

FOLIA FORESTALIA 183

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1973

HEIKKI NIKKILÄ

KYLKITIHEYSMENETELMÄ
KUITUPUUPINON KIINTOMITAN
MÄÄRITTÄMISESSÄ

THE PILE FACE DENSITY METHOD
IN MEASURING THE SOLID
VOLUME OF A PULPWOOD PILE

Metsäntutkimuslaitos

Kirjasto

- No 134 Aarne Reunala & Ilpo Tikkanen: Metsätilanomistajat metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakkila & Olavi Saikku: Kuoriprosentin määritys sahanhakkeesta.
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- No 136 Ukko Rummukainen: Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—1970.
On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. 4,—
- No 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50
- No 138 P. J. Viro: Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. 2,50
- No 139 Seppo Kaunisto: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnonpuiden määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä.
Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. 1,50
- No 140 Matti Ahonen & Markku Mäkelä: Juurakoiden irrottaminen maasta pyöräkuormaajilla.
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta.
Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä.
On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiihonen & Juho Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezeichneten Bestandes auf Grund von Stammzahlaufnahme durch den Holzfäller. 2,—
- No 144 Esko Leinonen: Puutavaran mittaus kuorma- ja otantamenetelmillä.
Measurement of timber by the load and sampling methods. 4,—
- No 145 Esko Leinonen: Tilavuuspaino-otanta sahatukkien mittauksessa.
Green density sampling in sawlog scaling. 1,50
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuripuun kuljetus.
Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakkila, Jouko Laasasenaho & Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja.
Branch data for logging work. 2,—
- No 148 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Suomessa.
Proportion of waste wood in the total cut in Finland. 2,—
- No 149 N. A. Osara: Some trends in world forestry with respect to Finland.
Eräitä metsä- ja puutalouden kehitysilmiöitä maailmassa ja Suomessa. 1,—
- No 150 Ole Oskarsson: Suomalaiset plusmännyt ja pluskuuset.
Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Harstela & Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja tärinäaltistus pelkässä kaadossa.
Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in feeling. 5,—
- No 152 Kari Keipi: Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa.
The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland. 4,—
- No 153 Hannu Vehviläinen: Palkkaus ja työolot metsäkonetoissa syksyllä 1971.
The working conditions and earnings of forest-machine operators in autumn 1971 in Finland. 9,—
- No 154 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—
- No 155 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukkipuutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz. 2,50
- No 156 Eljas Pohtila: Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930—45 tehdyistä kuusiviljelyistä.
Results of spruce cultivation from 1930—45 on state-owned lands in Perä-Pohjola. 1,50
- No 157 Eino Mälkönen: Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus männikön ravinnevaroihin.
Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands. 1,50
- No 158 Kaarlo Kinnunen & Erkki Lähde: Kylvöajankohdan vaikutus kennotaimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana.
The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. 2,50
- No 159 Pentti Hakkila: Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa.
Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. 2,—
- No 160 Kullervo Etholén: Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä.
The success of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed.
Состояние культур сосны в Северной Финляндии и происхождение семян. 3,—

FOLIA FORESTALIA 183

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1973.

Heikki Nikkilä

KYLKITIHEYSMENETELMÄ KUITUPUUPINON KIINTOMITAN MÄÄRITTÄMISESSÄ

The pile face density method in measuring the
solid volume of a pulpwood pile

ALKUSANAT

Esillä oleva julkaisu kuuluu osana Pinomittauksen kehittämisryhmän tutkimuksiin, ja sen tulokset on jo julkaistu ennakkotiedonantoina kolmessa monisteessa (NIKKILÄ ja HEISKANEN 1972, NIKKILÄ 1972 a ja b). Näistä monisteista on kerätty tärkeimmät tulokset nyt esillä olevaan niteeseen.

Esitän parhaat kiitokseni metsäteknologian tutkimusosaston henkilökunnalle, Pinomittauksen kehittämisryhmän jäsenille sekä nimeämättä joukolle muita henkilöitä, jotka ovat auttaneet tutkimuksen tekemisessä.

Helsinki 1973-05-15

Heikki Nikkilä

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY	3
TIIVISTELMÄ	4
1. JOHDANTO	6
2. TUTKIMUSTEHTÄVÄN RAJOITTAMINEN	6
3. TUTKIMUSMENETELMÄ	7
31. Näytepinojen valinta	7
32. Suoritetut mittaukset	7
4. TUTKIMUSAINEISTOT	10
41. Vuoden 1972 aineisto	10
42. 1960-luvun aineisto	10
43. Enso-Gutzeit Osakeyhtiön aineisto	10
44. Erillinen hajonta-aineisto	10
5. TUTKIMUKSEN TULOKSET	11
51. Eri tavaralajien kylkitiheys	11
52. Kylkitiheys pinon eri puolilla	12
53. Kylkitiheyden pinojen välisestä hajonnasta	12
54. Saksi- ja tikkumittaus toisiinsa verrattuina	13
55. Pino- ja kylkitiheyden suhde	13
56. Kylkitiheyden pinosisäinen hajonta ja tutkitut kylkitiheysnäytteenottomenetelmät ..	15
561. Yleistä	15
562. Ympyräkoealat	15
563. Kylkitiheyskiilat	16
564. Viivanäytteet	18
57. Tutkittujen menetelmien vertailua	18
6. KYLKITIHEYSMENETELMÄN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSISTA	19
61. Mittausten ajankäytöstä	19
62. Mittausten tarkkuudesta	19
63. Katsaus kylkitiheyden mittaustapoihin ja mittareihin	20
631. Yleistä	20
632. Näytteenottomenetelmät	20
633. Kylkitiheysmittarit	21
634. Yhteenveto menetelmistä	22
KIRJALLISUUSLUETTELO	24
TAULUKOT JA KUVAT (5–11)	25

SUMMARY

The purpose of the study was to find out the possibilities of establishing from so-called face density the solid volume of the pulpwood lot in the pile. Face density means the ratio between the surface areas of the bolts visible in the face of the pile and the surface area of the pile face. The first step of a face-density method is to obtain from a sample or by measuring device the average face density of the pulpwood pile to an accuracy that is sufficient for the purpose. Face density is then converted by coefficients to solid volume content of the pile (percentage of solid volume) and the piled volume (gross volume) of the lots is multiplied by this figure. The product is the solid volume content of the lots.

The ratio between the relative solid content of a pile and its face density can be applied in practice also when both ends of all the bolts in a pile are measured and one half of these cross-section areas is converted to a cross-section area that corresponds to the true volume and in this way to true solid volume. Only one conversion factor is needed in this case and the errors are small. The method is laborious, however, and requires a good deal of measuring work.

A strong correlation ($R = 0.957$) was observed in the study between the relative solid content of a pile and its face density. The solid content: face density ratio of a pile varies over the range 0.90–1.00 and its magnitude depends primarily on the proportion (volume) of butts, but varies even within a given butt proportion with the magnitude of butt thickenings. A general rule of thumb is that the face density is the same as the relative solid content of a pile when there are no butt bolts. When the proportion calculated from the solid volume of butts increases 10 per cent, the solid content of the pile decreases from 100 to 99 per cent of face density. The relative solid content of the pile in per cent of face density decreases by a further 1 per cent per every 10 per cent increase in the proportion of butts bolts.

The relative solid content: face density ratio of a pile probably requires further study. Among other points, regional differences and differences between tree species were not fully investigated in the present study.

The deviation within a pile of face density is wide and varies capriciously. The most accurately studied was the face density sampling method of circular sample plots (area about 0.5 sq.m.). The within-pile deviation of face density measured in circular sample plots was the greater the smaller the face density. The same was true of other sampling methods. When face density was 70–75 per cent, the deviation was 5.9 per cent. When face density decreased by 10 per cent units the within pile deviation increased by 4.4 per cent units (see Fig. 9). Hence, the less dense a pile the greater the number of sample measurements that must be made in order to achieve a certain accuracy.

There are three factors of error in solid volume determination using the face density method: the error of the gross volume measurement (deviation c. 2 per cent), the error in the relative solid content: face density ratio of a pile (deviation appr. 4 per cent), and the error in the determination of the approximate face density which depends on how many face density samples are measured and what the density of the pile in question is. If the approximate face density is determined to an accuracy of ± 5 per cent ($P = 95$ per cent) the error of solid volume given by the method is ± 5 per cent. Because two of these three figures are given, the above-mentioned error is in every case ± 4 per cent ($P = 95$ per cent).

Measuring the relative solid volume by means of face density is laborious and even often inaccurate with the present sampling methods. If a sufficiently cheap and practical face density measuring method or apparatus can be developed, the method will have a place among with other ways of measuring solid volume. Most promising of the methods and equipment known appear to be, the Canadian photographic method, however it requires well-stacked

piles, a Canadian hairline method and an m/Kajaani Oy face density meter which obviously gives the best accuracy of the solutions presented so far. All these methods, are suitable only for centralised measurements and some of them, are very expensive. Of the methods based

on the measurement of bolts, circular sample plots are applicable in practice. Face density wedges based on Bitterlich-relascope may be suitable for practical use, but they require further study.

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitä mahdollisuuksia on ns. kylkitiheyden avulla selvittää pinossa olevan kuitupuuerän kiintokuutiomäärä. Kylkitiheydellä tarkoitetaan pinon kyljessä näkyvien pölkkyjen päiden pintaalojen suhdetta pinon kyljen pinta-alaan. Menetelmä perustuu siihen, että ensin selvitetään näytteestä tai mittarilla kuitupuuerän kylkitiheyden likiarvo riittäväksi katsotulla tarkkuudella. Kylkitiheys muunnetaan tutkittuja kertoimia käyttäen pinotiheydeksi (kiintomittaprocentiksi), jolla kerrotaan erän pinokuutiomäärä (kehysmitta). Lopputulos on erän kiintokuutiomäärä.

Pino- ja kylkitiheyden suhdetta voidaan soveltaa käytäntöön myös silloin, kun mitataan kaikkien pinossa olevien pölkkyjen kummatkin päät ja näiden poikkileikkalojen puolikas halutaan muuntaa pölkkyjen todellista kuutiota vastaavaksi poikkileikkauksalaksi ja sitä tietä todelliseksi kiintomitaksi. Tässä tapauksessa tarvitaan vain yksi muuntoluku, ja virheet jäävät vähäisiksi. Menetelmä on kuitenkin vaivalloinen ja vaatii paljon mittaustyötä.

Tutkimuksessa todettiin pinotiheyden ja kylkitiheyden välillä vallitseva voimakas korrelaatio ($R = 0.957$). Pinotiheyden ja kylkitiheyden suhde vaihtelee välillä 0.90–1.00 ja sen suuruus riippuu lähinnä tyvien osuudesta (kuutiomäärästä), mutta vaihtelee samankin tyviosuuden kohdalla tyvilajajenemien suuruudesta riippuen. Yleisenä ”nyrkisääntönä” pätee, että kylkitiheys on sama kuin pinotiheys, kun erässä ei ole tyvipölkkyjä. Tyvien kiintokuutiomäärästä lasketun osuuden kasvaessa 10 prosenttia pinotiheys alenee 100 prosentista 99 prosenttiin kylkitiheydestä. Pinotiheyden osuus prosentteina kylkitiheydestä alenee jokaista tyviosuuden 10 prosentin lisäystä kohti edelleen yhden prosentin.

Pino- ja kylkitiheyden suhde vaatii vielä lisäselvittelyä. Mm. alueelliset ja puulajien väliset erot jäivät nyt esillä olevalla aineistolla osittain selvittämättä.

Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta on laajaa ja oikukkaasti vaihtelevaa. Tutkituista kylkitiheyden näytteenottomenetelmistä parhaiten selvitetynä voidaan pitää ympyräkoaloja (pinta-ala n. 0.5 m^2). Ympyräkoaloilla mitattu kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta on sitä suurempi, mitä pienempi on kylkitiheys. Sama pätee muihinkin näytteenottomenetelmiin. Kylkitiheyden ollessa 70–75 prosenttia hajonta on 5.9 prosenttia. Kylkitiheyden pienentyessä 10 prosenttiyksikköä pinonsisäinen hajonta kasvaa 4.4 prosenttiyksikköä (ks. kuva 9). Mitä harvempi siis pino on, sitä enemmän siitä on mitattava näytteitä tietyn tarkkuuden saavuttamiseksi.

Kylkitiheysmenetelmällä tapahtuvassa kiintokuutiomäärityksessä on kolme eri virhetekijää: kehysmittauksen virhe (hajonta 2 prosenttia), pino- ja kylkitiheyden suhteen virhe (hajonta 4 prosenttia) ja kylkitiheyden likiarvon määrittämisen virhe, joka riippuu siitä, miten monta kylkitiheysnäytettä kuitupuuerästä mitataan ja mikä on ko. erän kylkitiheys. Jos kylkitiheyden likiarvo määritetään ± 5 prosentin tarkkuudella ($P = 95 \%$), menetelmän antaman kiintokuution virhe on yksinkertaisena ± 5 prosenttia. Kiintokuution virhe on joka tapauksessa ± 4 prosenttia. ($P = 95 \%$)

Nykyisin näytteenottomenetelmin kylkitiheyden avulla tapahtuva kiintokuution määrittäminen on työläs ja epätarkkakin. Jos pystytään kehittämään riittävän halpa ja käyttökelpoinen kylkitiheydenmittaustapa tai -laite, menetelmä puolustaa hyvin paikkaansa muiden kiintomittaan pyrkivien mittausten rinnalla. Tiedossa olevista menetelmistä ja -laitteista

vaikuttavat lupaavimmilta kanadalainen valokuvausmenetelmä, joka kuitenkin edellyttää hyvinladottuja pinoja, kanadalainen hiusviivariistikko sekä kylkitiheysmittari m/Kajaani Oy, joka on tarkkuudeltaan ilmeisesti paras tähän mennessä esitetyistä ratkaisuista. Kaikki nämä

soveltuvat vain keskitettyihin mittauksiin. Pölkkyjen mittaukseen perustuvista menetelmistä ympyräkoealat ovat käytäntöön soveltamiskelpoisia. Kylkitiheyskiilat saattavat soveltua käytäntöön, mutta vaativat vielä lisäselvittelyä.

1. JOHDANTO

Pinomittausta on yleensä pidetty käytännöllisyytensä ja tarkkuutensakin puolesta sopivana kuitupuun mittaamenetelmänä. Viime vuosina ovat kuitenkin korjuumenetelmien kehittyessä sekä puutavaran että pinon laatu muuttuneet siinä määrin, että pinomitan käytössä on ilmeisiä puutteita. Pinossa olevan puun suhteellinen määrä, jota kuvaa pinotiheysluku ($k\text{-m}^3/p\text{-m}^3$), on pienentynyt ja vaihtelee aikaisempaa huomattavasti enemmän. Syinä ovat puutavaran laatuvaatimusten ja työstöasteen alentuminen sekä koneellinen ladonta, joka tekee varsinkin ilman alus- ja pääpuita olevan pinon ulottuvuuk- sien määrittämisen vaikeaksi. Pinomittauksen tarkkuus ja luotettavuus ovat heikentyneet.

Tässä vaiheessa onkin tärkeää kehittää pinomittausta paremmin käytäntöön sopivaksi. Päämäärä on tällöin oleva pinomittautuloksen saaminen riittävällä tarkkuudella kiintomittana. Pinomitan kiintomitaksi muuntamisessa tulevat kysymykseen joko kiintomitan arviointi pinon ominaisuuksien perusteella tai pinotiheyden välitön tahi välillinen mittaaminen. Lisäksi voidaan muuntamisessa käyttää tosin heikolla tarkkuudella, keskimääräisiä pinotiheyslukuja.

Pinotiheyden välillinen mittaaminen perustuu siihen, että pinon kyljestä mitataan jokaisen pölkyn läpimitta ja niiden pinta-alan ja pinon kyljen pinta-alan suhteena lasketaan ns. kylkitiheys. Tutkimuksiin selvittävien muuntolukujen avulla muunnetaan kylkitiheys pinotiheydeksi. Näin menetellen saataisiin keskimääräisiä pinotiheyslukuja tarkempi tiheysluku ja tarkempi kiintomitta jokaiselle mitattavalle pinolle. Tällaista tapaa, kylkitiheysmenetelmää, käytetään jossakin määrin Kanadassa ja Yhdys-

valloissa. Sitä on myös meillä käsitelty paljon ammattilehdissä erityisesti 1960-luvun alussa (KELTIKANGAS 1961a ja MAKKONEN 1961 a, b ja c). Kylkitiheysmenetelmä tarjoaakin erään teoreettisen mahdollisuuden pinomitan kiintomitaksi muuntamiseksi, minkä vuoksi se otettiin tutkittavaksi Pinomittauksen kehittämisryhmässä, jonka tutkimuksiin esillä oleva työ kuuluu.

Pinotiheyden ja kylkitiheyden välisestä riippuvuudesta sekä siihen liittyen pinotavarapölkkyjen kuutioosuhteista on kotimaisessa kirjallisuudessa jonkin verran tietoja (TUOVINEN 1948, MAKKONEN 1958 ja 1959, MAKKONEN 1960, PERTOVAARA 1960, KELTIKANGAS 1961a ja b, MAKKONEN 1961a, b ja c, NISULA 1963, PERTOVAARA 1964, NISULA 1967a ja b). Kylkitiheyden pinon- sisäistä hajontaa on sitä vastoin tutkimustuloksiin perustuen käsitellyt vain NISULA (1967a). Kylkitiheyden mittaamenetelmistä ja mitta- reista on kirjallisuudessa vain menetelmäku- vauksia, mutta tarkkuus- ja kustannustiedot puuttuvat miltei kokonaan (ARO et al. 1958, MAKKONEN 1959, KELTIKANGAS 1961b, NISULA 1963, HEMMI 1972, NISULA 1972).

Kuten jo mainittiin, kuuluu kylkitiheydetutkimus osana Pinomittauksen kehittämisryhmän tutkimuksiin. Sen tulokset onkin julkaistu en- nakkotiedonantoina samalla tavoin kuin muut ryhmän tutkimustulokset (NIKKILÄ ja HEIS- KANEN 1972, NIKKILÄ 1972a ja b). Myös edellä mainitut HEMMIN (1972) ja NISULAN (1972) selvitykset on tehty ko. ryhmän toi- meksiannosta.

2. TUTKIMUSTEHTÄVÄN RAJOITTAMINEN

Pinomittauksen kehittämisryhmä otti tavoit- teekseen selvittää, millä tavoin pinomitta voi- taisiin muuntaa kiintomitaksi käytännön mit- taustoitimuksissa. Yhtenä mahdollisesti kysy- mykseen tulevana menetelmänä otettiin tutkit-

tavaksi pinotiheyden välillinen mittaaminen ns. kylkitiheyden avulla. *Kylkitiheydellä tarkoitetaan tässä yhteydessä pinon kyljessä näkyvien pölkkyjen päiden kokonaispinta-alojen suhdet- ta pinon kyljen pinta-alaan.*

Kylkitiheystutkimukselle asetettiin kolme päätavoitetta:

1. Selvittää pinotiheyden ja kylkitiheyden välinen riippuvuus. Tästä suhteesta käytetään nimitystä pino- ja kylkitiheyden suhde.

