

KOIVU- JA HAAPATUKKIEN POIKKIPINTA-ALAN MITTAAMINEN

MATTI KÄRKKÄINEN

SUMMARY:

MEASUREMENT OF THE CROSS-SECTIONAL AREA OF BIRCH AND
ASPEN LOGS

Saapunut toimitukselle 1. 9. 1975

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu 420 koivukiekon ja 240 haapakiekon avulla tukkipuukokoisten runkojen poikkileikkauksen epäpyöreyttä. Samalla on tutkittu, millä yksinkertaisella menetelmällä poikkileikkauksen pinta-ala saadaan määritetyksi luotettavasti. Osoittautui, että kolaisuutta esiintyi vähän, yleensä alle 1 % pinta-alasta. Sitä vastoin suurimman ja pienimmän läpimitan ero oli suuri, keskimäärin 8 % suurimmasta läpimitasta. Parhaaksi pinta-alan määrittämismenetelmäksi osoittautui menetelmä, joka perustui pienimmän ja sitä vastaan kohtisuorassa olevan läpimitan mittaamiseen. Suurimman ja pienimmän läpimitan keskiarvo antoi puulajista riippuen 1. . . 2 % liian suuria pinta-aloja koko aineistossa ja 2. . . 3 % liian suuria tuloksia erityisen epäpyöreiden poikkileikkauksien ollessa kyseessä.

1. JOHDANTO

Aikaisemmin julkaistun kirjallisuustutkimuksen mukaan eri puulajien runkojen poikkileikkauksen epäpyöreys on hyvin yleistä (KÄRKKÄINEN 1974, s. 49—54). Tällaisen epäpyöreiden merkitys saattaa olla erityisen huomattava eräillä trooppisilla lehtipuilla (LOETSCH ym. 1973, s. 92—94), mutta jopa suomalaisilla havupuillakin suurimman ja pienimmän läpimitan erotuksen on raportoitu olevan suuruusluokaltaan tukkipuukokoisten runkojen rinnantasalla 5 . . . 6 prosenttia läpimitasta (HEIKKILÄ 1913 a, b).

Vaikka Suomen olosuhteissa epäpyöreystä ei ole puutavaran mittauksessa oleellista haittaa, vaan voidaan tyytyä karkeaan olettamukseen poikkileikkauksen ympyrän muodosta, niin ainakin tarkkoja muotolukututkimuksia ja eri mittausten menetelmien vertailua varten tarvitaan tarkkaa poikkipinta-

alan määrittystä. Vanhemmassa metsäkirjallisuudessa tähän on kiinnitetty huomiota lähinnä sen vuoksi, että on haluttu selvittää kaulaamalla saatavan läpimitan ja mittanauhalla saatavan ympärysmitan käyttökelpoisuutta poikkipinta-alan määrittämisessä. Sekä koepuuaineistoon että erilaisiin epäpyöreysolettamuksiin perustuvia tutkimuksia on tehty runsaasti. Teoreettisten selvittelyjen käyttökelpoisuutta heikentää kuitenkin oleellisesti se, että ne perustuvat yleensä vahvistamattomaan ja yleensä paikkansa pitämättömään olettamukseen poikkileikkauksen ellipsin muotoisuudesta. Esimerkiksi CHATURVEDI (1926), TISCHENDORF (1927), HEIKKILÄ (1927) ja TIRÉN (1929) ovat esittäneet tällaisia laskelmia. MÜLLER (1957) on tarkastellut ellipsin lisäksi myös puoliympyrän ja ellipsin sekä puoliympyrän ja paraabelin yhdistelmien muodostamia poikkileikkauksia.

Puutavaran mittauksen kannalta on oikeastaan samantekevää, millä kuvion poikkileikkauksen muodostaa, tai muodostaako se lainkaan säännönmukaista ja yksinkertaisesti kuvattavissa olevaa kuviota. Tärkeää on sen sijaan löytää ne menettelytavat, joiden avulla poikkipinta-ala voidaan määrittää yksinkertaisesti, mutta riittävän luotettavasti. Tällaisia empiiriseen materiaaliin perustuvia mittaustutkimuksia on myös tehty, tosin Suomen olojen kannalta vähemmän tärkeitä puulajeista (Esim. YAMAHATA ja MASUOKA 1959, CHACKO 1961).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan koivun ja haavan epäpyöreyttä tukkipuukokoisen aineiston perusteella. Epäpyöreiden olemuksen kuvaamisen lisäksi tavoitteena on selvittää, millä yksinkertaisella menetelmällä poikkipinta-ala saadaan luotettavimmin määritetyksi.

Tämän tutkimuksen aineistoa ovat keränneet ja käsittelyyn osallistuneet Taija Havanto, Leena Muronranta, Tauno Oittinen ja Aune Rytönen. Englanninkielisen tekstin on kääntänyt John Derome. Käsikirjoituksen ovat lukeneet ja parannusehdotuksia tehneet Pentti Hakkila, Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi. Suomen Metsätieteellinen Seura on osallistunut tutkimuskustannuksiin Koivukeskuksen lahjoittamalla varoilla. Kiitän tuesta.

2. AINEISTO

Tätä tutkimusta varten sahattiin muutaman senttimetrin vahvuisia kuorettomia kiekkoja kahdelle tehtaalle saapuvista tukeista. Koivuaineisto kerättiin Metsäliiton Lohjan tehtailta ja haapa-aineisto Porin tulitikkutehdas Oy:n tehtaalta. Kummassakin tapauksessa pyrittiin siihen, että kustakin aineistoksi joutuvasta tukista sahattaisiin kiekko sekä tukin pituuden puolivälistä että sen latvasta. Tämä tavoite myös jokseenkin saavutettiin (taulukko 1).

Sekä koivu- että haapa-aineisto pyrittiin keräämään siten, että kiekot edustaisivat tietyinä aikana tehtaalle tulevia tukkeja. Satunnaisten häiriöiden

eliminoimiseksi aineistot kerättiin verraten pitkänä ajanjaksona ja siten, että kunakin päivänä pyrittiin tasaväliseen otantaan. Jonkin verran tutkittavaksi aiotuista tukeista jouduttiin hylkäämään satunnaisten vikojen vuoksi. Nämä hylkäämiset eivät ole kuitenkaan oleellisesti vaikuttaneet aineiston edustavuuteen — esimerkiksi koivuaineistosta hylättiin 25 kiekkoa, joista peräti 17 kiekon lohkeamisen vuoksi. Muissa tapauksissa syynä oli jokin muu satunnainen vika.

Tehtaalla kuhunkin näytekiekkoon merkittiin puulajin lisäksi ainoastaan tukkilaji (tyvitukki tai muu tukki) sekä kiekon asema tukissa (keskeltä tai latvasta sahattu kiekko). Varsinaiset mittaukset tehtiin laboratorio-olosuhteissa kiekkoista, jotka oli halkeilun estämiseksi pidetty kosteina.

Taulukko 1. Tutkimusaineiston tärkeimpiä tunnuksia
Table 1. Most important characteristics of the study material

Muuttuja Variable	Koivu Birch	Haapa Aspen
Kiekkojen lukumäärä — Number of disks	420	240
— Tyvitukkien keskeltä — From the middle of butt logs	133	67
— Tyvitukkien latvasta — From the top of butt logs	132	68
— Muiden tukkien keskeltä — From the middle of other logs	78	53
— Muiden tukkien latvasta — From the top of other logs	77	52
Kiekon suurin läpimitta, ¹⁾ mm — Largest diameter ¹⁾ , \bar{x} mm	210,5	228,2
Sen keskihajonta, mm — Its standard deviation, s mm	32,7	45,5
Sen pienin arvo, mm — Its minimum, mm	148	153
Sen suurin arvo, mm — Its maximum, mm	349	384

¹⁾ Kaikkien kiekkojen keskiarvo suurimmasta läpimitasta

¹⁾ Average of the largest diameters of all the disks

Varsinaisessa materiaalin käsittelyvaiheessa kaikista kiekkoista mitattiin millimetrin tarkkuudella suurin läpimitta, sitä vastaan kohtisuorassa oleva läpimitta, pienin läpimitta sekä kohtisuorassa sitä vastaan oleva läpimitta. Tämän lisäksi mitattiin kiekon ympärysmitta mittanauhaa tiukalle kiristään sekä ympärysmitta kolot huomioiden, ts. siten, että mittanauha kierrätettiin kaikkien kolojen pohjien kautta.

