

# FOLIA FORESTALIA 92

MEETSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1970

---

---

PENTTI HAKKILA JA PENTTI RIKKONEN

KUUSITUKIT PUUMASSAN RAAKA-AINEENA

SPRUCE SAW LOGS AS RAW MATERIAL OF PULP

---

- N:ot 1—18 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.  
Nos. 1—18 are listed in publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- 1966 No 19 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot. 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi. 2,—  
No 20 Seppo Grönlund ja Juhani Kurikka: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät vuosina 1962 ja 1964. Lopulliset tulokset.  
Removals of commercial roundwood in Finland by districts in 1962 and 1964. Final results. 4,—  
No 21 Kullervo Kuusela: Ålands skogar 1963—64. 2,—  
No 22 Eero Paavilainen: Havaintoja kasvuturpeen käytöstä männyn istutuksessa.  
Observations on the use of garden peat in Scots pine planting. 1,—  
No 23 Veikko O. Mäkinen: Metsikön runkoluku keskiläpimitan funktiona pohjapinta-alan yksikköä kohti.  
Number of stems in a stand as function of the mean breast height diameter per unity of basal area. 1,—  
No 24 Pentti Koivisto: Itä- ja Pohjois-Hämeen koivuvarat.  
Birch resources in the Forestry Board Districts of Itä-Häme and Pohjois-Häme. 1,—  
No 25 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1964 ja vuoden 1965 ennakkotiedot.  
Wood utilization in Finland in 1964 and preliminary data for the year 1965. 3,—  
No 26 Sampsa Sivonen ja Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1965/66.  
Expenses of timber production in Finland in the cutting season 1965/66. 2,—  
No 27 Kullervo Kuusela: Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964—65. 3,—
- 1967 No 28 Eero Reinius: Valtakunnan metsien V inventoinnin tuloksia neljän Etelä-Suomen metsänhoitolautakunnan soista ja metsäojitusalueista.  
Results of the fifth national forest inventory concerning the swamps and forest drainage areas of four Forestry Board Districts in southern Finland. 3,—  
No 29 Seppo Ervasti, Esko Salo ja Pekka Tiillilä: Kiinteistöjen raakapuun käytön tutkimus vuosina 1964—66.  
Real estates raw wood utilization survey in Finland in 1964—66. 2,—  
No 30 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1965/66.  
Stumpage prices in private forests during the cutting season 1965/66. 1,—  
No 31 Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutus rämemännikön juurisuhteisiin.  
The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands. 2,—  
No 32 Metsätilastoa. I Metsävaranto.  
Forest statistics of Finland. I Forest resources. 3,—  
No 33 Seppo Ervasti ja Esko Salo: Kiinteistöillä lämmön kehittämiseen käytetyt polttoaineet v. 1965.  
Fuels used by real estates for the generation of heat in 1965. 2,—  
No 34 Veikko O. Mäkinen: Viljelykuusikoiden kasvu- ja rakennetunnuksia.  
Growth and structure characteristics of cultivated spruce stands. 2,—  
No 35 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1965 ja ennakkotietoja vuodelta 1966.  
Wood utilization in Finland in 1965 and preliminary data for the year 1966. 4,—  
No 36 Eero Paavilainen — Kyösti Virrankoski: Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa.  
Studies on the capillary rise of water in peat. 1,50  
No 37 Matti Heikinheimo — Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen polttoainetarastot talvella 1965/66.  
Fuel stocks of real estates in Finland in winter 1965/66. 2,—
- 1968 No 38 L. Runeberg: Förhållandet mellan driftsöverskott och beskattad inkomst vid skogsbeskattningen i Finland.  
The relationship between surplus and taxable income in forest taxation in Finland. 2,—  
No 39 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1966/67.  
Costs of timber production in Finland during the cutting season 1966/67. 2,—  
No 40 Jorma Sainio — Pentti Sorrola: Eri polttoaineet teollisuuden lämmön ja voiman sekä kiinteistöjen lämmön kehittämisessä vuonna 1965.  
Different fuels in the generation of industrial heat and power and in the generation of heat by real estates in 1965. 2,—  
No 41 Pentti Rikkonen: Havupaperipuiden kuorimishäviö VK-16 koneella kuorittaessa.  
The barking loss of coniferous pulpwood barked with VK-16 machines. 2,—  
No 42 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966—67.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of E-Sa, E-Ka, I-Sa, P-Ka, P-Sa and K-S in 1966—67. 3,—  
No 43 Eero Paavilainen: Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta.  
On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps. 2,—  
No 44 Lalli Laine: Kuplamörsky, (Rhizina undulata Fr.), uusi metsän tuhoisien maassamme.  
Rhizina undulata Fr., a new forest disease in Finland. 1,—



Pentti Hakkila ja Pentti Rikkonen

KUUSITUKIT PUUMASSAN RAAKA-AINEENA

Spruce saw logs as raw material of pulp

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on suoritettu Yhtyneet Paperitehtaat Osakeyhtiön Kaipolan Tehtaitten ja Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston yhteistyönä. Edellisen edustajina ovat tutkimuksen eri vaiheissa käydyissä neuvotteluissa olleet dipl. ins. P.—E. OHLS, metsänhoitaja KALEVI SAARINEN sekä dipl. ins. LEO TILA, joka myös hoiti tutkimustyön tehdasvarastolla aiheuttamat ylimääräiset järjestykset. Metsäntutkimuslaitoksen edustajina toimivat neuvotteluissa professori VEIJO HEISKANEN sekä allekirjoittaneet. Kenttätoimia johtivat metsäteknikot PENTTI SAVILAMPI ja TAUNO OITTINEN Metsäntutkimuslaitoksesta.

Käsikirjoituksen ovat Metsäntutkimuslaitoksen puolesta tarkastaneet professorit LAURI HEIKINHEIMO ja VEIJO HEISKANEN.

Lausumme kiitoksemme Yhtyneet Paperitehtaat Osakeyhtiölle kitkattomasta yhteistyöstä ja myötämielisestä suhtautumisesta tulosten julkisuuteen saattamiseen. Samoin kiitämme kaikkia muita tutkimuksen eri vaiheissa mukana olleita.

Allekirjoittaneista on Rikkosen osuutena ollut latvamuotolukujen määrittäminen ja niitä sivuavien lukujen laatiminen. Hakkila on selvitetty kuitutukien puuaineen ominaisuuksia ja kirjoittanut vastaavat käsikirjoituksen luvut.

Helsingissä syyskuussa 1970.

Pentti Hakkila

Pentti Rikkonen

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY IN ENGLISH .....	3
TIIVISTELMÄ .....	4
1. JOHDANTO .....	5
2. MENETELMÄ .....	6
3. AINEISTO .....	8
4. TULOKSET .....	9
41. Kuitutukkien puuaineen ominaisuudet .....	9
411. Luston paksuus .....	9
412. Sydänpuuprosentti .....	9
413. Oksapuuprosentti .....	10
414. Kuoren painoprocentti .....	10
415. Kosteus .....	10
416. Puun tuorepaino .....	11
417. Puuaineen tiheys .....	11
42. Kuitutukkien latvamuotoluku .....	12
421. Keskusmittaan perustuva latvamuotoluku .....	12
422. Korjattu latvamuotoluku .....	13
43. Kuitupinopuun ja kuitutukkien arvosuhde .....	14
KIRJALLISUUSLUETTELO .....	16

# SPRUCE SAW LOGS AS RAW MATERIAL OF PULP

## Summary

The Finnish pulp industries have been obliged in the last few years to turn for raw material also to the traditional timber preserve of the sawmill industries. The development has gone furthest in the mechanical woodpulp mills of Central Finland, but even on an average the saw logs account for a fourth of the spruce roundwood used for pulp production. This has also affected the logging procedure and the different phases of the mill process. One of the problems is the value ratio between the piled cubic metre of cordwood and the technical cubic foot of the saw log<sup>1</sup>.

The Department of Forest Technology, Finnish Forest Research Institute, in cooperation with the United Paper Mills Ltd. carried out in 1968 and 1969 measurements in the mill yard of the Kaipola groundwood pulp mill to establish the value ratio from the dry matter content of the unit volume. As such the results are applicable only to the conditions of the Kaipola mills, but used with caution they can provide guidance in other similar cases.

The sole aim of the main part of the investigation was to calculate the ratio between the true and technical volume of saw logs, i.e. the top form factor. A total of 8.899 spruce saw logs was measured at the mill yard of Kaipola. In addition, 538 discs from saw logs and 250 from cordwood were taken for determination of moisture content, ring width, percentage

of heartwood by volume, percentage of knotwood by volume, percentage of bark by weight and basic density of wood. Some of the most important results are given here.

