden indikaattorina on käytetty tukeilla kappalemäärää ja kuitupuulla kiintokuutiomäärää.

## 52. KESKUSMUOTOLUKUJEN TARKASTELUA

Kuten edellä on todettu, johtopäätösten tekeminen eri tutkimustulosten perusteella on varsin uskallettua lukuisten kontrolloimattomien tekijöiden vuoksi. Eräitä yleishavaintoja voidaan kuitenkin esittää edellä olevien taulukkojen perusteella.

Kuoren vaikutus näyttää olevan suurimmillaan mäntytuokeissa. Yhdenmukaisten tutkimustulosten mukaan keskusmuotoluku on huomattavasti suurempi kuorellisissa mäntytuokeissa kuin kuorettomissa. Myös kuusi-  
tuokeissa vastaava ero on nähtävissä, joskaan ei niin selvänä kuin männyllä. Tällaiseen ilmiöön on epäilemättä syynä männyn kaarna, joka voi tyvi-  
tuokeissa kasvaa huomattavan paksuksi. Kuitupuuta koskevissa tutkimuk-  
sissa huomattavia eroja ei ole saatu kuorittujen ja kuorimattomien pölk-  
kyjen välillä. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että perinteellinen kuitupuu on  
tehty valtaosaltaan nuorista puista ja toisaalta vanhojen runkojen latva-

<sup>1)</sup> Kaikissa tutkimuksissa ei ole selkeästi ilmoitettu, mistä luvusta prosentuaalinen ero on laskettu. Käytännössä väärinkäsityksestä syntyvä virhe on vähäinen. Esim. jos ero on 3 % keskuskiintomitasta, oikea keskusmuotoluku on 1,0300 ja kaavalla (1) laskettuna 1,0309.

osista, jolloin kaarnanmuodostusta ei ole esiintynyt edes männyllä. Näin ollen sopii olettaa, että mäntytukkeja lukuunottamatta voidaan useisiin tarkoituksiin käyttää samoja keskusmuotolukuja sekä kuorellisille että kuorettomille pölkyille.

Aikaisemmin on jo mainittu (s. 60), että toisinaan ksylometrikuutio on saatu suuremmaksi kuin stereometrinen kuutio ja toisinaan taas päinvas-  
toin. Myöskään edellä esitetyt tutkimustulokset eivät anna yksiselitteistä  
vastausta kysymykseen näiden mittausten menetelmien suhteista. Jossakin  
määrin on tosin nähtävissä, että ksylometrimittauksella tai upotusmittauk-  
sella on saatu suurempia keskusmuotolukuja kuin perinteellisellä stereomet-  
risellä mittauksella. Toisaalta on myös esimerkkejä, jolloin stereometrisin  
menetelmin on saatu huomattavan korkeita keskusmuotolukuja, esim. LAA-  
SASENAHON ja SEVOLAN (1972) tutkimuksessa. — Tämä tutkimus edustaa  
tapausta, jolloin on vältetty pätkittäisen kuutiointin aiheuttama tilavuu-  
den aliarviointi, mutta jossa ei ole otettu huomioon, että ympyrä on suurin  
orbiformi ja näin ollen läpimitan käyttäminen ilmeisesti aiheuttaa lievää  
tarkan kuutiomäärän yliarviointia.

Erityisesti tukkeja koskevista taulukoista on havaittavissa, että van-  
hoissa tutkimuksissa on yleensä saatu pienempiä keskusmuotolukuja kuin  
uusissa. Eräänä selitysmahdollisuutena kieltämättä on se, että erityisesti  
upotusmittausta on alettu käyttää vasta viime vuosikymmeninä. Kuten  
edellä on todettu, olettaa kuitenkin sopii, ettei tällä ole ratkaisevaa merki-  
tystä. Luonnollisemmalta tuntuu sen sijaan selitys, että vuosisadan alku-  
vuosikymmeninä tukkien laatuvaatimukset olivat ankarammat, jonka vuoksi  
aineistoihin ei sisällynyt esim. voimakkaasti kapenevia ja vastaavasti ok-  
saisia tukkeja. Samoin voidaan olettaa, että kannon korkeus on alentunut,  
jonka vuoksi tyvipaisuman merkitys on nykyisin suurempi kuin aikaisem-  
min. Edelleen voidaan olettaa, että aikaisemmin käytetystä suuremmasta  
minimiläpimitasta johtuen aikaisempien tutkimusten latvatukit ovat enem-  
män olleet nykyisten välitukkien kaltaisia. Kun välitukkien keskusmuoto-  
luku on tunnetusti pieni, kuten esim. LAASASENAHON ja SEVOLAN (1972,  
s. 12) tulokset osoittavat, keskusmuotoluvun lisääntyminen ajan mukana  
on varsin ymmärrettävää.