Kaikista kiekkoista pyrittiin määrittämään myös tarkka pinta-ala. Tasokuvion pinta-alaa mitattaessa voidaan käyttää napakoordinaatistoa siten, että origo on kuvion sisällä, ja kaavaa (1). Tällainen menettely antaa periaatteessa tarkan tuloksen.

$$(1) \quad A = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} r^2(v) dv, \quad \text{jossa}$$

A = tasokuvion pinta-ala
r(v) = napaetäisyys suuntaan v,
v = kiertokulma

Kaava (1) on yleinen ja perusteltu integraalilaskennan oppikirjoissa (esim. SEGERCRANTZ 1972, s. 50). Käytännössä kaavaa voidaan soveltaa siten, että mitataan useita säteitä ja lasketaan pinta-ala niiden neliöiden keskiarvon perusteella, kuten kaava (2) osoittaa.

$$(2) \quad A \approx \frac{\pi \sum_{i=1}^n r_i^2}{n}, \quad \text{jossa}$$

n = mitattujen säteiden lukumäärä ja
r_i = i:n säteen pituus

Kaavaa (2) käytettäessä ongelmana on säteiden lukumäärän määrittäminen siten, että päästään haluttuun tarkkuuteen. — Tässä tutkimuksessa ytimestä lähteviä säteitä mitattiin 16 niiden välisten kulmien ollessa 0,125 π rad (22,5°). Tällöin esim. munan muotoisen (puoliympyrä + ellipsinpuolikas) poikkileikkauksen, jonka ydin on ympyrän läpimitan neljänneksen päässä puoliympyrän reunasta, pinta-ala saadaan 0,01 prosenttiin tarkkuudella (SIOSRZONEK 1958, s. 242). Käytännössä tarkkuus on epämääräisten kiekkojen mitauksessa heikompi. Esimerkiksi tämän tutkimuksen tarkistusmittauksessa (15 kiekkoa) oli kuudentoista säteen mittaamiseen perustuva pinta-ala 0,26 prosenttia pienempi kuin planimetrillä mitattu pinta-ala. On kuitenkin ilmeistä, että kuudentoista säteen mittaukseen perustuvaa pinta-alan määrittämismenetelmää käytettäessä systemaattisen virheen mahdollisuus on vähäinen.

Huomattakoon, ettei 8 läpimitan mittauksella saada yleisesti samaa tulosta kuin 16 säteen mittauksella.

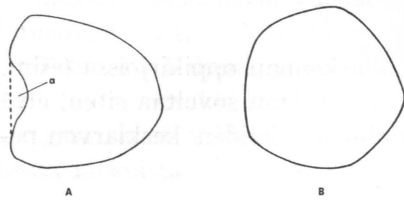
Systemaattista planimetrimitausta ei aineistoon sovellettu, koska etenkin koivukiekkojen reuna oli varsin tikkuuntunut kiekkojen sahausmenetelmän tahduttua tehtaalla pyörösirkkelissä.

3. TULOKSET

3.1. EPÄPYÖREYDEN LUONNE

Tässä tutkimuksessa tarkasteltujen kiekkojen epäkonveksisuus pyrittiin määrittämään mittaamalla kiekkojen ympärysmitta sekä mittanauhaa tiu-

kalle kiristäen että kierrättäen mittanauhaa mahdollisten kolojen pohjien kautta. Epäkonveksisuuden mittana käytettiin näiden kahden ympärysmittan erotusta. Kuten kuvan 1 kuviosta A ilmenee, tämä ero on sitä suurempi, mitä enemmän ja mitä suurempia koloja poikkileikkauksessa on.

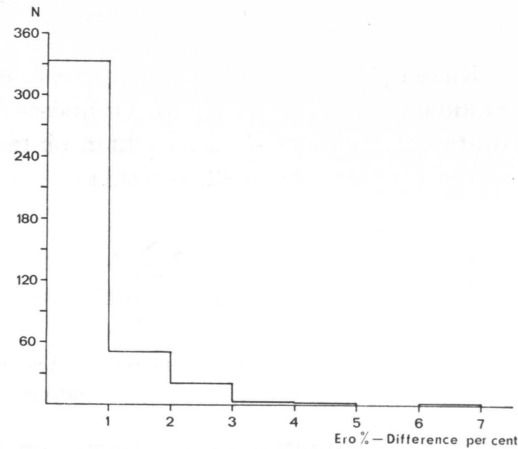


Kuva 1. Kaksi poikkileikkausta. Kuvio A on epäkonvekksi alan a ollessa epäkonveksisuudesta aiheutuva virhe kehämittauksessa. Kuvio B on konvekksi ja samalla eräs orbiformi, ts. kuvio, jonka halkaisija on kaikissa suunnissa mitattuna sama. Kuvio B, Ks. MATÉRN 1956, s. 8.

Fig. 1. Two cross sections. Fig. A is not convex the area a being the convex deficit in circumference measurement. Fig. B is convex and an orbiform at the same time, i.e. a convex curve having the property that the distance between two parallel tangents is the same in all directions. Fig. B, cf. MATÉRN 1956, p. 8.

Tämän tutkimuksen aineistossa koloisuutta esiintyi vain vähän. Keskimääräinen kehän pituuksien ero oli koivulla alle 4 mm ja haavalla alle 2 mm (taulukko 2). Suurin havaittu ero oli koivulla vain 40 mm ja haavalla 100 mm. Suurimmassa osassa aineistoa epäkonveksisuudesta aiheutuva ympärysmittojen ero jäi alle 1 % kehän pituudesta, kuten kuva 2 koivun osalta osoittaa.

Kun epäkonveksisuutta esiintyi tutkituissa poikkileikkauksissa suhteellisen vähän, pinta-alavirheenä mitaten alle 1 %, tämä ei aseta oleellista esettä ympärysmittanauhan käytölle poikkipinta-alan määrittämisessä. Kun kuitenkin jäljempänä kehän pituuteen perustuva poikkipinta-alan määrittäminen antaa huomattavan virheellisiä tuloksia, tämä ei voi johtua epäkonveksisuudesta, vaan muusta epäpyöreyydestä. Tilanne saattaisi olla toinen tutkitessa puiden tyvileikkauksia, koska koloisuutta esiintyy tyvässä tunnetusti enemmän kuin nyt tutkituissa tukin keskeltä ja latvapäästä saatuissa kiekkoissa.



Kuva 2. Tavallisen kehän pituuden ja koloisen kehän pituuden ero prosentteina tavallisesta kehän pituudesta. Koivuaineiston histogramma. N = 420

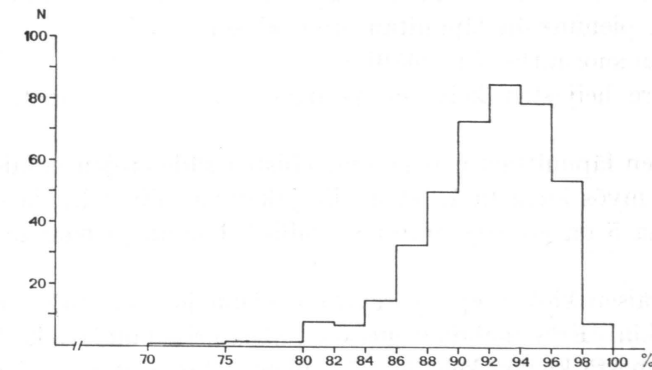
Fig. 2. Difference between the normal circumference and the circumference including irregularities as percentage of the normal circumference. Histogram for birch material. N = 420

Joissakin tapauksissa havaittiin kiekon muodon muistuttavan muuta orbiformia kuin ympyrää. — Orbiformi on sellainen tasokuvio, jossa läpimitta on kaikissa suunnissa mitattuna vakio. Tällainen poikkileikkaus ei kuitenkaan ole välttämättä ympyrä, kuten kuvan 1 kuvio B osoittaa. Aivan täydellistä orbiformia aineistoon ei kuitenkaan sisältynyt.