2. Selvittää kylkitiheyden pinonsisäistä hajontaa eri näytteenottomenetelmissä, joiksi on

valittu ympyräkoeala-, relaskooppikiila- ja viivamenetelmät.

3. Tarkastella edellisten kohtien perusteella kylkitiheyden mittausten menetelmien ja mittareiden käytäntöön soveltamista.

Tutkimus perustuu neljään eri osa-aineistoon. Yksi aineisto on kerätty jo vuosina 1962–1965 ja loput kolme aineistoa vuonna 1972.

3. TUTKIMUSMENETELMÄ

31. Näytepinojen valinta

Vuonna 1972 hankittiin aineisto pinomittauksen kehittämistutkimuksen I vaiheen koepinoista (vrt. HEISKANEN 1973a). Nämä koepinot keskitettiin maan eri puolilla seitsemälle kohdealueelle, jotka sijaitsivat seuraavissa kunnissa: Kalvola, Virrat, Mäntyharju, Imatra, Juuka, Ristijärvi ja Rovaniemen mlk.

Jokainen tutkimuskohde käsitti kolme pinoa kutakin puulajia. Pinoille asetettiin seuraavat vaatimukset.

1. ei ylivuotisia eikä lajiteltuja
2. määräpituista, 2–3 m tavaraa
3. kuorellista tavaraa
4. pinotiheydet ja pölkkyjen järeydet vaihtelevia (Saatuisten tulosten perusteella ei pyritä selvittämään keskimääräisiä pinotiheyksiä)
5. aineistoon pyritään saamaan eri tavoin s.o. koneellisesti ja käsin ladottuja pinoja
6. pinoon alimmainen rivi pitää olla määritettävissä
7. pääpuut osassa pinoista, jos mahdollista
8. vain yhtä puulajia (n. 90 %). Lehtipuupinoissa päälaji koivu
9. pinoon suuruus n. 15–25 p-m³.

1960-luvun aineisto valittiin subjektiivisesti maan eri puolilta ja siihen pyrittiin saamaan vaihtelua tavarain pituuden, puulajin, puutavara-lajin ja pölkkyjen keskiläpimitan mukaan.

Enso-Gutzeit Osakeyhtiössä kerätty aineisto valittiin subjektiivisesti eri puolilta yhtiön hankinta-alueelta, pitäen silmällä aineiston edustavuutta ja vaihtelevuutta.

Kylkitiheyden pinonsisäisen hajonnan selvittämiseksi kerättiin tiedot yhdestätoista pinosta, joista seitsemän kuuluu myös 1972 varsinaiseen aineistoon ja neljä muuta ovat myös subjektiivisesti valittuja konepinoja.

32. Suoritetut mittaukset

Vuoden 1972 aineistosta *pinomitta* määritettiin puutavaran mittaussäännön mukaisesti koskemattomasta pinosta sekä *uudelleenpinomisen jälkeen*. Lisäksi mitattiin pinomitta myös ns. *ruotsalaisen järjestelmän mukaan* seuraavan ohjeen mukaisesti.

”Pinon pituus mitataan maan tasalta ulomaisen pölkyn ulkoreunasta toisen pään ulomaisen pölkyn ulkoreunaan desimetrin tarkkuudella.

Pinon korkeudet mitataan pinon molemmilta puolilta. Alle 5 metrin pinoissa väli on 50 cm, ja sitä pitemmissä 100 cm. Ensimmäinen mittauskohta on puolen mittausvälin etäisyydellä pinon alkupäästä. Mittaukset suoritetaan samalla tavoin pinon molemmilta puolilta. Pinoa ei siis ’kierretä’.”

Pinotiheyksien laskemista varten määritettiin pölkkyjen kiintomitat seuraavia ohjeita noudattaen.

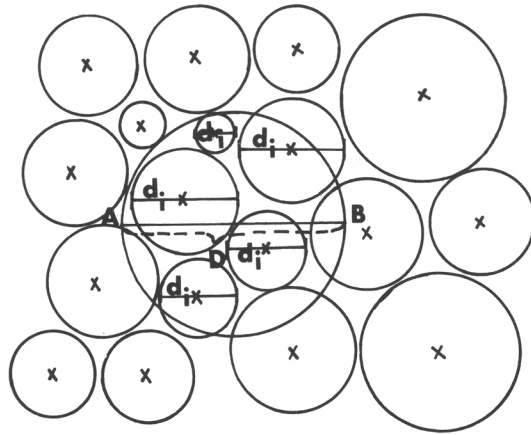
– Pölkystä määritetään läpimitta todellisen pituuden puolivälistä kuoren päältä vaakasuorassa suunnassa 1 cm:n alenevaa luokitusta käyttäen¹⁾.

Jos mittauskohdassa on oksapaisuma tai muu paksunnos, mitataan kaksi läpimittaa paksunnoksen molemmilta puolilta sen ulkopuolelta. Näiden läpimittain keskiarvo on pölkyn paksuus.

Joka 10:s pölkky on koepölkky, jossa määritetään keskusläpimitan lisäksi tyvi- ja latväläpimitat samalla tavalla kuin keskusläpimittana¹⁾. Mittaukset suoritetaan 5 cm:n etäisyydeltä kummastakin päästä. Jos mittauskohdassa on oksa-

1) Kuutioitaessa aleneva luokitus muutettiin todellista läpimittaa vastaavaksi.

Kuva 1 Ympyräkoelan mittauksen periaate
Fig 1 The principle of measuring circular sample plots



Näytteen kylkitiheys on $\frac{\sum (d_i)^2}{D^2}$ missä d_i = koelalle sattuvan pölkyn läpimitta ja D on koeympyrän läpimitta.

paisuma tai muu paksunnos siirretään mittauskohtaa latvassa tyveenpään ja tyvessä latvaanpään siihen, missä paksunnoksen vaikutus lopuu.

Kylkitiheysmittauksissa määritettiin kylkitiheys mittaamalla mittasaksilla pinon kummastakin kyljestä jokainen pölkyn pään vaaka-suora läpimitta sentin tasaavalla luokituksella. Läpimitta mitattiin täsmälleen pölkyn päästä. Merkinnät tehtiin erikseen pinon kummastakin kyljestä erottaen tyvi- ja muut pölkyt.

Laskelmat perustuvat ruotsalaisen menetelmän mukaisiin pinomittoihin ja pinotiheyksiin, koska ko. tavalla saadaan selville myös pinon kummankin kyljen pinta-alat. Pino- ja kylkitiheyden suhteen kannalta on samantekevää mitä pinomittaa laskelmissa käytetään. Kehysmitta tosin vaikuttaa pino- ja kylkitiheyteen, mutta suhteellinen virhe on kummassakin sama.

Jo tässä yhteydessä selvitettiin alustavasti myös otannan käyttömahdollisuuksia. Pinon kummallekin puolelle asetettiin ensimmäiseen ja kolmanteen korkeuden mittauskohtaan halkaisijaltaan 80 cm:n suuruinen näyteympyrä. Keskipiste asetettiin pinon korkeuden puoliväliin. Kaikkien ympyröiden sisälle jäävien pölkkyjen läpimitat mitattiin niin kuin edellä esitet-

tiin. Rajatapauksissa otettiin mukaan vain ne pölkyt, joiden keskipiste oli ympyrän sisäpuolella. Myös otantaympyröiden sisällä olevista pölkkyistä mitattiin tyvipölkkyt ja muut pölkkyt erikseen.

Kylkitiheyden pinon sisäisen hajonnan tutkimuksia varten kerättiin myös kaksi lisäaineistoa. Toinen saatiin Enso-Gutzeit Osakeyhtiön mittauksista, ja toinen kerättiin metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston toimesta.

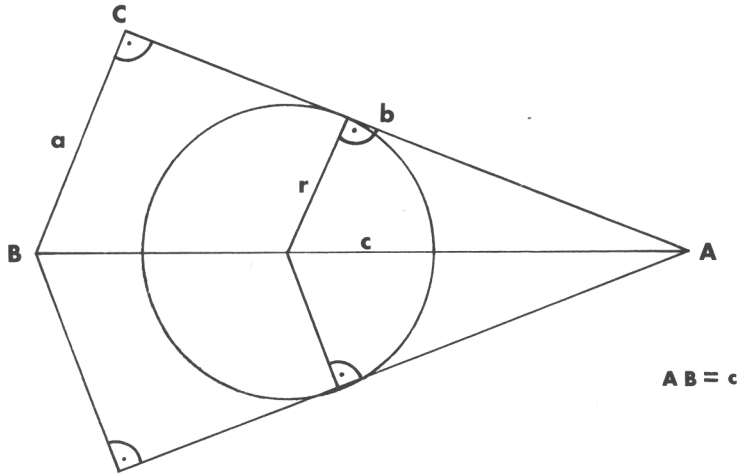
Enso-Gutzeit Osakeyhtiön aineistossa pino-kuutiomäärä merkittiin muistiin luovutus- tai työmittauksen mukaisena. Kaikkien pölkypäiden pinta-alaa ei mitattu. Kylkitiheydet saatiin 0.5 m²:n ympyräkoaloilta mitattujen kylkitiheyksien keskiarvona. Tätä aineistoa käytettiin vain kylkitiheyden pinonsisäisen hajonnan selvittämiseen.

Kylkitiheyden pinonsisäisen hajonnan selvittämiseksi kerätystä yhdentoista pinon aineistosta selvitettiin hajontatietoja seuraavasti:

– Joka toisesta korkeudenmittauskohdasta korkeuden puolivälistä otettiin halkaisijaltaan 80 cm:n ympyräkoela (kuva 1).

– Samasta keskipisteestä otettiin halkaisijaltaan 120 cm:n ympyräkoela (kuva 1).

Kuva 2 Kylkitiheyskiilan periaate
Fig 2 The principle of face density wedge
based on Bitterlich relascope



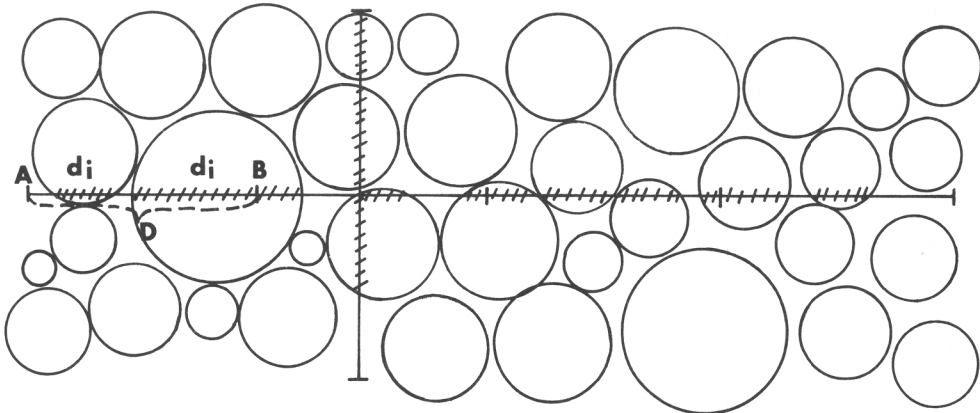
Pölkky, jonka säde on r tulee luettua, jos sen etäisyys koealan keskipisteestä on pienempi kuin $c/a \cdot r$, jos etäisyys on $c/a \cdot r$ saa pölkky -arvon $1/2$ kpl. Yhden luetun pölkyn arvo kylkitiheydessä on $100 a^2/c^2$ -prosenttiyksikköä.

– Samasta keskipisteestä otettiin näyte Tehdaspuu Oy:ssä konstruoiduilla kylkitiheyskiiloilla (5 % ja 7 %). Kiila toimii relaskoopin periaatteella. Pienemmässä kiilassa merkittiin luettu pölkky 5 % ja suuremmassa 7 % kylkitiheydessä (kuva 2).

– Vaakasuora viiva asetettiin korkeuden puoliväliin. Viiva jaettiin metrin pituisiin osiin. Pölkkyjen osuus viivan osilla mitattiin.

– Joissakin pinoissa asetettiin joka toiseen korkeudenmittauskohtaan pystysuora viiva joka jaettiin kahtia. Pölkkyjen osuus viivan osilla mitattiin (kuva 3).

Kuva 3 Viivanäytteen mittauksen periaate
Fig 3 The principle of lineal sample measurement



Näytteen kylkitiheys on $\frac{\sum d_i}{D}$ missä d_i = pölkyn paksuus tai paksuuden osa joka satuu näytteeksi valitulle viivan osalle D. $AB = D =$ viivan osan pituus.

1960-luvun aineistossa pinomittaus suoritettiin puutavaran mittaussäännön mukaisesti mutta kuitenkin siten, että pinon korkeus mitattiin 50 cm:n välein ja pituus senttimetrin tarkkuudella. Kun mittaukset tehtiin pinon molemmilta puolien erikseen saatiin selville pinon kummankin kyljen pinta-ala.

Pölkkyjen kiintomittausta varten mitattiin läpimitta pituuden puolivälistä vaakasuorassa suunnassa. Selvästi soikeista pölkkyistä suoritettiin kuitenkin ristiin mittaus. Pölkkyjen pituus mitattiin sentin tarkkuudella. Tyvipölkkyjen määrä selvitettiin. Pinon kummankin kyljen

pölkkyjen pinta-ala määritettiin mittaamalla kahdella tavalla kaikkien pölkkyjen päiden läpimitat. Toisessa mitattiin läpimitat mittasaksilla samalla tavalla kuin keskusläpimittakin. Mittauksia ei kuitenkaan tehty aivan pölkyn päästä. Toisessa tavassa mittaukset suoritettiin mittatikulla aivan pölkyn päästä suurin piirtein normaaleissa havupuissa vaakasuorassa suunnassa sekä soikeissa havupuissa ja kaikissa lehtipuissa ristiin mittauksena. Mittaukset tehtiin sentin tasaavin luokin. Kuorelliset puut mitattiin kuoren päältä ja puolipuhfaat puolipuhattain.

4. TUTKIMUSAINEISTOT

41. Vuoden 1972 aineisto

Vuoden 1972 aineisto koostuu seitsemässä eri kohteessa mitatuista 64 pinosta, joista 21 oli kuusta, 21 koivua ja 22 mäntyä. Kaikkien mitattujen pinojen yleistiedot on esitetty toisessa yhteydessä (NIKKILÄ 1972a, HEISKANEN 1973a).

Vuoden 1972 aineistosta voidaan taulukoiden tietojen lisäksi todeta, että kaikki pinot olivat vasta tehtyjä, korkeintaan pari-kolme kuukautta seisseitä ja että mitattava tavara oli kokonaisuudessaan kuorellista. Lisäksi korostettakoon seuraavia seikkoja aineistossa. 2.4 metristä tavaraa oli vain kuusi pinoja, sekin oli kaikki lehtipuuta. 3 metristä kuusta oli seitsemän pinoja. 3 metristä mäntyä sisältyi aineistoon kuusi pinoja. Pitkä havutavara on lähinnä alueella 3 (Imatra, Juuka). 3 metristä lehtipuuta oli yksi pino, joka edustanee eräänlaista laita-varianttia. Näin ollen ei aineiston perusteella ole syytä tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä 2 metriä pidemmän tavaran osalta.

42. 1960-luvun aineisto

Toisena kylkitiheysaineistona saatiin käytettäväksi metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla vv. 1962–64 ja v. 1965 kerätyt tiedot yhteensä 67 pinosta. Tästä osasta käytetään nimitystä 1960-luvun aineisto.

Osasta 1960-luvun aineiston pinoja oli käytettävissä tulokset vain uudelleen ladonnan jälkeen, mutta tällä seikalla ei ole merkitystä käsillä olevan tutkimuksen kannalta. Kaikki pinot olivat näet alunperinkin käsin ladottuja ja vain pölkkyjen ominaisuudet vaikuttavat pinotiheyden ja kylkitiheyden suhteeseen (vrt. MAKKONEN 1961 b ja NISULA 1963), jonka tarkastelemaan tätä aineistoa lähinnä käytetään.

1960-luvun aineisto edustaa pääasiassa Etelä-Suomea. Pinon keskikoko on tässä aineistossa alle puolet vuoden 1972 aineiston pinon koosta (vrt. NIKKILÄ 1972a).

43. Enso-Gutzeit Osakeyhtiön aineisto

Enso-Gutzeit Osakeyhtiössä kerättiin keväällä 1972 näytteitä 109:stä pinosta. Pinosta otettiin koosta riippuen vaihteleva määrä 0.5 m²:n koealoja, joista mitattiin pölkyn päiden pinta-ala vastaavalla tavalla kuin vuoden 1972-aineistossakin.

44. Erillinen hajonta-aineisto

Kylkitiheyden pinonsisäisen hajonnan selvittämiseksi kerättiin kesällä 1972 tietoja yhdestätoista pinosta erilaisin näyttein. Näistä seitsemän kuuluu myös vuoden 1972 varsinaiseen aineistoon.

5. TUTKIMUKSEN TULOKSET

51. Eri tavaralajien kylkitiheys

Vuoden 1972 aineiston esittelyn yhteydessä kävi selville, että pitemmän kuin 2 m:n tavarana osalta tulokset koskevat aluetta 3 (Imatra, Juuka), eivätkä siis ole valtakunnallisia. Eri tavara-
pituuksien kylkitiheyksistä ei tästä syystä tehdäkään johtopäätöksiä, vaan kysymystä käsitellään vain 2 metrisen tavarana mittaustulosten perusteella.

Vuoden 1972-aineiston ja 1960-luvun aineiston pino- ja kylkitiheydet ja niiden väliset suhteet ja tyviprosentit selviävät taulukoista 1 ja 2. Huomattakoon, että tyviprosentti 1960-luvun aineistossa on laskettu kappalemäärästä ja vuoden 1972 aineistossa pölkkyjen päiden lukumäärästä.

Vuoden 1972 aineiston 2 m:n kuitupuun kylkitiheys ja pinotiheys nähdään myös seuraavasta asetelmasta.