Edellä esitettyjen selitysten vastaisesti voidaan toisaalta olettaa ja eräissä  
tapauksissa jopa osoittaa, että tukkien järeyden on jatkuvasti alentunut.  
Kun lukuisissa tutkimuksissa on todettu, että latvaläpimitan kasvaessa  
keskusmuotoluku lisääntyy (esim. Vid. virkesmätning . . . 1923, s. 31, ARO  
ja RIKKONEN 1966, s. 47), voisi olettaa, että järeyden aleneminen näkyy  
vastaavana keskusmuotoluvun alenemisena. Kun keskusmuotoluku on ajan  
mittaan mielumminkin lisääntynyt kuin alentunut, laatuvaatimusten mer-  
kityksen voi olettaa olevan huomattava. Toisaalta lienee myös niin, että  
latvaläpimita indikoi käytännössä ennen kaikkea tukin sijaintia rungossa.



Näin ollen jos keskusmuotolukuja esitetään pelkästään latvaläpimitan funktiona, latvaläpimitalla kuvataan järeyden lisäksi myös tukin sijaintia rungossa. Yleensä on tosin saatu tuloksia, että myös tyvitukkien, välitukkien ja latvatukkien erottamisen jälkeen latvaläpimita korreloi positiivisesti keskusmuotoluvun kanssa havutukeilla (esim. Vid virkesmätning . . . 1923, ARO ja RIKKONEN 1966), joskin on myös tuloksia, joissa tällaista ilmiötä ei ole voitu havaita (esim. LAASASENAHO ja SEVOLA 1972, s. 14). — Korostettakoon, että yleisen käsityksen mukaan läpimita ei korreloi lehti-puutukeilla keskusmuotoluvun kanssa kuten havupuutukeilla. Tällaisen tuloksen ovat saaneet esim. BØRSET (1952, s. 366) ja FINNE (1973, s. 6). Myös RIKKOSEN (1973, s. 4) mukaan keskusmuotoluvun riippuvuus koivun tyvitukkien läpimitasta on vähäinen. Sen sijaan jos tarkastellaan kokonaisia tukkieriä, jolloin läpimita indikoi myös tukin sijaintia rungossa, läpimitalla ja keskusmuotoluvulla näyttää koivullakin olevan varsin selvä positiivinen korrelaatio.

### 53. TYVI- ja LATVALÄPIMITAN KESKIARVOON PERUSTUVAT MUOTOLUVUT

Järeässä puutavarassa, joka tavallisesti mitataan yksin kappalein, keskusläpimita on lähes yhtä helposti selvitettävissä kuin tyvi- tai latvaläpimita. Sen sijaan kuitupuun kiintomittaa selvitettäessä joudutaan usein tarkastelemaan pinossa olevaa puutavaraa, ja tällöin keskusläpimitan määrittäminen kustakin pölkystä on vaikeaa. Tyvi- ja latvaläpimitan selvittäminen käy sen sijaan helposti päinsä myös pinosta. Näin ollen pyrittäessä kuitupuutavaran tarkkaan kiintomittaan joudutaan usein tarkastelemaan muotolukuja, jotka perustuvat tyvi- ja latvaläpimitan tavallisimmin aritmeettiseen keskiarvoon.

Jos kuitupuupölkky on muodoltaan kartio tai sylinteri, tyvi- ja latvaläpimitan aritmeettinen keskiarvo on sama kuin keskusläpimita. Rungon eri osia ajatellen näin saattaa likimäärin olla lähinnä rungon keskiosassa.

Keskimääräisiä kuitupuueriä ajatellen näin ei kuitenkaan yleensä ole asian laita, kuten jo VUORISTO (1936, s. 16) erään tehdasvarastomittauksen tuloksena totesi. Kyseisessä tutkimuksessa keskimääräinen keskusläpimita oli 13,24 cm ja molemmista päistä mitattujen läpimittojen keskiarvo koko aineistossa 13,43 cm. Myös muissa tutkimuksissa on yleensä päädytty vastaavaan tulokseen, jolloin siis keskusläpimita on keskimäärin ollut pienempi kuin tyvi- ja latvaläpimittojen keskiarvoon perustuva läpimita. Latvustavaran ollessa kyseessä voi olettaa, että keskusläpimita on suurempi kuin tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvo.

Edellä olevasta voidaan päätellä, että sekatavaran ollessa kyseessä tyvi- ja latvaläpimittojen keskiarvoon perustuvat muotoluvut ovat pienempiä

kuin keskusmuotoluvut. Itse asiassa yleinen käsitys on, että tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoa kuutioidinnissa käytettäessä saadaan keskimäärin liian suuria kuutiomääriä (esim. MAKKONEN 1961, s. 2). Tämä merkitsee myös sitä, että tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvat muotoluvut ovat suuruudeltaan alle 1, toisin kuin keskusmuotoluvut yleensä.

Väärinkäsityksien välttämiseksi on vielä syytä korostaa, että tarkan kiintomitan suhde tyviläpimittaa vastaavan sylinterin ja latvaläpimittaa vastaavan sylinterin keskiarvoon (eli tyvi- ja latvakuution keskiarvoon) on kolmas, edellisistä poikkeava suure. Tämä suhdeluku vastaa kylki-tiheyttä ja liittyy läheisesti pinomittauksen teoriaan. Tässä yhteydessä siihen ei puututa.