Epäkonveksisuuden ohella toinen tärkeä epäpyöreyyden tunnus on suurimman ja pienimmän läpimitan ero. Tämä ero oli koivulla ja haavalla samaa suuruusluokkaa, koivulla 17 mm ja haavalla 19 mm erotuksen ollessa suuremmasta läpimitasta noin 8 % (taulukko 2). Sekä absoluuttinen että suhteellinen arvo ovat varsin suuria ollakseen koko aineiston keskiarvoja. Esimerkiksi norjalaisessa haapatutkimuksessa haapatukin keskeltä mitattujen läpimittojen ero oli keskimäärin 10,1 mm (BØRSET 1952, s. 397). Tämä suurimman ja pienimmän läpimitan ero oli noin 4,3 % laskettuna läpimittojen keskiarvosta. Vastaava tämän tutkimuksen haapa-aineiston tunnus on 8,5 %. Näin huomattava ero ei luultavasti johdu järeydeltään erilaisesta aineistosta, koska em. BØRSETIN mukaan suhteellinen läpimittojen ero pysyy suunnilleen vakiona tukin läpimitasta riippumatta. BØRSETIN aineistosta voidaan myös päätellä, ettei ero johdu myöskään kuoren aiheuttamista eroista.

Myös vertailu RIKKOSEN (1974) esittämiin, koivua koskeviin tietoihin, viittaa siihen, että tämän tutkimuksen aineisto on hiukan tavanomaista epäpyöreämpää. RIKKOSEN tutkimuksen taulukosta 8 voidaan laskea, että pienimmän ja sitä vasten kohtisuorasti mitatun läpimitan suhde on keskimäärin 0,950. Tässä tutkimuksessa vastaava suhde oli 0,937.

Pienintä ja suurinta läpimittaa koskevana epäpyöreyyden tunnuksena voidaan käyttää myös niiden suhdetta, usein sadalla kerrottuna. Kuvassa 3 on



Kuva 3. Kiekon pienin läpimitta prosentteina suurimmasta läpimitasta. Koivuaineiston histogramma. N = 420

Fig. 3. The smallest diameter of disk as percentage of the largest diameter. Histogram for birch material. N = 420

esitetty tämän tunnuksen jakauma koivun osalta. Haavalla jakauma oli hyvin samanlainen. Kahden prosentin luokkaväliä käytettäessä tyypillinen arvo eli moodi oli koivulla luokassa 92–94 % ja haavalla 90–92 %. Huomattava on, että todella pyöreitä kiekkoja on aineistossa suhteellisen vähän. Esimerkiksi sellaisia kiekkoja, joissa pienimmän ja suurimman läpimitan suhde on parempi kuin 96 %, on koivulla 14,8 % ja haavalla 12,5 %. — Myös tämän aineiston perusteella näyttää siis ilmeiseltä, että melkoinen epäpyöreys on pikemminkin sääntö kuin poikkeus.

Sekä koivu- että haapa-aineiston avulla on voitu edelleen todeta, etteivät suurin ja pienin läpimita ole kohtisuorassa toisiaan vastaan. — Sinänsä tämä ei ole yllättävä havainto (esim. MÜLLER 1958, s. 57–58). Täsmällistä niiden välistä kulmaa ei ole pyritty selvittämään. Mittauksen kannalta tärkeä tunnus on sen sijaan pienimmän läpimitan ja suurinta läpimittaa vastaan kohtisuorassa olevan läpimitan ero, joka oli koivulla 4,22 mm ja haavalla 3,69 mm. Suurimman läpimitan ja pienintä läpimittaa vastaan kohtisuorassa olevan läpimitan ero oli vastaavasti koivulla 4,56 mm ja haavalla 4,10 mm. Nämä erot olivat myös tilastollisesti merkitsevät (t-arvot 11 . . . 20 puulajista ja erotuksesta riippuen). — Nämä havainnot viittaavat siihen, ettei olettamus poikkileikkauksen ellipsin muotoisuudesta ole kovinkaan perusteltu.

Poikkileikkauksen tunnuksena voidaan edelleen käyttää ytimeistä pintaan mitatun suurimman ja pienimmän säteen eroa. Koivulla tämä ero oli noin 22 mm ja haavalla 27 mm. Prosentteina kunkin kiekon suurimmasta säteestä tämä on noin 20 . . . 21 % (Taulukko 2). Kun näitä lukuja verrataan läpimittojen vastaaviin lukuihin, johtopäätöksenä on, että ytimeistä mitattu epäpyöreys on suurempaa kuin halkaisijoista mitattu epäpyöreys. Toisin sanoen, vaikka poikkileikkauksessa ydin saattaa sijaita hyvin epäkeskeisesti, tästä huolimatta poikkileikkauksen muoto voi olla varsin säännöllinen mm. suurimman ja pienimmän läpimitan eron ollessa vähäinen. Kun aineistona olevien tukkien suorutta ei täsmällisesti tunneta, epävarmaa on, missä määrin tämä piirre heijastaa koivujen ja haapojen kykyä suoristua kasvunsa aikana.

Suhteellisten läpimittaerojen ja suhteellisten säde-erojen erilaisuus näkyy koivun osalta myös kuvasta 4. Haavalla jakaumat olivat hyvin samantyyppiset. Kuvassa 5 on esitetty eräitä tyypillisiä koivun ja haavan poikkileikkauksia.

Keskimääräisen kiekon epäpyöreyttä voidaan jossakin määrin hahmotella tarkemminkin. Eräs mahdollisuus on laskea eri suunnissa keskimääräiset etäisyydet ytimeistä kiekon kehälle. Taulukossa 3 on esitetty tällaisten säteiden keskiarvoja. Voidaan todeta, että suurimman säteen määräämän halkaisijan suhteen kiekko on keskiarvoina mitaten varsin symmetrinen. Kun kiekkojen mittausten menetelmästä johtuen niiden mittauspinta sattui milloin latvaan, milloin tyveen päin, selvää on, että aineiston koon kasvaessa sym-

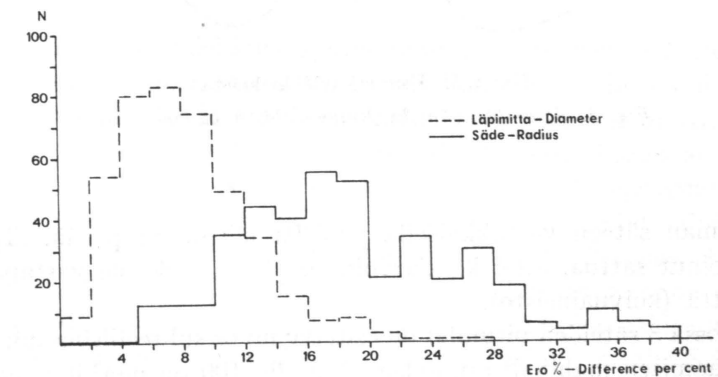
Taulukko 2. Kiekkoja kuvaavien muuttujien keskiarvoja
Table 2. Averages of variables describing the disks

Muuttuja Variable	Koivu Birch	Haapa Aspen
Kehäpituuksien ero $x_{25} - x_{20}$, mm ¹⁾ — Difference between circumferences x_{25} and x_{20} , mm ¹⁾	3,51	1,57
Prosentteina kehästä x_{20} — In per cent of x_{20}	0,55	0,23
Suurimman ja pienimmän läpimitan ero, mm — Difference between largest and smallest diameter, mm	17,45	18,54
Prosentteina suurimmasta — In per cent of the largest	8,29	8,12
Suurimman ja pienimmän säteen ero, mm — Difference between largest and smallest distances from pith to edge, mm	22,12	26,79
Prosentteina suurimmasta — In per cent of the largest	19,91	21,75

1) x_{25} = kehän pituus kolot mukaanlukien — circumference including irregularities
 x_{20} = tavanomainen konvekksi kehän pituus — perfect convex circumference