	Pinoja kpl	Kylkitiheys			Pinotiheys		
		KA	HAJ.	V %	KA	HAJ.	V %
Kuusi	14	69.5	2.4	3.4	66.6	3.2	4.8
Mänty	16	67.9	3.8	5.6	66.6	3.7	5.6
Lehtipuu	14	59.2	4.4	7.4	56.2	3.9	6.9
Kaikki	44	65.6	5.7	8.7	63.3	6.1	9.6

Kuusikuitupuun kylkitiheys on hieman suurempi kuin mäntykuitupuun. Sen sijaan kuusen ja männyn pinotiheydet ovat samat, joten kuusen pino- ja kylkitiheyksien suhde on alhaisempi kuin männyn. Tätä asiaa tarkastellaan jäljempänä yksityiskohtaisesti. Lehtipuun pino- ja kylkitiheys ovat merkittävästi havupuun tunnuksia alhaisemmat. Asetelmasta havaitaan myös seuraava johdonmukaisuus, joka on silmiinpistävä läpi koko aineiston riippumatta sen

ryhmittelytavasta. Kylkitiheyden ja pinotiheyden pinojen välinen hajonta on sitä suurempi, mitä pienempi on itse kylki- tai pinotiheys. Jos käsitellään kaikkia puulajeja yhdessä kylkitiheyden pinojen välinen hajonta on pienempi kuin pinotiheyden (vrt. NISULA 1967a).

Vuoden 1972 aineiston 2 m:n kuitupuun käsin ladottujen ja koneella ladottujen pinojen kylkitiheys ja pinotiheys olivat seuraavan asetelman mukaiset.

	Havaintoja kpl	Kylkitiheys			Pinotiheys		
		\bar{x}	s	V %	\bar{x}	s	V %
Käsin ladotut							
Kuusi	3	71.6	2.0	2.8	69.7	3.4	4.9
Mänty	4	67.6	4.7	7.0	66.7	5.4	8.1
Lehtipuu	5	61.5	3.7	6.0	57.6	5.0	8.7
Kaikki	12	66.0	5.5	8.3	63.6	7.0	11.0
Koneella ladotut							
Kuusi	11	68.9	2.2	3.2	65.7	2.8	4.3
Mänty	12	68.0	3.6	5.3	66.6	3.3	5.0
Lehtipuu	9	58.0	3.9	6.7	55.4	3.2	5.8
Kaikki	32	65.5	5.8	8.8	63.2	5.8	9.2

Erot koneella ja käsin ladottujen pinojen tiheystunnusten välillä eivät ole merkittäviä. Tavarapituuksien ja ladontatapojen välisistä eroista ei näiden aineistojen perusteella voi tehdä enempää johtopäätöksiä. Eroja tullaan

käsittelemään pinomittauksen kehittämiseen liittyvissä muissa tutkimuksissa.

1960-luvun aineistolla on puutavaralajien osalta lähinnä historiallista arvoa. Tässä aineistossa pino- ja kylkitiheydet ovat huomattavasti

suurempia kuin vuoden 1972 aineistossa. Puulajien väliset erot ovat samansuuntaiset, ja eri pituuksien välillä on merkitsevät erot. Kylkitiheyden mittaustapa eroaa 1972 aineiston mittauksista, mistä syystä aineistojen yhdistäminen ei tule kysymykseen.

52. Kylkitiheys pinon eri puolilla

Kylkitiheyttä pinon eri puolilla tarkastellaan vain vuoden 1972 aineiston valossa. Tulokset ovat taulukossa 5, josta voidaan tehdä mm. seuraavat päätelmät.

Pinon takapuolen kylkitiheys on koko aineistossa 99 % etupuolen (latojan puolen) tiheydestä. Kuusen ja männyn kylkitiheydet pinon kummallakin puolella ovat keskimäärin samat, mutta lehtipuupinot ovat olleet takapuolelta harvempia. Pinon etupuolen ja takapuolen kylkitiheyksien korrelaatio on 0.915 eli heikompi kuin pinotiheyden ja kylkitiheyden välinen korrelaatio 0.957. Pinon sen kyljen tiheys on suurempi, jossa tyvien osuus on suurempi. Yleisesti voidaan sanoa, että pinon kylkien tiheydet ovat sitä lähempänä toisiaan, mitä suurempi pinon kylkitiheys on keskimäärin ja mitä tasaisemmin pölkkyjen tyvipäät ovat jakautuneet pinon kummallekin puolelle. Pinon taka- ja etupuolen kylkitiheyksien suhteen hajonta on kuusipinoissa alle 3 %. Lehtipu- ja mäntypinoissa hajonta on 3–5 %. Suhteen ääriarvot ovat 87 % ja 107 %. Hajonta on keskimäärin 4 %. 95 %:in todennäköisyydellä pinon takapuolen kylkitiheys on 91–107 %

etupuolen kylkitiheydestä. Käsini ladotuissa pinoissa vaihtelu pinon eri puolien välillä on suurempi kuin koneella ladotuissa pinoissa. Käsini ladotuissa pinoissa etu- ja takapuolen kylkitiheydet ovat keskimäärin samat, mutta vaihtelut puoleen ja toiseen suuria, kuten mainittiin. Konepinoissa takapuoli on säännöllisesti harvempi. Ero käsi- ja konepinojen välillä ei ole kuitenkaan merkitsevää.

Edellä esitetystä voidaan päätellä, että pyrittäessä pinon kylkitiheyteen näyttein tai mittarein, pinon kummankin kyljen on oltava tasapuolisesti edustettuna, sillä eri kylkien tiheys saattaa poiketa jopa 10 %. Kylkien tiheyden poikkeaminen toisistaan lisää myös kylkitiheyden pinonsisäistä hajontaa ja tiettyyn tarkkuuteen pääsemiseksi vaadittavaa näytemäärää.

53. Kylkitiheyden pinojen välisestä hajonnasta

Puulajeittain ja pölkynpituuksittain pinotiheyden ja kylkitiheyden hajonta ovat samaa luokkaa. Koko aineistoa edellä tarkasteltaessa havaittiin, että kylkitiheyden suhteellinen vaihtelu on pinotiheyden vaihtelua pienempi (vrt. NISULA 1967a). Kylkitiheys näyttää siis olevan riippumattomampi niistä tekijöistä, joiden otaksutaan vaikuttavan pinotiheyteen. Ilmiötä voidaan selittää tarkastelemalla pinotiheyden todennäköisesti vaikuttavien tekijöiden korrelaatioita kylkitiheyden suhteen. Seuraavassa on otettu esille keskiläpimittojen ($d_{1/2}$, d_0)¹⁾ sekä tyviprosentin vaikutukset. Ensimmäiset luvut tarkoittavat vuoden 1972 aineistoa ja suluissa esitetyt luvut 1960-luvun aineistoa.

Korrelaatiot		
Keskiläpimitat	Pinotiheys	Kylkitiheys
$D_{1/2}$	0.250 ^x (0.437 ^{xxx}) ²⁾	0.121 (0.422 ^{xxx})
D_0	0.211 ^x	0.108
tyvi-prosentti	-0.190 ^x (-0.528 ^{xxx})	-0.023 (-0.384 ^{xxx})

1) $d_{1/2}$ = keskeltämitattu keskiläpimitta
 d_0 = päistämitattu keskiläpimitta

2) x = R poikkeaa nollasta melkein merkitsevästi
 xx = R poikkeaa nollasta merkitsevästi
 xxx = R poikkeaa nollasta erittäin merkitsevästi

Asetelma osoittaa, että suunta on sama kummassakin aineistossa. Vuoden 1972 aineistossa korrelaatiot eivät ole merkitseviä, mutta niistäkin voidaan tehdä tiettyjä päätelmiä.

Tyviprosentin kasvu ei alenna kylkitiheyttä yhtä voimakkaasti kuin pinotiheyttä. Vuoden 1972 aineistossa tyviprosentilla ei ole lainkaan

vaikutusta kylkitiheyteen. Lämpimitan kasvu ei suurena kylkitiheyttä samassa suhteessa kuin pinotiheyttä. Pölkyn muoto paranee ja pinotiheys ja kylkitiheys lähestyvät toisiaan läpimitan kasvaessa. Viimemainitulla seikalla on yhteyttä sen kanssa, että pinotiheyden ollessa korkea myös pino- ja kylkitiheyden suhde on korkea ($R = 0.374^{xxx}$ 1972 aineistossa ja $R = 0.418^{xxx}$ 1960-luvun aineistossa). Hyvämuotoinen tavara asettuu siis tiheään pinoon.

Tarkastelemalla vielä esitettyjä korrelaatioita huomataan, kuinka tilanne on pinotiheyden osalta vajaassa kymmenessä vuodessa muuttunut. Pinon harvuuteen ja tiheyteen eivät nykyisin näytä niinkään vaikuttavan perinteiset pinotiheystekijät kuten keskiläpimita ja tyviprosentti, jotka olivat merkittäviä pinotiheyden selittäjiä 1960-luvun aineistossa. Yhtä tärkeitä ovat nyt muut seikat kuten mutkaisuus, oksaisuus (karsinta) ja ladonta. Työn ja puutavaran laadun huonontuminen on nähtävissä jo näistäkin aineistoista.

54. Saksi- ja tikkumittaus toisiinsa verrattuina

1960-luvun aineistossa pölkyn päiden läpimitat on mitattu sekä saksilla että mittatikulla. Aiempienkin tutkimusten mukaan tuloksissa on menetelmästä aiheutuva systemaattinen ero (vrt. NISULA 1967a).

Pinotiheyden ja tikulla mitatun kylkitiheyden korrelaatio on 0.930. Pinotiheyden ja saksilla mitatun kylkitiheyden korrelaatio on 0.967. Ero näkyy myös pino- ja kylkitiheyden suhteen hajonnoissa siten, että edellisessä tapauksessa suhteen hajonta on suurempi (vrt. NIKKILÄ 1972a).

Koko aineistossa tikulla mittaamalla saatu kylkitiheys on 3.1 % pienempi kuin saksilla mitattu. Kuitupuulla ero on 2.7 %. Tikkumittauksien antama tulos vaihtelee 89.8–107.2 prosenttiin saksimittauksen antamasta tuloksesta. Vain seitsemässä tapauksessa 67:stä tikkumitta on antanut suuremman tuloksen kuin saksimitta. Näissä tapauksissa tyviprosentti on ollut yli 30, kun se koko aineistossa keskimäärin on 25. Jos saksimittaus olisi tehty aivan pölkyn päästä pitäisi tuloksen edelläesitettyssä tapauksessa olla aivan päinvastainen, mutta kuten jo menetelmän yhteydessä todettiin, saksimittauksia ei tehty aivan pölkyn päästä (vrt. NISULA 1967). Mittauskohdat saksi- ja tikkumittauksissa poikkeavat toisistaan.

55. Pino- ja kylkitiheyden suhde

Pino- ja kylkitiheyden suhteet on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Suhteen jakauma 1972 aineistossa nähdään taulukosta 7. Vertaamalla 1960-luvun aineistoa uuteen aineistoon havaitaan, että suhteen hajonta on kasvanut. Ero voi johtua erilaisista mittaustavoista. Myös kaatokohdan alentuminen ja tyven vaikutuksen kasvu ovat saattaneet suurentaa hajontaa (1960-luvun aineistossa tyviprosentti on laskettu tyvien %-osuutena kappalemäärästä ja vuoden 1972 aineistossa tyviprosentti on tyvien %-osuus pölkyn päiden lukumäärästä). 1960-luvun aineistossa tyviprosentti on n. 25. Vuoden 1972 aineistossa vastaavaksi muunnettu prosentti on n. 30. Vuoden 1972 aineisto sisältää siis suhteellisesti enemmän tyviä. Tyvien osuuden merkitys selviää jäljempänä.

Pino- ja kylkitiheyden suhteen hajonta vaihtelee vuoden 1972 aineistossa 2–3.5 %:iin. Lehtipuupinoissa hajonta on n. 4 % ja havupuupinoissa n. 2 %. Suhteen hajonta on yksittäisillä puulajeilla ja tavarapituuksilla alle puolet pinotiheyden hajonnasta ja koko aineiston puitteissa vain kolmannes pinotiheyden hajonnasta. Pinotiheytenä on tässä käytetty ns. tarkan todellisen kiintomitan mukaista tiheyttä. Todellinen kiintomitta on saatu korjaamalla keskeltämittausten antamaa kiintomittaa joka 10:stä pölkystä Simpsonin kaavalla ¹⁾ lasketuilla korjauskertoimilla, jotka on esitetty HEISKASEN (1973a) julkaisussa.

1960-luvun tikkumittausaineistossa pinotiheyden ja ko. suhteen hajonta ovat eri tavaramuotoissa samaa luokkaa. Koko aineiston tyveys suhteen hajonta on n. kolmannes pinotiheyden hajonnasta. Saksimittausaineistossa vastaavan suhteen hajonta on myös tavaramuotoissa aineistoissa jo hieman pienempi kuin pinotiheyden.

Kun pinotiheys on jatkuvasti alentunut ja sen hajonta samalla kasvanut mutta pinotavaran muoto sen sijaan säilynyt suurinpiirtein ennal-

1) Simpsonin kaava

$$V = \frac{a_b^2 + 4 a_m^2 + a_t^2}{6} \cdot L$$

missä V = kuutiomäärä

a_b = tyven poikkileikkauspinta-ala

a_m = keskuspoikkileikkauspinta-ala

a_t = latvan poikkileikkauspinta-ala

L = pölkyn pituus

laan, on kylkitiheysmenetelmän käyttö nykyisin suhteellisesti tarkempaa kuin ennen. On kuitenkin otettava huomioon, että kylkitiheyden pinon sisäinen hajontakin on ilmeisesti kasvanut. Kylkitiheyden määrittäminen tästä syystä on otantamenetelmiä käytettäessä vaikeampaa kuin ennen.

Aikaisemmin on todettu, että pinotiheyden ja kylkitiheyden suhteeseen vaikuttavat pinossa olevien pölkkyjen tyvilaajenoma, pituus, keskiläpimitta ja kapeneminen — siis ainoastaan pölkkyjen muoto ja pituus. Merkittävin selittäjä oli tyviprosentti ($R = -0.592^{xxx}$). Asiaa valaisivat myös korrelaatiokertoimet sivulla 12. Keskiläpimitta näytti myös vaikuttavan k.o. suhteeseen ($R = 0.366^{xxx}$). Lehtipuulla tyviprosentti korreloi voimakkaammin kuin männyllä ja kuusella ($R = -0.492^{xxx}$). Pino- ja kylkitiheyden suhteelle saatiin seuraava regressiomalli.

$$\text{Suhde \%} = 100.16 - 2.04 \cdot X_1 - 0.15 \cdot X_2 - 0.16 \cdot X_3 \cdot X_2$$

$$R = 0.709$$

$$\text{Selitysaste} = 50 \%$$

$$\text{Jäännöshajonta} = 2.1 \% \text{ (n. 2.2 \% KA:sta)}$$

$$\text{missä } X_1 = 1 \text{ jos kysymyksessä on kuusi, muuten } 0$$

$$X_2 = \text{tyviprosentti (prosenttia pölkkyjen päiden lukumäärästä)}$$

$$X_3 = 1 \text{ jos kysymyksessä on koi-vu, muuten } 0.$$

Tyvi-%	Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
	Hav. kpl	\bar{x}	Regr. arvo	Hav. kpl	\bar{x}	Regr. arvo	Hav. kpl	\bar{x}	Regr. arvo
0-9.9	3	99.3	99.4	2	98.3	97.3	1	100.2	98.6
10-19.9	15	98.3	97.9	13	95.3	95.8	15	95.8	95.5
20-29.9	4	96.1	96.3	6	95.0	94.3	4	91.7	92.3

Regressiosuoran suunta perustuu harvoin äärihavaintoihin, niinpä mallia ei voi pitää yleispätevänä. Aineiston tyviprosentin hajonta oli verraten pieni. Kuusella ja männyllä tämä malli ei oikeastaan tarjota mitään etua muuntotehtäviin, koska jäännöshajonta jää yhtä suureksi kuin se on keskiarvoluvuillakin. Tämä johtunee mainitusta tyviprosentin suppeasta vaihtelualueesta (kuvat 5 ja 6). Tällaisen mallin arvo korostuu vasta, kun tyviprosentti vaihtelee enemmän. Tämä tulee erityisen selvästi esiin

Keskiläpimitta ja pituus eivät vaikuta mallissa. Syynä on ilmeisesti se, että tyviprosentti selittää näidenkin tekijöiden osuuden. Keskiläpimitan kasvaessa tyviprosentti pienenee ($R = -0.500^{xxx}$). Jos samankokoisista rungoista tehdään pitempiä pölkkyjä, tyviprosentti kasvaa. Tyviprosentti selittää siis pituudenkin vaikutusta.

Tyviprosentti saattaa kuitenkin vaikuttaa pitemmällä tavalla eri tavalla, mutta päätelmien teko näistä seikoista on tämän aineiston perusteella vaikeaa. Myös alueellisia eroja saattaa esiintyä, koska rungon muoto alueittain vaihtelee.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty regressiomallilla lasketut pino- ja kylkitiheyksien suhteet.

Tyvi-%	Kuusi	Mänty	Lehtipuu
0	98.1	100.2	100.2
5	97.3	99.4	98.6
10	96.6	98.4	97.0
15	95.8	97.9	95.5
20	95.1	97.1	93.9
25	94.3	96.3	92.3

Eri puulajeilla ovat havaintojen keskiarvot ja vastaavat regressioarvot seuraavat:

lehtipuulla (kuva 7), vaikka senkin yleisimmät tyviprosentit ovat keskittyneet 11-23 prosentin välille. Tyviprosentin vaikutus pino- ja kylkitiheyden suhteeseen käy selville myös Rikkosen piirrokselta vuodelta 1965 (kuva 8). Vertailtaessa tätä piirrosta muihin on huomattava, että siinä tyviprosentti on laskettu pölkkyjen lukumäärästä.

Kysymyksessä olevalla tyviprosenttialueella ovat aineiston keskiarvot tällä hetkellä käytökelteisimmät luvut muuntotehtävissä edellä

esitetyn pituutta koskevin ja alueellisin varauksin. Kun aineiston perusteella ei pyritty selvittämään keskimääräisiä pinotiheyslukuja, ei sitä voida pitää edustavana myöskään pino- ja kylkitiheyden suhteen kannalta. Puulajien välillä saattaa olla eroa, mutta yhtä hyvin erilaiset keskiarvot saattavat johtua erilaisesta tyvien osuudesta. Puulajien väliseen todelliseen eroon viittaavat taulukossa 8 esitetyt väli- ja latvapölkkyjä sekä tyvipölkkyjä koskevat tulokset.

Mainittakoon vielä, että pinotiheyden ja kylkitiheyden korrelaatio on voimakas ($R = 0.957$ vuoden 1972 aineistossa ja $R = 0.967$ 1960-luvun aineistossa).