Taulukkoon 7 on koottu eri tutkimuksista saatuja muotolukuja, jotka osoittavat tarkan kiintomitan ja tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvan kiintomitan suhteen. Kuten edellä on todettu, nämä muotoluvut ovat yleensä suuruudeltaan alle 1. Vain kahdessa tutkimuksessa on saatu yli 1 olevia tuloksia, joista ainakin toisen selityksenä on se, että aineistona on latvatavara. Kaikki taulukossa 7 esitetyt tulokset koskevat kuitupuuta. Tukeista ja muista pitkistä puutavaralajeista vastaavia tutkimuksia ei ole juuri tehty.

Taulukko 7. Tarkan kiintomitan suhde tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvaan kiintomittaan (= muotoluku) eräissä kuitupuulajeissa

Table 7. Ratio between accurate true solid volume and volume based on the arithmetic mean of butt and top diameters of bolts (= form factor) in some pulpwoods

Tutkimus — Study	Aineisto k-m <sup>3</sup> (solid) Material m <sup>3</sup>	Kuori (Bark <sup>1)</sup> )	Mittausmenetelmä determining exact volume <sup>2)</sup>	Sijainti rungossa Location in stem <sup>3)</sup>	Pölkyn pituus m Length of bolt	Muotoluku Form factor	Huom. Note
MAKKONEN 1961 (P-Suomi — North Finland) .....	384	neen	stereom.	U	4	0,988	4)
» » .....	497	neen	stereom.	U	6	1,018	5)
» » .....	256	neen	stereom.	U	4	0,978	6)
» » .....	400	neen	stereom.	U	6	0,978	7)
MAKKONEN 1959 (P-Suomi — North Finland) .....	21	tta	stereom.	U	2	0,990	8)
» » .....	21	tta	stereom.	U, T	2	0,997	9)
» » .....	18	tta	stereom.	T	2	1,020	10)
MAKKONEN 1958 (E-Suomi — South Finland) .....	16	neen	ksylom.	U	2	0,964	11)
» » .....	21	tta	ksylom.	U	2	0,950	12)
» » .....	14	tta	ksylom.	U	2	0,984	13)
HEMMI 1972 (P-Suomi — North Finland) .....	71	neen	upotusm.	U	3	0,990	14)
» » .....	213	neen	upotusm.	U	2...3	0,997	15)
» » .....	93	tta	upotusm.	U	2...3	0,966	16)
» » .....	119	tta	upotusm.	U	2	0,940	17)

1) neen = kuorineen — with bark, tta = kuoretta — without bark

2) stereom. — stereometric method, ksylom. — xylometer, upotusm. — hydrostatic weighing

3) B = tyvi — butt, T = muu kuin tyvi — other than butt, U = erottelemattomat — unsorted

4) kuusi — spruce, Simpsonin kaava — Simpson's rule, TUOVISEN (1948) aineisto — material of TUOVINEN (1948)

5) kuusi — spruce, Simpsonin kaava — Simpson's rule, aineisto kuten edellä — material as above

6) mänty — pine, Simpsonin kaava — Simpson's rule, aineisto kuten edellä — material as above

7) mänty — pine, Simpsonin kaava — Simpson's rule, aineisto kuten edellä — material as above

8) mänty — pine, Simpsonin kaava — Simpson's rule, luultavasti kuoretta — probably without bark

9) mänty — pine, Simpsonin kaava — Simpson's rule, luultavasti kuoretta — probably without bark

10) mänty — pine, Simpsonin kaava — Simpson's rule, luultavasti kuoretta — probably without bark

11) koivu — birch, sama tulos myös MAKKONEN (1957) — same result also in MAKKONEN (1957)

12) koivu — birch, sama tulos myös MAKKONEN (1957) — same result also in MAKKONEN (1957)

13) kuusi — spruce, läpimitta 5...7 cm — diameter 5...7 cm

14) kuusi — spruce

15) mänty — pine

16) mänty — pine

17) kuusi — spruce

## 6. ERÄITÄ JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Tässä yhteydessä ei ryhdytä toistamaan aikaisemmin tehtyjä johtopäätöksiä keskusmuotoluvun teoreettisista perusteista ja erityisesti eräistä virhelähteistä. Eräitä näkökohtia kannattaa kuitenkin ottaa esille niiden suuren käytännöllisen merkityksen vuoksi.

Kuten aikaisemmin on todettu, pyrittäessä tarkkaan stereometriseen kiintomittaan yleisesti käytetty pätkittäinen kuutiointi antaa liian pieniä tuloksia. Tämä näkyy yksinkertaisesti jo lyhyidenkin puutavaralajien keskusmuotoluvuista, jotka ovat yleensä yli 1. Kun lyhyet puutavaralajit on yleensä tehty pienikokoisista rungoista tai suurten runkojen latvaosista, voidaan olettaa, että todellisuudessa pätkittäisestä kuutiointista kuutiomääriin aiheutuva virhe saattaa olla jopa 1 ... 2 %:n suuruusluokkaa. Tällaisiin arvoihin viittasivat myös eräät aiemmin siteeratut tutkimustulokset. Pelkästään stereometristä tarkkaa kiintomittaa ajatellen olisi siis suotavaa, että esim. ILVESSALON taulukoissa (1947) ja TIHOSEN uusissa kiintomittataulukoissa (1972 a, b) tehtäisiin pieni lisäys niissä olevan systemaattisen virheen poistamiseksi, erityisesti suurilla puilla.