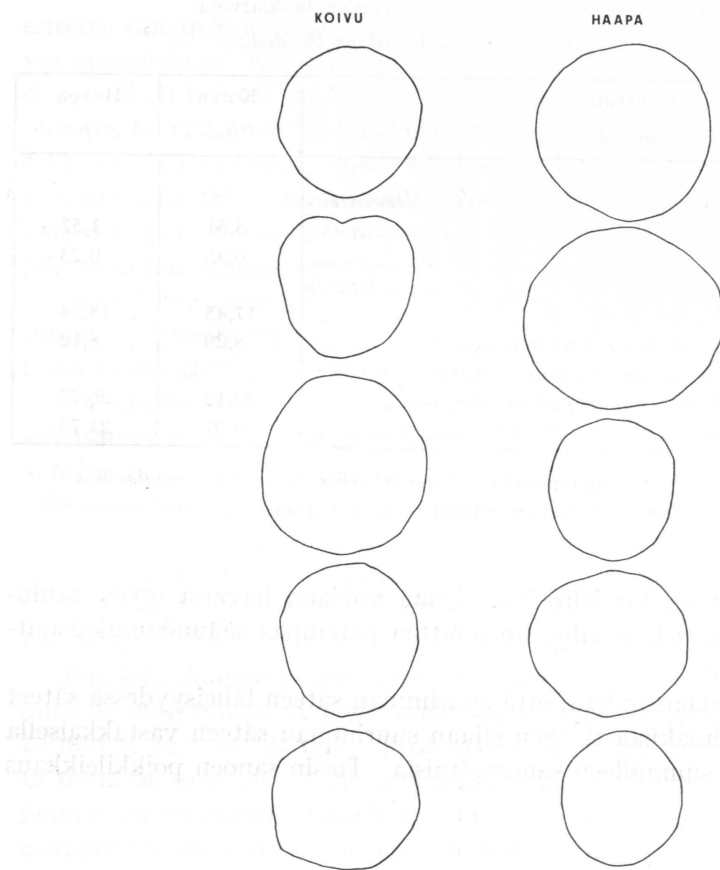
metrisyys tulee likimain täydelliseksi. Tämä voidaan havaita myös taulukosta 3, jossa suurempi koivuaineisto osoittaa parempaa säännönmukaisuutta kuin haapa-aineisto.

Taulukosta 3 voidaan todeta, että suurimman säteen läheisyydessä säteet lyhenevät varsin voimakkaasti. Sen sijaan suurimman säteen vastakkaisella puolella säteet ovat suunnilleen samanpituisia. Toisin sanoen poikkileikkaus



Kuva 4. Pienimmän ja suurimman läpimitan ero prosentteina suurimmasta läpimitasta (katkoviiva) sekä pienimmän ja suurimman säteen ero prosentteina suurimmasta säteestä (ehyt viiva). Koivuaineiston histogramma. N = 420

Fig. 4. Difference between smallest and largest diameters as percentage of largest diameter (dashed line) and difference between shortest and longest radii from pith to edge as percentage of the longest radius (even line). Histogram for birch material. N = 420



Kuva 5. Esimerkkejä kiekkoista
Fig. 5. Examples of disks. Koivu = birch, haapa = aspen

on suurimman säteen vastakkaisella puolella lähellä ympyrää. [Tästä johtuen on voinut sattua, ettei keskiarvoltaan pienin säde ole vastapäätä suurinta sädettä (koivuaineisto).

Taulukossa 3 säteiden pituudet on esitetty myös suhteellisina lukuina puulajien vertaamisen mahdollistamiseksi. Luvulla 100 on merkitty suurimman säteen vastakkaisella puolella olevaa sädettä. — Voidaan todeta, että tämän tutkimuksen aineistossa haapa on säteinä mitaten epäpyöreämpi kuin koivu. Tätä samaa käsitystä tukee myös aiemmin taulukossa 2 esitetty pienimmän ja suurimman säteen ero. Maimittakoon myös, että tämä taulukossa 2 esitetty ero on suurempi kuin se ero, joka saadaan taulukosta 3 suurimman ja sitä vastapäätä olevan säteen eroiksi. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että

lukuisissa kiekkoissa pienin säde on ollut muualla kuin suurinta sädettä vastapäätä.

Taulukko 3. Keskimääräiset säteiden pituudet eri suuntiin
Table 3. Average distances from pith to edge (radii) in various directions

Suunta — Direction	Koivu — Birch		Haapa — Aspen	
	mm	Rel. ¹⁾	mm	Rel. ¹⁾
Suurin säde — Longest radius	111,1	116,3	123,2	121,0
+ 1/8 π rad (22,5°)	107,0	112,0	118,4	116,3
+ 2/8 » (45°)	102,6	107,4	112,8	110,8
+ 3/8 » (67,5°)	99,8	104,5	109,7	107,8
+ 4/8 » (90°)	98,0	102,6	107,3	105,4
+ 5/8 » (112,5°)	96,6	101,2	105,1	103,2
+ 6/8 » (135°)	95,6	100,1	103,7	101,9
+ 7/8 » (157,5°)	95,3	99,8	102,6	100,8
+ 1 » (180°)	95,5	100,0	101,8	100,0
+ 9/8 » (202,5°)	95,5	100,0	101,8	100,0
+ 10/8 » (225°)	95,7	100,2	102,4	100,6
+ 11/8 » (247,5°)	96,6	101,2	103,6	101,8
+ 12/8 » (270°)	97,9	102,5	105,6	103,7
+ 13/8 » (292,5°)	99,5	104,2	108,6	102,4
+ 14/8 » (315°)	102,1	106,9	112,9	110,9
+ 15/8 » (337,5°)	106,3	111,3	117,8	115,7

¹⁾ Suurin säde + 180° = 100 — Longest radius + 180° = 100

Taulukosta 3 saatava mielikuva symmetrisyydestä suurimman säteen määrämisen halkaisijan suhteen on osittain virheellinen aiemmin mainitusta ta-soittumisesta johtuen. Jos kukin kiekko halkaistaan suurimman säteen määräämää viivaa pitkin, keskimääräiseksi puolikkaiden eroiksi saadaan koivulla 7,0 % ja haavalla 6,6 %. Nämä luvut osoittavat, että epäsymmetrisyys on kohtalaisen suuri yksittäisissä kiekkoissa. Kovin suuria pinta-alojen eroja ei kuitenkaan esiinny. Kuten seuraavasta jaotelmasta ilmenee, koivukiekoista vain 4,7 %:lla ja haapakiekoista 2,5 %:lla puolikkaiden ero on yli 20 %. Samoin havaitaan, että koivukiekoista peräti 69,1 % ja haapakiekoista 62,9 % kuuluu joukkoon, jossa puolikkaiden pinta-alojen ero on alle 8 % kokonaispinta-alasta.

	Puolikkaiden pinta-alojen ero % pinta-alasta						Yht.
	0—4	4,1—8	8,1—12	12,1—16	16,1—20	yli 20	
	Kiekkokokoja % kokonaismäärästä						
Koivu	37,9	31,2	16,4	6,7	3,1	4,7	100,0
Haapa	40,0	22,9	22,5	8,8	3,3	2,5	100,0

3. 2. PINTA-ALAN MÄÄRITTÄMISMENETELMIEN TARKKUUS

Taulukossa 4 on esitetty ne pinta-alan määrittämismenetelmät, joiden antamia tuloksia on verrattu keskenään. — Menetelmä A, jonka antamiin tuloksiin muita menetelmiä on verrattu, on aiemmin kuvattu aineiston yhteydessä (s. 215). Menetelmässä B on poikkileikkauksen pinta-ala määrätty ympärysmittauksen avulla. Tätä menetelmää on kokeiltu mm. kasvun mää-

Taulukko 4. Kiekkojen pinta-alan laskennassa käytettyjen menetelmien määrittelyt
Table 4. Definition of methods to estimate disk area