Pino- ja kylkitiheyden suhdetta voidaan vielä tarkastella Rikkosen 1960-luvulla suorittamien laskelmien perusteella. Taulukosta 8 nähdään pinotiheyden olevan vain väli- ja latvapölkkyjä sisältävissä pinoissa likimain sama kuin kylkitiheys. Pelkästään tyvipölkkyjä sisältävissä pinoissa sen sijaan pinotiheys on vain n. 90 % kylkitiheydestä. Lisäksi tämä pino- ja kylkitiheyden suhde vaihtelee huomattavasti tyvilajin suuruuden mukaan (vrt. NISULA 1963, 1967b). Sama suunta on vuoden 1972 aineistossa. Pinoissa, joissa on vähän (alle 10 %) tyviä, pinotiheys on lähellä kylkitiheyttä.

Pino- ja kylkitiheyden suhdetta ei voida katsoa tämän tutkimuksen perusteella täysin selvitettyksi. Kun tyviä ei ole, pinotiheytenä voitaneen kuitenkin käyttää suoraan kylkitiheyttä. Tyvien osuuden ollessa 10 prosenttia kiinto-kuutiomäärästä on pinotiheys 99 % kylkitiheydestä.

56. Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta ja tutkitut kylkitiheysnäytteenottomenetelmät

561. Yleistä

Kylkitiheyden pinonsisäisen hajonnan on aiemmin todettu olevan keskimäärin laajaa ja oikukkaasti vaihtelevaa (NISULA 1967a). Pino- ja kylkitiheyden hajonnan kasvaessa ovat myös kylkitiheyden pinonsisäisen hajonnan vaihtelumahdollisuudet kasvaneet.

Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta ei ole yksiselitteinen käsite, vaan vaihtelee näytteenottomenetelmästä riippuen. Tässä yhteydessä tutkittiin kolmea erityyppistä näytteenottomenetelmää: pinta-alanäyte ympyräkoealoja käyttäen, relaskooppiperiaatteeseen perustuva kylki-

tiheyskiila ja viivanäyte. Tällä tavoin saadaan perustiedot käytössä olevien kylkitiheyden määrittämismenetelmien arvostelulle.

562. Ympyräkoealat

Ympyräkoealoja mitattiin 80 cm:n ja 120 cm:n halkaisijoihin sekä 0.5 m²:n pinta-alaan perustuen.

Halkaisijaltaan 80 cm:n ympyräkoealojen tuloksia nähdään taulukoissa 9 ja 10. Myös Enso-Gutzeit Osakeyhtiössä mitatut koealat vastaavat kooltaan edellämainittuja ympyröitä (taulukko 11). Kaikkien niiden mukaan kylkitiheyden pinon sisäinen hajonta on sitä suurempi mitä pienempi on kylkitiheys (ks. kuvat 9 ja 10). Tämä pätee kaikkiin näytteenottomenetelmiin. Lisäksi hajonnan kasvu on kylkitiheyden pienentyessä sitä jyrkempää, mitä suuripiirteisemmästä menetelmästä on kysymys. Esimerkiksi ympyröitä ajatellen tämä on ymmärrettävissä kun kuvitellaan ympyrän rajatapauksena sen keskipistettä. Pistehän voi sattua joko puuhun tai tyhjään tilaan ja ahjonta on tällöin ymmärrettävästi suuri.

Vuoden 1972 aineistossa kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta on ollut keskimäärin 9.8 %, Enso-Gutzeit Osakeyhtiön aineistossa 8.6 % ja erikseen mitatuissa kymmenessä pinossa (ympyrähalkaisija 80 cm) 9.0 %, siis kaikki samaa suuruusluokkaa. Ladontatavoittain hajonta on saatu eri aineistoissa seuraavaksi.

	1972 aineisto	Enso-Gutzeit Osakeyhtiön aineisto
Käsinladonta	Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta, %	
Ku	6.7	7.7
Mä	9.6	7.1
Le	12.5	9.5
Kaikki	10.2	7.8
Koneladonta		
Ku	8.7	6.1
Mä	9.4	9.4
Le	11.2	13.7
Kaikki	9.7	8.6

Kone- ja käsipinojen keskinäistä suhdetta koskevat tulokset ovat eri aineistojen mukaan päinvastaiset. Erot eivät kuitenkaan ole suuria

ja lisäksi on huomattava, että Enso-Gutzeit Osakeyhtiön aineistossa konepinoja oli vain kolmannes kun taas vuoden 1972 aineistossa niitä oli kolme neljänestä. Vuoden 1972 aineistossa hajonta on vaihdellut 3–23 %:iin ja Enso-Gutzeit Osakeyhtiön aineistossa 3–22 %:iin.

Kummassakin aineistossa *hajontaa pienentää kylkitiheyden suureneminen* (kuvat 9 ja 10). Kylkitiheyden ollessa 70–75 prosenttia on pinonsisäinen hajonta 0.5 m^2 :n koealoilla n. 5.9 prosenttia. Kylkitiheyden pienentyessä 10 prosenttiyksikköä hajonta kasvaa 4.4 prosenttiyksikköä. *Kuusella hajonta on jonkin verran pienempi kuin männyllä ja lehtipuulla edellisiä huomattavasti suurempi.* Enso-Gutzeit Osakeyhtiön aineistossa korrelaatiot viittaavat siihen, että hajonta suurenee kun pinon koko ja näytteen määrät kasvavat. Tämä on sinänsä näennäinen tulos, sillä konepinoissa hajonta on saatu vielä suuremmaksi ja näinollen suuret pinot, joista on otettu useampia näytteitä, ovat konepinoja. Suuressa pinossa luonnollisesti pinonsisäiset vaihtelumahdollisuudet ovat suuremmat.

Halkaisijaltaan 120 cm:n ympyröillä on pinonsisäinen hajonta pienempi kuin 80 cm:n ympyröillä. Hajonta on suuria ympyröitä käytettäessä keskimäärin 5.8 % kun se vastaavissa pinoissa pienemmällä koealoilla on 9.0 % (taulukko 10).

Taulukosta 9 nähdään, että kylkitiheys on ympyränäytteillä saatu n. 0.5 % todellista pienemmäksi. Syynä saattaa olla se, ettei keskipistettä ole asetettu korkeuden puoliväliin vaan sitä lähinnä olevaan pölkyn päähän. Jos näin on asianlaita, syntyy teoreettisesti ajatellen systemaattinen virhe alaspäin. Toinen syy on todennäköisesti rajapölkkyjen määrittäminen. Teoreettisesti ajatellen oikein suoritettu ympyräkoalojen mittaaminen ei johda systemaattisiin virheisiin.

Ympyräkoalojen mittaaminen on nykyisistä epätasaisista pinon kyljistä hankalaa. Suurin vaikeus on rajapölkkyjen mittaamisessa. Pölkyn keskipisteen ja ympyrän keskipisteen välimatka pitäisi mitata kohtisuorana, mikä tuottaa vaikeuksia, jos pölkkyjen päiden taso eroaa esim. yli 10 cm. Pienet ympyrät ovat herkkiä rajapölkkyjen vaikutukselle. Esim. halkaisijaltaan 80 cm:n ympyrässä yhden 20 cm:n pölkyn virheellinen mukaantulo tai poisjäminen vaikuttaa 6 %:n virheen kylkitiheyteen. Halkaisijaltaan 120 cm:n ympyrässä vastaava virhe on 3 %. Suuremmassa ympyrässä rajapölkkyjen suhteel-

linen vaikutus pienenee, ja tasoittumismahdollisuuksia on enemmän.

563. Kylkitiheyskiilat

Kylkitiheyskiiloja kokeiltiin vain yhdessätoista erikseen mitatussa pinossa. Pienemmällä, 5 %:n kiilalla kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta oli keskimäärin 16.6 % ja 7 %:n kiilalla 19.1 %. Kuten taulukosta 10 nähdään kylkitiheys on kiiloilla aliarvioitu äskenmainitussa järjestyksessä 4.8 % ja 8.7 %. Tehdaspuu Osakeyhtiössä mitattiin samoilla kiiloilla näytteitä joistakin 1972 aineiston pinoista. Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta oli näissä mittauksissa 16.9 %, ja keskiarvot olivat lisäksi systemaattisesti totaalista kylkitiheyttä pienempiä. Virhe oli keskimäärin 6 % eli saman verran kuin edelläesitettyssä tapauksessa. MAKKONEN (1959) on saanut kylkitiheyden 4 prosentin kiilalla mitattuna yhtä suureksi kuin pinotiheys. Yleisesti kuitenkin on todettu, että kylkitiheys on suurempi kuin pinotiheys esim. 1972 aineistossa, ja 1960-luvun aineistossa pinotiheys oli n. 4 prosenttia pienempi kuin kylkitiheys. Näissä mittauksissa siis virhe tuntuu olevan 4 prosenttia.

Seuraavassa selitetään relaskoopin periaatteen pohjalta mistä edellämainitut virheet johtuvat ja miksi virheet ovat juuri kiilojen kerroinlukujen suuruisia. Kuvassa 4 on esitetty yleinen tapaus. (vrt. kuva 2).

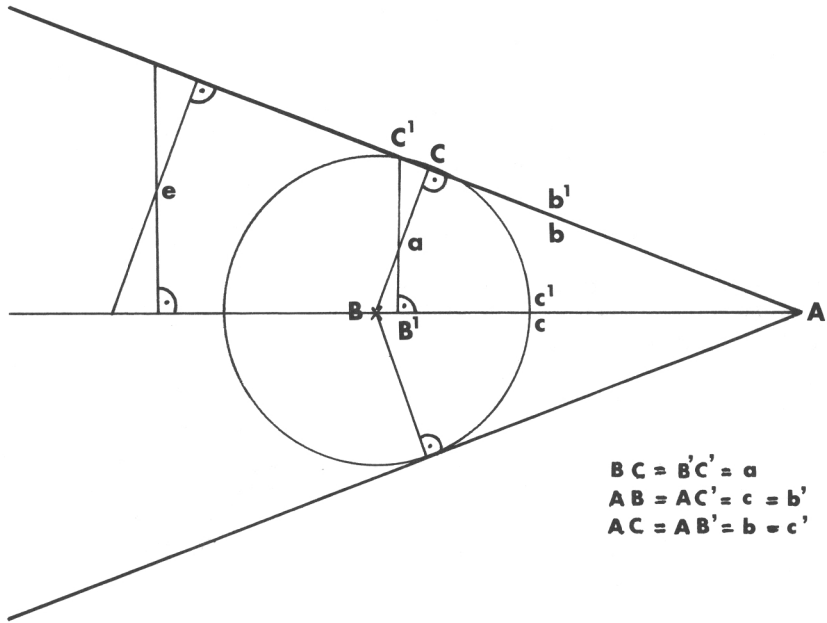
Jos vaaditaan, että pölkyn tulee vähintään sivuta sisäpuolisesti kiilan reunoja tullakseen luetuksi mukaan, tulee pölkky, jonka säde on e , luettua, jos sen keskipiste on etäisyydellä $e \cdot c/a$. Jos pölkyn halkaisijan on täytettävä kiilan leveys, on em. etäisyys $e \cdot b/a$ eli $e \cdot \sqrt{(c^2 - a^2)/a^2}$. Kun kiila on konstruoitu ensinmainitulla periaatteella (sivumamisperiaate) ja sitä luetaan jälkimmäisellä tavalla (halkaisijaperiaate), saadun tuloksen ja oikean arvon suhde

$$\text{on teoreettisesti } \frac{c^2 - a^2}{c^2} \cdot 100 \text{ (vrt. ILVES-}$$

SALO 1965 s. 281–). Kaavasta voi päätellä, että virhe on sitä suurempi, mitä ”karkeammasta” kylkitiheyskiilasta on kysymys.

Seuraavassa on esitetty kolmen erilaisen kiilan mittasuhteet ja edellä mainittu suhde.

Kuva 4 Kylkitiheyskiilan periaatteet
Fig 4 The principles of the relascope



Kiilan kerroin eli yhden luetun pölkyn arvo prosenttiyksikköä kylkitiheydestä

	a	c	Halkaisijaperiaatteella saadun kylkitiheyden suhde oikeaan kylkitiheyteen, %
4	1	5.000	96.0
5	1	4.472	95.0
7	1	3.780	93.0

Kaikki edellämainitut kiilat on konstruoitu sivuamisperiaatteella. Asetelmasta nähdään, että miltei kaikki selvinneet virheet johtuvat kiilan väärästä käyttötavasta. 5 prosentin kiilan virhe supistuu 0.2:een prosenttiin ja on siis pienempi kuin systemaattinen virhe ympyräkoaloilla. 7 prosentin kiilan virhe jää 1.7:ään prosenttiin, mukana on ilmeisesti muitakin virheitä kuin lukuvirhe. 7 prosentin kiilalla saattaa koealan keskipisteen asettaminen systemaattisesti pölkyn päähän vaikuttaa voimakkaammin.

Kiila voitaisiin konstruoida myös halkaisijaperiaatteella, mutta tällöin jää liian suuria spekulointimahdollisuuksia, koska halkaisijan paikan määrittely ei ole yksiselitteistä. Varminta on perustaa kiilan lukutapa sivuamisperiaatteelle.

Rajatapauksista on syytä huomata, että vain joka toinen tulee mukaan koealaan tai rajatapaus saa arvon 1/2. Koealan keskipistettä ei saa asettaa systemaattisesti pölkyn päähän, vaan se on asetettava satunnaisesti esim. k.o. pinon kohdan korkeuden puoliväliin.

Kiilat ovat herkkiä samankokoisten (esim. isojen tai pienien) pölkkyjen ryhmittymiselle pinossa (vrt. MAKKONEN 1959). Rajapölkkyjen toteaminen on epätasaisessa pinon kyljessä vaikeaa. Lisäksi saattaa koealan keskipisteestä kaukana oleva kiilan täyttävä pölkky jäädä huomaamatta. Jos pino on matala ja siinä on suuria pölkkyjä, saattaisi teoreettisesti pinon ulkopuolella olla myös pölkkyjä, jotka pitäisi lukea mukaan koealaan. Kysymyksessä on sama virhe, joka tapahtuu kun relaskooppikoeala asetetaan liian lähelle metsikön reunaan.

Kylkitiheyskiila antaa oikein käytettynä keskimäärin harhattoman kuvan pinon kylkitiheydestä. Kylkitiheyden pinonsisäisestä hajonnasta on tähänastisissa mittauksissa saatu liian pessimistinen käsitys, koska kylkitiheys on saatu kiilan virheellisen käytön vuoksi liian pieneksi. Kylkitiheyskiiloja kannattaa tutkia edelleen kylkitiheyden pinonsisäisen hajonnan selvittämiseksi. Lähinnä tällöin tulevat kysymykseen

neljän ja viiden prosentin kiilat. Seitsemän prosentin kiila lienee erottelultaan liian ”karkea”.

564. Viivanäytteet

Viivanäytteissä ei ole eritelty vaakasuoria ja pystysuoria viivoja (taulukko 10). Viivanäytteiden hajonta on pienempi kuin kylkitiheyskiilojen eli n. 16 %, mutta niitä on myös mitattu kappalemääräisesti enemmän kuin kiilahavainnoja, ja lisäksi niillä on kylkitiheys yliarvioitu. Niissä pinoissa, joista on tiedossa todellinen kylkitiheys, on viivanäytteellä kylkitiheys yliarvioitu 8.4 %. Tämä saattaa johtua mittauksesta tai pinon ääriiviivan väärästä määrittämisestä. Viivanäyte on siis tutkituista näytteenottomenetelmistä epävarmin (vrt. PERTOVAARA 1957 ja MAKKONEN 1959).

Viivanäytteen mittaus epätasaisista pinon kyljistä on työlästä. Jo viivan asettaminen pinon kylkeen on hankalaa, ja ainakin mittasaksilla mistä kohdasta tahansa pölkyn päällä suo-

ritettava mittaus on vaikeaa. Viivan mittaukseen voidaan käyttää tarkoitukseen konstruoituja kylkitiheysmittareita, joista lukema saadaan suoraan.

Pystysuorien viivojen mittausta ei voida suositella. Viivan alun ja lopun määrittäminen on näet epävarmaa. Viivan pitäisi alkaa pinon alääriiviivalta ja päättyä ylös vastaavalle viivalle tai päinvastoin, mutta nuo viivat ovat tulkinvaraisia. Vaakasuorien viivojen mittauksen yhteydessä tämä vaikeus tulee vain kahdesti pitkällä viivalla, nimittäin pinon päissä.

57. Tutkittujen menetelmien vertailua

Seuraavassa asetelmassa on laskettu kunkin menetelmän keskimääräiseen hajontaan pohjautuen, kuinka paljon kullakin menetelmällä on mitattava näytteitä tiettyyn tarkkuuteen pääsemiseksi. Mahdollisia systemaattisia virheitä ei ole otettu huomioon.

Menetelmä	Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta keskimäärin	Virhe ± 3 %	Virhe ± 5 %	Virhe ± 10 %
		todennäköisyys 95 %	todennäköisyys 95 %	todennäköisyys 95 %
		Näytteitä kappaletta		
Halkaisijaltaan 80 cm:n ympyrä	10	44	16	4
Halkaisijaltaan 120 cm:n ympyrä	6	16	6	2
5 prosentin kylkitiheyskiila	17	128	46	12
7 prosentin kylkitiheyskiila	19	160	58	15
Viivanäytteet, viivan osan pituus 1 m	16	114	41	10

Vaativuudet saadaan havainnollisemmiksi tutkimalla, mitä lasketut näytemäärät merkitsevät käytännössä. Ympyräkoaloja tulisi mitata n. 8 m² jotta virhe olisi enintään ± 5 % (P = 95), mikä käytännössä merkitsee vuoden 1972 aineiston pinon toisen kyljen suuruista pinta-alaa (pinon kylki oli n. 9 m² 1972 aineistossa).

Kummallakin kylkitiheyskiilalla vastaavaan tarkkuuteen pyrkiminen merkitsee koealamäärää, johon kuuluisi noin 500 pölkkyä eli käytännössä esim. vuoden 1972 aineiston pinojen jokaista pölkkyä jouduttaisiin koskettamaan. Tässä aineistossa pölkkyä oli pinossa keskimäärin juuri noin 500 kpl. On huomattava

ettei nyt esitetty kiilahavaintojen hajonta edelläesitetystä syistä pidä paikkaansa.

Viivaa tulisi vastaavassa tarkoituksessa mitata 41 metriä. Käytännössä tämä merkitsisi esim. vuoden 1972 aineiston pituisten pinojen kylkeen viivaa n. 7 kertaa pinon päästä päähän. K.o. aineistossa pinon pituus oli n. 6 metriä. Viivalla mitattaisiin n. 300 pölkyn osuus.