The saw logs derived from trees that had grown faster on an average than cordwood. The average ring width was 2.17 for the former and 1.52 mm. for the latter.

The share of actual knotwood was 0.8 per cent of the volume of saw logs and 0.6 per cent of that of cordwood. The difference is due to the faster growth of sawtimber trees.

The average basic density of saw logs, inclusive of the effect of knots, was 381 kg/solid cu.m., that of cordwood 383 kg/solid cu.m. The basic density of saw logs compared with cordwood is reduced by faster growth rate, but it is raised by higher age.

The true top form factor for saw logs was 1.413. The number of technical cubic feet determined according to the scaling rule from the top of the log and below the bark must thus be multiplied by the figure stated to arrive at the true solid measure.

When solely the volume of wood was taken into account the piled cubic metre of 2-m cordwood, carefully debarked by machine, corresponded to 18.25 technical cubic feet of saw log. When, in addition, basic density and knots were taken into consideration, the final value ratio was 18.40.

---

1. In this paper saw log refers to timber which conforms with the grade requirements and the minimum measurements for the sawmill industry, but which is utilised for pulping.



## TIIVISTELMÄ

Puumassateollisuus on viime vuosien aikana joutunut laajentamaan raaka-ainepohjaansa myös perinteellisesti sahateollisuudessa käytetyn puun alueelle. Pisimmälle kehitys on ehtinyt Keski-Suomen hioketeollisuudessa, mutta keskimäärinkin muodostaa järeä puu jo neljänneksen teollisuuden käyttämästä pyöreästä kuitupuusta. Tapahtunut kehitys on vaikuttanut myös puutavaran hankintatoimintaan ja tehdasprosessin eri vaiheisiin. Eräs esille nousut kysymys on kuitupinopuun kuutiometrin ja kuitutukin teknillisen kuutiojalan arvosuhde.

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto suoritti vuosina 1968 ja 1969 yhteistyössä Yhtyneet Paperitehtaat Osakeyhtiön kanssa Päijänteen alueelta raaka-aineensa hankkivan Kaipolan hiomon tehdasvarastossa mittauksia, joiden tavoitteena oli selvittää mainittu arvosuhde tilavuusyksikön kuiva-ainesäältä apuna käyttäen. Tulokset soveltuvat sellaisenaan vain Kaipolan tehtaitten oloihin, mutta varovaisuutta noudattaen saadaan niistä osviittaa myös muihin vastaavanlaisiin tapauksiin.

Tutkimusaineiston pääosan yksinomaan tarkoituksena oli kuitutukkien todellisen ja teknillisen kuutiosisällön suhteen eli latvamuotoluvun selvittäminen. Tätä varten tehtiin Kaipolan tehdasvarastolla mittauksia kaikkiaan 8899 kuusitukista. Lisäksi sahattiin kuitutukeista 538 ja kuitupinopuusta 250 kiekkoa, joista mitattiin kosteus, luston paksuus, sydänpuu-

prosentti, oksapuun tilavuusprosentti, kuoren kuivapainoprosentti sekä puuaineen tiheys. Tärkeimmistä tuloksista mainittakoon seuraavat.

Kuitutukit ovat peräisin keskimäärin nopeammin kasvaneista puista kuin kuitupinopuu. Luston keskimääräinen paksuus oli edellisessä 2.17 ja jälkimmäisessä 1.52 mm.

Varsinaisen oksapuun osuus oli 0.8 % kuitutukkien ja 0.6 % kuitupinopuun tilavuudesta. Tukkipuun suurempi oksaisuus johtuu nopeamasta kasvusta.

Kuitutukkien keskimääräinen puuaineen tiheys oli oksien vaikutus mukaan luettuna 381 kg/k-m<sup>3</sup>, kuitupinopuun vastaavasti 383 kg/k-m<sup>3</sup>. Tukkipuun tiheyttä pinopuuhun verrattuna alentaa kasvun nopeus mutta toisaalta taas nostaa korkeampi ikä.

Kuitutukkien todellinen korjattu latvamuotoluku oli 1.413 (vrt. kuva 4). Mittaussäännön mukaisesti tukin latvasta kuoren alta määritetty teknillinen kuutiojalkamäärä on siis kerrottava mainitulla luvulla oikean kiintomitan laskemiseksi.

Kiinnitettäessä huomio yksinomaan puun tilavuuteen vastasi koneella huolellisesti kuoritun 2-metrin kuitupinopuun pinokuutiometri 18.25 kuitutukin teknillistä kuutiojalkaa. Kun lisäksi puuaineen tiheys ja oksaisuus otetaan huomioon, saadaan lopulliseksi arvosuhteeksi 18.40.

## 1. JOHDANTO

Metsiemme järeysrakenteessa on viime vuosikymmenien aikana tapahtunut muutoksia, jotka yhä selvemmin alkavat näkyä myös eri teollisuudenhaarojen raaka-aineen koostumuksessa. Ikäluokkakajautumasta ja noudatetuista metsän-

hoidollisista periaatteista johtuen pienimpien läpimittaluokkien kokonaiskuutiomäärä on supistunut ja järeitten taas kasvanut, kuten seuraavat Etelä-Suomessa tapahtunutta kehitystä kuvaavat luvut osoittavat (KUUSELA 1970).

Aika	Rinnankorkeusläpimitta kuoren päällä, cm				Yhteensä
	-10	11-20	21-30	31 +	
	Kuorellinen kuutiomäärä, %				
1922	15	43	32	10	100
1937	15	48	31	6	100
1952	12	43	38	7	100
1960	10	37	43	10	100
1966	8	34	44	14	100

Tukkipuun, perinteellisen sahateollisuuden raaka-aineen määrä on siis Etelä-Suomessa lisääntynyt, kuusella vielä voimakkaammin kuin männyllä. Sen sijaan Pohjois-Suomessa, missä järeän mäntypuuston osuus on aina ollut korkea, tilanne on 1950-luvulla säilynyt lähes muuttumattomana (Metsätilastollinen vuosikirja 1968), ja sen jälkeen lienee tukkipuuston määrä pohjoisessa pienentynytkin. Etelä-Suomen rinnankorkeusläpimitaltaan yli 20 cm:n tukkipuitten lukumäärän kasvu tulee esiin myös seuraavista luvuista (KUUSELA 1970).

Aika	Mänty	Kuusi	Yhteensä
			Tukkipuita milj. kpl
1937	456	241	697
1952	470	330	800
1966	509	452	961

Samaan aikaan kun pienikokoisen puuston absoluuttinen määrä on vähentynyt ja kookkaamman puuston lähes vastaavasti lisääntynyt, on havupuuta käyttävän teollisuuden kapasiteetin kasvu ohjautunut pääasiassa niihin metsäteollisuuden haaroihin, jotka tähän saakka

ovat tyydyttäneet raaka-ainetarpeensa tukkipuun kokoa pienemmällä puutavaralla. Teollisuustilaston yli 100 standartin vuosituotannon sahojen tuotanto on pysynyt ennallaan, kun taas puumassateollisuuden tuotanto on moninkertaistunut (Metsätilastollinen vuosikirja 1968).

Tuote	Yksikkö	Vuosi				
		1950	1955	1960	1965	1968
		Vuosituotanto				
Sahatavara	1000 std	1026	1091	1406	1185	1045
Puuhioke	1000 tn	644	780	1003	1467	1502
Sulfiittisellu	—”—	719	995	1284	1496	1378
Sulfaattisellu	—”—	475	822	1181	2179	2582
Puolisellu	—”—	—	14	47	202	242

Puumassateollisuuden on korkeammista kustannuksista huolimatta etsittävä lisäraaka-ainetta myös järeästä tavarasta. Pisimmälle on kehitys ennättänyt kuusipuun kohdalla, koska saha- ja kuitupuun hintaero on kuusella pienempi kuin männällä. Seuraava asetelma osoittaa

Alue	Mänty		Kuusi	
	1968–69	1969–70	1968–69	1969–70
	Järeän puun osuus kuitupuusta, %			
Länsi-Suomi	1	3	18	28
Keski-Suomi	0	1	40	43
Itä-Suomi	2	13	14	19
Pohjois-Suomi	0	0	9	9
Keskimäärin	1	4	21	24

Neljännes kuusikuitupuusta on siis peräisin perinteellisestä sahateollisuuden raaka-aineesta, jota aikaisemmin vain poikkeuksellisesti käytettiin massan valmistukseen. Ennen kuin järeän puuston osuus metsien ikäluokkakehityksen seurauksena aikanaan ehkä jälleen alkaa pienentyä, järeän puun merkitys puumassateollisuuden raaka-ainelähteenä lisääntynee vielä nykyisestään.