Menetelmä Method	Kaava Formula	Huomautuksia — Remarks
A	$A = \pi \sum_{i=1}^{16} x_i^2$	Vertailumenetelmä — reference method x_i = säde — distance from pith to edge
B	$A = \frac{x_{20}^2}{4\pi}$	x_{20} = kehä — circumference
C	$A = \frac{x_{25}^2}{4\pi}$	x_{25} = koloinen kehä — circumference incl. irregularities
D	$A = \left(\frac{x_{21} + x_{23}}{4}\right)^2 \pi$	x_{21} = suurin läpimitta — largest diameter x_{23} = pienin läpimitta — smallest diameter
E	$A = \left(\frac{x_{21} + x_{22}}{4}\right)^2 \pi$	x_{22} = suurinta läpimittaa vastaan kohtisuora läpimitta — diameter at right angles to x_{21}
F	$A = \left(\frac{x_{23} + x_{24}}{4}\right)^2 \pi$	x_{24} = pienintä läpimittaa vastaan kohtisuora läpimitta — diameter at right angles to x_{23}
G	$A = \left(\frac{x_{21}^2 + x_{23}^2}{8}\right) \pi$	
H	$A = \left(\frac{x_{21}^2 + x_{22}^2}{8}\right) \pi$	
I	$A = \left(\frac{x_{23}^2 + x_{24}^2}{8}\right) \pi$	
J	$A = \frac{x_{21} x_{23} \pi}{4}$	
K	$A = \frac{x_{21} x_{22} \pi}{4}$	
L	$A = \frac{x_{23} x_{24} \pi}{4}$	

rittämisessä (LIPAS 1974). Menetelmä C on muuten samanlainen, mutta kehän pituuteen on laskettu myös koloisuudesta aiheutuva lisäys. Menetelmässä D pinta-ala on laskettu ympyrän kaavalla, jossa läpimittana on pidetty suurimman ja pienimmän läpimitan keskiarvoa. Menetelmä E on muuten samanlainen, mutta läpimitoiksi on otettu suurin läpimitta ja sitä vastaan kohtisuorassa oleva läpimitta. Vastaavasti menetelmässä F läpimitoiksi on otettu pienin läpimitta ja sitä vastaan kohtisuorassa oleva läpimitta.

Menetelmissä G, H ja I on laskettu ympyrän kaavalla kahta läpimittaa vastaavat pinta-alat ja otettu niiden keskiarvo. Menetelmässä G läpimitoiksi on otettu suurin ja pienin läpimitta, menetelmässä H suurin ja sitä vastaan kohtisuorassa oleva läpimitta ja menetelmässä I pienin ja sitä vastaan kohtisuorassa oleva läpimitta.

Menetelmät J, K ja L vastaavat menetelmiä D, E ja F sillä erotuksella, että aritmeettisen keskiarvon sijasta on käytetty geometrinen keskiarvoa. Näin ollen menetelmät J, K ja L vastaavat ellipsin kaavaa.¹⁾

Eräät pinta-alan määrittämismenetelmien suhteet ovat itsestään selviä ja aineistosta riippumattomia. Esimerkiksi perustettaessa pinta-alan määrittäminen kahden läpimitan mittaukseen on selvää, että ympyrän kaavaa käytettäessä eri suunnissa mitattuja läpimittoja vastaavien pinta-alojen keskiarvo on suurempi kuin kyseisten läpimittojen keskiarvoa vastaava pinta-ala. Jos eri läpimittoja merkitään kirjaimilla D_1 ja D_2 , niin kaava (3) on voimassa.

$$(3) \quad \frac{D_1^2 + D_2^2}{2} \leq \left(\frac{D_1 + D_2}{2}\right)^2$$

Täsmällisesti näiden menetelmien suhteen esittää kaava 4. Tästä kaavasta saattaa olla hyötyä eräissä vertailuissa.

$$(4) \quad \frac{D_1^2 + D_2^2}{2} = 2\left(\frac{D_1 + D_2}{2}\right)^2 - D_1 D_2$$

(Vrt. MATÉRN 1956, s. 11)

Edellä olevan perusteella on selvää, ettei menetelmillä D E ja F saada ainakaan suurempia pinta-aloja kuin vastaavilla menetelmillä G, H ja I.

Edelleen on selvää, että ympyrän kaavaa käytettäessä on kahden läpimitan geometriseen keskiarvoon perustuva pinta-ala korkeintaan yhtä suuri kuin aritmeettiseen keskiarvoon perustuva pinta-ala. Tämä seikka on ylei-

¹⁾ Mitään tutkittua menetelmää ei voi kiistatta pitää puutavaran mittaussäännön tarkoitettamana menetelmänä. Tämä johtuu mittaussäännön erilaiset tulokset mahdollistavasta säännöstä: »Huomattavasti soikeista pölkkyistä mitataan kaksi toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa olevaa läpimittaa, joiden keskiarvo on pölkyn paksuus» (Suomen Asetuskokoelma 753/72).

sesti tunnettu. Näin ollen menetelmillä J, K ja L ei saada ainakaan suurempia pinta-aloja kuin menetelmillä D, E ja F.

Kun edellä mainitut väittämät yhdistetään, saadaan em. menetelmien välille seuraava yhteys.

$$\begin{array}{l} J \approx D \approx G \\ K \approx E \approx H \\ L \approx F \approx I \end{array}$$

Kuten taulukossa 5 esitetyistä, koko aineistoa koskevista tiedoista ilmenee, edellä olevat yhteydet pitävät paikkansa myös tässä aineistossa. Samoin voidaan taulukosta 5 todeta, että ympärysmittauksella on päädytty keskimäärin 3...4 % liian suuriin tuloksiin. Melkoisesti liian suuria pinta-aloja on saatu myös niillä menetelmillä, jotka perustuvat suurimman läpimitan ja kohtisuorassa sitä vastaan olevan läpimitan mittaukseen, olipa sitten kysymyksessä näiden läpimittojen aritmeettinen tai geometrinen keskiarvo tahi eri läpimittoja vastaavien ympyröiden pinta-alojen keskiarvo (Menetelmät E, H ja K).

Sekä koivu- että haapa-aineistossa pienin ero vertailumenetelmään on saatu silloin, kun pinta-ala on otettu niiden ympyröiden keskiarvo, jotka

Taulukko 5. Poikkileikkauksen pinta-alan määrittämenetelmien vertailu. Koko aineisto
Table 5. Comparison between various methods for determining disk area. Whole material

Menetelmä Method Ks. taulukko 4 See table 4	Ero menetelmään A — Difference from method A			
	Koivu mm ²	Birch %	Haapa mm ²	Aspen %
A	0 ¹⁾	0	0 ¹⁾	0
B	+ 1319 ²⁾	+ 4,11	+ 1241	+ 3,21
C	+ 1685	+ 5,24	+ 1443	+ 3,73
D	+ 599	+ 1,86	+ 412	+ 1,06
E	+ 1290	+ 4,02	+ 1104	+ 2,85
F	- 131	- 0,41	- 331	- 0,86
G	+ 680	+ 2,12	+ 499	+ 1,29
H	+ 1346	+ 4,19	+ 1167	+ 3,02
I	- 82	- 0,26	- 273	- 0,71
J	+ 517	+ 1,61	+ 324	+ 0,84
K	+ 1235	+ 3,84	+ 1041	+ 2,69
L	- 179	- 0,56	- 390	- 1,01

¹⁾ Kiekkojen keskimääräinen pinta-ala koivulla 32127 mm² ja haavalla 38701 mm² — Average area of disks of birch, 32127 mm², and of aspen, 38701 mm²

²⁾ + tarkoittaa, että menetelmällä saatu pinta-ala on liian suuri ja —, että se on liian pieni
+ means that the area is overestimated and — underestimated

vastaavat pienintä läpimittaa ja sitä vastaan kohtisuorassa olevaa läpimittaa (Menetelmä I). Sangen hyviä tuloksia on saatu myös silloin, kun ympyrän kaavassa on läpimittana pidetty em. läpimittojen aritmeettista tai geometristä keskiarvoa (Menetelmät F ja L).