Kaikki tutkitut näytteenottomenetelmät edellyttävät siis varsin suuren näytteen. Kun vielä otetaan huomioon näytteen otossa tapahtuvat virheet, on todettava, että toistaiseksi vain ympyräkoalan käyttö voi tulla käytännössä kysymykseen. Kylkitiheyskiilojen käytöstä on vielä tehtävä lisäselvitys.

6. KYLKITIHEYSMENETELMÄN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSISTA

61. Mittausten ajankäytöstä

Vuoden 1972 aineiston keruun yhteydessä tutkittiin myös erilaisten mittausten ajankäyttöä. Näiden tietojen ja tarkkuusvaatimuksien edellyttämien näytemäärien pohjalta voidaan tarkastella menetelmiä puhtaasti ajankäytön kannalta.

Tutkituista menetelmistä voidaan katsoa parhaiten selvitetyn ympyränäytteenotto, joten myös ajankäyttölaskelmat on syytä tehdä

siitä varsinkin kun se myös vaikuttaa näytteenottotavoista tarkoituksenmukaisimmalta. Kuten sivulla 16 todettiin, kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta kasvaa, kun kylkitiheys pienenee (kuvat 9 ja 10). Kun kylkitiheys muuttuu 10 prosenttiyksikköä sen pinonsisäinen hajonta muuttuu 4.4 prosenttiyksikköä. Tämän perusteella on tehty seuraava laskelma. Samassa yhteydessä on laskettu myös, paljonko näytteenoton vaatimassa ajassa ehditään mitata pölkyt-
tään.

Kylkitiheys, %	Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta. Enso- Gutzeit Osakeyh- tiön aineisto, %	Näytteiden lukumäärä kun virhe on $\pm 5\%$ $P = 95\%$	Ajan- menekki, min	Vastaavassa ajassa kappaleittaisena kylkimittauksena mitattu kiintokuu- tiomäärä
70 – 75	5.9	6	33	5
65 – 70	8.1	10	54	9
60 – 65	10.3	17	93	16
55 – 60	12.5	25	136	23
50 – 55	14.7	34	185	32
45 – 50	16.9	46	251	43

Ajanmenekkilukuina on käytetty keskimäärin vuoden 1972 aineistosta saatuja lukuja. Näinollen luvut eivät ole aivan tarkkoja, sillä kuuluuhan pienempää kylkitiheyttä osoittaviin koealoihin vähemmän pölkkyjä. Vastakkainen tekijä on pölkkyjen koko. Pienemmät pölkkyt muodostavat harvempia pinoja, mikä lisää pölkkyjen kappalelukua näytteessä. Laskelmat osoittavat kuitenkin työajan käytön suuruusluokan ympyränäytteitä käytettäessä. Luvuista voidaan päätellä, että keskimääräisessä tapauksessa kannattaa n. 20 m³:n pino mitata pelkästään ajan käytön kannaltakin pölkkyttään. Todellisuudessa ehkä huomattavasti suuremmastakin pinosta kannattaa mitata kaikki pölkynpää, koska mitausta voidaan nopeuttaa mittatikkua käyttäen ehkä yli puolella. Lisäksi on huomattava, että tarkkuus on tällöin suurempi, koska tarvitaan vain yhtä muuntolukua pino- ja kylkitiheyden suhdetta, joka on sama kuin pölkkyjen todellisen poikkileikkausalan suhde pölkkyjen päiden poikkileikkausalojen puolikkaaseen.

Kylkitiheyden määrittäminen näytteellä käy vattomasti tiheässä pinossa, mutta pinon harventuessa vaaditaan yhä enemmän näytteitä saman tarkkuuden saavuttamiseksi. Suurempien koealojen käyttö loiventaisi jonkinverran hajon-

nan kasvua kylkitiheyden pienentyessä niin-
kuin kuvassa 11 käy ilmi

62. Mittausten tarkkuudesta

Pinosta voidaan mitata jokainen pölkynpää ja muuntaa saatu poikkileikkausala pino- ja kylkitiheyden suhteen avulla kiintomitaksi. Tulosta rasittaa tällöin vain käytetyn muuntoluvun hajonta, joka on alle 4 prosenttia.

Kiintomitan määrittäminen mitatun kehysmitan, näytteellä mitatun kylkitiheyden ja pino- ja kylkitiheyden suhteen avulla on teoreettisesti mutkikas toimenpide. Ensin mitataan kehysmitta, jonka mittauksen hajonta voi olla n. 2 prosenttia (HEISKANEN 1973). Näytteellä mitatun kylkitiheyden virhe on sitä suurempi, mitä vähemmällä näytteillä halutaan selvittää. Lisäksi lopputulokseen vaikuttaa vielä pino- ja kylkitiheyden suhteen virhe, joka on alle 4 prosenttia, kuten aiemmin on todettu. Kolmen toisistaan riippumattoman havaintojoukon satunnaisten arvojen tulon yhteinen hajonta voidaan laskea likimääräisesti seuraavasta kaavasta:

$(V_s)^2 = (V_1)^2 + (V_2)^2 + (V_3)^2$ missä V_s on yhteinen variaatiokerroin ja V_1 , V_2 ja V_3 mainittujen lukujen variaatiokertoimet (vrt. KARLSSON 1971). Tässä tapauksessa V_1 on kehysmittauksen variaatiokerroin (2 %), V_2 pino- ja kylkitiheyden suhteen virhe (4 %) ja V_3 kylkitiheyden näytteenotosta johtuva virhe, joka kuten sanottiin vaihtelee kylkitiheyden ja näytteiden määrän funktiona. Jos kylkitiheys on määritetty ± 5 prosentin ($= 2 \times V_3$) tarkkuudella ($P = 95$ %) on saadun kiintokuutiomäärän virhe em. kaavan mukaan laskien n. 5 prosenttia eli 95 prosentin todennäköisyydellä n. ± 10 prosentin rajoissa.

Vaikka kylkitiheys määritettäisiin ± 3 %:n tarkkuudella ($P = 95$) on kiintokuution virhe yksinkertaisena yli 4 %. (kuten huomataan, on virhe 4 %, vaikka kylkitiheys määritettäisiin "absol." tarkasti)

Keskimääräisessä tilanteessa ei näin monen välivaiheen kautta tapahtuvassa kiintokuution määrittämisessä päästä tyydyttävään tulokseen. Käytetyt luvut eivät ole myöskään täysin riippumattomia toisistaan, vaan esim. kylkitiheyden suuren pinonsisäisen hajonnan johtuessa muusta kuin pinon huonosta ladonnasta myös pino- ja kylkitiheyden suhde on alhaisempi. Toisaalta kehysmittauksen virhe ja kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta korreloivat positiivisesti keskenään. Näistä syistä voi kiintokuution määrittämisvirhe kylkitiheysmenetelmällä olla suurempikin kuin edellä on esitetty.

63. Katsaus kylkitiheyden mittaustapoihin ja mittareihin

631. Yleistä

Kylkitiheysnäytteenotto pölkkyjä mittaamalla on vaivalloinen toimenpide. Se onkin ilmeisesti koko menetelmän käytäntöön soveltamisessa pullonkaula. On kuitenkin kehitetty ja kokeiltu muita menetelmiä ja kylkitiheysmittareita, joita on nyt syytä yksityiskohtaisesti tarkastella. Se suoritetaan pääosiltaan HEISKASEN ja NIKKILÄN (1972) julkaiseman katsauksen pohjalta.

Kylkitiheysmenetelmää varten kehitetyt näytteenottomenetelmät ja kylkitiheysmittarit perustuvat lähinnä neljälle periaatteelle:

1. Määräalalta mitattujen pölkynpäiden pinta-alojen suhteeseen k.o. määräälaan (pinta-alaotanta).

2. Pölkyn päihin ja tyhjään tilaan sattuvien pisteiden suhteisiin (esim. m/Keltikangas – Ahonen).

3. Ympyrän kehältä mitatun puun ja tyhjän tilan suhteeseen (esim. m/Pöyhtäri).

4. Suoralta viivalta tai janalta mitatun puun ja tyhjän tilan suhteeseen (esim. m/Snellman).

Näistä 1. ja 2. ryhmä ovat periaatteessa hyvin lähellä toisiaan ja niiden arvosteluun voidaankin soveltaa ympyräkoealoja koskevia esillä olevan tutkimuksen tuloksia. Oman erikoistapauksen näissä ryhmissä muodostaa kylkitiheyskiila. Ryhmät 3. ja 4. ovat taas omalta osaltaan itse asiassa keskenään samanlaisia, ja niitä voidaankin tarkastella esillä olevan tutkimuksen viivanäytteitä koskevien tulosten pohjalta.

Menetelmille ja mittareille voidaan asettaa seuraavat vaatimukset (HEISKANEN ja NIKKILÄ 1972).

– Menetelmän tulee olla helposti käytäntöön sovellettavissa myös sellaisissa pinoissa, jotka ovat pölkyn päiden osalta epätasaisia.

– Menetelmän tulee olla objektiivinen, s.o. sillä pitää pystyä erottamaan puun ja tyhjän tilan välinen raja mahdollisimman tarkoin.

– Menetelmää sovellettaessa tulisi voida muuttaa näytteen kokoa tarpeen mukaan pinon ominaisuuksien asettamien vaatimusten perusteella.

– Menetelmän edellyttämien apuvälineiden tulee olla riittävän halpoja.

Tältä pohjalta sekä edellä esitettyjen tulosten perusteella tarkastellaan seuraavassa eri näytteenottomenetelmiä, joita käytännössä on sovellettu tai kirjallisuudessa esitelty.

632. Näytteenottomenetelmät

Pinta-alaotanta. Pinon kyljestä mitataan tietyltä alalta (suorakaide tai ympyrä) niiden pölkkyjen läpimitat, joiden keskipiste sattuu mitattavalle alalle. Läpimittojen avulla saadaan pölkkyjen pinta-ala k.o. määrääalalla. Voidaan rekisteröidä mittauksen yhteydessä tyvien lukumäärä ja ehkä muitakin tunnuksia kylkitiheyden ja pintoisuuden välisen muuntokertoimen määrittämistä varten. Tämä menetelmä voidaan katsoa pääpiirtein selvitettyksi tämän tutkimuksen yhteydessä. Pinta-alaotanta on suhteellisen käyttökelpoinen myös nykypinoissa, eikä siihen sisälly systemaattisia virheitä. Toisaalta tämäkin menetelmä on työläs.

Kanadalainen valokuvausmenetelmä kuuluu pinta-alanäytteiden ryhmään. HEMMI (1972) kuvaa menetelmän seuraavasti: Polaroidkameralla ja salamavalolla otetaan pinosta kylkikuva, joka valmistuu kamerassa parissa minuutissa. Kuva asetetaan laatikkoon, jossa siihen pistetään säännöllinen reiästä. Pölkkyjen päihin ja tyhjän tilaan sattuvien reikien suhteellisista osuuksista päästään kylkitiheyteen. Menetelmä on käytössä Kanadassa. Kuvauskohta arvotaan. Kymmenelle pinnolle keskiarvon keskivirhe on 95 % todennäköisyydellä ± 2.4 %, mikä merkitsee, että kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta olisi noin 4 %. Kameran ja tarvikkeiden hinta on 800 mk ja kuvien 1.50 mk/kpl. Menetelmä ei sovi maastoon eikä ajoneuvopinoihin, joissa puu on pitkittäin. Reikiä laskettaessa rajatapaukset ovat hankalia ja epävarmoja, mutta ajankäytön kannalta menetelmä on puhdasoppista pinta-alaotantaa edullisempi.

NISULAN (1967a) valokuvausmenetelmä kuuluu viivanäytteiden ryhmään. Jos viivalta otetaan vain pistehavaintoja, menetelmä voidaan rinnastaa pinta-alaotantaan. Pinon kyljestä otetaan diakuvia. Kyljen taso ja kuvataso saadaan samaksi tarkoitusta varten rakennetulla kartiokehikolla. Kuvista otetaan 17 x 42 cm:n määrääaloja. Kullekin määrääalalle piirretään 10 viivaa, joilta mitataan puun ja tyhjän tilan osuus. Menetelmä on yhtä tarkka kuin tapa, jossa vastaavat viivat mitataan pinon kyljestä edellyttäen, että pölkkyt eivät peitä kuvissa toisiaan. Mittauksessa voidaan käyttää apuna vuosilustojen mittauslaitetta. Värikuvista saadaan tarkempi tulos kuin mustavalkoisista.

Yleensä voidaan sanoa, että valokuvausmenetelmien tarkkuus huononee, kun pölkyn pituudet vaihtelevat yhä enemmän ja pölkyn päät ovat hyvin eri tasoissa pinossa, jolloin joidenkin pölkkyjen päät peittävät toisia.

Silmävarainen kylkitiheyden arviointi. HEMMI (1972) toteaa tästä menetelmästä seuraavaa: Tiheys arvioidaan joko suoraan tai osatekijöitä apuna käyttäen. Subjektiivinen menetelmä, joka tuskin sopii meidän mittausoloihimme. NISULA (1963) on käyttänyt silmävaraista arviointia valokuvista ja todennut sillä päästyn verraten hyviin tuloksiin. Pinotiheysluvun silmävaraista arviointia on tutkittu pinomittauksen kehittämisryhmän toimesta eri yhteydessä. HEISKANEN (1973b) julkaisussa esitetyt tulokset ovat sovellettavissa myös kylkitiheyden arviointiin.

633. Kylkitiheysmittarit

Puikkomittari m/Keltikangas - Ahonen. Toiminta on sähkömekaaninen. Kylkitiheyslukemat perustuvat pölkyn päihin ja tyhjän tilaan sattuvien puikkojen suhteelliseen osuuteen. Menetelmä on siis pinta-alaotannan sovellutus. KELTIKANKAAN (1961b) mukaan kylkitiheys muunnetaan tavaralajeittaisia kertoimia käyttäen suoraan mittariasteikolla pinotiheydeksi. Menetelmä soveltuu vanhanaikaisille hyville pinoille, mutta sen käyttö lienee hankalaa epätasaisissa pinoissa, koska puikot eivät ehkä lainkaan ulotu kaikkiin pölkkyihin ja saattavat horjahdella sivuun pölkyn päistä. HEMMI (1972) epäilee laitteen käytäntöön soveltamisen olevan nykypinoissa mahdollonta.

Kanadalainen neulakehikko perustuu myös pölkyn päihin ja tyhjän tilaan sattuvien pisteiden suhteisiin, ja se on siis myös pinta-alaotannan sovellutus. Kehikkoa käytettäessä luetaan erikseen joko ne neulat, jotka sattuvat pinon rakoihin tai ne, jotka sattuvat pölkyn päihin. Menetelmä ei vaadi suurta tilaa pinon sivulla. Menetelmä on tarkka, mutta hidaskäyttöinen. Välineet ovat halvat. Riippuu neulojen pituudesta ja jäykkyydestä, kuinka hyvin laite sopii nykyisiin epätasaisiin pinoihin (HEMMI 1972).

Kanadalainen *hiusviivaristikko*, joka asetetaan pinon kylkeen ja jolta kauemmas pinosta asetetulla kiikarilla luetaan tyhjän tilaan ja pölkyn päihin sattuvien viivaristeyksien osuudet. Tämäkin menetelmä on pinta-alaotannan sovellutus. Soveltuu heikosti maastoon ja ajoneuvopinoihin, joissa puut ovat pitkittäin. Rajatapauksien määrittäminen on hankalaa (HEMMI 1972). Välineet ovat suhteellisen halvat.

Kylkitiheysmittari m/Heinonen perustuu pölkyn päiden ja tyhjän tilan kohdalle sattuvien pisteiden suhteelliseen osuuteen ja pohjautuu siis pinta-alaotantaan. Laitteessa (kolmeen osaan taitettava selluloidilevy) on 100 kpl $\varnothing 1.5$ cm:n täpliä, joiden sattuminen pölkyn tai tyhjän tilan kohdalle luetaan 4 . . . 5 m:n päästä pinosta. Menetelmä on halpa, mutta rajatapaukset ovat epävarmoja niin kuin kaikissa subjektiivisesti rekisteröivissä mittareissa (ARO et al. 1958).

Kylkitiheysmittari m/Pöytäri. Teoriassa esitetty ratkaisu perustuu ympyrän kehälle sattuvan puun ja rakojen suhteelliseen osuuteen (harpin kärjessä pyörivä rulla). Käytäntöön soveltaminen lienee hyvin hankalaa (HEMMI 1972).

Laskijalevyllä varustettu kylkitiheysmittari perustuu ympyrän kehältä mitatun puun ja aukkojen suhteelliseen osuuteen. Ratkaisu on esitetty teoriassa (NISULA 1972). Tarkkuus on ilmeisesti parempi kuin m/Pöyhtäriillä, sillä tällä mittarilla vinot pölkyn päät mitataan suorina (NISULA 1972). Käytäntöön soveltamisessa saattaa esiintyä suuria vaikeuksia.

Kylkitiheysmittari m/Snellman perustuu janalta mitattavien pölkyn päiden ja tyhjän tilan suhteellisiin osuuksiin. Mittaus on hankalaa ja epätarkkaa, koska mittariin ei sisälly tähtäyslaitetta. MAKKOSEN (1959) mukaan se ei sovellu epätasaisille pinoille, jollaisia useimmat pinot ovat nykyään. Myös HEMMI (1972) epäilee laitteen käyttömahdollisuuksia.

Laskijanauhalla varustettu kylkitiheysmittari perustuu janalla mitatun puun ja tyhjän tilan osuuteen. Optinen tähtäin parantaa tarkkuutta, joten laite on ilmeisesti tarkempi kuin m/Snellman-mittari. Menetelmä on NISULAN (1972) teoriassa esittämä ratkaisu, jonka käytön liittyy samoja hankaluuksia kuin m/Snellman-mittarissa.

Viiva- tai janamenetelmä voi tulla kyseeseen myös siten, että pinon kylkeen piirretään vastaava viiva, jolta mitataan pölkyn päiden ja välien osuudet, kuten myös meillä esillä olevassa tutkimuksessa tehtiin. Kaikkiin viivanäytteenelmiin voidaankin soveltaa nyt saatuja hajonta- ja virhetutkimusten tuloksia. Viivanäytteen ottoon sisältyy suuren hajonnan lisäksi runsaasti subjektiivisia virhemahdollisuuksia (vrt. MAKKONEN 1959). Näin ollen viivanäytteeneseen perustuvia menetelmiä ja mittareita ei voida suositella yleiseen käyttöön.