Toisaalta on edellä voitu osoittaa, että stereometrisissä mittauksissa tähän saakka käytetty läpimitan mittausta ei välttämättä anna tyydyttävän tarkkoja tuloksia. Erityisesti huomiota kiinnitettiin siihen, että ympyrä on suurin orbiformi, ja näin ollen määritettäessä poikkileikkauksen pinta-ala läpimitan perusteella päädytään pinta-alan yliarviointiin. Myös kehän painumat vaikuttavat samansuuntaisen virheen syntymiseen. Edelleen vaihtelevan läpimitan ollessa kyseessä ja mitattaessa läpimitta satunnaisessa suunnassa saadaan samanlainen yliarviointi konveksien tasokuvioiden ollessa kyseessä. Ainoastaan silloin, kun poikkileikkauksen läpimitoista etsitään minimi ja/tai maksimi sekä mitataan toinen kohtisuoraan edellistä vasten oleva läpimitta, ja määritetään pinta-ala läpimittojen keskiarvoon perustuen, voidaan päätyä myös liian pieneen tulokseen. Yleisesti ottaen kuitenkin lieenee niin, että tavallisimmin epäpyöreystä johtuen päädytään poikkipinta-alan yliarviointiin.

Käytännön kannalta mielenkiintoinen kysymys on tällöin, kompensoivatko edellä esitetyt virheet toisensa. Toisin sanoen, riittääkö orbiformivirheen, kehän painumien jne. aiheuttama yliarviointi eliminoimaan pätkittäiseen kuutiointiin liittyvän aliarvioinnin. Jos näin olisi, aiemmin mainittua korjausta systemaattisen virheen poistamiseksi ei tarvitsisi tehdä ja eräissä muissa tapauksissa voitaisiin tyytyä käyttämään keskuskiintomittaa tarkkana kiintomittana.

Aiemmin esitetyt tukkeja koskevat tutkimustulokset viittaavat siihen, että ainakin järeän, pitkän puutavaran ollessa kyseessä ei missään tapauksessa voida päästä edellä esitettyyn virheiden eliminoitumiseen. Tämä

näkyy mm. siitä, että ksylometri- tai upotusmittauskuution ollessa kyseessä on päädytty varsin suuriin keskusmuotolukuihin.

Kuitupuuta koskevat tulokset antavat jossakin määrin erilaisen kuvan. Näyttää siltä, että eräissä tapauksissa virheet ovat todellakin voineet kompensoida toisensa lähes täysin. On mm. tuloksia, jolloin ksylometri- tai upotusmittaukseen perustuva keskusmuotoluku on saatu alle 1 suuruiseksi. Esim. EKLUNDilla (1953), FINNELLÄ (1970 a) ja KARLSSONILLA (1971) on tällainen tulos kuusikuitupuuta koskevilla tutkimuksissa. Osittain tämä virheiden eliminoituminen epäilemättä johtuu kuitupuun lyhyyydestä. Voi kuitenkin olettaa, että tärkeämpi tekijä on se, että kuitupuu tehdään yleensä pienistä rungoista tai suurten runkojen latvaosista, jolloin keskusmuotoluku on alhainen. Näin ollen ei vaikuta lainkaan todennäköiseltä, että järeiden runkojen ja myös tyvikappaleiden kuulussa tutkimusaineistoon voitaisiin päätyä tulokseen, että pätkittäisen kuutiointin aiheuttama virhe kompensoituisi muilla, toisen suuntaisilla virheillä. Tähän viittaa mm. aikaisemmin käsitelty tyvipaisuman merkitys tärkeimpänä keskusmuotolukuun vaikuttavana tekijänä.

Valitettavasti tällä hetkellä ei ole käytettävissä kotimaisia tutkimuksia, jotka osoittaisivat, kuinka suuri systemaattinen virhe todellisuudessa syntyy pätkittäisen kuutiointin seurauksena kokonaisuun runkoihin ja järeisiin puutavaralajeihin. Saattaa olla, että MICHAILOFFIN (1944) läpimitatutkimuksien perusteella arvioitu 1 ... 2 %:n korjaustarve on liian suuri — kuinka paljon, on mahdotonta sanoa. Ilmeistä kuitenkin on, että tämä systemaattinen virhe on sitä suuruusluokkaa, että sen selvittämiseen on aiheellista ryhtyä.