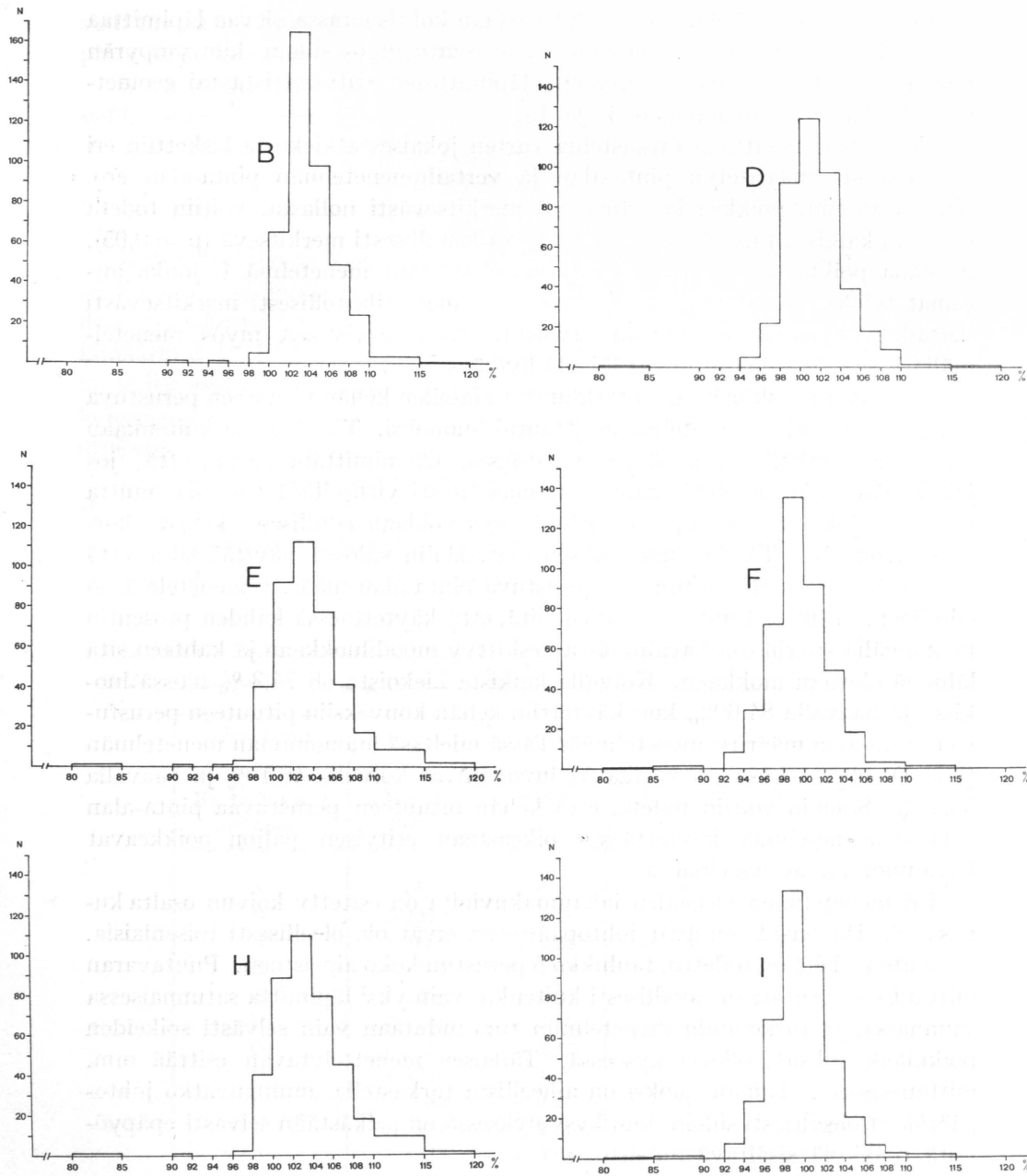
Tilastomatemattista tarkastelua varten jokaisesta kiekosta laskettiin eri menetelmillä määritetyn pinta-alan ja vertailumenetelmän pinta-alan ero. Kun testattiin, poikkeako tämä ero merkitsevästi nolasta, voitiin todeta likimain kaikissa tapauksissa eron olevan tilastollisesti merkitsevä (p = 0,05). Ainoana poikkeuksena oli parhaaksi osoittautunut menetelmä I, jonka antamat tulokset eivät koivuaineistossa poikenneet tilastollisesti merkitsevästi vertailumenetelmällä saaduista arvoista. Koivuaineistossa myös menetelmällä F saadut tulokset olivat lähellä hylkäysrajaa.

Pelkästään keskimääräistä tarkkuutta ajatellen kehän pituuteen perustuva pinta-alan määrittämenetelmä osoittautui huonoksi. Tästä ei saa kuitenkaan tehdä liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä. On nimittäin selvää, että jos jokin määrittämenetelmä antaa systemaattisesti virheellisiä tuloksia, mutta virheiden jakauma on suppea, virheellisyys voidaan edullisesti korjata korjauskertoimella. Tämän tutkimuksen materiaalin valossa näyttää siltä, että tässä suhteessa kehän pituuteen perustuva pinta-alan määrittämenetelmä on edullinen. Tämä näkyy esimerkiksi siitä, että käytettäessä kahden prosentin luokkaväliä suurin osa havainnoista keskittyy moodiluokkaan ja kahteen sitä lähinnä olevaan luokkaan. Koivulla kaikista kiekkoista oli 74,3 % näissä luokissa ja haavalla 84,6 %, kun käytettiin kehän konvekseen pituuteen perustuvaa pinta-alan määrittämenetelmää. Tässä mielessä huonoimman menetelmän (I ja D) ollessa kyseessä vastaavat luvut olivat koivulla 48,1 % ja haavalla 55,4 %. Samoin voitiin todeta, että kehän pituuteen perustuvaa pinta-alan määrittämenetelmää käytettäessä oikeastaan erityisen paljon poikkeavat havainnot olivat harvinaisia.

Eri menetelmien virheiden jakaumakuvioita on esitetty koivun osalta kuvassa 6. Haavasta tehtävät johtopäätökset eivät ole oleellisesti toisenlaisia.

Kuten edellä on todettu, taulukko 5 perustuu koko aineistoon. Puutavaran mittauksessa mitataan tavallisesti kuitenkin vain yksi läpimitta satunnaisessa suunnassa, ja tarkempiin menetelmiin turvaudutaan vain selvästi soikeiden poikkileikkauksien ollessa kyseessä. Tällaisen menettelytavan esittää mm. mittaussääntö. Tämän vuoksi on aiheellista tarkastella, muuttuvatko johtopäätökset oleellisesti silloin, kun kysymyksessä on pelkästään selvästi epäpyöreitä pölkkyjä sisältävä aineisto.

Taulukkoon 6 on laskettu eri menetelmillä saatuja tuloksia silloin, kun pienimmän ja suurimman läpimitan suhde on 90 % tai sitä pienempi. Tällaisia kiekkoja oli koivuaineistossa 120 ja haapa-aineistossa 53 eli 29 ja 22 prosenttia. — Taulukon 6 perusteella voidaan todeta, ettei johtopäätöksiä tarvitse muuttaa. Sekä koivu- että haapakiekkojen ollessa kyseessä vähiten vertailumene-



Kuva 6. Histogrammeja erilaisista koivun poikkileikkauksen pinta-alan määrittämismenetelmistä. 100 = oikea pinta-ala. N = 420. Menetelmät, ks. taulukko 4

Fig. 6. Histograms of various methods for determining birch disk area. 100 = real area. N = 420. See table 4 for methods

telmästä poikkeavan tuloksen antoi menetelmä I, joka osoittautui parhaaksi menetelmäksi myös koko aineistoa tarkasteltaessa. Likimain oikeita tuloksia saatiin myös menetelmällä F. Merkittävää on, että tällaisessa aineistossa yleinen ristimittamenetelmä D antoi 2...3 % liian suuria tuloksia. Tässä erityisen epäpyöreässä materiaalissa tämän ja myös muiden menetelmien keskimääräiset virheet olivat myös suurempia kuin koko aineistossa pienimpään ja sitä vastaan kohtisuorasti mitattuun läpimittaan perustuvien menetelmien muodostaessa kuitenkin osittain poikkeuksen.

Hyvältä mittausmenetelmältä voidaan vaatia myös sitä, ettei sen tarkuus oleellisesti riipu pölkkyjen koosta. Tässä mielessä pienimpään ja sitä vastaan kohtisuorasti mitattuun läpimittaan perustuvat menetelmät osoittautuivat oleellisesti paremmiksi kuin kehän pituuteen tai suurimpaan läpimittaan perustuvat menetelmät. Koivuaineistossa korrelaatio pölkyn suuruutta kuvaavan kehän pituuden ja prosentuaalisen virheen välillä oli 0,039 menetelmässä I ja 0,031 menetelmässä F. Nämä ovat merkityksettömän pieniä korrelaatioita verrattuna esimerkiksi menetelmän B korrelaatioon 0,413, menetelmän C korrelaatioon 0,403, jne. Haapa-aineistossa vastaavat prosentuaalisen virheen ja kehän pituuden väliset korrelaatiot olivat 0,003 menetelmässä

Taulukko 6. Poikkileikkauksen määritysmenetelmien vertailu aineistossa, jossa pienimmän ja suurimman läpimitan suhde on alle 0,9. Koivukiekkkoja 120, haapakiekkkoja 53.

Table 6. Comparison between various methods for determining disk area in the material where the ratio between the smallest and largest diameters is less than 0,9. Number of birch disks, 120, and those of aspen, 53

Menetelmä Method Ks. taulukko 4 See table 4	Ero menetelmään A — Difference from method A			
	Koivu — mm ²	Birch %	Haapa — mm ²	Aspen %
A	0 ¹⁾	0	0 ¹⁾	0
B	+ 1575	+ 5,13	+ 1910	+ 5,13
C	+ 2008	+ 6,54	+ 1962	+ 5,27
D	+ 950	+ 3,09	+ 736	+ 1,98
E	+ 1784	+ 5,81	+ 1531	+ 4,11
F	- 226	- 0,74	- 200	- 0,54
G	+ 1139	+ 3,71	+ 946	+ 2,54
H	+ 1922	+ 6,26	+ 1696	+ 4,55
I	- 114	- 0,37	- 53	- 0,14
J	+ 760	+ 2,47	+ 526	+ 1,41
K	+ 1647	+ 5,36	+ 1366	+ 3,67
L	- 339	- 1,10	- 347	- 0,93

1) Kiekkkojen keskimääräinen pinta-ala koivulla 30720 mm² ja haavalla 37262 mm² — Average area of disks of birch, 30720 mm², and of aspen, 37262 mm²

I, 0,017 menetelmässä F, 0,283 menetelmässä B ja 0,339 menetelmässä C. Esimerkkinä taas suurimpaan läpimittaan perustuvista menetelmistä voidaan mainita koivuaineistossa menetelmän D korrelaatio 0,183 ja menetelmän E korrelaatio 0,278 sekä haapa-aineiston vastaavat korrelaatiot 0,192 ja 0,408.

Edellä esitetyissä korrelaatioissa pölkyn järeyttä mitattiin sen kehän pituudella. Vastaavarlaisia tuloksia saadaan, jos järeyden indikaattorina käytetään esimerkiksi suurinta läpimittaa.

3. 3. EMPIIRISET KORJAUSKERTOIMET

Periaatteessa kaikki edellä tarkastellut pinta-alan määrittämismenetelmät ovat aineistosta riippumattomia. Ennakolta on kussakin tapauksessa sovittu tietty menettelytapa, jonka antamia tuloksia on verrattu luotettavana pidettyyn menetelmään. Voidaan kuitenkin ajatella myös toisenlaisia lähestymistapoja. Eräs mahdollisuus on määrittää empiirisestä aineistosta korjauskertoimia, joita käyttäen voidaan päätyä erilaisista läpimitta- tai sädetunnuksista oikeaan pinta-alaan. Tällaista lähestymistapaa on edustanut esim. SUGIMOTO (1951), jonka mukaan ympyrän pinta-alan kaavaa käytettäessä päädytään oikeaan pinta-alaan pitämällä läpimittana kaavan (5) esittämää arvoa.

$$(5) \quad D = 0,4 D_{\max} + 0,6 D_{\text{koht}}$$

jossa

D = ympyrän pinta-alan kaavassa käytettävä läpimitta
 D_{\max} = suurin poikkileikkauksen läpimitta
 D_{koht} = suurinta läpimittaa vastaan kohtisuorassa oleva läpimitta

Kaavassa (5) olevat kertoimet 0,4 ja 0,6 SUGIMOTO on saanut empiiristä tietä.

Korjauskertoimia voidaan laskea erilaisille läpimitta- ja sädetunnuksille. Ilmeisesti käytännössä on helpointa mitata SUGIMOTOSTA poiketen poikkileikkauksen suurin ja pienin läpimitta. Tästä syystä niiden käyttöä koskevat korjauskertoimet ovat mielenkiintoisimmat.

Tämän tutkimuksen aineistosta laskettiin kaavaa (5) vastaavat korjauskertoimet kaavoja (6) ja (7) käyttäen. Tällöin on siis kaava (8) voimassa kunakin poikkileikkauksen osalta.

$$(6) \quad k_1 = \frac{D_{\max} - D}{D_{\max} - D_{\min}}$$

jossa

D_{\max} = suurin poikkileikkauksen läpimitta
 D_{\min} = pienin poikkileikkauksen läpimitta
 D = poikkileikkauksen pinta-alaan vastaavan ympyrän läpimitta

$$(7) \quad k_2 = 1 - k_1$$

$$(8) \quad D = k_1 D_{\max} + k_2 D_{\min}$$

Koivuaineistossa kertoimeksi k_1 saatiin 0,47 ja kertoimeksi k_2 0,53. Haapa-aineistossa vastaavat luvut olivat 0,34 ja 0,66. Kun kyseiset kertoimet laskettiin pelkästään selvästi epäpyöreitä kiekkoja sisältävästä aineistosta, jossa pienimmän ja suurimman läpimitan suhde oli 0,9 tai alle, koivulla saatiin kertoimiksi 0,53 ja 0,47 sekä haavalla 0,43 ja 0,57. — Kaikki nämä kertoimet tarkoittavat keskiarvoja. Poikkileikkauksesta toiseen kertoimien arvot vaihtelevat luonnollisesti enemmän.

Kertoimien huomattavasta vaihtelusta voidaan päätellä, ettei tämä pinta-alan määrittämismenetelmä ole kovinkaan käyttökelpoinen. Ilmeistä on, että jotakin populaatiota koskevien korjauskertoimien selvittäminen vaatii laajan aineiston, ja pienehköistä mittauserästä toiseen tulosten tarkkuus vaihtelee laajoissa rajoissa. Ainakin nyt tutkitun aineiston perusteella SUGIMOTON (1951) esittämä menetelmä näyttää vähemmän käyttökelpoiselta.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Tässä tutkimuksessa saavutettujen tulosten yleistettävyyttä pohdittaessa on ensinnäkin syytä kiinnittää huomiota aineiston määrään. Kuten aiemmin on todettu, koivukiekkokkoja oli tutkimuksessa 420 ja haapakiekkokkoja 240. Erityisesti koivuaineistoa voi pitää varsin suurena, kun sitä vertaa vastaavien muiden tutkimusten aineistoihin. Esimerkiksi SIOSTRZONEK (1958) tutki 20 kiekkoa, joista hän tosin selvitteli poikkileikkauksen muotoa neljänä eri ikä kautena. Tätä tutkimusta vastaava luku on siis 80 havaintoa. YAMAHATA ja MASUOKA (1959) tutkivat taas kahden mäntylajin avulla epäpyöreiden luonnetta kokonaisaineiston koostuessa 70 poikkileikkauksesta. CHACKO (1961) oli puolestaan kiinnostunut neljästä puulajista. Kolmesta puulajista oli kustakin 27 kiekkoa ja yhdestä 30. — Näihin lukuihin verrattua tämän tutkimuksen aineisto on siis varsin suuri.

Toisaalta tämän tutkimuksen aineistoa voidaan arvostella sikäli, että vertailumenetelmänä pidetty pinta-ala on määritetty 16 säteen menetelmän avulla. Yleensä tämänkaltaisissa tutkimuksissa poikkipinta-ala on selvitetty tavanomaiseen tapaan planimetrillä, joka vastaa jatkuvaa säteen mittauksia. — On kuitenkin huomattava, että periaatteessa 16 säteen mittaukseen perustuva menetelmä antaa aineiston koon kasvaessa keskimäärin oikeita tuloksia. Ei voida olettaa, että minkäänlaista systemaattista virhettä syntyy jatkuvaan sädemittaukseen verrattuna. Kun aineiston koko oli kummankin puulajin osalta melkoinen, olettaa sopii, ettei vertailumenetelmällä ole saatu oleellisesti virheellisiä tuloksia.