Bitterlichin kylkitiheyskiila toimii relaskoopin periaatteella (kuva 2 s. 9). Rajapölkkyt voidaan tarkistaa mittaamalla läpimitta ja etäisyys. Käyttö on joutuisaa ja vaivatonta, jos kiinnitys-
piikki on riittävän pitkä, jolloin mittaria voidaan siirtää pölkyn pituuden suunnassa pölkyn päiden tason vaihdella (MAKKONEN 1959). Kaksi kylkitiheyskiilaa oli mukana kokeiluissa, mutta hajonta osoittautui niillä suhteellisen suureksi. Hajonnasta ei saatu oikeaa kuvaa, koska kiiloilla tehtiin systemaattinen lukuvirhe ja kylkitiheydet saatiin todellista pienemmiksi. Hajonta on todellisuudessa nyt esiteltyä pienempi.

Hajontaa voitaisiin pienentää ottamalla käyttöön tarkempia kiiloja (esim. 2 prosentin kiila), mutta tällöin koeala ei aina enää ”sovi” normaalin pinon kylkeen. Työmäärä saattaisi kui-

tenkin kasvaa voimakkaasti, kuuluisihan esim. 70 prosentin kylkitiheyttä osoittavaan koealaan 35 pölkkyä. Lisäksi olisi todettava useista pölkkyistä, etteivät ne kuulu koealaan, ilmeisesti vaadittavien koealojen määrä vähenisi. Kuitenkin lienee mielekäästä ottaa lisäkokeiluun mukaan ainakin 4 prosentin kiila, sen sijaan 7 prosentin kiila jätetään liian karkeana pois käytöstä.

Kanadalainen *optinen piirturi* laskee pinon kyljestä pölkyn päiden ja tyhjän tilan osuuden. Laite on tarkka mutta kallis (n. 25 000 mk). Se sopii keskitettyihin mittauksiin esim. tehtailta, kun mitataan poikittaisia ajoneuvopinoja (HEMMI 1972).

Kylkitiheysmittari m/Kajaani Oy perustuu määrälalta mitattujen pölkyn päiden pintaalojen suhteeseen ko. pinta-alaan. Mittari toimii elektronisesti tv-kameran ja monitorin avulla. Mittari laskee automaattisesti liipasinta painettaessa kaksinumeroisen kylkitiheyden likiarvon ko. tähtäyskohdalla. Yksi mittaustoimitus kestää n. 30 sekuntia. Laitteella saa vaivattomasti koko pinon kyljen korkuisia näytealoja, jos tähtäys voidaan suorittaa riittävän kaukaa. Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta lienee silloin suhteellisen pieni. Menetelmä vastaa lähinnä ympyräkoalojen ottoa, jota koskevat tulokset on sovellettavissa tähän menetelmään.

Mittari on vielä kehittäelyasteella, mutta soveltunee valmistuttuaan keskitettyihin mittauksiin esim. tehtaalla poikittaisissa pinoissa ja suurilla varastoilla. Hintansa vuoksi laitteesta ei muodostune jokapaikan mittaavälinettä, mutta jos mittaustulosten tarkkuus sen sallii, saattaa laitteen käyttö tarkistusmittauksissa tulla kysymykseen.

634. Yhteenveto menetelmistä

Kylkitiheyden mittaamisessa on tarkoitus saada selville pölkynpäiden pinta-alan ja pinon kyljen pinta-alan suhteen likiarvo. Tutkimuksessa tullaan siihen tulokseen, että pinta-alan osuutta toisesta pinta-alasta tässä tapauksessa kuvaa parhaiten pinta-alanäyte s.o. pölkynpäiden pinta-alojen mittaus tietyltä koealalta tai pinta-alaotantaan perustuvan kylkitiheysmittarin lukema. Käyttökelpoisimmat menetelmät ovat kanadalainen valokuvausmenetelmä, kanadalainen hiusviivaristikko ja kylkitiheysmittari m/Kajaani Osakeyhtiö. Ensimmäinen ja toinen

näistä vaativat suhteellisen hyvin ladottuja pinoja. Kolmannen mittarin käyttöominaisuudet ovat vielä osittain selvittämättä, mutta mittari lienee valmistuttuaan tarkin ja nopein esitetty menetelmä. Nämä kaikki soveltuvat taloudellisista syistä vain keskitettyihin mittauksiin, ja lisäksi pinojen sivuilla on oltava riittävästi tilaa.

Ympyräkoealojen mittaus on käyttökelpoinen pölkkyjen mittaukseen perustuva menetelmä. Soveltamista vaikeuttaa kuitenkin menetelmän vaatima suuri työpanos.

Kylkitiheyskiilojen käyttöä on vielä kokeiltava. Kiilat saattavat tarjota vaihtoehdon pienten erien mittauksessa.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- ARO, PAAVO, KORPELA, TAPIO ja NISULA, PENTTI. 1958. Tutkimuksia kuusiohutpuun ja koivupaperipuun kuorimishäviöstä. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 50.2.
- HEISKANEN, VEIJO. 1973a. Pinon kehysmitan mittaaminen ja tyhjätilan vähennys sekä niiden tarkkuus. *Folia Forestalia* 169.
- HEISKANEN, VEIJO. 1973b. Pinotiheyslusun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus. *Folia Forestalia* 170.
- HEMMI, LAURI. 1972. Pinon kylkitiheyden mittaamenetelmiä. *Moniste*.
- ILVESSALO, YRJÖ. 1965. Metsänarvioiminen. s. 281–284. Porvoo.
- KARLSSON, JERKER. 1971. Mätning av masaved i travat mått. Skogshögskolan Institutionen för virkeslära. Rapport 73. Stockholm.
- KELTIKANGAS, VALTER. 1961a. Pinon tiheyden ja pinon kylkitiheyden mittaamisesta. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* n:o 4.
- KELTIKANGAS, VALTER. 1961b. Sähkömekaanisesta puikkomittarista m/Keltikangas – Ahonen. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* n:o 6–7.
- MAKKONEN, OLLI. 1958. Pinotiheystutkimuksia. *Metsätehon julkaisu* n:o 39.
- MAKKONEN, OLLI. 1959. Mittauskoikeita pinotiheyskiilalla ja pinotiheysmittarilla m/Snellman. *Metsätehon tiedotus* 156.
- MAKKONEN, OLLI. 1960. Kuorimattomien 2.4 m:n koivupaperipuiden ja 2 m:n koivupolttorankojen pinotiheysmittauksia. *Metsätehon tiedotus* 173.
- MAKKONEN, OLLI. 1961a. Pinotiheysmittareita käytettäessä huomioon otettavia seikoja. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* n:o 3.
- MAKKONEN, OLLI. 1961b. Jatkopuheenvuoro pinotiheysmittareiden käyttöön liittyvistä kysymyksistä. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* n:o 5.
- MAKKONEN, OLLI. 1961c. Loppupuheenvuoro pinotiheysmittareiden käyttöön liittyvistä seikoista. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* n:o 6–7.
- NIKKILÄ, HEIKKI. 1972a. Pinomittauksen kehittämistutkimus VIII. Kylkitiheyden ja pinotiheyden välinen riippuvuus. *Moniste Metsäntutkimuslaitoksessa*.
- NIKKILÄ, HEIKKI. 1972b. Pinomittauksen kehittämistutkimus IX. Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta. *Moniste Metsäntutkimuslaitoksessa*.
- NIKKILÄ, HEIKKI ja HEISKANEN, VEIJO. 1972. Pinomittauksen kehittämistutkimus I. Kylkitiheydestä ja sen mittaamisesta. Kirjallisuuskatsaus. *Moniste Metsäntutkimuslaitoksessa*.
- NISULA, PENTTI. 1963. Pinotiheystutkimuksia. Pienpuualan Toimikunnan Tiedotus n:o 97.
- NISULA, PENTTI. 1967a. Koivupaperipuun pinotiheydestä ja kuutiosuhteista. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 62.7. Eripainos.
- NISULA, PENTTI. 1967b. Halonhakuun yhteydessä saatujen sorvipölkkyjen kuutio- ja painosuhteet. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu* 63.1.
- NISULA, PENTTI. 1972. Pinon kylkitiheyden mittaamisesta. *Monisteita*.
- PERTOVAARA, HEIKKI. 1957. Pinotiheysmittari m/Snellman. Koemittauksia. *Uittotehon tiedotus* 127.
- PERTOVAARA, HEIKKI. 1960. Pitkän pinotavaran pinotiheysmittauksia Pohjois-Suomessa. *Uittotehon tiedotus* 183.
- PERTOVAARA, HEIKKI. 1964. Tasapituisten paperipuun pinotiheys- ja kuutiointimittauksia Pohjois-Suomessa. *Uittotehon tiedotus* 209.
- TUOVINEN, ARNO. 1948. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. *Metsätehon julkaisu* 11.a.

Taulukko 1. Kylkitiheys, pinotiheys, pino- ja kylkitiheyden suhde ja tyviprosentti puulajeittain ja puutavaran pituuksittain. 1972 aineisto.

Table 1. Face density, relative solid content, relative solid content/face density ratio and butt percentage, by tree species and pulpwood lengths. Material from 1972.

Puulaji Tree species	Pinoja, kpl. Piles	Kylkitiheys Face density			Pinotiheys Relative solid content			Pino-/Kylkitiheys, % Relative solid con- tent/face density ratio, %			Tyvipro- sentti ¹⁾ Butt percen- tage ¹⁾
		\bar{x}	s	V%	\bar{x}	s	V%	\bar{x}	s	V%	
		2 m									
Kuusi <i>Spruce</i>	14	69.5	2.4	3.4	66.6	3.2	4.8	95.8	2.2	2.3	15.9
Mänty <i>Pine</i>	16	67.9	3.8	5.6	66.6	3.7	5.6	98.2	2.0	2.1	12.9
Lehtipuu <i>Broadleaved</i>	14	59.2	4.4	7.4	56.2	3.9	6.9	94.9	3.3	3.4	17.7
Yhteensä <i>Total</i>	44	65.6	5.7	8.7	63.3	6.1	9.6	96.4	2.8	3.0	15.4
		2.4 m									
Lehtipuu <i>Broadleaved</i>	6	57.6	5.0	8.7	55.2	3.5	6.3	95.9	2.9	3.0	12.3
		3 m									
Kuusi <i>Spruce</i>	7	68.0	4.2	6.2	64.5	3.3	5.1	95.0	1.9	2.0	19.4
Mänty <i>Pine</i>	6	64.5	3.6	5.6	63.1	2.4	3.8	97.8	2.4	2.4	14.5
Lehtipuu <i>Broadleaved</i>	1	49.7			43.2			86.9			41.0
Yhteensä <i>Total</i>	14	65.2	6.0	9.2	62.4	6.2	9.9	95.6	3.5	3.6	18.9
		Kaikki pituudet – All lengths									
Kuusi <i>Spruce</i>	21	69.0	3.1	4.5	65.9	3.3	5.0	95.5	2.1	2.2	17.1
Mänty <i>Pine</i>	22	67.0	4.0	6.0	65.7	3.7	5.6	98.1	2.2	2.1	13.3
Lehtipuu <i>Broadleaved</i>	21	58.3	4.8	8.2	55.3	4.6	8.3	94.8	3.5	3.7	17.3
Yhteensä <i>Total</i>	64	64.8	6.1	9.4	62.3	6.3	10.1	96.2	3.0	3.1	15.9

1) prosenttia pölkkyjen päiden lukumäärästä – percentage of the number of bolt ends

Taulukko 2. Pinotiheys, kylkitiheys, pino- ja kylkitiheyden suhde ja tyviprosentti puulajeittain ja puutavaranpituuksittain. 1960-luvun aineisto (Saksimittaus)

Table 2. Face density, relative solid content, relative solid content face density ratio and butt percentage, by tree species and pulpwood lengths. Material from the 1960's. (Calliper measuring)

Puulaji Tree species	Pinoja, kpl. Piles	Kylkitiheys Relative solid content			Kylkitiheys Face density			Pino-/Kylkitiheys, % Relative solid con- tent face density ratio, %			Tyvipro- sentti ¹⁾ Butt percen- tage ¹⁾
		\bar{x}	s	V%	\bar{x}	s	V%	\bar{x}	s	V%	
<i>2 m ohutpuu – small sized</i>											
Kuusi – <i>Spruce</i>	7	69.7	2.1	3.0	71.4	2.2	3.1	97.7	1.9	2.0	28.8
Mänty – <i>Pine</i>	5	67.1	2.2	3.3	69.6	2.8	4.0	96.5	2.3	2.4	19.7
Leppä – <i>Alder</i>	11	54.9	2.8	5.1	58.1	3.4	5.8	94.5	1.6	1.7	39.2
Yhteensä – <i>Total</i>	23	62.1	7.5	12.1	64.6	7.0	10.8	95.9	2.3	2.4	31.8
<i>1 m kuitupuu – 1 m pulpwood</i>											
Kuusi – <i>Spruce</i>	5	75.0	1.0	1.33	76.4	1.4	1.83	98.2	1.3	1.3	13.3
<i>2 m kuitupuu – 2 m pulpwood</i>											
Kuusi – <i>Spruce</i>	4	74.7	0.8	1.1	76.4	3.0	3.9	97.8	3.3	3.4	18.0
Mänty – <i>Pine</i>	3	72.2	1.6	2.2	74.5	1.8	2.4	96.9	1.6	1.7	12.3
Koivu – <i>Birch</i>	7	63.6	1.6	2.5	65.6	1.0	1.5	96.8	1.5	1.5	17.9
Leppä – <i>Alder</i>	2	60.3	0.4	0.7	62.9	0.1	0.2	95.9	0.9	0.9	37.4
Yhteensä – <i>Total</i>	16	67.6	5.8	8.6	69.6	5.8	8.3	97.0	2.0	2.0	19.3
<i>2.2 ja 2.4 m kuitupuu – 2.2 and 2.4 m pulpwood</i>											
Koivu – <i>Birch</i>	6	63.8	2.3	3.6	67.8	2.7	4.0	94.1	2.1	2.2	33.3
<i>3 m kuitupuu – 3 m pulpwood</i>											
Kuusi – <i>Spruce</i>	8	70.1	1.9	2.7	73.4	2.8	3.8	95.7	3.5	3.6	20.7
Mänty – <i>Pine</i>	4	67.7	1.6	2.4	69.5	0.7	1.0	97.4	2.9	3.0	26.6
Yhteensä – <i>Total</i>	12	69.3	2.1	3.0	72.1	3.0	4.2	96.2	3.2	3.4	22.6
<i>4.4 ja 4.4 m kuitupuu – 4.0 and 4.4 m pulpwood</i>											
Kuusi – <i>Spruce</i>	5	71.6	0.7	1.0	74.7	0.9	1.2	95.9	1.7	1.7	26.6
<i>Kaikki pituudet kuitupuu – Pulpwood all lengths</i>											
Kuusi – <i>Spruce</i>	22	72.4	2.6	3.6	74.9	2.5	3.3	96.7	2.8	2.9	20.8
Mänty – <i>Pine</i>	7	69.6	2.8	4.0	71.6	2.9	4.1	97.2	2.2	2.3	20.4
Koivu – <i>Birch</i>	13	63.7	1.9	3.0	66.6	2.2	3.3	95.6	2.2	2.3	25.0
Leppä – <i>Alder</i>	2	60.3	0.4	0.7	62.9	0.1	0.2	95.8	0.9	0.9	37.4
Yhteensä – <i>Total</i>	44	68.8	4.8	7.0	71.4	4.7	6.6	96.4	2.5	2.6	22.7
<i>Ohut- ja kuitupuu yhteensä – Small sized and pulpwood together</i>											
Kuusi – <i>Spruce</i>	29	71.8	2.6	3.6	74.0	2.5	3.4	96.9	2.6	2.7	22.0
Mänty – <i>Pine</i>	12	68.6	2.8	4.1	70.8	2.9	4.1	96.9	2.3	2.3	20.1
Koivu – <i>Birch</i>	13	63.7	1.9	2.9	66.6	2.2	3.3	95.6	2.2	2.3	25.0
Leppä – <i>Alder</i>	13	55.7	3.2	5.8	58.8	3.3	5.6	94.7	1.6	1.6	38.9
Yhteensä – <i>Total</i>	67	66.5	6.7	10.1	69.1	6.4	9.3	96.2	2.4	2.5	25.5

1) prosenttia kappalemäärästä – percentage of the number of bolts

Taulukko 3. Kylkitiheys saksimitan ja tikkumitan mukaan sekä niiden suhde. 1960-luvun aineisto.
 Table 3. Face density measured by callipers and measuring stick and the ratio between the two results.
 Material from the 1960's.

Puulaji Tree species	Pinoja, kpl. Piles	Kylkitiheys Face density		Tikkumitan suhde saksimittaan, % The ratio between results of measuring stick and callipers			Keski- läpimitta D 1/2 Mean dia- meter	Tyvipro- sentti 1) Butt per- centage
		Saksi- mitta by callipers	Tikku- mitta by measuring stick					
		%		\bar{x}	s	V%		
<i>2 m ohutpuu – small sized</i>								
Kuusi – <i>Spruce</i>	7	71.4	67.9	95.2	3.0	3.1	8.2	28.8
Mänty – <i>Pine</i>	5	69.6	65.6	94.2	3.2	3.4	8.2	19.7
Leppä – <i>Alder</i>	11	58.1	56.6	97.4	3.9	4.0	8.7	39.2
Yhteensä – <i>Total</i>	23	64.6	62.0	96.0	3.6	3.8	8.4	31.8
<i>1 m kuitupuu – 1 m pulpwood</i>								
Kuusi – <i>Spruce</i>	5	76.4	73.7	96.4	1.2	1.2	14.3	13.3
<i>2 m kuitupuu – 2 m pulpwood</i>								
Kuusi – <i>Spruce</i>	4	76.4	74.0	97.0	2.1	2.2	12.7	18.0
Mänty – <i>Pine</i>	3	74.5	72.8	97.8	1.0	1.0	12.4	12.3
Koivu – <i>Birch</i>	7	65.6	64.2	97.8	2.1	2.2	14.2	17.9
Leppä – <i>Alder</i>	2	62.9	61.0	97.0	2.9	3.0	11.3	37.4
Yhteensä – <i>Total</i>	16	69.6	67.9	97.5	1.9	2.0	13.1	19.3
<i>2.2 – 2.4 m kuitupuu – 2.2 – 2.4 m pulpwood</i>								
Koivu – <i>Birch</i>	6	67.8	66.1	97.6	1.5	1.5	13.0	33.3
<i>3 m kuitupuu – 3 m pulpwood</i>								
Kuusi – <i>Spruce</i>	8	73.4	70.6	96.2	1.4	1.5	13.2	20.7
Mänty – <i>Pine</i>	4	69.5	68.8	99.0	4.0	4.0	13.3	26.6
Yhteensä – <i>Total</i>	12	72.1	70.0	97.1	2.8	2.9	13.3	22.6
<i>4 ja 4.4 m kuitupuu – 4 and 4.4 m pulpwood</i>								
Kuusi – <i>Spruce</i>	5	74.7	73.1	97.9	1.6	1.6	13.7	26.6
<i>Kaikki pituudet kuitupuu – Pulpwood all lengths</i>								
Kuusi – <i>Spruce</i>	22	74.9	72.5	96.8	1.6	1.6	13.5	20.8
Mänty – <i>Pine</i>	7	71.6	70.5	98.5	3.0	3.0	12.9	20.4
Koivu – <i>Birch</i>	13	66.6	65.1	97.7	1.8	1.8	13.6	25.0
Leppä – <i>Alder</i>	2	62.9	61.0	97.0	2.9	3.0	11.3	37.4
Yhteensä – <i>Total</i>	44	71.4	69.5	97.3	2.0	2.1	13.3	22.7
Kaikki yht. – <i>All total</i>	67	69.1	66.9	96.9	2.7	2.8	11.6	25.5

1) prosenttia kappalemäärästä – percentage of the number of the bolts

Taulukko 4. Pölkyn päiden läpimitta ja tyviprosentti pinon eri puolilla. 1972 aineisto.
 Table 4. Diameter of bolt ends and butt percentage on different sides of pile. Material from 1972.