## KIRJALLISUUTTA

- AHONEN, L. 1964. Menetelmiä nipun puutilavuuden mittaamiseksi. Summary: A method for measuring volume of a timber bundle. Pienpuualan Toimik. Julk. 161.
- ALTHERR, E. 1960. Die Genauigkeit verschiedener Verfahren der Sektionierung in absoluten und relativen Schaftlängen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 131 (10): 226—237.
- ARCHER, E. 1920. Om tømmerets form i Glommens og Drammens vassdrag. Summary: On the form of timber, cut in the forest areas of the Glommen and Drammen districts. Medd. Norske Skogforsøksv. 1: 57—122, 2: 76—80.
- ARO, P. 1931. Tavallisimpien suomalaisten pinopuutavarain pinotiheys. Zusammenfassung: Über den Festgehalt der wichtigsten finnischen Schichtholzsortimente. Commun. Inst. For. Fenn. 14.5.
- » — 1958. Pohjois-Suomen 2 m kuusi- ja mäntypaperipuiden pinotiheydestä, kuorimishäviöstä ja kuutiosuhteista. Zusammenfassung: Über den Festgehalt der Stösse, den Entrindungsverlust und die Kubikmassenverhältnisse von 2 m Fichten- und Kiefernzellstoffholz aus Nordfinnland. Commun. Inst. For. Fenn. 50.8.
- » — & RIKKONEN, P. 1966. Havusahatukkien latvamuotoluvut. Summary: Top form factors of softwood saw logs. Commun. Inst. For. Fenn. 61.7.

- BERGESTAD, L. 1929. Om tømmerets form i Lågen og Farris vassdrag. Summary: On the form of timber from the Laagen and Farris districts. Medd. Norske Skogforsøksv. 12: 243–269.
- BRANTSEG, A. 1954. Nye tømmerundersøkelser i Nord-Trøndelag. Summary: New investigations on Norway spruce logs in Nord-Trøndelag. Medd. Norske Skogforsøksv. 44: 89–127.
- BÖHMER, J. G. 1935. Furuens flattrykning og tømmerinnhold. Tidskr. Skogbr. 43 (12): 342–352.
- BØRSET, O. 1952. Undersøkelser over aspetømmer. Summary: Investigations on aspen logs. Medd. Norske Skogforsøksv. 39: 355–423.
- CHACHO, V. J. 1961. A study of the shape of cross section of stems and the accuracy of calliper measurement. Indian For. 87 (12): 758–762.
- EIDE, E. 1922. Om tømmerets form i Trøndelags vassdrag. Summary: On the form of timber from the forests of Trøndelag. Medd. Norske Skogforsøksv. 2: 29–71, 80–82.
- EKLUND, B. 1948. Undersökningar över fastmasseprocenter, åtgångstal m.m. vid mätning av 2- och 3-meters tall- och granmassaved. Summary: Solid volume in stacked pulpwood of pine and spruce (length of sticks 2 and 3 meters) and the volume of solid rough wood (with bark) in relation to stacked volume. Medd. Stat. SkogforskInst. 37.1.
- » — 1953. Om volymen och antalet bitar per m<sup>3</sup>t hos travar av dimensionsblandad och dimensionssorterad 2-meters massaved av gran. Svenska SkogsvFör. Tidskr. 51 (4): 303–357.
- FINNE, B. 1966. Koetuloksia paperipuun tilavuuden mittauksesta pinosta otetun kappale- näytteen perusteella. Uittoteho Tied. 225.
- » — 1970 a. Havaintoja rankojen kuutiointitarkkuudesta. Metsähallitus, kehittämisjaosto, PM 6/70 pvm. 22. 9. 1970. Moniste.
- » — 1970 b. Silmävaraisesti katkotun sahatukin tilavuussuhdemittauksia Etelä-Suomessa. Metsähallitus, kehittämisjaosto. Tutkimusselostus 104.
- » — 1973. Vanerikoivun tilavuussuhdemittauksia. Metsähallitus, kehittämisjaosto. Tutkimusselostus 116.
- FLURY, P. 1892. Untersuchungen über die Genauigkeit der Kubierung liegender Stämme aus Länge und Mittenstärke. Mitt. Schw. Centralanst. f.d. forstl. Versuchsw. II: 161–186.
- GOULDING, C. J. 1971. Reducing the error in the calculation of the volume of sectioned logs. Canad. J. For. Res. 1 (4): 267–268.
- HAKKILA, P. & RIKKONEN, P. 1970. Kuusitukit puumassan raaka-aineena. Summary: Spruce saw logs as raw material of pulp. Folia For. Inst. For. Fenn. 92.
- HATTEMER, H. H. 1965. Der Messfehler der Höhen- und Durchmessermessung an forstlichen Feldversuchen in frühem Alter. Silvae Gen. 14 (6): 177–181.
- HEIKKILÄ, T. 1913 a. Koalojen kaulaamisesta. Tapio 6 (5): 139–143.
- » — 1913 b. Koalojen kaulaamisesta ja puiden poikkileikkauspinnan soikeudesta. Tapio 6 (11): 324–331.
- » — 1927. Über die Ermittlung der Querfläche eines Stammes. Acta For. Fenn. 32.3.
- HEISKANEN, V. 1972. Pinomittauksen kehittämistutkimus II. Pinomittauksen tarkkuus ja parantamismahdollisuudet. Tutkimusmenetelmä ja -aineisto. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste.
- » — 1973. Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus. Summary: Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. Folia For. Inst. For. Fenn. 170.
- » — & RIKKONEN, P. 1971. Havusahatukien todellisen kiintomitan määrittäminen latvaläpimitan perusteella. Summary: Determination of the true volume of coniferous saw logs on the basis of top diameter. Folia For. Inst. For. Fenn. 128.