Mitä taas aineiston antamien tulosten yleistettävyyteen muuten tulee, on huomattava, että peruspopulaatio muodostuu kahden tehtaan tietyssä aikana saamasta puutavaramäärästä. Kaikki tilastolliset testaukset koskevat tätä (tarkemmin tuntematonta) populaatiota. Aineistosta ei voida millään tavoin päätellä, perustuvatko tehdyt havainnot jollakin tavalla poikkeukselliseen materiaaliin. Mahdolliselta kuitenkin tuntuu, että tämän tutkimuksen päätulokset ovat yleistettävissä laajemmaltikin kuin peruspopulaatioonsa. Näillä päätuloksilla tarkoitetaan lähinnä eri mittausmenetelmien suhteita. Mahdollista sen sijaan on, että tässä tutkimuksessa on jostakin syystä tavantomaista enemmän epäpyöreitä poikkileikkauksia. Kuten aiemmin on mainittu, esimerkiksi norjalaisen BØRSETIN (1952) tuloksiin verrattuna tässä tutkimuksessa havaittu haavan epäpyöreys oli noin kaksinkertainen suurimman ja pienimmän läpimitan erotuksella mitaten.

Tämän tutkimuksen tulosten sovellutusmahdollisuuksista erityistä huomiota kannattaa kiinnittää siihen, että parhaaksi poikkileikkauksen pinta-alan määrittämismenetelmäksi osoittautui varsin harvoin käytetty pienimmän ja sitä vastaan kohtisuorasti mitatun läpimitan menetelmä. Tällä poikkileikkauksen pinta-alan arviointimenetelmällä saatiin keskimäärin hieman liian pieniä tuloksia toisin kuin esimerkiksi kenties yleisimmin käytetyllä pienimmän ja suurimman läpimitan keskiarvoon perustuvalla menetelmällä. Tiedossa ei ole, kuinka usein jälkimmäistä menettelytapaa pidetään puutavaran mittaussäännön tarkoituksena menetelmänä, antaahan tämä sääntö mahdollisuuden erilaisiin tulkintoihin: »Huomattavasti soikeista pölkkyistä mitataan kaksi toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa olevaa läpimittaa, joiden keskiarvo on pölkyn paksuus» (S.as.kok. 753/72). Kun pienin ja suurin läpimitta ovat pölkkyssä suurin piirtein kohtisuorassa toisiaan vasten, tuntuu luonnolliselta olettaa, että käytännön mittaustoiinnassa pölkyn läpimitaksi otetaan herkästi niiden keskiarvo. Tällöin saadaan tämän tutkimuksen mukaan epäpyöreissä pölkkyissä helposti 2...3 % liian suuri pinta-ala ja vastaavasti liian suuri kuutiomäärä. Tuntuukin aiheelliselta korostaa tämän tutkimuksen antamien viitteiden perusteella, ettei puutavaran mittaussäännön tarkoituksena menettelytapana voida pitää suurimman ja pienimmän läpimitan keskiarvoon perustuvaa menetelmää. Ellei tyydytä satunnaiseen mittaussuuntaan tai satunnaiseen mittaussuuntaan ja sitä vasten kohtisuorasti mitattuun läpimittaan, tämän tutkimuksen mukaan on siis aiheellista etsiä poikkileikkauksen pienin läpimitta ja mitata huolellisesti sitä vasten kohtisuorasti oleva läpimitta, joka ei siis välttämättä ole suurin läpimitta. Asian tärkeyden huomioon ottaen tuntuu myös aiheelliselta harkita jatkotutkimuksia, joilla selvitetäisiin tässä tutkimuksessa havaitun ilmiön laajempi yleistettävyyks.

KIRJALLISUUTTA

- BØRSET, O. 1952. Undersøkelser over aspetømmer. Summary: Investigations on aspen logs. Medd. Norske Skogforsøksv. 39: 355—423.
- CHACKO, 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.
- CHATURVEDI, M. D. 1926. Measurements of the cubical contents of forest crops. Oxford For. Mem. 4.
- HEIKKILÄ, T. 1913 a. Koealojen kaulaamisesta. Tapio 6(5): 139—143.
— » — 1913 b. Koealojen kaulaamisesta ja puiden poikkileikkauksipinnan soikeudesta. — Tapio 6(11): 324—331.
— » — 1927. Über die Ermittlung der Querfläche eines Stammes. Acta For. Fenn. 32.3.
- KÄRKKÄINEN, M. 1974. Keskusmuotoluvun perusteita tukkien ja kuitupuun mittauksessa. Summary: Foundations of middle form factor in the measurement of logs and pulpwood. Silva Fenn. 8(1): 47—88.
- LIPAS, E. 1974. Determination of the radial growth of a tree from circumference measurements. Seloste: Puun sädekasvun määrittäminen ympärysmittauksella. Commun. Inst. For. Fenn. 81. 3.
- LOETSCH, F., ZÖHRER, F. & HALLER, K. E. 1973. Forest inventory. Volume II. Bern-Wien.
- MATERN, B. 1956. On the geometry of the cross-section of a stem. Sammanfattning: Om stamtvärnsnittets geometri. Medd. Stat. SkogsforsknInst. 46.11.
- 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.
- RIKKONEN, P. 1974. Koivuvaneritukkien kuutiointi. Summary: Calculation of the volume of birch veneer logs. Folia For. Inst. For. Fenn. 217.
- SEGERCRANTZ, J. 1972. Matematiikan lyhyen peruskurssin integraalilasku. Julk. Teknillisen korkeakoulun ylioppilaskunta, moniste 318. Otaniemi.
- SIOSTRZONEK, E. 1958. Radialzuwachs und Flächenzuwachs. Genauere Bestimmung des Grundflächenzuwachses mit Borhspänen und Stammscheiben. Forstwiss. Cbl. 77(7/8): 237—254.
- SUGIMOTO, H. 1951. (On the stem-diameter) J. Jap. For. Soc. 33(11): 362—365. (Ref. FA) Suomen Asetuskokoelma 753/72 (Puutavaran mittaussääntö).
- TIRÉN, L. 1929. Über Grundflächenberechnung und ihre Genauigkeit. Resumé: Om grundyteberäkning och dess noggrannhet. Medd. Stat. Skogsforsöksanst. 25: 229—304.
- TISCHENDORF, W. 1927. Lehrbuch der Holzmassenermittlung. Berlin.
- 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.

SUMMARY:
MEASUREMENT OF THE CROSS-SECTIONAL AREA OF BIRCH AND
ASPEN LOGS

The aim of the study was to determine the extent to which the cross section of birch and aspen logs deviate from a circle and to test some simple methods for measuring the cross-sectional area which can be used for instance for determining the volume of logs. The material consisted of 420 birch disks and 240 aspen disks which were representative of the logs arriving at two factories during a specific period. All the disks were debarked.

The circumference, largest and smallest diameter and the diameters passing at right angles to these were measured. In addition, 16 radii from the pith to the outer edge of the disks were also measured. The angle between each radius was $0,125 \pi$ rad ($22,5^\circ$). The cross-sectional area calculated from these radial measurements was taken to be the correct one. As the material was large, the value for the cross-sectional area calculated by this method can be considered to be approximately the same as that which would be obtained with a planimeter.

The convex deficit values for the material used in the study were very small, the cross-sectional area error being in general less than 1%. The difference between the normal circumference and the circumference including irregularities was only of the order of a few millimeters. On the other hand, other parameters deviated from the circular form to quite a large degree. For instance, the difference between the largest and smallest diameters of both birch and aspen disks was on average approximately 8% of the largest diameter.

It was also evident from the material that the radii measured from the pith to the surface of the wood varied considerably more in the same disk, as regards length, than the diameters measured in different directions. Even when the pith was situated quite a long way off-center, the diameter measurements were of similar magnitude. This also explains why the difference between the shortest and longest radius was on average about 20% of the longest radius, or about twice the difference between the largest and smallest diameter expressed as a percentage of the largest diameter.

It was evident that the shape of the average cross-sectional area was not in general elliptical. It thus appears that any method for measuring the cross-sectional area which is based on an elliptical formula is not suitable. The method which gave the best results was that in which the cross-sectional area was taken as the average of the area of the circle calculated from the smallest diameter and that calculated from the diameter passing at right angles to it.

This method also appeared to be the best for disks which deviated to quite a large degree from the circular form. The suitability of this method is increased by the fact that the relative error is only slightly dependent on the size of the disk. The other methods which were examined turned out to be particularly weak in this respect.