Puulaji <i>Tree species</i>	Etupuoli 1) <i>Loaders side</i>			Takapuoli <i>Other side</i>			Keskimäärin <i>Total</i>		
	\bar{x}	s	V%	\bar{x}	s	V%	\bar{x}	s	V%
Pölkynpäiden läpimitta cm – <i>Diameter of the bolt ends</i>									
2 m									
Kuusi – <i>Spruce</i>	11.5	0.8	5.0	11.4	0.9	7.9	11.5	0.8	7.0
Mänty – <i>Pine</i>	11.9	1.7	14.3	11.9	1.7	14.3	11.9	1.7	14.3
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	11.1	1.4	12.6	11.0	1.4	12.7	11.0	1.4	12.7
Yhteensä – <i>Total</i>	11.5	1.4	12.2	11.4	1.4	12.3	11.5	1.4	12.2
2.4 m									
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	12.7	1.4	11.0	12.6	1.1	8.7	12.6	1.3	10.3
3 m									
Kuusi – <i>Spruce</i>	11.7	1.1	9.4	11.5	1.1	9.6	11.6	1.1	9.5
Mänty – <i>Pine</i>	12.4	1.4	11.2	12.4	1.5	12.1	12.5	1.5	12.0
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	11.1			10.9			11.0		
Yhteensä – <i>Total</i>	12.0	1.2	10.0	11.8	1.3	11.0	11.9	1.3	10.9
Kaikki pituudet yhteensä – <i>All lengths</i>									
Kuusi – <i>Spruce</i>	11.6	0.9	7.6	11.4	0.9	7.9	11.5	0.9	7.8
Mänty – <i>Pine</i>	12.1	1.6	13.2	12.0	1.6	13.3	12.0	1.6	13.3
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	11.6	1.5	12.9	11.4	1.4	12.3	11.5	1.5	13.0
Yhteensä – <i>Total</i>	11.7	1.4	12.0	11.6	1.4	12.1	11.7	1.4	12.0
Tyviprosentti – <i>Procent of the butt bolts</i>									
2 m									
Kuusi – <i>Spruce</i>	15.6	6.2	39.7	16.2	5.4	33.3	15.9	5.5	34.6
Mänty – <i>Pine</i>	12.9	4.6	35.7	13.2	5.3	40.2	12.9	4.8	37.2
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	18.6	4.3	23.1	16.8	3.5	20.8	17.7	3.4	19.2
Yhteensä – <i>Total</i>	15.5	5.5	35.5	15.3	5.0	32.7	15.4	5.0	32.5
2.4 m									
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	12.5	6.0	48.0	12.5	7.3	58.4	12.5	6.3	50.4
3 m									
Kuusi – <i>Spruce</i>	20.4	10.0	49.0	18.7	8.9	47.6	19.4	9.4	48.4
Mänty – <i>Pine</i>	13.8	8.6	62.3	14.8	8.0	54.0	14.5	8.4	57.9
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	38.0			44.0			41.0		
Yhteensä – <i>Total</i>	18.8	10.8	57.4	18.8	10.8	57.4	18.8	10.7	56.9
Kaikki pituudet yhteensä – <i>All lengths</i>									
Kuusi – <i>Spruce</i>	17.2	7.8	45.3	17.0	6.7	39.4	17.1	7.0	40.9
Mänty – <i>Pine</i>	13.1	5.8	44.3	13.6	6.0	44.1	13.3	5.8	43.6
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	17.8	7.1	39.9	16.8	8.0	47.6	17.3	7.3	42.4
Yhteensä – <i>Total</i>	16.0	7.1	44.4	15.8	7.0	44.3	15.9	6.8	42.8

1) Latojan puoli

Taulukko 5. Kylkitiheys pinon eri puolilla. 1972 aineisto.
 Table 5. Face density on different sides on the pile. Material from 1972.

Puulaji <i>Tree species</i>	Etupuoli 1) <i>Loaders side</i>			Takapuoli <i>Others side</i>			Keskimäärin <i>Total</i>		
	\bar{x}	s	V%	\bar{x}	s	V%	\bar{x}	s	V%
Kylkitiheys – Face density									
2 m									
Kuusi – <i>Spruce</i>	69.5	2.6	3.7	69.5	2.7	3.9	69.5	2.4	3.4
Mänty – <i>Pine</i>	67.6	4.1	6.1	68.2	3.7	5.4	67.9	3.8	5.6
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	60.5	4.7	7.8	58.0	4.4	7.6	59.2	4.4	7.4
Yhteensä – <i>Total</i>	65.9	5.4	8.2	65.4	6.2	9.5	65.9	5.7	8.7
2.4 m									
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	57.8	4.4	7.6	57.5	5.8	10.1	57.6	5.0	8.7
3 m									
Kuusi – <i>Spruce</i>	68.3	4.9	7.2	67.7	3.7	5.5	68.0	4.2	6.2
Mänty – <i>Pine</i>	65.5	3.6	5.5	63.6	4.5	7.1	64.5	3.6	5.8
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	49.3			50.4			49.7		
Yhteensä – <i>Total</i>	65.8	6.4	9.7	64.7	5.9	9.1	65.2	6.0	9.2
Kaikki pituudet yhteensä – All lengths									
Kuusi – <i>Spruce</i>	69.1	3.4	4.9	68.9	3.1	4.5	69.0	3.1	4.5
Mänty – <i>Pine</i>	67.0	4.0	6.0	67.0	4.4	6.5	67.0	4.0	6.0
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	59.2	5.0	8.4	57.5	4.9	8.5	58.3	4.8	8.2
Yhteensä – <i>Total</i>	65.1	6.0	9.2	64.5	6.5	10.1	64.8	6.1	9.4

1) Latojan puoli

Taulukko 6. Kylkitiheys pinon etu- ja takapuolella ja niiden välinen suhde. Vuoden 1972 aineisto.
 Table 6. Face density of the loader's side and the other side of pile and ratio between them. Material from 1972.

Puulaji Tree species	Kylkitiheys Face density						Edellisten suhde Ratio between other side and loader's side, %			Tyviprosentti Butt percentage	
	Etupuoli Loader's side			Takapuoli Other side			\bar{x}	s	V%	Etu- puoli Loader's side	Taka- puoli Other side
	\bar{x}	s	V%	\bar{x}	s	V%					
	2 m										
Kuusi – Spruce	69.5	2.6	3.7	69.5	2.7	3.9	100.0	2.8	2.8	15.7	16.2
Mänty – Pine	67.6	4.1	6.1	68.2	3.7	5.4	101.0	3.6	3.6	12.9	13.2
Lehtipuu – Broad-leaved	60.5	4.7	7.8	58.0	4.4	7.6	96.0	3.8	4.0	18.6	16.8
Yhteensä – Total	65.9	5.4	8.2	65.4	6.2	9.5	99.1	4.0	4.0	15.5	15.3
	2.4 m										
Lehtipuu – Broad-leaved	57.8	4.4	7.6	57.5	5.8	10.1	99.3	4.6	4.6	12.5	12.5
	3 m										
Kuusi – Spruce	68.3	4.9	7.2	67.7	13.7	5.5	99.2	2.8	2.8	20.4	18.7
Mänty – Pine	65.5	3.6	5.5	63.6	4.5	7.1	97.2	5.8	6.0	13.8	14.8
Lehtipuu – Broad-leaved	49.3			50.4			102.2			38.0	44.0
Yhteensä – Total	65.8	6.4	9.7	64.7	5.9	9.1	98.6	4.3	4.4	18.8	18.8
	Yhteensä kaikki pituudet – All lengths										
Kuusi – Spruce	69.1	3.4	4.9	68.9	3.1	4.5	99.8	2.8	2.8	17.2	17.0
Mänty – Pine	67.0	4.0	6.0	67.0	4.4	6.6	99.9	4.5	4.5	13.1	13.6
Lehtipuu – Broad-leaved	59.2	5.0	8.4	57.5	4.9	8.5	97.2	4.3	4.4	17.8	16.8
Yhteensä – Total	65.1	6.0	9.2	64.5	6.5	10.1	99.0	4.1	4.1	16.0	15.8
	Käsin ladottu – Piled by hands										
Kuusi – Spruce	71.8	1.9	2.6	71.9	2.1	2.9	100.1	3.1	3.1	13.5	14.8
Mänty – Pine	65.7	4.5	6.8	68.5	3.8	5.6	104.3	2.2	2.1	9.8	12.0
Lehtipuu – Broad-leaved	61.9	3.9	6.3	60.2	4.9	8.1	97.2	4.9	5.0	20.3	18.0
Yhteensä – Total	65.6	5.4	8.2	65.7	6.4	9.7	100.1	4.7	4.7	15.3	15.3
	Koneella ladottu – Piled by machine										
Kuusi – Spruce	68.4	3.4	5.0	68.2	2.8	4.1	99.7	2.8	2.8	18.1	17.5
Mänty – Pine	67.4	3.9	5.8	66.5	4.5	6.8	98.6	4.2	4.3	14.1	14.1
Lehtipuu – Broad-leaved	57.8	5.1	8.8	56.2	4.5	8.0	97.3	4.2	4.3	16.6	16.2
Yhteensä – Total	65.0	6.2	9.5	64.1	6.5	10.1	98.6	3.8	3.8	16.2	16.0

1) latojan puoli

2) prosenttia pölkyn päiden lukumäärästä – percentage of the number of bolt ends

Taulukko 7. Pino- ja kylkitiheyden suhteen jakaurumat, vuoden 1972 aineisto.
 Table 7. Distribution of the relative solid content face density ratio. Material from 1972.

Pino- ja kylkitiheyden suhde, %	Kuusi — Spruce		Mänty — Pine		Lehtipuut — Broadleaved		Yhteensä — Total		
	kpl Pieces	%	kpl Pieces	Tyvi- prosentti Butt percent- age	kpl Pieces	%	kpl Pieces	%	Tyvi- prosentti Butt percent- age
85.1—87.0	—	—	—	—	1	4.8	1	1.6	41.0
87.1—89.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
89.1—91.0	—	—	—	—	2	9.6	2	3.1	22.5
91.1—93.0	2	9.6	—	—	2	9.6	4	6.3	17.8
93.1—95.0	7	33.3	2	15.5	5	23.7	14	21.9	17.0
95.1—97.0	7	33.3	5	16.8	5	23.7	17	26.5	16.4
97.1—99.0	4	19.0	8	12.8	3	14.3	15	23.4	14.6
99.1—101.0	1	4.8	6	11.0	3	14.3	10	15.6	10.4
101.1—103.0	—	—	1	10.0	—	—	1	1.6	10.0
Yht. kpl, % Total pieces	21	100.0	22	100.0	21	100.0	64	100.0	
Suhde (\bar{x}) % Ratio		95.5		98.1		94.8		96.2	
Tyvi- prosentti x Butt percentage ¹⁾		17.1		13.3		17.3		15.9	

1) pölkkyjen päiden lukumäärästä
 percentage of the number of bolt ends

Taulukko 8. Laskelma pino- ja kylkitiheyden suhteesta eri puutavara- ja pölkylajeilla. (Perustuu Rikkosen 1960-luvulla tekemiin taulukoihin).

Table 8. Calculation of the relative solid content face density ratio of different pulpwood and bolt assortments (based on unpublished tables by Rikkonen from the 1960s).

Puutavara- laji <i>Pulpwood species</i>	Tyvipölkkyt <i>Butt bolts</i>		Väli- ja latvapölkkyt <i>Other bolts</i>		Kaikki pölkkyt <i>All bolts</i>	
	kpl <i>Pieces</i>	Pinotiheys/ Kylkitiheys,% <i>Ratio</i>	kpl <i>Pieces</i>	Pinotiheys/ Kylkitiheys,% <i>Ratio</i>	kpl <i>Pieces</i>	Pinotiheys/ Kylkitiheys,% <i>Ratio</i>
Mänty 2 m <i>Pine</i>	348	89.5	724	100.0	1072	95.6
4 m	617	87.3	822	99.7	1439	93.7
Ohutpuu 2 m <i>Small sized</i>	791	90.0	4219	101.6	5010	99.0
Kuusi 1 m <i>Spruce</i>	598	91.5	4006	100.0	4604	98.3
2 m	398	88.9	1525	100.0	1923	97.1
4 m	388	88.9	460	99.3	848	94.2
Ohutpuu 2 m <i>Small sized</i>	2323	92.3	5263	100.0	7586	97.7
Koivu 2 m <i>Birch</i>	155	92.0	1026	98.3	1181	97.1
2.2 m	324	89.1	682	98.7	1006	95.1
2.4 m	120	84.2	246	100.0	366	92.9
Leppä 2 m <i>Alder</i>	2608	91.3	4029	98.7	6637	95.1

Taulukko 9. Totaalinen kylkitiheys, ympyräkoelaotannalla saatu kylkitiheys ja kylkitiheyden pinon sisäinen hajonta. 1972 aineisto.

Table 9. Face density of the whole pile, face density and within pile deviation of the face density obtained by sampling. (0.5 sq.m. circular sample plots). Material from 1972.

Puulaji Tree species	Pinoja Piles	Kylkitiheys Face density			Koalojen kylki- tiheys Face density of the sample plots			Erotus Difference		Pinonsisäi- nen hajonta Within pile deviation
		\bar{x}	s	V%	\bar{x}	s	V%	abs	%	
2 m										
Kuusi – <i>Spruce</i>	14	69.5	2.4	3.4	68.6	4.1	6.0	-0.9	-1.3	8.6
Mänty – <i>Pine</i>	16	67.9	3.8	5.6	66.5	4.7	7.1	-1.4	-2.1	8.8
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	14	59.2	4.4	7.4	59.4	5.9	9.9	+0.2	+0.3	11.5
Yhteensä – <i>Total</i>	44	65.6	5.7	8.7	64.9	6.2	9.6	-0.7	-1.1	9.6
2.4 m										
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	6	57.6	5.0	8.7	57.4	8.5	14.8	-0.2	-0.3	12.1
3 m										
Kuusi – <i>Spruce</i>	7	68.0	4.2	6.2	69.1	3.8	5.5	+1.1	+1.6	7.9
Mänty – <i>Pine</i>	6	64.5	3.6	5.6	66.1	5.9	8.9	+1.6	+2.5	11.1
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	1	49.7			48.4			-1.3	-2.6	10.3
Yhteensä – <i>Total</i>	14	65.2	6.0	9.2	66.3	7.0	10.6	+1.1	+1.7	9.4
Kaikki pituudet yhteensä – <i>All lengths</i>										
Kuusi – <i>Spruce</i>	21	69.0	3.1	4.5	68.8	3.9	5.7	-0.2	-0.3	8.4
Mänty – <i>Pine</i>	22	67.0	4.0	6.0	66.4	4.9	7.4	-0.6	-0.9	9.4
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	21	58.3	4.8	8.2	58.3	6.8	11.7	0	0	11.6
Yhteensä – <i>Total</i>	64	64.8	6.1	9.4	64.5	6.9	10.7	-0.3	-0.5	9.8
Käsin ladottu – <i>Piled by hand</i>										
Kuusi – <i>Spruce</i>	4	71.9	1.7	2.4	71.4	2.0	2.8	-0.5	-0.7	6.7
Mänty – <i>Pine</i>	5	67.1	4.2	6.2	67.5	4.8	7.1	+0.4	+0.6	9.6
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	7	61.0	4.2	6.9	60.1	5.8	9.6	-0.9	-1.5	12.5
Yhteensä – <i>Total</i>	16	65.6	5.8	8.8	65.3	6.7	10.3	-0.3	-0.4	10.2
Koneella ladottu – <i>Piled by machine</i>										
Kuusi – <i>Spruce</i>	17	68.3	3.0	4.4	68.1	4.0	5.9	-0.2	-0.3	8.7
Mänty – <i>Pine</i>	17	67.0	4.0	6.0	66.0	5.0	7.6	-1.0	-1.5	9.4
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	14	56.9	4.7	8.3	57.4	7.3	12.7	+0.5	+0.9	11.2
Yhteensä – <i>Total</i>	48	64.5	6.2	9.6	64.2	7.0	10.9	-0.3	-0.5	9.7

Taulukko 10. Kylkitiheyden pinonsäisäen hajonta erilaisin näytteenottomenetelmin v. 1972 mitatuista yhdestätoista pinosta.
 Table 10. Face density and the within-pile deviation of face density with different sampling method. Material of eleven piles measured in 1972.