- HEMMI, L. 1970. Jatkoselvitys sahatukien teknisten ja todellisten tilavuusmittojen suhteista Kemijoella 1968. Uittoteho Tied. 245.
- » — 1972. Koetuloksia pinon tilavuuden määrittämisestä pölkkyjen päiden läpimittojen perusteella. Uittoteho Tied. 251.
- ILVESSALO, Y. 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. Commun. Inst. For. Fenn. 34.4.
- » — 1965. Metsänarvioiminen. Porvoo—Helsinki.
- KAKKO, R. 1970. (Vapaamittaisen rankatavaran eri mittausmenetelmien vertailu. Perä-Pohjolan piirikuntakonttori, Rovaniemi. Moniste.) Lähde: FINNE 1970 a. Cited from FINNE 1970 a.
- KARLSSON, J. 1971. Mätning av massaved i travat mått. Summary: Measuring pulpwood by stacked volume. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 73.
- KENNEL, R. 1959. Die Genauigkeit von Kluppung und Umfangmessung nach einem Vergleichsversuch. Forstwiss. Cbl. 78 (7/8): 243–250.
- » — 1964. Erfahrungen mit der Umfangmessung. Forstwiss. Cbl. 83 (9/10): 314–320.
- KLEM, G. G. 1930. Kvalitetsundersøkelser i granskog og på grantømmer. Foreløbig meddelelse. Zusammenfassung: Untersuchungen über die Qualität des Papierholzes. Medd. Norske Skogforsøksv. 13: 397–452.
- » — 1934. Undersøkelser av granvirkets kvalitet. Zusammenfassung: Untersuchungen über die Qualität des Fichtenholzes. Medd. Norske Skogforsøksv. 17: 197–348.
- KÜBLER, K. & TRABER, H. 1964. Temperatur- und Dimensionsänderungen von Baumstämmen im Winter. Forstwiss. Cbl. 83 (3/4): 88–96.
- KÄRKÄINEN, M. 1973. Kappaleotannan perusteita mäntykuitupuun mittauksessa. Summary: Foundations of boltwise sampling in pine pulpwood measurement. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. Tiedonantoja 24.
- LAASASENAHO, J. & SEVOLA, Y. 1971. Mänty- ja kuusirunkojen puutavarasuhteet ja kantarvot. Summary: Timber assortment relationships and stumpage value of Scots pine and Norway spruce. Commun. Inst. For. Fenn. 74.3.
- » — 1972. Havutukien latvamuotolukujen vaihtelu. Summary: The variation in top form quotients of the coniferous logs. Folia For. Inst. For. Fenn. 164.
- LOETSCH, F., ZÖHLER, F. & HALLER, K. E. 1973. Forest inventory. Volume II. München—Bern—Wien.
- MAKKONEN, O. 1957. Aisattujen 2 m<sup>2</sup> koivupaperipuiden kuorettoman kiintokuutiomäärän ja pinokuutiomäärän suhde Keski-Suomesta hankitun aineiston perusteella. Summary: The ratio between the solid cubic volume, excluding bark, and piled cubic volume of 2-metre birch pulpwood barked in strips on the basis of material collected from Central Finland. Metsäteho Tied. 132.
- » — 1958. Pinotiheystutkimuksia. I Koivupaperipuut II Haapapaperipuut III Pieni-läpimitaiset kuusi- ja mäntypaperipuut. Summary: Pile density studies. I Birch pulpwood II Aspen pulpwood III Small-sized spruce and pine pulpwood. Metsäteho Julk. 39.
- » — 1959. Pinotiheys mäntypaperipuiden laaturyhmän tunnuksena. Summary: Pile density as a characteristic of the quality group of the pine pulpwood. Metsäteho Tied. 155.
- » — 1960. Kuorimattomien 2,4-metrin koivupaperipuiden ja 2-metrin koivupolttorunkojen pinotiheystutkimuksia. Summary: Pile density measurements of unbarked 2,4-metre birch pulpwood and unbarked 2-metre birch fuelwood. Metsäteho Tied. 173.
- » — 1961. Pinotiheysmittareita käytettäessä huomioon otettavia seikkoja. Summary: Some circumstances to be considered in the use of pile density gauges. Metsäteho Tied. 182.



- MATERN, B. 1956. On the geometry of the cross-section of a stem. Summary: Om stamtvärnsnittets geometri. Medd. Stat. SkogsforsknInst. 46.11.
- MICHAÏLOFF, I. 1944. Über die Genauigkeit der Formeln für sektionsweise Stammkubierung. Forstwiss. Cbl. u. Thar. forstl. Jahrb. 2 (Kriegsgemeinschaftsausgabe): 120–125.
- MÜLLER, G. 1957. Über den Einfluss exzentrischer Querschnittsformen der Waldbäume auf die Genauigkeit der Querflächenbestimmung mittels Umfangmessung. Forstwiss. Cbl. 76 (1/2): 35–54.
- » — 1958. Untersuchungen über die Querschnittsformen der Baumschäfte. 2. Mitteilung. Forstwiss. Cbl. 77 (1/2): 41–59.
- NIKKILÄ, H. & HEISKANEN, V. 1972. Pinomittauksen kehittämistutkimus I. Kylkitiheydestä ja sen mittaamisesta. Kirjallisuuskatsaus. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste.
- NISULA, P. 1963. Pinotiheydestutkimuksia. Summary: Pile density studies. Pienpuualan Toimik. Tied. 97.
- » — 1967 a. Koivupaperipuun pinotiheydestä ja kuutiosuhteista. Summary: On the pile density and volume of birch pulpwood. Commun. Inst. For. Fenn. 62.7.
- » — 1967 b. Tutkimuksia vaneritukkien ja sorvipölkkyjen kuutio- ja painosuhteista. Summary: Studies on the relationships between the volume and weight in veneer logs and bolts for rotary cutting. Commun. Inst. For. Fenn. 63.1.
- » — 1968 a. Tutkimuksia puun tilavuuspainon määrittämisestä hydrostaattisen punnituksen avulla. Summary: Observations on the determination of the volume weight of wood by hydrostatic weighing. Commun. Inst. For. Fenn. 64.4.
- » — 1968 b. Käytäntöön soveltuvia menetelmiä puutavaran kiintokuutiomäärän määrittämiseksi tilavuuspainon avulla. Summary: Methods applicable to the measuring of the solid volume of timber by means of its volume weight. Commun. Inst. For. Fenn. 64.6.
- NOUSIAINEN, J., RANTANEN, V. & TIIHONEN, P. 1972. Kiintokuutiometrin käyttöön perustuva kuitu- ja tukkipuiden kuutioimismenetelmä. Zusammenfassung: Ein Massenermittlungsverfahren für Faser- und Blockholz mit dem Festmeter als Masseinheit. Commun. Inst. For. Fenn. 77.2.
- » — PURANEN, J. & TIIHONEN, P. 1973. Koivutukkipuiden kuutioimismenetelmä. Zusammenfassung: Eine Kubierungsmethode für Birkenblockholz. Commun. Inst. For. Fenn. 79.1.
- NYLINDER, P. 1972. Virkesmätning. Kompend. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 5.
- PERTOVAARA, H. 1960. Pitkän pinotavaran pinotiheysmittauksia Pohjois-Suomessa. Uittoteho Tied. 183.
- » — 1964. Tasapituisten paperipuun pinotiheys- ja kuutiointimittauksia Pohjois-Suomessa. Uittoteho Tied. 209.
- PETRINI, S. 1928. Sektionskubierens noggranhet. Zusammenfassung: Die Genauigkeit der sektionsweisen Kubierung. Medd. Stat. SkogsforsknInst. 24: 164–186.
- POPESCU-ZELETIN, J. 1936. Die Kontrollmethode. Beiträge zur Auffassung ihrer rechnerischen Grundlagen. Allg. Forst. u. Jagdztg. 112: 135–147, 196–211, 233–254.
- PRODAN, M. 1965. Holzmesslehre. Frankfurt am Main.
- PÖNTYNNEN, V. 1929. Tukkien y.m. kappaleittain mitattavien puutavaraain todellisen kuutiomäärän laskeminen. Kiintomittataulukkoja, julk. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.
- RADONJIC, M. 1954. Eine allgemeine Formel zur Bestimmung des Inhaltes von Stämmen und Stammabschnitten. (Zusammenfassung). God. Zborn. Zemj.-Šum. Fak. Univ. Skopje (Šum.) 5: 33–42.
- RENVALL, A. 1923. Beobachtungen ueber die Exzentrizität des lappländischen Kiefernstammes. Acta For. Fenn. 26.
- RIKKONEN, P. 1973. Koivuvaneritukkien kuutiointitutkimus. Ennakkotietoja. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste.
- SALMINEN, K. 1970. Eräitä tukkilajittelun viimeaikaisia sovellutuksia. Summary: The latest applications in log sorting. Paperi ja Puu 52 (6): 373–378.
- SALMINEN, T. J. 1968. Havusahatukkien kuutiointi kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella. Summary: On cubing coniferous saw logs on the basis of measurement taken on the bark. Folia For. Inst. For. Fenn. 51.
- SAVOLAINEN, R. 1964. Tutkimus A. Ahlström Osakeyhtiön nipunkuutioimislaitteen mittaus-tarkkuudesta. Summary: A study of the measuring accuracy of the bundle-volume measuring device of A. Ahlström Osakeyhtiö. Metsäteho Tied. 230.
- SCHIFFEL, A. 1902. Die Kubierung von Rundholz aus zwei Durchmesser und der Länge. Mitt. Forstl. Versuchsw. Österreichs 27.
- SIOSTRZONEK, E. 1958. Radialzuwachs und Flächenzuwachs. Genauere Bestimmung des Grundflächenzuwachses mit Bohrspänen und Stammscheiben. Forstwiss. Cbl. 77 (7/8): 237–254.
- SMALL, J. A. & MONK, C. D. 1959. Winter changes in tree radii and temperature. For. Sci. 5 (3): 229–233.
- SOLBRAA, T. 1939. Bast og andere faktorer som influerer på tømmermålingsresultatet. Tidskr. Skogbr. 47 (3): 73–79, 120–134.
- Suomen asetuskokoelma 753/1972
- TAKASE, G. 1966. Analytical study of biased cross section of stem. (Synopsis). Bull. Ehime Univ. For. 4: 8.
- TIIHONEN, P. 1961 a. Tutkimuksia männyn kapenemistaulukoiden laatimiseksi. Zusammenfassung: Untersuchungen über die Aufstellung der Ausbauchungstafeln für Kiefer. Commun. Inst. For. Fenn. 53.1.
- » — 1961 b. Männyn, kuusen ja koivun kapenemistaulukot. Zusammenfassung: Ausbauchungstafeln für Kiefer, Fichte und Birke. Commun. Inst. For. Fenn. 54.1.
- » — 1972 a. Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot. Zusammenfassung: Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. Folia For. Inst. For. Fenn. 154.
- » — 1972 b. Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukkipuutaulukot. Zusammenfassung: Massentafeln für Kiefern- und Fichtenblochholz. Folia For. Inst. For. Fenn. 155.
- TIRÉN, L. 1929. Über Grundflächenberechnung und ihre Genauigkeit. Summary: Om grundyteberäkning och dess noggranhet. Medd. Stat. Skogsforsöksanst. 25: 229–304.
- TISCHENDORF, W. 1927. Lehrbuch der Holzmassenermittlung. Berlin.
- TUOVINEN, A. 1948. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. I. Kuorimishukka ja kuutiosuhteet. Summary: Investigations into logging of pulpwood in North-Finland. I. Barking waste and volume ratios. Metsäteho Julk. 11 a.
- Vid virkesmätning erforderliga relationstal. 1923. Statens offentliga utredningar 1923: 57. Stockholm.
- VUORISTO, I. 1936. Suomen puuvanuketeollisuuden käyttämän kuusipaperipuun laatututkimuksia. Zusammenfassung: Untersuchungen über die Qualität des von der Zellulose- und Schleifholzindustrie verbrauchten Fichtenpapierholzes in Finnland. Commun. Inst. For. Fenn. 23.2.
- WINGET, C. H. & KOZLOWSKI, T. T. 1964. Winter shrinkage in stems of forest trees. J. For. 62 (5): 335–337.

- YAMAHATA, K. & MASUOKA, M. 1959. Studies on the method of analysis of tree growth (1). Measurement of area for the eccentric disk. (Summary). J. Jap. For. Soc. 41 (3): 93—97.
- YOUNG, H. E., ROBBINS, W. C. & WILSON, S. 1967. Errors in volume determination of primary forest products. XIV IUFRO-Kongress, München 1967, Papers VI: 546—562.

#### SUMMARY:

#### FOUNDATIONS OF MIDDLE FORM FACTOR IN THE MEASUREMENT OF LOGS AND PULPWOOD

*In this paper, the term middle form factor is defined as the ratio between the accurate true volume of a log, or several bolts, and the volume of a cylinder calculated from the diameter measured at the middle of the log, or bolts. The purpose of the study is to review the literature in order to evaluate the accuracy in determining middle form factors of logs and pulpwood. In addition to this, numerous results of empirical investigations are presented in tables 1 . . . 7.*

*According to the literature, either stereometric methods, xylometer, or hydrostatic weighing can be used in determining the exact volume. Both xylometer and hydrostatic weighing can be regarded as being highly accurate, the biggest errors being due to difficulties in the construction of measuring devices. However, stereometric measurement has many weak points, and the real volume of the log or bolts is usually underestimated. One of the main reasons for overestimation is the use of diameter instead of radius. Underestimation can be caused by inconsistencies in the application of numerical integration methods in the volume determination, for example in the use of HUBER's formula, and due to the avoidance of knot swellings. The underestimation usually seems to be bigger than the overestimation for other reasons. As a result, many volume tables derived by stereometric methods probably give values which are even 1 . . . 2 per cent too low especially in the case of big trees.*

*The errors connected with determining the volume of the cylinder, based on the middle diameter, are mainly due to the use of diameter instead of radius. Accordingly, the cylinder is overestimated. On the other hand, the knot swellings are often improperly avoided, an underestimation being the result. As a final result, it seems likely that middle form factors are too low when stereometric methods are used.*