Kuitutukkien <sup>1)</sup> käyttö kuitupinopuun korvikkeena lyö leimansa sekä puutavaran hankintaan että tehdaspään toimintaan. Selvimmin tämä tulee nykyisin esiin hioketeollisuudessa, joka käyttää suurimman osan puumassateollisuuden kuitutukeista. Raaka-ainepohjan muuttuminen vaikuttaa keskimääräiseen kantohintaan, korjuu- ja kuljetusmenetelmiin, mittaukseen, tehdasvaraston puun käsittelyyn, jalostusprosessiin ja mahdollisesti jopa lopputuotteen laatuun. Pinotavaran ja tukkipuun kantohinto-

järeän puun osuuden hankintakausien 1968–69 ja 1969–70 kolmella ensimmäisellä neljänneksellä prosentteina kaikesta teollisuuden ostmasta pyöreästä kuitupuusta maan eri osissa (SUHONEN 1970).

jen ja korjuukustannusten erot tunnetaan tosin tarkoin, mutta kulutus- ja kustannuslaskelmien ja tuotteen laadun kannalta tärkeät mittaus- ja tekniset muuntoluvut ja puuaineen ominaisuuksien vertailu ovat jääneet vaille riittävää huomiota.

Viimeksi mainittu ongelma nousi vuonna 1968 polttavana esiin Yhtyneet Paperitehtaat Osakeyhtiön Kaipolan hiomossa, jonka raaka-aineesta jo tuolloin erittäin huomattava osa koostui järeästä puusta. Ongelman ydin oli kuitupinopuun kuutiometrin ja kuitutukin teknillisen kuutiojalan sisältämien puumäärien suhde. Puuttui toisin sanoen tarkka tieto siitä, montako kuutiojalkaa vastaa kuiva-ainesisällöltään pinokuutiometriä.

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto suoritti vuosina 1968 ja 1969 Kaipolan tehdasvarastossa mittauksia edellä mainitun muuntoluvun selvittämiseksi. Tulokset eivät luonnollisesti sellaisinaan sovellu muihin oloihin vaan rajoittuvat vain tämän Päijänteen länsipuolella sijaitsevan tehtaan hankinta-alueelle. Kun vastaavanlaisia vertailevia tutkimuksia ei kuitenkaan ole aikaisemmin saatettu julkisuuteen, lienee tuloksilla käyttöarvoa laajemminkin piireissä. Tästä syystä on katsottu olevan paikallaan julkaista tulokset alueellisesta rajoituneisuudesta huolimatta.

1) Tässä tutkimuksessa nimitetään puumassateollisuuden raaka-aineeksi tarkoitettua puutavaraa kuitupuuksi, joka koostuu kuitupinopuusta ja kuitutukeista. Viimeksi mainituilla tarkoitetaan puumassateollisuuden käyttämää tukkipuuta erotukseksi sahateollisuuden tukeista, joita tässä kutsutaan sahatukeiksi.

## 2. MENETELMÄ

Tutkimusaineisto kerättiin Kaipolan tehdasvarastolle pääasiassa uittaen mutta osaksi myös autolla kuljetetusta kuorellisesta puutavara-

joka oli peräisin Päijänteen seudulta. Näytteenoton perusyksikkönä oli uittoneppu tai autokuorma. Uittopuun mittaukset tehtiin käytän-



nöllisistä syistä tehtaan hajoituskuljettimen alkupäässä siten, että näytteeksi otettiin aina kuljettimen pysähtyessä hajoitettuna ollut nippu. Kustakin nipusta mitattujen tukkien luku, keskimäärin 15 kappaletta, riippui kuljettimen seisonta-ajan pituudesta, sillä tutkimus oli suoritettava tehtaan muita töitä häiritsemättä.

Aineiston autokuormista mitattiin kaikki tukit, joita oli keskimäärin 101 kappaletta kuormassa. Kuorman joutumista aineistoon voitaneen pitää sattumanvaraisena, sillä mittauksen kohteeksi otettiin aina kuorma, joka työryhmän saatua edellisen kuorman mittaukset päätökseen ensimmäisenä saapui tehtaalle.

Mittaukset tehtiin vuoden 1968 marraskuun ja seuraavan vuoden elokuun välillä yhteensä viitena eri ajanjaksona. Uittopuuta mitattiin jokaisella kerralla, autokuljetuspuuta vain ensimmäisellä. Tämän perusteella aineisto jakaantuu kuuteen mittauseryhmään, joista kunkin voitaneen katsoa edustavan vastaavana ajankohtana tehtaalle uittaen tai maitse tuotujen kuitutukien koko perusjoukkoa.

Koska tukkien tilavuus ilmoitetaan latvaläpimittaan perustuvina teknillisinä mittayksikköinä, on kuitupinopuun kuutiometrin ja kuitutukin kuutiojalan välisen muuntoluvun laskemiseksi tunnettava tukkien todellisen ja teknillisen kuutiosisällön suhde eli latvamuotoluku. Tutkimusaineiston pääosan yksinomaisena tarkoituksena olikin juuri tämän suhdeluvun selvittäminen, mitä varten aineiston jokaisesta tukista mitattiin keskusläpimitta tukin piteuden puolivälillä sekä latvaläpimitta 4 tuuman tasausvaran etäisyydeltä latvaleikkauksesta millimetrin tassaavalla luokituksella kuoren päältä vaakasuorassa suunnassa. Mikäli tukin jommankumman läpimitan määrittäminen tuotti kuoren rikkoutumisen vuoksi vaikeuksia, mitattiin kumpikin kuoren alta. Latvaläpimitta määritettiin myös kuoren alta alenevalla puolen tuuman luokituksella.

Latvamuotoluvut laskettiin ensinnä keskuskiintomitan ja teknillisen mitan suhdeluksina. Tässä käytetty puutavaran mittaustavan mukainen todellinen kiintomitta 1) kuitenkin tunne-

tusti aliarvioi todellisen kiintomitan, ja siitä syystä määritettiin joka kymmenennestä tukista lisäksi läpimitta 10, 35, 150, 250, 350, 450 ja 550 cm:n etäisyydeltä tyvileikkauksesta tarkaan todellisen kiintomitan selvittämiseksi. Tämän suppeamman aineiston perusteella laadittujen korjauskertoimien avulla laskettiin aineiston tarkka todellinen kiintomitta ja sitä vastaava latvamuotoluku.

Jotta kuoren paksuuden tukin pituussuuntainen vaihtelu olisi vaikuttanut tuloksiin mahdollisimman vähän, määritettiin teknillinenkin kiintomitta kuorellista latvaläpimittaa lähtökohtana käyttäen. Milloin laskelmissa jouduttiin muuntamaan kuorellinen tilavuus kuorettomaksi, korjauskertoimena käytettiin lukua 0.90. Keskusläpimitan mukainen latvamuotoluku laskettiin seuraavasti:

$$\text{Latvamuotoluku} = \frac{l_t \times d_{1/2}^2 \times k_k}{l_n \times d_1^2 \times k_k \times k_p}$$

$l_t$  = tukin pituus tasausvaroineen

$l_n$  = " " ilman tasausvaraa

$d_{1/2}$  = " kuorellinen keskusläpimitta

$d_1$  = " kuorellinen latvaläpimitta

$k_k$  = kuoresta aiheutuva muuntokerroin (kuorellisilla läpimitoilla 0.90, kuorettomilla 1,00)

$k_p$  = läpimitan alapäin pyöristämisestä aiheutuva korjauskerroin, joka määräytyy alenevalla luokituksella saadun latvaläpimitan perusteella.

Sekä uittaen että maitse kuljetetuista kuitutukeista kerättiin myös kiekkonäytteitä, joista määritettiin tavanomaisin menetelmin kosteus, luston paksuus, sydänpuuprosentti, oksapuun tilavuusprosentti, kuoren kuivapainoprosentti ja puuaineen tiheys. Näistä kuoren kuivapainoprosentti ilmoittaa kuoren kuivapainon prosenttiosuuden puun ja kuoren yhteenlasketuista kuivapainoista, ja puuaineen tiheys puolestaan osoittaa tuoreessa tilassa mitatun kuorettoman kiintokuutiometrin kuiva-ainesisällön.

Kiekkoina rajoittuu tutkimuksen ensimmäiseen ajanjaksoon, jolloin joka kymmenennestä tukista sahattiin kiekko. Tukista toiseen siirryttäessä näytteenottoa liukui systemaattisesti pölkyn pituussuunnassa siten, että tukin kaikki osat saivat kokonaisaineistossa tasapuolisen edustuksen. Tukien lisäksi otettiin vertailukiekkoina myös maitse kuljetetusta 2-metrisestä kuitupinopuusta, jolloin näytteenottoa oli aina pölkyn keskellä.

1) Puutavaran mittaussäännön 2. §:n 1. momentin mukaan "pyöreän puutavaran pölkyn todellinen kiintomitta määritetään ympyrälieriönä, jonka korkeutena on katkaisupintojen lyhyimmältä väliltä mitattu pölkyn pituus ja jonka kannan halkaisijana on piteuden puolivälillä kuoren päältä vaakasuorassa suunnassa mitattu paksuus".

### 3. AINEISTO

Tukkien keskipituus oli 15.6 j ja keskikuutio 4.53 j<sup>3</sup> (taulukko 1). Koska vastaavat arvot ovat Etelä-Suomen keskimääräisessä kuusisaha-

tukissa 16.0 ja 4.96 (ARO ja RIKKONEN 1966), voidaan todeta tutkimusaineiston tukkien olleen keskimääräistä pienempiä.

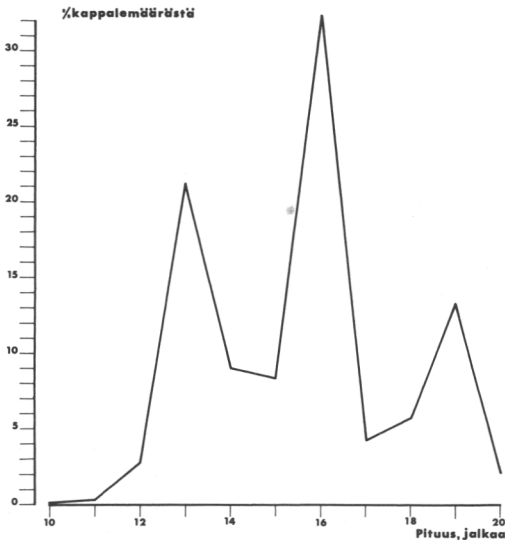
Taulukko 1. Latvamuotolukututkimuksen aineisto.

Erän n:o	Mittausaika	Nippuja kpl	Tukkeja kpl	Keski-kuutio, j <sup>3</sup>	Keskipituus, j	Tyvitukkeja % <sup>1</sup>
1	11-12/1968	174	2677	4.60	15.7	63
2 <sup>2</sup>	11/1968-1/1969	26	2635	4.23	15.5	56
3	5/1969	78	1069	4.40	15.4	54
4	6/1969	55	652	4.60	15.7	58
5	7/1969	58	872	4.89	15.4	66
6	8/1969	55	994	4.71	15.9	65
<b>Kaikki</b>	<b>11/1968-8/1969</b>	<b>446</b>	<b>8899</b>	<b>4.53</b>	<b>15.6</b>	<b>60</b>

1. Prosenttiosuus teknillisestä kiintomitasta.

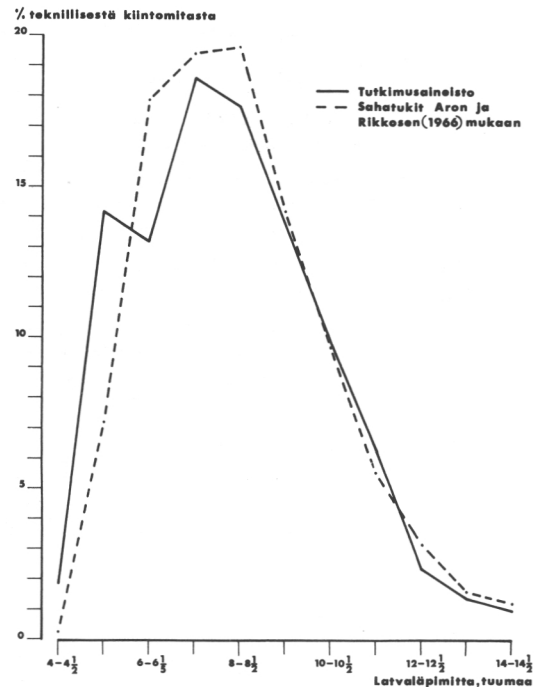
2. Autokuljetuspuun mittauserä, jossa näytekysikkönä oli uittonipun osan sijasta kokonainen autokuorma.

Kuitutukkeja tehdään usein vain harvoina pituuksina, esimerkiksi 4-, 5- ja 6-metrisinä tai 13-, 16- ja 19-jalkaisina. Aineiston tukkien poikkeuksellinen pituusjakaantuma osoittaa, että näin on menetelty myös nyt tutkimuksen kohteena olevassa tapauksessa (kuva 1). Keskimääräistä alhaisempi keskikuutio johtunee seuraavista syistä.



Kuva 1. Aineiston kuitutukkien pituusjakaantuma.

- Kuitutukkien minimiläpimitta on usein pienempi kuin sahatukkien.
- Kuitutukkien pituutta jatketaan annettuun minimiläpimittaan saakka useammin kuin



Kuva 2. Aineiston kuitutukkien läpimittajakaantuma.

sahatukkien, sillä ensiksi mainittujen osalta ei aina noudateta yhtä ankaria laatuvaatimuksia. Ohuitten tukkien osuus kokonaiskuutiomäärästä onkin tutkimusaineistossa poikkeuksellisen korkea (kuva 2).

Kuitutukit tehdään keskimäärin pienemmistä rungoista kuin sahatukit. Aineistosta kerätyssä otoksessa oli 4–5 1/2 tuuman tukeista 22 % ja 6–7 1/2 tuuman tukeista 57 % tyvitukkeja, kun vastaavat luvut ovat sahatukeilla keskimäärin 8 ja 49 % (ARO ja RIKKONEN 1966).

Kuitutukkien puuaineen ominaisuuksien selvittämiseksi otettu näyte oli peräisin yksinomaan taulukon 1 ensimmäisestä ja toisesta mittauserästä. Kaikkiaan sahattiin 538 kiekkoa tukeista sekä lisäksi 250 kiekon vertailuaineisto kuitupinopuusta. Ensiksi mainittujen kuoreton läpimitta oli keskimäärin 21.9 cm, viimeksi mainittujen 14.6 cm. Kuitupinopuun suppea näyte koostui poikkeuksellisen järeistä pölkkyistä, sillä pölkyn keskimääräinen läpimitta on Etelä-Suomessa 2–3 cm alhaisempi (vrt. HAKKILA 1968).

## 4. TULOKSET

### 41. Kuitutukkien puuaineen ominaisuudet

#### 411. Luston paksuus

Luston paksuus ei välittömästi vaikuta puun soveltuvuuteen hiokkeen raaka-aineeksi, mutta se on eräänlainen puun laadun tunnus, joka antaa viitteitä puun muista ominaisuuksista. Esimerkiksi kuusipuun tiheyden ja luston paksuuden välillä vallitsee negatiivinen korrelaatio (HAKKILA 1966).

Kuitutukit ovat peräisin keskimäärin nopeammin kasvaneista puista kuin kuitupinopuu. Seuraavan asetelman vasen sarake osoittaa luston paksuuden halkaisijaltaan alle 12 cm:n paksuisessa pölkyn sisäosassa. Nähdään, että ero on selvä jo tulevien tukkipuiden varhaisessa kehitysvaiheessa. Tämä taas johtuu metsänhoidollisten harvennushakkuitten periaatteesta, jonka mukaan voimakkaimmat puuyksiköt kasvataan tukkipuiksi. Kasvunopeuden erot näkyvät jäljempänä mm. kuitutukkien ja kuitupinopuun oksaisuudessa ja puuaineen tiheydessä.

	Luston paksuus, mm	
	Pölkyn sisäosassa	Keskim.
Kuitupinopuu	1.52	1.48
Kuitutukit	2.17	2.14

Eräissä 1930–luvulla suoritettussa tutkimuksessa kuitupinopuun luston keskimääräinen leveys oli Päijänteen–Kymin vesistöalueella 1.96 mm, mutta tuohon aikaan pölkyn keskimääräinen paksuuskin oli 15.7 cm (VUORISTO 1937). HAKKILAN (1968) tutkimuksessa kuitupinopuun lusto osoittautui ohuemmaksi – osaksi

ehkä kolmen vuosikymmenen kuluessa tapahtuneen minimiläpimitan alentumisen johdosta. Luston paksuus oli 62. leveysasteen eteläpuolella 1.85 mm ja välillä 62–64° keskimäärin 1.49 mm.

#### 412. Sydänpuuprosentti

Sydänpuun määrän lisääntyessä puun keskimääräinen kosteus ja tuorepaino alenevat, mikä on eduksi sekä uitto- että maakuljetuksessa. Tehdasprosessin kannalta tämä saattaa kuitenkin olla haitallista, sillä kuiva sydänpuu kuituuntuu hiottaessa ja sellua keitetessä vaikeammin kuin kostea pintapuu. Sen sijaan uuteaineitten määrä ei ole kuusen sydänpuussa oleellisesti suurempi kuin pintapuussa (HAKKILA 1968).

Sydänpuuprosentti on suurin rungon tyvipäässä, ja toisaalta se kasvaa puun iän mukana. Näistä syistä tukeissa on sydänpuuta keskimäärin enemmän kuin pinopuussa. Toisaalta on sydänpuun osuus suhteellisesti kuitenkin sitä pienempi mitä nopeammin puut ovat kasvaneet, ja tämä taas puolestaan tasoiittaa tukkien ja pinopuun välisiä eroja. Käsillä olevassa tutkimuksessa sydänpuun osuus mitattiin ainoastaan maakuljetustukeista, joilla 27 autokuorman keskimääräinen sydänpuuprosentti oli 33.5.

Kuitupinopuun sydänpuuprosentista kuusella on käytettävissä seuraavat aikaisemman eri osissa sijaitsevilla tehtailla tehdyt havainnot: Kouvolassa 26, Raumalla 29, Poh-



janmaalla 20, Oulun-Kuusamon alueella 36 sekä Kemin-Rovaniemen alueella 52 % (BRUUN 1967). Kuitutukkien sydänpuuprosentti näyttää siis odotuksen mukaisesti olevan korkeampi.

#### 413. Oksapuuprosentti

Poikkeavan kuitusuuntansa ja pihkaisuutensa vuoksi oksat alentavat hiokkeen ja sellun saantoa ja laatua. Kovuutensa vuoksi ne lisäävät hiomakoneen voiman ja ajan kulutusta.

Tässä tutkimuksessa oksapuuprosentti ilmoittaa oksien tilavuuden prosentteina pölkyn kuorettomasta tilavuudesta. Oksiin ei ole luettu oksan ympärystä, joka myös poikkeaa rakenteeltaan normaalista runkopuusta. Rungon sisällä olevan oksanosan tiheys on runkopuuhun verrattuna kuusella jopa kaksinkertainen (HAKKILA 1969), ja siten myös oksapuun painoprosentti on suunnilleen kaksi kertaa niin suuri kuin seuraavassa esitettävä tilavuusprosentti.

	Oksapuuta % tilavuudesta
Kuitupinopuu	0.62
Kuitutukit	0.80

Oksapuun osuus on verraten vähäinen, eikä tukki- ja pinopuun välisillä eroilla siten ole suurta käytännöllistä merkitystä. Kuitupinopuussa näyttää oksien osuus, päin vastoin kuin usein oletetaan, kuitenkin olevan pienempi. Tämä johtuu siitä, että järeät rungot ovat peräisin vallitsevien latvuskerrosten nopeimmin kasvaneista puista, joilla on pitempi latvus ja paksummat oksat kuin pinopuiksi tehtävien vallittujen latvuskerrosten puissa.

Eri puutavaralajien oksapuun osuudesta ei ole käytettävissä muita vertailukelpoisia tietoja. Mainittakoon kuitenkin eräästä istutuskuusikosta Ruotsissa tehdyt mittaukset, joitten mukaan kahden metrin välein istutetun lähes 50-vuotiaan metsikön oksapuun tilavuusprosentti oli rungon tyvessä 0.5, 35 %:n suhteellisella korkeudella 0.8, 95 %:n korkeudella 2.0 ja koko rungossa keskimäärin 0.9 (NYLINDER 1959).

#### 414. Kuoren painoprosentti

Kuori aiheuttaa lisäkustannuksia korjuu- ja jalostusprosessin eri vaiheissa, ja tukki- ja kuitupuun välisissä muuntoluvuissa olisi mahdolliset kuoriprosentin erot aina otettava huomioon. Siitä syystä myös tässä tutkimuksessa pyrittiin

suppealla aineistolla selvittämään puutavaralajien välisiä kuoriprosenttien eroja.

Kuoren määrä ilmoitetaan yleensä tilavuusprosentteina, mutta tässä yhteydessä tarkoitetaan kuoriprosentilla kuoren kuivapainon prosentista osuutta kuoren ja puuaineen yhteenlasketusta kuivapainosta. Kysymyksessä on siis kuoren kuivapainoprosentti, johon meillä on toistaiseksi kiinnitetty vain vähän huomiota mutta joka viimeistään puutavaran painomittauksen yleistyessä tulee osoittautumaan tärkeäksi. Kuusella kuoren tilavuus- ja kuivapainoprosentit poikkeavat niin vähän toisistaan (HAKKILA 1967), että puutavaralajien vertailun tulokset pätevät kuoren tilavuusprosentteihin nähden. Huomattakoon myös, että kuoren kuivapainoprosentti on tässä aineistossa huomattavasti pienempi kuin kuoren tuorepainoprosentti, sillä kuoren kosteus on korkeampi kuin puun.

	Kuoren kuiva- painoprosentti
Maitse kuljetetut kuitutukit	8.5
Uittaan kuljetetut kuitutukit	7.5
Maitse kuljetettu kuitupinopuu	8.7

Vertailukelpoisia tietoja kuoren kuivapainoprosentista ei ole toistaiseksi saatavissa, mutta yleisesti käytössä oleviin tilavuusprosentteihin nähden yllä esitetyt luvut tuntuvat pieniltä. Hiomon voima-asemalleen toimittamista kuorimääristä tehtyjen punnitusmittausten perusteella päädytään kuitenkin toista tietä saman suuruusluokan prosenttilukuihin. Eräässä Padasjoelta aikaisemmin kerättyssä suppeahkossa aineistossa kuusisahatukkien kuoren kuivapainoprosentti oli metsässä 8.6 eli varsin hyvin nyt mitattua vastaava, kun otetaan huomioon kuoren osittainen irtoaminen uitossa. Kuusipinopuun vastaava arvo oli kuitenkin korkeampi, 10.4 % (HAKKILA 1967).

Näyttää siltä, että kuitutukkien kuoriprosentti on alhaisempi kuin kuitupinopuun, mutta ero on pieni ja kuoriprosentin vaihtelun johdosta vaikeasti määritettävissä. Metsäntutkimuslaitoksessa on kuitenkin työn alla laaja tutkimus, joka valmistuttuaan tulee antamaan luotettavia tietoja kuoren tilavuus- ja painoprosenteista.

#### 415. Kosteus

Hiontaprosessissa tulee puun kosteuden olla

riittävän korkea. Kosteuden merkitys on tärkeä myös puutavaran kuljetuskustannusten kannalta.

Suppean aineiston perusteella ei voida tehdä pitkälle meneviä vertailuja puutavaralajien välisistä kosteuseroista. Rajoituksena on erityisesti tutkimusajankohdan sattuminen pelkästään loka-tammikuulle. Seuraavassa asetelmassa kosteusprosentti ilmoittaa veden painon prosentteina absoluuttisen kuivan puun tai kuoren painosta.

	Kosteus, %		
	Puussa	Kuoressa	Keskimäärin
Maitse kuljetetut kuitutukit	117	158	120
Uitteen kuljetetut kuitutukit	123	279	135
Maitse kuljetettu kuitupinopuu	112	250	124

#### 416. Puun tuorepaino

Puun tuorepaino ilmaisee tässä kiintokuutiometrin painon kosteustilassa, jossa puu on mitaushetkellä tehdasvarastossa ollut. Kuoreton tuorepaino tarkoittaa kuorellisena tehdasvarastoon kuljetetun puutavaran painoa välittömästi kuorinnan jälkeen.

Tuorepaino, kg/k-m<sup>3</sup>

Kuorineen Kuoretta

Maitse kuljetetut kuitutukit	838	825
Uitteen kuljetetut kuitutukit	884	840
Maitse kuljetettu kuitupinopuu	850	804

Painoerot näyttävät johtuvan pääasiassa edellä esitetyistä tavaralajien välisistä kuoren ja puun kosteusprosenttieroista. Uittotukkien paino on vain hieman korkeampi kuin maitse kuljetetun tavarain, ja niiden kelluvuus on tutkimushetkellä ollut edelleen tyydyttävä.

#### 417. Puuaineen tiheys

Puuaineen tiheys osoittaa tuoreessa tilassa mitatun tilavuusyksikön kuiva-ainesisällön. Päin vastoin kuin useissa muissa yhteyksissä, kysymyksessä ei ole pelkästään virheettömän puuaineen tiheys, vaan mukana on myös puutavarassa olevien vikaisuusien, esimerkiksi oksien vaikutus.

Puuaineen tiheys on tässä tutkimuksessa käsiteltävistä puun ominaisuuksista tärkein, sillä

Tukki- ja pinopuun väliset kosteuserot eivät ole merkitseviä. Sen sijaan maitse ja uitteen kuljetettujen puitten väliset erot ovat suurempia, vaikka kysymyksessä on tuore maa-kuljetuspuiden. Kesäkaudella tehtaalle maitse tuleva puu on luonnollisesti kuivempaa kuin tutkimusaineistossa.

Kosteus, %

Puussa Kuoressa Keskimäärin

Maitse kuljetetut kuitutukit	117	158	120
Uitteen kuljetetut kuitutukit	123	279	135
Maitse kuljetettu kuitupinopuu	112	250	124

kiintokuutiometreinä hioke- tai sellutonnia kohden laskettu puunkulutus riippuu suoraviivaisesti tiheydestä. Saannon kannalta on korkea puuaineen tiheys siis toivottava, mutta esimerkiksi hiokkeen laadun kannalta taas alhainen tiheys on eduksi, sillä kevyen puun ohutseinäiset solut antavat hiokkeesta valmistetulle sanomalehtipaperille parhaan veto-, puhkaisu- ja taiputuslujuuden, sileyden ja läpikuultamattomuuden.

Puuaineen tiheys, kg/k-m<sup>3</sup>

Kuitutukit	381
Kuitupinopuu	383

Koska kuitutukit tehdään keskimäärin vanhemmista puista kuin kuitupinopuut, voitaisiin niiden tiheyden olettaa olevan korkeampi. Kuusipuun tiheys näet kasvaa iän mukana (HAKKILA 1966). Tosiasiassa tukki- ja pinopuun puuaineen tiheydet eivät kuitenkaan näytä kuusella poikkeavan merkitsevästi toisistaan. Tämä taas johtuu jo siitä edellä osoitetusta seikasta, että järeitten puitten puuaineen, ja kuusipuun kasvunopeus ja puuaineen tiheyshän korreloivat negatiivisesti. Käsillä olevassa aineistossa tukki-kuormien välisestä tiheyden vaihtelusta voidaan neljännes selittää vuosiluston paksuuden vaihtelun perusteella.

Oksat lisäävät puutavaran keskimääräistä tiheyttä, sillä rungon sisään jääneen oksapuun tiheys on kuusella kaksinkertainen varsinaiseen runkopuuhun verrattuna. Kun oksien osuus on kuitenkin alle 1 % kaikesta puuaineesta, voidaan

arvioida, että varsinaisen oksapuun kuivapainoa kohottava vaikutus ei ainakaan käsillä olevassa aineistossa ole suurempi kuin  $3 \text{ kg/k-m}^3$ .

Etelä-Suomen kuitupinopuun puuaineen tiheydeksi on Metsäntutkimuslaitoksen aikaisemmin suorittamissa tutkimuksissa saatu 382 (HAKKILA 1966) ja  $380 \text{ kg/k-m}^3$  (HAKKILA 1968). Pienellä aineistolla määritetty tukkipuun puuaineen tiheys oli vastaavasti  $373 \text{ kg/k-m}^3$  (HAKKILA 1966). Nämä luvut tarkoittavat oksatonta puuainetta, ja kun oksien vaikutus

otetaan huomioon, voidaan nyt saatujen tulosten katsoa olevan aikaisempien kanssa yhdenmukaisia.

Tukki- ja pinopuun puuaineen tiheydet eivät siis tutkimusaineiston puitteissa poikkeaa merkittävästi toisistaan. Kuitutukkien puuaine ei ainakaan näytä olevan tiheämpää kuin kuitupinopuun, kuten usein oletetaan. Edelleen voidaan todeta, että Kaipolan hiomon käyttämän kuusipuun puuaineen tiheys on sama kuin Etelä-Suomessa keskimäärin.

## 42. Kuitutukkien latvamuotoluku

### 421. Keskusmittaan perustuva latvamuotoluku

Kuutioitaessa tukki keskeltä mitatun poikkeileikkauspinta-alan ja pituuden tulona aliarvioidaan sen todellinen tilavuus. Siitä syystä seuraavassa esitettäviä keskusläpimitan mukaisia latvamuotolukuja, jotka siis osoittavat puu-

tavaran mittauslain mukaisen todellisen kiintomitan ja teknillisen mitan suhteen, on pidettävä vain välituloksina. Tutkimusaineiston runko perustuu kuitenkin yksinomaan keskusläpimitaan, joten latvamuotolukujen hajonnan ja luotettavuuden tarkastelu voidaan parhaiten suorittaa tältä pohjalta.

Taulukko 2. Kuitutukin keskusläpimitaan perustuvat latvamuotoluvut mittauserittäin.

Erän n:o	Latvamuotoluku 95 %m luotettavuusrajoineen	Latvamuotoluvun variaatiokerroin, %
1	$1.373 \pm 0.010$	4.9
2	$1.370 \pm 0.028$	5.1
3	$1.364 \pm 0.014$	4.4
4	$1.374 \pm 0.019$	5.2
5	$1.369 \pm 0.018$	5.0
6	$1.371 \pm 0.018$	4.9
Kaikki	$1.371 \pm 0.007$	5.8

Taulukko 2 osoittaa mittauserän nippujen (erässä 2 autokuormien) latvamuotolukujen aritmeettisen keskiarvon, ja variaatiokerroimet perustuvat erän nippujen väliseen hajontaan. Mittauserien väliset erot ovat pieniä ja tilastollisesti merkityksettömiä. Koko aineiston keskimääräisen latvamuotoluvun luotettavuusrajat ovat tiukat, ja luku 1.371 edustaakin hyvin tutkimusajana tehtäville kuitutukkien keskusläpimitan mukaista ja tutkimusmenetelmän edellyttämää latvamuotolukua.

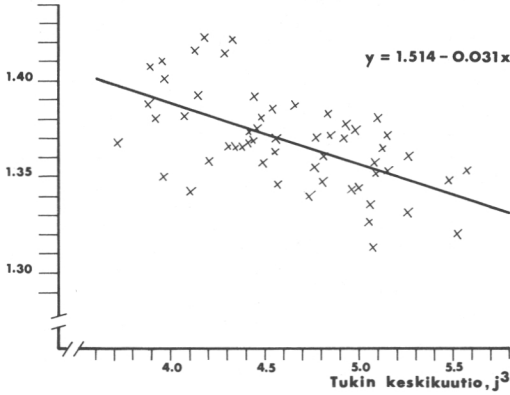
Latvamuotoluvun mittausmenetelmään liittyvistä virhelähteistä mainittakoon tukin pituus-

suuntainen kuoriprosentin vaihtelu. Kun kysymyksessä on kuusi, tämän seikan merkitys on kuitenkin vähäinen (vrt. HAKKILA 1967). Pieni on myös tukkien teknillisen kiintomitan käytännöstä poikkeavan määrittelyn aiheuttama virhe. Laskelmissa käytetyn ja käytännön mittaustoitusten mukaisen puolen tuuman alenevaan luokitukseen perustuvan mittauksen tulokset näet poikkesivat toisistaan keskimäärin vain 0.3 %.

Tukkien pituus- ja läpimittajakautuman perusteella voidaan tutkimusaineistolle laskea ARON ja RIKKOSEN (1966) Etelä-Suomen



Keskeltämittauksen mukainen latvamuotoluku



Kuva 3. Keskeltämittauksen mukaisen latvamuotoluvun riippuvuus kuitutukin keskikuutiosta.

kuusisahatukkien latvamuotolukutaulukoitten mukainen, keskusläpimitaan pohjautuva latvamuotoluku, joka on 1.397. Se on tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin todellisiin mittauksiin perustuva edellä mainittu 1.371. Eron aiheuttajina ovat erilainen latvaläpimitan mittauskohda, tasausvaran erilainen pituus, kuitutukien valmistamiseen käytettävien runkojen keskimääräistä pienempi koko sekä mahdolliset maantieteelliset erot koko Etelä-Suomen ja Päijänteen alueen välillä.

Uittaan kuljetetuista kuitutukeista muodostettiin 56 erää, joitten minimikoko oli 100 tukkia. Erien latvamuotolukujen hajonta oli verraten vähäinen vaihteluvälin ollessa 1.31–1.42. Yli kolmannes vaihtelusta voitiin selittää tukin keskikuution ja keskipituuden sekä tyvitukkiprosentin perusteella.

Taulukko 3. Keskeltämittauksen korjauskertoimet mittauserittäin.

Erän n:o	Tukkeja kpl	Korjauskerroin		
		Tyvitukit	Muut tukit	Kaikki
1	264	1.045	1.004	1.031
2	263	1.050	1.006	1.035
3	105	1.048	1.004	1.023
4	66	1.056	1.003	1.036
5	87	1.048	1.011	1.032
6	100	1.034	1.001	1.020
Kaikki	885	1.049	1.005	1.031

$R^2$

$$Y = 1.5139 - 0.0314 X_1 \quad 0.35$$

$$Y = 1.3594 - 0.0305 X_1 + 0.0096 X_2 \quad 0.37$$

$$Y = 1.3034 - 0.0303 X_1 + 0.0153 X_2 - 0.0005 X_3 \quad 0.40$$

Y = Keskusmittaan perustuva latvamuotoluku

$X_1$  = Tukin keskikuutio,  $j^3$

$X_2$  = Tukin keskipituus, j

$X_3$  = Tyvitukkiprosentti

Latvamuotoluku kasvaa tukin keskipituuden mukana mutta pienenee tukin keskikuution ja tyvitukkiprosentin kasvaessa, kuten ARO ja RIKKONEN (1966) jo aikaisemmin ovat todenneet. Latvamuotoluvun riippuvuus keskikuutiosta on esitetty kuvassa 3.

#### 422. Korjattu latvamuotoluku

Koska keskusläpimitaan perustuva kiinto-kuutio aliarvioi tukin tilavuuden, on sen avulla laskettu latvamuotolukukin liian pieni. Edellisessä luvussa esitetyt kuitutukkien latvamuotoluvut on niin ollen korjattava taulukon 3 kertomilla, joitten pohjana on 10 % koko tutkimusaineistosta.

Korjauskertoimien laatimiseksi kerätty aineisto jaettiin 10 tukin sarjoihin. Viimeksi mainittujen välinen latvamuotolukujen variaatiokerroin oli 5.0 %, kun taas korjauskertoimien vastaava arvo oli vain 1.4 %. Oli siis tarkoituksenmukaista kerätä pääaineisto keskusläpimitaan perustuvien latvamuotolukujen määrittämiseksi ja laatia korjauskertoimet pienemmän aineiston perusteella. Toisaalta todettakoon, että korjauskertoimet on laskettu kuorellisille tukeille mutta että niitä on käytetty kuorettomaan

kiintomittaan perustuvien latvamuotolukujen korjaamiseen.

Korjauskertoimet ovat tyvitukeilla huomattavan suuria, keskimäärin 4.9 %, mutta muilla tukeilla vain 0.5 %. Tyvitukkien osuuden lisäksi vaikuttaa korjauskertoimeen myös tukkien järeys (vrt. ARO ja RIKKONEN 1966). Tämä nähdään myös seuraavista regressioyhtälöistä, jotka selittävät 20 tukin sarjoille laskettujen korjauskertoimien riippuvuutta tyvitukkien prosentiosuudesta ja keskikuutiosta.

$$R^2$$

$$Y = 0.9898 + 0.00800 X_1 \quad 0.31$$

$$Y = 0.9993 + 0.00046 X_3 \quad 0.36$$

$$Y = 0.9816 + 0.00527 X_1 + 0.00034 X_3 \quad 0.47$$

Y = Keskeltämittauksen korjauskerroin  
 $X_1$  = Tukin keskikuutio,  $j^3$   
 $X_3$  = Tyvitukkiprocentti

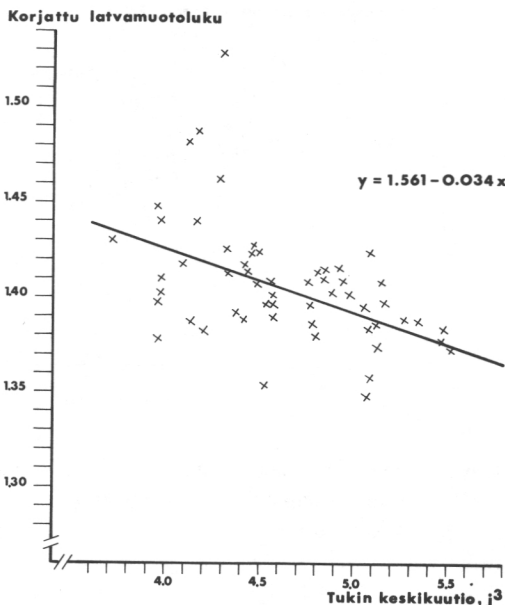
Kertomalla keskeltämittauksen mukainen latvamuotoluku 1.371 korjauskertoimella 1.031 saadaan koko aineiston korjattu latvamuotoluku, 1.413. Tätä on pidettävä tutkimuksen päätuloksena, josta tukki-kuutiojalan ja kuitupinopuun kuutiometrin välinen muuntoluku ensisijaisesti riippuu.

Kuitutukkien korjatun latvamuotoluvun vaihtelua voidaan selittää seuraavilla regressioyhtälöillä (vrt. kuva 4). Havaintoyksikkönä yhtälöitä laskettaessa on jälleen käytetty 100 tukin sarjaa.

$$R^2$$

$$Y = 1.5610 - 0.0334 X_1 \quad 0.24$$

$$Y = 1.4848 - 0.0329 X_1 + 0.0047 X_2 \quad 0.24$$



Kuva 4. Korjatun latvamuotoluvun riippuvuus kuitutukin keskikuutiosta.

Y = Korjattu latvamuotoluku  
 $X_1$  = Tukin keskikuutio,  $j^3$   
 $X_2$  = Tukin keskipituus, j

Riippumattomien muuttujien vaikutus on saman suuntainen kuin keskusläpimitan mukaisessa latvamuotoluvussa. Korjatun latvamuotoluvun selitysaste jää kuitenkin oleellisesti pienemmäksi korjauskertoimen satunnaisvaihtelun johdosta.

### 43. Kuitupinopuun ja kuitutukkien arvosuhde

Tutkimuksen lopullisena tavoitteena oli Kaijolan hiomon kuitupinopuun ja kuitutukkien todellisen arvosuhteen määrittäminen. Kun puutavaran tilavuusyksikön arvo puumassateollisuuden raaka-aineena riippuu tietyn puulajin puitteissa pääasiassa sen sisältämästä kuiva-ainemäärästä, perustuvat seuraavassa esitettävät arvosuhteet juuri pinokuutiometrin ja teknillisen tukki-kuutiojalan kuiva-ainesisältöön. Met-

säntutkimuslaitoksessa on työn alla eri puutavara-lajien kuoriprosentteja selvittävää laajako tutkimus, minkä vuoksi kuorellisten tavara-lajien vertailu jätetään myöhempään ajankohintaan.

Kuitupinopuun pinotiheysluku on Etelä-Suomessa 2-metrillä kuusella 0.73, jolloin siis hyvissä oloissa koneellisesti kuorittu pinokuutiometri sisältää 730 litraa puuta. Mikäli kysy-

myksessä on käsin puolipuhthaaksi kuorittu puutavara, jota perinteellisesti yhä edelleen yleisesti käytetään vertailevien laskelmien perustana, on lisäksi otettava huomioon jäljelle jäänyt kuorimäärä, 4.1 % puolipuhthaasta kiintomitasta (Met-säntutkimuslaitoksen päätös . . . 1969). Vastavasti sisältää pinokuutiometri silloin 700 litraa puuta.

Todellisen kuutiojalan tilavuus on 28.32 litraa, ja tutkimustulosten mukaan Kaipolan tehtaille saapuneitten kuitutukkien korjattu latva-  
muotoluku 1.413. Teknillinen tukki-kuutiojalka sisältää niin ollen 40.0 litraa puuta.

Edellisten perusteella voidaan laskea, että kysymyksessä olevassa tapauksessa pinokuutiometri 2-metristä kuitupinopuuta vastaa tilavuudeltaan 18.25 kuitutukin teknillistä kuutiojalkaa, kun pinopuu on huolellisesti koneella kuorittua. Käsin puolipuhthaaksi kuorittu pinopuu vastaa 17.50 kuitutukin teknillistä kuutiojalkaa.

Todellisen arvosuhteen laskemisessa on otettava vielä huomioon puun kuiva-ainesisältö. Keskimääräinen puuaineen tiheys, oksien vaikutus mukaan luettuna, oli tutkimusaineiston

kuitutukeilla 381 ja kuitupinopuulla 383 kg/k-m<sup>3</sup>. Varsinaisen oksapuun tilavuusprosentit olivat vastaavasti 0.8 ja 0.6 sekä arvioidut painoprosentit 1.6 ja 1.2. Kiintokuutiometri sisältää niin ollen oksatonta puuta kuitutukeilla 375 ja pinopuulla 378 kg/k-m<sup>3</sup>. Tämä ero huomioon ottaen vastaa huolellisesti koneella kuorittu pinokuutiometri kuiva-ainesisällöltään 18.40 ja käsin kuorittu puolipuhdas pinokuutiometri 17.64 kuitutukin teknillistä kuutiojalkaa.

On ehdottomasti otettava huomioon, että nämä suhdeluvut soveltuvat sellaisinaan vain nyt kysymyksessä olevaan tapaukseen. Maantieteellisesti eri alueilta raaka-aineensa hankkivien tehdaslaitosten puutavaran järeys, runkomuoto, kuoriprosentti ja puuaineen ominaisuudet saattavat poiketa tästä Päijänteen seutua edustavasta aineistosta. Niin'ikään puutavara-lajien muuttuvat laatuvaatimukset, pituudet ja minimiläpimitat vaikuttavat arvosuhdelukuihin. Lisäksi on syytä vielä todeta, että kysymyksessä on pelkästään kuusipuuhun kohdistettu tutkimus — männyllä on esimerkiksi puuaineen ominaisuuksien vaihtelun merkitys oleellisesti suurempi kuin kuusella.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- ARO, PAAVO ja RIKKONEN, PENTTI. 1966. Havusahatukien latvamuotoluvut. MTJ 61.7.
- BRUUN, HENRIK. 1967. Selluteollisuuden käyttämän männyn ja kuusen sydänpuupitoisuus. *Kemian teollisuus* 24:20–22.
- HAKKILA, PENTTI. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. MTJ 61.5.
- HAKKILA, PENTTI. 1967. Vaihtelumalleja kuoren painosta ja painoprosentista. MTJ 62.5.
- HAKKILA, PENTTI. 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. MTJ 66.8.
- HAKKILA, PENTTI. 1969. Weight and composition of the branches of large Scots' pine and Norway spruce trees. MTJ 67.6.
- KUUSELA, KULLERVO. 1970. Suomen eteläpuoliskon metsävarat 1964–68 ja niiden kehittyminen. MTJ 71.1.
- Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista. 1969. *Folia Forestalia* 57.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1968. 1969. *Folia Forestalia* 70.
- NYLINDER, PER. 1969. Synpunkter på produktionens kvalitet. Kungl. Skogshögskolan-institutionen för virkeslära. Nr U2.
- Puutavaran mittaussääntö. 1969. Suomen asetuskokoelma 163/1969.
- SUHONEN, PENTTI. 1970. Kuitupuukaupan näkymät. *Teollisuuden Metsäviesti* n:o 4: 20–22.

- No 45 Pentti Koivisto: Etelä- ja Pohjois-Karjalan, Itä-, Etelä- ja Pohjois-Savon sekä Keski-Suomen koivuvarat.  
Birch resources in Forestry Board Districts of Etelä- and Pohjois-Karjala, Itä-, Etelä- and Pohjois-Savo and Keski-Suomi. 2,—
- No 46 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1966, ennakkotietoja vuodelta 1967 ja ennuste vuodelle 1968.  
Wood utilization in Finland in 1966, preliminary data for 1967 and forecast for 1968. 3,—
- No 47 Metsätilastoa 1950—67.  
Forest Statistics of Finland 1950—67. 4,—
- No 48 Tarmo Peltomäki ja Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen käyttämän lämpöenergian ominaiskulutus.  
Specific consumption of thermal energy utilized by real estates. 2,50
- No 49 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1953—66.  
Forest balance of Finland in 1953—66. 2,—
- No 50 Kalevi Asikainen: Tasausvara ja sahatavaran tasaus.  
On the trimming allowance and trimming. 2,—
- No 51 Teuri J. Salminen: Havusahatukkien kuutiointi kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.  
On cubing coniferous saw logs on the basis of measurements taken on the bark. 2,—
- No 52 Olli Makkonen: Paperipuiden pituuden vaikutuksesta runkojen hyväksikäyttöön minimiläpimitan ollessa 5 cm.  
On the influence of the length of pulpwood bolts on the degree of utilization of tree stems when the minimum diameter is 5 cm. 2,—
- No 53 Simo Poso, Christian Keil and Tapani Honkanen: Comparison of film-scale combinations in examining some stand characteristics from aerial photographs.  
Eri filmi-mittakaavayhdistelmät eräiden metsikkötunnusten ilmakuvatulkinnassa. 2,50
- No 54 Pertti Veckman: Suomen piensahat vuosina 1965 ja 1967.  
Small sawmills in Finland in 1965 and 1967. 2,50
- No 55 Kimmo Paarlahti ja Kalevi Karsisto: Koetuloksia kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa.  
On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, rock phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests. 1,50
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukkien koko ja laatu vuonna 1966.  
The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966. 1,50
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista.  
Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning. 28,80
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu. 2,50
- No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3. Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot. 2,50
- No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
- No 61 Matti Aitolahti ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu.  
Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators. 1,—
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsävarat vuonna 1968.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. 3,—
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.  
Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65. 2,50
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteen esiintymisestä Lapissa.  
Leaf rust on aspen in Finnish Lapland. 1,—
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.  
Dimensioning of forest main ditches. 1,50
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots.
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69. 2,50
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and Finland in the felling seasons 1958/59—1968/69 and 1969/70. 2,50
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.  
A new brush-killing tool and its use. 1,—
- No 70 Metsätilastollinen vuosikirja 1968.  
Yearbook of forest statistics 1968. 6,—
- No 71 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat puutavaralajitaulukot. 1,—
- No 72 Olli Makkonen ja Pertti Harstela: Kirves- ja moottorisahakarsinta pinotavaran teossa.  
Delimiting by axe and power saw in making of cordwood. 2,50
- No 73 Pentti Koivulehto: Juurakoiden maasta irrottamisesta.  
On the extraction of stumps and roots. 1,50



- No 74 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa. Proportion of wastewood in the total cut in southern Finland. 1,50
- No 75 Eero Paavilainen: Tutkimuksia levityssajankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoit-  
teiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä. Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees  
growing on peat. 2,—
- 1970 No 76 Ukko Rummukainen: Tukkimiehintäin, *Hylobius abietis* L., ennakkotorjunnasta taimi-  
tarhassa. On the prevention of *Hylobius abietis* L. in the nursery. 1,50
- No 77 Eero Paavilainen: Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Experimental results of the afforestation of swampy fields. 2,—
- No 78 Veikko Koskela: Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen  
halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch  
and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. 2,—
- No 79 Olavi Huikari—Pertti Juvonen: Työmenekki metsäojituksessa. On the work input in forest draining operations. 1,50
- No 80 Pertti Harstela: Kasausajan ja valtimonyöntitiheyden sekä tehollisen sahausajan määrit-  
täminen järjestettyjen kokeiden, pulssirutkimuksen ja frekvenssianalyysin avulla. Determination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set tests.  
pulse study and frequency analysis. 1,50
- No 81 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1968—69. Stumpage prices in private forests during cutting season 1968—69. 1,00
- No 82 Olavi Huuri, Kaarlo Kytökorpi, Matti Leikola, Jyrki Raulo ja Pentti K. Räsänen: Tutki-  
muksia taimityyppiluokituksen laatimista varten. I Vuonna 1967 metsänviljelyyn  
käytettyjen taimien morfologiset ominaisuudet. Investigations on the basis for grading nursery stock. I The morphological characteristics  
of seedlings used for planting in the year 1967. 1,50
- No 83 Ole Oskarsson: Pluspuiden fenotyypissä valinnassa sovellettuja valinnan asteita. Selection degrees used in the phenotypic selection of plus trees. 1,50
- No 84 Kari Keipi ja Otto Kekkonen: Calculations concerning the profitability of forest ferti-  
lization. Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta. 2,—
- No 85 S.—E. Appelloth — Pertti Harstela: Tutkimuksia metsänviljelytyöstä I. Kourukuokka,  
kenttälapio, taimivakka, taimilaukku sekä istutuskoneet Heger ja LMD-1 istutettaessa  
kuusta peltoon. Studies on afforestation work I. The use of semi-circular hoe, the field spade, plant  
basket, plant bag and the Heger and LMD-1 tree planters in planting spruce in fields.  
3,—
- No 86 Pertti Veckman: Metsäalan toimihenkilöiden koulutustarve 1970-luvulla. Educational requirements of professional forestry staff in the 1970s. 4,—
- No 87 Michael Jones and David Cope: Economics Research in the Finnish Forest Research  
Institute, 1969—1974. 4,—
- No 88 Seppo Ervasti, Lauri Heikinheimo, Kullervo Kuusela ja Veikko O. Mäkinen: Forestry  
and forest industry production alternatives in Finland, 1970—2015.
- No 89 Risto Sarvas: Establishment and registration of seed orchards. Siemenviljelysten perustaminen ja rekisteröiminen.
- No 90 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1968—70. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1968—70.
- No 91 Pertti Harstela ja Teemu Ruoste: Kokonaisten puiden esijuonto kaksirumpuvintturilla  
käytävä- ja riviharvennuksessa. Laitteiden ja menetelmien kehittelyä sekä tuotoskokeita. Preliminary full-tree skidding by two-drum winch in strip and row thinning.
- No 92 Pentti Hakkila ja Pentti Rikkonen: Kuusitukit puumassan raaka-aineena. Spruce saw logs as raw material of pulp.