Pino n:o Pile nr	Totaalinen kylkitiheyden pinonsäisäen hajonta Face density of the whole pile	Näytteitä kpl Sample plots pcs	Kylkitiheyden pinonsäisäen hajonta						Viivanäyte Lineal sample				
			d 80 cm ympyrä Circular sample plot diameter 80 cm		d 120 cm ympyrä Circular sample plot diameter 120 cm		5 prosentoinen kiilla Relascope of 5 percents		7 prosentoinen kiilla Relascope of 7 percents		Näytteitä kpl Sample plots pcs	\bar{x}	V%
			\bar{x}	V%	\bar{x}	V%	\bar{x}	V%	\bar{x}	V%			
Kuusi — Spruce													
1) 1A	64.9	6	64.9	7.9	64.0	7.9	55.0	8.1	54.8	9.6	12	68.6	12.6
1) 4B	68.4	8	72.6	6.9	70.7	5.5	65.0	19.3	62.1	14.1	14	73.3	10.7
2) 1		12	69.2	11.0	68.9	6.0	53.8	15.9	56.6	17.9	49	71.8	13.9
2) 3		12	65.3	10.1	66.3	6.3	58.3	15.7	56.0	15.1	24	69.4	16.9
Pinonsäisäen hajonta \bar{x}													
Within pile deviation													
Mänty — Pine													
1) 6B	70.5	6	69.0	7.0	71.5	3.8	66.7	18.8	68.8	13.5	12	74.8	7.5
1) 9C	64.7	6	69.8	5.9	65.6	4.9	59.1	23.5	44.3	42.0	14	71.5	10.3
2) 4		12	61.4	7.6	61.5	6.7	53.3	12.2	53.7	12.8	48	66.5	16.2
Pinonsäisäen hajonta \bar{x}													
Within-pile deviation													
Lehtipuut — Broadleaved													
1) 3A	61.0	6	63.6	11.3	62.2	3.4	65.8	11.2	69.7	16.9	12	65.9	22.6
1) 5B	61.0	6	64.0	9.5	63.8	5.8	59.1	14.6	55.3	20.7	12	68.0	18.6
1) 8C	60.1	6	66.9	6.6	64.8	3.8	58.0	6.0	56.0	11.2	12	66.0	13.5
2) 2		12	56.0	6.0	56.4	4.3	50.0	20.5	47.8	17.5	47	59.6	19.1
Pinonsäisäen hajonta													
Within-pile deviation													
Pinonsäisäen hajonta													
Yhteensä — Total													
1) Näytteillä saatu kylkitiheyden \bar{x}													
Face density obtained by sampling													
Erotus abs													
Difference %													
			67.2	9.0	66.1	5.8	61.2	16.6	58.7	19.1		69.7	
			+2.9		+1.8		-3.1		-5.6			+5.4	
			+4.5		+2.8		-4.8		-8.7			+8.4	

1) 1972 aineistoon kuuluvia alueelta 2 olevia pinoja. Totaalinen kylkitiheyden 64,3 %

2) Pinoja joiden totaalista kylkitiheyttä ei tiedetä — Piles, which were only measured by sampling methods.

Taulukko 11. ¹⁾Kylkitiheys ja kylkitiheyden pinon sisäinen hajonta Enso-Gutzeit Osakeyhtiössä 1972 kerätyn aineiston mukaan. (0.5 m² n ympyräkoealat).

Table 11. ¹⁾Face density and within-pile deviation of face density in a material from Enso-Gutzeit Osakeyhtiö. (0.5 sq.m. circular sample plots).

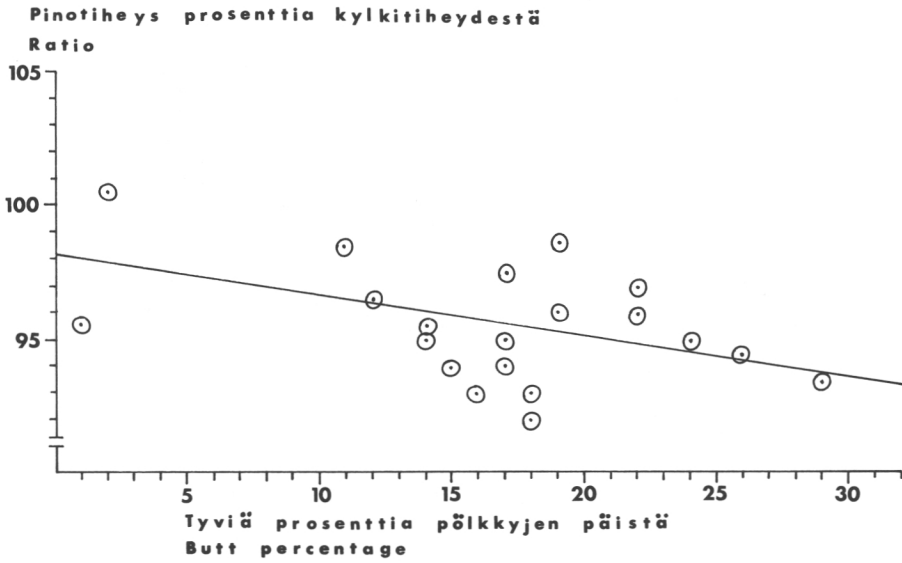
Puulaji Tree species	Pinoja Piles	1) Kylkitiheys Face density			Pinon sisäinen hajonta Within-pile deviation	
		\bar{x}	s	V %	Abs	%
Käsin ladotut pinot – Piled by hand						
Kuusi – <i>Spruce</i>	26	70.0	4.0	5.7	5.4	7.7
Mänty – <i>Pine</i>	32	66.2	5.1	7.7	4.7	7.1
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	16	58.1	5.3	9.1	5.5	9.5
Yhteensä – Total	74	65.8	6.5	9.9	5.1	7.8
Koneella ladotut pinot – Piled by machine						
Kuusi – <i>Spruce</i>	4	68.4	3.8	5.6	4.2	6.1
Mänty – <i>Pine</i>	16	63.6	4.1	6.4	6.0	9.4
Lehtipuu – <i>Broadleaved</i>	15	52.4	6.7	12.8	7.2	13.7
Yhteensä – Total	35	59.4	8.2	13.8	6.3	10.6
Kaikki yhteensä All total	109	63.8	7.6	11.9	5.5	8.6

Keskimäärin 5.3 kappaletta 0.5 m² n koeympyrää/pino
Approximately 5.3 pieces 0.5 sq.m. circular sample plots per pile

1) (Keskimääräiset kylkitiheydet on saatu näytteiden keskiarvoina)
(Face density is a mean of the sample)

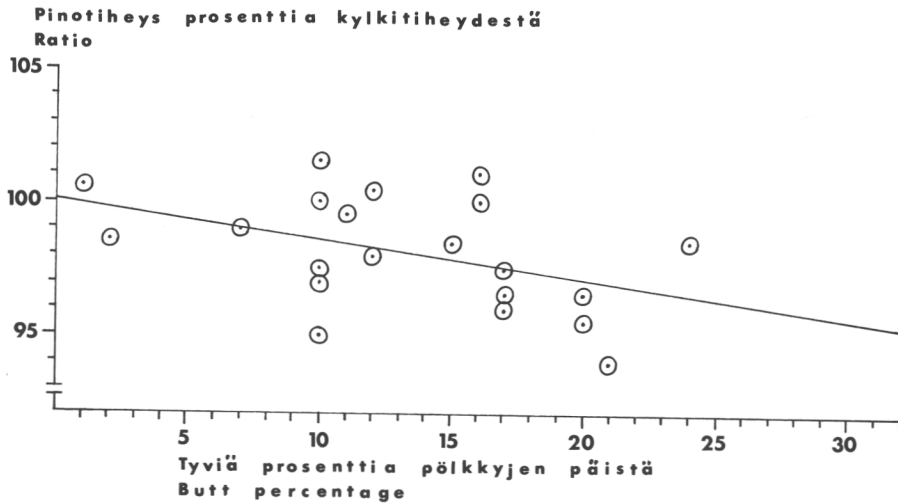
Kuva 5 Tyvipäiden osuuden vaikutus pino- ja kylkitiheyden suhteeseen, 1972 aineisto. Kuusi 2 ja 3 m.

Fig 5 Effect of the percentage of butt ends on the relative solid content: face density ratio. Material from 1972. Spruce 2 and 3 m.



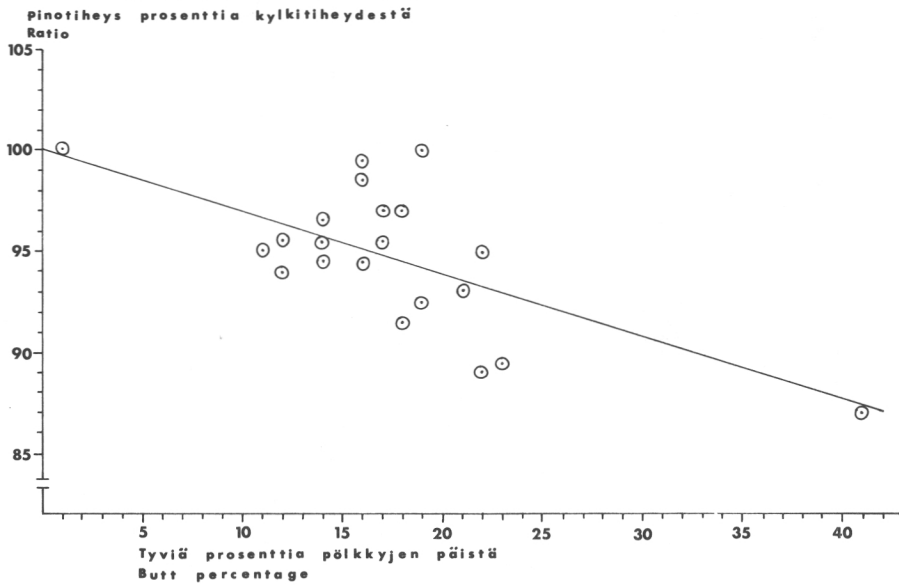
Kuva 6 Tyvipäiden osuuden vaikutus pino- ja kylkitiheyden suhteeseen, 1972 aineisto. Mänty 2 ja 3 m.

Fig 6 Effect of the percentage of butt ends on the relative solid content: face density ratio. Material from 1972. Pine 2 and 3 m.



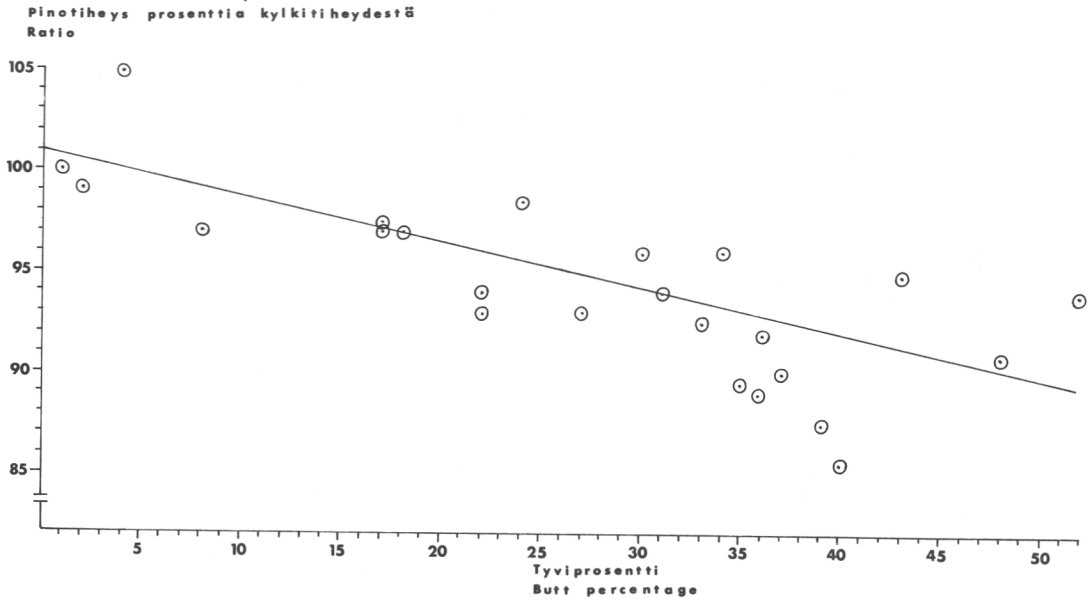
Kuva 7 Tyvipäiden osuuden vaikutus pino- ja kylkitiheyden suhteeseen, 1972 aineisto, Lehtipuu 2, 2.4 ja 3m.

Fig 7 Effect of the percentage of butt ends on the relative solid content: face density ratio. Material from 1972. Broadleaved 2, 2.4 and 3m.



Kuva 8 Tyvien osuuden vaikutus pino- ja kylkitiheyden suhteeseen, 1960-luvun aineisto, Kuusi 2m

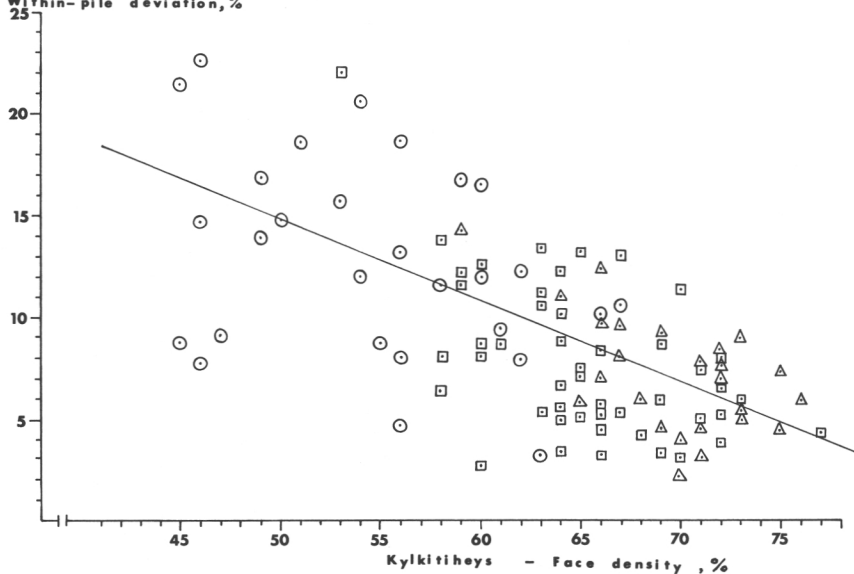
Fig 8 Effect of the butt percentage on the relative solid content: face density ratio. Material from the 1960s Spruce 2m



Kuva 9 Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta $0,5\text{ m}^2$ n koealoilla kylkitiheyden funktiona Enso Gutzeit Osakeyhtiön aineisto. \triangle Kuusi \square Mänty \circ Lehtipuu

Fig 9 Within-pile deviation of face density in $0,5\text{ sq.m}$ circular sample plots as a function of face density. Material from Enso Gutzeit Osakeyhtiö. \triangle Spruce \square Pine \circ Broadleaved.

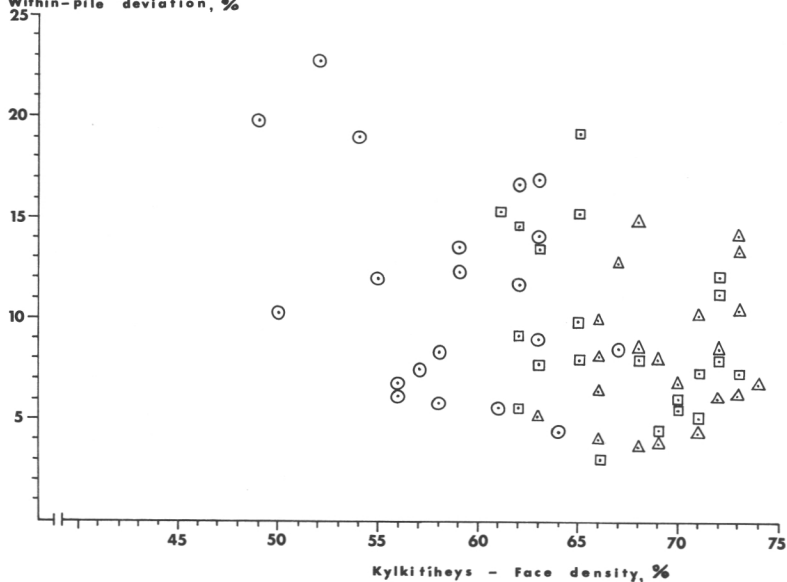
Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta, %
Within-pile deviation, %



Kuva 10 Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta halkaisijaltaan 80 cm:n koealoilla kylkitiheyden funktiona. 1972 aineisto. \triangle Kuusi \square Mänty \circ Lehtipuu.

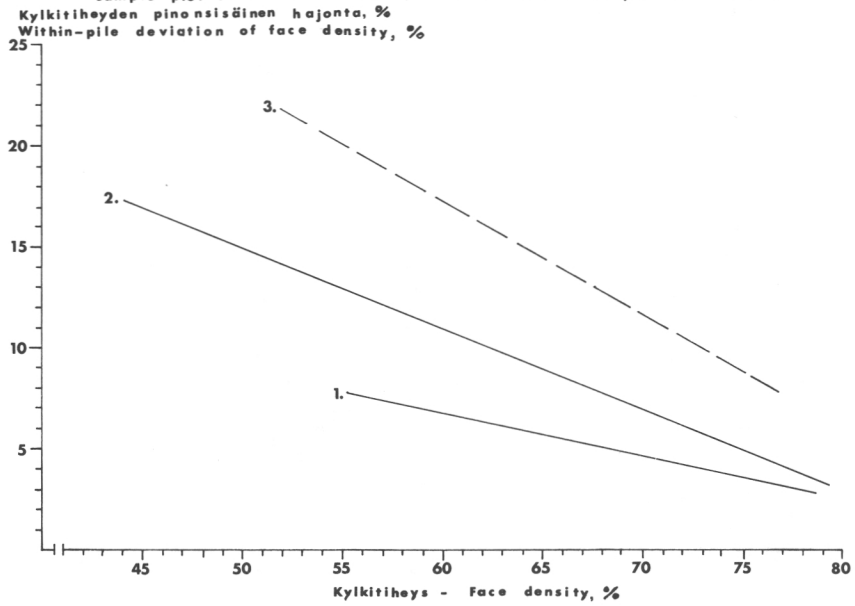
Fig 10 Within-pile deviation of face density in circular sample plots ($0,5\text{ sq.m}$) 80 cm in diameter as a function of face density. 1972 material. \triangle Spruce \square Pine \circ Broadleaved.

Kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta, %
Within-pile deviation, %



Kuva 11 Mahdotelma kylkitiheyden pinonsisäisestä hajonnasta erilaisilla näytteenotto menetelmillä kylkitiheyden funktiona. 1=120 cm:n ympyrä, 2=80 cm:n ympyrä, 3= 5 prosentin kylkitiheyskilla.

Fig 11 A hypothetic sketch of the within-pile deviation of face density with different sampling methods as a function of face density. 1. Circular sample plot 120 cm in diameter. 2. Same 80 cm. 3. 5 percent's relascope



- No 161 Olavi Huuri: Eräiden kloorattujen hiilivetyjen vaikutuksesta männyn taimien alkukehitykseen.
The effect of some chlorinated hydrocarbons on the initial development of planted pine seedlings. 2,50
- No 162 Veijo Heiskanen, Antero Kuronen & Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimittaan ja tukkilukuun perustuvat sahapuiden kuutioimistaulukot.
Volume tables for saw timber stems based on the breast height diameter and the number of log per stem. 1,50
- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu.
The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2, —
- No 165 Metsätalastollinen vuosikirja 1971.
Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavaralajitaulukot.
Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom.
Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus.
Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus.
Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa.
Estimation of the share of waste bolts in pile measurements. 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoiluviista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta.
Skogsforskningsinsitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Pälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa.
The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland.
Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen.
Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen.
The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana.
Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteraus kuusisaha-puun teossa.
The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikkinen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla.
Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa.
Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50.
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä.
The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla.
The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50

No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana.
On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50.

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, C0100 Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää